



مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۷

صفحه‌های ۱۱-۱

تعیین تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی مراحل رشد گیاه دارویی ریحان در کشت گلخانه‌ای

میلاد ابراهیمی^{۱*}، وحید رضاردی نژاد^۲، سینا بشارت^۳، مریم عبدی^۴

۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب (آبیاری و زهکشی)، گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲. دانشیار گروه مهندسی آب، پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه، دانشگاه ارومیه، ایران.
۳. دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه، ایران.
۴. کارشناس ارشد علوم و مهندسی آب (آبیاری و زهکشی)، گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۱۸

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰۸/۱۴

چکیده

در مدیریت سیستم آبیاری گلخانه، آگاهی از نیاز آبی گیاه و ضریب گیاهی در مراحل مختلف رشد ضروری است. هدف از این مطالعه، بررسی میزان تبخیر-تعرق و تعیین ضریب گیاهی گیاه دارویی ریحان در بازه کوتاه مدت ساعتی بود. به این منظور، مطالعه‌ای به مدت ۴۵ روز در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه انجام و تبخیر-تعرق ریحان و گیاه مرجع چمن، به صورت ساعتی و روزانه و براساس روش لایسیمتری اندازه‌گیری گردید. براساس نتایج، متوسط تبخیر-تعرق ریحان طی ۴۵ روز دوره رشد، ۴/۱۲ میلی‌متر بر روز و مجموع تبخیر-تعرق حدود ۱۸۸/۴۵ میلی‌متر و برای گیاه مرجع چمن طی این مدت، ۳۳۸/۵ میلی‌متر به دست آمد. طول مراحل مختلف رشد گیاه ریحان شامل مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی، به ترتیب برابر ۱۰، ۲۰، ۱۰ و ۵ روز به دست آمد. بیشترین مقدار ضریب گیاهی ریحان در روز ۱۳۹م بعد از کاشت گیاه، که آخرین روز مرحله میانی بود، اتفاق افتاد. براساس تبخیر-تعرق گیاه مرجع، متوسط ضریب گیاهی مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی ریحان به ترتیب ۰/۱۴، ۰/۵۲، ۰/۹۳ و ۰/۸۳ محاسبه گردید. همچنین بیشترین مقادیر متوسط ساعتی تبخیر-تعرق، در بازه ساعت ۱۵ الی ۱۶ انجام شد که در مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی ریحان به ترتیب ۰/۱۳، ۰/۴۱، ۰/۷۰ و ۰/۷۱ محاسبه گردید.

کلیدواژه‌ها: برنامه‌ریزی آبیاری ساعتی، رشد گیاه ریحان، گلخانه، گیاه مرجع، لایسیمتر.

مقدمه

تبخیر- تعرق یکی از عوامل مهم هیدرولوژیکی است که باید در طرح‌های آبیاری، تأسیسات آبی، مطالعات زهکشی و هیدرولوژیکی برآورد شود. تعیین دقیق مقدار آبی که برای تبخیر- تعرق مصرف می‌شود، از عوامل اساسی در برنامه‌ریزی آبیاری برای رسیدن به محصول بیشتر است (۷). طراحان و مدیران آبیاری باید در جهت افزایش بهره‌وری از آب مصرفی اهتمام ورزند. در این ارتباط باید برنامه‌ریزی آبیاری (دور و عمق آبیاری) براساس مقدار آب مصرفی گیاه تعیین شود. لذا مقدار آب مورد نیاز گیاه باید دقیقاً برآورد شود تا مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح آبیاری بر آن استوار گردد (۲). برنامه‌ریزی آبیاری بدون داشتن اطلاعات کافی از تبخیر- تعرق مرجع امکان‌پذیر نمی‌باشد. دقت در برآورد تبخیر- تعرق مرجع می‌تواند از یک طرف نیاز آبی گیاه را به‌صورت مطمئن‌تری تأمین نموده و از طرف دیگر از هدر رفتن آب جلوگیری نماید. یکی از پیش نیازهای اساسی بهبود مدیریت مصرف آب در مزرعه، تخمین دقیق میزان آب مصرفی گیاه است. از آنجایی که محاسبه تبخیر- تعرق برای انواع پوشش گیاهی امری بسیار مشکل است، در ابتدا تبخیر- تعرق مرجع محاسبه و سپس با استفاده از آن تبخیر- تعرق گیاه مورد نظر برآورد می‌گردد (۱۴). در رابطه با مدیریت آبیاری و نیاز آبی گیاهان گلخانه‌ای، در دنیا مطالعات متعددی انجام گرفته است تا آب آبیاری با حداکثر راندمان ممکن در اختیار گیاهان گلخانه‌ای قرار گیرد. لیکن نتایج بررسی‌هایی که از منابع داخلی به‌دست آمده نشان‌دهنده آن است که در این زمینه تحقیقات گسترده‌ای انجام نگرفته است. از طرفی، با توجه به این‌که مقدار آب مورد نیاز برای تولید محصولات گلخانه‌ای در مناطق و اقلیم‌های مختلف کشور متفاوت است، لذا به بررسی‌های بیشتری در این زمینه نیاز است

(۳). در تحقیقی به منظور تعیین تبخیر- تعرق و ضریب گیاهی خیار گلخانه‌ای از دو عدد میکرولاسیمتر در داخل گلخانه استفاده شد و میزان تبخیر- تعرق خیار گلخانه‌ای را در طول ۱۲۰ روز دوره رشد برابر ۲۷۳/۲ میلی‌متر گزارش شد (۸). به‌منظور تعیین میزان تبخیر- تعرق سه گیاه خیار، گوجه‌فرنگی و فلفل، مطالعه‌ای به مدت هفت ماه با استفاده از میکرولاسیمتر انجام گرفت. نتایج نشان داد که مقدار کل تبخیر- تعرق مرجع در گلخانه طی هفت ماه، ۸۲۴ میلی‌متر بود. همچنین مقدار کل تبخیر- تعرق خیار طی سه و نیم ماه دوره رشد حدود ۲۰۲ میلی‌متر، گوجه‌فرنگی طی شش ماه دوره رشد ۵۲۴ میلی‌متر و فلفل طی هفت ماه دوره رشد ۶۶۷ میلی‌متر به‌دست آمد (۶). جهت بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر رشد، عملکرد محصول و بهره‌وری آب گوجه‌فرنگی در گلخانه، در شرایط آب و هوایی گرمسیری در سطح مختلف آبیاری معادل با ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، مطالعه‌ای انجام گردید؛ نتایج به‌دست‌آمده در گلخانه با فضای باز مقایسه گردید و نتایج نشان داد که مقدار بهینه نیاز آبی در گلخانه در حدود ۷۵ درصد تبخیر- تعرق گیاه در محیط بیرون می‌باشد (۱۵). در یک تحقیق دیگر برای تخمین تبخیر- تعرق خیار، مطالعه‌ای در یک گلخانه گرمایی در شمال شرق چین انجام شد. براساس نتایج، تبخیر- تعرق خیار با افزایش تشعشع خورشیدی، دمای هوا و فشار بخار هوا افزایش یافت. تشعشع خورشیدی مهمترین و تاثیرگذارترین پارامتر بر مقدار تبخیر- تعرق گیاه بود (۱۶). مطالعه‌ای دیگر با هدف اندازه‌گیری نیاز آبی ریحان در محیط خارج از گلخانه با استفاده از لایسیمتر انجام گرفت. برای این منظور گیاهان درون گلخانه در خارج از محیط گلخانه کشت و میزان آب ورودی و خروجی آنها اندازه‌گیری گردید. تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه مرجع نیز با نرم‌افزار Cropwat (روش فائو

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۷

تعیین تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی مراحل رشد گیاه دارویی ریحان در کشت گلخانه‌ای

سال‌های اخیر کشت گیاهان دارویی از جمله ریحان در داخل محیط گلخانه گسترش یافته است. با توجه به اینکه در منابع مختلف، مقداری برای ضریب گیاهی ریحان در گلخانه گزارش نشده و علی‌رغم سابقه دیرینه کشت، مصرف بالا و تولید فرآورده‌های مختلف دارویی از آن، هنوز مطالعه خاصی در این خصوص انجام نشده است. پژوهش حاضر در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه، با هدف برآورد تبخیر-تعرق در بازه کوتاه‌مدت ساعتی و بررسی الگوی تغییرات ضریب گیاهی محصول، طی دوره رشد آن انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه به مدت ۴۵ روز از تاریخ ۱۳۹۴/۲/۳۰ تا ۱۳۹۴/۴/۱۲ انجام گردید. گلخانه تحقیقاتی به صورت شمالی-جنوبی، در طول و عرض جغرافیایی ۴۴/۹۷ درجه شرقی ۳۷/۶۵ درجه شمالی و ارتفاع ۱۳۶۵ متر از سطح دریا واقع شده است. در جدول (۱)، تاریخ کاشت، تاریخ اتمام آزمایش و رقم محصولات مورد مطالعه ارائه شده است.

جدول ۱. تقویم زراعی محصولات مورد مطالعه

| محصول | تاریخ کاشت | تاریخ شروع آزمایش | تاریخ اتمام آزمایش | نوع رقم |
|-------|------------|-------------------|--------------------|-----------|
| ریحان | ۹۴/۰۲/۱۰ | ۹۴/۲/۳۰ | ۹۴/۴/۱۲ | کشکی لولو |
| چمن | ۹۴/۰۱/۱۵ | ۹۴/۲/۳۰ | ۹۴/۴/۱۲ | لیلیوم |

برای کشت محصول، خاک مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، با نسبت ۲۵ درصد پیت ماس (ماده آلی)، ۲۵ درصد شن دانه‌بندی شده و ۵۰ درصد خاک مزرعه مخلوط گردید. رطوبت ظرفیت زراعی به دو روش دستگاه صفحات فشاری و روش گلدانی،

پنمن مانیتث) برآورد و براساس آن ضریب گیاهی ریحان محاسبه شد. نتایج نشان داد که نیاز آبی ریحان برای ماه‌های ژوئن، جولای و آگوست به ترتیب ۵/۴۹، ۷/۴۳ و ۹/۳۱ میلی‌متر بر روز و ضریب گیاهی آن نیز به ترتیب ۱/۰۳۸، ۱/۰۳۹ و ۱/۳۷۹ به دست آمد (۱). نیاز آبی زعفران به عنوان یک گیاه دارویی دیگر در منطقه شیراز و برای دو سال آزمایش به ترتیب ۴۸۶ و ۶۷۰ میلی‌متر و ضرایب گیاهی نیز در مراحل اولیه، میانی و انتهایی رشد گیاه بین ۰/۲۲ تا ۰/۲۴، ۰/۹۴ تا ۱/۰۵ و ۰/۶۸ تا ۰/۷۸ به دست آمد (۱۲). در مطالعه‌ای از روش نسبت باون برای تعیین تبخیر-تعرق واقعی و گرمای محسوس در مزرعه کشاورزی دانشگاه توکیو استفاده شد. در این تحقیق برای محصولات ذرت، سویا، گندم و چاودار و با استفاده از معادله پنمن مانیتث، تبخیر-تعرق و ضرایب گیاهی این محصولات به دست آمد. نتایج تحقیق نشان داد، متوسط تبخیر-تعرق روزانه در محصولات زمستانه و تابستانه به ترتیب ۲/۵ و ۳/۵ میلی‌متر بر روز بوده و تبخیر-تعرق واقعی در طول روز بین ۱/۳ تا ۵/۷ میلی‌متر در محصولات زمستانه و ۱/۴ تا ۶/۵ در محصولات تابستانه متغیر بوده است (۱۱). در یک بررسی برای به دست آوردن تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی گندم، از روش لایسیمتری و تراز انرژی استفاده گردید. نتایج تحقیق آنها نشان داد که نیاز آبی گندم در طول دوره کشت آنها به روش تراز انرژی و لایسیمتری به ترتیب ۵۳۶/۵ و ۵۴۴/۵ میلی‌متر بود. همچنین میانگین ضرایب گیاهی گندم برای مراحل چهارگانه رشد به ترتیب ۰/۳، ۰/۸، ۱/۱۴ و ۰/۴ به دست آمد (۹). تحقیقات انجام شده در زمینه نیاز آبی، عمدتاً در مورد محصولات زراعی و باغی بوده و مطالعه اندکی برای گیاهان دارویی از جمله ریحان انجام گرفته است. مطابق بررسی منابع، نیاز آبی ریحان در یک مطالعه در محیط خارج گلخانه مورد بررسی قرار گرفته است. در

ریحان، در سطح هر گلدان ۱۵ سوراخ به عمق یک سانتی‌متر ایجاد و در هر سوراخ سه عدد بذر ریحان قرار داده شد و روی آن با شن ریز پر گردید. پس از سبز شدن بذرهای، و طی تنک‌کاری در مراحل ابتدایی رشد، در هر گلدان تعداد پنج بوته نگهداری شد. در مراحل ابتدایی کاشت، در حد مرطوب شدن سطح خاک و به‌صورت روزانه به گلدان‌ها آب داده شد و بذرهای بعد از پنج الی شش روز جوانه زدند. به‌منظور تعیین نیاز آبی ریحان، یک تیمار با پنج تکرار در نظر گرفته شد که به‌صورت کامل و روزانه آبیاری گردید. برنامه‌ریزی آبیاری گیاه در گلخانه به اندازه تأمین نیاز آبی کامل (۱۰۰ درصد) و تا رسیدن به ظرفیت‌زراعی هر گلدان انجام گرفت. با توجه به محاسبه عمق مورد نیاز بر اساس کمبود رطوبت خاک نسبت به حد ظرفیت‌زراعی در هر گلدان، آب زهکشی وجود نداشت. به منظور برش و وزن بوته در مقاطعی از فصل رشد، تعدادی گلدان اضافی در نظر گرفته شد. برای تعیین تبخیر- تعرق مرجع در درون گلخانه، از گیاه چمن که به‌صورت مستقیم در دو گلدان مشابه کشت شده بود، استفاده گردید. ارتفاع گیاه چمن با هرس روزانه در حد استاندارد ۱۲ سانتی‌متر ثابت نگه داشته شد. دور آبیاری ثابت و به‌صورت روزانه اعمال شد تا اینکه شرایط مناسب و بدون تنش برای تبخیر- تعرق مهیا گردد.

اندازه‌گیری شد. براساس اندازه‌گیری دستگاه صفحات فشاری، رطوبت FC حدود ۳۲/۷۶ درصد حجمی به‌دست آمد. همچنین در روش گلدانی که با شش تکرار انجام گرفت، مقدار متوسط رطوبت ظرفیت زراعی ۳۱/۳ درصد حجمی محاسبه گردید. با توجه به انحراف معیار استاندارد شش نمونه که ۰/۴ درصد جرمی به‌دست آمد، نتایج روش گلدانی مبنای محاسبات و برنامه‌ریزی آبیاری قرار گرفت. به‌منظور تعیین برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت آزمایش قبل از کاشت، نمونه‌برداری انجام گرفت که نتایج آزمایش در جدول (۲) ارائه شده است.

باتوجه به اینکه مقدار آب داده شده به گلدان‌ها به اندازه نیاز آبی گیاه بود، و خاک کشت شده از لحاظ شوری مشکلی نداشت، از مقدار نیاز آبخوبی جهت شستشوی املاح صرف‌نظر شد. نتایج کیفیت آب گلخانه در جدول (۳) ارائه شده است.

در طول آزمایش هر ۱۰ دقیقه یک‌بار پارمترهای دما، رطوبت، فشار بخار هوا و شدت نور داخل گلخانه به ترتیب با دستگاه‌های دماسنج دیجیتال، رطوبت‌سنج، فشارسنج و لوکس‌متر مجهز به دیتالاگر ثبت گردید. برای کشت محصول از گلدان‌هایی به ارتفاع ۲۰ و قطر ۱۹ سانتی‌متر استفاده شد. در کف گلدان‌ها جهت انجام زهکشی، سوراخ‌هایی ایجاد گردید. برای کاشت بذر

جدول ۲. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

| بافت خاک | رس (%) | سیلت (%) | شن (%) | pH | EC (dSm ⁻¹) | جرم مخصوص ظاهری (g cm ⁻³) | رطوبت حجمی ظرفیت زراعی θ _{fc} (%) |
|----------|--------|----------|--------|------|-------------------------|---------------------------------------|--|
| رسی | ۳۹ | ۲۵ | ۳۶ | ۶/۶۵ | ۱/۶۳ | ۱/۳۰ | ۳۱/۳ |

جدول ۳. نتایج تجزیه شیمیایی آب گلخانه

| SAR | TDS (mg/l) | pH | Na | Hco ³ | Cl ⁻ | CO ₃ | EC (dSm ⁻¹) |
|-----|------------|------|----|------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|
| ۰/۲ | ۲۶۶ | ۷/۳۲ | ۶۷ | ۳/۷۹ | ۰/۳۸ | ۰ | ۴۱۷ |

رأس ساعت هشت توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم انجام شد. اختلاف وزن هر کدام از گلدان‌ها در دو مقطع زمانی متوالی بیانگر میزان آب مصرفی آن گیاه بود. با در نظر گرفتن گیاه چمن به‌عنوان گیاه مرجع و از طریق محاسبه نسبت آب مصرف شده برای تبخیر-تعرق محصول ریحان به آب مصرفی گیاه مرجع، ضرایب گیاهی در مراحل مختلف رشد و براساس رابطه (۳) برآورد گردید.

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (3)$$

در این رابطه، K_c ضریب گیاهی بین دو مقطع زمانی متوالی، ET_c و ET_o به ترتیب میزان تبخیر-تعرق محصول و گیاه مرجع در مقطع زمانی مورد نظر می‌باشند. برای جداسازی مراحل مختلف رشد گیاه از روش توصیه شده FAO56 استفاده شد (۱۳). برای تشخیص درصد پوشش گیاه در محیط گلدان به‌علت محدود بودن محیط کشت با تقریب قابل قبول، مساحت سطح گلدان و مساحت پوشش بوته‌های ریحان، اندازه‌گیری و درصد پوشش گیاه در گلدان تخمین زده شد. در تمام سطح گلدان از بذر استفاده شده بود و تقریباً تمامی بذرها جوانه زده و گلدان‌ها به صورت مترکم از بوته‌های ریحان پر شده بود. در کل دوره آزمایش، روزانه ۱۱ توزین توسط ترازوی دیجیتالی از لایسیمترها انجام گردید.

نتایج و بحث

تبخیر-تعرق

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ساعتی و روزانه پارامترهای اقلیمی دما، رطوبت، کمبود فشار بخار اشباع و تابش نور در محیط گلخانه در طول دوره کشت، در شکل (۱) نشان داده شده است. با توجه به این شکل میانگین متوسط پارامترهای دما، رطوبت، فشار و تابش نور به ترتیب برابر ۴۳/۴ درجه سانتی‌گراد، ۱۹/۹ درصد، ۹/۴ کیلوپاسکال و ۹/۱ مگاژول بر مترمربع بر روز به‌دست آمد.

برای محاسبه میزان تبخیر-تعرق، از گلدان‌ها به‌عنوان یک لایسیمتر وزنی استفاده شد. وزن خاک خشک درون تمام گلدان‌ها (W_d)، یکسان در نظر گرفته شد. با اندازه‌گیری وزن گلدان‌ها در شرایط ظرفیت زراعی (W_{fc}) و وزن بوته تر گیاه (WB)، مقدار آب آبیاری تنظیم گردید. با توجه به اینکه هدف از این تحقیق برآورد نیاز آبی در هر ساعت بود، وزن کردن گلدان‌ها و محتویات آن (W_t) به‌صورت ساعتی انجام گرفت و به‌منظور خارج نشدن خاک گلدان‌ها از رطوبت ظرفیت زراعی، هر روز بعد از آخرین اندازه‌گیری، آبیاری به‌طور کامل انجام می‌شد و تا صبح روز بعد (زمان اندازه‌گیری) در صورت نیاز و خطا در محاسبه حجم آب مصرفی، زهکشی لازم انجام گیرد. در این مطالعه داده‌برداری از مرحله‌ی سه الی چهار برگی شدن بوته‌ها شروع و تا زمانی که دو سوم گل‌ها شکوفه دادند (حدود روز ۴۵ پس از کاشت)، اندازه‌گیری قطع گردید. میزان آب مصرفی گیاه در هر بازه اندازه‌گیری (W_u) از رابطه (۱) محاسبه گردید:

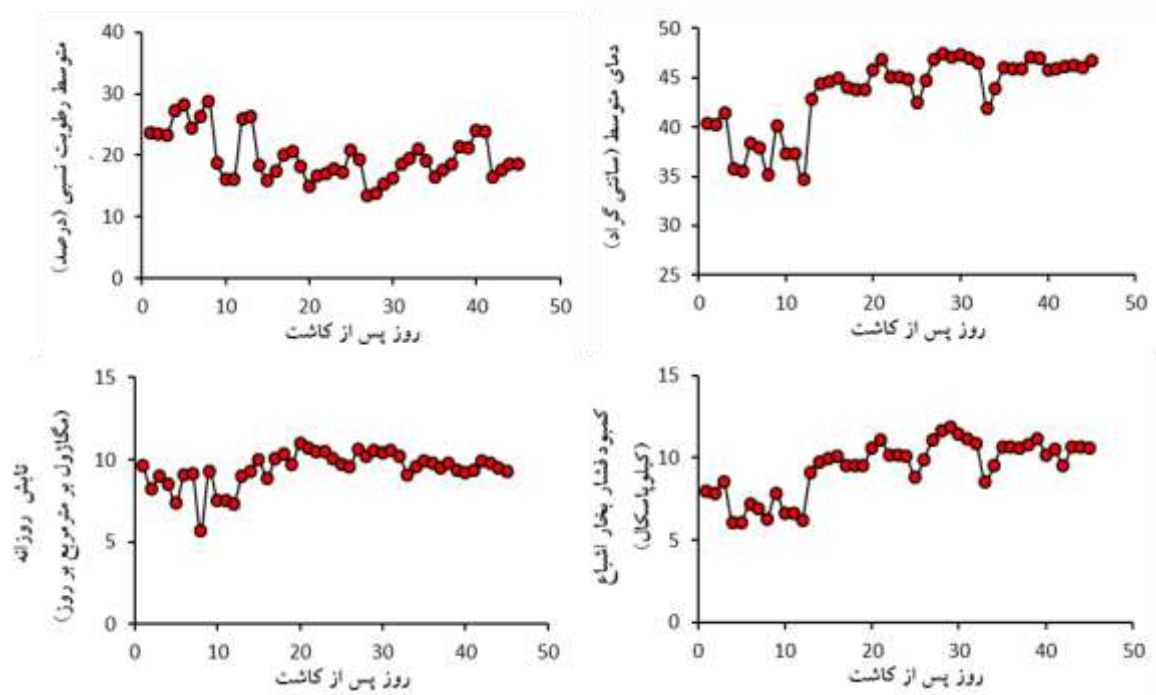
$$W_u = (W_t)_{i+1} - (W_t)_i \quad (1)$$

در این رابطه، $(W_t)_{i+1}$ وزن گلدان و محتویات آن در ساعت $i+1$ ام، $(W_t)_i$ وزن گلدان و محتویات آن در ساعت i ام و W_u وزن آب مصرف شده ساعتی می‌باشند. حجم آب موجود قبل از توزین، از رابطه (۲) محاسبه و براساس آن آب مورد نیاز هر گلدان برای رساندن رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی در هر نوبت آبیاری محاسبه گردید:

$$W_{AW} = W_d \left(\theta_{fc} - \frac{W_{ty} - W_t}{W_d} \right) \quad (2)$$

در این رابطه، W_d وزن خاک خشک درون گلدان در ابتدای آزمایش (kg)، θ_{fc} رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت‌زراعی ($g \cdot g^{-1}$)، W_t وزن گلدان و محتویات آن قبل از هر نوبت آبیاری (kg)، W_{ty} وزن گلدان و محتویات آن بعد از آبیاری انجام زهکشی احتمالی (kg) و W_{AW} مقدار آب قابل استفاده (kg) می‌باشد (۴). توزین گلدان‌ها هر روز

میلاد ابراهیمی، وحید رضاوردی نژاد، سینا بشارت و مریم عبدی



شکل ۱. تغییرات پارامترهای اقلیمی در محیط گلخانه طی دوره رشد گیاه

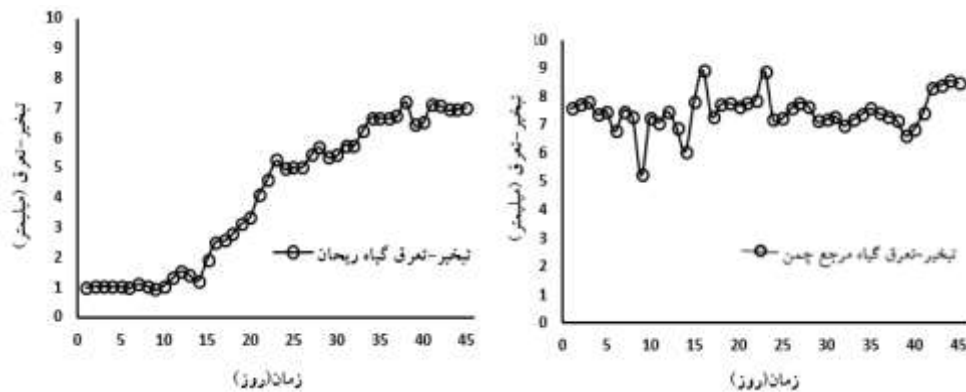
آوردند (۱۰). در شکل (۲) نمودار تغییرات نیاز آبی ریحان و گیاه مرجع در کل دوره رشد نشان داده شده است. با توجه به این شکل، روند تغییرات تبخیر- تعرق ریحان طی دوره رشد، در ۱۰ روز ابتدایی دوره رشد ثابت و در ادامه طی روزهای ۱۱ تا ۳۸ تقریباً روند صعودی داشته و در روز ۳۸م به حداکثر مقدار خود رسیده است. علی‌رغم انتظار، در روزهای ۴۰ و ۴۱ مقدار تبخیر- تعرق اندکی کاهش داشت که علت آن با بررسی انجام‌گرفته، حاکی از شرایط ابرناکی و کاهش تشعشع دریافتی گلخانه در آن دو روز بود. با توجه به خاصیت دارویی گیاه ریحان بهتر است قبل از اتمام دوره رشد گیاه، برداشت محصول انجام شود. در این تحقیق نیز این اتفاق صورت گرفته است و با کاهش سطح برگ گیاه، مقدار تبخیر- تعرق در اواخر دوره رشد، در روزهای ۴۱ تا ۴۵ یک روند نزولی را که بسیار کوتاه است، طی کرده است.

بر اساس نتایج حداکثر مقدار تبخیر- تعرق ریحان حدود ۷/۲۲ میلی‌متر بر روز به‌دست آمد. متوسط تبخیر- تعرق ریحان در کل دوره رشد ۴۵ روز برابر ۴/۱۲ میلی‌متر بر روز و مجموع آب مصرفی در طول دوره کشت ۱۸۸/۴۵ میلی‌متر محاسبه گردید. بیشترین مقدار روزانه تبخیر- تعرق گیاه مرجع برابر ۸/۹۲ میلی‌متر بر روز و حداقل تبخیر- تعرق گیاه مرجع برابر ۵/۲۳ میلی‌متر بر روز به‌دست آمد. مجموع تبخیر- تعرق مرجع طی ۴۵ روز اندازه‌گیری برابر ۳۳۸/۵ میلی‌متر و متوسط آن ۷/۵۰ میلی‌متر بر روز به‌دست آمد. در تحقیق دیگری برای گیاه گشنیز مقدار تبخیر- تعرق واقعی در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در لایسمترهایی به قطر ۱/۲ و ارتفاع ۱/۴ متر، در هر سال به‌ترتیب ۷۱۳/۵۸ و ۵۸۰/۶۴ میلی‌متر به‌دست آوردند (۵). در آزمایشی نیاز آبی ریحان در محیط خارج از گلخانه را برای ماه‌های ژوئن، جولای و آگوست به‌ترتیب ۵/۴۹، ۷/۴۳ و ۹/۳۱ میلی‌متر بر روز به‌دست

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۷

تعیین تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی مراحل رشد گیاه دارویی ریحان در کشت گلخانه‌ای



شکل ۲. تغییرات نیاز آبی ریحان و گیاه مرجع چمن در کل دوره رشد

تا انتهای دوره کشت، روند ضریب گیاهی کاهش یافت. علت این کاهش، کاهش سطح ویژه برگ (در اثر میرایی) و در نتیجه کاهش تعرق می‌باشد. همچنین بیشترین مقدار تبخیر-تعرق به‌دست آمده مربوط به مرحله میانی و در روز ۳۸ بود. طبق روش FAO56 با جداسازی مراحل رشد گیاه ریحان در گلخانه، شیب صعودی نمودار در مرحله میانی ادامه داشته و به بیشترین مقدار خود رسید. علت این امر را می‌توان کامل نشدن رشد گیاه در این مرحله دانست (۱۳). تقسیم‌بندی مراحل رشد گیاه، در هر منطقه و بر اساس هر نوع گیاه و واریته می‌تواند مختلف باشد و اگر روند تغییرات ضریب گیاهی در دو مرحله متوالی، متفاوت نباشد، می‌توان حداکثر دو مرحله رشد گیاه را برای به‌دست آوردن ضریب گیاهی، درهم ادغام کرد (۱۳). نتایج نشان داد در گیاه ریحان برداشت زود هنگام با هدف استفاده دارویی از آن، طول دوره انتهایی را کاهش داد.

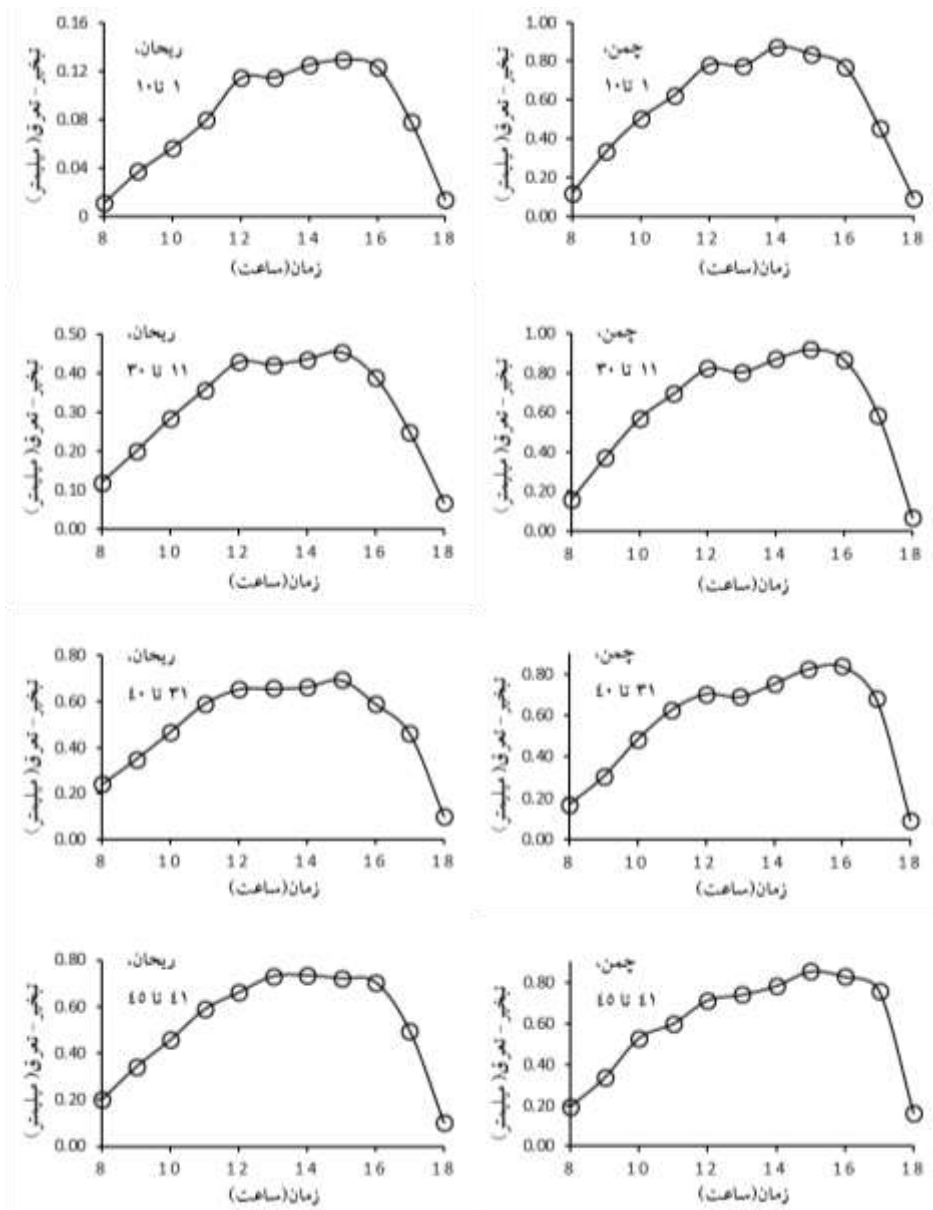
بر اساس نتایج، حداکثر ضریب گیاهی برابر ۱/۰۱ و متوسط آن در دوره میانی برابر ۰/۹۳ به‌دست آمد. بر اساس این نتایج طول دوره رشد مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی ریحان به‌ترتیب ۱۰، ۲۰، ۱۰ و ۵ روز به‌دست آمد. همچنین، مقادیر متوسط تبخیر-تعرق ساعتی در طول روز برای گیاه ریحان برای هر کدام از دوره‌های رشد، در جدول (۵) آورده شده است.

در شکل (۳) به‌صورت ساعتی روند تغییرات میانگین تبخیر-تعرق ریحان و گیاه مرجع (چمن)، در مراحل مختلف دوره رشد نشان داده شده است. همان‌طور که در نمودارها مشاهده می‌شود، تبخیر-تعرق از ساعت شروع اندازه‌گیری در روز که ساعت ۸ صبح بود، به‌تدریج روند افزایشی تا ساعت ۳ بعدازظهر داشته و سپس روند کاهشی را تا آخرین اندازه‌گیری طی می‌کند. گاهی این روند با تغییراتی همراه شده است که بررسی وضعیت دمای ساعتی و نور ثبت‌شده در گلخانه، نشان از ساعات ابرناکی در آن روز و دوره رشد می‌دهد که با کاهش دما نیز همراه بود و باعث کاهش تبخیر-تعرق شد.

ضریب گیاهی

براساس رابطه (۳) ضریب گیاهی ریحان طی مراحل مختلف رشد و در هر روز محاسبه گردید. نمودار تغییرات ضریب گیاهی ریحان به‌صورت روزانه برای کل دوره رشد در شکل (۴) ارائه گردیده است. همان‌گونه که انتظار می‌رفت، ضریب گیاهی یک روند ثابت، صعودی، ثابت و سپس نزولی را طی کرد، که به‌ترتیب نشان‌دهنده مراحل رشد ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی می‌باشد. مقادیر این ضریب برای هریک از مراحل رشد در جدول (۴) آورده شده است. با توجه به شکل (۴) مشاهده می‌گردد از روز ۴۱

میلاد ابراهیمی، وحید رضاوردی نژاد، سینا بشارت و مریم عبدی



شکل ۳. تغییرات ساعتی نیاز آبی ریحان و گیاه مرجع (چمن) در اوایل، اواسط و انتهای دوره رشد

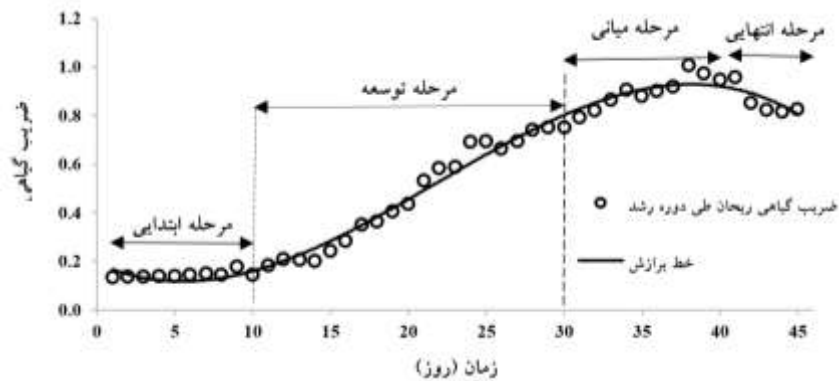
جدول ۴. مقادیر ضریب گیاهی و طول مراحل رشد

| ریحان | | مرحله رشد |
|------------|----------------|-----------|
| ضریب گیاهی | طول دوره (روز) | |
| ۰/۱۴ | ۱۰ | ابتدایی |
| ۰/۵۲ | ۲۰ | توسعه |
| ۰/۹۳ | ۱۰ | میانی |
| ۰/۸۳ | ۵ | انتهای |

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۷

تعیین تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی مراحل رشد گیاه دارویی ریحان در کشت گلخانه‌ای



شکل ۴. روند تغییرات ضریب گیاهی در کل دوره رشد گیاه

جدول ۵. مقادیر متوسط تبخیر-تعرق در بازه ساعتی بر حسب میلی‌متر

| بازه ساعتی در طول روز | | | | | | | | | | ضریب گیاهی | دوره رشد |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------------|----------|
| ۱۸-۱۷ | ۱۷-۱۶ | ۱۶-۱۵ | ۱۵-۱۴ | ۱۴-۱۳ | ۱۳-۱۲ | ۱۲-۱۱ | ۱۱-۱۰ | ۱۰-۹ | ۹-۸ | ۰/۱۴ | اولیه |
| ۰/۰۸ | ۰/۱۲ | ۰/۱۳ | ۰/۱۲ | ۰/۱۱ | ۰/۱۱ | ۰/۰۸ | ۰/۰۵ | ۰/۰۴ | ۰/۰۱ | ۰/۵۲ | توسعه |
| ۰/۲۱ | ۰/۳۴ | ۰/۴۱ | ۰/۳۹ | ۰/۳۷ | ۰/۳۸ | ۰/۳۲ | ۰/۲۵ | ۰/۱۷ | ۰/۱۰ | ۰/۹۳ | میانی |
| ۰/۴۳ | ۰/۶۳ | ۰/۷۰ | ۰/۶۷ | ۰/۷۲ | ۰/۶۷ | ۰/۵۷ | ۰/۴۷ | ۰/۳۴ | ۰/۲۳ | ۰/۸۳ | انتهایی |
| ۰/۴۸ | ۰/۷۰ | ۰/۷۱ | ۰/۷۲ | ۰/۷۰ | ۰/۶۶ | ۰/۵۹ | ۰/۴۶ | ۰/۳۴ | ۰/۲۰ | | |

روزه دوره رشد توسعه ۰/۵۲، مرحله ۱۰ روزه رشد میانی ۰/۹۳ و مرحله ۵ روزه انتهایی دوره رشد ۰/۸۳ به دست آمد. مقدار به دست آمده برای ضریب گیاهی و نیاز آبی ریحان می‌تواند جهت مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری گیاه دارویی ریحان در گلخانه‌های مشابه، به کار برده شود.

منابع

۱. چترنور م. رسول‌زاده ع. رحمانیان م. اسماعیل پور ب. و عبدپور ع. (۱۳۹۰) اندازه‌گیری نیاز آبی و ضریب گیاهی در اردبیل. همایش ملی ایده‌های نو، اردبیل، ایران.
۲. حیدری ن. انتصاری م. ر. خیرابی ج. فرشعی ع. ا. وزیری ژ. و علایی م. (۱۳۸۶) کارایی مصرف آب در کشت گلخانه‌ای. انتشارات کمیته ملی آبیاری زهکشی ایران، ۱۱۳ ص.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی محصول ریحان در طول روز و به صورت ساعتی طی مراحل مختلف رشد گیاه در گلخانه مورد بررسی و ارزیابی گردید. در اندازه‌گیری مقدار تبخیر-تعرق گیاه ریحان و گیاه چمن، روند افزایشی از ساعت شروع آزمایش (۸:۰۰) تا ساعت ۱۵:۰۰ ادامه داشته و سپس روند کاهش را تا آخرین اندازه‌گیری طی می‌کند. با تجمیع مقادیر تبخیر-تعرق ریحان و چمن در محیط گلخانه، مقادیر نیاز آبی گیاه ریحان و چمن طی فصل رشد به ترتیب ۱۸۸/۴۵ و ۳۳۸/۵ میلی‌متر به دست آمد. با اندازه‌گیری تبخیر-تعرق گیاه مرجع و ریحان مقادیر ضریب گیاهی ریحان طی دوره رشد در ساعات‌های مختلف در هر روز به دست آمد. با جداسازی مراحل مختلف رشد گیاه طبق روش FAO56، متوسط ضریب گیاهی مرحله ۱۰ روزه رشد ابتدایی ۰/۱۴، مرحله ۲۰

- مختلف رشد. آب و خاک، ۱۲ (۳): ۱۲۵-۱۳۳.
۹. قائمی بایگی م. سرجاز م. و موسوی بایگی م. (۱۳۹۱) ارزیابی و برآورد تبخیر-تعرق گندم در مراحل مختلف رشد با روش توازن انرژی (نسبت باون) و مقایسه آن با نتایج لایسیمتر. آب و خاک، ۲۶ (۵): ۲۶-۴۱.
۱۰. قمرنیا ه. جعفری زاده م. میری ا. و قبادی م. (۱۳۹۰). برآورد ضریب گیاهی گشنیز در منطقه‌ای با اقلیم نیمه‌خشک. مدیریت آب و آبیاری، ۲ (۱): ۷۳-۸۳.
11. Attarod P., Aoki M. and Bayramzadeh V. (2009) Measurements of the actual evapotranspiration and crop coefficients of summer and winter season's crops in Japan. *Plant Soil Environ*, 55 (3): 121-127.
12. Azizi Zohan A., Kamgar Haghghi A.A. and Sepaskhah A.R. (2008) Crop and pan coefficients for saffron in semi-arid region of Iran. *Arid Environments*, 72(2): 270-278.
13. Allen R.G., Pereira L.S., Raes D. and Smith M. (1998) *Crop. evapotranspiration, guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper 56*. FAO, Rome. 300 p.
14. Doorenbos J. and Pruitt W.O. (1977) *Guidelines for Predicting Crop Water Requirement*. FAO irrigation and Drainage, paper 24. FAO, Rome. 156 p.
15. Harmanto V.M., Salokhe M.S. and Babel H.J. (2005) Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. *Agriculture Water Management*, 71(3): 225-245.
16. Zhang Z.K., liu S.Q. and liu S.H. (2010) Estimation of Cucumber Evapotranspiration in Solar Greenhouse in Northeast China. *African Journal of Agricultural Research*, 3(4): 512-518.
۳. دهقانی سانچج ح. زارعی ق. و حیدری ن. (۱۳۸۶) بررسی مدیریت آبیاری و کارایی مصرف آب در گلخانه‌ها و مسائل و چالش‌ها. اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای، کرج، ایران.
۴. رضاوردی نژاد و. شبانیان اصل م. بشارت س. و حسینی ع. (۱۳۹۶) تعیین نیاز آبی، ضریب گیاهی و کارایی مصرف آب محصولات خیار و گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه (مطالعه موردی: منطقه ارومیه). علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۸ (۳): ۳۹-۲۷.
۵. شریفی عاشورآبادی ا. روحی پور ح. عصاره م. لباسچی م. عباس‌زاده ب. نادری ب. و رضایی سرخوش م. (۱۳۹۱) تعیین نیاز آبی گیاه دارویی بومادران با استفاده از لایسیمتر. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۸ (۳): ۴۹۲-۴۸۴.
۶. عبادی کوپایی ج. اسلامیان س.س. و زارعیان م.ج. (۱۳۹۰) اندازه‌گیری و مدل‌سازی نیاز آبی و ضریب گیاهی خیار، گوجه‌فرنگی و فلفل با استفاده از میکرو لایسیمتر در گلخانه. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۲ (۷): ۵۱-۶۳.
۷. عزیززاده ا. اصول طراحی سیستم‌های آبیاری. چاپ دوم، انتشارات آستان قدس رضوی، ۷۳ صفحه.
۸. فتحعلیان ف. و نوری امام‌زاده‌یی م.ر. (۱۳۹۱) تعیین تبخیر-تعرق و ضریب‌گیاهی خیار با استفاده از میکرو لایسیمتر در شرایط گلخانه‌ای در مراحل



Water and Irrigation Management

(Scientific Journal of Agriculture)
(College of Abouraihan – University of Tehran)

Vol. 8 ■ No. 1 ■ Spring & Summer 2018

A study of evapotranspiration as well as crop coefficient in *Ocimum basilicum* L. growth process in greenhouse

Milad Ebrahimi^{1*}, Vahid Rezaverdinejad², Sina Besharat³ and Maryam Abdi⁴

1. Ph.D. Student of Water Engineering Science (Irrigation and Drainage), Department of Water Engineering, Urmia University, Urmia, Iran.
2. Associate Professor, Department of Water Engineering, Urmia Lake Research Institute, Urmia University, Urmia, Iran.
3. Associate Professor, Department of Water Engineering, Urmia University, Urmia, Iran.
4. Master of Science in Water Engineering (Irrigation and Drainage), Water Engineering Department, Urmia University, Urmia, Iran.

Received: November 5, 2017

Accepted: April 7, 2018

Abstract

In managing greenhouse irrigation system, the knowledge of water requirement and crop coefficient tends to be extremely essential at different growth steps. The present study set out to explore the amount of water used in evapotranspiration and to determine crop coefficient in *Ocimum basilicum* L. in an hourly manner. To this end, the project was implemented in a greenhouse in Urmia University. More specifically, the evapotranspiration level of *Ocimum basilicum* L. and Lawn (as the reference plant) were measured hourly and daily using lysimetric method. The results revealed that an average 45-day evapotranspiration was 4.12 mm /day in *Ocimum basilicum* L. whose total water consumption was found to be 188.45 mm. Besides, in case of the reference plant, water consumption was determined to be 338.5 mm during this period. The length of growth stages in *Ocimum basilicum* L. including the initial, developmental, middle, and final steps were found to be 10, 20, 10, and 5, respectively. The highest crop coefficient in *Ocimum basilicum* L. occurred on the 39th day after planting in the middle phase. As the evapotranspiration of the reference plant showed, the average crop coefficients of the initial, developmental, middle, and final phases in *Ocimum basilicum* L. were calculated to be 0.14, 0.52, 0.93, and 0.83, respectively. Furthermore, the highest hourly evapotranspiration process was conducted in the interval of 15-16 hours, which was calculated to be 0.13, 0.41, 0.70, and 0.71 at the initial, developmental, middle, and final stages in *Ocimum basilicum* L., respectively.

Keywords: Greenhouse, Hourly irrigation scheduling, Lysimeter, *Ocimum basilicum* L. Growth, Reference Plant.