

مقاله علمی-پژوهشی

ضرب گیاهی گیاه دارویی گل مغربی (*Oenothera biennis* L.)

اعظم غلامزاده^۱، حسین انصاری^{۲*}، سید مجید هاشمی نیاء^۳ و مجید عزیزی^۴

چکیده

در تمام روش‌هایی که توسط آن‌ها تبخیر-تعرق گیاه مرجع محاسبه می‌شود برای آن که بتوان نتایج حاصله را به سطوح پوشش گیاهی مورد نظر تعمیم داد لازم است مقادیر به دست آمده را در ضرب گیاهی ضرب نمود. به منظور برآورد میزان ضرب گیاهی گل مغربی، آزمایشی با ۴ تکرار، به مدت ۷۰ روز در فروردین سال ۱۳۹۷ در محیط ایستگاه هواشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. به این منظور گیاهان در گلدان‌هایی پلاستیکی به رنگ سفید (میکرو لایسیمتر) با قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر کشت شدند. میزان آب مورد نیاز برای تأمین نیاز آبی گیاهان بر اساس ظرفیت زراعی انجام گردید. با کنترل بیلان آبی در گلدان‌ها، تبخیر-تعرق گیاهان اندازه‌گیری شد و با استفاده از داده‌های تحت تبخیر کلاس A میزان ضرب گیاهی محاسبه شد. بر اساس نتایج این مطالعه، ضرب گیاهی گل مغربی در مراحل ابتدایی، میانی و پایانی به ترتیب برابر با ۰/۷۵، ۱/۰۵ و ۱/۰۰ به دست آمد و متوسط آن در کل دوره رشد گل مغربی برابر با ۰/۹۲ بود. مقدار کل تبخیر-تعرق گیاه نیز حدود ۳۷۷ میلی‌متر برآورد شد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر و تعرق، تست تبخیر، میکرو لایسیمتر

مقدمه

صرفی گیاه اساس برنامه‌ریزی آبیاری را تشکیل می‌دهد. یکی از بهترین راه‌های ارائه شده در رابطه با بررسی نیاز آبی گیاهان، تعیین میزان ضرب گیاهی آن‌هاست. ضرب گیاهی نه تنها متأثر از ویژگی‌های گیاهی مانند شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه و خصوصیات فیزیولوژیک برگ است، بلکه تحت تأثیر روش‌های مدیریت مزرعه مانند روش‌های آبیاری نیز است (Allen et al., 2005). یکی از روش‌هایی که میزان نیاز آبی گیاهان را به صورت مستقیم اندازه‌گیری می‌کند، لایسیمترها هستند (Elisha et al., 2020). نتایج حاصل از لایسیمترها در برخی از مطالعات همبستگی قابل قبولی با روش FAO56PM دارد و آن را به یک روش کارآمد و دقیق برای برآورد نیاز آبی محصول تبدیل کرده است (López-Urrea et al. 2006; Vaughan et al. 2007). با وجود مزایای ذکر شده برای لایسیمترها در برخی از مواقع نصب و راه‌اندازی آن‌ها سخت و گران‌قیمت است، به همین دلیل برخی از محققین به استفاده از لایسیمترهای ساده و حتی خودساخته روی آورده‌اند (Fisher., 2004; Panda et al., 2014; Facchi et al., 2016). در خصوص برآورد ضرب گیاهی و نیاز آبی محصولات مختلف

گل مغربی گیاهی است از خانواده اناگراسه که به دلیل بارزش بودن روغن دانه آن کشت می‌شود (Sohrabi et al., 2017). روغن دانه آن دارای مقدار زیادی گامالینوئیک اسید است که در داروها و مکمل‌های غذایی استفاده می‌شود (Gimenez et al., 2013). یکی از عوامل مهم و مؤثر در کشت و تکثیر این گونه و دیگر گونه‌های گیاهی دارویی تعیین نیاز آبی آن‌هاست (زارعی و همکاران، ۱۳۹۶). اطلاع از میزان تبخیر-تعرق و یا میزان آب

^۱ کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۲ استاد گروه علوم مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران (* نویسنده مسئول: ansariran@gmail.com)

^۳ استادیار گروه علوم مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۴ استاد گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۳۱

۷۵۰ میلی‌متر اندازه‌گیری شد (Seva et al., 2021). هدف از این پژوهش تعیین ضریب گیاهی و نیاز آبی نشاء یک ساله گل-مغربی با استفاده از روش میکرو لایسیمتر برای برنامه‌ریزی مناسب آبیاری این گیاه است.

مواد و روش‌ها

محل انجام طرح آزمایش

این پژوهش در محدوده ایستگاه هواشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با مختصات جغرافیایی؛ عرض جغرافیایی $36^{\circ}18'22''$ شمالی و طول جغرافیایی $59^{\circ}31'75''$ شرقی، در بهار سال ۱۳۹۷ انجام شد. در جدول ۱ میانگین حداقل و حداکثر دما، رطوبت نسبی، سرعت باد در ارتفاع ۲ متری و میزان بارندگی ایستگاه هواشناسی دانشکده کشاورزی آورده شده است.

طراحی و ساخت میکرو لایسیمترها

برای تعیین تبخیر-تعرق در گیاهان مورد بررسی به وسیله میکرو لایسیمتر، اقدام به تهیه ۴ عدد میکرو لایسیمتر شد. برای این منظور از گلدان‌های پلاستیکی به رنگ سیاه با قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر استفاده شود. به‌منظور به حداقل رساندن اثر نور خورشید بر گلدان‌ها ابتدا تمامی گلدان‌ها به رنگ سفید رنگ‌آمیزی شدند. برای تعیین بافت خاک از روش هیدرومتری استفاده شد؛ که با توجه به نتایج، بافت خاک لوم رسی شنی و در ردیف خاک‌های با بافت متوسط قرار گرفت.

در کف گلدان‌ها به مقدار مساوی سنگریزه (جهت تسهیل زهکشی) ریخته شد و سپس گلدان‌ها با بستر مناسب یعنی نسبت ۱:۱ خاک و خاک‌برگ پوسیده پر گردیدند. گل مغربی در انواع بسترها رشد می‌کند با این حال در خاک‌های شنی و ماسه‌ای توانایی رشد بیشتری دارد (Dietrich et al., 1997, Hall et al., 1988). قبل از کشت برای تحکیم خاک ابتدا در دو نوبت، خاک داخل میکرو لایسیمترها به حالت فوق اشباع رسانده شد، سپس کشت نشاء انجام شد.

مدیریت آبیاری و کاشت

مطالعات متعددی صورت گرفته است ولی در خصوص گیاه گل-مغربی تاکنون مطالعه‌ای صورت نگرفته است. در ادامه به برخی از تحقیقات پیرامون برآورد ضریب گیاهی، که روی گیاهان مختلف انجام شده است اشاره می‌شود. در مطالعه‌ای باهدف ارزیابی عملکرد روش استفاده از گلدان‌های پلاستیکی به‌عنوان میکرو لایسیمتر در تخمین نیاز آبی و ضریب گیاهی برخی سبزیجات (کاهو، پیاز و لوبیا و خردل) نسبت به روش فائو ۵۶ انجام شده است، مشخص شد، منحنی ضریب گیاهی به روش گلدان‌های پلاستیکی از منحنی فائو برای این محصولات پیروی می‌کند و همبستگی قابل قبولی بین آن‌ها وجود دارد (Elisha et al., 2020). در پژوهشی دیگر با استفاده از توزین گلدان‌ها قبل و بعد از آبیاری، نیاز آبی و ضریب گیاه گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه محاسبه شد که بر اساس آن ضریب گیاهی برای مراحل توسعه، میانی و پایانی به ترتیب $0/85$ ، 1 و $0/77$ به دست آمد (رزمی و قائمی، ۱۳۹۰). زارعی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از روش بیلان آبی (گلدان‌های پلاستیکی به‌عنوان میکرو لایسیمتر) برای مرحله اولیه، توسعه، میانی و پایانی گیاه یونجه یک‌ساله گونه *Medicago polymorpha*، به ترتیب مقادیر $0/59$ ، $0/95$ ، $1/32$ و $0/74$ را به دست آوردند. گانگ و همکاران در پژوهشی بیان کردند میزان تبخیر و تعرق فصلی گیاه گوجه‌فرنگی در شرایط آبیاری کامل بین 260 تا 270 میلی‌متر در کم آبیاری و بین 310 تا 350 میلی‌متر در آبیاری کامل است (Gong et al., 2020). در مطالعه‌ای دیگر مقادیر ضریب گیاهی برای محصول نیشکر در منطقه هند برای مرحله پنجه‌زنی، توسعه و بلوغ به ترتیب $0/7$ ، $1/2$ و $0/78$ به دست آمد؛ که به ترتیب $25/5$ ، 4 و $20/4$ درصد کم‌تر از مقدار ارائه شده توسط FAO56 بوده است (Dingre and Gorantiwar, 2020). داویلا و همکاران در مطالعه‌ای میزان ضریب گیاهی برای فلفل دلمه‌ای را در مراحل ابتدایی، میانی و پایانی به ترتیب $0/57$ ، $1/06$ و $0/08$ به دست آوردند (Davila et al., 2021). در مطالعه‌ای دیگر میزان ضریب گیاهی برای گیاه chufa (ویارسلام زرد) به روش لایسیمتر وزنی برای مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی به ترتیب $0/32$ ، $1/4$ و $0/8$ به دست آمد. میزان تبخیر و تعرق فصلی گیاه Chufa نیز تقریباً

در تاریخ ۷ فروردین ۱۳۹۷ نشاءهای یک ساله گل مغربی خریداری و به گلدان ها منتقل شدند. در هر گلدان دو نشاء کشت شد. برای تعیین درصد ظرفیت زراعی بدین روش عمل شد که در انتهای گلدان ها شیلنگ و بطری تعبیه شد تا آب زهکشی جمع‌آوری شود. خاک گلدان‌ها به حالت اشباع رسانده شد. برای جلوگیری از تبخیر آب از سطح خاک و همچنین جلوگیری از نفوذ آب باران به آن‌ها روی گلدان‌ها به وسیله پلاستیک پوشانده شد. بعد از ۲۴ ساعت میزان آب خروجی اندازه‌گیری شد. اختلاف آب وردی و خروجی میزان آب لازم برای رسیدن گلدان‌ها به حد ظرفیت زراعی شد. زمان آبیاری با اندازه‌گیری رطوبت خاک با استفاده از دستگاه TDR به‌گونه‌ای تعیین شد که رطوبت خاک در حد رطوبت سهل الوصول (بین ۲۰ تا ۱۲ درصد حجمی) باشد.

$$Kc = \frac{ETc}{ETo} \quad (1)$$

که در آن Kc ضریب گیاهی، ETc تبخیر-تعرق واقعی گیاه (میلی‌متر)، ETo تبخیر-تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر) است.

$$Kc_{adj} = Kc + [0.04(u_2 - 2) - 0.004(RH_{min} - 45)] \left[\frac{h}{3} \right]^{0.3} \quad (2)$$

که در آن Kc_{adj}، ضریب گیاهی اصلاح‌شده، Kc، متوسط ضریب گیاهی محاسبه‌شده، u₂، متوسط سرعت باد در ارتفاع ۲ متری در زمان اندازه‌گیری (متر بر ثانیه)، RH_{min}، رطوبت نسبی حداقل در محیط در زمان اندازه‌گیری (درصد) و h، ارتفاع گیاه در هر بار اندازه‌گیری (متر) است.

محاسبه تبخیر-تعرق گیاه مرجع

تبخیر از سطح تشت تبخیر می‌تواند به‌عنوان شاخصی از ترکیب اثرات تابش، دما، رطوبت و باد بر تبخیر-تعرق در نظر گرفته شود. تشت تبخیر، مقدار واقعی تبخیر را نشان داده و به کمک مشاهده مقدار افت سطح آب در آن و استفاده از ضرایب تجربی (ضریب تشت) می‌تواند در برآورد تبخیر-تعرق گیاه مرجع به کار گرفته شود. ضریب تشت معمولاً در ایستگاه‌های لایسمتری که تبخیر-تعرق گیاه مرجع اندازه‌گیری می‌شود قابل‌محاسبه است. ضریب تشت با توجه به رطوبت و مقدار باد روزانه بین ۰/۶۵ تا ۰/۷۵ تغییر می‌کند (موسوی بایگی، ۱۳۸۸). این مقدار را طلائى و همکاران (۱۳۸۸) در بهار ۰/۶۴ و در تابستان ۰/۷۲، شکری و همکاران (۱۳۹۶)، به روش اورنگ در بهار و تابستان به ترتیب ۰/۶۳ و ۰/۶۱ برآورد کردند. مقدار ضریب تشت را می‌توان در کارهای عملی ۰/۶۶ در نظر گرفت (علیزاده، ۱۳۸۹). مقدار ضریب تشت در این تحقیق ۰/۶۵ در نظر گرفته شده است. در صورتی که تبخیر از تشت در یک دوره زمانی

در تاریخ ۷ فروردین ۱۳۹۷ نشاءهای یک ساله گل مغربی خریداری و به گلدان ها منتقل شدند. در هر گلدان دو نشاء کشت شد. برای تعیین درصد ظرفیت زراعی بدین روش عمل شد که در انتهای گلدان ها شیلنگ و بطری تعبیه شد تا آب زهکشی جمع‌آوری شود. خاک گلدان‌ها به حالت اشباع رسانده شد. برای جلوگیری از تبخیر آب از سطح خاک و همچنین جلوگیری از نفوذ آب باران به آن‌ها روی گلدان‌ها به وسیله پلاستیک پوشانده شد. بعد از ۲۴ ساعت میزان آب خروجی اندازه‌گیری شد. اختلاف آب وردی و خروجی میزان آب لازم برای رسیدن گلدان‌ها به حد ظرفیت زراعی شد. زمان آبیاری با اندازه‌گیری رطوبت خاک با استفاده از دستگاه TDR به‌گونه‌ای تعیین شد که رطوبت خاک در حد رطوبت سهل الوصول (بین ۲۰ تا ۱۲ درصد حجمی) باشد. تا قبل از آغاز آزمایش گیاهان به صورت یکنواخت و هر ۵ روز یک بار آبیاری می‌شدند. شروع اندازه‌گیری‌ها پس از استقرار کامل نشاءها از ۳۰ اردیبهشت ماه انجام شد. در این مرحله هدف فراهم آوردن بهترین شرایط برای رشد گیاه بود؛ بنابراین دور آبیاری به‌گونه‌ای انتخاب گردید که کمترین تنش به گیاه وارد گردد. دور آبیاری برای گل مغربی با توجه به شرایط آب و هوایی در ابتدا، یعنی از ۳۰ اردیبهشت تا ۳۱ خردادماه سال ۱۳۹۷، ۵ روز و از تاریخ ۳ تیر ماه ۱۳۹۷ تا پایان دوره رشد (۴ مرداد ماه ۱۳۹۷)، به علت گرم شدن هوا ۳ روز در نظر گرفته شد. سعی گردید با انجام آبیاری به‌موقع تا حتی‌الامکان به گیاه تنش رطوبتی وارد نشود.

محاسبه ضریب گیاهی در طول دوره رشد

در تمام روش‌هایی که توسط آن‌ها تبخیر-تعرق پتانسیل (تبخیر-تعرق گیاه مرجع) محاسبه می‌شود برای آن که بتوان نتایج حاصله را به سطوح پوشش گیاهی موردنظر تعمیم داد لازم است مقادیر به دست آمده را در ضریب گیاهی ضرب نمود. با استفاده از رابطه ۱ مقدار ضریب گیاهی در بازه‌های ۳ و ۵ روزه در هر میکرو لایسمتر محاسبه شد. سپس متوسط ضریب گیاهی از میانگین‌گیری ۴ تکرار در هر بار اندازه‌گیری به دست آمد. بعد از آن مقدار متوسط ضریب گیاهی با استفاده از رابطه ۲ اصلاح شد (Allen et al., 1998). در انتها نمودار روزانه آن رسم شد

که در آن I، میزان آبیاری، P، میزان بارندگی، RO، رواناب سطحی، DP، نفوذ عمقی، CR، صعود موینگی، ΔSf ، تغییرات جریان زیرزمینی به داخل محدوده توسعه ریشه، ΔSw ، تغییرات جریان زیرزمینی به خارج از محدوده توسعه ریشه است. در این پژوهش با کنترل بیلان آبی در گلدان‌ها، میزان تبخیر و تعرق گیاه محاسبه شد. در این آزمایش می‌توان از مقادیر RO, DP, ΔSf , ΔSw و CR، صرف نظر کرد. با توجه به گستردگی شاخ و برگ گیاه گل مغربی و قطر دهانه گلدان‌ها می‌توان از تبخیر از سطح خاک هم صرف نظر کرد. بدین صورت که بر اساس حجم آب داده شده (آبیاری) پس از کسر آب زهکشی شده (توسط بطری تعبیه شده در زیر گلدان)، میزان رطوبت تخلیه شده از خاک معادل تبخیر و تعرق گیاه در سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی در نظر گرفته شد (میانگین ۴ تکرار)، (رحیمی، ۱۳۹۳). با استفاده از اطلاعات ایستگاه هواشناسی دانشگاه فردوسی مشهد، میزان بارندگی در هر دور آبیاری از میزان آب مورد نیاز برای رساندن گلدان‌ها به حد ظرفیت زراعی کسر شد.

مشخص برابر با Epan باشد، تبخیر-تعرق گیاه مرجع در همان دوره از رابطه (۳) محاسبه می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۹). در این پژوهش تبخیر-تعرق گیاه مرجع با استفاده از داده‌های تشت تبخیر کلاس A ایستگاه هواشناسی دانشگاه فردوسی مشهد محاسبه شد.

$$ET_o = E_{pan} \times K_{pan} \quad (3)$$

که در آن K_{Pan} : ضریب تشت تبخیر و E_{Pan} : تبخیر از تشت (میلی‌متر) است.

محاسبه تبخیر-تعرق گیاه واقعی گیاه

تبخیر-تعرق گیاه می‌تواند با اندازه‌گیری اجزای متفاوت رابطه موازنه آب خاک تعیین گردد (رابطه ۴). این روش، شامل بررسی جریان آب ورودی و خروجی به محدوده توسعه ریشه گیاه در طول یک دوره مشخص است (Allen et al., 1998).

$$ET_c = I + P - RO - D_p + CR \pm \Delta Sf \pm \Delta Sw \quad (4)$$

جدول ۱- میانگین ماهیانه حداکثر دما، حداقل دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و بارندگی در ایستگاه هواشناسی (۱۳۹۷)

ماه	حداکثر دما	حداقل دما	رطوبت نسبی	سرعت باد	بارندگی
	درجه سانتی‌گراد	درجه سانتی‌گراد	درصد	متر بر ثانیه	میلی‌متر
فروردین	۱۴/۵۶	۷/۰۴	۳۱/۰۷	۱/۴۹	۲/۰۰
اردیبهشت	۲۲/۸۸	۱۳/۲۷	۶۷/۰۷	۳/۲۱	۵/۹۰
خرداد	۲۲/۸۹	۱۸/۸۸	۳۶/۹۸	۳/۳۶	۴/۱۰
تیر	۳۴/۸۲	۲۲/۹۷	۲۸/۲۵۹	۳/۵۲	۰/۰۰
مرداد	۳۲/۵۳	۲۱/۸۶	۳۳/۱۹	۳/۴۰	۰/۰۰

در این تحقیق نیاز آبی گیاه دارویی گل مغربی با اندازه‌گیری میزان آب آبیاری و بارندگی در بین دو نوبت آبیاری و اندازه‌گیری زه‌آب حاصل و با استفاده از بیلان آبی محاسبه گردید. میزان تبخیر از تشت تبخیر کلاس A به صورت روزانه اندازه‌گیری شد و به صورت دوره‌های سه‌روزه و پنج‌روزه (بر اساس دور آبیاری) در محاسبات اعمال شد (جدول ۴). در هنگام کشت، جزء تبخیر نزدیک به ۱۰۰ درصد فرآیند تبخیر و تعرق را تشکیل می‌دهد. از

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS به کمک آزمون ANOVA انجام شد. سپس به منظور مقایسه دو به دو مجموعه داده‌ها در میکروولایسیمترهای مختلف از آزمون جیمز-هوئل در سطح ۵ درصد استفاده شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شد.

نتایج و بحث

۰/۶۳ حاصل شد. همچنین در انتهای مرحله رشد مقدار ضرب گیاهی به میزان کمی است (۰/۸۱) که علت آن کاهش سطح ویژه برگ (در اثر میرایی) و در نتیجه کاهش تعرق است. متوسط ضرب گیاهی در کل دوره رشد گیاه دارویی گل مغربی برابر با ۰/۹۲ به دست آمد. استفاده از میانگین ضرایب گیاهی برای برنامه‌ریزی معمول آبیاری و اهداف معمول مدیریتی و برای اغلب مطالعات موازنه هیدرولوژیک آب، مناسب‌تر و متداول‌تر از محاسبه روزانه ضرب گیاهی با به‌کارگیری ضرایب جداگانه گیاه و خاک است (Allen et al., 1998).

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا اقدام به بررسی همگنی واریانس داده‌های ضرب گیاهی در تکرارهای مختلف شد که این نتیجه نشان داد، مجموعه داده‌های مورد بررسی در سطح ۵ درصد همگن نیستند، زمانی که واریانس‌ها ناهمگن باشند و حجم نمونه گروه‌ها متفاوت باشد از آزمون مقایسه میانگین جیمز-هوئل استفاده می‌شود؛ بنابراین برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون جیمز-هوئل استفاده شد (جدول ۳).

در پژوهش حاضر اثر تکرار و تیمارهای مختلف (مراحل مختلف رشد گیاه) بر پارامتر ضرب گیاهی آنالیز و نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس جدول ۲، نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد میزان ضرب گیاهی در مراحل مختلف رشد، دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد است. با توجه به جدول ۳، میزان ضرب گیاهی در مرحله ابتدایی با مراحل میانی و پایانی دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است. در حالی که بین مراحل میانی و پایانی اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. صارمی و همکاران (۱۳۹۴) و نوقایی و همکاران (۱۳۹۸) نیز اثر مراحل چهارگانه رشد گیاه بر ضرب گیاهی را به ترتیب در عدس و خارمریم در سطح یک درصد معنی‌دار گزارش کردند.

همین رو، با رشد گیاه و کامل شدن پوشش گیاهی، تعرق بیشتر از ۹۰ درصد آن است. در سال اول کشت گیاه گل مغربی به دلیل رشد کم و کوچک بودن آن میزان تعرق بسیار پایین است. به همین دلیل از نشاء یک‌ساله استفاده شده است. تقسیم‌بندی مراحل رشد گیاه، در هر منطقه و بر اساس هر نوع واریته می‌تواند مختلف باشد و اگر روند تغییرات ضرب گیاهی در دو مرحله متوالی، متفاوت نباشد، می‌توان دو مرحله از رشد را در هم ادغام کرد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۷).

در این پژوهش، مرحله ابتدایی از تاریخ کشت نشاء یک‌ساله تا شروع گلدهی، مرحله میانی از شروع گلدهی تا آغاز رسیدن محصول (رسیدگی کپسول گل مغربی) و مرحله پایانی از انتهای مرحله میانی تا زمان رسیدن فیزیولوژیکی کامل در نظر گرفته شد (صارمی و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین نمودار ضرب گیاهی دارای یک روند صعودی، ثابت و نزولی است که نشان‌دهنده مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی رشد گیاه است. با دقت در روند داده‌ها (شکل ۳ و جدول ۴)، مرحله ابتدایی، میانی و انتهایی نشاء یک‌ساله گیاه دارویی گل مغربی به ترتیب ۳۵، ۲۳ و ۱۲ روز به دست آمد. مقدار متوسط ضرب گیاهی برای این مراحل به ترتیب ۰/۷۵، ۱/۰۵ و ۱/۰۰ حاصل شد (جدول ۵).

با توجه به شکل ۳ نوسانات ضرب گیاهی در دوره میانی و انتهایی بیش‌تر از مرحله ابتدایی است که دلیل آن تکرار پدیده تولید بذر و برداشت محصول در این دوره‌ها است که بر ضرب گیاهی تأثیرگذار است (کوپایی، ۱۳۹۰). مطابق جدول ۴ بیشترین مقدار ضرب گیاهی حدود ۴۳ روز پس از آغاز آزمایش، در مرحله میانی که با حداکثر زیست‌توده گیاهی در این زمان منطبق است به میزان ۱/۱۶ به دست آمده است. کمترین میزان ضرب گیاهی در مرحله ابتدایی رشد یعنی ۵ روز پس از آغاز آزمایش، به میزان

جدول ۲- تجزیه واریانس ضرب گیاهی در تکرارهای مختلف گیاه دارویی گل مغربی

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره فیشر	سطح معنی‌داری
تیمار	۰/۵۰۶	۲	۰/۲۵۳	۱۱/۷۷۲	۰/۰۰۰*
خطا	۱/۴۸۲	۶۹	۰/۰۲۱		
کل	۱/۹۸۸	۷۱			

*: معنی‌داری در سطح ۵ درصد.

جدول ۳- مقایسه دو به دو ضریب گیاهی در تکرارهای مختلف گیاه دارویی گل مغربی

تکرار موردنظر	مقایسه با	تفاوت میانگین	سطح معنی داری
تکرار اول (مرحله ابتدایی)	تکرار دوم	-۰/۱۷۳۸۲	۰/۰۰۰*
	تکرار سوم	-۰/۱۶۸۴۴	۰/۰۰۳*
تکرار دوم (مرحله میانی)	تکرار اول	۰/۱۷۳۸۲	۰/۰۰۰*
	تکرار سوم	۰/۰۰۵۳۸	۰/۹۹. NS
تکرار سوم (مرحله پایانی)	تکرار اول	۰/۱۶۸۴۴	۰/۰۰۳*
	تکرار دوم	-۰/۰۰۵۳۸	۰/۹۹. NS

NS, *: به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطح ۵ درصد.

تبخیر-تعرق گل مغربی تفاوت وجود دارد که این تفاوت در ابتدای دوره بیشتر است. در مرحله میانی رشد این اختلاف به حداقل می‌رسد. با توجه به شکل ۲، اگرچه بین تبخیر-تعرق گیاه مرجع و گل مغربی، همبستگی مثبتی وجود دارد، ولی این همبستگی بسیار ضعیف است و معنی دار نیست ($P \geq 0.01$, $R = 0.018$).

تفاوت در ارتباط بین تبخیر-تعرق گیاه مرجع و تبخیر-تعرق واقعی گیاه ممکن است به علت تفاوت در بین گونه‌های مختلف و مراحل رشد آن‌ها باشد (Elisha et al., 2020). با توجه به جدول ۴ مشاهده می‌شود که مقدار کل متوسط تبخیر-تعرق گیاه حدود ۳۷۷/۱۳ میلی‌متر و مقدار کل تبخیر-تعرق گیاه مرجع حدود ۴۶۱/۰۴ است. متوسط تبخیر-تعرق به ترتیب در مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی برابر با ۳/۹۴، ۶/۶۲ و ۷/۲۱ میلی‌متر در روز به دست آمد (جدول ۵).

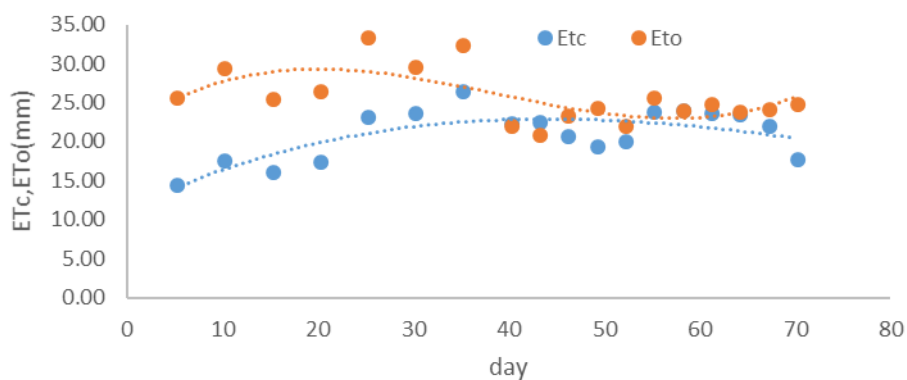
بنابراین می‌توان گفت مرحله ابتدایی دارای حداقل و مراحل میانی و پایانی دارای حداکثر نیاز آبی می‌باشند که می‌تواند در برنامه‌ریزی آبیاری استفاده شود. با توجه به میزان تبخیر-تعرق برخی از گیاهان دارویی دیگر مانند گل گاوزبان (۸۱۲/۵ میلی-متر)، (حقی و همکاران، ۱۳۹۵)؛ رزماری (۱۴۵۳/۴۶ میلی-متر)، اسطوخودوس (۱۱۹۱/۴ میلی-متر) و مارتیغال (۳۷۲/۶ میلی-متر)، (نورالهی، ۱۳۹۵) گیاه دارویی گل مغربی دارای نیاز آبی پایینی است.

برای بررسی تغییرات ضریب گیاهی در طول دوره رشد، اقدام به برازش بهترین منحنی غیرخطی بر روی داده‌های مربوط به ضریب گیاهی گردید. با توجه به شکل ۳، چندجمله‌ای درجه سه از رابطه بین ضریب گیاهی و روزهای پس از کشت نشاء یک‌ساله به دست می‌آید که به صورت رابطه ۵ است (Reddy et al., 2015). هنگامی که معادله رگرسیونی شامل عبارات غیرخطی مانند توابع نمایی، لگاریتمی و یا توانی باشد، مدل رگرسیونی مذکور، غیرخطی تلقی می‌شود (Shretha and Kazama., 2007). برای بررسی همبستگی رگرسیون‌های غیرخطی از آزمون اسپیرمن استفاده می‌شود. آزمون همبستگی اسپیرمن نشان داد که بین روزهای پس از کشت و ضریب گیاهی همبستگی معنی داری وجود دارد ($P \leq 0.01$, $R = 0.626$).

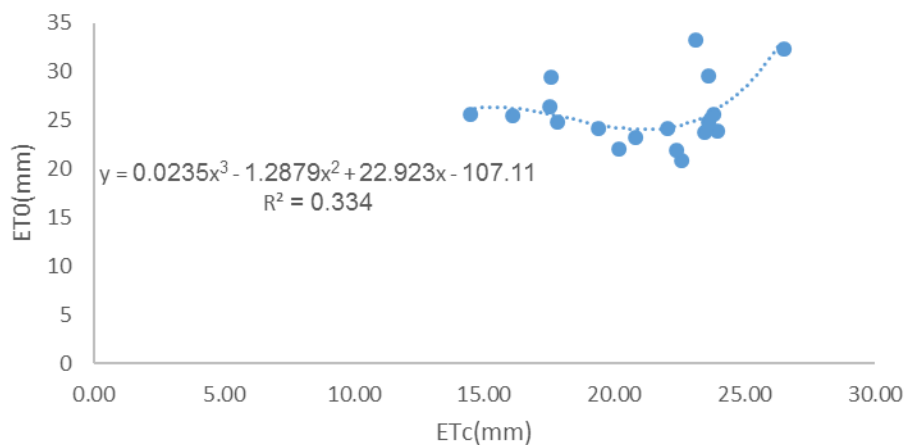
$$Y = -6E - 06x^3 + 0.0004x^2 + 0.0035x + 0.56 \quad (5)$$

$$R^2 = 0.81 \quad R = 0.626 \quad P \leq 0.01 \quad n = 18$$

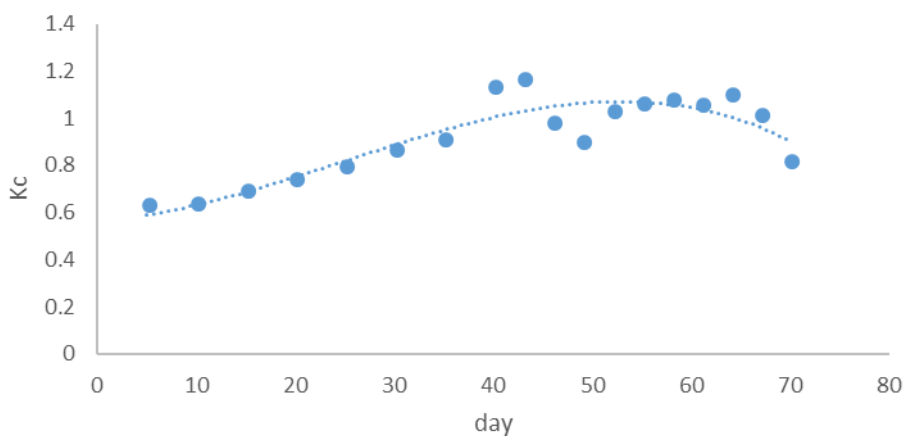
که در آن Y : ضریب گیاهی و x : روز پس از کشت است. از این معادله می‌توان در مواردی که امکان اندازه‌گیری تبخیر-تعرق واقعی گیاه (ET_c) وجود ندارد استفاده کرد. از آنجا تبخیر-تعرق گیاه مرجع و تبخیر-تعرق گیاه به‌طور هم‌زمان رخ می‌دهند، همبستگی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به شکل ۱ در ابتدای و انتهای دوره رشد، بین تبخیر-تعرق مرجع و



شکل ۱- تغییرات تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET₀) و تبخیر-تعرق گیاه گل مغربی (ET_c) در فصل رشد



شکل ۲- همبستگی بین تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET₀) و تبخیر-تعرق گیاه گل مغربی (ET_c)



شکل ۳- متوسط ضریب گیاهی اصلاح شده گیاه دارویی گل مغربی در ۴ تکرار

جدول ۴- تبخیر-تعرق گیاه مرجع، تبخیر-تعرق، ضریب گیاهی و ضریب گیاهی اصلاح شده گل مغربی

روز پس از اعمال تیمار	تبخیر- تعرق گیاه مرجع	تبخیر- ضریب گیاهی	میکرولاسیمتر ۱	تبخیر- ضریب گیاهی	میکرولاسیمتر ۲	تبخیر- ضریب گیاهی	میکرولاسیمتر ۳	تبخیر- ضریب گیاهی	میکرولاسیمتر ۴	تبخیر- ضریب گیاهی	متوسط	
میلی متر	میلی متر	میلی متر	میلی متر	میلی متر	میلی متر	میلی متر	میلی متر	میلی متر	میلی متر	میلی متر	میلی متر	
۵	۲۵/۶۱	۱۱/۸۲	۰/۴۴	۲۱/۸۵	۰/۸۵	۱۱/۳۸	۰/۴۴	۱۲/۵۲	۰/۴۹	۱۴/۳۹	۰/۵۶	۰/۶۳
۱۰	۲۹/۳۸	۱۱/۳۲	۰/۴۴	۲۵/۶۵	۰/۸۸	۱۷/۱۵	۰/۵۵	۱۵/۷۴	۰/۵۰	۱۷/۴۷	۰/۵۹	۰/۶۳
۱۵	۲۵/۴۸	۱۳/۵۶	۰/۵۳	۲۲/۹۶	۰/۶۳	۱۳/۵۶	۰/۷۳	۱۳/۸۶	۰/۶۳	۱۵/۹۸	۰/۵۳	۰/۶۹
۲۰	۲۶/۳۹	۱۴/۹۸	۰/۵۸	۲۲/۹۵	۰/۸۶	۱۵/۹۶	۰/۵۸	۱۵/۷۷	۰/۵۸	۱۷/۴۱	۰/۶۵	۰/۷۴
۲۵	۳۳/۲۸	۲۰/۷	۰/۶۱	۲۴/۰۶	۰/۹۴	۲۶/۹۹	۰/۶۶	۲۰/۵۵	۰/۵۵	۲۳/۰۴	۰/۶۹	۰/۷۹
۳۰	۲۹/۵۱	۲۱/۸۲	۰/۷۷	۲۴/۰۶	۰/۹۴	۲۶/۶۵	۰/۸۸	۲۱/۶۰	۰/۸۸	۲۳/۵۳	۰/۸۰	۰/۸۷
۳۵	۳۲/۳۷	۲۶/۶۵	۰/۸۸	۲۴/۰۶	۰/۹۰	۲۸/۸۱	۰/۷۶	۲۶/۱۳	۰/۷۶	۲۶/۴۱	۰/۸۲	۰/۹۱
۴۰	۲۱/۹۰	۲۱/۱۲	۰/۸۰	۲۴/۰۶	۰/۹۴	۲۰/۱۵	۱/۳۲	۲۳/۸۴	۱/۰۰	۲۲/۲۹	۱/۰۲	۱/۱۳
۴۳	۲۰/۸۰	۲۲/۶۵	۱/۰۰	۲۴/۰۶	۱/۱۸	۲۱/۹۴	۱/۱۸	۲۱/۲۳	۱/۰۰	۲۲/۴۷	۱/۰۹	۱/۱۶
۴۶	۲۳/۲۰	۲۱/۹۴	۰/۸۶	۲۴/۰۶	۰/۹۴	۲۲/۶۵	۰/۸۸	۱۴/۱۵	۰/۸۸	۲۰/۷۰	۰/۸۹	۰/۹۸
۴۹	۲۴/۱۸	۲۰/۵۲	۰/۸۰	۲۴/۰۶	۰/۹۴	۱۸/۴۰	۰/۷۶	۱۴/۱۵	۰/۶۹	۱۹/۲۹	۰/۸۰	۰/۹۰
۵۲	۲۱/۹۷	۲۱/۵۱	۰/۸۴	۲۴/۰۶	۰/۹۴	۱۶/۹۹	۰/۸۸	۱۷/۶۹	۰/۹۹	۲۰/۰۶	۰/۹۱	۱/۰۳
۵۵	۲۵/۶۱	۲۴/۰۶	۰/۹۴	۲۴/۰۶	۰/۹۴	۲۴/۰۶	۰/۹۴	۲۲/۶۵	۰/۸۸	۲۳/۷۱	۰/۹۳	۱/۰۶
۵۸	۲۳/۹۲	۲۳/۷۸	۱/۰۰	۲۴/۰۶	۱/۰۰	۲۳/۵۰	۱/۰۰	۲۴/۰۶	۱/۰۰	۲۳/۸۵	۱/۰۰	۱/۰۷
۶۱	۲۴/۷۶	۲۴/۰۶	۰/۹۴	۲۴/۰۶	۰/۹۴	۲۳/۳۵	۰/۹۵	۲۲/۶۵	۰/۹۸	۲۳/۵۳	۰/۹۵	۱/۰۶
۶۴	۲۳/۷۲	۲۲/۶۵	۰/۹۸	۲۴/۰۶	۱/۰۰	۲۴/۰۶	۰/۹۹	۲۲/۶۵	۰/۹۶	۲۳/۳۵	۰/۹۸	۱/۱۰
۶۷	۲۴/۱۱	۱۸/۴۰	۰/۸۹	۲۲/۶۵	۰/۹۸	۲۴/۰۶	۰/۹۹	۲۲/۶۵	۰/۸۸	۲۱/۹۳	۰/۹۱	۱/۰۱
۷۰	۲۴/۸۳	۱۴/۱۵	۰/۵۵	۱۸/۴۰	۰/۷۲	۲۴/۰۶	۰/۹۴	۱۴/۱۵	۰/۶۲	۱۷/۶۹	۰/۷۱	۰/۸۱
جمع	۴۶۱/۰۴	۳۵۵/۵۷	۴۲۳/۲۰			۳۸۳/۷۱		۳۴۶/۰۵		۳۷۷/۱۳		

جدول ۵- مقادیر ضریب گیاهی و طول مراحل رشد

دوره رشد	طول دوره (روز)	متوسط تبخیر-تعرق گل- مغربی (میلی متر بر روز)	متوسط ضریب گیاهی	متوسط ضریب گیاهی اصلاح شده
ابتدایی	۳۵	۳/۹۴	۰/۶۸	۰/۷۵
میانی	۲۳	۶/۶۲	۰/۹۵	۱/۰۵
انتهایی	۱۲	۷/۲۱	۰/۸۹	۱/۰۰

نتیجه گیری

راه‌های ارائه شده در رابطه با بررسی نیاز آبی گیاهان، تعیین میزان ضرایب گیاهی آن‌هاست. در این تحقیق میزان تبخیر-تعرق گیاه دارویی گل مغربی با استفاده از نتایج میکرولاسیمتر با روش ۳۷۷/۱۳ میلی متر اندازه‌گیری شد. با استفاده از داده‌های تشت

اطلاع از میزان تبخیر-تعرق و یا میزان آب مصرفی گیاه اساس یک برنامه‌ریزی آبیاری را تشکیل می‌دهد. یکی از بهترین بیلان آبی در طول ۷۰ روز از آغاز آزمایش به میزان

زارعی، ع.، ظهراپی، ص. و بومه، ف. ۱۳۹۶. ارزیابی مراحل مختلف رشو و تعیین ضریب گیاهی (Kc) سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۴ (۳۳): ۵۹۷-۶۰۷.

شکری، س.، هوشمند، ع. و قربانی، م. ۱۳۹۶. برآورد ضریب تشت تبخیر به منظور محاسبه تبخیر-تعرق گیاه مرجع در منطقه اهواز. علوم مهندسی آبیاری. ۱ (۴۰): ۱-۱۲.

صارمی، م.، فرهادی، ب.، ملکی، ع. و فراستی، م. ۱۳۹۴. تعیین ضرایب گیاهی و نیاز آبی عدس به روش بیلان آبی (مطالعه موردی: خرم‌آباد). نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران. ۲ (۶): ۸۷-۹۸.

طلائی، پ.، شعبانی، م.، معروفی، ص. و زارع ایبانه، ح. ۱۳۸۸. سنجش مناسب‌ترین ضریب تشت تبخیرسنج کلاس A در برآورد تبخیر-تعرق پتانسیل در شیراز. همایش ملی بحران آب در کشاورزی و منابع طبیعی. ۷. ۸. تهران.

علیزاده، ا. ۱۳۸۹. رابطه آب و خاک و گیاه و اتمسفر. ۱۰. تبخیر-تعرق و نیاز آبی گیاهان. دانشگاه امام رضا (ع). ۴۸۴.

کویایی، ج.، اسلامیان، س. و زارعیان، م. ۱۳۹۰. اندازه‌گیری و مدل‌سازی نیاز آبی و ضریب گیاهی خیار، گوجه‌فرنگی و فلفل با استفاده از میکروولایسیمتر در گلخانه. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۲ (۷): ۵۱-۶۴.

موسوسی بایگی، م.، عرفانیان، م. و سرمد، م. ۱۳۸۸. استفاده از حداقل داده‌های هواشناسی برای برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع و ارائه ضرایب اصلاحی (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی). مجله آب و خاک. ۲۳ (۱): ۹۱ تا ۹۹.

نورالهی، م.، حسن‌لی، ع.، قنبریان، غ. و تقوایی، م. ۱۳۹۵. برآورد ضریب گیاهی (Kc) گیاهان دارویی رزماری، اسطوخودوس و مارتیغال (خارمریم) با استفاده از بیلان آبی. نشریه آبیاری و زهکشی. ۱۰ (۱): ۱۱۷-۱۲۷.

نوقایی، س.، حمامی، ح. و سیوکی، ع. ۱۳۹۸. تعیین میزان تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی خارمریم در دشت بیرجند. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳ (۳۳): ۴۹۳-۵۰۵.

تبخیر، متوسط ضریب گیاهی در کل دوره رشد گیاه دارویی گل-مغربی برابر با ۰/۹۲ به دست آمد. بر اساس نمودار ضریب گیاهی، مرحله ابتدایی، میانی و انتهایی نشاء یک‌ساله گیاه دارویی گل‌مغربی به ترتیب ۳۵، ۲۳ و ۱۲ روز است. مقدار ضریب گیاهی برای این مراحل به ترتیب ۰/۷۵، ۱/۰۵ و ۱/۰۰ حاصل شد. متوسط تبخیر-تعرق به ترتیب در مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی برابر با ۳/۹۴، ۶/۶۲ و ۷/۲۱ میلی‌متر در روز به دست آمد. با توجه به نتایج نیاز آبی و مقایسه آن با برخی از گیاهان دارویی، می‌توان گفت گل‌مغربی دارای نیاز آبی پایینی است. با توجه به اینکه مطالعه حاضر پارامترهای محدودی را در نظر گرفته است، انجام مطالعات دیگر با استفاده از پارامترهای هواشناسی برای تخمین نیاز آبی و ضریب گیاهی گل‌مغربی به منظور اعتبارسنجی این روش می‌تواند مفید باشد. با این حال این تکنیک می‌تواند در شرایطی که اطلاعات هواشناسی در دسترس نیست، راهگشا باشد.

منابع

ابراهیمی، م.، وردی‌نژاد، و.، بشارت، و. و عبدی، م. ۱۳۹۷. تعیین تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی مراحل رشد گیاه دارویی ریحان در کشت گلخانه‌ای. مدیریت آب و آبیاری. ۱ (۸): ۱-۱۱.

حقی، د.، نیشابوری، م.، هریس، ا. و حسن‌پور، ر. ۱۳۹۵. تعیین ضریب گیاهی منفرد و پایه گیاه دارویی گاوزبان در منطقه کرکج تبریز. نشریه دانش آب و خاک. ۱ (۲۶): ۲۵-۳۷.

رحیمی، ز. ۱۳۹۳. بررسی برخی شاخص‌های مورفوبیولوژیکی گیاه خرفه در شرایط تنش خشکی. پایان‌نامه دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد.

رزمی، ز. و قائمی، ع. ۱۳۹۰. تعیین ضرایب گیاهی و تنش آب خاک گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه شیشه‌ای. علوم و فنون کشت گلخانه‌ای. ۷ (۲): ۷۵-۸۶.

زارعی، ع.، امیری، ج.، ظهراپی، ص. و بومه، ف. ۱۳۹۵. تعیین ضریب گیاهی در گونه (*Medicago polymorpha*) با استفاده از میکروولایسیمتر. نشریه علمی پژوهشی مرتع. ۲ (۱۰): ۲۰۴-۲۱۲.

- Management. 235,106154.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106154>.
- Hall, I. V., Steiner, E., Threadgill, P. and Jones, R. W. 1988. The biology of Canadian weeds. 84. *Oenothera biennis* L. Canadian Journal of Plant Science. 68(1): 163–173.
- López-Urrea, R., Olalla, Fm., Fabeiro, C. and Moratalla A. 2006. An evaluation of two hourly reference evapotranspiration equations for semiarid conditions. *Agricultural Water Manage* 86(3): 277–282.
- Panda, R.k., Patra, S. and Halder, D. 2014. Low Cost PVC Hydraulic Weighing Lysimeter for Measurement of Crop Evapotranspiration. *Acta Hortic* 1015: 317–324. DOI:10.17660/ActaHortic.2014.1015.34.
- Reddy, K., Arunajayothy, S. and Mallikarjuna. 2015. Crop Coefficients of Some Selected Crops of Andhra Pradesh. *J. Inst. Eng. India Ser. A*. 96(2):123-130.
- Seva, N. and Pascual, B. 2021. Determination of crop coefficient for chufa crop (*Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck.) for sustainable irrigation scheduling. *Science of The Total Environment*. 768, 144975. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.144975>.
- Shrestha, S. and Kazama, F. 2007. Assesment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. *Environment Modelling Software*. 22 (4): 464- 475.
- Sohrabi, O., Ghasemzadeh, A., Nadimi, A. and Shahbazy, M. 2017. Seed oil quality of GA3 induced flowering evening primrose (*Oenothera biennis* L). *Iranian Journal of Plant Physiology*. 7(2): 1971-1981.
- Vaughan, P.j., Trout,T.j. and Ayars, J.e. 2007. A processing method for weighing lysimeter data and comparison to micrometeorological ET0 predictions. *Agricultural Water Manage*. 88(3): 141–146.
- Allen, R. G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration – uidelines for computing. crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, 1998, ISBN 92-5-104219-5.
- Allen, R.G., Clemmens, A.J., Burt, C.M., Solomon, K. and O’Halloran, T. 2005. Prediction accuracy for projectwide evapotranspiration using crop coefficients and reference evapotranspiration. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 131(1): 24–26.
- Dietrich, W., Wagner, W. L. and Raven, P.H. 1997. Systematics of *Oenothera* section *Oenothera* subsection *Oenothera* (Onagraceae). *American Society of Plant Taxonomists*. 50: 1-234. <https://doi.org/10.2307/25027870>.
- Dingre, S. and Grantiwar, S.D. 2020. Agricultural Water Management. Determination of the water requirement and crop coefficient values of sugarcane by field water balance method in semiarid region. *Agricultural Water Management*. 232, 106042. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106042>.
- Elisha, J., Paisar, L. and Elpidio, R. 2020. Estimating Evapotranspiration and Crop Coefficient of Vegetable Crops Using Pot Micro-lysimeters. *Philippine Journal of Science*. 149 (4): 1107-1118.
- Facchi, A., Masseroni, D. and Miniotti, E.f. 2016. Self-made microlysimeters to measure soil evaporation: a test on aerobic rice in northern Italy. *Paddy Water Environ*. 15(13): 669-680.
- Fisher, D. 2004. Simple and Inexpensive Lysimeters for Monitoring Reference- and Crop-ET. 25th Annual International Irrigation Show by the Irrigation Association. Tampa, FL, USA. 9p.
- Gimenez, R., Sorlino, D.M., Bertero, H.D. and Ploschuk, E.L. 2013. Flowering regulation in the facultative biennial *Oenothera biennis* L. environmental effects and their relation to growth rate. *Industrial Crops and Products*. 44: 593-599. <https://sci.bban.top/pdf/10.1016/dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.09.017>.
- Gong, X., Qiu, R., Sun, J., Ge, J., Li, Y. and Wang, S. 2020. Evapotranspiration and crop coefficient of tomato grown in a solar greenhouse under full and deficit irrigation. *Agricultural Water*

Crop Coefficient of the Medicinal Plant Evening Primrose (*Oenothera biennis* L.)

A. Gholamzadeh¹, H. Ansari², S.M. Hashemina³ and M. Azizi⁴

Abstract

In all methods in which the evapotranspiration of plants is counted as a reference, in order to generalize the results to the vegetation, it is necessary to multiply the acquired amount to the crop coefficient. An experiment was done to estimate the crop coefficient amount of evening primrose that was repeated four times in a time period of 70 days on March 2018.[D1], in a weather station located in the agriculture college of Ferdowsi University of Mashhad. In this experiment, the plants were cultivated in white plastic pots (micro-lysimeter) by 50 centimetre height and 30 centimeter width. The demanded amount of water to provide the plants' water needs is considered based on the field capacity. By controlling the water balance in pots, the evapotranspiration of plants was measure and by the use of evaporation pan A data, the crop coefficient was calculated. According to the results of this study the crop coefficient of evening primrose in the initial, middle and final steps are 0.75, 1.05 and 1.00 respectfully. The average in whole the period evening primrose growth was 0.92. The total amount of evapotranspiration of plants was estimated to be about 377 millimeters.

Keywords: Evapotranspiration, Evaporation Pan, Micro- Lysimeters

¹ M. Sc. of Irrigation and Drainage Engineering, Department of Water Sciences and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

² Professor, Department of Water Sciences and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, , Mashhad, Iran (* Corresponding Author Email: ansariran@gmail.com)

³ Assistant Professor, Department of Water Sciences and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

⁴ Professor, Department of Gardening Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Received: 20 April 2021

Accepted: 21 May 2021