نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۳ / شماره ۳/ ۱۳۹۸

10.22092/jwra.2019.126042.652

تعیین میزان تبخیر و تعرق و ضریب گیاهی خارمریم در دشت بیرجند

سعید قوام سعیدی نوقابی، حسین حمامی[۱]*و عباس خاشعی سیوکی

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

saeidghavam@birjand.ac.ir

استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

hhammami@birjand.ac.ir

دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

abbaskhashei@birjand.ac.ir

چکیده

آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده توسعه کشاورزی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. یکی از مهم‌ترین داده‌ها برای مدیریت آب، مقدار آب مورد نیاز گیاهان است. در این رابطه، با اندازه‌گیری ورودی‌ها و خروجی‌ها، از روش بیلان آبی به‌کمک لایسیمترها استفاده می‌شود. در این پژوهش، به‌منظور تعیین نیاز آبی گیاه خارمریم *Silybum marianum* (*L.*) به‌عنوان یک گیاه دارویی مهم، آزمایشی به‌مدت یک سال زراعی در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال ۱۳۹۷ انجام شد. در این رابطه، از شش عدد لایسیمتر وزنی استفاده شد که سه لایسیمتر به محاسبه تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع (چمن) اختصاص یافت و در سه لایسیمتر دیگر گیاه خارمریم کشت شد. بر اساس نتایج بدست آمده، میزان تبخیر-تعرق پتانسیل و تبخیر-تعرق واقعی به‌ترتیب برابر ۱۱۷۹/۵ و ۹۲۰/۲ میلی‌متر در طی ۱۷۷ روز دوره رشد گیاه خارمریم برآورد شد. طول مراحل مختلف رشد گیاه شامل مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی به‌ترتیب برابر ۲۲، ۳۵، ۷۰ و ۵۰ روز بدست آمد. میانگین ضریب گیاهی در مراحل چهارگانه رشد گیاه به‌ترتیب برابر ۰/۳۴، ۰/۶۹، ۰/۹۳ و ۰/۷۷ حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: بیلان آبی، تبخیر و تعرق گیاه مرجع، لایسیمتر وزنی، نیاز آبی

۱- آدرس نویسنده مسئول: بیرجند، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

*- دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۸ و پذیرش: مرداد ۱۳۹۸

مقدمه

با توجه به کمبود آب در ایران، تعیین نیاز آبی و میزان تبخیر و تعرق واقعی محصولات کشاورزی در هر منطقه، امری ضروری به‌نظر می‌رسد. برای صرفه‌جویی در مصرف آب، باید آب مورد نیاز گیاه محاسبه و بر اساس نیاز آبی در اختیار گیاه قرار گیرد (علیزاده، ۱۳۹۲). نیاز آبی در واقع میزان آب مورد نیاز گیاه برای جبران تلفات تبخیر و تعرق یک گیاه بوده و بر اساس دو روش مستقیم و محاسبه‌ای برآورد می‌شود. در روش مستقیم، میزان تبخیر و تعرق در بخش کنترل‌شده‌ای از زمین و با استفاده از لایسیمترها اندازه‌گیری می‌شود، به این صورت که گیاه مورد نظر در لایسیمتر کشت شده و با استفاده از بیلان رطوبتی، میزان تبخیر و تعرق محاسبه می‌شود. در روش محاسبه‌ای، دیگر نیازی به کشت مستقیم گیاه نیست و با داشتن میزان تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع، ضریب گیاهی گونه مورد نظر و با استفاده از روابط مشخص می‌توان به میزان تبخیر و تعرق واقعی گیاه دست یافت (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

طبق آمار سازمان بهداشت جهانی بالغ بر ۸۰ درصد مردم جهان، به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه و نواحی فقیر و دورافتاده، بیش‌تر نیازهای درمانی خود را از گیاهان دارویی تأمین می‌کنند. گیاهان دارویی به‌دلیل ماهیت طبیعی و وجود ترکیبات دارویی، با بدن سازگارترند و معمولاً فاقد عوارض ناخواسته هستند (یزدانی بیوکی و عبادی، ۱۳۹۷).

خارمریم گیاهی دارویی، علفی، یک‌ساله یا دوساله، از خانواده آفتاب‌گردان و بومی اروپا و شمال آفریقا است و در استان‌های گلستان، مازندران، گیلان، خوزستان، بوشهر، لرستان، کرمانشاه و خراسان رضوی به‌صورت وحشی یافت می‌شود (محمدپور و همکاران، ۱۳۹٦؛ سهرابی و همکاران،۱۳۹٦؛ مظفریان، ۱۳۹۰). این گیاه دارای دو گونه Silybum marianum با برگ‌هایی به رنگ سفید و سبز و گونه Silybum eborneom دارای برگ‌هایی به رنگ تمام سبز است. خارمریم با اغلب شرایط بوم شناختی ایران سازگار است. تحمل خشکی و شوری را دارد و در مجموع گیاه کم توقعی محسوب می‌شود. این گیاه در طول دوره رویش به هوای گرم و آفتاب فراوان نیاز دارد. دانه‌هایش در دمای هشت تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد جوانه می‌زنند، ولی درجه حرارت مطلوب برای جوانه‌زنی دانه بین ۱۸ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد است. خارمریم در مناطق سردسیر در فصل بهار و در مناطق معتدل و گرمسیر به‌صورت پاییزه کشت می‌شود (یزدانی بیوکی و عبادی، ۱۳۹۷). این گیاه ارزش اقتصادی فراوانی دارد، به‌طوری‌که تجارت سالانه آن حدود هشت میلیارد دلار است (خان و همکاران، ۲۰۱۳). سیلی‌مارین (ماده اصلی و موثره گیاه خارمریم) در همه بخش‌های گیاه یافت می‌شود، اما در میوه یعنی همان دانه تجمع بیش‌تری دارد. میوه این گیاه علاوه بر ترکیبات فلاونوئیدی، حاوی ماده تلخی است که منشأ آن ترکیبات رزینی و روغنی می‌باشد. مقدار روغن دانه بین ۲۰ تا ۲۵ درصد است (یزدانی بیوکی و عبادی، ۱۳۹۷). سیلی‌مارین به‌دلیل دارا بودن خاصیت آنتی‌اکسیدانی برای درمان بیماری‌های کبدی و انواع هپاتیت استفاده می‌شود (پلاتونو و همکاران، ۲۰۱۰؛ سوتو و همکاران،۲۰۱۰؛ کارکانیس و همکاران، ۲۰۱۱). مصرف سیلی‌مارین در جلوگیری از ابتلا به زخم معده نیز مؤثر است (یزدانی بیوکی و عبادی، ۱۳۹۷).

شریفی عاشور آبادی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی اقدام به برآورد ضریب گیاهی و نیاز آبی گیاه دارویی بومادران با استفاده از لایسیمتر زهکش‌دار نمودند. نتایج نشان داد که مقادیر ضریب گیاهی در مراحل اولیه، توسعه، میانی و انتهایی به‌ترتیب برابر با ۰/۱٦، ۰/٤٥، ۱/۰٥ و ۰/۸۱ برآورد و مقدار خاص آب آبیاری گیاه بومادران معادل ۱٤۹/۷۲ میلی متر گزارش شد. قمرنیا و همکاران (۱۳۹۳) پژوهشی را با هدف برآورد نیاز آبی و ضرایب گیاهی یک‌جزئی و دوجزئی رزماری در اقلیم نیمه‌خشک کرمانشاه انجام دادند. نتایج نشان داد که نیاز آبی گیاه رزماری برابر با ٤۹٥/٦۳ میلی‌متر بود. همچنین، ضرایب گیاهی یک‌جزئی و دوجزئی رزماری در مراحل اولیه،

توسعه و میانی به‌ترتیب برابر با ۰/۳۰، ۰/۶۳، ۰/۹۶ و ۰/۳۲، ۱/۲۰، ۱/۰۵ گزارش شد.

هاشمی‌نسب و همکاران (۱۳۹۳) پژوهشی را به‌منظور برآورد ضرایب گیاهی و نیاز آبی گیاه دارویی همیشه بهار در اقلیم نیمه‌خشک کرمان انجام دادند. در این پژوهش به‌منظور برآورد تبخیر و تعرق محصول از شش عدد لایسیمتر استفاده شد که در پنج لایسیمتر گیاه دارویی همیشه بهار و در یک لایسیمتر گیاه مرجع کشت شد. نتایج نشان داد، نیاز آبی گیاه همیشه بهار برابر با ۳۲۰/۶ میلی‌متر و مقادیر ضرایب گیاهی در چهار مرحله رشد ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی به‌ترتیب برابر با ۰/۷۱، ۱/۲۸، ۱/۵ و ۰/۶۶ بود.

کیانی و همکاران (۱۳۹۳) اقدام به برآورد نیاز آبی و ضریب گیاهی روزانه دو واریته آفتاب‌گردان یوروفلور و سیرنا تحت مدیریت آبیاری قطره‌ای- نواری نمودند. در این پژهش بر اساس معادله بیلان آب و خاک، متوسط ضریب گیاهی در مراحل توسعه، میانی و انتهایی به‌ترتیب برابر با ۰/۷۵، ۱/۱۸ و ۰/۹۰ برای واریته یوروفلور و ۰/۷۲، ۱/۱۵ و ۰/۸۴ برای واریته سیرنا حاصل شد. همچنین مقدار فصلی تبخیر و تعرقواقعی واریته‌های یوروفلور و سیرنا به‌ترتیب برابر با ۶۰۱ و ۵۷۵ میلی‌متر گزارش شد.

نورالهی و همکاران (۱۳۹۵) به برآورد ضریب گیاهی و نیاز آبی گیاهان دارویی اسطوخودوس و ماریتیغال با استفاده از لایسیمتر زهکش‌دار پرداختند. در این بررسی ضریب گیاهی مراحل چهارگانه رشد گیاه اسطوخودوس به‌ترتیب برابر ۰/۲، ۱/۰۹، ۰/۱۸ و ۱/۱۸ و میزان کل تبخیر و تعرق واقعی گیاه برابر ۱۱۹۱/۴ میلی‌متر برآورد شد. همچنین ضریب گیاهی ماریتیغال در مراحل اولیه، توسعه، میانی و انتهایی به‌ترتیب برابر با ۰/۳، ۰/۷۷، ۱/۰۴، ۰/۸۵ و میزان تبخیر و تعرق واقعی ماریتیغال برابر با ۳۷۲/۶ میلی‌متر گزارش شد.

در پژوهشی دیگر، میزان تبخیر و تعرق دو گونه بابونه و زیره سبز در منطقه خرم‌آباد به‌ترتیب برابر ۶۱۰/۳ و ۴۱۶/۴ میلی‌متر و میزان ضریب گیاهی در دوره‌های مختلف رشد برای گونه بابونه به‌ترتیب برابر ۰/۱۶، ۰/۵۴، ۰/۸۶ و ۰/۵ و برای گونه زیره سبز به‌ترتیب برابر ۰/۱۴، ۰/۵۲، ۰/۷ و ۰/۵ حاصل شد (سعیدی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۷).

قوام‌سعیدی نوقابی و همکاران (۱۳۹۸) پژوهشی را در طی یک سال زراعی برای تعیین ضریب گیاهی چای ترش در منطقه بیرجند انجام دادند. در این پژوهش، نیاز آبی چای ترش و تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع با استفاده از لایسیمتر و به روش بیلان آب محاسبه شد. در نهایت در پایان فصل رشد، مقادیر ضرایب گیاهی در چهار مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی برای این گیاه به‌ترتیب برابر ۱/۲۶، ۱/۵۵، ۱/۸۱ و ۰/۹۶ برآورد شد.

پستاچی و همکاران (۲۰۰۹) نیاز آبی و ضریب گیاهی گیاهان صنوبر و بید را در ایتالیا بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد در سال ۲۰۰۶ تبخیر و تعرق (در طول ۱۳۲ روز) برای گیاه صنوبر و بید به‌ترتیب در شرایط کود دهی ۷۱۹ و ۹۱۹ میلی‌متر و در شرایط عدم کود دهی ۳۱۹ و ۶۰۷ میلی‌متر محاسبه شد. حداکثر میزان تبخیر و تعرقروزانه صنوبر ۱۱/۵۵ و بید ۱۵/۰۹ میلی‌متر برآورد شد. همچنین مقدار ضریب گیاهی برای هر دو گیاه در ماه‌های اگوست و سپتامبر بین ۱/۲ تا ۲/۹ در شرایط عدم کود دهی و بین ۲/۵ تا ۴ در شرایط کود دهی برآورد شد.

در پژوهشی دیگر، حسن‌لی و پزانیتی (۲۰۱۳) به‌منظور تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی گوجه‌فرنگی در دشت شمال آدلاید استرالیا آزمایشی انجام دادند. میزان ضریب گیاهی در مراحل اولیه رشد بین ۰/۴۹ تا ۰/۶۱، در مرحله توسعه بین ۰/۵۳ تا ۱/۳۴، در مرحله رشد میانی بین ۱/۱۷ تا ۱/۳۸ و در مرحله رشد نهایی بین ۰/۷۱ تا ۰/۹۲ برآورد شد. همچنین میزان تبخیر و تعرق در طول فصل رشد گیاه، ۹۵۱ میلی‌متر برآورد شد.

پارادس و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی نیاز آبی، ضریب گیاهی و ضریب حساسیت به کم آبی سیب‌زمینی را در دو سال مطالعه کردند و بر اساس داده‌های گردآوری شده، مدل SIMDualKc را واسنجی و صحت‌سنجی کرده

و توسعه دادند. نتایج نشان داد که برآورد دقیق نیاز آبی و مدیریت زمان کشت در کاهش آب آبیاری به‌صورت معنی‌داری نقش دارد و مدیریت آب مصرفی را بهبود می‌بخشد.

به طور کلی بررسی منابع مختلف علمی نشان می‌دهد که پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه نیاز آبی عمدتاً در مورد محصولات زراعی و باغی بوده و برای گیاهان دارویی از جمله خارمریم که گیاه اکوسیستم‌های خشکی بوده، مطالعات اندکی صورت گرفته است؛ بنابراین این مطالعه با هدف برآورد نیاز آبی و ضریب گیاهی خارمریم تحت شرایط اقلیمی بیرجند انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۷ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۷ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱٤۸۰ متر از سطح دریا اجرا شد. با توجه به ضریب خشکی دومارتن که برای شهرستان بیرجند کمتر از ۱۰ هست، اقلیم خشک برای آن متصور شده است (علیزاده، ۱۳۸۹). متوسط بارندگی این منطقه کمتر از ۱۲۰ میلی‌متر و میانگین سالانه دمای آن ۱٦ درجه سانتی‌گراد است. به‌منظور اطلاع از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده، قبل از کاشت نمونه‌برداری انجام شد. نتایج مربوطه به‌ترتیب در جداول (۱) و (۲) ارائه‌شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	رطوبت حجمی ظرفیت زراعی (درصد)	رطوبت حجمی نقطه پژمردگی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	کربن آلی (درصد)
لوم	۱/۴	۲۵/۰۶	۱۶/۵۲	۸/۱۲	۷/۸	۰/۴۹

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	SAR	کاتیون‌ها (میلی اکی‌والانت بر لیتر)				آنیون‌ها (میلی اکی‌والانت بر لیتر)			
			Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	Hco_3^{-}	Co_3^{2-}	So_4^{2-}
۱/۴	۸	۷/۵	۳/۵	۲/۷	۱۳/۳	۰/۰۸	۸/۸	۴/۹	۰	۶/۴

عملیات کاشت

برای اجرای این طرح با توجه به اندازه و ارتفاع گیاه، از شش عدد لایسیمتر وزنی (گلدانی) به قطر ۲۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر استفاده شد. در سه عدد از لایسیمترها گیاه خارمریم و در سه لایسیمتر دیگر گیاه مرجع (چمن) کشت شد. به‌منظور خروج آب اضافی و اندازه‌گیری آن، از لایسیمترهایی استفاده شد که در کف هر یک از آن‌ها سوراخ‌هایی تعبیه شده بود. از سویی، برای سهولت در انجام عمل زهکشی، در کف هر کدام از لایسیمترها یک لایه شن درشت ریخته شد و حجم باقی‌مانده با خاک به همراه کود پوسیده حیوانی به‌منظور رشد بهتر گیاه پر شد. قبل از کشت برای تحکیم خاک، دو نوبت خاک داخل لایسیمترها آبیاری شد و پس از نشست کامل مجدداً تا سطح مورد نظر با خاک پر شد. همچنین به‌منظور جلوگیری از تابش مستقیم نور خورشید و برقراری شرایطی مشابه با شرایط مزرعه، لایسیمترها در داخل خاک کارگذاری شد.

در هر لایسیمتر به طور متوسط تعداد ۱۰ عدد بذر خارمریم به‌منظور افزایش شانس جوانه‌زنی بذر، در تاریخ ۱۳۹۷/۰۱/۲٦ کشت و پس از سبز شدن اقدام به تنک‌کردن گیاه شد. در طی فصل رشد گیاه، در صورت مشاهده علف‌هرز به دفعات لازم وجین دستی انجام شد. در طی انجام آزمایش، آب زهکشی شده از لایسیمترها به‌صورت وزنی اندازه‌گیری و سپس با استفاده از ظروف مدرج به حجم و ارتفاع آب تبدیل شد. قبل از کشت، رطوبت خاک

مورد استفاده در محدوده ظرفیت زراعی با استفاده از صفحات فشاری اندازه‌گیری و سپس به‌صورت درصد حجمی تعیین شد. وزن مجموعه لایسیمتر و خاک در این رطوبت محاسبه شد، سپس سعی شد وزن لایسیمتر و در نتیجه رطوبت خاک در این حد حفظ شود. شکل (۱) وضعیت لایسیمترها را در مرحله میانی دوره رشد گیاه نشان می‌دهد.

شکل ۱- نمایی از وضعیت لایسیمترها در مرحله میانی دوره رشد گیاه

برنامه‌ریزی آبیاری

در طی دوره رشد گیاه، اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک و میزان آب مورد نیاز به‌صورت وزنی انجام شد و آبیاری به گونه‌ای اعمال شد که میزان رطوبت خاک در حد رطوبت سهل‌الوصول باقی بماند. به این صورت که هر روز گلدان‌ها وزن شد و زمانی که رطوبت خاک به حد پایین رطوبت سهل‌الوصول (θ_m) رسید، آبیاری صورت گرفت. میزان رطوبت سهل‌الوصول و حد پایین آن با استفاده از روابط (۱) و (۲) محاسبه شد (علیزاده، ۱۳۹۲).

$$RAW = MAD(\theta_{FC}-\theta_{PWP}) \quad (۱)$$

$$\theta_m = \left|\theta_{FC}-MAD(\theta_{FC}-\theta_{PWP})\right| \quad (۲)$$

که در آن‌ها:

MAD حداکثر میزان تخلیه و مقدار آن ۰/۵ در نظر گرفته شد. θ_{FC} میزان درصد رطوبت حجمی در ظرفیت زراعی و θ_{PWP} میزان درصد رطوبت حجمی در نقطه پژمردگی است. آب مورد نیاز گیاه مرجع (چمن) نیز طبق روش مطرح شده اعمال شد.

تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET_O)

در این پژوهش از کشت مستقیم چمن برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع استفاده شد. روش کار به این صورت بود که قبل از کاشت بذر خارمریم، بذر چمن در لایسیمترهای مربوطه کشت شد و اجازه داده شد تا ارتفاع ۱۲ سانتی‌متری رشد کنند. در طول دوره رشد گیاه خارمریم، ارتفاع گیاه چمن در این حد حفظ و در حد پتانسیل آبیاری شد. نیاز آبی چمن در طول دوره رشد ثبت و به‌عنوان تبخیر و تعرق پتانسیل در نظر گرفته شد.

تبخیر و تعرق واقعی(ET_C)

تبخیر و تعرق واقعی گیاه، به‌صورت مستقیم و با استفاده از معادله بیلان رطوبتی تعیین شد. معادله بیلان رطوبتی، شامل میزان آب ورودی و خروجی به ناحیه ریشه گیاه در دوره‌های زمانی مشخص هست که اساس کار لایسیمتر وزنی است. با توجه به اینکه لایسیمتر یک محیط بسته بوده 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 کلی بیلان رطوبتی برای یک محیط بسته مانند لایسیمتر به‌صورت رابطه (۳) هست (آلن و همکاران، ۱۹۹۸):

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

که در آن:

ET_C تبخیر و تعرقواقعی گیاه (میلی‌متر) ، I آب آبیاری (میلی‌متر) ، P میزان بارندگی (میلی‌متر) ، D آب زهکشی شده (میلی‌متر) و ΔS تغییرات ذخیره رطوبت خاک (میلی‌متر) است. هر یک از ویژگی‌های فوق در طول دوره رشد گیاه به روش وزنی اندازه‌گیری و در نهایت میزان تبخیر و تعرقواقعی گیاه محاسبه شد.

ضریب گیاهی (K_C)

در این پژوهش با استفاده از رابطه (٤) مقدار ضریب گیاهی در طول دوره رشد گیاه محاسبه و سپس نمودار ضریب گیاهی ترسیم شد. برای بررسی تغییرات ضریب گیاهی در طول دوره رشد، اقدام به برازش منحنی غیرخطی مناسب بر روی داده‌های مربوط به ضریب گیاهی شد (کو و همکاران، ۲۰۰۹). سپس بر اساس روش فائو نمودارهای مربوط به ضریب گیاهی ترسیم و ضرایب گیاهی در مراحل چهارگانه رشد محاسبه شد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

$$K_C = \frac{ET_C}{ET_O} \qquad (٤)$$

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 به‌کمک آزمون ANOVA انجام شد. سپس به‌منظور مقایسه دو به دو مجموعه داده‌ها در لایسیمترهای مختلف از آزمون LSD محافظت شده در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel 2010 ترسیم شد. تغییرات تبخیر و تعرق و ضریب گیاهی نسبت به روزهای پس از کاشت با استفاده از معادله ۵ برازش داده شد.

$$Y = ax^2 + bx + c \qquad (۵)$$

که در این معادله X متغییر مستقل بوده و بیانگر روزهای پس از کاشت است و Y متغییر وابسته بوده که می‌تواند میزان تبخیر و تعرق و یا ضریب گیاهی باشد. مقادیر a،b و c نیز ضرایب معادله هستند.

نتایج و بحث

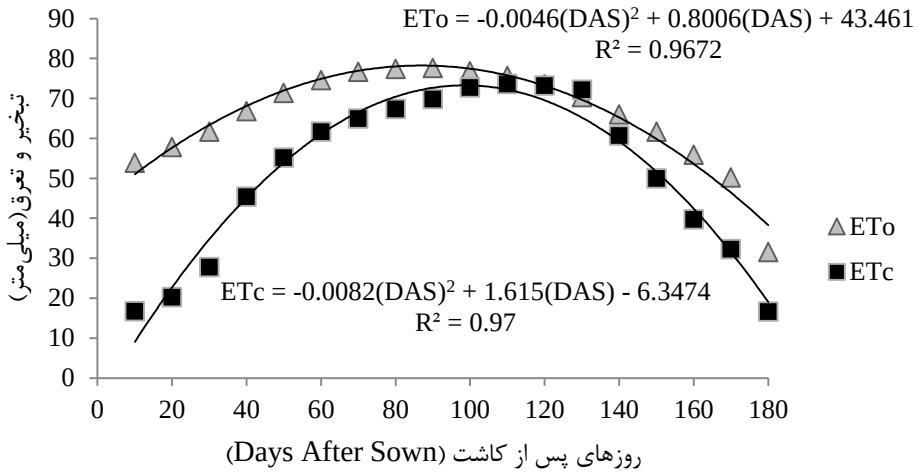
مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل، تبخیر و تعرق واقعی و ضریب گیاهی خارمریم به‌صورت ۱۰ روزه در طی دوره رشد گیاه در جدول (۳) ارائه‌شده است. نتایج نشان داد، مقادیر سالانه تبخیر و تعرق واقعی و پتانسیل در طی دوره رشد گیاه به‌ترتیب برابر ۹۲۰/۲ و ۱۱۷۹/۵ میلی‌متر هست. با توجه به جدول یادشده، تبخیر و تعرق واقعی گیاه در مرحله ابتدایی به دلیل رشد کم و کوچک بودن گیاه، پایین بوده و سپس در مرحله توسعه با افزایش رشد گیاه، افزایش شاخص سطح برگ و افزایش تعرق، افزایش یافته است. در مرحله میانی به دلیل توسعه اندام هوایی گیاه و پر شدن دانه‌ها، میزان تبخیر و تعرق واقعی گیاه به حداکثر مقدار خود رسیده و به تدریج در مرحله پایانی روند کاهشی داشته است. در پژوهش صابری و همکاران (۱۳۹٦) مشابه نتایج این بخش، تبخیر و تعرق واقعی در مرحله میانی بیش‌ترین مقدار را داشته است.

نمودار تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل و واقعی گیاه خارمریم در شکل (۲) نشان داده شده است. روزهای پس از کاشت متغییر مستقل و میزان تبخیر و تعرق پتانسیل و واقعی متغییر وابسته است که با توجه به برازش مناسب داده‌ها می‌توان با دقت بالایی میزان تبخیر و تعرق پتانسیل و واقعی را با استفاده از معادله‌های به دست آمده برای روزهای پس از کاشت تعیین کرد. در ابتدا و انتهای دوره رشد گیاه، اختلاف بین تبخیر و تعرق پتانسیل و واقعی زیاد بوده، ولی در اواسط دوره رشد، این اختلاف کم می‌شود. با توجه به شکل (۲)، مقادیر متوسط تبخیر و تعرق پتانسیل و واقعی گیاه در دوره‌های ۱۰ روزه به‌ترتیب بین ۵۰ تا ۷۷ و ۱٦ تا ۷٤ میلی‌متر در حال تغییر بوده است. همچنین، مقادیر حداکثر و حداقل متوسط تبخیر و تعرق واقعی گیاه به‌ترتیب

برابر ۷۳/٦ و ١٦/٦ و تبخیر و تعرق پتانسیل به‌ترتیب برابر ۷۷/٦ و ۳۱/٦ میلی‌متر در ۱۰ روز است. جزئیات معادله‌های مربوط به منحنی‌های برازش داده شده و نتایج تجزیه رگرسیون تبخیر و تعرق گیاه مرجع و گیاه خارمریم در جدول‌های (٤) و (٥) نشان داده شده است. نمودار تغییرات ضریب گیاهی ۱۰ روزه خارمریم مربوط به متوسط مقادیر سه لایسیمتر در طول دوره رشد گیاه، در شکل (۳) ارائه شده است. در این شکل روزهای پس از کاشت متغیر مستقل بوده و ضریب گیاهی متغیر وابسته است، بنابراین با توجه به این شکل و برازش مناسب داده‌ها، میزان ضریب گیاهی را می‌توان برای روزهای مختلف پس از کاشت با استفاده از معادله نشان داده شده در شکل (۳) تعیین کرد. نتایج این مطالعه نشان داد، حداکثر و حداقل متوسط ضریب گیاهی خارمریم به‌ترتیب برابر ۱/۰۳ (در دوره میانی) و ۰/۳۱ (در دوره اولیه) برآورد شده است. نورالهی و همکاران (۱۳۹۵) حداکثر و حداقل ضریب گیاهی خارمریم را به‌ترتیب برابر ۱/۱۹ و ۰/۲٤ در شرایط آب و هوایی شیراز گزارش کردند. به نظر می‌رسد، علت این اختلاف به تفاوت میزان تبخیر و تعرق در دو منطقه مربوط است. نتایج تجزیه رگرسیون معادله ارائه شده در شکل (۳) که نشان‌دهنده مقادیر ضریب گیاهی خارمریم در طول دوره رشد گیاه می‌باشد، در جدول (٦) ارائه شده است.

جدول ۳- نیاز آبی و ضریب گیاهی ۱۰ روزه خارمریم در سال ۱۳۹۷

دهه	تبخیر و تعرق پتانسیل (میلی‌متر)	لایسیمتر ۱		لایسیمتر ۲		لایسیمتر ۳		متوسط	
		تبخیر و تعرق گیاه (میلی‌متر)	ضریب گیاهی	تبخیر و تعرق گیاه (میلی‌متر)	ضریب گیاهی	تبخیر و تعرق گیاه (میلی‌متر)	ضریب گیاهی	تبخیر و تعرق گیاه (میلی‌متر)	ضریب گیاهی
۱	۵۳/۹	۱۵/۷	۰/۲۹	۱۶/۶	۰/۳۱	۱۷/۸	۰/۳۳	۱۶/۷	۰/۳۱
۲	۵۷/۸	۱۹/۲	۰/۳۳	۲۰/۱	۰/۳۵	۲۱/۴	۰/۳۷	۲۰/۲	۰/۳۵
۳	۶۱/۷	۲۷/۰	۰/۴۴	۲۶/۷	۰/۴۳	۲۹/۶	۰/۴۸	۲۷/۸	۰/۴۵
۴	۶۶/۸	۴۲/۶	۰/۶۴	۴۵/۵	۰/۶۹	۴۸/۲	۰/۷۱	۴۵/۴	۰/۶۸
۵	۷۱/۴	۵۳/۷	۰/۷۵	۵۶/۲	۰/۷۹	۵۵/۷	۰/۷۸	۵۵/۲	۰/۷۷
۶	۷۴/۶	۶۲/۳	۰/۸۴	۶۱/۸	۰/۸۳	۶۰/۸	۰/۸۱	۶۱/۷	۰/۸۳
۷	۷۶/۷	۶۳/۷	۰/۸۳	۶۵/۱	۰/۸۵	۶۶/۰	۰/۸۶	۶۴/۹	۰/۸۵
۸	۷۷/۴	۶۶/۹	۰/۸۶	۶۷/۳	۰/۸۷	۶۷/۸	۰/۸۸	۶۷/۳	۰/۸۷
۹	۷۷/۶	۷۰/۲	۰/۹۰	۷۰/۶	۰/۹۱	۶۸/۷	۰/۸۹	۶۹/۸	/۹۰
۱۰	۷۶/۸	۷۱/۵	۰/۹۳	۷۳/۳	۰/۹۵	۷۳/۲	۰/۹۶	۷۲/۷	۰/۹۵
۱۱	۷۵/۶	۷۴/۷	۰/۹۹	۷۳/۴	۰/۹۷	۷۲/۶	۰/۹۶	۷۳/۶	۰/۹۷
۱۲	۷۳/۵	۷۳/۴	۰/۹۹	۷۴/۰	۱/۰۱	۷۲/۴	۰/۹۹	۷۳/۳	۱/۰۰
۱۳	۷۰/۳	۷۰/۵	۱/۰۱	۷۳/۱	۱/۰۴	۷۲/۹	۱/۰۳	۷۲/۲	۱/۰۳
۱۴	۶۶/۰	۵۹/۸	۰/۹۱	۶۵/۱	۰/۹۸	۵۷/۳	۰/۸۷	۶۰/۷	۰/۹۲
۱۵	۶۱/۷	۴۶/۳	۰/۷۵	۵۵/۲	۰/۸۹	۴۸/۵	۰/۷۹	۵۰/۰	۰/۸۱
۱۶	۵۵/۹	۳۸/۴	۰/۶۹	۴۱/۰	۰/۷۳	۳۹/۷	۰/۷۱	۳۹/۷	۰/۷۱
۱۷	۵۰/۲	۳۰/۶	۰/۶۱	۳۳/۳	۰/۶۷	۳۳/۰	۰/۶۵	۳۲/۳	۰/۶۴
۱۸	۳۱/۶	۱۶/۱	۰/۵۲	۱۶/۴	۰/۵۱	۱۷/۴	۰/۵۵	۱۶/۶	۰/۵۳
جمع	۱۱۷۹/۵	۹۰۲/۵	–	۹۳۴/۸	–	۹۲۳/۲	–	۹۲۰/۲	–



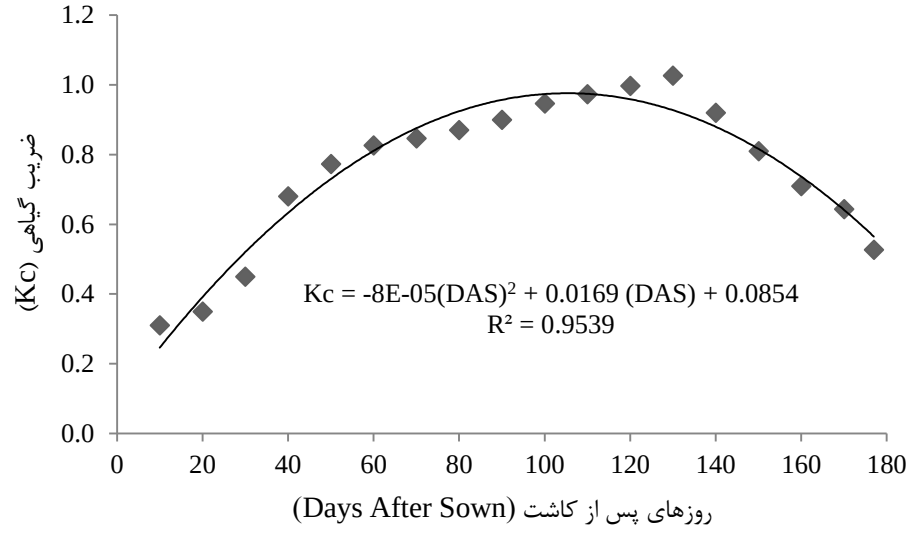
شکل ۲- تبخیر و تعرق پتانسیل و واقعی گیاه خارمریم در طول دوره رشد

جدول ۴- نتایج تجزیه رگرسیون تبخیر و تعرق پتانسیل

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	فیشر	سطح معنی‌داری	ضریب تبیین
رگرسیون	۲	۱۲۳۳/۲۸	۲۲۱/۱۸	۰/۰۰۰۱	۰/۹۶۷
باقیمانده‌ها	۱۵	۵/۵۸			
کل	۱۷	۱۵۰/۰۱			

جدول ۵- نتایج تجزیه رگرسیون تبخیر و تعرق واقعی گیاه خارمریم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	فیشر	سطح معنی‌داری	ضریب تبیین
رگرسیون	۲	۳۵۵۰/۵۴	۲۴۲/۱۰	۰/۰۰۰۱	۰/۹۷۰
باقیمانده‌ها	۱۵	۱۴/۶۷			
کل	۱۷	۴۳۰/۶۵			



شکل ۳- متوسط ضریب گیاهی ۱۰ روزه خارمریم

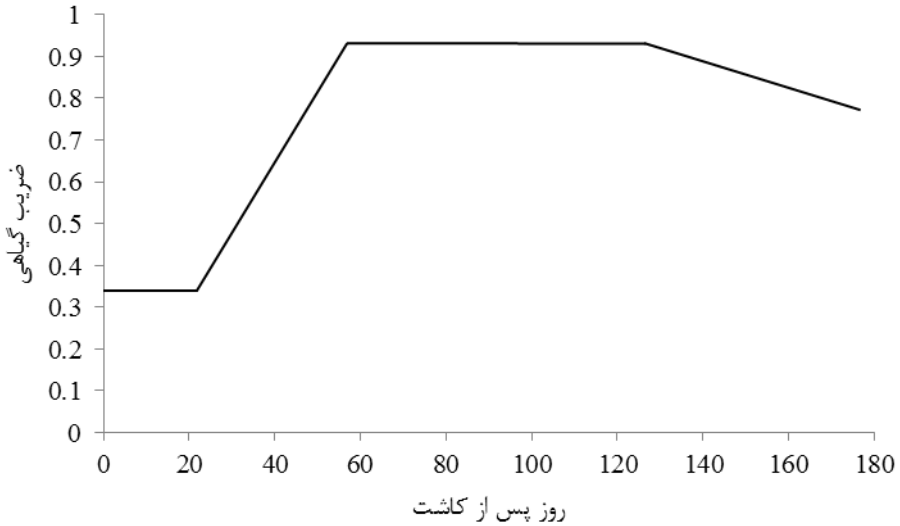
جدول ۶- نتایج تجزیه رگرسیون مقادیر میانگین ضریب گیاهی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	فیشر	سطح معنی‌داری	ضریب تبیین
رگرسیون	۲	۰/۳۹۲۲	۱۵۵/۲۹	۰/۰۰۰۱	۰/۹۵۳
باقیمانده‌ها	۱۵	۰/۰۰۲۵			
کل	۱۷	۰/۰۴۸۴			

در جدول (۷)، مراحل چهارگانه رشد گیاه، طول دوره، تاریخ و ضریب گیاهی خارمریم برای سه لایسیمتر و متوسط آن‌ها ارائه‌شده است. همان‌طور که مشخص است، در مرحله اولیه، به دلیل کوچک بودن گیاه و پایین بودن نیاز آبی آن، میزان ضریب گیاهی در این مرحله پایین است. در مرحله توسعه، به دلیل افزایش سرعت رشد گیاه، افزایش شاخص سطح برگ و به تبع آن افزایش تعرق، ضریب گیاهی روند افزایشی داشته است. در مرحله میانی، ضریب گیاهی نه تنها تابع شرایط اقلیمی بوده و ارتفاع گیاه نیز در آن تأثیر دارد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸)، لذا با رشد گیاه و افزایش ارتفاع آن میزان تبخیر و تعرق و در نتیجه ضریب گیاهی به حداکثر مقدار خود رسیده است. در مرحله پایانی به علت ریزش برگ‌ها و خشک شدن گیاه، تغییرات ضریب گیاهی روند کاهشی داشته است. با توجه به جدول (۷)، میزان ضرایب گیاهی محاسبه‌شده در این پژوهش، کمتر از مقادیر محاسبه‌شده توسط نورالهی و همکاران (۱۳۹۵) هست و علت آن هم به تفاوت میزان تبخیر و تعرق در دو منطقه مربوط می‌شود؛ بنابراین، می‌توان مطرح نمود که به علت تغییرات زیاد شرایط اقلیمی در دو منطقه مانند دمای هوا، رطوبت هوا، سرعت باد، تابش خورشیدی و سایر عوامل موثر بر تبخیر-تعرق، طول دوره‌های رشد و ضریب گیاهی خارمریم ثابت نبوده و برای اینکه طول مراحل چهارگانه رشد گیاه و ضرایب گیاهی در هر مرحله از قطعیت بیشتری برخوردار باشند، نیاز به پژوهش‌های بیشتر در شرایط آب و هوایی متفاوت است. برای تعیین ضریب گیاهی و استفاده از آن برای تبدیل تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع به تبخیر و تعرق واقعی گیاه مورد نظر بر اساس روش پیشنهادی فائو، منحنی تغییرات ضریب گیاهی در طی دوره رشد گیاه ترسیم شد تا در هر مرحله از رشد، ضریبی متناسب با همان مرحله اعمال شود. برای رسم این منحنی در مراحل اولیه و میانی از روش میانگین‌گیری استفاده شد. از سویی، تغییرات ضریب گیاهی در مراحل توسعه و پایانی با توجه به مقدار ضریب گیاهی بدست آمده در ابتدا و انتهای هر مرحله از رشد و در نهایت با بدست آوردن معادله خط قابل ترسیم است. منحنی ضریب گیاهی خارمریم مطابق با روش ارائه‌شده در نشریه فائو ٥٦ در شکل (٤) ارائه شده است.

جدول ۷- طول مراحل رشد و متوسط ضریب گیاهی در هر مرحله

مرحله رشد	طول دوره (روز)	تاریخ		ضریب گیاهی			
		شروع	پایان	لایسیمتر ۱	لایسیمتر ۲	لایسیمتر ۳	متوسط
دوره اولیه	۲۲	۹۷/۰۱/۲۶	۹۷/۰۲/۱۷	۰/۳۲	۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۳۴
دوره توسعه	۳۵	۹۷/۰۲/۱۷	۹۷/۰۳/۲۱	۰/۶۸	۰/۷۰	۰/۷۱	۰/۶۹
دوره میانی	۷۰	۹۷/۰۳/۲۱	۹۷/۰۵/۳۰	۰/۹۲	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۳
دوره انتهایی	۵۰	۹۷/۰۵/۳۰	۹۷/۰۷/۱۸	۰/۷۴	۰/۸۱	۰/۷۶	۰/۷۷



شکل ۴- تغییرات ضریب گیاهی خارمریم در مراحل چهارگانه رشد

در این پژوهش همچنین اثر تکرار و تیمارهای مختلف (مراحل چهارگانه رشد گیاه) بر پارامترهای اندازه‌گیری شده با لایسیمترها آنالیز و نتایج مربوطه در جدول (۸) ارائه‌شده است. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای مختلف بر پارامترهای اندازه‌گیری شده با لایسیمترها (تبخیر و تعرق پتانسیل، تبخیر و تعرق واقعی و ضریب گیاهی) دارای اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد است. از سویی، اثر تکرارهای مختلف بر پارامترهای اندازه‌گیری شده دارای اختلاف معنی‌دار نبود. صارمی و همکاران (۱۳۹٤) نیز اثر مراحل چهارگانه رشد گیاه بر تبخیر و تعرق پتانسیل، تبخیر و تعرق واقعی گیاه عدس و ضریب گیاهی را در سطح یک درصد معنی‌دار گزارش کردند.

جدول ۸- تجزیه واریانس پارامترهای اندازه‌گیری شده تحت مراحل چهارگانه رشد گیاه خارمریم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		تبخیر و تعرق پتانسیل	تبخیر و تعرق واقعی	ضریب گیاهی
تکرار	۲	۰/۱۵۱^{ns}	۶۶/۹۳۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}
تیمار (مراحل رشدی گیاه)	۳	۸۷۲۰۳/۲۷۰**	۱۰۷۲۷۶/۶۹۰**	۰/۱۸۵**
خطا	۶	۱/۳۲۶	۲۵/۷۶۶	۰/۰۰۰۳
ضریب تغییرات (درصد)	_	۰/۳۹۱	۲/۲۰۷	۲/۵۸۱

Ns و **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح یک درصد

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر با توجه به اهمیت دارویی و اقتصادی گیاه خارمریم و عدم تعیین و گزارش ضریب گیاهی مربوط به آن برای منطقه بیرجند، اقدام به کشت این محصول در سال ۱۳۹۷ در شرایط خشک و نیمه‌خشک بیرجند شد. با بررسی نتایج حاصل از لایسیمترها، مقدار نیاز آبی خارمریم و چمن در طی ۱۷۷ روز دوره رشد گیاه به‌ترتیب برابر با ۹۲۰/۲ و ۱۱۷۹/۵ میلی‌متر حاصل شد. در این منطقه نیاز آبی گیاهان دارویی مختلفی از جمله زیره سبز، اجغون و چای ترش برآورد شده است. ریحانی و خاشعی سیوکی (۱۳۹٤) مقدار نیاز آبی زیره سبز را برابر با ۹۰۵/۸٤ میلی‌متر در طی یک دوره ۱۱٤ روزه گزارش

کردند. در پژوهش صابری و همکاران (۱۳۹٦) مقدار نیاز آبی اجغون برابر با ٤۹۲ میلی‌متر در طی ۱۰۸ روز دوره رشد گیاه گزارش شد. از سویی، قوام‌سعیدی نوقابی و همکاران (۱۳۹۸) مقدار نیاز آبی چای ترش را برابر با ۳۸۱۹/۵۷ میلی‌متر در طی یک دوره ۲٤۰ روزه گزارش کردند. با مقایسه پژوهش‌های انجام شده در این منطقه با نتایج این پژوهش، می‌توان بیان داشت که اولاً برای استان خراسان جنوبی که شدیداً با مشکل کمبود منابع آب مواجه است، کشت اجغون، زیره سبز و خارمریم نسبت به چای ترش با صرفه‌جویی بیشتری در مصرف آب همراه است که می‌توان از آن در بخش‌های دیگری از کشاورزی و یا صنعت استفاده نمود. ثانیاً، با توجه به اینکه نیاز آبی خارمریم نسبت به گیاهان دارویی اجغون و زیره سبز بیشتر بوده بنابراین توصیه می‌شود که در پژوهش‌های آتی کشت این گیاه در شرایط کم آبیاری صورت بگیرد و عملکرد و اجزای عملکرد آن تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری با یکدیگر مقایسه شود و از منظر اقتصادی نیز کشت این گیاه مورد ارزیابی قرار گیرد. از سویی، با استفاده از ضرایب گیاهی بدست آمده در این پژوهش که تاکنون به‌صورت تجربی برای منطقه بیرجند ارائه نشده است و همچنین محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع توسط نرم‌افزارهایی مانند AGWAT، CROPWAT، PEF-ET و غیره، برآورد نیاز آبی، مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری گیاه خارمریم امکان‌پذیر بوده و می‌تواند مورد استفاده محققان، طراحان در زمینه طراحی سامانه‌های نوین آبیاری و مهندسین مشاور قرار گیرد.

فهرست منابع

۱. ریحانی، ن. و خاشعی سیوکی، ع. ۱۳۹٤. برآورد ضریب گیاهی زیره سبز در مراحل مختلف رشد به روش لایسیمتری در منطقه بیرجند. نشریه آب و خاک، ۲۹ (۵): ۱۰۵٦-۱۰٤۷.

۲. سهرابی، س.، قرخلو، ج. و راشد محصل، م.ح. ۱۳۹٦. تهاجم گیاهی و علف‌های هرز مهاجم ایران. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۹۵ صفحه.

۳. سعیدی‌نیا، م.، ترنیان، ف.ا.، حسینیان، س.ح. و نصرالهی، ع.ح. ۱۳۹۷. برآورد میزان تبخیر و تعرق ضریب گیاهی دو گونه بابونه و زیره سبز در منطقه خرم‌آباد. نشریه مدیریت آب و آبیاری، ۸ (۱): ۱۷۵-۱٦۵.

٤. شریفی عاشورآبادی، ا.، روحی‌پور، ح.، عصاره، م.ح. و لباسچی، م.ح. ۱۳۹۰. تعیین نیاز آبی گیاه دارویی بومادران (*Achillea millefolium L.*) با استفاده از لایسیمتر. نشریه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۸ (۳): ٤۹۲-٤۸٤.

۵. صابری، ا.، رضایی، ف. و خاشعی سیوکی، ع. ۱۳۹٦. برآورد ضریب گیاهی اجغون (*Trachyspermum ammi*) در مراحل مختلف رشد به روش لایسیمتری در منطقه بیرجند. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۱ (۳): ۳۹۸-۳۸۹.

٦. صارمی، م.، فرهادی، ب.، ملکی، ع. و فراستی، م. ۱۳۹٤. تعیین ضرایب گیاهی و نیاز آبی عدس به روش بیلان آبی (مطالعه موردی: خرم‌آباد). نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران، ٦ (۲): ۹۸-۸۷.

۷. علیزاده، ا. ۱۳۹۲. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چاپ ششم، مشهد، ایران، ۳۲٦ صفحه.

۸. علیزاده، ا. ۱۳۸۹. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چاپ بیست و هشتم، مشهد، ایران، ۸٦٦ صفحه.

۹. قمرنیا، ه.، امیری، س. و خرمی‌وفا، م. ۱۳۹۳. برآورد نیاز آبی و ضرایب گیاهی یک‌جزئی و دوجزئی رزماری (*Rosmarinus officinalis L.*) در اقلیم نیمه‌خشک. نشریه مدیریت آب و آبیاری، ٤ (۱): ٤۳-۳۳.

۱۰. قوام‌سعیدی نوقابی، س.، خاشعی سیوکی، ع. و حمامی، ح. ۱۳۹۸. برآورد ضریب گیاهی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa L.*) در مراحل مختلف رشد به روش لایسیمتری در منطقه بیرجند. نشریه آب و خاک، ۳۳ (۱): ۱۱-۱.

۱۱. کیانی، م.، قیصری، م.، مصطفی‌زاده‌فرد، ب.، مجیدی، م.ح. و لندی، اسماعیل. ۱۳۹۳. تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی روزانه دو واریته آفتاب‌گردان یوروفلور و سیرنا تحت مدیریت آبیاری قطره‌ای- نورای. نشریه علوم آب و خاک، ۱۸ (٦۷): ۳۰۰-۲۸۹.

۱۲. مظفریان، و. ۱۳۹۰. رده‌بندی گیاهی (جلد دوم)، دولپه‌ای‌ها. شرکت چاپ و نشر بین الملل (وابسته به سازمان تبلیغات اسلامی). ٦۲۰ صفحه.

۱۳. محمدپور وشوایی، ر.، رمرودی، م. و فاخری، ب.ع. ۱۳۹٦. اثر تنش خشکی و تلقیح کودهای زیستی بر ویژگی‌های کمی و کیفی ماریتیغال (*Silybum marianum L.*). نشریه بوم شناسی کشاورزی، ۹ (۱): ٤۱-۳۹.

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

۱۵. هاشمی‌نسب، فریده السادات.، موسوی بایگی، م.، علیزاده، ا. و بختیاری، ب. ۱۳۹۳. برآورد ضرایب گیاهی و نیاز آبی گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis L.*) در اقلیم نیمه‌خشک کرمان. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۲ (۲): ٦۹-٦۲.

۱٦. یزدانی بیوکی، ر. و عبادی، م.ت. ۱۳۹۷. دستورالعمل تولید گیاه دارویی خارمریم، محصولی متحمل به شوری. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات ملی شوری.

17. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No 56. Rome, Italy, 300 p.
18. Hassanli, A.M., and Pezzaniti, D. 2013. Crop Irrigation scheduling in South Australia, A case study. Water Journal, 40(4): 92–97.
19. Karkanis, A., Bilalis, D., and Efthimiadou, A. 2011. Cultivation of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.), a medicinal weed. Industrial Crops and Products, 34(1): 825-830.
20. Khan, M.A., Abbasi, B.H., Ahmed, N., and Ali, H. 2013. Effects of light regimes on in vitro seed germination and silymarin content in *Silybum marianum*. Industrial Crops and Products, 46: 105-110.
21. Ko, J., Piccinni, G., Marek, T., and Howell, T. 2009. Determination of growth-stage-specific crop coefficient (Kc) of cotton and wheat. Agricultural Water Management, 96: 1691-1697.
22. Paredes, P., D'Agostino, D., Assif, M., Todorovic, M., and Pereira, L.S. 2018. Assessing potato transpiration, yield and water productivity under various water regimes and planting dates using the FAO dual Kc approach. Agricultural Water Management, 195: 11-24.
23. Pistocchi, C.H., Guidi, W., Piccioni, E. and Bonari, E. 2009. Water requirements of poplar and willow vegetation filters grown in lysimeter under Mediterranean conditions: results of second rotation. Desalination, 246: 137–146.
24. Platonov, A., Nikitchenko, N.V., Onuchak, L.A., Aratyunov, Y.I., Kurkin, V.A., and Smirnov, P.V. 2010. Subcritical water extraction of biologically active substances from Milk Thistle seed (*Silybum marianum* L.). Russian Journal of Physical Chemistry, 4: 1211-1216.

25. Soto, C., Pérez, J., García, V., Uría, E., Vadillo, M., and Raya, L. 2010. Effect of silymarin on kidneys of rats suffering from alloxan-induced diabetes mellitus. Phytomedicine, 17(14): 1090-1094.

Determination of Evapotranspiration and Crop Coefficient of Milk Thistle in Birjand Plain

S. Ghavam saeidi noghabi, H. Hammami [1] *, and A. Khashei siuki

MSc Graduate, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand**.** **saeidghavam@birjand.ac.ir**
Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand. **hhammami@birjand.ac.ir**
Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand. **abbaskhashei@birjand.ac.ir**

Abstract

Water is one of the most important factors that limit agricultural development, especially in arid and semiarid regions around the world. One of the important data for water management is the amount of water requirement of different plants. In this regard, by measuring water input and output in lysimeters and using water balance equation, crop water use is determined. In this study, to determine crop coefficients of Milk thistle, as a valuable medicinal herb, a 1-year lysimetric experiment was conducted in Faculty of Agriculture, Birjand University, during the growing season of 2018. To conduct this project, six weighing lysimeters were used. To determine potential evapotranspiration as a reference crop, grass was grown in three lysimeters and, in three other lysimeters, Milk thistle (*Silybum marianum L.*) was planted. Based on the results, the reference crop evapotranspiration and actual evapotranspiration of the plant were equal to, respectively, 1179.5 and 920.2 mm, during the growing period of 177 days. The length of different stages of plant growth, including the initial, development, middle, and end stages was 22, 35, 70, and 50 days, respectively. Finally, based on the FAO method, the crop coefficient (K_C) curve was drawn and the average of crop coefficient at each of four stages of plant growth was determined as 0.34, 0.69, 0.93, and 0.77, respectively.

Keywords: Reference crop evapotranspiration, Water Balance, Water Requirement, Weighing Lysimeter

[1]- Corresponding author: Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand.
*- Received: May 2019, and Accepted: August 2019