مقاله پژوهشی نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۷ / شماره ۳/ ۱۴۰۲. ص۲۴۵-۲۵۴
https://doi.org/10.22092/jwra.2023.361953.985

تعیین نیاز آبی و ضرایب یک جزیی و دوجزیی خاکشیر (**Descurainia sophia L.**) با استفاده از لایسیمتر

مرضیه علی‌آبادی، محمدحسین نجفی‌مود، عباس خاشعی سیوکی* و علی شهیدی

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران.
m.aliabadi0429@yahoo.com
استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران.
Mhnajafi2020@yahoo.com
استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران.
abbaskhashei@birjand.ac.ir
دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران.
ashahidi@ birjand.ac.ir

دریافت: فروردین ۱۴۰۲ و پذیرش: مهر ۱۴۰۲

چکیده

با توجه به محدود بودن منابع آب و بالا بودن میزان تبخیر، مسئله بحران آب یکی از عمده‌ترین مسائل در کشور است. به دلیل اهمیت گیاه خاکشیر به عنوان یک گیاه دارویی، نیاز آبی و ضریب گیاهی یک‌گانه و دوگانه آن در آزمایشگاه لایسیمتری دانشگاه بیرجند مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از شش لایسیمتر (از نوع بیلان آبی) به قطر ۶۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰۰سانتی‌متر استفاده شد. داخل هر شش لایسیمتر، گیاه خاکشیر با تراکم ۲۰ بوته در متر مربع کشت و سپس با استفاده از معادله بیلان آب، تبخیر و تعرق محاسبه شد. تبخیر و تعرق مرجع چمن هم به طور مستقیم توسط سه لایسیمتر دیگر اندازه-گیری شد و میانگین آن ۳۲۲ میلی‌متر بدست آمد. سپس ضرایب گیاهی برای چهار مرحله رشد (ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی) محاسبه شد. در این تحقیق مقادیر میانگین تبخیر و تعرق، تبخیر از سطح خاک و تعرق از گیاه مورد نظر به ترتیب ۲۰۲، ۲۳ و ۱۷۹ میلی‌متر به‌دست آمد. در نهایت ضریب گیاهی منفرد برای چهار مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی به ترتیب برابر ۰/۵۲، ۰/۶۸، ۰/۹۶ و ۰/۵۷ و ضریب گیاهی پایه به ترتیب برای چهار مرحله رشد برابر ۰/۳۸، ۰/۵۹، ۰/۹۴ و ۰/۵۲ میلی‌متر به‌دست آمد. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به اقلیم استان خراسان جنوبی و نیاز آبی کم گیاه خاکشیر ، کشت آن توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بیلان آبی، گیاهان دارویی، لایسیمتر زهکش‌دار

*- آدرس ایمیل نویسنده مسئول: abbaskhashei@birjand.ac.ir

CC BY

مقدمه

گیاهان دارویی اهمیت خاصی در تأمین بهداشت و سلامتی مردم، هم از نظر درمان و هم به‌عنوان پیشگیری از بیماری‌ها دارند. در سال‌های اخیر توجه خاصی از جانب سازمان‌های مختلف در کشورهای جهان در ارتباط با اصلاح این گیاهان صورت گرفته است. از سوی دیگر استفاده از ترکیبات دارویی مشتق از گیاهان، نه تنها قدمت زیادی دارد، بلکه به دلیل عوارض جانبی بی‌شمار داروهای شیمیایی از یک سو و نارسایی‌های متعدد طب نوین در درمان برخی از بیماری‌ها با گذشت زمان، سبب شده بار دیگر پرورش و تولید گیاهان دارویی با رشد قابل توجهی روبرو شود (نادری، ۱۳۹۳).

خاکشیر گیاهی علفی، بوته‌ای و یک ساله یا دو ساله است که ارتفاع آنگاه به یک متر می‌رسد. ساقه از قسمت‌های بالا منشعب می‌شود. برگ‌ها دارای بریدگی زیاد و گاهی نخ مانند هستند. میوه بصورت خورجین باریک است که به شکل تقریباً عمودی در انتهای ساقه قرار می‌گیرد گل‌ها کوچک و به رنگ زرد روشن است، دانه‌ها بسیار ریز و به رنگ تقریباً نارنجی یا مایل به قهوه‌ای و بیضی‌شکل هستند که در یک ردیف داخل خورجین قرار گرفته‌اند. دانه‌های خاکشیر که قسمت مورد استفاده دارویی گیاه است، پس از رسیدن کامل میوه و در مرداد و شهریور ماه جمع-آوری می‌شوند (رحمان زاده، ۱۳۹۶). تکثیر خاکشیر از طریق کاشتن دانه گیاه در پاییز یا در بهار صورت می‌گیرد و در خاک غنی از مواد مغذی با بافت شنی- رسی و خاک مرطوب به خوبی رشد می‌کند (نادری، ۱۳۹۳). خاکشیر از قدیم به‌عنوان اشتهاآور، مقوی معده، ضد تب و ملین شناخته می‌شده و در مشکلات سوءهاضمه مورد استفاده قرار می-گرفته است. همچنین در زمان باستان جهت درمان اسهال خونی استفاده شده و توسط متخصصان گیاهان دارویی به نام Sophia chirugorum به معنی «عقل جراحان» نامیده می‌شده است (نادری، ۱۳۹۳). در طب سنتی چین از دانه-های خاکشیر در بهبود سرفه، پیشگیری از ابتلا به آسم، بهبود عملکرد انقباضی قلب و درمان برخی از سرطان‌ها استفاده می‌شود (سان و همکاران،۲۰۰۴؛ خان و همکاران، ۲۰۱۲).

یکی از عوامل مهم و مؤثر در کشت و اهلی کردن گیاهان دارویی تعیین میزان حداقل آب مورد نیاز در مراحل مختلف رشد و توسعه است. با توجه به آمار ارائه‌شده در سایت جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی در سال ۱۴۰۲، ۲۶۳ هکتار زیر کشت گیاه خاکشیر است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور به علت تغییرات آب‌وهوایی و کافی نبودن دریافت گیاه از طریق بارش‌های فصلی، معمولاً گیاهان با تنش خشکی مواجه می‌گردند. آگاهی از نیاز آبی گیاهان یکی از ملاحظات عملی مهم برای بالا بردن راندمان مصرف آب است. نیاز آبی گیاهان در مراحل مختلف رشد و شرایط آب و هوایی تغییر می‌کند، بنابراین تعیین صحیح و دقیق تبخیر و تعرق گیاه از فاکتورهای مهم برای مدیریت منابع آب است (یرمی، ۱۳۸۷).

در رابطه با برآورد نیاز آبی گیاهان به‌خصوص گیاهان دارویی، در چند سال اخیر تحقیقاتی در سطح کشور انجام شده است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود: قوام-سعیدی و همکاران (۱۳۹۹) به‌منظور برآورد نیاز آبی و ضریب گیاهی شاهدانه در مراحل مختلف رشد در دشت بیرجند تحقیقی در سال ۱۳۹۶ در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام دادند که بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از معادله بیلان آب، تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع و تبخیر و تعرق پتانسیل شاهدانه به ترتیب برابر ۸۹۹/۶ و ۶۸۸/۸۹ میلی‌متر بود. طول مراحل مختلف رشد گیاه شامل مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی به ترتیب برابر ۳۰، ۵۵، ۷۵ و ۲۰ روز به دست آمد. همچنین مقادیر ضریب گیاهی شاهدانه در مراحل چهارگانه رشد گیاه به ترتیب برابر ۰/۲۸، ۰/۶۸، ۱/۰۱ و ۰/۵۴ به دست آمد. قوام سعیدی و همکاران (۱۳۹۸) پژوهشی را 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 محاسبه شد. در نهایت در پایان فصل رشد، مقادیر ضرایب گیاهی در چهار

مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی برای این گیاه به ترتیب برابر ۱/۲۶، ۱/۵۵، ۱/۸۱ و ۰/۹۶ برآورد شد. زارعی و همکاران (۱۳۹۶) به ارزیابی مراحل مختلف رشد گونه سیاه‌دانه و تعیین ضریب گیاهی آن با استفاده از میکرولایسیمترها پرداختند. نتایج نشان داد طول هر یک از چهار مرحله رشد به ترتیب برابر ۱۰، ۱۱، ۴۱ و ۲۳ روز و ضریب گیاهی برای این دوره‌ها به ترتیب برابر ۰/۷۵، ۱/۰۲، ۱/۲۱ و ۰/۸ به دست آمد. میرزائی‌دوست (۱۳۹۶) میانگین ضریب گیاهی یگانه گیاه کلزا برای مراحل اولیه، توسعه، میانی و پایانی در بافت خاک لوم شنی ۰/۳۹، ۰/۶۶، ۱/۰۴ و ۰/۶۷ به دست آورد. مجنونی هریس و همکاران (۱۳۹۳) پژوهشی بر روی گیاه کلزا در دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام دادند که در آن میانگین ضریب گیاهی برای مراحل اولیه، میانی و پایانی رشد به ترتیب برابر ۰/۷۲، ۱/۴۵ و ۰/۶۶ تعیین شد. گوپتا و همکاران (۲۰۱۷) پژوهشی به‌منظور تعیین ضرایب گیاهی یک گانه و دوگانه با استفاده از لایسیمترهای وزنی بر روی گیاه خردل انجام دادند. طبق نتایج ضریب گیاهی یک گانه برای مراحل اولیه، توسعه، میانی و انتهایی به ترتیب ۰/۳۹، ۰/۷۲، ۱/۰۲ و ۰/۵ و همچنین ضریب دو گانه برای مراحل رشد به ترتیب ۰/۱۹، ۰/۵۵، ۰/۹۱ و ۰/۲۴ به دست آمد. ریحانی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از سه عدد لایسیمتر نیاز آبی زیره را به روش بیلان آب و ضریب گیاهی آن را در مراحل مختلف رشد در منطقه بیرجند برآورد نمودند. در تحقیق فوق برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع نیز از چمن مورد استفاده برای فضای سبز با ارتفاع ۱۲ سانتیمتر به‌عنوان گیاه مرجع استفاده گردید. در نهایت در پایان فصل رشد، مقادیر مربوط به ضرایب گیاهی زیره در مراحل مختلف رشد شامل مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و مرحله انتهایی محاسبه گردید... شریفی عاشورآبادی و همکاران (۱۳۹۱)، به‌منظور تعیین نیاز آبی گیاه دارویی بومادران طی سال‌های ۸۷-۱۳۸۶ در مجتمع تحقیقاتی البرز، در کرج پژوهش‌هایی انجام دادند. بر اساس نتایج به دست آمده، ضریب‌های گیاهی مراحل چهارگانه رشد بومادران که شامل رشد اولیه، مرحله توسعه گیاه، مرحله میانی و مرحله انتهایی رشد که در مورد گیاه بومادران تا مرحله برداشت اقتصادی بود، به ترتیب برابر با ۰/۱۶، ۰/۴۵، ۱/۰۵ و ۰/۸۱ برآورد شد. نتایج نشان داد مقدار خالص آب آبیاری مورد نیاز در دوره رشد اقتصادی گیاه بومادران معادل ۱۴۹/۷۲ میلی‌متر است. قمرنیا و همکاران (۱۳۹۰) در یک تحقیق اقدام به برآورد ضریب گیاهی گشنیز در کرمانشاه نمودند که مقادیر ضریب گیاهی در چهار مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی برای این گیاه به ترتیب ۰/۶۶، ۱/۱۹، ۱/۳۶ و ۰/۹۸ به دست آمد. ویلالوبوس و همکاران [1](۲۰۰۴) دو آزمایش را در دو منطقه اسپانیا برای تعیین ضرایب گیاهی و تبخیر و تعرق گیاه سیر انجام دادند. آن‌ها مقدار بیشینه ضریب گیاهی سیر را در مرحله میانی بین ۱/۲ و ۱/۳ و در مرحله پایانی رشد ۰/۶ گزارش کردند. همچنین بیان کردند که K_c سیر با افزایش فشار بخار آب کاهش می‌یابد. مقدار تبخیر و تعرق (ETc) نیز در طول مدت دوره رشد برابر ۴۷۰ میلی‌متر به دست آوردند.

این پژوهش به‌منظور تعیین نیاز آبی و ضرایب گیاهی گیاه خاکشیر به‌عنوان یک گیاه دارویی که توان تولید فرآورده‌های دارویی آن بالاست در آزمایشگاه لایسیمتر دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با استفاده از لایسیمتر زهکش‌دار به روش بیلان آبی طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش

به‌منظور بررسی ضریب گیاهی یک جزئی و دو جزئی گیاه خاکشیر در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۹ پژوهشی در آزمایشگاه لایسیمتری دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند واقع در پنج کیلومتری جاده بیرجند- کرمان با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۷ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا انجام گرفت. پارامترهای هواشناسی مورد نیاز شامل دمای حداقل و حداکثر، میزان بارندگی، سرعت باد، ساعت-های آفتابی و سایر پارامترهای لازم در بازه زمانی دی ماه

[1] -Villalobos and al

۱۳۹۸ تا پایان اردیبهشت ماه ۱۳۹۹ از سازمان هواشناسی بیرجند دریافت گردید. به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین خصوصیات شیمیایی آب قبل از کشت نمونه‌برداری از خاک لایسیمترها و آب انجام شد که در آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند اندازه‌گیری شد؛ که نتایج آن به شرح جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج آزمایش‌ها خاک و آب ایستگاه لایسیمتری

آزمایش‌ها شیمیایی آب‌وخاک

نمونه	pH	ECe mS/cm	SAR	Ca^{2+} meq/lit	Mg^{2+} meq/lit	Na^{+} meq/lit	K^{+} meq/lit	Cl^{-} meq/lit	HCO_3^{-} meq/lit	CO_3^{-2} meq/lit
خاک	۸/۱	۱/۱۴۷	۰/۹۶	۱۰	۱۰	۳/۰۴	۰/۴۱	۵۰	۴۶	۱۴
آب	۷/۶	۳/۹۰۵	۰/۳۱	۲	۶/۵	۰/۶۵	۰/۰۷	۴/۴۵	۵/۶	–

آزمایش‌ها فیزیکی خاک

بافت خاک	فراوانی نسبی ذرات (٪)			ظرفیت زراعی (٪)	نقطه پژمردگی (٪)	وزن مخصوص ظاهری g/cm³	وزن مخصوص حقیقی g/cm³
	رس	سیلت	شن				
شنی لومی	۹	۳۱	۶۰	۱۷	۹	۱/۵۶	۲/۶۹

در این پژوهش از شش دستگاه لایسیمتر (شکل ۱) به قطر ۶۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر استفاده شد. در پنج دی ماه سال ۱۳۹۸ بذر خاکشیر در داخل لایسیمترها با در نظر گرفتن ۲۰ بوته در متر مربع به‌عنوان تراکم مطلوب کشت گردید که با توجه به مساحت لایسیمتر تعداد شش بوته در هر لایسیمتر نگه‌داشته شد. جهت اندازه‌گیری تعرق از گیاه و یا به حداقل رساندن مقدار تبخیر از سطح خاک با استفاده از پوشش پلاستیک سطح خاک تعداد سه لایسیمتر (لایسیمترهای تعرق شماره ۴، ۵ و ۶) از گیاه خاکشیر پوشانده شد. برای سهولت در زهکشی، از کف لایسیمترها تا ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر شن درشت ریخته شد و بقیه حجم آن با خاک مزرعه مجاور همراه با کود پوسیده حیوانی به‌منظور رشد بهتر گیاه پر گردید. آبیاری اول به‌صورت خاک- آب و از آبیاری دوم به بعد زمان آبیاری بر اساس خروج ۵۰ درصد آب سهل‌الوصول بوده و مقدار آن بر پایه اندازه‌گیری منظم میزان رطوبت خاک انجام شد (میرزایی-دوست، ۱۳۹۶). در انجام آزمایش، آب اضافی موجود در لایسیمترها از طریق لوله زهکش تعبیه‌شده در انتهای لایسیمترها تخلیه و با ظروف مدرج اندازه‌گیری شد. از ابتدای کاشت رطوبت خاک توسط دستگاه رطوبت‌سنج (TDR) مدل TDR 150 اندازه‌گیری شد.

شکل ۱- موقعیت لایسیمترهای کشت شده

تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ETo)

در این تحقیق از کشت مستقیم چمن برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع استفاده گردید. قبل از کاشت بذر خاکشیر، بذر چمن کشت گردید و اجازه داده شد تا ارتفاع ۱۲ سانتی‌متری رشد کنند. در طی زمان فصل رشد گیاه، تبخیر و تعرق چمن مشابه با تبخیر و تعرق گیاه خاکشیر اندازه‌گیری و به‌عنوان تبخیر و تعرق پتانسیل لحاظ گردید.

محاسبه تبخیر و تعرق واقعی

میزان تبخیر و تعرق واقعی گیاه خاکشیر به‌صورت مستقیم و با استفاده از معادله (۱) بیلان رطوبتی برآورد گردید. معادله کلی بیلان رطوبتی در شرایط استفاده از لایسیمتر به‌صورت رابطه زیر (آلن و همکاران، ۱۹۹۸) است.

$$ET_c = I + P - D \pm \Delta S \qquad (۱)$$

در این رابطه، ETc: میزان تبخیر و تعرق واقعی گیاه (میلی‌متر)، I: میزان آب آبیاری (میلی‌متر)، P: میزان بارندگی (میلی‌متر)، D: آب زهکشی شده (میلی‌متر) و $S\Delta$: تغییرات ذخیره‌ای رطوبت خاک (میلی‌متر) است. هریک از ویژگی‌های فوق در طول دوره رشد به روش وزنی اندازه‌گیری شدند و در نهایت میزان تبخیر و تعرق واقعی محاسبه گردید.

محاسبه ضریب گیاهی یک‌گانه در مراحل مختلف دوره رشد

با استفاده از معادله (۲) مقدار ضریب گیاهی در طول دوره رشد محاسبه شده و سپس نمودار روزانه ضریب گیاهی، در طول دوره رشد ترسیم گردید. برای بررسی تغییرات ضریب گیاهی در طول دوره رشد، اقدام به برازش بهترین منحنی غیر خطی بر روی داده‌های مربوط به ضریب گیاهی گردید و در نهایت نمودار مربوط به ضریب گیاهی ترسیم و ضرایب گیاهی در دوره‌های مختلف رشد محاسبه گردید.

$$K_c = ET_c / ET_o \qquad (۲)$$

در این رابطه، ET_c: میزان تبخیر و تعرق واقعی گیاه (میلی‌متر)، ET_o: میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع و K_c: ضریب گیاهی است (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

مراحل رشد گیاه در نظر گرفته شده در این پژوهش که در (جدول ۲) ارائه شده است عبارت‌اند از مرحله ابتدایی که از تاریخ کشت شروع و تا نزدیک به زمان برقراری پوشش گیاهی ۱۰ درصد ادامه می‌یابد، مرحله توسعه از زمان پوشش گیاهی ۱۰ درصد شروع و تا پوشش مؤثر کامل به طول می‌انجامد، مرحله میانی از زمان برقراری پوشش کامل مؤثر شروع و تا رسیدن محصول ادامه خواهد یافت و مرحله پایانی از زمان رسیدن محصول تا پلاسیدگی کامل گیاه طول می‌کشد. این مراحل بر اساس نشریه ۵۶ آبیاری و زهکشی فائو در نظر گرفته شدند.

جدول ۲- تاریخ کاشت و طول هریک از مراحل رشد گیاه خاکشیر

تاریخ کاشت	دوره رشد اولیه	دوره توسعه	دوره میانی	دوره انتهایی	تاریخ برداشت	کل
۱۳۹۸/۱۰/۵	از ۵ دی ماه تا ۲۵ بهمن	از ۲۵ بهمن تا ۲۸ اسفند	از ۲۸ اسفند تا ۲۸ فروردین	از ۲۸ فروردین تا ۲۲ اردیبهشت	۲۲ اردیبهشت	۱۳۷ روز
طول مراحل رشد	۵۰ روز	۳۳ روز	۲۹ روز	۲۵ روز		

محاسبه ضریب گیاهی دوگانه در مراحل مختلف دوره رشد

در این روش از ضریب گیاهی پایه (Kcb) برای توصیف فرآیند تعرق گیاه و از ضریب تبخیر (Ke) برای توصیف فرآیند تبخیر از خاک استفاده می‌شود. در این روش، ضریب گیاهی دوجزئی (Kc) به‌صورت معادله (۳) تعیین می‌شود:

$$K_c = K_{cb} + K_e \qquad (۳)$$

زمانی که خاک سطحی خشک بوده ولی تعرق به میزان پتانسیل است، به عبارتی مقدار آب محدودکننده تعرق نیست، ضریب گیاهی پایه به‌صورت نسبت تبخیر و تعرق

گیاه به تبخیر و تعرق مرجع (ETc/ETo) تعریف می‌شود؛ بنابراین در تبخیر و تعرق، عبارت (Kcb* ETo) جزء تعرق گیاه را نشان می‌دهد. این عبارت شامل تبخیر آب از خاک (سطحی) نیز است که رطوبت مورد نیاز آن از آب لایه خاک خشک زیرین پوشش گیاهی تأمین می‌شود (تمدنی، ۱۳۸۷). ضریب تبخیر (Ke) بیان‌کننده جزء تبخیر از خاک ETc است. هنگامی‌که به دنبال یک بارندگی یا آبیاری، خاک خیس می‌شود، مقدار Ke به حداکثر مقدار خود می‌رسد. با خشک شدن خاک، Ke کاهش‌یافته و مقدار آن متناسب با آب باقیمانده در این لایه کاهش می‌یابد و با تخلیه کل آب موجود در لایه سطحی خاک به صفر می‌رسد (وزیری و همکاران، ۱۳۸۷).

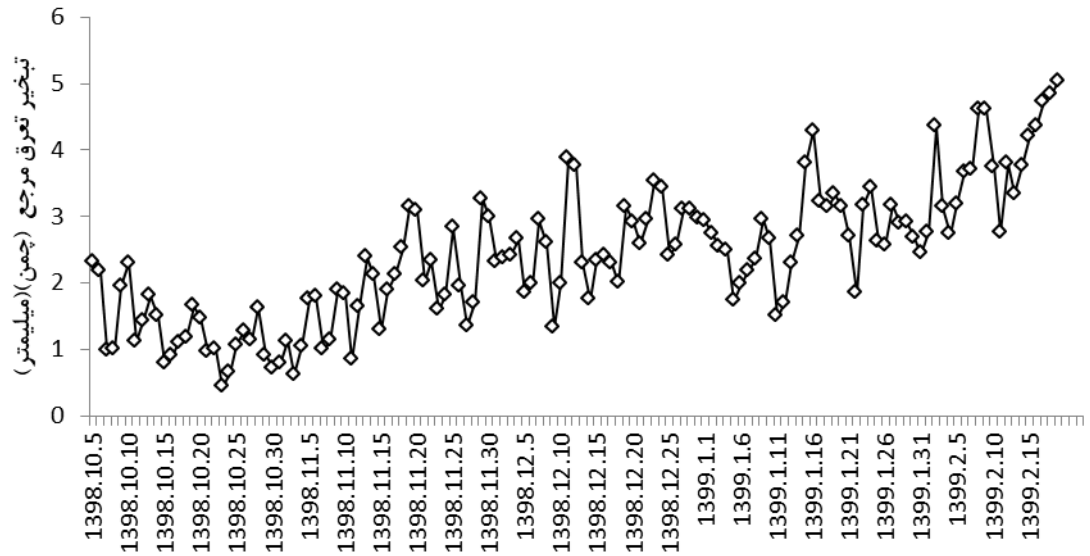
کارایی مصرف آب

راندمان مصرف آب یا به عبارتی کارآیی مصرف، میزان تولید به ازای هر واحد آب مصرف‌شده است

نتایج و بحث

تبخیر و تعرق مرجع (ET_o)

میزان تبخیر و تعرق مرجع چمن در طول دوره رویش خاکشیر محاسبه و در نهایت میانگین آن در لایسیمترها برابر با ۳۲۲/۴۴ میلی‌متر برآورد گردید. با توجه به نمودار شکل ۲ بیشترین تبخیر و تعرق در اردیبهشت‌ماه و کمترین میزان هم در دی‌ماه بود، در شروع دوره ابتدا مقدار ET_o کم بوده و با گذشت زمان مقدار آن افزایش یافت که این افزایش به دلیل بلند بودن طول روز و افزایش تابش خالص خورشیدی بود. شکل ۲ روند تغییرات تبخیر و تعرق مرجع نشان داده شده است.



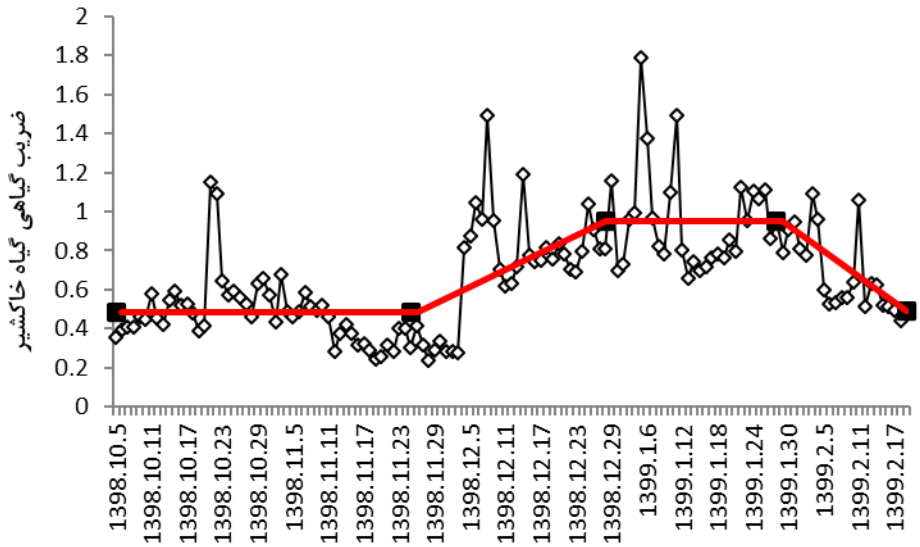
شکل ۲- روند تغییرات تبخیر و تعرق مرجع گیاه چمن

تبخیر و تعرق خاکشیر (ET_c)

بررسی نتایج تبخیر و تعرق اندازه‌گیری شده توسط شش لایسیمتر برای ماه‌های مختلف رشد نشان می‌دهد که میزان کل تبخیر و تعرق گیاه خاکشیر در لایسیمترهای یک، دو و سه به ترتیب معادل ۲۱۴/۴۱، ۲۰۰/۳۴ و ۱۹۳/۲ میلی‌متر و همچنین میزان کل تعرق گیاه خاکشیر در لایسمترهای چهار، پنج و شش به ترتیب معادل ۱۸۰/۰۸، ۱۷۸/۵۱ و ۱۸۰/۳۶ میلی‌متر برای فصل رشد آن تعیین گردید که این مقدار در بازه‌ی زمانی پنج دی‌ماه ۱۳۹۸ تا ۱۹ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۹ اندازه‌گیری شد. با توجه به اینکه در منابع مختلف مقادیری برای تبخیر و تعرق خاکشیر ارائه نشده در این تحقیق برای اولین بار میزان تبخیر و تعرق خاکشیر اندازه‌گیری شده که همان‌طور که قبلاً گفته شد میانگین تبخیر و تعرق فصلی گیاه خاکشیر در این تحقیق معادل ۲۰۲/۶۵ و تعرق ۱۷۹/۶۵ و لذا با کسر این دو مقدار، میزان تبخیر ۲۳ میلی‌متر به دست آمد.

ضریب گیاهی یک گانه خاکشیر

با در اختیار داشتن تبخیر و تعرق گیاهی حاصل از داده‌های لایسیمتر و همچنین تبخیر و تعرق گیاه مرجع چمن، ضریب گیاهی خاکشیر در هر روز به دست آمد. دوره رشد خاکشیر در لایسیمتر به چهار مرحله (ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی) تقسیم شد؛ که در جدول (۳) ضریب گیاهی یک جزئی در طول مراحل مختلف رشد خاکشیر ارائه شده است. در دوره اولیه رشد به دلیل کوچک بودن گیاه و نیاز کم آن به آب میزان ضریب گیاهی پایین است و مقدار ضریب گیاهی در این مرحله بیشتر تحت تأثیر توان تبخیرکنندگی اتمسفر (کمبود فشار بخار در دمای واقعی هوا و در نتیجه ETo) است (وزیری و همکاران، ۱۳۸۷) که با توجه به میزان تبخیر و تعرق، کوچک است. در دوره میانی رشد ضریب گیاهی نه تنها تابع شرایط اقلیمی است، بلکه ارتفاع گیاه نیز در آن تأثیر دارد (وزیری و همکاران، ۱۳۸۷) و لذا با رشد گیاه و افزایش ارتفاع آن میزان تبخیر و تعرق در این دوره هم بالا می‌رود؛ اما در خصوص ضریب گیاهی دوره انتهایی رشد، اثر مدیریت آبیاری و عملیات زراعی در این مقدار، گنجانده شده است. از آن‌جا که گیاه تا زمانی نزدیک به برداشت آبیاری شد، لایه خاک سطحی مرطوب بوده و علاوه بر تعرق، تبخیر هم در تعیین نیاز آبی مؤثر است به همین دلیل برای مقدار ضریب گیاهی مرحله پایانی، عدد بالایی حاصل شد.



شکل ۳ - تغییرات ضریب گیاهی یک گانه گیاه خاکشیر

بر اساس شکل (۳) ضریب گیاهی میانگین در مرحله ابتدایی رشد (که با پوشش ۱۰ درصد سطح زمین توسط گیاه همراه است) برابر با ۰/۵۲ بوده، این در حالی است که با افزایش سرعت رشد گیاه و افزایش شاخص سطح برگ و به‌تبع آن افزایش تعرق در دوره توسعه ضریب گیاهی به‌طور صعودی افزایش‌یافته و به عدد ۰/۶۸ می‌رسد. در مرحله میانی که فعالیت بیولوژیکی گیاه در حد اعلای خود است این اعداد به ۰/۹۶ رسیده و در مرحله پایانی نیز عدد ۰/۵۷ نتیجه شد.

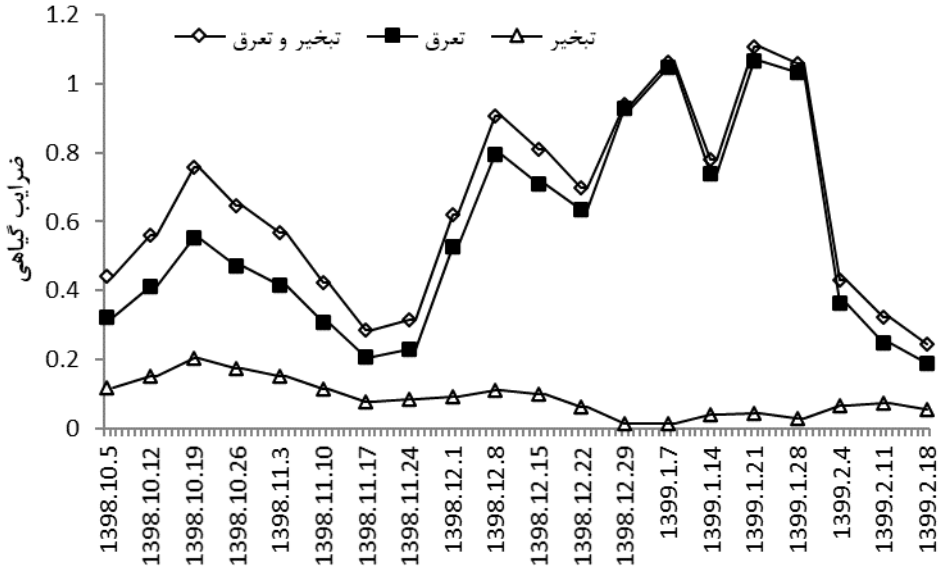
ضریب گیاهی دوگانه خاکشیر

مقادیر ضریب گیاهی پایه در مراحل اولیه، توسعه، میانی و انتهایی به ترتیب ۰/۳۸، ۰/۵۹، ۰/۹۴ و ۰/۵۲ برآورد گردید. با توجه به مقادیر ارائه‌شده در جدول (۳) مشاهده می‌شود که مقدار ضریب گیاهی پایه (جزء تعرق) به‌تدریج زیاد شده و در مرحله میانی به حداکثر مقدار می‌رسد. در مرحله اولیه که پوشش سبز گیاه کم است مقدار تبخیر از خاک حداکثر است و این ضریب به‌تدریج کاهش می‌یابد تا اینکه در مرحله میانی به حداقل مقدار خود می‌رسد. ضریب گیاهی دوگانه که مجموع جزء تعرق و جزء

تبخیر است به‌تدریج کاهش می‌یابد. در منابع مختلف ضریب گیاهی برای خاکشیر ارائه نشده است در این تحقیق برای اولین بار ضریب گیاهی منفرد و پایه گیاه خاکشیر تعیین شد.

جدول ۳- میانگین ضرایب گیاهی مراحل مختلف رشد با استفاده از گیاه مرجع چمن

ضریب گیاهی	ابتدایی	میانی	توسعه	نهایی
K_c	۰/۵۲	۰/۶۸	۰/۹۶	۰/۵۷
K_{cb}	۰/۳۸	۰/۵۹	۰/۹۴	۰/۵۲
K_e	۰/۱۴	۰/۰۹	۰/۰۲	۰/۰۵



شکل ۴- تغییرات ضریب گیاهی دوگانه گیاه خاکشیر

نیاز آبی و عملکرد

بررسی نتایج جدول (۲) نشان می‌دهد که نیاز آبی خاکشیر در سه لایسیمتر اول (تبخیر و تعرق) برابر با ۲۰۲/۶۵ میلی‌متر است. حداکثر و حداقل نیاز آبی به ترتیب در ماه دی و فروردین بود. مرادی و محمودیان‌فرد (۱۳۹۸) در پژوهشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی حاجی‌آباد هرمزگان به این نتیجه رسیدند که گیاه کلزا برای تولید ۲۹۵۰ کیلوگرم در هکتار دانه در منطقه مورد آزمایش به ۵۲۶/۵۵ میلی‌متر آب نیاز دارد که لازم است تا در طول دوره رشد و مطابق با نیاز روزانه گیاه در اختیار آن قرار گیرد. بعد از برداشت از زمین موارد عملکرد، اجزای عملکرد و صفات رشدی گیاه خاکشیر اندازه‌گیری شد. میانگین صفات رشدی گیاه خاکشیر به ترتیب شامل ارتفاع برابر با ۶۲/۹۷، تعداد شاخه فرعی برابر با ۲/۸۳، طول گل‌آذین اصلی برابر با ۳۵/۲، طول گل‌آذین فرعی ۲۲/۵۴، تعداد غلاف در گل‌آذین اصلی برابر با ۵۷/۵۷، طول هر غلاف برابر با ۲/۳۶ به دست آمد و همچنین میانگین اجزای عملکرد به ترتیب شامل تعداد غلاف در گل‌آذین فرعی ۳۵/۵ و تعداد دانه در غلاف برابر با ۲۲/۹ و همچنین هزار دانه ۰/۴۳۲ گرم به دست آمد. میزان عملکرد بیولوژیک محصول ۲۶۹۸/۰۱ و عملکرد دانه ۵۱۱/۶۲ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. میزان راندمان آب مصرفی برای تولید دانه معادل ۰/۱۱۵ و برای تولید بیولوژیک ۰/۶۰۴ کیلوگرم به ازای مترمکعب آب مصرف‌شده بوده است.

نتیجه‌گیری

برای صرفه‌جویی در مصرف آب در بخش کشاورزی، باید آب مورد نیاز گیاه برآورد و بر اساس نیاز

در اختیار گیاه قرار گیرد. یکی از بهترین راهکارهای ارائه‌شده در رابطه با بررسی نیاز آبی گیاهان، تعیین میزان ضرایب گیاهی آن‌ها است. با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش ضریب‌های گیاهی یک‌گانه ۰/۵۲، ۰/۶۸، ۰/۹۶ و ۰/۵۷ و ضریب‌های گیاهی دوگانه ۰/۳۸، ۰/۵۹، ۰/۹۴ و ۰/۵۲ برای مراحل چهارگانه رشد و نیاز آبی خاکشیر برابر با ۲۰۲/۶۵ میلی‌متر برآورد شد. با استفاده از این مقادیر که تاکنون به‌صورت تجربی برای منطقه بیرجند و اقلیم مشابه آن در کشور ارائه نشده است مدیریت آبیاری گیاه خاکشیر ممکن خواهد شد.

فهرست منابع

۱. تمدنی، د.، ۱۳۸۷. تبخیر- تعرق گیاهان (دستورالعمل محاسبه آب مورد نیاز گیاهان). کمیته ملی آبیاری. زهکشی ایران. شماره انتشار ۱۲۲.

۲. رحمان‌زاده، م.، ۱۳۹۶. بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در توده‌های مختلف خاکشیر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۳. ریحانی، ن.، خاشعی سیوکی، ع. ۱۳۹۴. برآورد ضریب گیاهی زیره سبز در مراحل مختلف رشد به روش لایسیمتری در منطقه بیرجند، نشریه آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۹، شماره ۵، صفحه‌های ۱۰۴۷ تا ۱۰۵۶.

۴. زارعی، ع.، ظهرابی، ص.، و بومه، ف.، ۱۳۹۶. ارزیابی مراحل مختلف رشد و تعیین ضریب گیاهی سیاه‌دانه. دو ماهنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۳۳، شماره ۴، صفحه‌های۵۹۷ تا ۶۰۷.

۵. شریفی عاشورآبادی، ا.، روحی‌پور، ح.، عصاره، م.ح.، لباسچی، م ح.، عباس‌زاده، ب.، نادری، ب.، رضایی سرخوش،م. ۱۳۹۱. تعیین نیاز آبی گیاه دارویی بومادران با استفاده از لایسیمتر. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲۸ شماره ۳، صفحه‌های ۴۸۴ تا ۴۹۲.

۶. قمرنیا، ه.، جعفری‌زاده، م.، میری، ا.، و قبادی، م.، ۱۳۹۰. برآورد ضریب گیاهی گشنیز در منطقه‌ای با اقلیم نیمه‌خشک. مجله مدیریت آب و آبیاری. جلد ۱، شماره ۲، صفحه‌های ۷۳ تا ۸۳.

۷. قوام سعیدی نوقابی، س.، شهیدی، ع.، حمامی، ح.، ۱۳۹۹. برآورد نیاز آبی و ضریب گیاهی شاهدانه در مراحل مختلف رشد در دشت بیرجند. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. جلد ۳۴، شماره ۴.

۸. قوام سعیدی 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 آب‌وخاک، جلد ۳۳، شماره ۱، صفحه‌های ۱ تا ۱۱.

۹. مرادی ، الف.، محمودیان‌فرد، ح.، (۱۳۹۸). تعیین نیاز آبی گیاه کلزا با استفاده از لایسیمتر در منطقه حاجی‌آباد هرمزگان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. جلد ۱۳، شماره ۳، صفحه‌های۸۳۲ تا ۸۴۴.

۱۰. میرزایی دوست، ح.، ۱۳۹۶. تعیین تبخیر- تعرق و ضریب گیاهی کلزا با استفاده از لایسیمتر در شهرکرد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد.

۱۱. میرزائی، ش.، ۱۳۹۳. تعیین تبخیر- تعرق و ضرایب گیاهی گاوزبان در ایستگاه تحقیقاتی کرکج دانشگاه تبریز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

۱۲. نادری، ر.، ۱۳۹۳. مقایسه مورفولوژیک، پلوئیدی و متابولیت‌های ثانویه خاکشیر تلخ و شیرین. دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا.

۱۳. وزیری، ژ.، سلامت، ع.، انتصاری، م.، مسجی، م.، حیدری، ن.، و دهقانی‌سانیچ، ح.، ۱۳۸۷. تبخیر و تعرق گیاهان (دستورالعمل محاسبه آب مورد نیاز گیاهان)، گروه کار استفاده پایدار از منابع آب برای تولید محصولات کشاورزی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، نشریه شماره ۱۲۲، ۳۶۲ صفحه.

۱۴. یرمی، ن.، کامگار حقیقی، ع ا.، سپاسخواه، ع.، و زندپارسا، ش.، ۱۳۸۶. تعیین تبخیر و تعرق بالقوه و ضریب گیاهی زعفران با استفاده از لایسیمتر بیلان آبی، نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان.

15. Allen, R. G., Pruitt, W. O., Wright, J. L., Howell, T. A., Ventura, F., Snyder, R., & Elliott, R. (2006). A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ETo by the FAO56 Penman-Monteith method. Agricultural Water Management, 81(1-2), 1-22.
16. Khan, M., Xiao, Y., Yu, B., Wang, N., Rasul, A., Yi, F., & Ma, T. (2012). Artabotryside A, a constituent from Descurainia sophia (L.) induces cell death in U87 glioma cells through apoptosis and cell cycle arrest at G2/M phase. J Med Plants Res, 6(21), 3754-3765.
17. Li, J., Liu, X., Dong, F., Xu, J., Zheng, Y., & Shan, W. (2010). Determination of the volatilecomposition in essential oil of Descurainia sophia (L.) Webb ex Prantl (Flixweed) by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). Molecules, 15(1), 233-240.
18. Sun, K., Li, X., Li, W., Wang, J., Liu, J., & Sha, Y. (2004). Two new lactones and one new aryl-8-oxa-bicyclo [3, 2, 1] Oct-3-en-2-one from Descurainia sophia. Chemical and pharmaceutical bulletin, 52(12), 1483-1486.
19. Villalobos, F. J., Testi, L., Rizzalli, R., & Orgaz, F. (2004). Evapotranspiration and crop coefficients of irrigated garlic (Allium sativum L.) in a semi-arid climate. Agricultural water management, 64(3), 233-249.

Determination of Water Requirement and Single and Dual Crop Coefficients of *Descurainia sophia L.* Using Lysimeter

M. Aliabadi, M. H. Najafi Mood, A. Khashei Siuki*, and A Shahidi

MSc, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand.
m.aliabadi0429@yahoo.com
Assistant Prof., Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand.
Mhnajafi2020@yahoo.com
Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand.
abbaskhashei@birjand.ac,ir
Associate Prof., Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand.
ashahidi@ birjand.ac.ir

Received: April 2023 and Accepted: September 2023

Abstract

Considering the limited water resources and the high rate of evaporation, water crisis is one of the most important issues in the country. Due to the importance of Flixweed as a medicinal plant, its water requirement and its single and dual plant coefficients were investigated in the lysimeter laboratory of University of Birjand. For this purpose, six lysimeters (of the water balance type) with a diameter of 60 cm and a height of 100 cm were used. Inside all six lysimeters, Flixweed plants were planted with a density of 20 plants/m^2, then, evaporation and transpiration were calculated using the water balance equation. Evaporation and transpiration of grass reference was measured directly by three lysimeters and its average was 322 mm. Then, plant coefficients were calculated for four stages of growth (initial, development, middle, and end). In this research, the average values of evaporation and transpiration, evaporation from the soil surface, and transpiration from the target plant were obtained as 202, 23, and 179 mm, respectively. Finally, the individual plant coefficients for the four initial, development, middle and final stages were 0.52, 0.68, 0.96 and 0.57, respectively, and the basic plant coefficients were 0.38, 0.59, 0.94 and 0.52 mm. In general, considering the climate of South Khorasan Province, Flixweed plant is recommended for cultivation due to its low water requirement.

Keywords: Water balance, Medicinal plants, Drainage lysimeter

* - Corresponding author's email: abbaskhashei@birjand.ac.ir