مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مقاله شماره ۶

موضوع:

معرفی روشی ساده برای تخمین تغییرات میزان رطوبت خاک

تألیف:

مسعود پارسی‌نژاد[۱] و یان‌شنگ‌فنگ[۲]

چکیده

پیش‌بینی چگونگی ذخیره و حرکت آب در خاک، بالاخص در اراضی زراعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بدین منظور مدلهای مختلفی با استفاده از معادله ریچاردز که استفاده از آن مستلزم اطلاعات در خصوص رابطه پتانسیل و میزان رطوبت خاک (Soil Water Retention) و همچنین رابطه ناهمگون ضریب آبگذری خاک (Hydraulic conductivity function) می‌باشد. اندازه‌گیری مستقیم این پارامترها به علت ناهمگون بودن آنها نسبت به زمان و مکان عملاً امکان پذیر نمی‌باشد. در این مطالعه مدلی ساده تحت عنوان SIMPLE جهت تخمین تغییرات میزان رطوبت خاک با استفاده از قانون کلی بیلان آب معرفی شده است. مزیت اصلی این مدل را می‌توان نیاز حداقل آن به اطلاعات لازم دانست. تخمینهای بدست آمده از این مدل در مقایسه با اطلاعات جمع‌آوری شده در سطح مزارع مختلف با شرایط خاکی و آب و هوایی مختلف رضایت‌بخش بوده است.

مقدمه

شبیه‌سازی نحوهٔ حرکت و ذخیرهٔ آب در خاک مورد توجه بسیاری از محققان در دو دهه اخیر قرار گرفته است. از این مدلها در زمینه‌های مدیریت زراعی و زیست محیطی استفاده شده است. پیش‌بینی چگونگی ذخیره و حرکت آب در خاک بالاخص در اراضی زراعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

۱- استادیار گروه مهندسی آبیاری، دانشگاه گیلان ۲-دانشیار گروه منابع تجدید پذیر، دانشگاه آلبرتا

اغلب مدلهای موجود در زمینه تخمین رطوبت خاک با استفاده از معادلهٔ ریچاردز طراحی شده‌اند که چگونگی تغییرات رطوبت خاک غیر اشباع را تشریح میکند. روشهای عددی برای حل این معادله مستلزم اطلاعات لازم در خصوص رابطهٔ پتانسیل و میزان رطوبت خاک (Soil water retention) و همچنین رابطه ناهمگون ضریب آبگذری خاک (Hydraulic conductivity function) میباشد. اندازه‌گیری مستقیم این پارامترها بعلت ناهمگون بودن آنها نسبت به زمان و مکان عملاً" امکان پذیر نمیباشد. در عین حال مطالعات متعدد نشان داده که روشهای تجربی برای تخمین اینگونه پارامترها با استفاده از اطلاعات قابل دسترس جامعه‌ت لازم را برای بکارگیری آنها در شرائط مختلفند غالباً" میبایستی بوسیله اندازه‌گیریهای محلّی واسنجی شوند (Yates et al., ۱۹۹۱).

بمنظور رفع این نقیصه روشهای ساده‌تر با استفاده از معادلهٔ بیلان آب برای تخمین تغییرات رطوبت خاک نسبت به زمان پیشنهاد شده است. بایرورابرتسون (Baier and Robertson, 1966) روشی برای تخمین رطوبت خاک با استفاده از اطلاعات رایج جوی تدوین کردند. در این روش که در بسیاری از مدلها بکار رفته میزان تبخیر بالقوه (Potential evaporation) بعنوان حد نهایت میزان تبخیر در نظر گرفته شده است جذب آب بوسیله ریشه گیاه بطور همزمان از لایه‌های مختلف پروفیل خاک انجام گرفته و تخمین آن براساس میزان تبخیر بالقوه و میزان رطوبت خاک موجود در هر لایه میباشد. در این مدل فرض بر این است که آب نفوذی میزان رطوبت خاک را به حدّ ظرفیت مزرعه رسانده و باقیمانده به لایهٔ بعدی نفوذ می‌کند. محاسبه تبخیر و تعرق در این مدل مستلزم بدست آوردن ضرایب مختلف خصوصیات خاک و گیاه و منحنیهای تبخیر خاک میباشد. مدلهای معروف اپیک (EPIC)(Sharpley and Williams, 1990) و سیریز (CERES) (Jones and Kiniry) برای شبیه‌سازی جریانهای مختلف در محیط خاک و گیاه تدوین شده است. این مدلها به دفعات ارزیابی شده و تحت شرایط مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند. تخمین میزان رطوبت خاک در این دو مدل مشابه با بسیاری از مدلهای بیلان آب میباشد. ولی در عین حال استفاده از این مدلها مستلزم در دست داشتن پارامترهای گوناگونی است که در بسیاری از شرایط موجود نمیباشند. بطور مثال عدم دسترسی به ضریب آبگذری اشباع به تنهائی میتواند عامل محدودکننده‌ای در استفاده از این مدلها باشد.

در این مطالعه فرضیه اصلی آنستکه رطوبت خاک در لایه سطحی عمدتاً" بوسیله شرایط مرزی کنترل می‌شود. در نتیجه خصوصیات هیدرولیکی خاک برای تخمین تغییرات میزان رطوبت خاک ضروری نمیباشد. به عبارت دیگر تغییرات رطوبت خاک را میتوان با حداقل اطلاعات و بدون استفاده از خصوصیات ناهمگون خاک بدست آورد. براساس این فرضیه و با استفاده از قانون کلی بیلان آب یک مدل ساده بنام SIMPLE بمنظور تخمین رطوبت خاک در لایه سطحی طراحی شده است. این مدل را می‌توان گامی در جهت ساده‌تر کردن مدلهای موجود دانست. مدل پیشنهادی تحت شرایط مختلف ارزیابی شده تا ضمانت کاربرد آنرا در شرایط گوناگون تأیید نماید.

۱- تئوری و روش

معادلهٔ کلی برای بیلان روزانهٔ رطوبت خاک در لایه سطحی را میتوان بصورت زیر بیان کرد :

$$\Delta W = (P + I) - (D_r + ET + R_o) \qquad (۱)$$

که در آن :

ΔW = تغییرات رطوبت خاک

P = نزولات جوی

I = میزان آبیاری

D_r = میزان زهکشی

ET = تبخیر و تعرق

R = رواناب سطحی

تمام مقادیر فوق در واحد طول (Cm) و بعبارت دیگر حجم در واحد سطح در نظر گرفته شده است. میزان رواناب سطحی در اراضی مسطح در مقایسه با دیگر جریانات معادلهٔ بیلان آبی ناچیز میباشد. در عین حال در شرایط دیم آبیاری منظور نمیشود. فلذا معادلهٔ فوق را در چنین شرائطی میتوان بصورت زیر خلاصه کرد :

$$\Delta W = P - (ET + D_r) \qquad (۲)$$

تغییرات رطوبت خاک در لایه سطحی را میتوان بصورت دیگری نیز بیان نمود :

$$\Delta W = (\theta(t_2) - \theta(t_1))\, Z \qquad (۳)$$

که در آن

θ = میزان رطوبت خاک در زمانهای مختلف t_1 و t_2

Z = ضخامت لایه سطحی

از ادغام معادلات (۲) و (۳) معادلهٔ زیر بدست می آید :

$$(\theta(t_2) - \theta(t_1))\, Z = P - (ET + D_r) \qquad (۴)$$

براساس معادله (۴) تغییرات رطوبت خاک در لایه سطحی در شرایط دیم مستقیماً به مابه‌التفاوت میزان نزولات جوی و تلفات تبخیر و زهکشی بستگی دارد.

۱-۱ اطلاعات مورد نیاز برای استفادهٔ مدل

۱-۱-۱ ظرفیت خاک

میزان ظرفیت خاک در رابطه با رشد گیاه بصورت میزان رطوبت خاک در ظرفیت زراعی (θ_{FC}) و نقطهٔ پژمردگی (θ_{WP}) بیان میشود. اینگونه اطلاعات در اغلب موارد قابل دسترسی میباشد.

۱-۱-۲ تبخیر بالقوه (Potential evaporation)

برای تخمین میزان تبخیر بالقوه (ET_p) میتوان از معادلهٔ پنمن و با استفاده از اطلاعات جوی شامل دمای هوای متوسط روزانه، تشعشع خورشید، سرعت باد، رطوبت نسبی و میزان بارندگی استفاده کرد. در شرائطی که اطلاعات فوق در دسترس نباشد از روشهای دیگر که اطلاعات کمتری را میطلبد میتوان بهره جست. بعنوان مثال در روش لیناکر (Linacre, 1977) با استفاده از اطلاعات ارتفاع محل از سطح دریا، عرض جغرافیائی و دمای حداقل و حداکثر هوا میتوان میزان تبخیر بالقوه را تخمین زد. تبخیر و تعرق واقعی (ET) را نیز میتوان از حاصلضرب تبخیر بالقوه در ضرایب تجربی که در برگیرنده تأثیرات مراحل رشد گیاه و نیاز جوی است بدست آورد (Stuff and Dale , 1978). از آنجا که دستیابی به اینگونه ضرایب شرائط استفاده از یک مدل را مشکل تر میکند بمنظور سهولت امر از روشهای دیگری در این مطالعه استفاده شده است.

در شرایطی که لایه سطحی خاک مرطوب است، شرایط لازم برای تبخیر و تعرق بالقوه فراهم است. در واقع در این مرحله میزان تبخیر و تعرق بوسیله میزان انرژی موجود کنترل میشود که هیلل (Hillel, 1982) این مرحله را مرحله تبخیر کنترل شده جوی می نامد.

چنانچه میزان تبخیر و تعرق از سرعت انتقال رطوبت خاک به لایه سطحی بیشتر باشد، رطوبت این لایه کاهش یافته و در نتیجه میزان تبخیر و تعرق بوسیله میزان انتقال رطوبت به لایهٔ سطحی کنترل می‌شود. بطور خلاصه، تأثیرات رطوبت خاک در کنترل میزان تبخیر و تعرق را میتوان در دو مرحله بیان کرد. در مرحلهٔ اوّل یا ثابت میزان تبخیر و تعرق در حد بالقوه بوده و بوسیلهٔ شرائط جوی کنترل می‌شود. در مرحلهٔ دوّم یا مرحلهٔ افت، میزان تبخیر و تعرق متناسب با افت رطوبت خاک کاهش پیدا می‌کند. استاف و دیل (Stuff and Dale, 1978) براساس پاره‌ای مشاهدات رابطه‌ای خطی بین نسبت میزان تبخیر و تعرق واقعی به تبخیر بالقوه در طول مرحلهٔ افت در مقایسه با کمبود رطوبت خاک تدوین کردند. برهمین اساس، در این مدل فرض شده که میزان تبخیر و تعرق واقعی تا مادامیکه رطوبت خاک لایه سطحی بالاتر از ظرفیت زراعی باشد در حد بالقوه باقی میماند و متعاقباً با کاهش رطوبت خاک بصورت خطی کاهش پیدا میکند و یا بصورت دیگر:

$$ET = ET_p \qquad \theta > \theta_{FC} \quad \text{وقتیکه}$$

$$ET = ET_p \left(\frac{\theta_i - \theta_{wp}}{\theta_{FC} - \theta_{wp}}\right) \qquad \theta_{wp} < \theta < \theta_{FC} \quad \text{و زمانیکه} \qquad (۵)$$

۳-۱-۱ میزان زهکشی

براساس معادلهٔ ریچاردز حرکت آب در خاک متأثر از شیب هیدرولیکی و ضریب آبگذری خاک میباشد. ضریب آبگذری رابطه‌ای غیرخطی و ناهمگون با میزان رطوبت خاک یا پتانسیل آن دارد. در نتیجه دستیابی به این رابطه غالباً مشکل میباشد. به منظور حذف این پیشنیاز برای استفاده از مدل پیشنهادی روش ساده‌تری در نظر گرفته شده است که در زیر آمده است :

در اغلب مدلهای بیلانی، فرض بر آنستکه رطوبت مازاد بر حد ظرفیت زراعی بصورت جریان عمقی یا زه آب از لایه مورد نظر خارج میشود. شدت جریان زهکشی بستگی به میزان رطوبت خاک در لایه سطحی دارد و در حالت اشباع در حد بالقوه میباشد. جریان واقعی زه‌آب به ضریب آبگذری و هم چنین شیب هیدرولیکی بین دو لایه بستگی دارد. شیب هیدرولیکی مزبور در واقع تابعی از شدت بارندگی و میزان رطوبت خاک قبل از بارندگی میباشد. مطالعات نشان داده که وضعیت رطوبت خاک در لایه‌های زیرین نسبت به زمان تقریباً ثابت است. فلذا به منظور سهولت، عامل شدت بارندگی را حذف کرده و میزان جریان زه‌آب را تنها تابعی از میزان رطوبت خاک در لایهٔ سطحی فرض شده است.

در این مطالعه رابطه‌ای خطی بین شدت جریان زه‌آب و رطوبت خاک، مشابه با فرضیه مدل سیریز (CERES)(Jones and Kiniry , 1986) برای تخمین زهکشی در نظر گرفته شده است. در رابطهٔ زیر ضریب زهکشی β میزان زهکشی رطوبت موجود مازاد بر حد ظرفیت زراعی را نشان می‌دهد :

$$D_r = \beta (\theta_i - \theta_{FC}) \qquad (۶)$$

که در این رابطه

θ_i = میزان رطوبت اولیه خاک

θ_{FC} = میزان رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی

در مدل CERES ضریب زهکشی β از طریق روشی با استفاده از تخلخل خاک محاسبه میشود. بمنظور تطبیق این مدل با اطلاعات صحرائی گابریل و همکارانش (Gabrielle etal, 1995) مجبور شدند مقدار β را از ۰/۳۷ به ۰/۰۵ تغییر دهند و در نهایت پیشنهاد کردند تا این ضریب بوسیله پارامترهای ضریب آبگذری اشباع (Ks) و یک ضریب تجربی (A) مربوط به بافت خاک و طبقه‌بندی هیدرولوژیکی جایگزین شود. در استفادهٔ مدل اپیک (EPIC) نیز مقادیر ناهمگون ضریب آبگذری اشباع ضروری است. اینگونه اطلاعات در بسیاری از مراجع براحتی قابل دسترس نمی‌باشد.

به منظور از بین بردن محدودیت‌های بالا، در این روش پیشنهادی ضریب β را از طریق واسنجی میتوان بدست آورد. فلذا در استفاده مدل SIMPLE شبیه‌سازی را با یک مقدار معلوم رطوبت خاک (θ_i) آغاز نموده مقدار β را چنان فرض می‌کنیم تا رطوبت خاک بدست آمده (θ_f) در یک زمان مشخص با مقدار اندازه‌گیری شده مطابق باشد. در نتیجه آن مقدار بدست آمده β که بتواند میزان رطوبت خاک بدست آمده (θ_f) را با رطوبت خاک اندازه‌گیری شده تطبیق دهد برای پیش‌بینی رطوبت خاک در هر دروهٔ دیگر قابل استفاده خواهد بود.

چگونگی عملکرد این مدل ساده که براساس تعدادی فرضیات پایه‌ریزی شده در مقابل اطلاعات جمع آوری شده در مزارع مختلف دارای آب و هوای نوع خاک گوناگون ارزیابی شده است.

۳- ارزیابی مدل SIMPLE

اطلاعات جمع‌آوری شده در خصوص تغییرات رطوبت خاک در لایه سطحی در سه منطقه مختلف برای ارزیابی مدل SIMPLE استفاده شده است. عملکرد این مدل در شرائط آب و هوایی و زراعی مختلف نشان دهندهٔ اعتبار مدل و فرضیات آن است.

برای ارزیابی مدل دو روش کیفی (تطبیقی) و کمّی (آماری) بکار گرفته شده است در روش کیفی منحنیهای رطوبت خاک تشبیه شده و اندازه‌گیری شده مقایسه میشوند. روش آماری برگرفته شده از مطالعات آمبروز و روش (Ambrose and Roesch , 1982) شامل محاسبهٔ مقادیر ذیل میباشد :

متوسط اختلاف بین مقادیر رطوبت خاک تشبیه شده و اندازه‌گیری شده (ME)، اختلاف نسبی (RE) که نشان دهندهٔ اختلاف فوق برحسب واحد متوسط رطوبت خاک اندازه‌گیری شده، مجذور اختلاف بین مقادیر رطوبت تشبیه شده و اندازه‌گیری شده (SE) که غالباً برحسب واحد متوسط رطوبت خاک اندازه‌گیری شده (MSE) نیز آورده میشود.

۴- موقعیت مزارع

۴-۱- مزرعه Breton در آلبرتا

مزرعهٔ مورد نظر دارای خاک Grey Luvisol میباشد. مقادیر اندازه‌گیری شده رطوبت خاک در لایه سطحی به عمق ۲۰ سانتی‌متر در طول دورهٔ کشت سالهای ۱۹۹۴ و ۱۹۹۵ در شرایط آیش (تحت عنوان E-۱ و E-۳ در سال ۱۹۹۴ ، E-۹ و E-۱۱ در سال ۱۹۹۵) و همچنین تحت کشت گندم (تحت عنوان F-۳ در سال ۱۹۹۴) و تحت کشت جو (تحت عنوان F-۹ و F-۱۱) برای ارزیابی مدل پیشنهادی بکار رفته است. اندازه‌گیری رطوبت خاک بوسیله TDR که بصورت عمودی در عمق سطحی خاک نصب شده بود هر ساعت یکبار انجام می‌گرفت. ولی از آنجا که مقادیر بدست آمده بوسیله مدل SIMPLE روزانه میباشد تنها یکی از مقادیر اندازه‌گیری شده که از نظر زمانی مطابقت داشت در نظر گرفته شده است.

۴-۲- مزرعه Simcoe در اونتاریو

مزرعه مورد نظر دارای خاک با بافت Sandy loam و تحت کشت دانه‌های روغنی (Soybean) قرار داشت (Clemente et al , 1994) مقادیر رطوبت خاک اندازه‌گیری شده بوسیله روش وزنی در طول کشت سال ۱۹۷۴ برای منطقه‌ای با زهکشی طبیعی (Free draining) در مزرعهٔ Simcoe برای ارزیابی مدل پیشنهادی بکار رفته است. رطوبت خاک و همچنین تبخیر و تعرق بالقوه از طریق مکاتبات مستقیم با دِیانگ (R. de yong) بدست آمده است.

۳-۴- مزرعه Lethbridge در آلبرتا

مزرعهٔ مورد نظر دارای خاک چرنوزم (Chernozem) بوده و مقادیر رطوبت خاک در اعماق ۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری بوسیله TDR اندازه‌گیری شده است. اطلاعات جوی از قبیل سرعت باد، حداقل و حداکثر دمای هوا، رطوبت نسبی و تشعشع مطلق برای تخمین تبخیر و تعرق روزانه با استفاده از روش پنمن بکار برده شده است.

داده‌های مختلف خاک برای هر مزرعه که در راه‌اندازی مدل SIMPLE بکار رفته در جدول شمارهٔ ۱ آورده شده است.

۵- نتایج بدست آمده و جمع‌بندی

۱-۵- کلیات

تخمین رطوبت خاک بوسیلهٔ مدل پیشنهادی SIMPLE براساس فرضیه‌های ساده زیر انجام پذیرفته است در مدل SIMPLE فرض بر آنست که ذخیره آب در لایه سطحی خاک بوسیلهٔ جریانات مرزی شامل نزولات جوی، تبخیر (در شرائط آیش) و تبخیر و تعرق (در شرائط تحت کشت) و همچنین زه‌آب کنترل می‌شود. تبخیر و تعرق واقعی از طریق تبخیر بالقوه و با استفاده از ضرایب تجربی استفاده می‌شود. جریانات زه‌آب با استفاده از ضرایب β به شرحی که گذشت بدست می‌آید. در روش پیشنهادی ضریب β بطور غیر مستقیم ضرایب لازم برای بدست آوردن تبخیر و تعرق را نیز در بر میگیرد. فلذا بجای بکارگیری تمامی این ضرایب در راه‌اندازی مدل تنها از تبخیر بالقوه و ضریب β استفاده می‌شود. در نتیجه ضریب β میبایستی برای شرائط آیش و تحت کشت به طور مجزا واسنجی شود.

۱-۱-۵- مزرعه Breton

تصاویر ۱ و ۲ (برای شرائط آیش) و ۳ و ۴ (برای شرائط تحت کشت) نشان دهندهٔ مقایسه بین مقادیر اندازه‌گیری شده رطوبت خاک و تشبیه شده بوسیله مدل SIMPLE در طول دو دورهٔ رشد سالهای ۱۹۹۴ و ۱۹۹۵ میباشد. ویژگی این دو دوره وجود نزولات جوی شدید (31 May - 12 Sept, 1994) و در عین حال دوره‌های غالباً خشک (6 July - 28 July, 1995) میباشد.

نتایج بدست آمده نشان میدهد که مدل SIMPLE به شایستگی توانسته است اندازه‌گیری مزرعه‌ای را تشبیه کند. ضریب زهکشی β "بدوا" براساس مقادیر اوّلیه و نهائی رطوبت خاک در دورهٔ کشت سال ۱۹۹۴ بدست آمده و همین مقدار برای سال ۱۹۹۵ بکار گرفته شد. مقادیر آماری ME و RE هم نشان میدهد که مدل SIMPLE توانست بخوبی مقادیر اندازه‌گیری شده را تشبیه کند (جدول شمارهٔ ۲).

۵-۱-۲ مزرعه Simcoe

تصویر شمارهٔ ۵ مقایسه مقادیر رطوبت خاک اندازه‌گیری شده و تشبیه شده بوسیله مدل SIMPLE را نشان می‌دهد. خاک این مزرعه بسیار درشت می‌باشد. مقادیر اندازه‌گیری شدهٔ رطوبت خاک در طول دورهٔ رشد سال ۱۹۷۸ بسیار متغیر است. در اواخر دورهٔ کشت مقادیر گزارش شدهٔ متوسط رطوبت در لایهٔ سطحی ۲۵ سانتی‌متر را کمتر از $\frac{Cm^3}{Cm^3}$ ۰/۰۳ نشان می‌دهد که این مقدار حتی از رطوبت خاک در نقطه پژمردگی نیز کمتر است. رسیدن رطوبت خاک به حد پائین‌تر از نقطه پژمردگی در حالیکه گیاه به رشد خود ادامه میدهد قابل تردید است. بر همین اساس حد پژمردگی که جزو داده‌های مدل است پائین‌تر و در حد $\frac{Cm^3}{Cm^3}$ ۰/۰۱ در نظر گرفته شده است. من حیث‌المجموع، مدل SIMPLE قادر به تشبیه مقادیر اندازه‌گیری شده بود. در اوائل دورهٔ کشت و در زمانیکه میزان بارندگی زیاد بود تخمین رطوبت خاک بوسیله مدل SIMPLE کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده بود ولی برای بقیه دوره کشت تخمین مدل مناسب به نظر می‌رسد. مقادیر تشبیه شده بوسیله مدل بعد از بارندگی‌های بزرگ، در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده، نشان می‌دهد که میزان تلفات واقعی آب از لایه سطحی در حد بالاتری از مقادیر بدست آمده از مدل میباشد. در اغلب مواقع متوسط رطوبت خاک در لایه سطح از حد ظرفیت زراعی پائین‌تر بود در نتیجه این نقیصه میتواند مربوط به تخمین پائین میزان تبخیر باشد و نه زه‌آب.

۵-۱-۳ مزرعه Lethbridge در آلبرتا

تصاویر ۶ و ۷ مقادیر اندازه‌گیری شده در دو دورهٔ کشت سالهای ۱۹۹۴ و ۱۹۹۵ با تشبیه‌های مدل SIMPLE را نشان می‌دهد. اندازه‌گیریها در نقاط مختلف با روشهای مختلف شخم زمین و نوع کشت بوده است. مدل SIMPLE بخوبی مقادیر اندازه‌گیری شده رطوبت خاک را در سال ۱۹۹۴ تشبیه کرده است.

جدول شمارهٔ ۱. مقادیر پارامترهای استفاده شده در مدل SIMPLE برای مزارع مختلف

Site	Breton	Lethbridge	Simcoe
$^{(1)}\theta_{sat}$	۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۳۶
$^{(2)}\theta_{FC}$	۰/۲۶	۰/۳۲	۰/۱۶
$^{(3)}\theta_{wp}$	۰/۱۱	۰/۲۲	۰/۰۱
$^{(4)}\beta$	۱۰	۳۰	۲۵

1 - Water content at saturation or Porosity (m^3m^{-3}) (رطوبت خاک اشباع یا درصد تخلخل)

2 - Water content at field capacity or 33 KPa (m^3m^{-3}) (رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه)

3 - Water content at permanent wilting point or 1500 KPa (m^3m^{-3}) (رطوبت خاک در نقطه پژمردگی)

4 - Drainage flux coefficient (mmd^{-1})(β ضریب زهکشی)

تشبیهات مدل برای سال ۱۹۹۵ بالا بنظر می‌رسد. تخمین ضریب β که از دورهٔ کشت سال ۱۹۹۴ با بارندگیهای پراکنده بدست آمده برای دورهٔ کشت سال ۱۹۹۵ با بارندگیهای زیاد باعث شده است که میزان زه‌آب تخمین کمتر باشد.

در مجموع، تطابق نتایج بدست آمده از مدل SIMPLE و مقادیر اندازه‌گیری شده نشان دهندهٔ آنست که این مدل قابل قبول برای تخمین رطوبت خاک در شرائط مختلف میباشد. در عین حال برای تخمین پارامترهای دیگر نظیر میزان تبخیر و یا تخمین جریان زه‌آب با توجه به فرضیات متعدد مدل لزوماً قابل اعتماد نیست.

جدول شمارهٔ ۲. مقایسه آماری مقادیر رطوبت خاک شبیه شده : بوسیله SIMPLE و مقادیر اندازه‌گیری شده برای مزارع مختلف

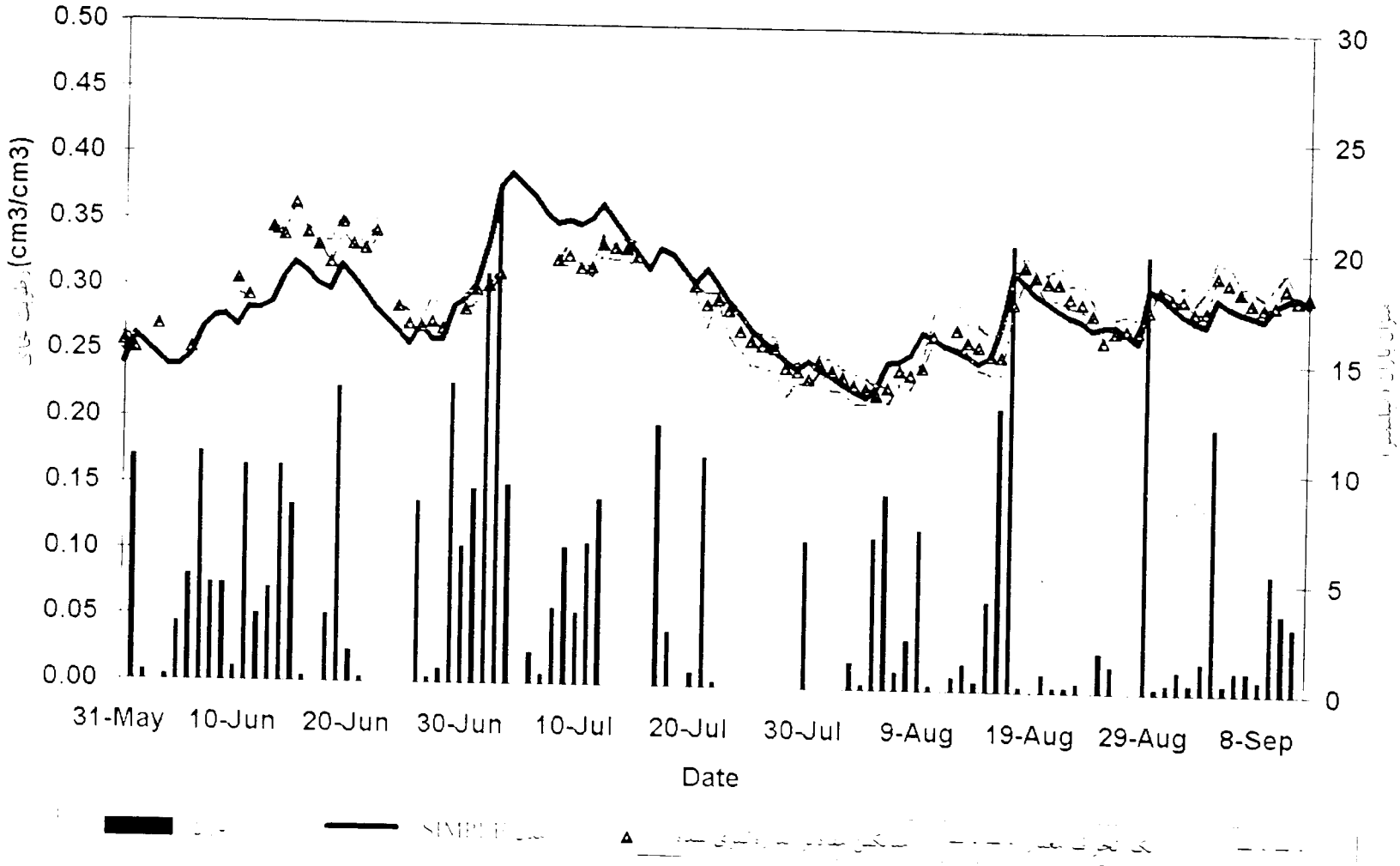
مزرعه	سال	نوع کشت	ME[1]	RE[2]	SE[3]	RSE[4]
Breton	۱۹۹۴	آیش	۰/۰۰	-۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۷
	۱۹۹۵	آیشی	۰/۰۲	-۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۱۰
	۱۹۹۴	گندم	۰/۰۲	-۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۱۲
	۱۹۹۵	گندم	۰/۰۱	-۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۸
Lethbridge	۱۹۹۴	گندم	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۱۲
	۱۹۹۵۵	گندم	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۸
Simcoe	۱۹۷۸	دانه‌روغنی	-۰/۰۲	۰/۱۴	۰/۰۲	۰/۲۴

1 - Mean error (ME) (میانگین اختلاف)

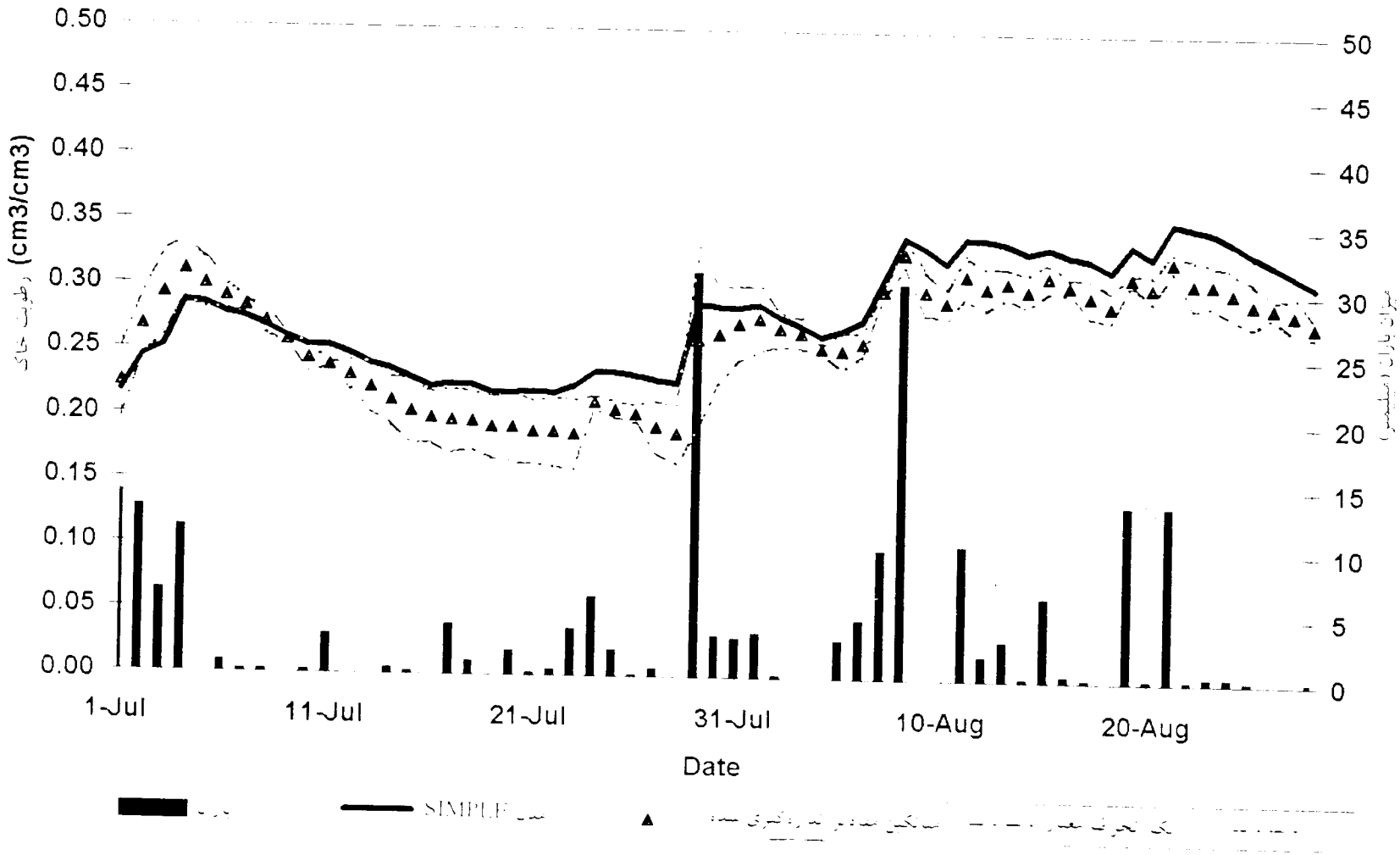
2 - Relative error (RE) (اختلاف نسبی)

3 - Standard error (SE) (اختلاف استاندارد)

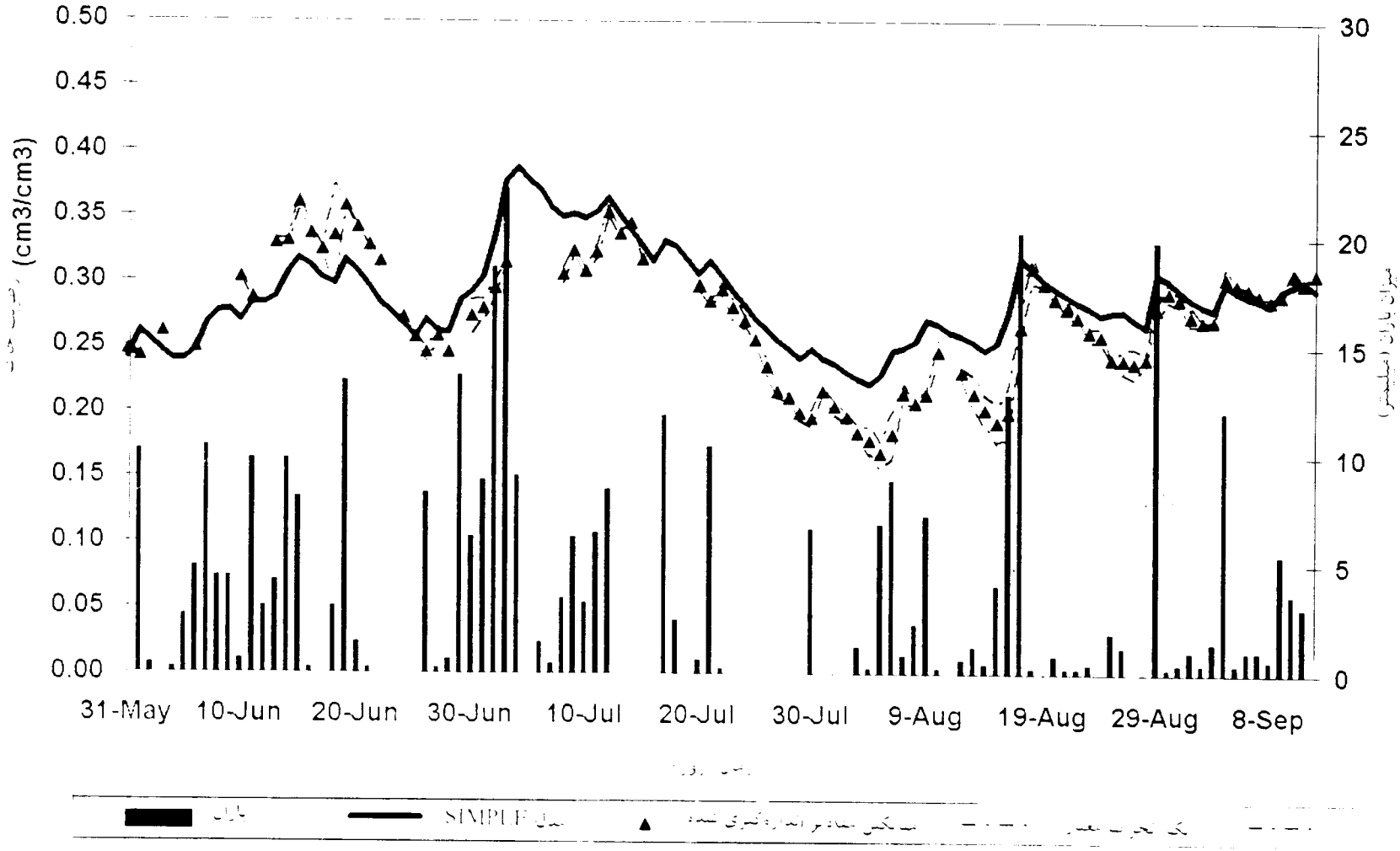
4 - Relative standard error (RSE) (اختلاف نسبی استاندارد)



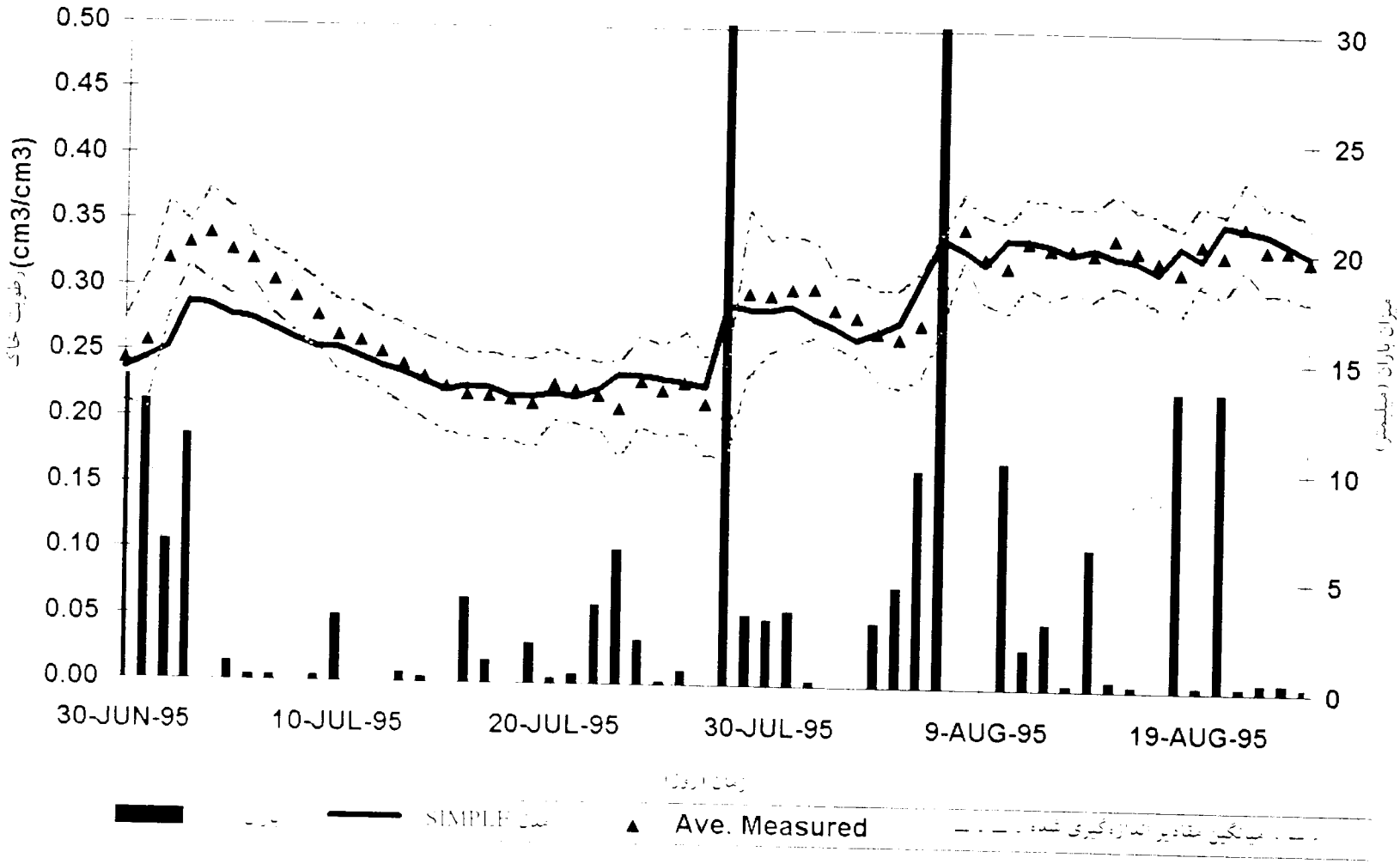
شکل ۲- مقادیر رطوبت حجمی خاک شبیه‌سازی شده با مدل SIMPLE و مقادیر اندازه‌گیری شده در مزرعه Bicton (شیر خط سبز) در طی فصل رشد ۱۹۹۴



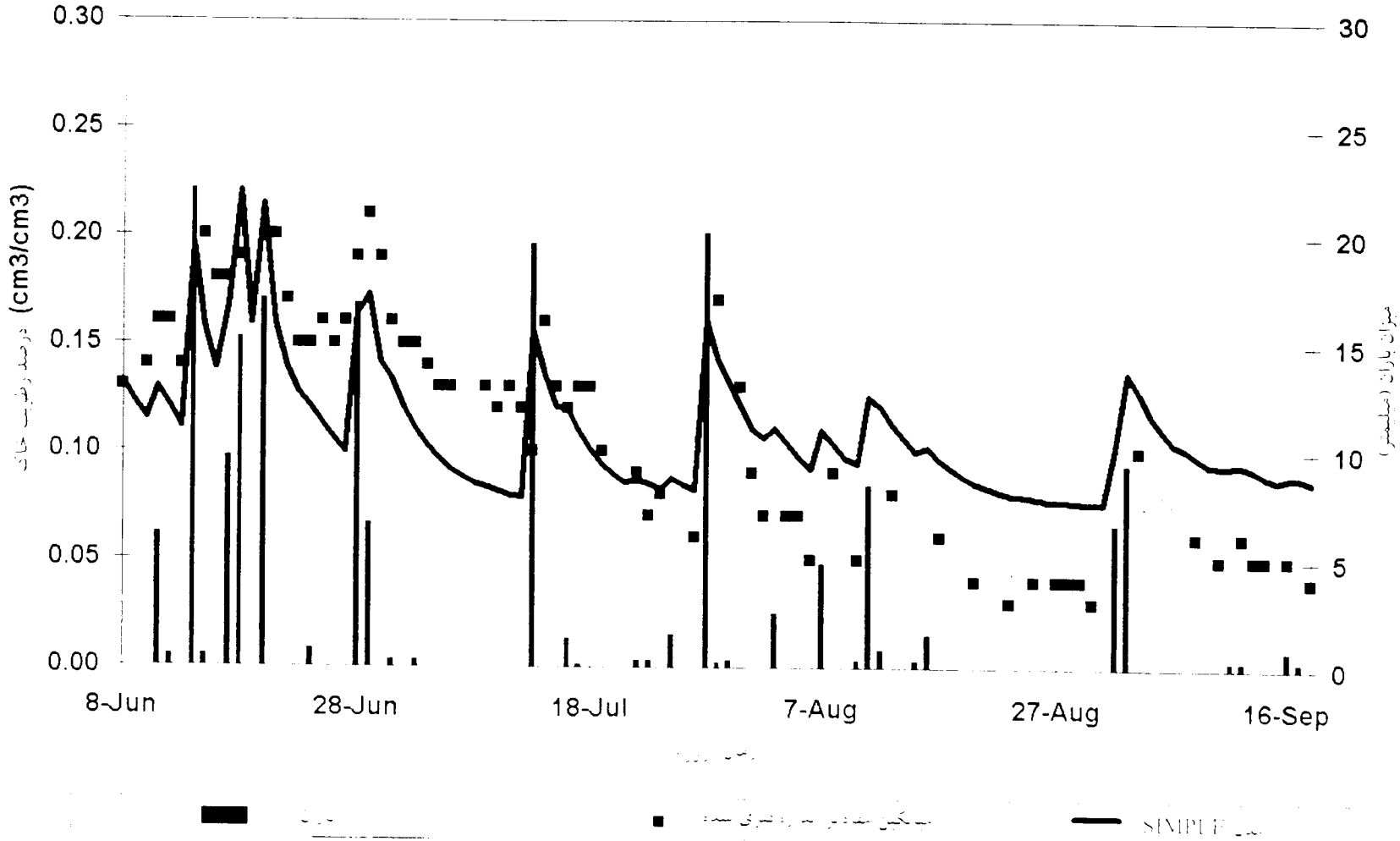
تصویر شمارهٔ ۲. مقادیر رطوبت خاک شبیه سازی شده توسط مدل SIMPLE در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده در مزرعه Bricton (شرق انگلیس) برای فصل رشد ۱۹۹۵



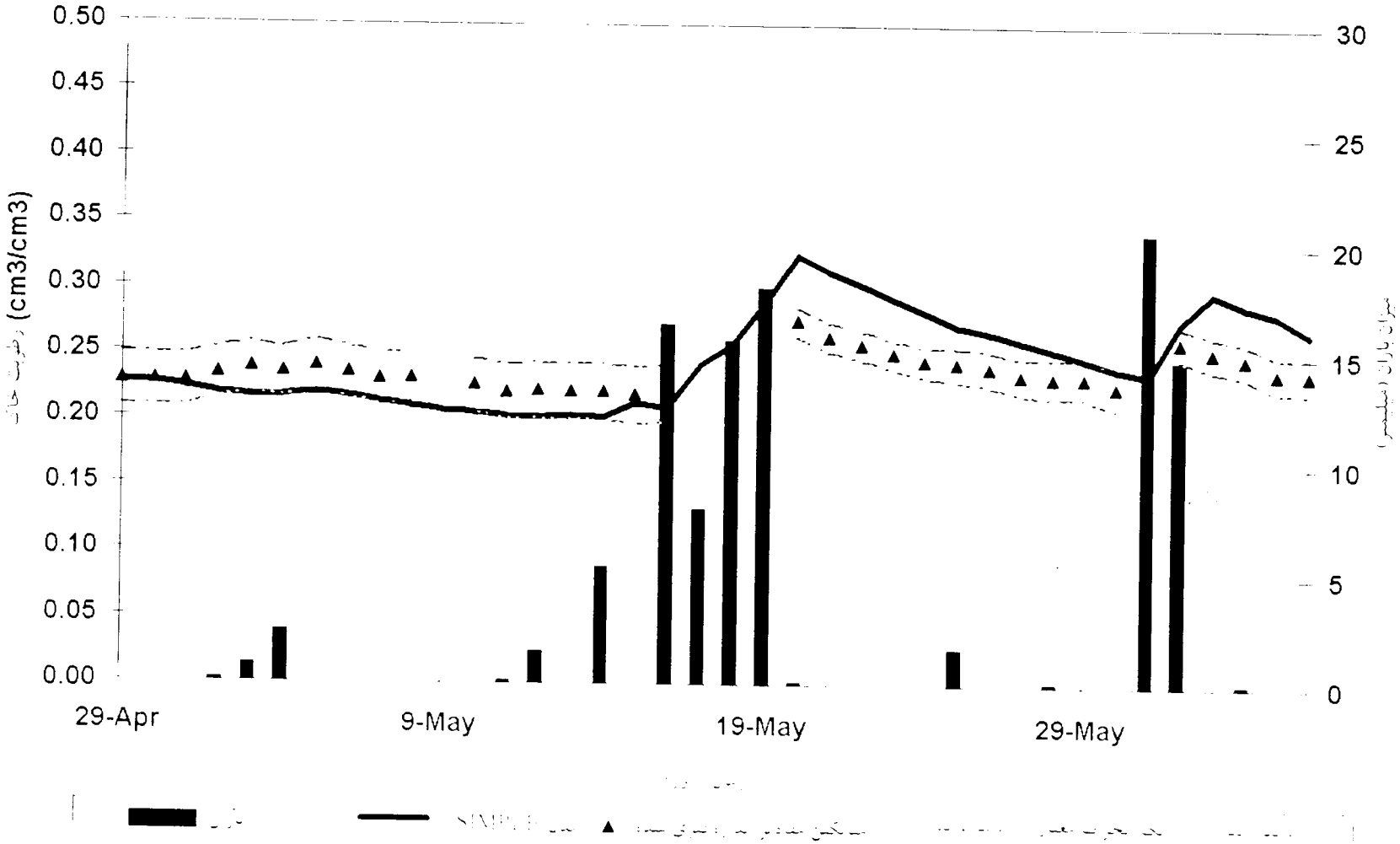
تصویر شمارهٔ ۳ مقادیر رطوبت خاک شبیه سازی شده با مدل SIMPLE و مقادیر اندازه گیری شده در مزرعه Biotron (شرایط تحت کشت) برای فصل رشد ۱۹۹۴



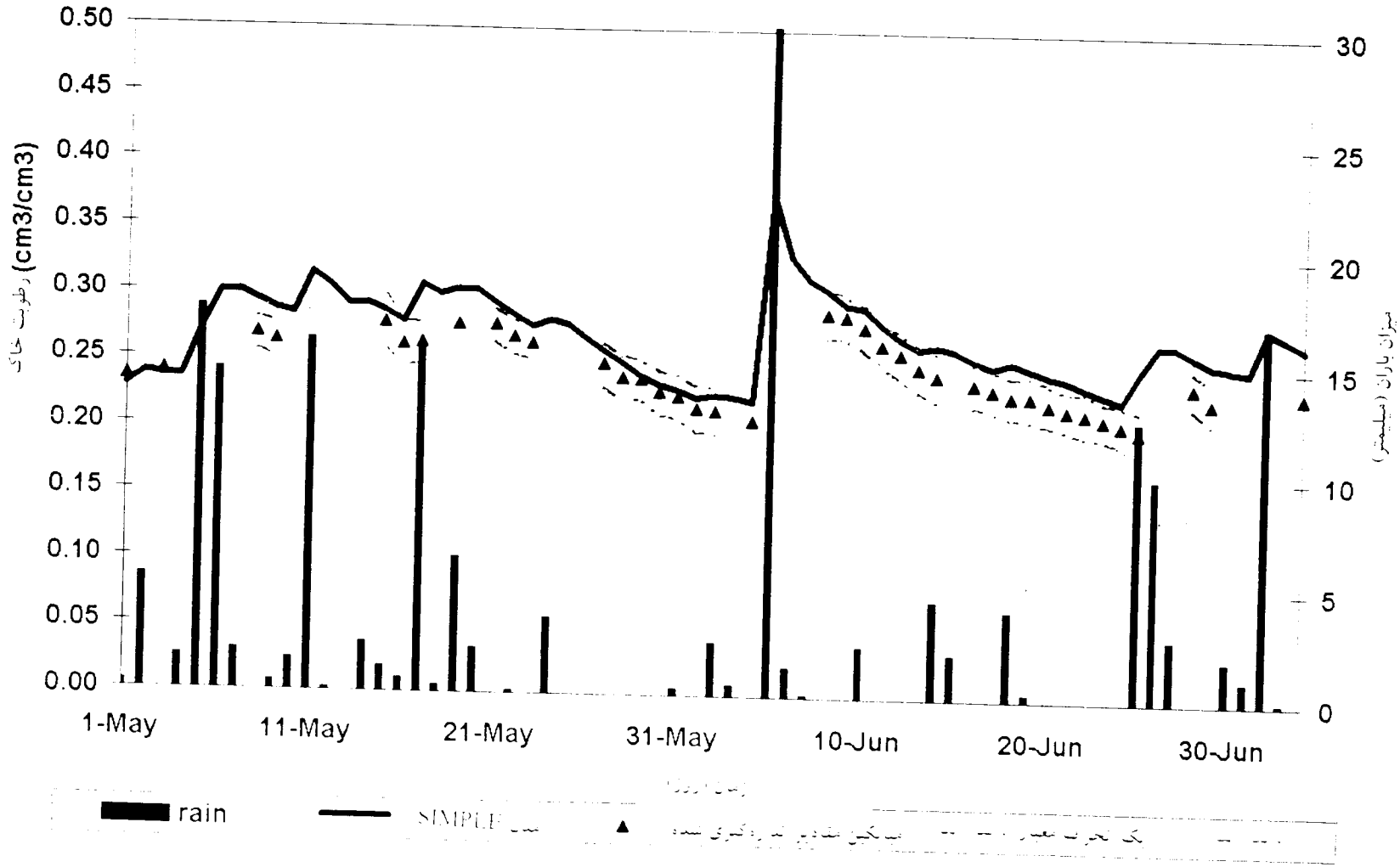
تصویر شمارهٔ ۴. مقادیر رطوبت خاک شبیه سازی شده توسط مدل SIMPLE در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده در مزرعه Bicton (شرایط تحت کشت) برای فصل رشد ۱۹۹۵



شکل شماره ۵ مقدار رطوبت خاک شبیه سازی شده توسط مدل SIMPLE در مقایسه با مقادیر اندازه گیری شده در مزرعه Simcoe (منبع: محمد حسن [illegible] ۱۹۷۸)



تصویر شماره ۶: مقادیر رطوبت خاک شبیه سازی شده با مدل SIMPLE و مقادیر اندازه گیری شده در مزرعه Lethbridge (شرط تحت کشت) برای فصل رشد ۱۹۹۴



تصویر شمارهٔ ۷ مقادیر رطوبت خاک شبیه سازی شده توسط مدل SIMPLE در مقایسه با مقادیر اندازه گیری شده در مزرعه Lethbridge (شرایط بدون کشت) برای فصل رشد ۱۹۹۵

References

Clemente, R.S., R De Jong, H.N. Hayhoe, W.D. Reynolds, and M. Hares, 1994. Testing and comparison of three unsaturated soil water flow models. Agric. Water Manage. 25:135-152.

Gabrielle, B, S. Menasseri, and S. Houot, 1995. Analysis and field evaluation of the Ceres models water balance component. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:1403-1412.

Hillel, D.1977. Computer simulation of soil-water dynamics: A compendium of recent work. Ottawa, IDRC, 214 pp.

Jury, W. A., W. R. Gardner and W. H. Gardner, 1991. Soil Physics. John Wiley and Sons, Inc. N. Y.

Linacre, E. T., 1977. A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperature data alone. Agr. Meteorol., 18:409-424.

Sharpley, A. N. and J. R. Williams, (eds). 1990. EPIC- Erosion/ Productivity Impact Calculator: 1. Model Documentation. USDA Tech. Bul. No. 1768. 235 pp.

Yates, S. R., M. Th. Van Genuchten, and F. L. Leij, 1991. Analysis of predicted hydraulic conductivity using the RETC. In M. Th. Van Genuchten et al.(ed.) Proc. Int. Worksh. Indirect methods for estimating hydraulic properties of unsaturated soils, Riverside, CA. 11-13 Oct. 1989. Univ. of California, Riverside.

Abstract

A functional soil water budget model, SIMPLE, is developed for estimation of transient soil water. The main advantage of this model is its simplicity. This model requires only commonly available soil information i.e. water content at field capacity and wilting point, soil bulk density, and basic information on precipitation and potential evaporation. In addition, the fitting factor, β, is required as the drainage coefficient. This factor can be estimated by matching the predicted and measured water contents at the two ends of a time period. The β coefficient should be calibrated separately for fallowed or cropped fields. This value can then be used for simulation of water contents for any other time periods, for the particular soil.

The SIMPLE Model was tested against observed results for both fallowed and cropped fields for three different locations with contrasting soil and climate conditions. The model was capable of reproducing the measured water contents with reasonable accuracy. Such results are required in many studies, such as agronomic problems and irrigation system designs.