

تعیین ضریب گیاهی منفرد و پایه گیاه دارویی گاوزبان در منطقه کرکج تبریز

داود زارع حقی^۱، محمدرضا نیشابوری^۲، ابوالفضل مجنونی هریس^۳، رضا حسن پور^{۴*}، شیوا میرزائی^۵

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۵/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۲

^۱ - استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز

^۲ - استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز

^۳ - استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه تبریز

^۴ - دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز

^۵ - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: rzh92@yahoo.com

چکیده

برای برآورد نیاز آبی گیاهان در مراحل مختلف رشد، تعیین ضریب گیاهی از اهمیت بالایی برخوردار است. لذا پژوهش حاضر به منظور تعیین ضرایب گیاهی گیاه دارویی گاوزبان در اراضی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سال ۱۳۹۲ انجام شد. برای این منظور از لایسیمتر زهکش‌دار به قطر ۱/۵ و عمق ۱/۷ متر جهت اندازه‌گیری تبخیر-تعرق گیاهی و از معادله فائو پمن مانیتث برای تعیین تبخیر-تعرق مرجع استفاده شد. در داخل لایسیمتر گیاه گاوزبان بر روی ردیف‌هایی با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر کشت و آزمایش به مدت ۴ ماه ادامه یافت. در این مدت مقدار کل تبخیر-تعرق مرجع و گیاهی در منطقه مورد مطالعه به ترتیب برابر ۸۹۸/۸ و ۸۱۲/۵ میلی‌متر تعیین گردید. مطابق با درصد پوشش سطح زمین و توصیه فائو دوره‌های رشد ابتدایی، توسعه، میانی و نهایی به ترتیب برابر ۲۸، ۴۲، ۲۰ و ۱۴ روز تعیین شد. متوسط ضریب گیاهی منفرد برای مراحل مختلف رشد اولیه، توسعه، میانی و پایانی به ترتیب برابر ۰/۶۷، ۰/۹۷، ۱/۱۵ و ۰/۷۶ و ضریب گیاهی پایه برای مراحل فوق به ترتیب برابر ۰/۲۰، ۰/۸، ۱/۰۵ و ۰/۶۵ به دست آمد. مقادیر ضرایب گیاهی به دست آمده را می‌توان جهت برآورد نیاز آبی و برنامه‌ریزی آبیاری گیاه دارویی گاوزبان توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: تبخیر-تعرق، لایسیمتر، ضریب گیاهی، گاوزبان

Determination of Single and Basal Crop Coefficients of Borage Medicinal Plant in the Region of Karkaj in Tabriz

D Zarehaghi¹, MR Neyshabouri², A Majnooni Herris³, R Hassanpour^{4*}, SH Mirzaei⁵

Received: 01 August 2015 Accepted: 02 March 2016

¹- Assist. Prof., Dept. of Soil Science and Engin., University of Tabriz, Iran

²- Prof., Dept. of Soil Science and Engin., University of Tabriz, Iran

³- Assist. Prof., Dept. of Water Engin., University of Tabriz, Iran

⁴- Ph.D. Student of Soil Science and Engin., Dept. of Soil Science and Engin., University of Tabriz, Iran

⁵- Graduate M.Sc. of Soil Science and Engin., Dept. of Soil Science and Engin., University of Tabriz, Iran

*Corresponding Author, Email: rzh92@yahoo.com

Abstract

For estimating plants water requirement at the different stages of plant growth, determination of crop coefficient is very important. Therefore, this study was conducted to determine the crop coefficient of Borage in research lands of faculty of agriculture at the University of Tabriz in 2013. For this purpose, drainage lysimeter with diameter of 1.5 meter and depth of 1.7 meter was used for determining crop evapotranspiration and FAO Penman-Montith equation was used for determining reference evapotranspiration. Borage seeds were cultivated within the lysimeter with distance of 10 cm on rows and the distance between rows was 30 cm, the experiment continued for 4 months. During this period, total reference evapotranspiration and crop evapotranspiration values in the studied region were obtained as 898.8 and 812.5 mm, respectively. Considering the percentage of ground cover and FAO recommendation, the initial, development, middle and end stages of growth were determined as 28, 42, 20 and 14 days, respectively. The average single crop coefficients values of the initial, development, middle and end stages, were determined as 0.67, 0.97, 1.15 and 0.76, respectively and average basal crop coefficients for mentioned stages were 0.2, 0.8 1.05 and 0.65, respectively. These values of crop coefficients can be recommended for determination of water requirement and irrigation scheduling of Borage.

Keywords: Borage, Crop coefficient, Evapotranspiration, Lysimeter

مقدمه

گاوزبان (*Borage officinalis. L*) گیاهی علفی، یکساله و متعلق به تیره گاوزبان است. منشأ آن آسیای صغیر، جنوب اروپا و آفریقا گزارش شده است و در شمال آمریکا نیز می‌روید (بیوبایری و سایمون ۱۹۸۷). گاوزبان دارای ارزش دارویی و غذایی بالایی است و برای درمان بیماری‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. گیاه گاوزبان دارای دانه‌ای روغنی است که میزان روغن و پروتئین خام آن به ترتیب برابر ۳۳ و ۲۸

درصد می‌باشد. میزان گامالینولیک اسید (GLA) آن بالاست که مصارف دارویی و بهداشتی دارد (یانگ و همکاران ۲۰۰۲). اسید مذکور به‌عنوان مکمل غذایی و دارویی برای درمان بیماری‌های قلبی، اگزمای موضعی، دیابت‌ها، ورم مفاصل و بیماری‌های MS استفاده می‌شود (بار ۲۰۰۱).

برای اندازه‌گیری نیاز آبی گیاهان در مراحل مختلف رشد، تعیین ضریب گیاهی از اهمیت بالایی برخوردار است. ضریب گیاهی بیان‌کننده اثرات پوشش

روش مقدار ET_c گیاه در شرایط نبود کمبود آب و مواد غذایی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$ET_c = (K_{cb} + K_c)ET_0 \quad [۱]$$

مقدار K_c بخشی از تبخیر-تعرق را شامل می‌شود که به صورت تبخیر توده‌ای از سطح خاک خارج شده است. ضریب K_{cb} نیز نشان‌دهنده مقداری است که از طریق تعرق از سطح برگ خارج شده است. در ایالت تگزاس آمریکا طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۸ ضریب گیاهی گندم و پنبه با استفاده از لایسیمتر وزنی تعیین گردید. مقادیر ضریب گیاهی (K_c) برای پنبه ۱/۵-۱/۲ و گندم ۱/۷-۰/۱ از تحقیقات صورت گرفته حاصل گردید و در برخی موارد بین مقادیر محاسبه شده در این تحقیق و اعداد ارائه شده توسط سازمان FAO مغایرت‌هایی وجود دارد (کو و همکاران ۲۰۰۹). ضریب گیاهی پایه (K_{cb}) یونجه برای مراحل رشد اولیه، میانی و پایانی به ترتیب برابر ۰/۷، ۱/۷۸ و ۱/۵۱ تعیین گردید (بنلی و همکاران ۲۰۰۶). لیو و لوو (۲۰۱۰) به خاطر رسیدن به این نکته که آیا ضریب گیاهی دوگانه پیشنهاد شده در روش فائو ۵۶ برای محاسبه نمودن تبخیر-تعرق روزانه واقعی محصولات اصلی شامل گندم زمستانه و ذرت تابستانه در شمال چین مناسب است آزمایشی با استفاده از لایسیمترهای وزنی انجام دادند. بررسی نتایج آنها نشان داد که به کارگیری ضریب گیاهی دوگانه در شبیه‌سازی مقدار تبخیر-تعرق فصلی گندم زمستانه مؤثر است اما در محاسبه مقادیر بیشینه دارای مقداری خطا می‌باشد. همچنین نتایج برای ذرت تابستانه رضایت بخش نبود. بنابراین مقادیر ضریب گیاهی پایه در مراحل اولیه، میانی و پایانی برای گندم زمستانه و ذرت تابستانه اصلاح و دامنه تغییرات ضریب گیاهی پایه (K_{cb}) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با استفاده از داده‌های لایسیمتر ضریب گیاهی منفرد (K_c) در مراحل اولیه، توسعه، میانی

گیاهی و رطوبت خاک روی تبخیر-تعرق است (دورنباس و پرویت ۱۹۷۷). ضریب گیاهی با توجه به تفاوت‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گونه‌های گیاهی و ویژگی‌های اقلیمی منطقه رشد، متغیر است (آلن و همکاران ۲۰۰۵). در تمام روش‌هایی که توسط آن‌ها تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_0) محاسبه می‌شود، برای آنکه بتوان نتایج حاصل را به سطوح پوشش گیاهی مورد نظر تعمیم داد بایستی مقادیر به دست آمده به ضریب گیاهی ضرب گردد (آلن و همکاران ۱۹۹۸، ساوانا و فرنکن ۲۰۰۲). با افزایش طول دوره رشد ابتدا مقدار ضریب گیاهی افزایش می‌یابد، در مرحله توسعه کامل به بیشینه مقدار خود می‌رسد و پس از آن روبه کاهش می‌گذارد (آلن و همکاران ۲۰۰۵). تعیین ضریب گیاهی به صورت کاشت گیاه مرجع (چمن) و گیاه اصلی همواره مورد تأکید پژوهشگران بوده است (جنسن و همکاران ۱۹۹۰)، در حالی که این مسئله از نظر اقتصادی پرهزینه و از نظر زمانی وقت‌گیر است؛ زیرا باید با کاشت همزمان گیاه مرجع و گیاه اصلی در لایسیمتر، ضریب گیاهی طی مراحل مختلف رشد تعیین شود.

ضریب گیاهی می‌تواند در قالب ضریب منفرد، متأثر از اثرات توأم تبخیر از خاک و تعرق از پوشش گیاهی و یا در قالب دو ضریب جداگانه شامل ضریب پایه گیاهی (K_{cb}) و ضریب تبخیر از سطح خاک (K_c) در نظر گرفته شود (ریزالی و همکاران ۲۰۰۲). دستیابی به ضریب گیاهی دوگانه در مقایسه با ضریب منفرد نیازمند انجام محاسبات عددی بیشتر می‌باشد. ضریب گیاهی دوگانه برای تعیین برنامه‌ریزی آبیاری، محاسبات بیلان آب خاک و تخمین روز به روز تغییرات رطوبت در سطح خاک و در نتیجه اثر آن بر تبخیر-تعرق روزانه و جریان نفوذ عمقی، مناسب است. در این روش ET_0 از معادله فائو پنمن مانتیث محاسبه می‌شود و به جای ضریب گیاهی منفرد (K_c) از مجموع دو ضریب، شامل ضریب گیاهی پایه (K_{cb}) و ضریب تبخیر (K_c) استفاده می‌گردد. در این

شهرستان کرج ضریب گیاهی گیاه دارویی بومادران با استفاده از لایسیمتر زهکش‌دار برآورد گردید و نتایج نشان داد که ضریب گیاهی در مراحل اولیه، توسعه، میانی و پایانی به ترتیب برابر $۰/۱۶$ ، $۰/۴۵$ ، $۱/۰۵$ و $۰/۸۱$ می‌باشد (شریفی عاشورآبادی و همکاران ۱۳۹۱). در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران واقع در کرج ضریب گیاهی سویا برای مراحل اولیه، توسعه، میانی و پایانی به ترتیب برابر $۰/۳۴$ ، $۰/۷$ ، ۱ و $۰/۴۴$ به دست آمد (سرائی تبریزی ۱۳۹۰). پژوهشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در منطقه باجگاه صورت گرفت که در آن سه لایسیمتر زهکش‌دار برای دو سال اول کشت گیاه زعفران مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این پژوهش تبخیر- تعرق گیاه زعفران در سال اول و دوم کشت را به ترتیب ۵۲۳ و ۶۴۰ میلی‌متر نشان داد و ضریب گیاهی برای مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی دوره رشد به ترتیب بین $۰/۴۵$ - $۰/۱۴$ ، $۰/۱۰۵$ - $۰/۹۳$ و $۰/۳۱$ - $۰/۲۹$ حاصل گردید و علت افزایش میزان تبخیر- تعرق زعفران در دو سال متوالی، تکامل گیاه عنوان گردید (یرمی و همکاران ۲۰۱۲).

با توجه به اینکه در منابع مختلف مقادیری برای ضریب گیاهی گاوزبان گزارش نشده و علی‌رغم سابقه دیرینه کشت و مصرف بالای آن در ایران و جهان و توان تولید فرآورده‌های دارویی از آن، هنوز مطالعه خاصی در این خصوص انجام نشده است. لذا این تحقیق با هدف تعیین ضریب گیاهی منفرد و پایه گاوزبان با استفاده از لایسیمتر زهکش‌دار طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در اراضی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در منطقه کرکج انجام شد. عرض، طول جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریای آزاد به ترتیب برابر $۳۸^{\circ} ۰۳'$ شمالی، $۴۶^{\circ} ۳۷'$ شرقی و $۱۵۶۷/۳$ متر از سطح دریای آزاد می‌باشد. در این طرح اطلاعات هواشناسی مورد نیاز شامل کمینه و بیشینه

و پایانی برای گندم زمستانه به ترتیب برابر $۰/۸$ ، $۰/۱۵$ ، $۱/۲۵$ و $۰/۹۵$ و برای ذرت تابستانه برابر $۰/۹$ ، $۰/۹۵$ ، $۱/۲۵$ و ۱ بدست آمد.

ضریب گیاهی تعدادی از محصولات توسط آلن و همکاران (۱۹۹۸) پیشنهاد شده که از ضرایب فوق در همه شرایط آب و هوایی به دلیل نبود داده‌های منطقه‌ای استفاده می‌شود (قیصری و همکاران ۱۳۸۵). پرویت و سیندر (۱۹۸۵) بیشینه ضریب گیاهی گوجه‌فرنگی را $۱/۱۹$ و سیندر و همکاران (۱۹۸۷) $۱/۱۶$ - $۱/۱۲$ گزارش نمودند. درحالی‌که ضریب منفرد گیاه گوجه‌فرنگی $۱/۱۵$ و ضریب گیاهی پایه آن K_{cb} $۱/۱۰$ توصیه گردیده است (آلن و همکاران ۱۹۹۸). نیاز آبی گیاه پیاز با اعمال دو ضریب گیاهی منفرد و دوگانه بر تبخیر- تعرق گیاه مرجع به روش فائو پنمن مانیتث محاسبه گردید (لوپز-یورئا و همکاران ۲۰۰۹). نتایج آنها نشان داد که نیاز آبی در هر دو حالت بویژه در حالت ضریب گیاهی دوگانه، از مقدار واقعی کمتر بوده که با اصلاح ضریب گیاهی دوگانه قابل بهبود است. مقدار ضریب گیاهی منفرد (K_c) سیر در مرحله رشد و توسعه آن برابر یک گزارش گردیده است (فابرو کورتس و همکاران ۲۰۰۳) این در حالی‌ست که بیشینه مقدار ضریب گیاهی (K_c) سیر در اسپانیا بین $۱/۳$ - $۱/۲$ و نیاز آبی آن ۴۷۰ میلی‌متر گزارش شده است (ویلالوبوس و همکاران ۲۰۰۴).

مقادیر تبخیر- تعرق برای گیاه کلزا در اراضی کرکج تبریز برای دو سال متوالی ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ به ترتیب برابر ۵۸۲ و ۵۵۰ میلی‌متر و مقادیر ضریب گیاهی منفرد، متوسط، بیشینه و کمینه برای سال ۲۰۱۰ به ترتیب برابر $۱/۰۳$ ، $۱/۴۷$ ، $۰/۵۷$ و ضریب گیاهی پایه K_{cb} به ترتیب برابر $۰/۷۶$ ، $۱/۳۷$ ، صفر و این مقادیر در سال ۲۰۱۱ برای ضریب گیاهی منفرد به ترتیب برابر $۰/۹$ ، $۱/۲۴$ و $۰/۴۱$ و برای ضریب گیاهی پایه $۰/۶۴$ ، $۱/۰۶$ و صفر گزارش گردید (مجنونی هریس و همکاران ۲۰۱۲) در مجتمع تحقیقاتی البرز واقع در جنوب

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma[900 / (T + 273)] U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad [2]$$

در این رابطه، ET_0 تبخیر- تعرق مرجع (میلی متر بر روز)، G شار گرمای خاک (مگاژول بر مترمربع بر روز)، T میانگین روزانه دمای هوا در ارتفاع دو متری (درجه سلسیوس)، U_2 سرعت باد در ارتفاع دو متری (متر بر ثانیه) که به وسیله بادسنجی که در محل نصب شده بود اندازه‌گیری گردید، e_s فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)، e_a فشار بخار واقعی (کیلوپاسکال)، Δ شیب منحنی فشار بخار (کیلوپاسکال بر درجه سلسیوس)، γ ضریب ثابت سایکرومتری (کیلوپاسکال بر درجه سلسیوس)، R_n تابش خالص در سطح گیاه (مگاژول بر مترمربع بر روز) می‌باشد.

تبخیر- تعرق واقعی (ET_c) یک گیاه خاص را می‌توان با اندازه‌گیری مستمر تغییرات آب ذخیره شده در خاک داخل لایسیمتر و بیلان آب خاک به دست آورد. معادله بیلان آب خاک شامل میزان ورودی و خروجی به ناحیه ریشه گیاه در دوره‌های زمانی مشخص می‌باشد که اساس کار لایسیمتر زهکش‌دار می‌باشد. با توجه به اینکه لایسیمتر یک محیط بسته است و انتقال آب از محیط اطراف به داخل آن امکان پذیر نبوده و تمام آب رسیده به سطح زمین نفوذ می‌کند رواناب سطحی صفر خواهد بود و بنابراین معادله بیلان به صورت زیر در نظر گرفته شد (آلن و همکاران ۱۹۹۸):

$$ET_c = I + P - D \pm \Delta S \quad [3]$$

که در این رابطه ET_c تبخیر- تعرق گیاه (میلی‌متر)، P میزان بارندگی (میلی‌متر) که توسط باران‌سنج نصب شده در محل اندازه‌گیری گردید، I آب آبیاری (میلی‌متر)، D آب زهکشی (میلی‌متر)، ΔS تغییرات ذخیره‌ای رطوبت خاک در دوره‌های سه و چهار روزه خواهد بود. ضریب گیاهی می‌تواند به صورت ضریب گیاهی دوگانه شامل ضریب گیاهی پایه (K_{cb}) و ضریب مربوط

دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد، ساعات آفتابی و تابش خورشیدی از ایستگاه هواشناسی خلعت پوشان واقع در داخل دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز اخذ شد. برای اجرای این طرح، یک دستگاه لایسیمتر زهکش‌دار به قطر ۱/۵ و عمق ۱/۷ متر در نظر گرفته شده است. در داخل لایسیمتر گیاه گاوزبان بر روی ردیف‌هایی با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در فصل زراعی ۱۳۹۲ به مدت ۴ ماه از اول خرداد ماه تا اواسط شهریورماه کشت گردید. در طی انجام آزمایش آب زهکشی شده از لایسیمتر با استفاده از لوله‌های زیرزمینی در ظروف مدرج جمع‌آوری و اندازه‌گیری گردید. بافت خاک لوم شنی بوده و میزان رطوبت آن در محدوده زراعی خاک ۲۸ درصد حجمی و جرم مخصوص ظاهری آن به طور متوسط ۱/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب تعیین شد. قبل از هر آبیاری رطوبت خاک با استفاده از دستگاه نوترون‌متر در اعماق ۰/۳۰ تا ۱/۵ متر از سطح خاک با فواصل ۰/۱۵ متری تعیین گردیده و سپس با توجه به کمبود رطوبت از حد ظرفیت زراعی، مقدار آب مورد نیاز محاسبه و با استفاده از یک کنتور به صورت حجمی به لایسیمتر داده شد. اندازه‌گیری‌ها در فواصل زمانی ۳ یا ۴ روزه از تاریخ ۹۲/۳/۲ تا تاریخ ۹۲/۶/۹ در ۲۹ نوبت انجام گرفت.

با توجه به مشکلاتی که معادله پنمن مانتیث داشت، آلن و همکاران (۱۹۹۸) با کاربردی ساختن معادله پنمن مانتیث یک پوشش گیاهی فرضی با به ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر، ضریب تابش ۲۳ درصد و مقاومت سطحی در مقابل تبخیر ۷۰ ثانیه بر متر را به عنوان گیاه مرجع در نظر گرفته و بدین ترتیب به معادله فائو پنمن مانتیث معروف گردید. تبخیر- تعرق مرجع با استفاده از معادله فائو پنمن مانتیث به صورت زیر تعیین گردید (آلن و همکاران ۱۹۹۸):

برای تعیین مراحل مختلف رشد از روش تعیین درصد پوشش سطح زمین استفاده شد. برای تعیین درصد پوشش گیاهی زمین در روزهای مختلف پس از کاشت و درجه روز رشد با استفاده از دوربین دیجیتالی از یک سطح مشخص عکس برداری صورت گرفت و با تحلیل عکس‌های تهیه شده در روزهای مختلف پس از کاشت، درصد پوشش سطح زمین محاسبه گردید.

نتایج و بحث

در این مطالعه تبخیر- تعرق لایسیمیتری گیاه دارویی گاوزبان برابر ۸۱۲/۵ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. در بخش دیگر این تحقیق مقدار تبخیر- تعرق نظیر گاوزبان با استفاده از رابطه فائو پنمن مانیتث برابر ۸۹۰ میلی‌متر در طول فصل رشد به‌دست آمد. همچنین متوسط شدت تبخیر- تعرق گیاه گاوزبان برابر ۷/۸۳ میلی‌متر بر روز بدست آمد. روند تغییرات شدت تبخیر- تعرق مرجع (ET_0) و تبخیر- تعرق گیاه (ET_c) برای فصل رشد گیاه گاوزبان در شکل ۱ نشان داده شده است. مطابق شکل ۱ میزان تبخیر- تعرق گیاه (ET_c) در دوره میانی رشد (ماه مرداد) بیشتر از تبخیر- تعرق مرجع می‌باشد.

در جدول ۱ مقادیر تبخیر- تعرق فصلی واقعی گاوزبان بر حسب میلی‌متر بر روز، بر اساس نتایج بیان آب خاک و همچنین تبخیر- تعرق مرجع تخمین زده شده با معادله فائو پنمن مانیتث در ماه‌های مختلف کشت ارائه شده است.

به تبخیر از سطح خاک (K_c) در نظر گرفته شود که برای تعیین آن یک میکرو لایسیمتر به ارتفاع ۲۵ و قطر ۲۰ سانتی‌متر در بین ردیف‌های کشت در لایسیمتر در نظر گرفته شد و توسط خاک مزرعه تا ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر پر گردید. از میکرو لایسیمتر به منظور جداسازی تبخیر از سطح خاک (E_s) از تعرق (T_c) در طول دوره رشد گیاه جهت محاسبه ضرایب گیاهی پایه استفاده گردید. آبیاری آن بر اساس میزان رطوبت خاک مزرعه که برای عمق ۲۰ سانتی‌متری در دوره‌های سه یا چهار روزه با استفاده از نوترون‌متر و معادلات مذکور برای لایسیمتر به‌دست آمده بود این بار برای سطح میکرو لایسیمتر نیز محاسبه گردید. محتوای رطوبتی خاک داخل میکرو لایسیمتر بر اساس اختلاف وزن خاک درون آن در هر دوره قبل از آبیاری با استفاده از ترازوی دیجیتالی واقع در محل اندازه‌گیری شد. در هر آبیاری میزان آب زهکشی نیز به وسیله سرنگ که از درون ظرف بیرونی میکرو لایسیمتر جمع‌آوری می‌گردید. با اندازه‌گیری آب آبیاری، بارندگی، زهکشی در میکرو لایسیمتر میزان تبخیر (E_s) از آن در دوره‌های سه و چهار روزه به روش بیان آب خاک به‌منظور مدیریت بهتر آبیاری با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید. ضریب گیاهی پایه K_{cb} از رابطه ۵ به‌صورت زیر محاسبه شد (آلن و همکاران ۱۹۹۸):

$$K_c = K_{cb} + K_e \quad [4]$$

$$K_{cb} = \frac{T_c}{ET_0} = \frac{ET_c - E_s}{ET_0} \quad [5]$$

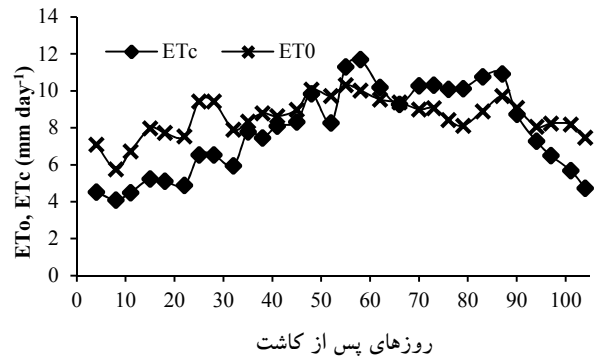
که در آن ET_c با استفاده از لایسیمتر و ET_0 با استفاده از معادله فائو پنمن مانیتث محاسبه می‌شود. تبخیر (E_s) با استفاده از میکرو لایسیمتر به دست می‌آید و تعرق (T_c) از اختلاف تبخیر- تعرق لایسیمتری و تبخیر میکرو لایسیمتری حاصل می‌گردد. ضریب گیاهی (K_c) از تقسیم تبخیر- تعرق لایسیمتری بر تبخیر- تعرق مرجع محاسبه گردید (آلن و همکاران ۱۹۹۸).

شکل ۳ تغییرات متوسط پارامترهای اقلیمی شامل میانگین دمای هوا (T_{mean})، درصد رطوبت نسبی (RH)، نسبت ساعات آفتابی (n/N)، تابش خورشیدی (R_s) در روزهای مختلف پس از کاشت را نشان می‌دهد. در زمان وقوع بیشینه شدت تبخیر-تعرق در روز ۵۸ ام بعد از کاشت مقادیر دما، تابش خالص و نسبت ساعات آفتابی بیشینه و درصد رطوبت نسبی کمینه بود (شکل ۳).

جدول ۱- مقادیر تبخیر-تعرق مرجع و تبخیر-تعرق گیاه در طول فصل رشد.

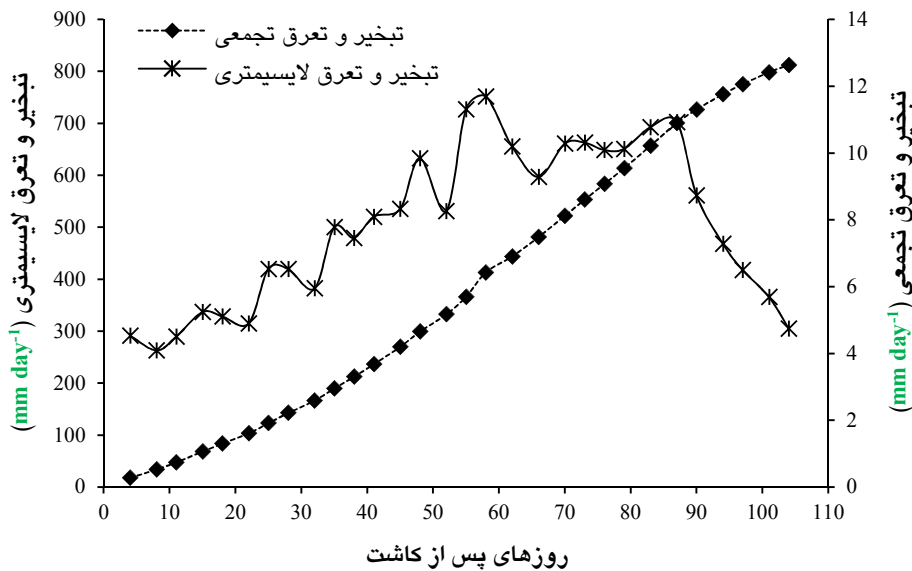
مرحله	تبخیر-تعرق مرجع (mm)	تبخیر-تعرق گیاه (mm)
خرداد	۲۲۸/۳	۱۴۳/۰
تیر	۲۸۷/۲	۲۷۰/۴
مرداد	۲۷۸/۲	۳۱۳/۶
شهریور*	۹۶/۰	۸۵/۶
جمع کل	۸۹۸/۸	۸۱۲/۵

* شهریور (۱ الی ۱۲ شهریور ماه)

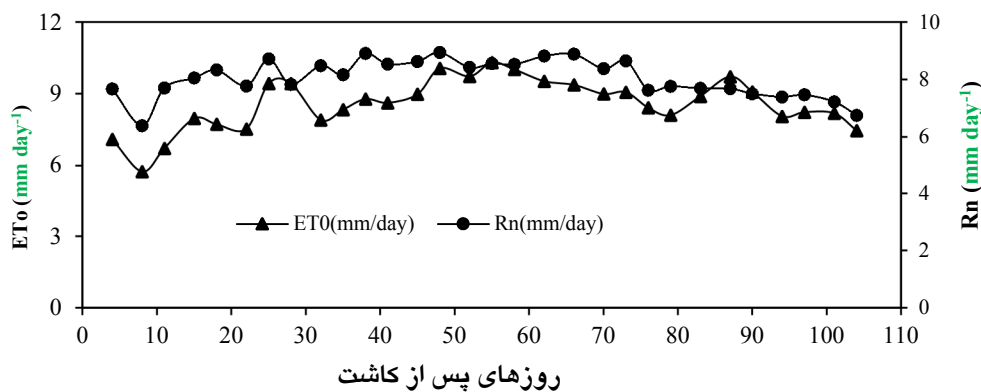
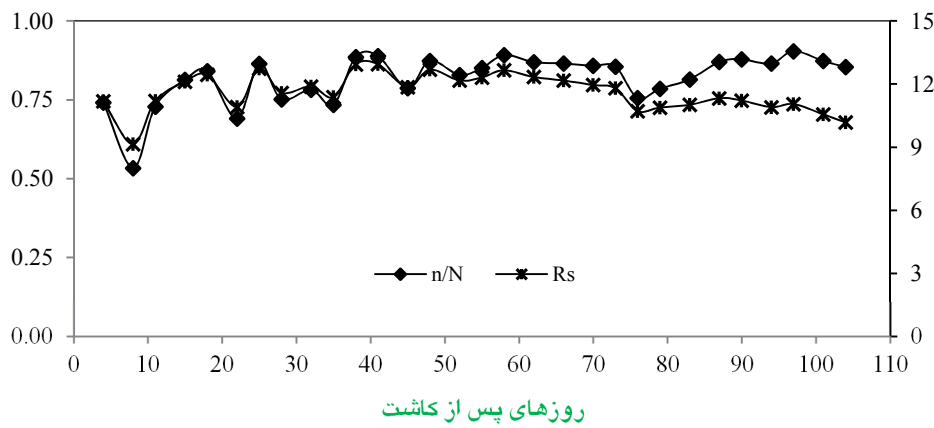
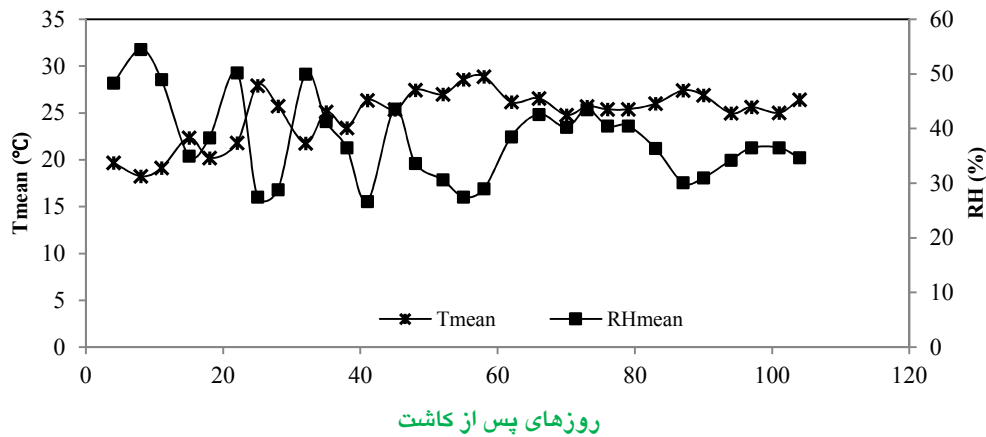


شکل ۱- تغییرات مقادیر تبخیر-تعرق مرجع (ET_0) و تبخیر-تعرق گیاه (ET_c) در روزهای پس از کاشت گاوزبان

در شکل ۲ مقادیر شدت تبخیر-تعرق لایسمتری و تبخیر-تعرق تجمعی در طی روزهای پس از کاشت آورده شده است، همانطوری که شکل مذکور نشان می‌دهد بیشینه شدت تبخیر-تعرق گیاه گاوزبان در ۵۸ روز پس کاشت برابر ۱۱/۷ میلی‌متر بر روز می‌باشد.



شکل ۲- شدت تبخیر-تعرق لایسمتری و مقادیر تبخیر-تعرق تجمعی در طی فصل رشد گاوزبان.



شکل ۳- روند تغییرات متغیرهای اقلیمی در روزهای پس از کاشت.

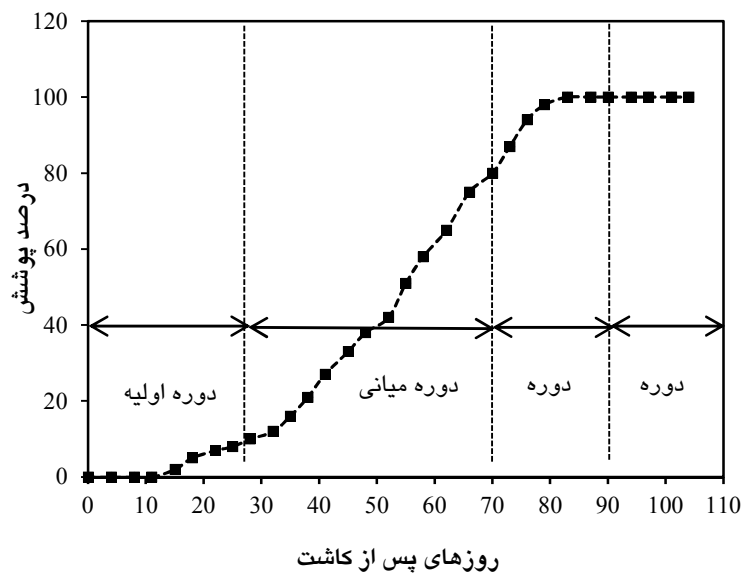
مراحل رشد و ضرایب گیاهی

یکی دیگر از اهداف این پژوهش تعیین مراحل رشد شامل مرحله اولیه، توسعه، میانی و پایانی و تعیین ضرایب گیاهی برای مراحل مختلف فوق می‌باشد. طبق توصیه نشریه فائو ۵۶، مرحله اولیه رشد از شروع

جوانه‌زنی تا ۱۰ درصد پوشش سطح زمین، مرحله توسعه از ۱۰ تا ۸۰ درصد، مرحله میانی از ۸۰ درصد پوشش تا شروع مرحله رسیدگی و مرحله انتهایی از شروع مرحله رسیدگی تا روز برداشت می‌باشد (آلن و همکاران ۱۹۹۸). برای تعیین مراحل مختلف رشد از

رشد گیاه و افزایش شاخص سطح برگ و افزایش تعرق، مقادیر ضریب گیاهی به $0/97$ رسید. در مرحله میانی رشد که فعالیت بیولوژیکی گیاه در حد اعلاى خود است مقدار ضریب گیاهی $1/15$ و در مرحله پایانی به $0/76$ رسید. همچنین کمینه، متوسط و بیشینه مقدار ضریب گیاهی در طول فصل رشد به ترتیب برابر با $0/9$ ، $0/64$ ، $0/9$ و $1/25$ تعیین شد. ضریب گیاهی پایه برای مراحل رشد ابتدایی، توسعه، میانی و نهایی به ترتیب برابر $0/8$ ، $0/20$ ، $0/8$ و $1/05$ و به دست آمد. همان طور که در شکل ۵ نیز مشاهده می شود، در تمامی مراحل رشد ضریب گیاهی پایه کمتر از ضریب گیاهی منفرد است.

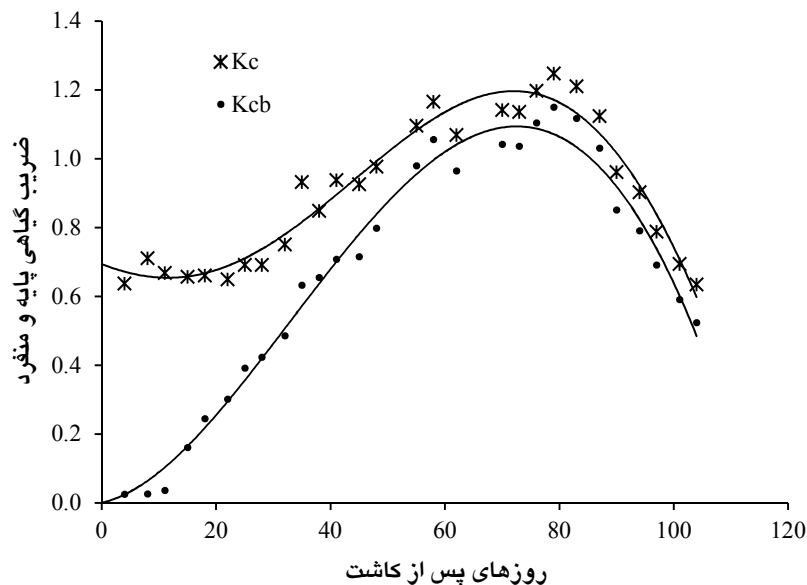
روش تعیین درصد پوشش سطح زمین استفاده شد. در شکل ۴ مقادیر درصد پوشش سطح زمین مزرعه گاوزبان در روزهای مختلف پس از کاشت نشان داده شده است. مطابق با درصد پوشش سطح زمین و توصیه فائو دوره های رشد ابتدایی، توسعه، میانی و نهایی به ترتیب برابر 28 ، 42 ، 20 و 14 روز تعیین گردید که در شکل ۴ طول دوره رشد برای مراحل مختلف رشد مشاهده می شود. تغییرات ضرایب گیاهی در طول دوره رشد گیاه گاوزبان در شکل ۵ نشان داده شده است. میانگین ضریب گیاهی منفرد در مرحله ابتدایی رشد برابر $0/67$ حاصل گردید، در دوره توسعه، با افزایش



شکل ۴- درصد پوشش سطح زمین در طی روزهای پس از کاشت.

جدول ۲- ضرایب ثابت معادله ضریب گیاهی به صورت تابعی از روزهای پس از کاشت و درجه روز رشد.

R ²	ضرایب					متغیر مستقل
	E	D	C	B	A	
0/89	0/6872	-0/0064	0/0003	-7×10^{-10}	-2×10^{-10}	DAP
0/90	0/6076	-9×10^{-10}	9×10^{-10}	-2×10^{-10}	-1×10^{-10}	GDD



شکل ۵- تغییرات ضریب گیاهی منفرد و پایه در روزهای مختلف فصل رشد گیاه گاوزبان.

مرداد) بیشتر از تبخیر- تعرق مرجع می‌باشد. این ماه مصادف با دوره‌های میانی رشد بوده و گیاه دارای بیشینه سطح برگ بوده و تعرق نیز به تبع آن بالا می‌باشد.

طول دوره رشد اولیه و توسعه برای گیاه گاوزبان بیشتر از دوره میانی و پایانی می‌باشد. میانگین ضریب گیاهی در مرحله ابتدایی رشد برابر ۰/۶۷ حاصل گردید، در دوره توسعه، با افزایش رشد گیاه و افزایش شاخص سطح برگ و افزایش تعرق، مقادیر ضریب گیاهی به ۰/۹۷ رسید. در مرحله میانی رشد که فعالیت بیولوژیکی گیاه در حد اعلای خود است. مقدار ضریب گیاهی ۱/۱۵ و در مرحله پایانی به ۰/۷۶ رسید. در تمامی مراحل رشد ضریب گیاهی پایه کمتر از ضریب گیاهی منفرد است. این نتیجه با یافته‌های مجنونی هریس و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد.

ضریب تبیین محاسبه شده بین درجه روز رشد و ضریب گیاهی نسبتاً بالاتر از ضریب تبیین حاصله بین ضریب گیاهی و روزهای بعد از کاشت است. برآورد ضرایب گیاهی بر اساس درجه روز رشد به دلیل از بین بردن تأثیر تغییرات اقلیمی بر تخمین ضریب گیاهی در منابع مختلف ترجیح داده شده است

تغییرات ضریب گیاهی (K_c) را می‌توان به صورت تابعی از روز پس از کاشت (DAP) یا روز از سال (ورایت ۱۹۸۲) و درجه روز رشد (GDD) (سامیس و همکاران ۱۹۸۵) ارائه کرد. به منظور کاهش تأثیرات اقلیمی و تاریخ کاشت بر K_c ، ضریب گیاهی به صورت تابعی از DAP و GDD استخراج و بین نقاط به دست آمده یک معادله درجه ۴ بصورت زیر برازش داده شد:

$$Y = AX^4 + BX^3 + CX^2 + DX + E \quad [6]$$

که در آن X متغیر مستقل بوده و می‌تواند روزهای پس از کاشت (DAP) و یا درجه روز رشد (GDD) باشد. مقادیر A ، B ، C و D ضرایب واسنجی معادله برای منطقه می‌باشند که این ضرایب به صورت تابعی از روزهای پس از کاشت و درجه روز رشد در جدول شماره ۲ ارائه گردیده است. نتایج حاصله نشان داد که همبستگی بالایی بین مقادیر ضریب گیاهی و درجه روز رشد و روزهای بعد از کاشت وجود دارد.

به دلیل افزایش تبخیر- تعرق مرجع (ET_0)، شدت تبخیر- تعرق گیاه (ET_c) نیز افزایش یافته است. میزان تبخیر- تعرق گیاه (ET_c) در دوره میانی رشد (ماه

۸۱۲/۵ میلی‌متر بود. طول دوره رشد برای مراحل رشد ابتدایی، توسعه، میانی و نهایی به ترتیب برابر ۲۸، ۴۲، ۲۰ و ۱۴ روز حاصل شد. متوسط ضریب گیاهی منفرد برای مراحل مختلف رشد اولیه، توسعه، میانی و پایانی به ترتیب برابر ۰/۶۷، ۰/۹۷، ۱/۱۵ و ۰/۷۶ و ضریب گیاهی پایه برای مراحل فوق به ترتیب برابر ۰/۲۰، ۰/۸، ۱/۰۵ و ۰/۶۵ به دست آمد به طوری که در تمام مراحل رشد مقدار ضریب گیاهی پایه کمتر از ضریب گیاهی منفرد بود. مقادیر ضرایب گیاهی به دست آمده را می‌توان جهت برآورد نیاز آبی و برنامه‌ریزی آبیاری گیاه دارویی گاوزبان توصیه نمود.

(سپاسخواه و آدام ۲۰۰۱، کو و همکاران ۲۰۰۹، مجنونی هریس و همکاران ۲۰۱۲). در منابع مختلف مقادیری برای ضرایب گیاهی گاوزبان ارائه نشده است. همانند گیاهان زراعی، در گیاهان دارویی نیز تعیین ضرایب گیاهی و استفاده از جدول‌های نیاز آبی از اهمیت بسزایی برخوردار بوده و می‌تواند عامل تعیین‌کننده‌ای در کمیت و کیفیت تولید محصول باشد.

نتیجه‌گیری کلی

در منطقه مورد مطالعه، مقدار کل تبخیر-تعرق مرجع و تبخیر و تعرق گیاه به ترتیب برابر ۸۹۸/۸ و

منابع مورد استفاده

- سرائی تبریزی م، پارسی‌نژاد م، لیاقت ع و بابازاده ح، ۱۳۹۰. تعیین نیاز آبی و ضرایب گیاهی سویا در مراحل مختلف رشد. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)، شماره ۹۷، صفحه‌های ۱۱۲ تا ۱۲۱.
- شریفی عاشورآبادی ا، روحی پور ح، عصاره ح، لباسچی ح، عباس‌زاده ب و سرخوش م، ۱۳۹۱. تعیین نیاز آبی گیاه بومادران با استفاده از لایسیمتر. فصل‌نامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۸، شماره ۳، صفحه‌های ۴۸۴ تا ۴۹۲.
- قیصری م، میرلطیفی س م، همایی م و اسدی م، ۱۳۸۵. تعیین نیاز آبی ذرت علوفه‌ای و ضریب گیاهی آن در مراحل مختلف رشد. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۲۶، شماره ۷، صفحه‌های ۱۲۵ تا ۱۴۲.
- Allen G, Tasumi M, Morse A and Trezza R, 2005. Satellite-based evapotranspiration by energy balance for Western states water management. Pp. 1-18, Proceedings of World Water and Environmental Resource Congress: Impacts of Global change. ASCE.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D and Smith M, 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56. Rome, Italy, 300p.
- Barre DE, 2001. Potential of evening primrose, boroge, blak currant, and fungal oils in human health. Annals of Nutrition and Metabolism 45: 47-57.
- Beaubaire NA and Simon JE, 1987. Production potential of borage (*Borago officinalis*). Acta Horticulturae 208: 101-114.
- Benli B, Kodal S, Ilbeyi A and Ustun H, 2006. Determination of evapotranspiration and basal crop coefficient of alfalfa with a weighing lysimeter. Agricultural Water Management 81: 358-370.

- Doorenbos J and Pruitt WO, 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper, No. 24, FAO, Rome, Italy
- Fabeiro Cortes C, Martin de Santa Olalla F and Lopez Urea R, 2003. Production of garlic under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. *Agricultural Water Management* 59: 155-167.
- Jensen ME, Burman RD and Allen RG, 1990. *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirement*, ASCE Manual and Report on Engineering Practice, No.70. New York.
- Ko J, Piccinni G, Marek T and Howell T, 2009. Determination of growth-stage-specific crop coefficients (K_c) of cotton and wheat. *Agricultural Water Management* 96(12): 1691-1697.
- 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.
- Lopez-Urrea R, Santa Olalla FM, Montoro A and Lopez-Fuster P, 2009. Single and dual crop coefficients and water requirements for onion (*Allium cepa* L.) under semiarid conditions. *Agricultural Water Management* 96: 1031–1036.
- Majnooni-Heris A, Sadraddini AA, Nazemi AH, Shakiba MR, Neyshaburi MR and Tuzel IH, 2012. Determination of single and dual crop coefficients and ratio of transpiration to evapotranspiration for Colona. *Annals of Biological Research* 3(4): 1885-1894.
- Pruitt WO and Snyder RL, 1985. Crop water use. In: Pettygrove, GS, Asano, T (eds.), *Irrigation with Reclaimed Municipal Water: A Guidance Manual*. Lewis Publishers Inc., MI.
- Rizzalli RH, Villalobos FJ and Orgaz F, 2002. Radiation interception, radiation-use efficiency and dry matter partitioning in garlic (*Allium sativum* L.). *European Journal of Agronomy* 18: 33-43.
- Sammis TW, Mapel CL, Lugg DG, Lanstord RR and McGukin JT, 1985. Evapotranspiration crop coefficient predicted using growing degree-day. *Trans. of the ASCA*. 28: 773-780.
- Savana AP and Frenken K, 2002. Crop water requirements and irrigation scheduling. *FAO Irrigation Manual Module 4*. Herare, 132.
- Sepaskhah AR, Andam M, 2001. Crop coefficient of sesame in semi-arid region of Iran. *Agricultural Water Management* 49(1): 51-63.
- Smith M, Allen RG, Monteith JL, Perrier A, Pereira L and Segeren A, 1992. Report of the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements UN-FAO. Rome, Italy, 54p.
- Snyder RL, Lanini BJ, Shaw DA and Pruitt WO, 1987. Using reference evapotranspiration (ET_0) and crop coefficients to estimate crop evapotranspiration (ET_c) for agronomic crops, grasses, and vegetable crops. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources Leaflet 21427, 12 p.
- Villalobos FJ, Testi L and Rizzalli Orgaz F, 2004. Evapotranspiration and crop coefficients of irrigated garlic in a semi-arid climate. *Agricultural Water Management* 64: 233-249.
- Whrigh JL, 1982. New evapotranspiration crop coefficient. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 108: 57-74.
- Yang W, Sokhansanj S, Tang J and Winter P, 2002. Determination of thermal conductivity, specific heat and thermal diffusivity of borage seeds. *Biosystems Engineering* 82: 169-176.

Yarami N, Kamgar-Haghighi AA, Sepaskhah AR and Zand-Parsa Sh, 2012. Determination of the potential evapotranspiration and crop coefficient for saffron using a water-balance lysimeter. Archives of Agronomy and Soil Science 57(7): 727-740.