نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۲، ص. ۸۳۸-۸۳۲

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.4, Sept.-Oct. 2013, p. 832-838

برآورد ضریب گیاهی ذرت دانه‌ای با استفاده از خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه (مطالعه موردی: ماهیدشت کرمانشاه)

علی بافکار[۱*]- بهمن فرهادی[۲]- علیرضا کریمی[۳]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۱۲/۲۷
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۵/۲۰

چکیده

ضریب گیاهی (K_c) یکی از فاکتورهای بسیار مهم در برنامه ریزی‌های آبیاری و تخصیص بهینه منابع آب به گیاهان به حساب می‌آید. این مطالعه در طی دو سال زراعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در ایستگاه لایسیمتری مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان کرمانشاه واقع در دشت ماهیدشت صورت گرفته است. ضریب گیاهی (K_c) از طریق نسبت تبخیر و تعرق واقعی (ET_c) به تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET_o) بدست آمده است. تبخیر و تعرق واقعی با استفاده از داده های لایسیمتری اندازه گیری و تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع نیز بر اساس فرمول پنمن- مانتیث بر اساس داده های روزانه هواشناسی ایستگاه ماهیدشت محاسبه گردید. در طول دوره رشد شاخص سطح برگ (LAI) نیز طی ۱۴ مرحله اندازه گیری و ثبت گردید. بر اساس نتایج این مطالعه ضریب گیاهی با تعداد روزهای بعد از کاشت (DAS) و همچنین شاخص سطح برگ (LAI) به‌صورت یک معادله چند جمله ای درجه پنج با ضریب تبیین بالای ۰/۹ در سطح اعتماد ۰/۰۰۱ ارائه شده است. میزان متوسط تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET_o) و تبخیر و تعرق ذرت (ET_c) در طول فصول رشد به ترتیب برابر ۹۱۳ و ۷۴۳ میلیمتر محاسبه گردیده است. در این تحقیق در مراحل مختلف رشد گیاه ذرت یعنی مراحل ابتدایی، میانی و نهایی K_c در طی دو سال به طور متوسط به ترتیب برابر ۰/۵، ۱/۲۲ و ۰/۸۹ محاسبه شده است. مقایسه بین مقادیر بدست آمده با روش فائو حاکی از آن است که داده‌های بدست آمده مطابقت خوبی را با آن نتایج نشان می‌دهند و تفاوت جزئی که در مراحل انتهایی رشد پیش آمده ناشی از تأثیر تغییرات اقلیمی در میزان آب مصرفی گیاه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شاخص سطح برگ (LAI)، روزهای پس از کاشت (DAS)، لایسیمتر، تبخیر و تعرق

مقدمه

ذرت یکی از محصولات آبی در مناطق نیمه خشک مانند کرمانشاه محسوب می‌گردد. ضریب گیاهی (K_c) به منظور برآورد آب مورد نیاز گیاه با استفاده از روش‌های بکار رفته توسط سازمان خوار و بار جهانی (فائو) ضروری می‌باشد. این ضریب به منظور برنامه‌ریزی، طراحی سیستم‌های آبیاری، مدیریت صحیح آبیاری و زمان درست آبیاری کاربرد انکار ناپذیری دارد (۱۲). برای گیاهان زراعی نسبت تبخیر و تعرق گیاهی (ET_c) به تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_o) همان ضریب گیاهی (K_c) تعریف می‌گردد (۳). در طول سالیان گذشته چندین گزارش در خصوص تعیین K_c به چاپ رسیده و با روش‌های مختلف در دوره‌های مختلف رشد گیاه مقدار آن محاسبه گردیده است (۶ و ۱۷). ضرایب گیاهی برای گیاهان مختلف توسط دورنبوس و کاسام (۵) و جانسن و همکاران (۱۰) بدست آمده است. نتایجی که از برآورد ضرایب گیاهی توسط این محققین به چاپ رسیده است حاکی از این موضوع است که فاکتورهای اقلیمی، خاک، ویژگی‌های گیاهی و روش‌های آبیاری بر روی آن تأثیر گذار است.

در تحقیقی که برای ارزیابی مدل MSM (شبیه سازی رشد ذرت) بعمل آمد این نتیجه حاصل گردید که حداکثر شدت تبخیر و تعرق روزانه در ۵۱ روز بعد از کاشت برابر ۱۱/۰۵ میلیمتر بر روز بدست آمد. در این گزارش نیز آمده است که حداکثر شدت تبخیر و تعرق در تیمار با آب و کود کافی برابر ۱۰/۸۸ میلیمتر بر روز بدست آمده است (۲). حداکثر شدت تبخیر و تعرق ذرت در منطقه بوشلند تگزاس با اقلیمی مشابه کرمانشاه نزدیک به ۱۲ میلیمتر بر روز گزارش شده است (۸). در تحقیقی دیگر با استفاده از روش لایسیمتری مقدار تبخیر و تعرق

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیاران و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
(*- نویسنده مسول: Email: alibafkar@yahoo.com)

بالقوه ذرت ۸۲۸ میلیمتر برای منطقه کرکج تبریز گزارش شده است (۱).

نتایج بدست آمده از مطالعات صورت گرفته بر روی دو گیاه گندم و ذرت دانه‌ای در شمال کشور چین حاکی از آن است که متوسط تبخیر و تعرق واقعی در طول فصل رشد برای گیاه گندم و ذرت به ترتیب برابر ۴۴۴ و ۴۲۴ میلیمتر می‌باشد. دراین تحقیق نتایج دیگری ازجمله نسبت تعرق به تبخیر و تعرق واقعی، تعیین مقدار ضریب گیاهی (K_c) در مراحل مختلف رشد گیاه، رابطه بین ضریب گیاهی و روزهای پس از کاشت به صورت معادله چند جمله ای درجه پنج و نیز رابطه بین ضریب گیاهی و شاخص سطح برگ به دو صورت کسری و خطی بدست آمده است (۱۲).

در تحقیقی که در ایالت متحده آمریکا با هدف تعیین ضریب گیاهی ذرت و سورگوم صورت گرفت با استفاده از ۷ عدد لایسیمتر وزنی مقدار تبخیر و تعرق حقیقی گیاه ذرت (ET_c) محاسبه و با محاسبه میزان تبخیر و تعرق پتانسیل (ET_o) که از طریق روش پنمن – مانتیث بدست آمد مقادیر ضرایب گیاهی (K_c) در طول فصل رشد محاسبه گردید. دامنه این ضریب برای دوره فصل رشد گیاه ذرت بین ۰/۲ تا ۱/۲ بدست آمد، که با مقادیر محاسبه شده توسط فائو مطابقت داشت. در این تحقیق میزان آب مصرفی گیاه ذرت در طول فصل رشد برای سه سال مورد مطالعه بین ۴۴۱ تا ۶۴۱ میلیمتر بدست آمده است. همچنین در این تحقیق رابطه بین ضریب گیاهی و روزهای پس از کاشت به صورت معادله چند جمله ای درجه ۳ بدست آمده است (۱۶). مجنونی و همکاران (۱۴) در تحقیقی رابطه بین ضریب گیاهی با روزهای بعد از کاشت برای محصول کلزا را در دو سال زراعی ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ بررسی کرده اند و به این نتیجه رسیده‌اند که این رابطه یک چند جمله درجه ۳ می باشد. همچنین از دیگر نتایج بدست آمده در این تحقیق رابطه بین ضریب گیاهی و شاخص سطح برگ بوده است.

هدف از انجام این تحقیق بدست آوردن روشی بوده است که بدون استفاده از مطالعات لایسیمتری که هزینه‌بر و وقت‌گیر است، بتوان براساس خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه که به راحتی قابل اندازه‌گیری هستند ضریب گیاهی (K_c) را برآورد نمود. روش موردنظر در دشت ماهیدشت که یکی از دشت‌های حاصلخیز در استان کرمانشاه می‌باشد انجام شده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در یک لایسیمتر زهکش‌دار به ابعاد (۱×۱/۵×۱/۵) متر درطی دو سال زراعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات آبی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه واقع در دشت ماهیدشت در فروردین ماه انجام شده است. محدوده مورد مطالعه بخشی از دشت ماهیدشت– سنجابی، در استان کرمانشاه بین طول‌های جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی واقع شده است. در اطراف این لایسیمتر محصول ذرت دانه ای در سطح ۱۰ هکتار کشت گردید و کلیه کارهای مدیریتی در این مزرعه مشابه با لایسیمتر صورت پذیرفت.

عملیات آماده سازی زمین شامل شخم در پائیز و شخم مجدد در بهار و نیز ایجاد جوی و پشته بود. سه خط کاشت به فاصله ۷۵ سانتیمتر و فاصله بوته‌ها ۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد. کاشت در اواخر اردیبهشت ماه هر سال با دست انجام گرفت. کود فسفره و یک سوم کود نیتروژن در هنگام کاشت و مابقی کود نیتروژن طی دو مرحله به صورت کود سرک در فصل رشد مورد استفاده قرار گرفت. خاک منطقه دارای بافت رسی لومی با ظرفیت زراعی خاک (FC) و ظرفیت نقطه پژمردگی دائم (PWP) به طور متوسط به ترتیب برابر ۴۱ و ۲۳ درصد حجمی و وزن مخصوص ظاهری (A_s) برابر با ۱/۲۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری گردید. بارندگی متوسط نرمال در این دشت ۴۲۰ میلیمتر و میزان تبخیر و تعرق سالیانه نزدیک به ۱۰۰۰ میلیمتر برآورد گردید. با استفاده از یک لایسیمتر زهکش‌دار که در وسط یک مزرعه ۱۰ هکتاری ذرت کار گذاشته شده بود، مقدار تبخیر و تعرق گیاه اندازه‌گیری شد. از طریق نمونه‌گیری از خاک داخل مزرعه در سه عمق مختلف و میانگین‌گیری از آن به روش وزنی میزان ذخیره رطوبت در داخل لایسیمتر قبل از هر آبیاری محاسبه و از طریق فرمول ۱ میزان عمق آب آبیاری جهت آبیاری بعدی محاسبه گردید.

$$dw = (fc - \theta) \times D \times A_s \qquad (۱)$$

که در آن dw عمق آب آبیاری به سانتیمتر، F_C ظرفیت زراعی بر حسب درصد حجمی، θ میزان رطوبت خاک در لحظه نمونه‌گیری بر حسب درصد حجمی، D عمق ریشه به سانتیمتر ، A_S وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتیمترمکعب است.

با استفاده از یک کنتور حجمی با دقت ۰/۱ لیتر میزان آب اضافه شده به لایسیمتر اندازه گیری گردید. آب خروجی از لایسیمتر نیز در هر دوره توسط یک ظرف مدرج بصورت حجمی اندازه گیری گردید. در نهایت میزان تبخیر و تعرق گیاه با استفاده از معادله بیلان آبی ۲ که توسط جانسن و همکاران (۱۰) در سال ۱۹۹۰ پیشنهاد شده است محاسبه گردید.

$$ET_C = \left[\frac{(I + P - D + \sum_{i=1}^{n} (\theta_{1,i} - \theta_{2,i}) \Delta S_i}{\Delta t} \right] \qquad (۲)$$

که در آن:

ET_C متوسط تبخیر و تعرق واقعی گیاه در دوره مورد نظر (میلیمتر

در روز)، I مقدار آبیاری (میلیمتر)، P میزان بارندگی (میلیمتر)، D مقدار آب زهکشی(میلیمتر)، n تعداد لایه های خاک، ΔS_i ضخامت هر لایه از خاک (میلیمتر)، $\theta_{1,i}$ و $\theta_{2,i}$ حجم آب موجود در خاک در زمان های ۱ و۲در هر لایه از خاک (درصد حجمی)، Δt زمان بین دو اندازه‌گیری متوالی به روز می‌باشد.

تبخیر و تعرق گیاه مرجع در واقع شدت تبخیر و تعرق از سطح یک گیاه فرضی با ارتفاع ۱۲ سانتیمتر و مقاومت سطحی ۷۰ ($s.m^{-1}$) و آلبدو ۰/۲۳ تعریف می‌گردد. در این حالت می‌توان گفت که عمل تبخیر و تعرق از یک سطح با پوشش یکنواخت که در آن فعالیت رشد و نمو وجود داشته و روی سطح زمین بدون محدودیت رطوبتی سایه انداخته است، اتفاق می‌افتد. تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_o) با استفاده از روش‌های مختلف قابل محاسبه است (۴، ۶، ۷، ۹، ۱۱ و ۱۴). بر این اساس در این تحقیق تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_o) از طریق معادله پنمن- مانیث - فائو که با رابطه ۳ نشان داده شده است بدست آمده است (۳).

$$ET_o = \frac{[0.408\Delta(R_n - G) + (900\gamma/(T+273))U_2(e_s - e_a)]}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (۳)$$

که در آن R_n تشعشع خالص به سطح گیاه ($MJm^{-2}d^{-1}$)، G شار گرمایی خاک ($MJm^{-2}d^{-1}$)، T دمای متوسط هوا (^0C)، U_2 سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین ($m.s^{-1}$)، $(e_s - e_a)$ کمبود فشار بخار (KPa)، Δ شیب منحنی فشار بخار ($KPa.\ ^0C^{-1}$)، γ ثابت سایکرومتری ($KPa.\ ^0C^{-1}$) می باشد که از ایستگاه هواشناسی ماهیدشت واقع در مجاورت مزرعه آزمایشی اخذ شده است. لازم به ذکر است که عملیات برداشت محصول نیز در مهرماه هر سال صورت پذیرفته است. شاخص سطح برگ در طول دوره رشد از مزرعه اطراف لایسیمتر که از هر نظر مشابه با شرایط داخل لایسیمتر بود اندازه گیری شد. در این تحقیق مقدار (K_c) با استفاده از رابطه $\frac{ET_C}{ET_0} = K_c$ محاسبه گردید. در طول دوره رشد طی ۱۴ مرحله و در هر مرحله ۵ بوته از مزرعه برداشت و سطح برگ آن در آزمایشگاه با استفاده از سطح برگ سنج اندازه گیری و سپس شاخص سطح برگ محاسبه گردید.

نتایج و بحث

با توجه به تجزیه و تحلیلی که بر روی داده‌های لایسیمتری و نیز آمار هواشناسی منطقه به عمل آمده است، میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_o) و میزان تبخیر و تعرق واقعی گیاه ذرت (ET_c) محاسبه گردیده است که به صورت میانگین ماهیانه در جدول ۲ ذکر شده است. میانگین ضریب گیاهی (K_c) در مراحل مختلف رشد گیاه یعنی مرحله ابتدایی، میانی و نهایی محاسبه و نتایج در جدول ۱ آمده است. با توجه به این نتایج مقادیر K_c در روش فائو در مراحل مختلف رشد گیاه ذرت برابر ۰/۳۵، ۱/۲، و ۰/۶۸ پیشنهاد شده است در حالیکه در این مطالعه این ضرایب برای ذرت دانه رقم 704SC به ترتیب برابر ۰/۵، ۱/۲۲ و ۰/۸۹ محاسبه گردیده است. تفاوت هایی که در مقادیر اندازه گیری شده در این مطالعه در مقایسه با روش فائو بدست آمده است ناشی از تفاوت اقلیمی، تراکم کشت، نوع خاک و همچنین زمان کاشت، داشت و برداشت می‌باشد. زیرا در هنگام برداشت گیاه ذرت، با توجه به اینکه مقادیرآبیاری‌های پس از مرحله شیری شدن دانه برای تأمین نیاز آبی در نقاط مختلف متفاوت است بالطبع آن مقدار K_c نیزمتفاوت خواهد بود. این موضوع در اکثر تحقیقات به عمل آمده نیز تأیید شده است (۱۱ و ۱۶). بر اساس مقادیر برآورد شده (K_c) و شاخص سطح برگ (LAI) و روزهای پس از کاشت (DAS) روابطی به صورت رگرسیونی ارائه گردیده است.

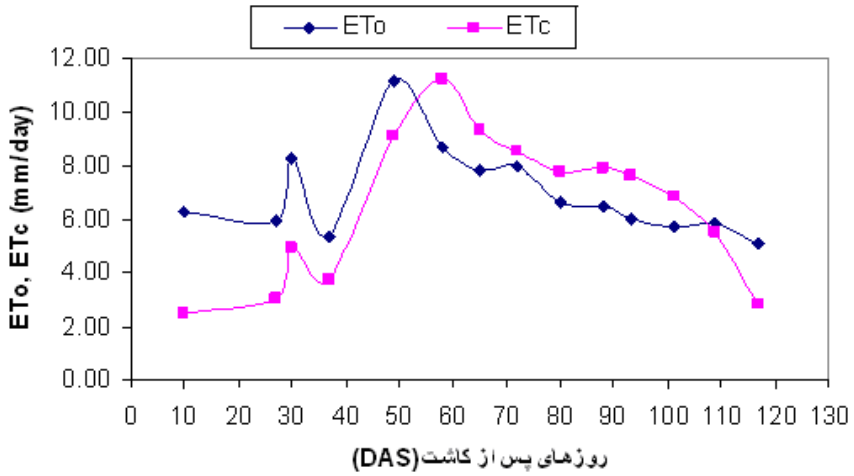
جدول ۱- ضریب گیاهی در مراحل مختلف رشد گیاه ذرت

مراحل رشد	K_c (آزمایش)	K_c (فائو)
ابتدایی	۰/۵۰	۰/۳۵
میانی	۱/۲۲	۱/۲۰
انتهایی	۰/۸۹	۰/۶۸

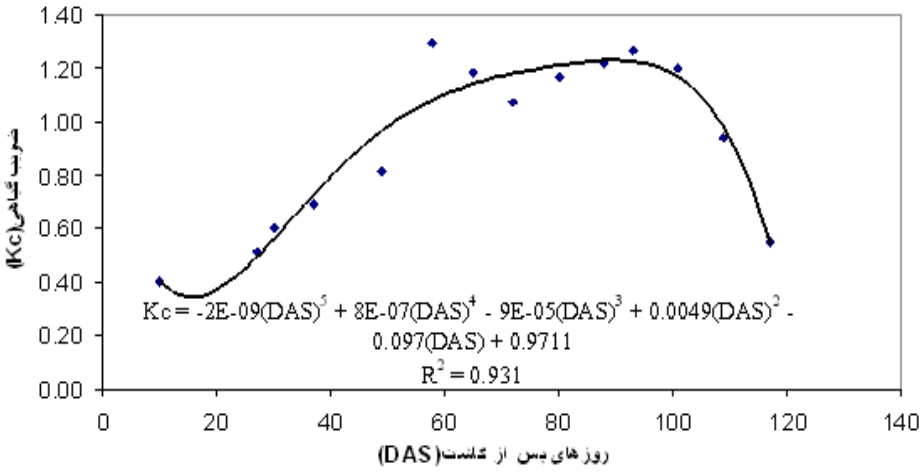
جدول۲ - متوسط تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET_o) و تبخیر وتعرق ذرت (ET_c) بر حسب mm/day

ماه	(ET_o)	(ET_c)
خرداد	۶/۶۰	۳/۵۰
تیر	۷/۶۲	۸/۰۰
مرداد	۷/۰۷	۸/۲۳
شهریور	۵/۸۵	۵/۱۰

با توجه به شکل ۱ در این مطالعه حداکثر تبخیر و تعرق واقعی ذرت ۵۸ روز پس از کاشت به میزان ۱۱/۲ میلیمتر در روز اتفاق افتاده است. مقایسه ارقام ذکر شده توسط این محققین با نتایج اخذ شده از این تحقیق بیانگر مطابقت نسبی خوب آن‌ها است. نتیجه دیگری که در این قسمت گرفته می‌شود این است که روزهای پس از کاشت همبستگی زیادی با میزان تبخیر و تعرق واقعی گیاه دارد. در نتیجه در مناطقی مشابه اقلیم این منطقه می‌توان از روابط بدست آمده در تحقیقات پروژه‌های آبی استفاده کرد (۱۸).



شکل ۱- تغییرات تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_o) و تبخیر و تعرق گیاه ذرت SC 704 (ETc)در طول فصل رشد در منطقه ماهیدشت کرمانشاه



شکل ۲- تغییرات ضریب گیاهی (K_c) گیاه ذرت S.C. 704 در طول فصل رشد در منطقه ماهیدشت کرمانشاه

با استفاده از مقدار K_c که از نسبت تبخیر و تعرق واقعی به تبخیرو تعرق گیاه مرجع بدست آمده و متوسط ماهانه آن در جدول ۱ ذکر شده است یک معادله چند جمله ای درجه پنج با ضریب تبیین ۰/۹۹ در سطح اعتماد ۰/۰۰۱ به صورت شکل ۲ بدست آمده است. در مواقعی که امکان اندازه گیری ET_c وجود ندارد، می توان در منطقه از این معادله برای تعیین ضریب گیاهی و برآورد نیاز آبی جهت تخصیص منابع آب به الگوی کشت استفاده نمود.

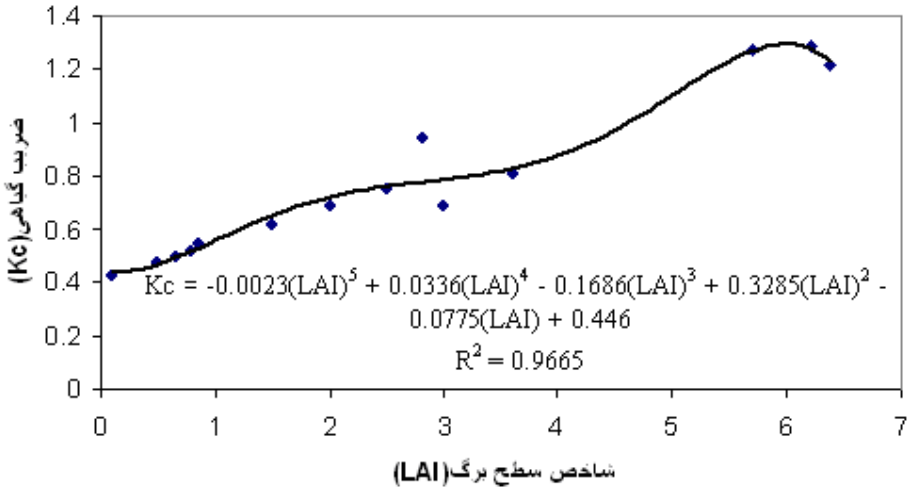
معادله چندجمله ای درجه پنج که از رابطه بین K_c و روزهای بعد از کاشت (DAS) بدست آمده در رابطه ۴ نشان داده شده است.

$$K_c = -2\times10^{-9}\times(DAS)^5 + 5\times10^{-8}\times(DAS)^4 - 9\times10^{-5}\times(DAS)^3 + 0.0049\times(DAS)^2 - 0.097\times(DAS) + 0.97 \quad (۴)$$

$$R^2 = 0.93 \ , P\langle 0.001 \ , \ n = 14$$

یکی دیگر از روابط بدست آمده در این مطالعه رابطه بین ضریب گیاهی (K_c) با شاخص سطح برگ (LAI) است. شکل ۳ این رابطه را به صورت نموداری نشان می دهد. در این شکل ضریب گیاهی در طول دوره رشد بصورت پیوسته بدست آمده و در هر زمان از رشد محصول قابل استخراج است. مقایسه این مقادیر با منابع معتبری که در این مقاله از آنها استفاده شده است نشان می دهد که چنین رابطه ای قابل استناد می باشد.

معادله بدست آمده از ارتباط بین ضریب گیاهی و مقدار شاخص سطح برگ نیز با معادله چند جمله ای درجه پنج ضریب تبیین بالایی را نشان می دهد، که به صورت معادله ۵ می باشد.



شکل ۳- تغییرات ضریب گیاهی در مقابل شاخص سطح برگ (LAI)

$$K_C = -0.002(LAI)^5 + 0.034(LAI)^4 - 0.169(LAI)^3 + 0.329(LAI)^2 - 0.078(LAI) + 0.446 \quad (۵)$$

$$R^2 = 0.97, \quad P\langle 0.001, \quad n = 14$$

البته در مطالعاتی که توسط کانگ و همکاران (۱۱) بر روی محصول ذرت صورت گرفته رابطه به صورت دو معادله کسری و خطی پیشنهاد شده است. به نظر می‌رسد که علت تفاوت ممکن است در اثر تغییر اقلیم و یا اختلاف در نوع واریته بکار رفته بروز کرده باشد.

نتیجه گیری

با توجه به اعدادی که در طول دوره رشد برای ضریب گیاهی و همچنین میزان تبخیر و تعرق حاصل شده است اگر با تحقیقات مجنونی هریس و سپاسخواه (۲) و زند پارسا (۱۸) مقایسه گردد می‌توان نتیجه گرفت که مطالعه اخیر در راستای همان تحقیقات بوده و با دقت خوبی به انجام رسیده است. نتایج این تحقیق بیانگر این است که می توان در شرایطی که لایسیمتر وجود ندارد بر اساس شماره روز بعد از کاشت و یا شاخص سطح برگ که راحتتر اندازه گیری می شود مقدار ضریب گیاهی را برآورد نمود. پیشنهاد می گردد مطالعات مشابهی برای سایر محصولات زراعی نیز انجام گیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از همکاری مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان کرمانشاه و سازمان هواشناسی استان کرمانشاه نهایت تشکر و قدردانی را دارند.

منابع

۱- اسدی ا. ۱۳۸۱. اندازه‌گیری میزان تبخیر و تعرق ذرت علوفه‌ای با استفاده از لایسیمتر و مقایسه با مدل‌های مختلف برآورد تبخیر و تعرق در منطقه کرکج تبریز. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز. ص ۱۴۳.

۲- مجنونی هریس ا.، زندپارسا ش.، سپاسخواه ع.ر. و کامکار حقیقی ع.ا. ۱۳۸۶. ارزیابی مدل MSM جهت پیش بینی تبخیر- تعرق ذرت دانه‌ای و مقایسه نتایج آن با مقادیر حاصله از روش‌های پیشنهادی فائو ۵۶. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال یازدهم. شماره چهل ویکم (الف): ۲۹-۴۱.

3- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration- Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage paper No. 56, FAO, Rome, Italy.

4- Allen R.G. 1996. Assessing integrity of weather data for reference evapotranspiration estimation. Irrigation drainage engineering. 122:97-106.

5- Doorenbos J., and Kassam A.H. 1979. Yield response to water. Food and agriculture organization of the united nation. FAO irrigation and drainage paper 33. Rome, 193 pp.

6- Doorenbos, J. and Pruitt W.O. 1977. Crop water requirement: Food and Agriculture Organization of the United Nation. FAO irrigation and drainage paper 24, Rome, 144 pp.
7- Hill, R.W., Hanks R.J., and Wright J.L. 1985. Crop yield model adapted to irrigation scheduling. Utah Agriculture and Experiment Station Report 99. Utah state university, Logan, Utah, 198 pp.
8- Howell T.A., Steiner J.L., Schneider A.D., Evett S.R. and Tolk J.A. 1997. Seasonal and maximum daily evapotranspiration of irrigated winter wheat, sorghum, and corn- southern plains. Trans., ASAE 40(3): 623-634.
9- Jensen M.E. 1974. Consumptive use of water and irrigation water requirement. Irrigation and drainage division. American society of civil engineering. New York.
10- Jensen M.E., Burman R.D. and Allen R.G. 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirements. ASCE manuals and reports on engineering practice No. 70, 332 pp.
11- Kang S.H., Binjie G.U., Taisheng D.U. and Zhang J.I. 2003. Crop coefficient and ratio of transpiration to evapotranspiration of winter wheat and maize in semi-humid region. Agricultural water management 59:239-254.
12- Kang S.Z. and Li Y.J. 1997. Tendency and countermeasure of 21st century water-saving agriculture development in China. Trans. CSAE 13(4):1-7.
13- Kang S.Z., Liu X.M. and Xiong Y.Z. 1994. Theory of water transport in soil-plant-atmosphere continum and its application. China water resources and hydro-power press. Beijing, 228 pp.
14- Majnooni-Heris A., Nazemi A.H., Shakiba M.R., Neyshaburi M.R. and Tuzel I.H. 2012. Determination of single and dual crop coefficients and ratio of transpiration to evapotranspiration for canola. Annals of Biological Research, 3 (4):1885-1894.
15- Penman H.L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. R. Soc. London A193, 120-146.
16- Piccinni G., KO J., Marek T. and Howell T. 2009. Determination of growth – stage –specific crop coefficients (Kc) of maize and sorghum. Agricultural water management. 96:1698-1704.
17- Pruitt W.O., Fereres E., Kaita K. and Snyder R.L. 1987. Reference evapotranspiration (ETo) for California. Agriculture and experiment station bulletin 1922, University of California. 16 pp. and 12 maps.
18- Zand-Parsa S.H. 2001. A simulation model for prediction of water and nitrogen effects on corn yield. Ph. D. Thesis, Irrigation department. Shiraz University.

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.4, Sept.-Oct. 2013, p. 832-838

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۲، ص. ۸۳۸-۸۳۲

Estimation of Crop Coefficients (K_C) of Grain Corn S.C. 704 Using the Physiological Properties (Case Study: Kermanshah- Mahidsht)

A. Bafkar[1*]- B. Farhadi[2]- A.R. Karimi[3]

Received: 17-03-2013
Accepted: 11-08-2013

Abstract

Crop coefficient (Kc) is one of the important factors in the irrigation planning and crop water allocation. The current study was carried out in order to calculate Kc for grain maize in the lysimetric station of Jihad-e-Agriculture and Natural Resource of Kermanshah, in Mahidasht. Kc was calculated as the ratio of crop evapotranspiration (ETc) to potential reference crop evapotranspiration (ETo). Actual crop evapotranspiration was measured based on lysimetric experiment and potential of reference crop evapotranspiration was calculated using Penman-Monteith equation based on daily weather data in Mahidasht weather station. During the growing season Leaf Area Index (LAI) was measured 14 times. The relation between Kc and number of Days After Sowing (DAS) and also LAI was investigated. In both cases the relation was made in a polynomial equation in order of 5 with the coefficient of determination over 0.9 and confidence level 0.001. Total amount of ETo and ETc in the growing period were 913 and 743 mm respectively. The initial, mid and late Kc for the maize determined a 0.5, 1.22 and 0.89, respectively. Comparing the calculated Kc values in the current study with the FAO values for Kc shows acceptable match except small differences in the late season that can be because of climate change and its impacts on crop water requirement.

Keywords : Leaf Area Index (LAI), Days After Sowing (DAS), Lysimeter, Evapotranspiration

1,2,3 - Assistant Professors and Former MSc Student of Water Engineering Department, Agriculture and Natural Resources Pardis, Razi University, Kerrmanshah, Respectively
(*- Corresponding Author Email: alibafkar@yahoo.com)