نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۸، ص. ۱۱-۱

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 1, Mar.-Apr. 2019, p. 1-11

# برآورد ضریب گیاهی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در مراحل مختلف رشد به روش لایسیمتری در منطقه بیرجند

سعید قوام سعیدی نوقابی[۱]- عباس خاشعی سیوکی[۲]- حسین حمامی[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۳۰

## چکیده

آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده‌ی توسعه کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد. از مسائل مهم مدیریت آب، ارزیابی و تعیین نیاز آبی گیاهان است. تبخیر- تعرق گیاهان یکی از متغیرهای اصلی در محاسبه بیلان آب و انرژی سطح زمین محسوب می‌شود. برای تدوین برنامه آبیاری مناسب، آگاهی از نیاز آبی گیاه و ضریب گیاهی در مراحل مختلف رشد ضروری است. در این پژوهش به‌منظور تعیین ضرایب گیاهی چای ترش که یکی از گیاهان دارویی مهم می‌باشد، آزمایشی در طی یک فصل زراعی در سال ۱۳۹۶ در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شد. بدین منظور از سه عدد لایسیمتر استفاده شد و نیاز آبی چای ترش به روش بیلان آب محاسبه گردید. برای محاسبه تبخیر- تعرق مرجع نیز از چمن مورد استفاده برای فضای سبز با ارتفاع ۱۲سانتی‌متر به‌عنوان گیاه مرجع استفاده شد. در نهایت در پایان فصل رشد، مقادیر مربوط به ضرایب گیاهی در چهار مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی برای گیاه چای ترش به‌ترتیب برابر ۱/۲۶، ۱/۵۵، ۱/۸۱ و ۰/۹۶ بدست آمد. این مقادیر جهت برآورد نیاز آبی و مدیریت آبیاری گیاه چای ترش توصیه می‌شوند.

**واژه‌های کلیدی:** تبخیر- تعرق، مدیریت آبیاری، معادله بیلان آب خاک، نیاز آبی

## مقدمه

در سال‌های اخیر کمبود بارندگی آب را به یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده‌ی توسعه کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک تبدیل کرده است. از طرفی دیگر، استفاده‌ی بی‌رویه و خشکسالی‌های اخیر باعث مشکلات زیادی در مدیریت منابع آب شده است. در کشور ایران با توجه به شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک، استفاده بهینه از منابع محدود آب، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نیاز آبی گیاهان یکی از بخش‌های مهم سیکل هیدرولوژی است که تخمین دقیق آن برای مطالعات بیلان آبی، تاسیسات آبی، مدیریت و طراحی سیستم‌های نوین آبیاری و مدیریت منابع آب مورد نیاز می‌باشد. بنابراین بدست آوردن میزان تبخیر- تعرق برای هر پوشش گیاهی امری ضروری می‌باشد. شناخت رفتار و خصوصیات پوشش گیاهی غیرمرجع در مقایسه با پوشش گیاهی مرجع (چمن)، اولین قدم در برآورد تبخیر- تعرق گیاهان زراعی است. برای اندازه‌گیری نیاز آبی گیاهان در مراحل مختلف رشد، تعیین ضریب گیاهی از اهمیت بالایی برخوردار است. ضریب گیاهی بیان‌کننده اثرات پوشش گیاهی و رطوبت خاک گیاه غیرمرجع نسبت به گیاه مرجع است (۵).

تبخیر- تعرق شامل تبخیر آب از سطح خاک و تعرق پوشش گیاهی بوده و نشان دهنده‌ی یک روند اساسی از چرخه هیدرولوژیکی و یک عنصر کلیدی مدیریت منابع آب، خصوصا در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. تبخیر- تعرق تابعی از ویژگی‌های خاک، شرایط آب و هوایی، کاربری اراضی، مقاومت آئرودینامیک سطوح کشت، وضعیت گیاهی و توپوگرافی منطقه است. از آنجایی که عوامل بسیار زیادی در تبخیر- تعرق دخالت دارند، برآورد دقیق آن اگر نتوان گفت که غیر ممکن است، کاری بسیار مشکل می‌باشد (۱۲).

تبخیر- تعرق واقعی گیاه ($ET_C$)، فاکتور اصلی در تدوین آبیاری مناسب و بهبود راندمان مصرف آب در آبیاری است. $ET_C$ را می‌توان با اندازه‌گیری پیوسته تغییرات آب خاک با استفاده از لایسیمتر

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی و دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
(نویسنده مسئول: (Email: Hhammami@birjand.ac.ir
DOI: 10.22067/jsw.v33i1.72258

(Lysimeter) و بیلان آب و خاک تعیین و یا بر اساس محاسبه تبخیر- تعرق گیاه مرجع ($ET_O$) و استخراج ضریب گیاهی (Crop coefficient) برآورد کرد (۵). لایسیمترها ابزاری هستند که می‌توان با استفاده از آن‌ها کل مقدار آب ورودی و خروجی از ناحیه ریشه گیاه را اندازه‌گیری کرد و بر اساس آن میزان تبخیر-تعرق گیاه را تعیین نمود. دو نوع اصلی لایسیمترها، شامل لایسیمترهای وزنی و لایسیمترهای زهکش‌دار می‌باشند. تفاوت اصلی این دو نوع در نحوه‌ی اندازه‌گیری تغییرات رطوبتی خاک است. در لایسیمترهای وزنی، تغییرات رطوبتی خاک از طریق وزن کردن اندازه‌گیری و ثبت می‌گردد، ولی برای اندازه‌گیری تغییرات رطوبتی خاک در لایسیمترهای زهکش‌دار نیاز به استفاده از روش‌های غیرمستقیم نظیر استفاده از تانسیومتر، نوترون‌متر و غیره است. لایسیمتر وزنی به‌مراتب بهتر از لایسیمتر زهکش‌دار بوده و تغییرات روزانه تبخیر- تعرق را نسبت به رطوبت خاک با دقت لازم نشان می‌دهد. لایسیمتر وزنی قادر است که تبخیر- تعرق را برای مدت کوتاهی و حتی چند دقیقه تعیین کند (۱).

در مرکز تحقیقات گیاهی ایالت تگزاس آمریکا در سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۸ برای محاسبه ضریب گیاهی گندم و پنبه لایسیمتر وزنی مورد استفاده قرار گرفت و مقادیر $K_C$ برای پنبه ۱/۵- ۰/۲ و گندم ۱/۷- ۰/۱ گزارش شد. لازم به ذکر است که گاهاً بین مقادیر محاسبه شده در این تحقیق و اعداد ارائه شده توسط سازمان FAO مغایرت‌هایی وجود دارد (۱۳). در شمال چین با هدف ارزیابی ضریب گیاهی دو جزیی در تعیین مقدار تبخیر- تعرق واقعی بر روی گندم پاییزه و ذرت با استفاده از لایسیمترهای وزنی آزمایشی صورت گرفت و بر کارایی این روش به‌خصوص در برآورد نیاز آبی گندم تاکید شد، آنگاه با استفاده از داده‌های مشاهده‌ای لایسیمتری، ضریب گیاهی در مراحل مختلف رشد برای گندم به‌ترتیب ۰/۸، ۱/۱۵، ۱/۲۵و ۰/۹۵ و برای ذرت ۰/۹، ۰/۹۵، ۱/۲۵ و ۱ تخمین زده شد (۱۴).

در پژوهشی در بیرجند که توسط صابری و همکاران (۱۸) صورت گرفت، به‌منظور تعیین ضرایب گیاهی اجغون آزمایشی با استفاده از لایسیمتر انجام شد. برای اجرای این طرح از سه عدد لایسیمتر استفاده و نیاز آبی اجغون به روش بیلان آب محاسبه گردید. برای محاسبه تبخیر- تعرق مرجع نیز از چمن مورد استفاده برای فضای سبز با ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر به عنوان گیاه مرجع استفاده شد. در نهایت در پایان فصل رشد، مقادیر مربوط به ضرایب گیاهی اجغون در مراحل مختلف رشد شامل مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی به ترتیب برابر ۰/۷۸، ۱/۰۶، ۱/۱۳ و ۰/۹۶ بدست آمد. ریحانی و همکاران، در پژوهشی مشابه اقدام به برآورد ضرایب گیاهی زیره سبز در بیرجند نمودند که مقادیر ضرایب گیاهی در چهار مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی برای این گیاه به‌ترتیب برابر ۰/۶۵، ۰/۹۲، ۱/۲۱ و ۰/۸۵ به دست آمد (۱۵). در شیراز از لایسیمترهای بیلان آبی برای تعیین نیاز آبی زعفران برای دو سال ۱۹۹۹- ۱۹۹۸ و ۲۰۰۰- ۱۹۹۹ استفاده شد. در این تحقیق مقدار ETc و ETo را به‌ترتیب برابر ۴۸۶ و ۹۹۱ میلی‌متر در سال اول آزمایش و ۶۷۰ و ۹۷۵ میلی‌متر در سال دوم آزمایش بدست آوردند. ضریب گیاهی نیز در این دو سال در مراحل مختلف بین ۰/۲۴- ۰/۲۲ و ۱/۰۵- ۰/۹۴ و ۰/۷۸- ۰/۶۸ در مراحل اولیه، میانی و انتهایی رشد تخمین زده شد (۴). در مجتمع تحقیقاتی البرز واقع در جنوب شهرستان کرج، پژوهشی به‌منظور تعیین ضریب گیاهی گیاه دارویی بومادران با استفاده از لایسیمتر زهکش‌دار صورت گرفت. نتایج نشان داد که ضریب گیاهی در مراحل اولیه، توسعه، میانی و پایانی به‌ترتیب برابر ۰/۱۶، ۰/۴۵، ۱/۰۵، ۰/۸۱ می‌باشد (۱۶).

در این پژوهش برای تعیین ضریب گیاهی چای ترش از لایسیمتر به‌عنوان یک میکرو اقلیم (که شرایط آن قابل کنترل است) استفاده گردید. اگر تبخیر- تعرق مرجع ($ET_O$) و تبخیر- تعرق واقعی ($ET_C$) در دسترس باشد، ضریب گیاهی با کمک معادله (۱) قابل اندازه‌گیری است (۳).

$$Kc = \frac{ETC}{ETO} \qquad (۱)$$

در بین گیاهان دارویی، یکی از مواد غذایی که می‌تواند سبب بهبود بسیاری از بیماری‌ها شود، استفاده از دم نوش چای ترش است. این گیاه بومی ایران نمی‌باشد و کشت و کار آن در ایران به مقدار زیاد، تنها در استان سیستان و بلوچستان گزارش شده است. با توجه سابقه دیرینه کشت، مصرف بالای آن در ایران و جهان و قابلیت تولید فرآورده‌های مختلف دارویی از آن، تا به حال در منابع مختلف مقداری برای نیاز آبی این گیاه و بویژه ضرایب گیاهی آن در مراحل مختلف رشد گزارش نشده است. لذا، این تحقیق با هدف بدست آوردن ضرایب گیاهی چای ترش و بررسی الگوی تغییرات آن در طی فصل رشد، در شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک بیرجند با استفاده از روش بیلان آبی و بر اساس مقادیر تبخیر- تعرق لایسیمتری طی سال زراعی ۹۷- ۱۳۹۶ اجرا گردید.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۵۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۴ دقیقه و ارتفاع ۱۴۹۱ متر از سطح دریا صورت گرفت. متوسط بارندگی این منطقه کمتر از ۱۲۰ میلی‌متر و میانگین سالانه‌ی دمای آن ۱۶ درجه سانتی‌گراد است. این منطقه بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن دارای اقلیم خشک است (۲).

چای ترش با نام علمی *Hibiscus sabdariffa* از خانواده ختمی (Malvaceae)، بومی آفریقا بوده به‌طوری که در تمام مناطق استوایی و گرم کشت می‌شود. خاستگاه این گیاه ایران نیست، و به نام

های چای مکی یا چای قرمز و چای ترش شناخته شده است (۱۷). گیاهی یکساله، شاخه‌دار، دارای ارتفاعی در حدود ۴۲۹- ۶۴ سانتی‌متر است که رنگ آن سبز تیره متمایل به قرمز، حاشیه برگ‌ها دندانه‌ای، بدون کرک و دمبرگ بلند یا کوتاه دارد. چای ترش گیاهی دو منظوره است که اجزای مختلف آن شامل میوه، فیبر و چوب مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما از برگ و دانه‌های آن در طب سنتی استفاده می‌شود. کاسبرگ گیاه خاصیت تب‌بر دارد و به‌صورت چای مورد استفاده قرار می‌گیرد و از آن ژله و مربا هم درست می‌کنند. این گیاه دارای خصوصیاتی نظیر ضد افسردگی، متحجرکننده، ضد کرم روده، ضد سرطان و خاصیت آنتی اکسیدان می‌باشد (۱۹). این گیاه از نظر شرایط اقلیمی به سرما و یخبندان حساس است (۷). گلدهی آن با ۱۲/۵- ۱۲ ساعت/روز آغاز می‌شود و بهترین شرایط رشد و نمو آن در مناطق گرم با رطوبت بالا و متوسط دمای ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد روی می‌دهد (۱۱). بیش از ۳۰۰ گونه از این گیاه در دنیا در مناطق گرمسیر و نیمه‌گرمسیر یافت می‌شود. این گیاه در ایران واقع در نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری تا ارتفاع ۹۰۰ متری از سطح دریا بیشترین رشد را دارد.

به‌منظور بدست آوردن تبخیر- تعرق واقعی چای ترش و تبخیر- تعرق مرجع (چمن) و در نهایت محاسبه ضریب گیاهی، از شش عدد لایسیمتر استفاده شد. کشت چای ترش و چمن هر کدام در سه لایسیمتر (به عنوان سه تکرار) با قطر ۲۶ و ارتفاع ۳۱ سانتی‌متر که در داخل خاک کار گذاشته شده بود، صورت گرفت. به‌منظور سهولت در انجام عمل زهکشی به دو نکته اساسی توجه شد. اول اینکه از لایسیمترهایی استفاده شد که در کف هر یک از آن‌ها سوراخ‌هایی تعبیه شده بود. دوم اینکه در کف هر کدام از لایسیمترها به ارتفاع ۶ سانتی‌متر شن ریز و درشت ریخته شد و مابقی حجم آن توسط خاک مورد نظر به‌همراه کود پوسیده حیوانی به‌منظور رشد بهتر گیاه پر گردید. در هر کدام از لایسیمتر ها به طور متوسط تعداد ۲۵ عدد بذر چای ترش به‌منظور بالا بردن شانس جوانه‌زنی بذر، در تاریخ ۱ اردیبهشت کشت شد. همچنین در صورت مشاهده علف‌هرز و به‌منظور کنترل آن در طی فصل رشد گیاه، به دفعات لازم وجین دستی صورت گرفت. در طی زمان آزمایش آب اضافی خارج شده از لایسیمترها به‌صورت وزنی اندازه‌گیری شد و سپس به حجم و ارتفاع آب تبدیل شد. رطوبت خاک مورد استفاده در محدوده ظرفیت زراعی با استفاده از صفحات فشاری اندازه‌گیری شد و سپس به‌صورت درصد وزنی تعیین گردید. اندازه‌گیری محتوای آب و خاک به صورت وزنی انجام گرفت. همچنین دور آبیاری بر اساس عواملی از قبیل وزن گلدان‌ها و شرایط آب و هوایی محاسبه شد. بدین صورت که هر روز گلدان‌ها را وزن نموده و سعی بر این بود که رطوبت گلدان ها در حد رطوبت ظرفیت زراعی (FC) حفظ شود (گیاه نباید هیچگونه تنشی تحمل کند). همچنین با توجه به شرایط آب و هوایی و وزن گلدان ها، دور آبیاری متغیر بود. ولی در بیشتر مواقع دور آبیاری دو تا سه روز در نظر گرفته شد.

## محاسبه ضریب گیاهی

در این تحقیق روشی که برای محاسبه تبخیر- تعرق مرجع ($ET_O$) استفاده می‌شود، شامل اندازه‌گیری مستقیم تبخیر- تعرق چمن با خصوصیات ذکر شده می‌باشد. در اینجا برای محاسبه $ET_O$ در طی زمان فصل رشد گیاه، تبخیر- تعرق گیاه چمن با مشخصات ذکر شده و مشابه با گیاه چای ترش اندازه‌گیری شده و به‌عنوان تبخیر- تعرق مرجع لحاظ گردید.

برای محاسبه تبخیر- تعرق واقعی ($ET_C$) گیاه چای ترش از روش اندازه‌گیری مستمر تغییرات آب ذخیره شده در خاک داخل لایسیمتر و معادله بیلان آب خاک استفاده شد (معادله ۳). معادله بیلان آب خاک شامل بررسی میزان آب ورودی و خروجی به ناحیه ریشه گیاه در دوره‌های زمانی مشخص بوده که اساس کار لایسیمتر وزنی می‌باشد. آبیاری (I) و بارندگی (P)، منابع آب ورودی به محدوده توسعه ریشه گیاه محسوب می‌شوند. بخشی از آب آبیاری و بارندگی ممکن است به‌صورت رواناب سطحی (RO) و نفوذ عمقی (DP) تلف شده که موجب تغذیه سطح ایستابی می‌شود. همچنین امکان دارد، آب تحت صود مویینه‌ای (CR) از یک سطح ایستابی بالا به محدوده (عمق) توسعه ریشه گیاه انتقال یابد و یا حتی در جهت افقی، به صورت جریان زیرزمینی به محدوده توسعه ریشه گیاه وارد یا از آن خارج گردد ($\Delta SF$). با این اوصاف در بسیاری از شرایط، به استثنای شیب‌های هیدرولیکی بالا، مقادیر ($\Delta SF$) ناچیز بوده و قابل صرف نظر است. تبخیر از خاک و تعرق از گیاه موجب تخلیه آب خاک محدوده توسعه ریشه گیاه می‌شوند. چنانچه به جزء تبخیر- تعرق، تمامی جریان‌ها قابل برآورد باشند، تبخیر- تعرق می‌تواند بر مبنای تغییر مقدار آب خاک ($\Delta SW$) در طول یک دوره مشخص به‌صورت رابطه زیر (معادله ۲) محاسبه گردد:

(۲)
$$ET = I + P - RO - DP + CR \pm \Delta SF \pm \Delta SW$$

با توجه به اینکه لایسیمتر یک محیط بسته است و انتقال آب از محیط اطراف به داخل آن امکان‌پذیر نبوده و تمام آب رسیده به سطح زمین به داخل آن نفوذ می‌کند، بنابراین میزان رواناب سطحی صفر خواهد بود. لذا در مطالعات نیاز آبی، معادله بیلان آب خاک برای یک محیط بسته مانند لایسیمتر به‌صورت زیر (معادله ۳) در نظر گرفته می شود:

$$ET_C = I + P - D \pm \Delta S \quad (۳)$$

که در این رابطه، ETC: تبخیر- تعرق واقعی گیاه (میلی‌متر بر روز)، P بارندگی (میلی‌متر)، I آب آبیاری (میلی‌متر)، D آب زهکش

شده (میلی‌متر) و $\Delta S$ تغییرات ذخیره‌ای رطوبت خاک (محتوای آب خاک) (میلی‌متر) می‌باشند. به طور معمول روش موازنه آب خاک می‌تواند شدت تبخیر- تعرق را در دوره‌های طولانی (هفته‌ای یا ده روزه) برآورد کند (۱۸).

ضریب گیاهی نیز یک مقدار ثابت نبوده و در طول دوره رشد گیاه تغییر می‌کند (۹). دوره رشد گیاه چای ترش به چهار مرحله (ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی) تقسیم شد. مرحله اولیه، از تاریخ جوانه‌زدن بذر تا ۱۰ درصد رشد گیاه، مرحله توسعه، از ۱۰ درصد رشد تا شروع گل‌دهی، مرحله میانی از آغاز گل‌دهی تا شروع رسیدن محصول و مرحله پایانی، از انتهای مرحله میانی تا برداشت محصول می‌باشد. می‌توان با اعمال مقادیر ضریب گیاهی در تبخیر- تعرق مرجع، نیاز آبی در هر مرحله را بدست آورد (۱۰). در جدول ۱ تاریخ کاشت و طول دوره رشد گیاه چای ترش در طی یک فصل زراعی ارائه شده است. همچنین شکل ۱ وضعیت لایسیمترها را در اواسط دوره‌ی رشد (قبل از گلدهی) نشان می‌دهد.

## نتایج و بحث

نتایج تبخیر و تعرق گیاه ($ET_C$) بدست آمده از سه لایسیمتر، متوسط تبخیر و تعرق چمن اندازه‌گیری شده ($ET_O$) از سه لایسیمتر و ضرایب گیاهی محاسبه شده در دوره‌های ده روزه در طول دوره رشد گیاه چای ترش در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به این جدول مقدار $ET_C$ چای ترش در دوره ابتدایی به دلیل رشد کم و کوچک بودن گیاه، پایین بوده و سپس در دوره توسعه با افزایش رشد گیاه و افزایش شاخص سطح برگ و افزایش تعرق، افزایش یافته است. در دوره میانی رشد که فعالیت بیولوژیکی گیاه در حد اعلای خود است و اندام هوایی گیاه توسعه پیدا می‌کند، نیاز آبی به حداکثر مقدار خود رسیده و در طی دوره پایانی روندی کاهشی داشته است که این روند با نتایج تحقیقات قبلی در مورد سایر محصولات مطابقت دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که مقادیر حداقل و حداکثر متوسط نیاز آبی ده روزه گیاه در طی مدت زمان آزمایش برابر ۴۱/۹ و ۲۲۷/۶۵ و تبخیر و تعرق پتانسیل برابر ۴۹/۱ و ۱۲۷/۶ میلی‌متر در ده روز می‌باشد. بر اساس نتایج بیلان آب خاک بدست آمده در این دوره، متوسط مقدار تبخیر- تعرق واقعی سالانه چای ترش ۳۸۱۹/۵۷ میلی‌متر برآورد گردید. همچنین متوسط مقدار تبخیر- تعرق مرجع (چمن) محاسبه شده در این دوره ۲۴۲۰/۳ میلی‌متر تخمین زده شد. با توجه به موارد ذکر شده در بالا نتیجه می‌گیریم که نیاز آبی گیاه چای ترش در طول دوره رشد آن زیاد است.

**جدول ۱- تاریخ کاشت و طول هر یک از مراحل رشد گیاه چای ترش**

**Table 1- Planting data and the length of each growing stage of roselle (*Hibiscus sabdariffa*)**

| سال Year | تاریخ کاشت Planting data | دوره اولیه رشد (روز) Primary growth stage (day) | دوره توسعه (روز) Developing stage (day) | دوره میانی (روز) Middle stage (day) | دوره انتهایی (روز) Final stage (day) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2017 | 24/04/2017 | 35 | 75 | 100 | 30 |

**شکل ۱- وضعیت لایسیمترها در اوسط دوره رشد**

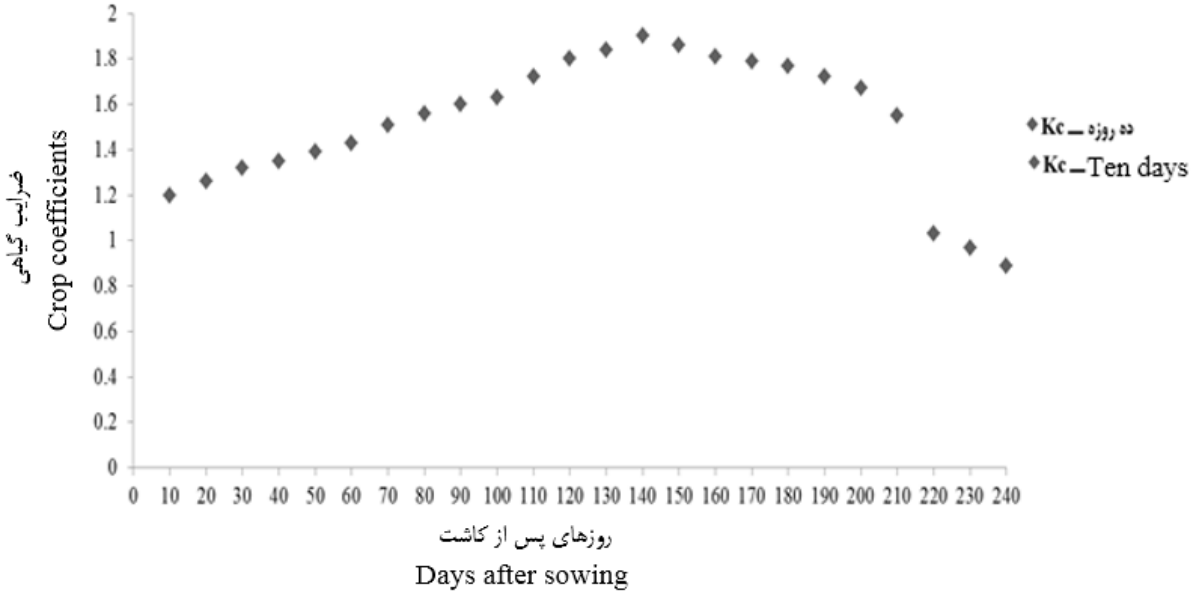
**Figure 1- The status of lysimeters in the middle of the growth period**

**جدول ۲- متوسط تبخیر- تعرق چمن ($ET_O$) و چای ترش ($ET_C$) بر حسب میلی‌متر و ضرایب گیاهی ($K_C$) ده روزه چای ترش**

**Table 2- Average of grass ($ET_O$) and *Hibiscus sabdariffa* evapotranspiration ($ET_C$) in millimeters and 10-days *Hibiscus sabdariffa* crop coefficient**

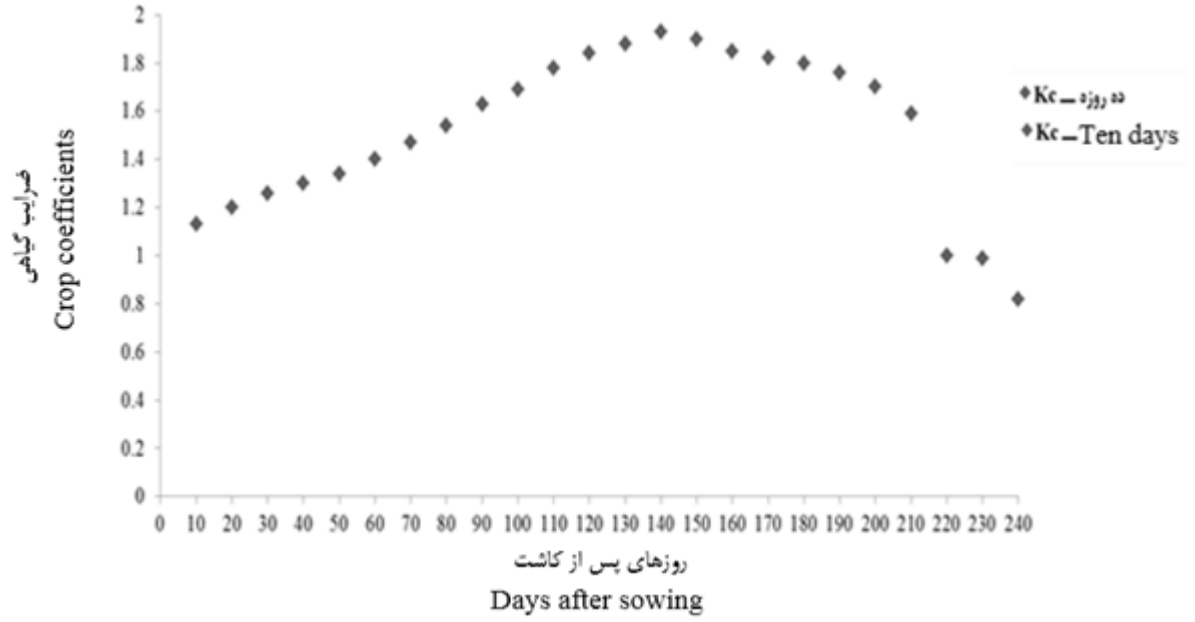
| دهه Decade | متوسط تبخیر- تعرق چمن Average of grass evapotranspiration ($ET_O$) | لایسیمتر ۱ (چای ترش) Lysimeter 1 (*Hibiscus sabdariffa*) | | لایسیمتر ۲ (چای ترش) Lysimeter 2 (*Hibiscus sabdariffa*) | | لایسیمتر ۳ (چای ترش) Lysimeter 3 (*Hibiscus sabdariffa*) | | متوسط ۳ لایسیمتر (چای ترش) Average of three Lysimeters (*Hibiscus sabdariffa*) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $ET_C$ (mm) | $K_C$ | $ET_C$ (mm) | $K_C$ | $ET_C$ (mm) | $K_C$ | $ET_C$ (mm) | $K_C$ |
| 1 | 103.9 | 124.68 | 1.2 | 117.41 | 1.13 | 129.88 | 1.25 | 123.99 | 1.19 |
| 2 | 107.8 | 135.83 | 1.26 | 129.36 | 1.2 | 141.22 | 1.31 | 135.47 | 1.26 |
| 3 | 111.7 | 147.44 | 1.32 | 140.74 | 1.26 | 144.09 | 1.29 | 144.09 | 1.29 |
| 4 | 116.8 | 157.68 | 1.35 | 151.84 | 1.3 | 160.02 | 1.37 | 156.51 | 1.34 |
| 5 | 121.4 | 168.75 | 1.39 | 162.68 | 1.34 | 172.39 | 1.42 | 167.94 | 1.38 |
| 6 | 124.6 | 178.18 | 1.43 | 174.44 | 1.4 | 184.41 | 1.48 | 179.01 | 1.44 |
| 7 | 126.7 | 191.32 | 1.51 | 186.25 | 1.47 | 196.39 | 1.55 | 191.32 | 1.51 |
| 8 | 127.4 | 198.74 | 1.56 | 196.2 | 1.54 | 206.39 | 1.62 | 200.44 | 1.57 |
| 9 | 127.6 | 204.16 | 1.6 | 207.99 | 1.63 | 215.64 | 1.69 | 209.26 | 1.64 |
| 10 | 126.8 | 206.68 | 1.63 | 214.29 | 1.69 | 219.36 | 1.73 | 213.45 | 1.68 |
| 11 | 125.6 | 216.03 | 1.72 | 223.57 | 1.78 | 226.08 | 1.8 | 221.89 | 1.77 |
| 12 | 123.5 | 222.3 | 1.8 | 227.24 | 1.84 | 233.42 | 1.89 | 227.65 | 1.84 |
| 13 | 120.3 | 221.35 | 1.84 | 226.16 | 1.88 | 230.98 | 1.92 | 226.16 | 1.88 |
| 14 | 116 | 220.4 | 1.9 | 223.88 | 1.93 | 226.2 | 1.95 | 223.49 | 1.93 |
| 15 | 111.7 | 207.76 | 1.86 | 212.23 | 1.9 | 215.58 | 1.93 | 211.86 | 1.9 |
| 16 | 95.9 | 173.58 | 1.81 | 177.42 | 1.85 | 182.21 | 1.9 | 177.73 | 1.85 |
| 17 | 90.2 | 161.46 | 1.79 | 164.16 | 1.82 | 168.67 | 1.87 | 164.77 | 1.83 |
| 18 | 85.1 | 150.63 | 1.77 | 153.18 | 1.8 | 156.58 | 1.84 | 153.46 | 1.8 |
| 19 | 71.4 | 122.81 | 1.72 | 125.66 | 1.76 | 129.23 | 1.81 | 125.9 | 1.76 |
| 20 | 68.3 | 114.06 | 1.67 | 116.11 | 1.7 | 118.84 | 1.74 | 116.34 | 1.7 |
| 21 | 65 | 100.75 | 1.55 | 103.35 | 1.59 | 104 | 1.6 | 102.7 | 1.58 |
| 22 | 52.8 | 54.38 | 1.03 | 52.8 | 1 | 55.44 | 1.05 | 54.21 | 1.03 |
| 23 | 50.7 | 49.18 | 0.97 | 50.19 | 0.99 | 50.7 | 1 | 50.02 | 0.99 |
| 24 | 49.1 | 43.7 | 0.89 | 40.26 | 0.82 | 41.74 | 0.85 | 41.9 | 0.85 |
| جمع کل Total | 2420.3 | 3771.85 | - | 3777.41 | - | 3909.45 | - | 3819.57 | - |

بنابراین برای این منطقه که دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک بوده و با مشکل تأمین منابع آب مواجه است، کشت این گیاه در سطح وسیع به هیچ عنوان توصیه نمی‌شود. همچنین برای مناطقی که کمتر با مشکل تامین منابع آب مواجه هستند، می‌توان توصیه نمود که کشت این محصول در شرایط کم آبیاری صورت گرفته و عملکرد و اجزاء عملکرد آن تحت تأثیر تیمارهای مختلف با یکدیگر مقایسه شوند. ضریب گیاهی ($K_C$) محاسبه شده با معادله (۱) در طی زمان انجام پژوهش و متوسط آن در شکل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ نمایش داده شده است. در محاسبه ضریب گیاهی ده روزه از روش میانگین‌گیری استفاده گردید، به‌طوری که برای هر مرحله از رشد، میانگین ضریب گیاهی در آن مرحله در نظر گرفته شد. در جدول ۳ میانگین ضرایب گیاهی در هر یک از مراحل چهارگانه رشد گیاه در مدت زمان انجام پژوهش ارائه شده است. با توجه به نتایج بدست آمده برای ضریب گیاهی می‌توان نتیجه گرفت که، $K_C$ چای ترش در دوره ابتدایی رشد به دلیل رشد کم و کوچک بودن گیاه برابر ۱/۲۶ سپس در دوره توسعه، با افزایش سرعت رشد گیاه و افزایش شاخص سطح برگ و به تبع آن افزایش تعرق مقدار $K_C$ روند صعودی داشته و برابر ۱/۵۵ شد. در دوره میانی مقدار $K_C$ به حداکثر مقدار خود یعنی ۱/۸۱ رسیده و در دوره انتهایی، تغییرات $K_C$ روند نزولی داشته و مقدار آن به ۰/۹۶ رسید. در شکل ۵ نمودار تغییرات ضریب گیاهی چای ترش در مراحل چهار گانه رشد گیاه، نشان داده شده است که از آن می‌توان برای برآورد نیاز آبی و مدیریت آبیاری گیاه چای ترش استفاده نمود.



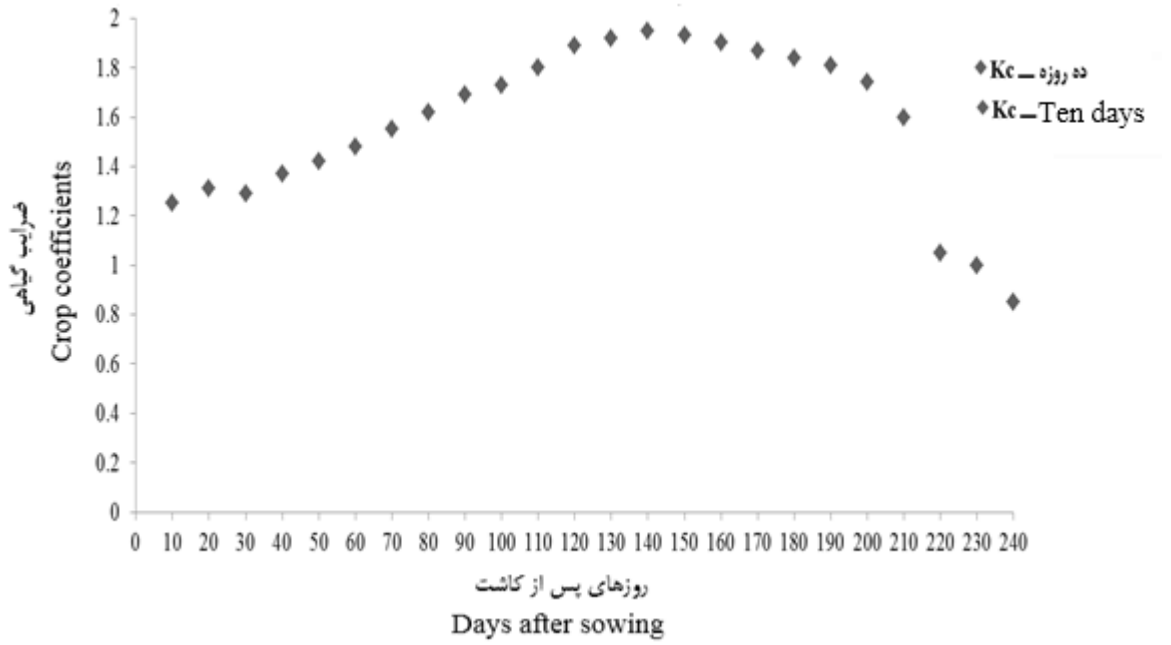

**شکل ۱- ضرایب گیاهی ده روزه مربوط به لایسیمتر (۱)**

**Figure 1- Ten-day crop coefficients curve for lysimeter 1**



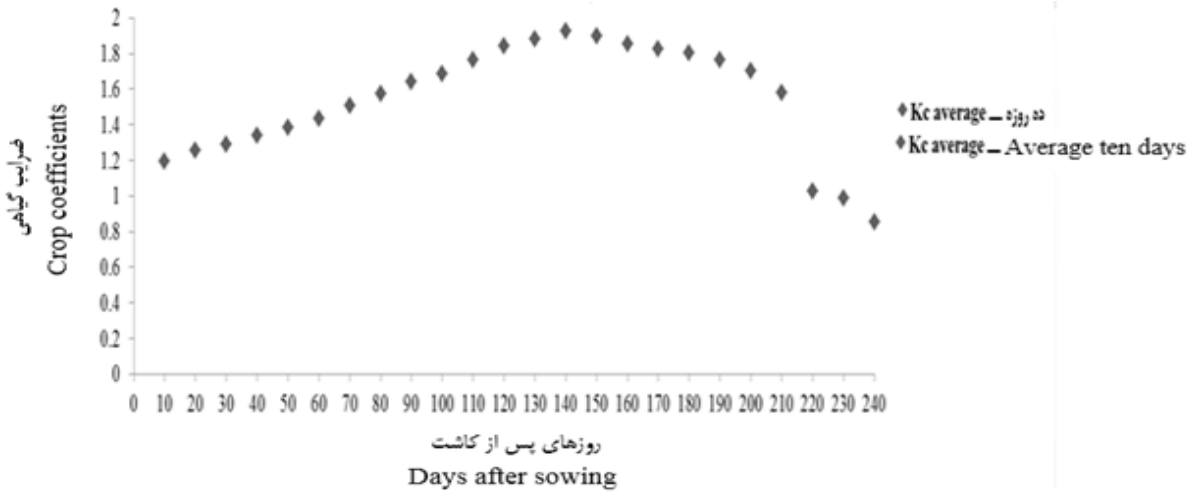

**شکل ۲- ضرایب گیاهی ده روزه مربوط به لایسیمتر (۲)**

**Figure 2- Ten-day crop coefficients curve for lysimeter 2**




**شکل ۳- ضرایب گیاهی ده روزه مربوط به لایسیمتر (۳)**

**Figure 3- Ten-day crop coefficients curve for lysimeter 3**



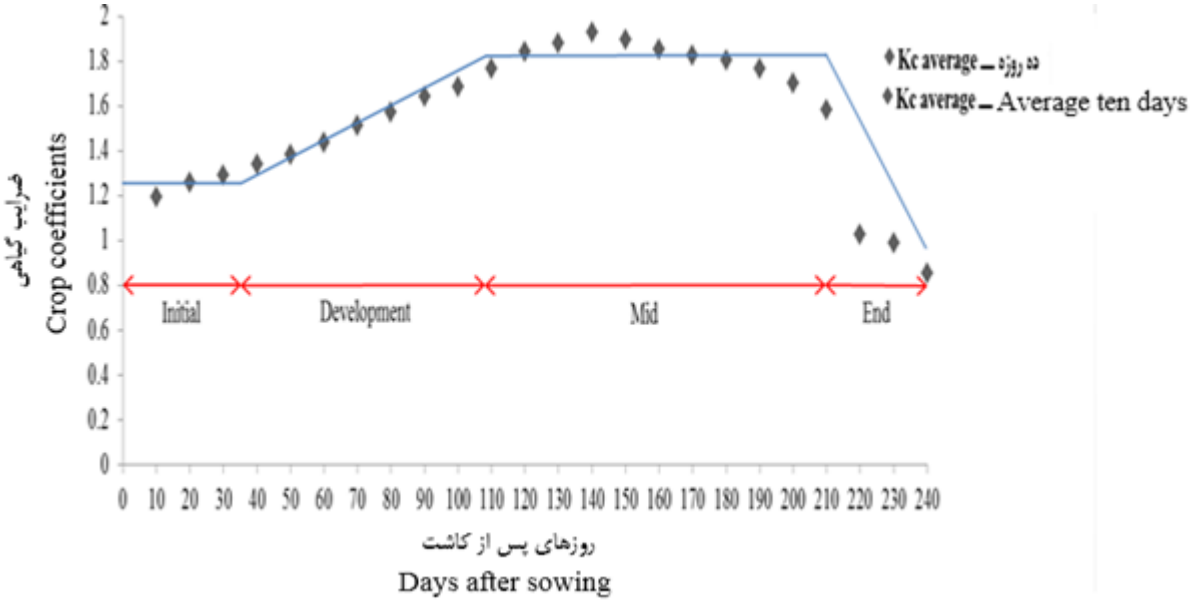

**شکل ٤- ضرایب گیاهی ده روزه مربوط به متوسط مقادیر سه لایسیمتر**

**Figure 4- Ten-day crop coefficients curve for average of three lysimeters**

**جدول ۳- ضرایب گیاهی چای ترش در مراحل چهار گانه رشد**

**Table 3-Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) crop coefficients in quadratic growth stages**

| سال Year | دوره اولیه رشد Primary growth stage | دوره توسعه Developing stage | دوره میانی Middle stage | دوره انتهایی Final stage |
|---|---|---|---|---|
| 2017 | 1.26 | 1.55 | 1.81 | 0.96 |




**شکل ۵- ضریب گیاهی چای ترش در مراحل چهارگانه رشد (روز صفر، یکم اردیبهشت می باشد)**

**Figure 5- Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) crop coefficients curve in quadratic growth stages (1 May is day zero)**

## نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر با توجه اهمیت دارویی و اقتصادی گیاه چای ترش و همچنین به دلیل اینکه مقادیر ضرایب گیاهی مربوطه برای هر یک از مراحل رشد گیاه در هیچ یک از مناطق کشور تعیین نشده است، بنابراین در منطقه بیرجند، اقدام به کشت این محصول در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ شد. با بررسی نتایج حاصل از لایسیمترها، طول دوره‌های مختلف رشد و مقادیر ضرایب گیاهی در مراحل اولیه، توسعه، میانی و انتهایی به‌ترتیب برابر با (۳۵، ۷۵، ۱۰۰ و ۳۰) روز و (۱/۲۶، ۱/۵۵، ۱/۸۱ و ۰/۹۶) حاصل شد. با استفاده از این ضرایب که تاکنون به‌صورت تجربی در هیچ مرجعی ارائه نشده است، برآورد نیاز آبی و مدیریت آبیاری گیاه دارویی چای ترش امکان‌پذیر خواهد بود.

## منابع


1- Aboukhaled A., Alfaro A., and Smith M. 1982. Lysimeter. Irrigation and Drainage Paper No. 39, FAO, Rome, Italy, 69 p.
2- Alizadeh A. 2010 .Principles of Applied Hydrology. The twenty-eighth edition. Publication of Imam Reza (AS), 866 pages.
3- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. In: Proceedings of the Irrigation and Drainage Paper No. 56. Food and Agricultural Organization, United Nations, Rome, Italy, 300 p.
4- Azizi Zohan A., Kamgar Haghighi A.A., and Sepaskhah A.R. 2008. Crop and pan coefficients for saffron in a semi-arid region of Iran. Arid Environments 72(3): 270-278.
5- Doorenbos J., and Pruitt W.O. 1977. Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper NO. 24, FAO, 144 p.
6- Duangmal K., Saicheua B., and Sueeprasan S. 2008. Color evaluation of freeze-dried roselle extract as a natural food colorant in a model system of a drink. LWT-Food Science and Technology 41(8): 1437-1445.
7- Duke J.A. 2006. Ecosystematic data on economic plants. Journal of Crude Research 17(3): 91-110.
8- Fasoyiro S.B., Ashaye O.A., Adeola A., and Samuel F.O. 2005. Chemical and storability of fruit-flavoured (*Hibiscus sabdariffa*) drinks. World Journal of Agricultural Sciences 1(2): 165-168.
9- Ghamarniya H., Jafarizadeh M., Miri E., and Gobadi M. 2011. *Coriandrum sativum* L. crop coefficient determination in a semi-arid climate. Journal of Water and Irrigation Management 1(2): 73-83.
10- Ghamarnia H., and Jalili Z. 2013. Water stress effects on different Black cumin (*Nigella sativa* L. components in a semi-arid region). International journal of Agronomy and Plant Production 4(3): 545-554.
11- Hacket C., and Carolene J. 1982. Edible Horticultural Crops: A compendium of information on fruits, vegetables,

spice and nut spicies. Academic Press. Australia. 17p.
12- Kafi M., and Keshmiri A. 2011. Changes in yield and yield components of cumin landraces and Hindi cultivar in drought and salinity conditions. Horticultural Sciences 25(3): 327-334. (In Persian with English Abstract)
13- Ko J., Piccinni G., Marek T., and Howell T. 2009. Determination of growth-stage-specific crop coefficients (Kc) of cotton and wheat. Agricultural Water Management 96(12): 1691-1697.
14- Liu Y., and Luo Y. 2010. A consolidated evaluation of the FAO-56 dual crop coefficient approach using the lysimeter data in the North China Plain. Agricultural Water Management 97(1): 31- 40.
15- Reyhani N., and Khashei Siuki A. 2015. Lysimetric Determination of Cuminum Crop Coefficients during Different Growth Stages in Region of Birjand. Journal of Water and Soil, 29(5): 1047-1056. (In Persian with English Abstract)
16- Sharifi Ashoorabadi E., Rouhipour H., Assareh M.H., Lebaschy M.H., Abaszadeh B., Naderi B., and Rezaeisarkhosh M. 2012. Determination of crop water requirement of yarrow (*Achillea millefolium*) using lysimetry. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28(3): 484-492. (In Persian with English Abstract)
17- Torabi A. 2004. Effect of planting date and row spacing on the yield of Sour tea. MSC thesis. Azad University of Jiroft. (In Persian with English Abstract)
18- Saberi E., Rezaei F., and Khashei Siuki A. 2016. Lysimetric Determination of *Trachyspermum ammi* Crop Coefficients during Different Growth Stages in Region of Birjand.Journal of Water Research in Agriculture 31(3): 389-398.
19- Younis M.N.A., Hasanee A.R.A., and El-Bialy D.M.A. 2008. Australian Journal of Crop Science 2(2): 83-95.

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 1, Mar.-Apr. 2019, p. 1-11

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۸، ص. ۱۱-۱

# The Estimation of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Crop Coefficients at Different Growth Stages by Lysimetric Method in Birjand Region

**S. Ghavam Saeidi Noghabi** [1]**- A. Khashei Siuki**[2]**- H. Hammami**[3*]

Received: 07-05-2018
Accepted: 20-01-2019

**Introduction:** Water is one of the most important factors limiting agricultural developments in arid and semi-arid regions in the world. One of the important issues of water management is assessment and determination of water requirement of plants. One of the main water management strategies in agriculture is to assess and determine the plants water requirement. Due to dry and semi-arid weather conditions in Iran the optimal use of water resources is crucial. Plants water requirements are the important parts of the hydrological cycle, and its precise estimation is essential for water budget studies, facilities, management, design of new irrigation systems and water resources management. The determination of behavior and characteristics non-reference vegetation compared to reference vegetation (grass) is the first step in estimating the evapotranspiration of crops. It is important to determine the crop factor in order to measure the water requirement of the crop at different stages of growth. The crop coefficient expresses the effects of crop and soil moisture on a non-reference plant species relative to the reference plant. Among the medicinal herbs, *Hibiscus sabdariffa* L. is an annual tropical and sub-tropical herbaceous plant belongs to Malvaceae family. Red calyces of Roselle are a source of anthocyanins (about 1.5 g/100 g dry weight), vitamin C and other antioxidants, such as flavonoids (gossypetin, hibiscetine, and sadderetine). Roselle is a medicinal plant that cultivated in Iran especially in Sistan and Baluchestan province. Regarding the long history of cultivation, and high consumption in Iran and the world so far, there has not been a scientific report about Roselle water requirement at different stages of growth. Therefore, this research was carried out with the aim of obtaining Roselle water coefficients and studying the pattern of its changes during the growing season in dry and semi-arid climates of Birjand using the lysimetric method.

**Materials and Methods:** To determine the Roselle crop coefficient, as a valuable medicinal herb, a lysimetric experiment was conducted in faculty of agriculture, Birjand University during the growing season in 2017. The lysimeters used for this experiment have 20 cm diameter and 16 cm in height. Three lysimeters used for sowing Roselle and three lysimeters used for reference plant. There are six orifices as a water drain in the bottom of each lysimeter. Floor of lysimeter covered by 5 cm granule layer, then filled with soil and cow decayed fertilizer mixture. In each lysimeter, 25 seeds of Roselle were sown. To determine potential evapotranspiration, 12 centimeters height grass was used as the reference plant. Water requirement of Roselle was determined by water balance method. The Roselle growth period was divided into four stages included initial (10% plant growth after emergence), development (between 10% plant growth and before flowering), middle (between early flowering and end flowering), and end (between end flowering and seed ripening). Weed control was achieved by hand hoeing during the growth season. Drainage water was measured by weighting and soil moisture hold at field capacity during the growth season.

**Results and Discussion:** Results of this study showed that Roselle plant in the initial stage due to slow growth and low transpiration have low Kc compared to middle and development stage. The average coefficient of Roselle was 1.26, 1.55, 1.81, and 0.96 in the initial, development, middle, and end stages respectively. Duration of growth stages for Roselle in Birjand region is 35, 75, 100, and 30 days after emergence. This results revealed an increasing trend from initial to development and middle stages. However, in the end stage of Roselle, Kc decreased. The result of this study showed that evapotranspiration of Roselle was 3819.57 mm whereas the reference plant evapotranspiration was 2420.3 mm. Due to water shortage in the arid and semi-arid region, this plant is not proper for sowing in this area.

**Conclusions:** According to the results of this study, the annual average evapotranspiration rate of the Roselle

1 and 2- M.Sc. Student of Irrigation and Drainage and Associate Professor, Department of Science and Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
3- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
(*- Corresponding Author Email: hhammami@birjand.ac.ir)

was 3819.57 mm whereas the reference plant evapotranspiration was 2420.3 mm. Therefore, the water requirement of Roselle is very high during growth period. Finally, according to the high water requirement and water deficient in Birjand, Iran; it seems that Roselle is not a proper plant for sowing in this area.

**Keywords:** Evapotranspiration, Water balance equation, Water management, Water requirement