

## استخراج ضرایب گیاهی سه رقم برنج بر پایه روش برآورد تبخیر - تعرق مرجع در منطقه رشت

نادر پیرمردیان<sup>۱\*</sup>، فاطمه ذکری<sup>۲</sup>، مجتبی رضایی<sup>۳</sup>، وحیده عبدالهی<sup>۲</sup>

۱ و ۲- به ترتیب استادیار و دانشجویان کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، ۳- مربی پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۴/۱۷)

### چکیده

تعیین تبخیر-تعرق در مطالعات آبی و به ویژه جهت برآورد آب مصرفی گیاه و طراحی سیستم‌های آبیاری ضروری است. یکی از مهم‌ترین مراحل در تعیین آب مورد نیاز گیاه، تعیین ضرایب گیاهی و تبخیر-تعرق مرجع با توجه به عواملی مانند دوره رشد، تنوع گونه و وارسته گیاه است. پژوهش حاضر در اراضی شالیزاری موسسه تحقیقات برنج کشور واقع در منطقه رشت، در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ به منظور استخراج ضرایب گیاهی برنج برای سه رقم هاشمی به عنوان رقم محلی، خزر به عنوان رقم اصلاح شده و بهار به عنوان رقم هیبرید انجام شد. مقادیر تبخیر-تعرق گیاه با نصب ۳ عدد مینی لایسمتر استوانه‌ای برای هر رقم اندازه‌گیری شد. استخراج ضرایب گیاهی بر پایه پنج روش پنمن-مانتیث فائو، تابش، بلانی-کریدل، تشت تبخیر و هارگریوز-سامانی جهت برآورد تبخیر-تعرق مرجع انجام گرفت. بر اساس نتایج، نیاز آبی ارقام خزر (۵۲۶ میلی‌متر) و بهار (۴۹۰ میلی‌متر) نسبت به رقم هاشمی (۴۵۹ میلی‌متر) به ترتیب به میزان ۱۴/۶ و ۶/۸ درصد بیشتر بود. ضرایب گیاهی با توجه به رقم و روش مبنای برآورد  $ET_0$ ، بین ۰/۷۶ تا ۱/۰۹ برای مرحله ابتدایی، ۱/۱۵ تا ۱/۴۸ برای مرحله میانی و ۰/۹۱ تا ۱/۲۱ برای مرحله انتهایی متغیر بود. تفاوت ضرایب گیاهی استخراج شده در این پژوهش به تفکیک مراحل سه‌گانه با مقادیر توصیه شده فائو نشان از ضرورت استخراج ضرایب گیاهی بر مبنای شرایط محلی است. ضرایب مذکور با توجه به این‌که بر مبنای روش برآورد تبخیر-تعرق مرجع استخراج شده می‌تواند موجب تدقیق برآوردها در شرایط محدودیت دسترسی به داده‌های هواشناسی شود. نتایج این پژوهش برای کارشناسان و متولیان آب منطقه در افزایش دقت برآوردهای نیاز آبی و با هدف استفاده از آن در طراحی پروژه‌های آبی و برنامه‌ریزی تحویل آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی می‌تواند موثر واقع شود.

واژه‌های کلیدی: برنج، تبخیر-تعرق، ضرایب گیاهی، لایسمتر

## مقدمه

نیاز غذایی بشر با توجه به رشد روزافزون جمعیت و از طرفی سهم بخش کشاورزی در تولید غذا و مصرف آب، لزوم توجه به مدیریت و افزایش بهره‌وری آب را دو چندان می‌کند (Burt, 2011). حدود ۷۵ درصد از تولید برنج دنیا از ۷۹ میلیون هکتار اراضی پست تحت آبیاری بدست می‌آید. برآورد می‌شود این اراضی بین ۳۴ تا ۴۳ درصد از آب آبیاری یا ۲۴ تا ۳۰ درصد از کل آب شیرین دنیا را به مصرف می‌کنند (Bouman et al., 2007). از این رو مطالعات نیاز آبی برنج در راستای افزایش بهره‌وری آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مقدار آب مورد نیاز گیاه برنج با تبخیر-تغرق رابطه مستقیم دارد، و مقدار تبخیر-تغرق نیز به شرایط جوی، دوره رشد گیاه، بافت خاک و هم چنین روش کاشت بستگی دارد. بنابراین، تعیین میزان تبخیر-تغرق گیاه برنج در طول فصل رشد و نیز میزان آب مورد نیاز این گیاه، از عوامل مهم در امر مدیریت آب در مزرعه است.

سابقه مطالعات علمی در زمینه تبخیر-تغرق به بیش از ۲۵۰ سال می‌رسد. شاید واژه‌هایی مانند نیاز آبی و آب مصرفی قدمتی صد ساله داشته باشند. یکی از اولین بررسی‌ها در زمینه تبخیر-تغرق مربوط به سال ۱۸۸۷ است. این تحقیق در دانشگاه کلرادو آمریکا و بر روی نیاز آبی گندم، ذرت، جو و یولاف انجام شد (Bahmani, 2004). در پژوهشی در غرب آفریقا (Hendrickx et al., 1986) تبخیر-تغرق گیاه برنج به وسیله لایسیمتر اندازه‌گیری شد و مقدار آن بلافاصله پس از غرقاب ۵/۳ میلی‌متر در روز، در هنگام خوشه‌دهی ۷/۱ میلی‌متر در روز، و در زمان رسیدن ۴/۱ میلی‌متر در روز به دست آمد. شی و همکاران (Shih et al., 1982) تبخیر-تغرق برنج را به وسیله لایسیمتر و در شرایط مزرعه به طور هفتگی اندازه‌گیری کرده و کل تبخیر-تغرق را برای فصول مختلف بهار، تابستان و پاییز مورد مقایسه قرار دادند و تبخیر-تغرق روزانه را از ۳/۶ تا ۱۰/۹ میلی‌متر در روز برای محصول بهار، ۳/۳ میلی‌متر در روز برای محصول تابستانه و ۱/۸ تا ۷/۶ میلی‌متر در روز برای محصول پاییزه بدست آوردند. متوسط تبخیر-تغرق برای فصول بهار، تابستان و پاییز به ترتیب ۶/۵، ۶/۸ و ۴/۵ میلی‌متر در روز بوده و کل تبخیر-تغرق نیز به ترتیب ۷۴۰ تا ۸۰۰، ۶۱۰ تا ۸۴۰ و ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر به دست آمد.

آزمایشات لایسیمتری روی برنج برای اندازه‌گیری تبخیر-تغرق و ضریب گیاهی در کارنال، هند انجام گرفت (Tyagi et al., 1999). در این تحقیق مقدار ضریب گیاهی برای برنج در ۴ مرحله رشد گیاه (ابتدایی، توسعه گیاه، گلدهی و نهایی) به ترتیب ۱/۰۲، ۱/۱۴، ۱/۲۳ و ۱/۱۵ بدست آمد. طی تحقیقات پیرمردیان و همکاران (Pirmoradian et al., 2002) در منطقه کوشک استان فارس به منظور تعیین ضریب گیاهی و نیاز آبی برنج رقم چمپای کامفیروزی در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۷۶ با استفاده از لایسیمتر، محدوده تغییرات تبخیر-تغرق در طول فصل رشد بین ۳/۷۶ تا ۹/۳۴ میلی‌متر و مقادیر ضریب گیاهی برای مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی به ترتیب ۰/۹۷، ۱/۲۵ و ۱/۰۹ بدست آمد. مطالعات انجام شده در منطقه گیلان تبخیر-تغرق کل دوره برنج را برابر ۵۲۸۸ متر مکعب در هکتار و میانگین تبخیر-تغرق روزانه را حدود ۵/۴ میلی‌متر گزارش نمود (Herve, 1996). همچنین در مطالعات رضوی‌پور و یزدانی (Razavipour and Yazdani, 1998) در منطقه رشت بر اساس اندازه‌گیری لایسیمتری متوسط میزان تبخیر-تغرق مرجع چمن برابر ۴/۸۹ و تبخیر-تغرق برنج رقم خزر برابر ۵/۴۳ و رقم بینام ۵/۲۳ میلی‌متر در روز و تبخیر-تغرق اندازه‌گیری شده توسط کرت‌های کنترل شده برای رقم خزر ۵/۵۱ و رقم بینام ۵/۴۲ میلی‌متر در روز بدست آمد. علاوه بر این متوسط ضریب گیاهی طول رشد برای رقم خزر برابر ۱/۱۴ و برای رقم بینام برابر ۱/۱۱ عنوان شد.

محاسبه دقیق نیاز آبی گیاهان مستلزم استفاده از روشی دقیق در برآورد تبخیر-تغرق گیاه است. دقیق‌ترین روش برآورد تبخیر-تغرق گیاه ( $ET_c$ )، اندازه‌گیری مستقیم آن با استفاده از لایسیمتر است. از طرفی عمومی‌ترین روش برآورد نیاز آبی هر گیاه، حاصل‌ضرب تبخیر-تغرق گیاه مرجع ( $ET_o$ ) در ضریب گیاهی مربوط به گیاه مورد نظر ( $K_c$ ) است ( $ET_c = ET_o \times K_c$ ). ضریب گیاهی عاملی برای لحاظ کردن خصوصیات گیاه مورد بررسی از قبیل مساحت سطح برگ، ارتفاع بوته، درصد پوشش سبز و مقاومت تاج گیاه است (Doorenbos and Pruitt, 1977). آلن و همکاران (Allen et al., 1990) توصیه نمودند که مقادیر ضریب گیاهی باید بر اساس اطلاعات لایستمری و شرایط اقلیمی محلی برای هر گیاه به طور تجربی به دست آید.

کشت را پوشش دهد. از طرف دیگر دسترسی به داده‌های دمای هوا و تبخیر از تشت با توجه به فراوانی توزیع مکانی ایستگاه‌های تبخیر سنجی وزارت نیرو میسر است. بر این اساس در این‌گونه مناطق روش‌های مبتنی بر دما یا روش تشت تبخیر کلاس A مبنای محاسبه مقادیر تبخیر-تعرق مرجع قرار می‌گیرند.

بر مبنای آنچه اشاره شد، اولین هدف از این مطالعه اندازه‌گیری روزانه، فصلی و حداکثر شدت  $ET_c$  برای برنج با استفاده از مینی لایسی مترهای استوانه‌ای بود. هدف دوم مطالعه به دست آوردن  $K_c$  برای مراحل مختلف رشد سه رقم برنج در منطقه مورد مطالعه و هدف نهایی استخراج ضرایب گیاهی برای سه رقم برنج بر پایه پنج روش برآورد تبخیر-تعرق مرجع در منطقه رشت بود.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزارع موسسه تحقیقات برنج کشور در رشت با مختصات جغرافیایی  $37^{\circ}/12'$  عرض شمالی،  $49^{\circ}/38'$  طول شرقی و ارتفاع ۷- متر از سطح دریا در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ انجام شد. ارقام برنج مورد بررسی شامل هاشمی (رقم محلی)، خزر (رقم اصلاح شده) و بهار (رقم هیبرید) بود. برای دو سال آزمایش، عملیات نشاکاری به ترتیب در تاریخ‌های ۲ و ۴ خرداد و عملیات برداشت به ترتیب در ۲۷ و ۲۲ مرداد برای رقم هاشمی و ۱۶ شهریور برای ارقام خزر و بهار بود. در اندازه‌گیری تبخیر-تعرق برای هر رقم از ۳ عدد مینی لایسی متر استوانه‌ای با قطر ۵۶ سانتی‌متر استفاده شد که در سه مکان از هر قطعه آزمایشی نصب شد (شکل ۱).

مقادیر ضریب گیاهی برای تعدادی از گیاهان تحت شرایط مختلف اقلیمی به وسیله دورنبوس و پرویت (Doorenbos and Pruitt, 1977) و آلن و همکاران (Allen et al., 1998) ارائه شد. این مقادیر اغلب در شرایطی که اطلاعات محلی قابل دسترس نیستند، استفاده می‌شود و محققین مذکور نیاز شدید به اصلاح ضرایب گیاهی تحت شرایط اقلیمی محلی را تأیید نمودند. ضرایب گیاهی حاصل از لایسی متر برای برنج و تحت شرایط اقلیمی شمال کشور کمتر موجود است.

برای تعیین  $K_c$ ، مشکل اصلی برآورد دقیق مقدار تبخیر-تعرق مرجع است. برای برآورد مقدار تبخیر-تعرق مرجع مدل‌های فراوانی ارائه شده است. در همه این مدل‌ها سعی شده است به کمک کمترین پارامترهای مورد نیاز ورودی، تخمین دقیقی از مقدار تبخیر-تعرق مرجع ارائه شود. در هر حال ورودی همه این مدل‌ها، پارامترهای مختلف هواشناسی است. از بین روش‌های متعدد ارائه شده برای محاسبه تبخیر-تعرق گیاه مرجع، از سوی کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی (ICID) و سازمان خوار و بار جهانی (FAO) روش پنمن-مانتیث فائو به عنوان روش استاندارد برای محاسبه تبخیر-تعرق گیاه مرجع از روی داده‌های اقلیمی و همچنین برای ارزیابی سایر روش‌ها پیشنهاد شده است (Allen et al., 1998).

استفاده از روش پنمن-مانتیث فائو (Allen et al., 1998) نیازمند وجود داده‌های هواشناسی شامل دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد و تابش است. این در حالی است که اطلاعات مذکور در کشور به طور عمده در ایستگاه‌های سینوپتیک و اقلیم‌شناسی برداشت می‌شود و فراوانی و پوشش جغرافیایی این ایستگاه‌ها با توجه به هزینه‌ها و مسائل مربوطه نمی‌تواند تمام مناطق تحت



شکل ۱- مینی لایسی متر استوانه‌ای جهت اندازه‌گیری تبخیر-تعرق برنج.

Figure 1. The cylindrical mini-lysimeter for measuring rice evapotranspiration.

مانتیت فائو (Allen *et al.*, 1998)، تابش (Doorenbos and Doorenbos and Pruitt, 1977)، بلانی-کریدل (Doorenbos and Pruitt, 1977)، تشت تبخیر (Hargreaves and Samani, 1982) و هارگریوز-سامانی (Doorenbos and Pruitt, 1977) محاسبه شد.

با داشتن تبخیر-تعرق مرجع و نیز تبخیر-تعرق گیاه برنج حاصل از لایسیمتر، مقدار ضریب گیاهی برای طول دوره رشد و بر پایه هر کدام از روش‌های مورد استفاده در برآورد تبخیر-تعرق مرجع به دست آمد. با لحاظ نقاط مهم دوره رشد گیاه، تقریب ساده و خطی از منحنی  $K_c$  توسط فائو در دورنبوس و پرویت (Doorenbos and Pruitt, 1977) و آلن و همکاران (Allen *et al.*, 1998) پیشنهاد شد. این روش هم اکنون نیز دارای کاربرد گسترده‌ای است و بطور کلی در اکثر موارد کاربردی، توصیف دقیقی از منحنی  $K_c$  سالانه ارائه می‌دهد. تعریف سه مقدار شاخص برای  $K_c$  به منظور رسم منحنی و ارتباط این تعاریف با مراحل رشد و پوشش نسبی سطح زمین در شکل ۲ ارائه شده است. بر این اساس مقادیر  $K_c$  برای مراحل سه‌گانه ابتدایی، میانی و انتهایی رشد و با توجه به مدل برآورد تبخیر-تعرق مرجع محاسبه شد. در نهایت مقادیر بدست آمده با مقادیر پیشنهادی نشریه فائو ۵۶ نیز مقایسه شد.

شرایط کاشت (فواصل بوته  $20 \times 20$  سانتی‌متر و سه نشاء در هر بوته) و داشت داخل مینی‌لایسیمترها مشابه شرایط اطراف آن بود. اندازه‌گیری در دوره‌های ۳ تا ۴ روزه انجام شد. حجم آب کاسته شده از هر مینی‌لایسیمتر با افزودن مقدار آب لازم به مینی‌لایسیمتر برای جبران آن (مانند روش اندازه‌گیری تبخیر در تشت تبخیر) اندازه‌گیری شد، و با توجه به داشتن سطح مینی‌لایسیمتر، ارتفاع آبی که صرف تبخیر-تعرق شده بود، محاسبه شد. ضمن اینکه در مواقع بارندگی از رابطه (۱) استفاده شد (Pirmoradian *et al.*, 2004).

$$ET = R \pm O \quad (1)$$

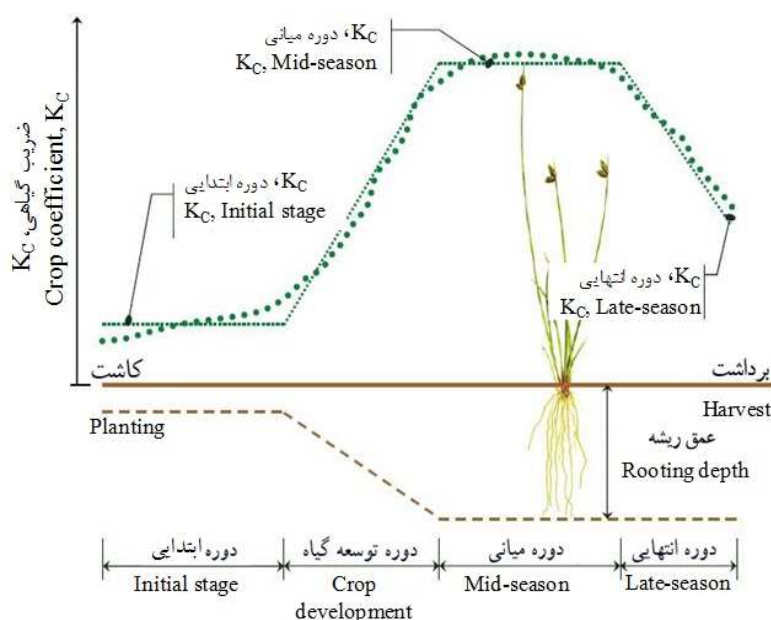
در این رابطه

ET: تبخیر-تعرق (میلی‌متر)

R: بارندگی (میلی‌متر)

O: آب اضافه شده یا برداشت شده (میلی‌متر)

داده‌های هواشناسی مورد نیاز در مقیاس روزانه از ایستگاه تحقیقات هواشناسی کشاورزی واقع در مجاورت محل انجام آزمایش استخراج شد. میانگین ماهانه اطلاعات مذکور برای شش ماهه اول سال‌های آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. در مرحله بعد با به‌کارگیری نرم‌افزار REF-ET میزان تبخیر-تعرق مرجع از پنج روش پنمن-



شکل ۲- تقریب خطی منحنی  $K_c$  توسط فائو برای چهار مرحله رشد گیاه و تعریف سه مقدار برای ضریب گیاهی (Doorenbos and Pruitt, 1977; Allen *et al.*, 1998).

Figure 2. FAO-style, linearized  $K_c$  curve with four crop stages and three  $K_c$  values for crop coefficient (Doorenbos and Pruitt, 1977; Allen *et al.*, 1998).

جدول ۱- میانگین ماهانه دمای هوا (T)، درصد رطوبت نسبی (RH)، بارندگی (R)، ساعت آفتابی (S) و سرعت باد (U) برای شش ماهه اول سال‌های آزمایش

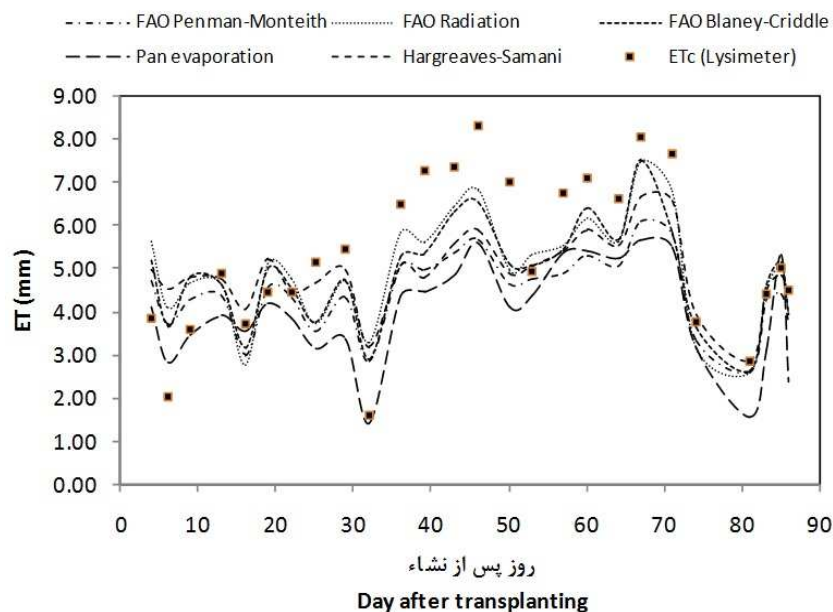
Table 1. Mean monthly of temperature (T), percent of relative humidity (RH), precipitation (R), sunshine hours (S), and wind speed (U) for the first six months of experimental years

ماه Month	۱۳۹۰ 2011					۱۳۹۱ 2012				
	T(°C)	RH(%)	R(mm)	S(hr/d)	U(m/s)	T(°C)	RH(%)	R(mm)	S(hr/d)	U(m/s)
فروردین April	14.1	77	30.8	4.3	2.5	15.1	75	96.4	5.4	2.5
اردیبهشت May	17.6	82	53.7	2.7	1.9	21.0	78	4.7	6.3	2.0
خرداد June	23.7	77	10.2	6.4	1.8	24.6	77	77.4	8.6	2.2
تیر July	26.2	77	39.0	8.5	1.7	24.8	82	131.5	5.8	2.1
مرداد August	26.7	79	98.7	6.4	1.7	27.8	73	39.8	8.6	1.6
شهریور September	22.1	84	276.5	4.1	1.5	23.4	85	184.4	4.0	1.6

## نتایج و بحث

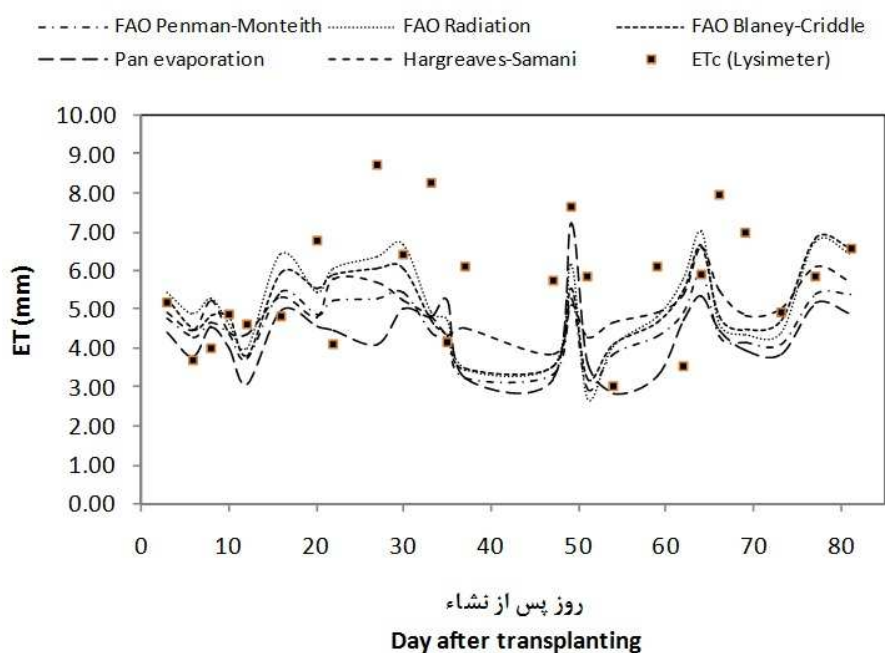
تغییرات مقادیر  $ET_c$  اندازه‌گیری شده به وسیله مینی‌لایسیمترها حاکی از آن است که مقادیر  $ET_c$  در هفته‌های ابتدایی دوره رشد در محدوده مقادیر  $ET_0$  در نوسان بوده و در اواسط دوره همراه با رشد گیاه و افزایش سطح برگ و میزان تعرق گیاه، نسبت به مقادیر  $ET_0$  افزایش می‌یابد. در اواخر دوره نیز همراه با کاهش پوشش سبز و کاهش تعرق، میزان  $ET_c$  کاهش یافته و به محدوده تغییرات  $ET_0$  باز می‌شود. مقادیر  $ET_c$  برای کل دوره رشد و برای رقم هاشمی در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ به ترتیب برابر ۴۵۹ و ۴۳۷ میلی‌متر بدست آمد. این مقادیر برای رقم‌های خزر و بهار و سال ۱۳۹۰ به ترتیب برابر ۵۲۶ و ۴۹۰ میلی‌متر بود. مقدار بالاتر  $ET_c$  در سال ۱۳۹۰ برای رقم هاشمی را می‌توان به طولانی‌تر بودن دوره رشد گیاه در این سال (۵ روز بیشتر برای سال ۱۳۹۰) و مقدار بیشتر بارش در طی فصل رشد سال ۱۳۹۱ نسبت به سال ۱۳۹۰ (۱۹۵ میلی‌متر در مقابل ۱۴۶ میلی‌متر) نسبت داد. از طرفی مقایسه دو رقم خزر و بهار در مقدار  $ET_c$  با توجه به یکسان بودن طول دوره رشد و سال آزمایش، حاکی از آن است که نیاز آبی رقم خزر نسبت به رقم بهار به‌میزان ۷/۴ درصد بیشتر بوده است. همچنین اطلاعات  $ET_c$  در سال ۱۳۹۰، نشان از بیشتر بودن نیاز آبی ارقام خزر و بهار نسبت به رقم هاشمی به ترتیب به میزان ۱۴/۶ و ۶/۸ درصد است.

تغییرات تبخیر- تعرق گیاه برنج اندازه‌گیری شده به وسیله مینی‌لایسیمتر و تبخیر-تعرق گیاه مرجع برآورد شده از روش‌های پنمن-مانتیت فائو (Allen et al., 1998)، تابش (Doorenbos and Pruitt, 1977)، بلانی-کریدل (Doorenbos and Pruitt, 1977)، تثت تبخیر (Doorenbos and Pruitt, 1977) و هارگریوز-سامانی (Hargreaves and Samani, 1982) در طول دوره رشد برای ارقام مورد مطالعه در شکل‌های ۳ تا ۶ آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود روند تغییرات  $ET_0$  صرف نظر از روش برآورد، برای سال‌های مورد مطالعه مشابه است. این مقادیر در ابتدای فصل رشد کم بوده و برای اواسط فصل همراه با یک افزایش نسبی است که در انتهای دوره دوباره کاهش می‌یابد. برای کل دوره رشد و در هر دو سال آزمایش، کمترین برآورد  $ET_0$  در روش تثت تبخیر و بیشترین آن در روش تابش بوده است. این مقادیر برای رقم هاشمی با توجه به تفاوت طول دوره رشد آن با ارقام دیگر، به ترتیب برابر ۳۴۴ و ۴۲۷ میلی‌متر در سال ۱۳۹۰ و ۳۴۱ و ۴۱۵ میلی‌متر در سال ۱۳۹۱ بدست آمد. همچنین برای ارقام خزر و بهار با توجه به یکسان بودن طول دوره رشد، مقادیر مذکور به ترتیب برابر ۳۹۲ و ۴۸۲ میلی‌متر بود.



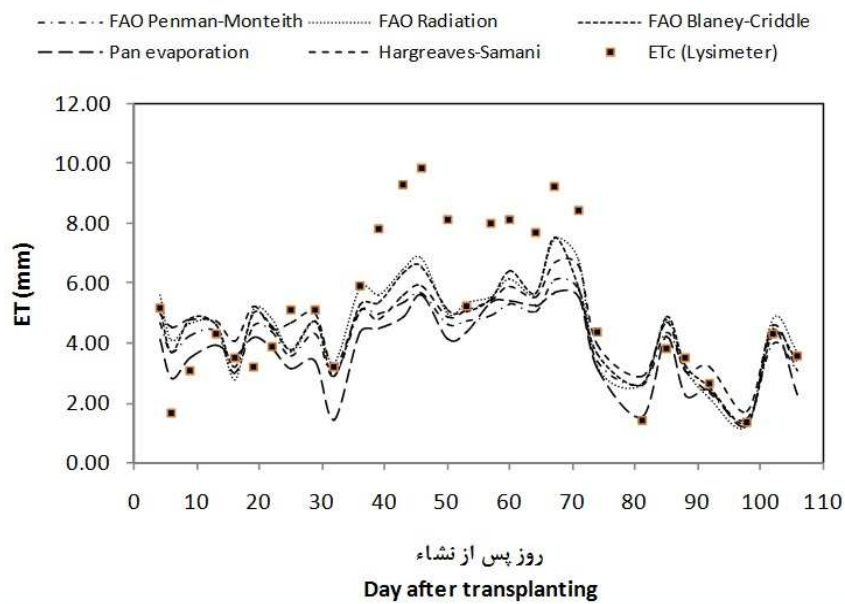
شکل ۳- تغییرات تبخیر- تعرق گیاه برنج ( $ET_c$ ) و تبخیر- تعرق مرجع برآورد شده از روش‌های مختلف در طول دوره رشد برای رقم هاشمی در سال ۱۳۹۰.

Figure 3. The variations of rice evapotranspiration ( $ET_c$ ) and estimated reference evapotranspiration from different methods during growing period for *Hashemi* variety in 2011.



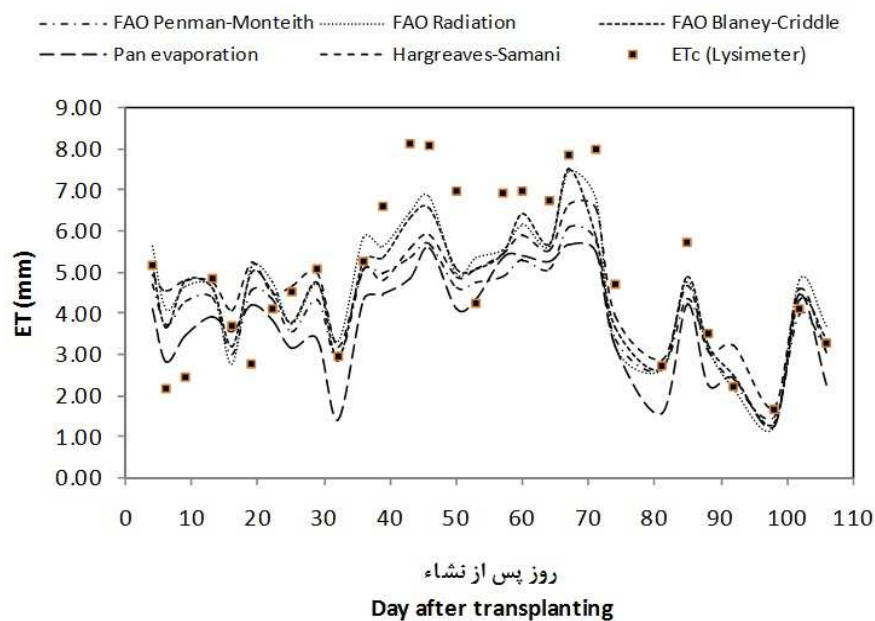
شکل ۴- تغییرات تبخیر- تعرق گیاه برنج ( $ET_c$ ) و تبخیر- تعرق مرجع برآورد شده از روش‌های مختلف در طول دوره رشد برای رقم هاشمی در سال ۱۳۹۱.

Figure 4. The variations of rice evapotranspiration ( $ET_c$ ) and estimated reference evapotranspiration from different methods during growing period for *Hashemi* variety in 2012.



شکل ۵- تغییرات تبخیر- تعرق گیاه برنج ( $ET_c$ ) و تبخیر- تعرق مرجع برآورد شده از روش‌های مختلف در طول دوره رشد برای رقم خزر در سال ۱۳۹۰.

Figure 5. The variations of rice evapotranspiration ( $ET_c$ ) and estimated reference evapotranspiration from different methods during growing period for *Khazar* variety in 2011.



شکل ۶- تغییرات تبخیر- تعرق گیاه برنج ( $ET_c$ ) و تبخیر- تعرق مرجع برآورد شده از روش‌های مختلف در طول دوره رشد برای رقم بهار در سال ۱۳۹۰.

Figure 6. The variations of rice evapotranspiration ( $ET_c$ ) and estimated reference evapotranspiration from different methods during growing period for *Bahar* variety in 2011.

جدول ۲- مقادیر میانگین تبخیر- تعرق برنج (میلی‌متر در روز) در مراحل مختلف دوره رشد و میانگین کل دوره رشد برای ارقام مختلف تحت آزمایش

Table 2. The mean values of rice evapotranspiration (mm/d) in different growing stages and total mean of growing period for different studied varieties

رقم برنج Rice cultivar	مراحل رشد Growing stages				میانگین کل دوره رشد Total mean of growing period
	ابتدایی Initial	توسعه Development	میانی Mid	انتهایی Late	
	هاشمی* Hasemi	4.35	5.76	6.48	4.93
خزر Khazar	3.89	5.63	6.69	2.97	5.00
بهار Bahar	3.87	4.95	6.20	2.81	4.60

\* مقدار ارائه شده حاصل از میانگین دو سال (۱۳۹۰ و ۱۳۹۱) است.

\*The values are average of two consecutive years (2011, 2012).

این رقم نسبت به دو رقم دیگر در این مرحله از رشد است. مقدار ضریب گیاهی در این دوره برای رقم بهار بیشتر از رقم خزر به دست آمد. در دوره میانی رشد، بالاترین مقادیر ضریب گیاهی و به تبع آن نیاز آبی برای رقم خزر به دست آمد و ارقام هاشمی و بهار در رده‌های بعدی قرار گرفتند. در دوره انتهایی رشد نیز مانند دوره ابتدایی، بیشترین مقدار ضریب گیاهی برای رقم هاشمی به دست آمد، با این تفاوت که در این دوره رقم خزر در رتبه بعدی قرار گرفته و کمترین مقادیر برای رقم بهار حاصل شد.

در مقایسه روش‌های مبنای برآورد  $ET_0$ ، بیشترین و کمترین مقادیر ضریب گیاهی به ترتیب در روش‌های تشت تبخیر و هارگریوز- سامانی به دست آمد و حاکی از آن است که به ترتیب کمترین و بیشترین برآورد  $ET_0$  در این دو روش صورت گرفته است. همان‌طور که در ستون آخر جدول ۳ مشاهده می‌شود، مقادیر ضریب گیاهی برای برنج در نشریه فائو ۵۶ برای سه دوره ابتدایی، میانی و انتهایی رشد به ترتیب برابر ۱/۰۵، ۱/۲ و ۰/۹-۰/۶ مقایسه پیشنهاد شده است (Allen et al., 1998). مقادیر ضریب گیاهی منتج از این پژوهش با مقادیر پیشنهادی فائو حاکی از وجود تفاوت بین مقادیر مذکور است. مقادیر درصد این تفاوت در جدول ۴ ارائه شده است. چنانچه مشاهده می‌شود، به طور متوسط تفاوت‌ها برای مراحل ابتدایی و به ویژه مرحله انتهایی بیش از مرحله میانی رشد است. به نظر می‌رسد عدم تطابق طول دوره رشد برنج در منطقه مورد مطالعه با آنچه که در

مقادیر میانگین روزانه  $ET_c$  برای مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی و نیز کل دوره رشد به تفکیک ارقام مختلف مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود برای رقم هاشمی، پایین‌ترین نیاز آبی روزانه در مرحله ابتدایی رخ داده است. این در حالی است که پایین‌ترین نیاز آبی روزانه برای ارقام خزر و بهار در مرحله انتهایی بوده است. دلیل این امر را می‌توان در طول بیشتر دوره رشد در ارقام خزر و بهار نسبت به رقم هاشمی و مقارن شدن دوره انتهایی رشد این ارقام با ماه شهریور و کاهش نسبی نیاز آبی با توجه به شرایط آب و هوایی نسبت به دوره ابتدایی رشد دانست. بالاترین نیاز آبی روزانه برای هر سه رقم در مرحله میانی رشد رخ داده است که دلیل آن رسیدن گیاه به حداکثر پوشش سبز در این دوره و افزایش نسبی نیاز آبی است. مقدار میانگین  $ET_c$  برای کل دوره رشد برای رقم هاشمی بیشترین مقدار را دارد و ارقام خزر و بهار در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند. البته با توجه به کوتاهی دوره رشد رقم هاشمی نسبت به دو رقم دیگر، مقدار کل  $ET_c$  برای این رقم کمتر از ارقام دیگر به دست آمده است که پیش از این نیز اشاره شد.

مقادیر ضریب گیاهی ارقام مورد مطالعه برای سه دوره ابتدایی، میانی و انتهایی رشد بر مبنای روش برآورد تبخیر- تعرق مرجع در جدول ۳ آمده است. در مقایسه ارقام مورد مطالعه، برای دوره ابتدایی رشد صرف نظر از روش برآورد  $ET_0$ ، بیشترین مقدار ضریب گیاهی برای رقم هاشمی به دست آمد که بیانگر نیاز آبی بالاتر



ابتدایی و ارقام خزر و بهار در مرحله انتهایی رشد واقع شد. تفاوت ضرایب گیاهی استخراج شده در این پژوهش به تفکیک مراحل سه‌گانه با مقادیر توصیه شده فائو نشان از ضرورت استخراج ضرایب گیاهی بر مبنای شرایط محلی است. این ضرایب با توجه به اینکه بر مبنای روش برآورد تبخیر- تعرق مرجع استخراج شده، می‌تواند موجب تدقیق برآوردها در شرایط محدودیت دسترسی به داده‌های هواشناسی شود. نتایج این پژوهش می‌تواند برای کارشناسان و متولیان آب منطقه در افزایش دقت برآوردهای نیاز آبی و با هدف استفاده از آن در طراحی پروژه‌های آبی و برنامه‌ریزی تحویل آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی موثر واقع شود.

### سپاسگزاری

منابع مالی این مطالعه از قرارداد طرح پژوهشی با شماره ۲۷-۴۲۰۲ مورخ ۹۰/۱۱/۹ با حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه گیلان تأمین شده که بدین وسیله نویسندگان از حوزه مذکور به واسطه حمایت از این کار پژوهشی سپاسگزاری می‌نمایند. همچنین از موسسه تحقیقات برنج کشور به واسطه فراهم نمودن امکان اجرای طرح در محل موسسه مذکور قدردانی می‌شود.

فائو ۵۶ آمده است (از ۱۵۰ تا ۱۸۰ روز برای اقلیم‌های استوایی و مدیترانه‌ای) می‌تواند دلیل بخشی از این تفاوت باشد. نتایج حاضر ضرورت استخراج ضرایب گیاهی را بر مبنای اطلاعات محلی نمایان می‌سازد. توصیه‌ها نیز مبنی بر آن است که طول دوره‌های ارائه شده توسط فائو تنها برای نشان دادن نسبت‌های معمول از طول دوره‌های فصل رشد تحت شرایط اقلیمی گوناگون است. در عمل، به منظور لحاظ اثرات محلی رقم گیاه، اقلیم و عملیات زراعی، استخراج ضرایب گیاهی بر مبنای مشاهدات محلی باید صورت گیرد (Bos et al., 2009).

### نتیجه‌گیری

بر مبنای نتایج این پژوهش مقدار تبخیر- تعرق کل دوره رشد برنج برای ارقام هاشمی، خزر و بهار به ترتیب برابر ۴۴۸، ۵۲۶ و ۴۹۰ میلی‌متر به دست آمد. بر این اساس نیاز آبی ارقام خزر و بهار نسبت به رقم هاشمی به ترتیب به میزان ۱۴/۶ و ۶/۸ درصد بیشتر است. میانگین روزانه  $ET_c$  برای کل دوره رشد و برای ارقام هاشمی، خزر و بهار به ترتیب برابر ۵/۴، ۵/۰ و ۴/۶ میلی‌متر بر روز به دست آمد. بالاترین میانگین تبخیر- تعرق روزانه در مراحل مختلف دوره رشد برای هر سه رقم در مرحله میانی رشد و کمترین آن برای رقم هاشمی در مرحله

جدول ۳- مقادیر ضریب گیاهی ارقام مختلف تحت آزمایش برای سه دوره ابتدایی، میانی و انتهایی رشد بر مبنای روش برآورد تبخیر- تعرق مرجع ( $ET_0$ )

Table 3. The values of crop coefficient for the different studied varieties in initial, mid-season and late-season stages based on  $ET_0$  estimation method

رقم برنج Rice cultivar	مرحله رشد Growing stage	روش برآورد $ET_0$ $ET_0$ estimation method						ضرایب پیشنهادی فائو FAO recommended coefficients
		پنمن-مانتیت Penman-Monteith	تابش Radiation	بلانی-کریدل Blaney-Criddle	تشت تبخیر Pan Evaporation	هارگریوز-سامانی Hargreaves-Samani		
هاشمی* Hashemi	ابتدایی Initial	0.99	0.91	0.92	1.09	0.91	1.05	
	میانی Mid	1.35	1.22	1.22	1.38	1.18	1.2	
	انتهایی Late	1.14	1.06	1.05	1.21	1.01	0.6-0.9	
خزر Khazar	ابتدایی Initial	0.90	0.84	0.84	1.01	0.76	1.05	
	میانی Mid	1.37	1.23	1.23	1.48	1.27	1.2	
	انتهایی Late	1.08	1.05	1.04	1.18	0.93	0.6-0.9	
بهار Bahar	ابتدایی Initial	0.94	0.89	0.88	1.05	0.79	1.05	
	میانی Mid	1.31	1.18	1.18	1.36	1.15	1.2	
	انتهایی Late	1.05	1.03	1.02	1.16	0.91	0.6-0.9	

\* مقدار ارائه شده حاصل از میانگین دو سال (۱۳۹۰ و ۱۳۹۱) است.

\*The values are average of two consecutive years (2011, 2012).

جدول ۴- مقادیر درصد تفاوت ضریب گیاهی منتج از این پژوهش با مقادیر پیشنهادی فائو

Table 4. The difference percentages between the gained crop coefficients from this study and FAO recommended values

رقم برنج Rice cultivar	Growing stage	مرحله رشد	روش برآورد $ET_o$ $ET_o$ estimation method				
			پنمن-مانتیت Penman- Monteith	تابش Radiation	بلانی-کریدل Blaney- Criddle	تشت تبخیر Pan Evaporation	هارگریوز-سامانی Hargreaves- Samani
هاشمی Hashemi	Initial	ابتدایی	6	14	12	4	13
	Mid	میانی	12	1	2	15	1
	Late	انتہایی	52	38	34	81	35
خزر Khazar	Initial	ابتدایی	15	20	20	4	27
	Mid	میانی	14	2	2	23	6
	Late	انتہایی	44	40	38	58	24
بهار Bahar	Initial	ابتدایی	11	15	16	0	24
	Mid	میانی	9	2	2	20	1
	Late	انتہایی	40	38	36	55	21

## References

- Allen, R. G., Jensen, M. E., and Burman, R. D. 1990.** Evapotranspiration and irrigation water requirement. ASCE Manual and Report on Engineering Practice. No. 70. American Society of Civil Engineers, New York, USA. pp: 123.
- 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, Rome, Italy. pp: 300.
- Bahmani, A. 2004.** Application of artificial neural networks to estimate reference evapotranspiration for decreasing requirement data in Tehran region. M.Sc. Dissertation. Tarbiat Modares University, Iran. (In Persian).
- Bos, M. G., Kselik, R. A. L., Allen, R. G. and Molden D. J. 2009.** Water Requirements for Irrigation and the Environment. Springer.
- Bouman, B. A. M., Lampayan, R. M., and Tuong, T. P. 2007.** Water management in irrigated rice: Coping with water scarcity. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. pp: 54.
- Burt, C. M. 2011.** The irrigation sector shift from construction to modernization: What is required for success. Proceeding of 21<sup>st</sup> International Congress on Irrigation and Drainage, 16-22 October, Tehran, Iran. pp: 7-11.
- Doorenbos, J., and Pruitt, W. O. 1977.** Guideline for predicting crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage, Paper No. 24, Rome, Italy. pp: 193.
- Hargreaves, G. H. and Samani, Z. A. 1982.** Estimating potential evapotranspiration. Technical note. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE** 108 (3): 225-230.
- Hendrickx, J. M. H., Vink, N. H. and Fayinke, T. 1986.** Water requirement for irrigated rice in semi-arid region in west Africa. **Agricultural Water Management** 22: 75-90.
- Herve, P. 1996.** Guilan, a successful irrigation project in Iran. **Irrigation and Drainage Systems** 10: 95-107.
- Pirmoradian, N., Kamgar-Haghighi, A. A. and Sepaskhah, A. R. 2002.** Crop coefficient and water requirement of rice in Kooshkak region, Fars province. **Journal of Agricultural Science and Natural Resources** 6 (3): 15-23. (In Persian).
- Pirmoradian, N., Kamgar-Haghighi, A. A. and Sepaskhah, A. R. 2004.** Lateral seepage, deep percolation, runoff, and the efficiencies of water use and application in irrigation rice in Kooshkak region in Fars province, I.R. of Iran. **Iran Agricultural Research** 23 (2): 1-8. (In Persian).

- Razavipour, T., and Yazdani, M. R. 1998.** Determination of medow and rice (Binam & Khazar varieties) potential evapotranspiration,  $K_c$  values, C values by lysimeters and controlled plots in Guilan Province (Rasht). Final Report. Rice Research Institute of Iran. (In Persian).
- Shih, S. F., Rahi, G. S., and Harrison, D. S. 1982.** Evapotranspiration studies on rice in relation to water efficiency. *Transactions of the ASAE* 25 (3): 702-707.
- Tyagi, N. K., Sharma, D. K. and Luthra, S. K. 1999.** Determination of evapotranspiration and crop coefficients of rice and sunflower with lysimeter. *Agricultural Water Management* 45: 41-54.

## Derivation of crop coefficients of three rice varieties based on $ET_o$ estimation method in Rasht region

Nader Pirmoradian<sup>1\*</sup>, Fatemeh Zekri<sup>2</sup>, Mojtaba Rezaei<sup>3</sup>, Vaheedeh Abdollahi<sup>2</sup>

1 and 2. Assist. Prof. and Graduate Students, respectively, Dept. of Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, 3. Research Instructor of Rice Research Institute of Iran

(Received: January 14, 2013- Accepted: July 8, 2013)

### Abstract

Determination of evapotranspiration is necessary in water studies specially to estimate crop water requirement and to design irrigation systems. One of the most important stages in estimating crop water requirement is determination of crop coefficient ( $K_c$ ) and reference evapotranspiration ( $ET_o$ ) as for factors such as growing period, crop species and cultivar. This experiment was conducted to derivate  $K_c$  for three rice varieties, Hashemi as a local cultivar, Khazar as an improved cultivar and Bahar as a Hybrid cultivar, in paddy fields of Rice Research Institute of Iran in 2009 and 2010. The values of crop evapotranspiration ( $ET_c$ ) were measured with installing three cylindrical mini-lysimeter for each cultivar. Derivation of  $K_c$  were done based on five  $ET_o$  estimation methods including FAO Penman-Monteith, Radiation, Blaney-Criddle, Pan Evaporation and Hargreaves. As a result, water requirements for *Khazar* (526 mm) and Bahar (490 mm) varieties were 14.6 and 6.8 percent higher than Hashemi (459 mm) cultivar, respectively. The crop coefficients were varied between 0.76 to 1.09 for initial stage, 1.15 to 1.48 for mid-season and 0.91 to 1.21 for late-season based on  $ET_o$  estimation method and rice cultivar. Difference between the gained  $K_c$  in this study with the recommended values by FAO shows that derivation of crop coefficient based on local conditions is necessary. The obtained  $K_c$  based on different  $ET_o$  methods can increase estimation accuracy of water requirement in availability limitation to meteorological data. The results of this study can be used by local project managers, consultants and irrigation engineers in designing water projects and scheduling of water delivery in irrigation and drainage networks.

**Keywords:** Evapotranspiration, Crop coefficient, Lysimeter, Rice

---

\*Corresponding author: npirmoradian@guilan.ac.ir ; npirmorad@yahoo.com