



مدیریت آب و آبیاری

(نشریه علمی)

دوره ۱۱ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۰

صفحه‌های ۴۶۰-۴۵۱

DOI: 10.22059/jwim.2021.313401.841

مقاله پژوهشی:

برآورد میزان تبخیر- تعرق و ضریب گیاهی گیاه دارویی خرفه به روش لایسیمتری در شهرستان شیراز

زهرا میری^۱، عباس خاشعی‌سیوکی^۲، امیر سالاری^{۳*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران.

۲. استاد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران.

۳. استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، مجتمع آموزش عالی میناب، دانشگاه هرمزگان، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۵/۰۲

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۸/۲۶

چکیده

تعیین دقیق نیاز آبی گیاهان نقش اساسی در تعیین ابعاد تأسیسات آب، برنامه‌ریزی آبیاری، افزایش بهره‌وری و راندمان آبیاری دارد. دقیق‌ترین و استانداردترین روش تعیین آب مورد نیاز گیاهان، روش بیلان آب با استفاده از لایسیمتر می‌باشد. گیاه خرفه به‌عنوان یک گیاه دارویی از اهمیت ویژه‌ای در مناطق مختلف جهان برخوردار است. خرفه با بسیاری از شرایط نامطلوب مانند خشکی، شوری و کمبود مواد غذایی سازگار است. بر این اساس، پژوهشی با هدف تعیین ضریب گیاهی (K_c) گیاه دارویی خرفه و با استفاده از سه لایسیمتر زهکش‌دار در طول فصل زراعی ۱۳۹۶ در شهرستان شیراز اجرا شد. تبخیر- تعرق روزانه واقعی به روش بیلان آب در لایسیمترها برآورد شد و تبخیر- تعرق مرجع با استفاده از گیاه چمن ۱۲ سانتی‌متری (گیاه مرجع) محاسبه شد. از تقسیم تبخیر- تعرق واقعی بر تبخیر- تعرق مرجع، ضریب گیاهی روزانه برای طول دوره رشد مورد مطالعه اندازه‌گیری شد. در پایان فصل و در مراحل مختلف رشد، مقادیر مربوط به ضرایب گیاهی خرفه شامل مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و نقطه انتهایی به‌ترتیب برابر ۰/۹، ۱/۱، ۱/۴ و ۰/۸ به‌دست آمد. نیاز آبی فصلی گیاه خرفه در منطقه مورد مطالعه ۳۵۸/۹۷ میلی‌متر محاسبه شد. میانگین تبخیر و تعرق دوره ابتدایی ۶۸ میلی‌متر، دوره توسعه و رشد ۸۷/۶ میلی‌متر، دوره میانی ۹۶/۱ میلی‌متر و دوره پایانی ۱۰۷/۲۴ میلی‌متر به‌دست آمد. نتیجه‌گیری کلی این پژوهش کشت این گیاه کم‌مصرف آب در مناطق خشک و نیمه‌خشکی از جمله شهرستان شیراز است.

کلیدواژه‌ها: بیلان آبی، تبخیر- تعرق، خرفه، نیاز آبی.

The estimation of evapotranspiration and crop coefficient of *purslane herb* plant in Shiraz

Zahar Miri¹, Abbas Khasheisiuki², Amir Salari^{3*}

1. M.Sc. Student, Department of Sciences and Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

2. Professor, Department of Sciences and Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

3. Assistant Professor, Department of Sciences and Water Engineering, Minab Higher Education Center, University of Hormozgan, Minab, Iran.

Received: November 19, 2020

Accepted: July 24, 2021

Abstract

Accurate determination of water requirement of plants plays an essential role in determining the dimensions of water facilities, irrigation planning, increasing productivity and irrigation efficiency. The most accurate and standard method of determining the water required by plants is the water balance method using a lysimeter. *Purslane* as a medicinal plant crops as weeds, special importance has grown in many regions of the world. *Purslane* many adverse conditions such as drought, salinity and lack of food is consistent. Accordingly, in order to determine crop coefficient (K_c) herb *purslane* and using three drainage lysimeter during a season in Shiraz. Actual daily evapotranspiration was estimated by water balance equation in lysimeter and potential evapotranspiration with grass plant 12 cm (plant source) was calculated. By dividing the actual evapotranspiration of the plant on potential evapotranspiration, crop coefficient was measured daily during the growing period studied. At the end of the season and at different stages of growth, the values related to *portulaca oleracea* plant coefficients including initial, developmental, middle and endpoints were 0.9, 1.1, 1.4 and 0.8, respectively. The seasonal water requirement of *portulaca oleracea* in the study area was 358.97 mm. The average evapotranspiration of the initial, the development, the middle and the final periods were obtained 68, 87.6, 96.11 and 107.24 mm, respectively. The general conclusion of this study is the cultivation of this low water consumption plant in arid and semi-arid regions, including Shiraz.

Keywords: Evapotranspiration, Purslane, Water balance, Water requirement.

مقدمه

رشد روز افزون جمعیت و نیاز بیش تر به مواد غذایی و از طرفی محدودیت های منابع آب و خاک از جمله مسائلی است که استفاده بهینه از منابع آب و خاک را در اولویت فعالیت های کشاورزی کشورهای مختلف قرار داده است. قرار گرفتن ایران در کمربند خشکی کره زمین و وقوع خشکسالی های پیاپی، چالش بحران تنش آبی را بیش از پیش تشدید نموده است (Boroumandnasab et al., 2006). وابستگی تولیدات کشاورزی در ایران به منابع آب زیرزمینی، باعث استفاده بی رویه از این منابع استراتژیک شده و مشکلات زیادی را در بحث مدیریت منابع آب ایجاد نموده است. بیلان منفی و عدم توجه جدی به حفظ تعادل بیلان آبی باعث شده تا الگوی استفاده بهینه و حداکثرسازی بهره وری آب استحصالی مورد توجه ویژه کارگزاران و بهره برداران حوزه آب قرار گیرد. دستیابی به حداکثر مقدار ممکن بهره وری آب، بدون شناخت واقعی نیاز آبی گیاه امری غیرممکن است. تعیین نیاز آبی محصولات کشاورزی هر منطقه، اساسی ترین کار ممکن در راستای اهداف آبیاری است. نیاز آبی یا همان میزان تبخیر و تعرق گیاه، شامل تبخیر آب از سطح خاک و تعرق پوشش گیاهی بوده و عامل اصلی و اساسی چرخه هیدرولوژیکی به حساب می آید. تبخیر - تعرق اساساً تابع شرایط آب و هوایی بوده اما تحت تأثیر ویژگی های خاک، کاربری اراضی، مقاومت آئرودینامیک سطوح کشت، وضعیت گیاهی و توپوگرافی منطقه نیز قرار دارد. از آنجایی که عوامل بسیار زیادی در تبخیر - تعرق دخالت دارند، برآورد دقیق آن بسیار مشکل می باشد (Boroumandnasab et al., 2006). برای تعیین میزان تبخیر و تعرق گیاهان، دو روش متداول است الف) تعیین تبخیر - تعرق واقعی گیاه (ET_C) با ضرب تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_0) در ضریب گیاهی (K_C) مراحل مختلف

رشد و ب) تعیین مستقیم تبخیر - تعرق واقعی گیاه (ET_C) توسط لایسیمتر (که از دقت بسیار مناسبی برخوردار است) که به روش بیلان آبی معروف است (Liu et al., 2000). در شمال چین آزمایشی با هدف اندازه گیری ضریب گیاهی دو جزه ای تبخیر و تعرق واقعی گندم پاییزه و ذرت با استفاده از لایسیمترهای وزنی صورت گرفته و بر کارایی این روش به ویژه در برآورد نیاز آبی گندم تأکید شد، در این پژوهش، مقادیر ضریب گیاهی گندم در مراحل مختلف رشد به ترتیب ۰/۸، ۱/۱۵، ۱/۲۵ و ۰/۹۵ و برای ذرت ۰/۹، ۰/۹۵، ۱/۲۵ و ۱ به دست آمد (Ren et al., 2011). در باجگاه شیراز مقدار ضرایب گیاهی مراحل مختلف رشد زعفران با استفاده از لایسیمترهای بیلان آبی به ترتیب ۰/۲۴، ۰/۹۴ و ۱/۰۵ و ۰/۷۳ اندازه گیری شد (Yarami et al., 2012). مقدار ضرایب گیاهی اجفون به روش لایسیمتری در منطقه بیرجند طی مراحل مختلف رشد شامل مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی به ترتیب برابر با ۰/۷۸، ۱/۰۶، ۱/۱۳ و ۰/۹۶ و مجموع تبخیر و تعرق این گیاه ۴۹۲ میلی متر گزارش شد (Saberi et al., 2017). مقادیر ضرایب گیاهی پیاز در اتیوپی طی مراحل مختلف رشد ابتدایی، میانی و پایانی به ترتیب ۰/۴۷، ۰/۹۹ و ۰/۴۶ و نیاز آبی مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی رشد نیز به ترتیب برابر با ۵۱/۳، ۱۴۰/۵، ۱۴۴/۸ و ۵۳/۹ میلی متر بیان شده است (Bossie et al., 2009). Tyagi et al. (2000) با استفاده از لایسیمتر در منطقه نیمه خشک کارنال هند با میانگین بارندگی سالانه ۶۶۷ میلی متر، مقادیر ضریب گیاهی گندم طی مراحل مختلف رشد را به ترتیب ۰/۵۰، ۱/۳۶، ۱/۲۴ و ۰/۴۲ به دست آوردند. مقادیر ضرایب گیاهی گشنیز طی مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی به ترتیب ۰/۶۶، ۱/۱۹، ۱/۳۶ و ۰/۹۸ (Ghamar-Nia et al., 2011a) و سیاه دانه نیز به ترتیب ۰/۵۹، ۰/۹۱، ۱/۲۹ و ۰/۷۸ به دست آمد (Ghamar-Nia et al., 2011b).

مواد لعابی، پکتین، پروتئین، کربوهیدرات‌ها، کلسیم، منیزیم، آهن، مس، روی، سدیم، پتاسیم، فسفر، سلنیوم، اسیدهای ارگانیک (اکزالیک، سینامیک، کافئیک، مالیک، سیتریک)، تیامین، فرولیک‌اسید، ریبوفلاوین، نیکوتینیک‌اسید و ویتامین‌های A, B, C, E می‌باشد (Reyhani & Khasheisiuki, 2015)، عدم شناخت کافی در رابطه با این گیاه با ارزش، موجب شده تا آن را تنها به صورت علف هرز بشناسند و گیاهی ارزشمند تلقی نشود (Amirul Alam et al., 2014).

این پژوهش با هدف تعیین ضرایب گیاهی و نیاز آبی گیاه دارویی خرفه با استفاده از لایسیمتر به روش بیلان آبی در شهرستان شیراز انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بخش مرکزی شهرستان شیراز و در ارتفاع ۱۴۸۶ متری از سطح دریا و موقعیت جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و ۲۹ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی انجام شد. این شهرستان با توجه به داده‌های آماری سالانه طولانی‌مدت، با میانگین بارش سالیانه ۳۲۰ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالیانه ۱۷/۸ درجه سانتی‌گراد، دارای اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد. به منظور تعیین ضریب گیاهی گیاه دارویی خرفه، اجرای طرح به صورت کشت گیاه در لایسیمتر صورت گرفت. بدین منظور و با توجه به اندازه و ارتفاع گیاه از لایسیمتری به قطر ۷۰ و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر برای کشت خرفه استفاده شد. به منظور انجام زهکشی در کف هر یک از لایسیمترها سوراخ‌هایی تعبیه شد. برای سهولت در زهکشی کف لایسیمترها تا ارتفاع چهار سانتی‌متری سنگریزه کوچک و درشت ریخته شد و بقیه حجم آن توسط خاک موردنظر و بدون کود (جهت ایجاد شرایط واقعی) پر شد. شکل (۱) لایسیمترها را قبل از کاشت نشان می‌دهد.

Noorollahi et al. (2016) طی پژوهشی در منطقه باجگاه شیراز میزان ضریب گیاهی ماریتیغال را برای دوره‌های رشد ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی به ترتیب برابر با ۰/۳، ۰/۷۷، ۱/۰۴ و ۰/۸۵ به دست آوردند، این پژوهش‌گران همچنین میزان تبخیر و تعلق فصلی گیاهان ماریتیغال، اسطوخودوس و رزماری را ۳۷۲/۶، ۱۱۹۱/۴ و ۱۴۵۳/۴۶ میلی‌متر اندازه‌گیری نمودند. Zaree et al. (2016) نیز مقدار ضریب گیاهی یونجه را در منطقه فسا برای دوره‌های ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی به ترتیب برابر با ۰/۵۹، ۰/۹۵، ۱/۳۲ و ۰/۷۴ و کل میزان تبخیر و تعلق فصلی را برابر با ۵۴۱ میلی‌متر به دست آوردند. کل نیاز آبی اندازه‌گیری شده گل‌محمدی در منطقه کرج ۱۱۴۷ میلی‌متر (Sharifi-Ashoorabadi et al., 2015)، گونه دارویی Hyssop Biblical در لبنان ۱۳۷۳ میلی‌متر (Jaafar et al., 2017) و خشخاش در منطقه کوردوبای اسپانیا ۵۰۵ میلی‌متر محاسبه شده است (Mahdavi-Damghani et al., 2010). مقادیر ضرایب گیاهی اندازه‌گیری شده طی دوره‌های مختلف رشد نیز به ترتیب در مورد یونجه ۰/۵۹، ۰/۹۵، ۱/۳۲ و ۰/۷۴ (Zaree et al., 2016) و در مورد سیاهدانه ۰/۷۵، ۱/۰۲، ۱/۲۱ و ۰/۸۰ (Zarei et al., 2017) اندازه‌گیری شده است.

خرفه با نام علمی *Portulaca oleracea* Portulacaceae خانواده *Portulacaceae* است. خرفه جزو گیاهان دارویی است که اغلب به عنوان علف هرز در سطح جهان شناخته می‌شود (Fathnejhad-Kazemi et al., 2010). این گیاه حساس به سرما (Amirul Alam et al., 2014) و مقاوم به خشکی، شوری و شرایط کمبود مواد غذایی (Hoseini et al., 2013; Sultana & Rahman, 2013) بوده و در مکان‌های جغرافیایی متنوعی رشد می‌نماید (Hoseini et al., 2013). خاصیت ضدسرطانی، آنتی‌اکسیدانی و تصفیه‌کنندگی خون این گیاه نیز ناشی از حضور متابولیت‌های ثانویه نورآدرنالین، دوپامین و امگا ۳ آن می‌باشد. برگ و ساقه این گیاه سرشار از

ضریب بازتابش در آن ۲۳ درصد می‌باشد، هم‌چنین مقاومت گیاهی ثابت و ۷۰ ثانیه بر متر است.

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (\theta_s - \theta_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (2)$$

در این رابطه، ET_0 : تبخیر-تعرق گیاه مرجع (چمن): T ، $(MJ/m^2 \cdot day^{-1})$: شار گرمای خاک G ، (mm/day) : دمای هوا در ارتفاع دو متری $(^\circ C)$: U_2 : سرعت باد در ارتفاع دو متری (m/s) ، e_s : فشار بخار اشباع (kpa) ، e_a : فشار بخار واقعی (kpa) ، $e_s - e_a$: کمبود فشار بخار اشباع (kpa) ، Δ : شیب منحنی فشار بخار $(kpa/^\circ C)$ ، R_n : ضریب ثابت سایکرومتری $(kpa/^\circ C)$ و γ : تابش خالص در سطح گیاه $(MJ/m^2 \cdot day^{-1})$ می‌باشد.

از طرفی می‌توان ET_0 را با اندازه‌گیری مستقیم تبخیر و تعرق به‌دست آورد. در این طرح، برای به‌دست‌آوردن ET_0 از تبخیر و تعرق گیاه چمن با مشخصات ذکر شده در فائو ۵۶ استفاده شد. برای محاسبه تبخیر و تعرق واقعی گیاه خرفه نیز از معادله (۳) (بیلان آب) استفاده شد. این روش، شامل بررسی جریان آب ورودی و خروجی به محدوده توسعه ریشه گیاه در طول یک دوره مشخص می‌باشد:

$$ET_C = I + P + D + R \pm \Delta S \quad (3)$$

که در آن: ET_C : تبخیر-تعرق واقعی (mm/day) ، I : مقدار آبیاری (mm) ، P : بارندگی (mm) ، D : تغییرات ذخیره‌ای رطوبت خاک (mm) ، R : عمق آب زهکشی شده از انتهای لایسیمترها (mm) و ΔS : تغییرات ذخیره‌ای رطوبت خاک (mm) می‌باشد. رطوبت خاک با استفاده از دستگاه TDR و قبل و بعد از هر آبیاری در مورد هر لایسیمتر انجام شد.

ضریب گیاهی که از تقسیم تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه بر تبخیر و تعرق گیاه مرجع به‌دست می‌آید نیز یک مقدار ثابت نبوده (Doorenbos and Pruitt, 1977) و به چهار مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی تقسیم می‌شود، مرحله اولیه از تاریخ جوانه‌زدن بذر تا مرحله ۱۰



Figure 1. An example of a lysimeter used

پس از قرارگیری لایسیمترها در خاک، برای افزایش شانس جوانه‌زنی و با توجه به ویژگی گرمادوستی این گیاه، در هر لایسیمتر به‌طور متوسط تعداد ۲۵ عدد بذر خرفه در دهم اردیبهشت‌ماه کاشته و پس از یک دوره ۱۴۲ روزه در ۲۸ شهریورماه جمع‌آوری شد. رطوبت خاک مورد استفاده در محدوده ظرفیت زراعی به روش آزمایشگاهی به‌صورت درصد وزنی تعیین شد. بدین منظور، تعداد سه نمونه تهیه شده و میانگین وزنی آن‌ها به‌عنوان درصد رطوبت ظرفیت زراعی در نظر گرفته شد. جهت اندازه‌گیری محتوای آب خاک و تعیین نوبت آبیاری از دستگاه TDR استفاده شد. طی مدت زمان آزمایش، آب زهکشی شده به‌صورت وزنی اندازه‌گیری شده و سپس به حجم و ارتفاع آب تبدیل شد. کنترل علف‌های هرز در طی فصل رشد به تکرار و به‌صورت دستی انجام گرفت.

تعیین ضریب گیاهی (K_C) با استفاده از معادله (۱) انجام گرفت:

$$K_C = \frac{ET_C}{ET_0} \quad (1)$$

که در آن، ET_0 : تبخیر-تعرق مرجع (چمن یا یونجه mm/day) و ET_C : تبخیر-تعرق گیاه مورد نظر در شرایط استاندارد (mm/day) می‌باشد.

برای محاسبه تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_0) می‌توان از معادله پنمن مانتیث (معادله ۲) توصیه شده توسط سازمان FAO استفاده کرد، که در این روش گیاه مرجع یک پوشش چمن است که ارتفاع آن ۱۲ سانتی‌متر و

(Pirmoradian *et al.*, 2002). نیاز آبی و ضریب گیاهی اندازه‌گیری شده گیاه خرفه در بازه‌های زمانی ۱۰ روزه برای سه لایسیمتر در جدول (۱) آورده شده است. در دهه اول رشد (مرحله استقرار)، ۵۳/۱۵ میلی‌متر تبخیر و تفرق اندازه‌گیری شد. با گذشت زمان و افزایش سن گیاه و طول دوره رشد و همچنین گرم‌تر شدن هوا، بر میزان تبخیر و تفرق گیاه افزوده شد، به طوری که میانگین تبخیر و تفرق دوره ابتدایی ۶۸ میلی‌متر، دوره توسعه و رشد ۸۷/۶۲ میلی‌متر، دوره میانی ۹۶/۱۱ میلی‌متر و دوره پایانی ۱۰۷/۲۴ میلی‌متر به دست آمد و در مجموع میزان تبخیر و تفرق کل فصل رشد، ۳۵۸/۹۷ میلی‌متر محاسبه شد.

در مرحله ابتدایی که رشد گیاه کم و اندازه گیاه کوچک است، سهم تبخیر بیشتر از تفرق بوده و در مرحله توسعه و میانی، با توسعه اندام هوایی گیاه میزان تفرق افزایش یافته که به دنبال آن k_c گیاهی سیری صعودی یافته داشته و در نهایت در مرحله پایانی با کاهش فعالیت برگ‌ها (پیر شدن برگ‌ها) مجدداً سهم تفرق کمتر شده و از مقدار k_c گیاهی نیز کاسته می‌شود. به طور میانگین، میزان k_c مرحله اولیه رشد برابر با ۰/۹، مرحله توسعه برابر با ۱/۱۰، مرحله میانی برابر با ۱/۴۰ و مرحله پایانی برابر با ۰/۸۰ به دست آمد.

درصد رشد گیاه، مرحله توسعه از ۱۰ درصد رشد تا شروع گلدهی، مرحله میانی از آغاز گلدهی تا رسیدن محصول و مرحله پایانی از انتهای مرحله میانی تا برداشت محصول می‌باشد. با اعمال مقادیر ضریب گیاهی هر مرحله در تبخیر- تفرق گیاه مرجع، نیاز آبی مربوطه به دست می‌آید (Pirmoradian *et al.*, 2002). در این پژوهش برای ارزیابی تغییرات ضریب گیاهی از نرم‌افزار اکسل استفاده شد و برای محاسبه ضریب گیاهی هر مرحله از رشد، میانگین ضریب گیاهی در آن مرحله در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

عمق ریشه گیاه خرفه کاشته شده در لایسیمترها برابر با ۵۰ سانتی‌متر و ارتفاع آن برابر با ۳۰ سانتی‌متر به دست آمد. با توجه به این که مقدار نیاز آبی و ضریب گیاهی گیاهان مختلف طی دوره رشد متغیر می‌باشد، منحنی ضریب گیاهی به صورت تابعی از روزهای پس از کاشت نشان داده می‌شود (Doorenbos & Pruitt, 1977). این منحنی براساس پژوهش‌های انجام شده قبلی که مورد تأیید تمامی پژوهش‌گران و متخصصین امر است، به چهار مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی تقسیم می‌شود.

Table 1. Water requirement (mm) and ten-day crop coefficients (Kc) of purslane herb in 3 lysimeter

Reference evapotranspiration (ET ₀) (mm)	Third lysimeter		Second lysimeter		First lysimeter		Average	
	ET _c (mm)	K _c	ET _c (mm)	K _c	ET _c (mm)	K _c	ET _c (mm)	K _c
58	52.50	0.90	57.45	0.99	49.5	0.85	53.15	0.90
57	59.40	1.04	64.31	1.12	68.31	1.19	64.00	1.10
62.5	72.00	1.15	64.50	1.03	77.55	1.24	71.35	1.10
66	82.50	1.39	61.05	0.97	62.70	0.95	68.75	1.10
59	82.50	1.40	57.75	0.97	82.50	1.39	74.25	1.20
58	85.47	1.47	91.41	1.49	85.47	1.40	87.45	1.40
61	99.00	1.94	102.30	1.60	91.41	1.49	97.57	1.60
51	87.45	1.70	87.45	1.70	99.00	1.90	91.30	1.70
53	99.33	1.80	89.76	1.60	99.30	1.87	96.13	1.70
56	101.70	1.90	98.60	1.76	98.60	1.76	99.60	1.80
50	92.60	1.85	92.80	1.85	92.40	1.84	92.60	1.80
46	105.60	2.20	84.15	1.80	107.25	2.30	99.00	2.10
48	113.80	2.30	82.50	1.70	77.55	1.60	91.28	1.80
144	125.40	0.80	120.40	0.80	148.50	1.03	131.43	0.80

گیاه از میزان آن کاسته شده است (شکل ۵). به وضوح در مراحل ابتدایی، بخش زیادی از تبخیر و تعرق گیاه را تبخیر از سطح خاک شامل شده و با توسعه و رشد گیاه، سهم تبخیر کاهش و بر بخش تعرق افزوده می‌شود. این نتایج در هر سه لایسیمتر تکرار شده و میانگین آن‌ها در شکل (۵) بیانگر این موضوع است. Yarami et al. (2013) و Keykhamoghadam et al. (2012) نیز نتایج مشابهی گزارش نمودند.

طبق شکل‌های (۲)، (۳) و (۴) مقدار k_c در مقیاس روزانه و در روزهای پس از کاشت تغییرات زیادی داشته و در مرحله ابتدایی که رشد گیاه کم و اندازه گیاه کوچک است، سهم تبخیر بیش‌تر از تعرق بوده و لذا مقدار k_c پایین است. در مرحله توسعه و میانی، با توسعه اندام هوایی گیاه میزان تعرق افزایش یافته که به دنبال آن k_c سیری صعودی یافته است و به دنبال آن در مرحله پایانی با کاهش فعالیت برگ‌ها (پیر شدن برگ‌ها) دوباره تعرق کمتر شده و از مقدار k_c نیز کاسته می‌شود.

ضریب گیاهی مرحله ابتدایی رشد برابر ۰/۹ اندازه‌گیری شد، متناسب با افزایش میزان رشد و افزایش سطح برگ و افزایش تعرق گیاهی طی دوره توسعه، ضریب گیاهی نیز افزایش یافته و در این مرحله میانگین آن برابر با ۱/۱ به دست آمد.

هرچند در مورد سایر گیاهان پژوهش‌های خوبی صورت گرفته، اما در مورد تعیین میزان ضریب گیاهی گیاه خرفه، کار پژوهشی اجرا نشده است. میزان ضریب گیاهی برنج در منطقه کوشکک فارس طی مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی به ترتیب برابر با ۰/۹۷، ۱/۲۵ و ۱/۹۰ (Keykhamoghadam et al., 2013) و برای زعفران در منطقه باجگاه شیراز برای مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی رشد به ترتیب برابر با ۰/۴۵-۰/۱۴، ۱/۰۵-۰/۹۳ و ۰/۳۱-۰/۲۹ به دست آمده است (Yarami et al., 2012).

میزان ضریب گیاهی دو گونه بابونه و زیره سبز در منطقه خرم‌آباد طی دوره‌های مختلف رشد به ترتیب ۰/۱۶، ۰/۵۴، ۰/۸۶ و ۰/۵۰ و ۰/۵۰، ۰/۱۴، ۰/۵۲، ۰/۷۰ و ۰/۵۰ اندازه‌گیری شده است (Saedinia et al., 2018). مقدار ضرایب گیاهی زیره سبز طی دوره‌های مختلف رشد در منطقه بیرجند نیز به ترتیب ۰/۶۵، ۰/۹۲، ۱/۲۱ و ۰/۸۵ به دست آمده است (Reyhani & Khasheisiuki, 2015).

نتایج ضریب گیاهی لایسیمترها در شکل‌های (۲)، (۳) و (۴) و میانگین آن‌ها در شکل (۵) نشان داده شده است. همان‌طور که از این شکل‌ها نیز مشخص است، مقدار پایین ضریب گیاهی با کامل شدن دوره رشد و رسیدن به مرحله میانی، به حداکثر مقدار رسیده و بعد از آن با نزدیک شدن به انتهای فصل و فرا رسیدن پیری

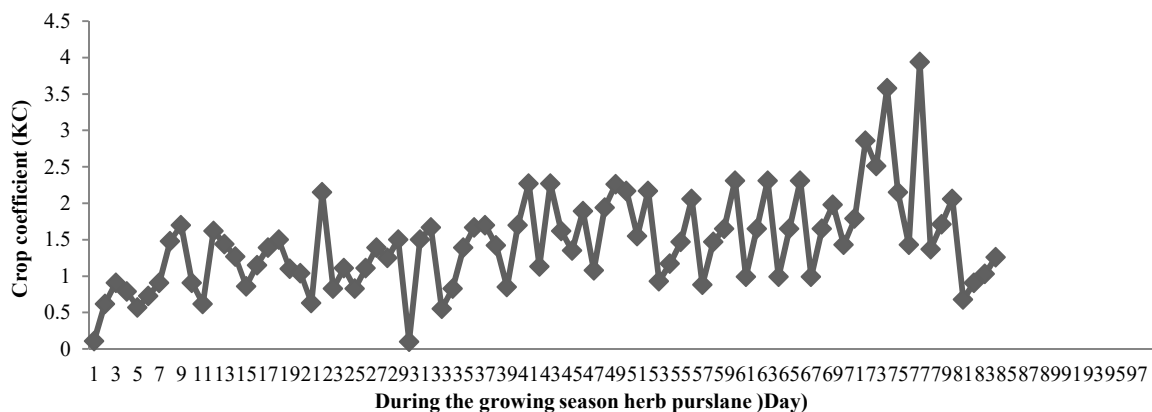


Figure 2. Plant coefficient during the growing season (The first lysimeter)

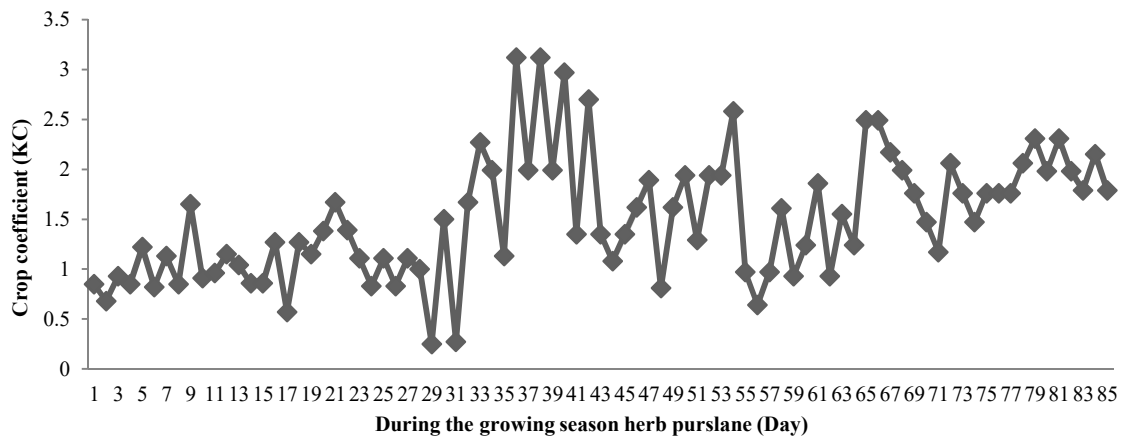


Figure 3. Plant coefficient during the growing season (The second lysimeter)

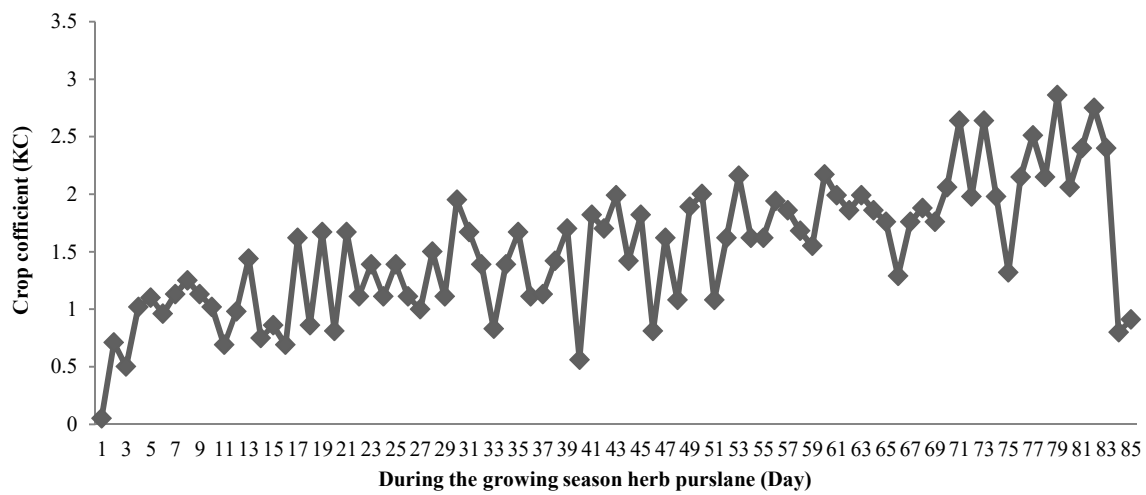


Figure 4. Plant coefficient during the growing season (The third lysimeter)

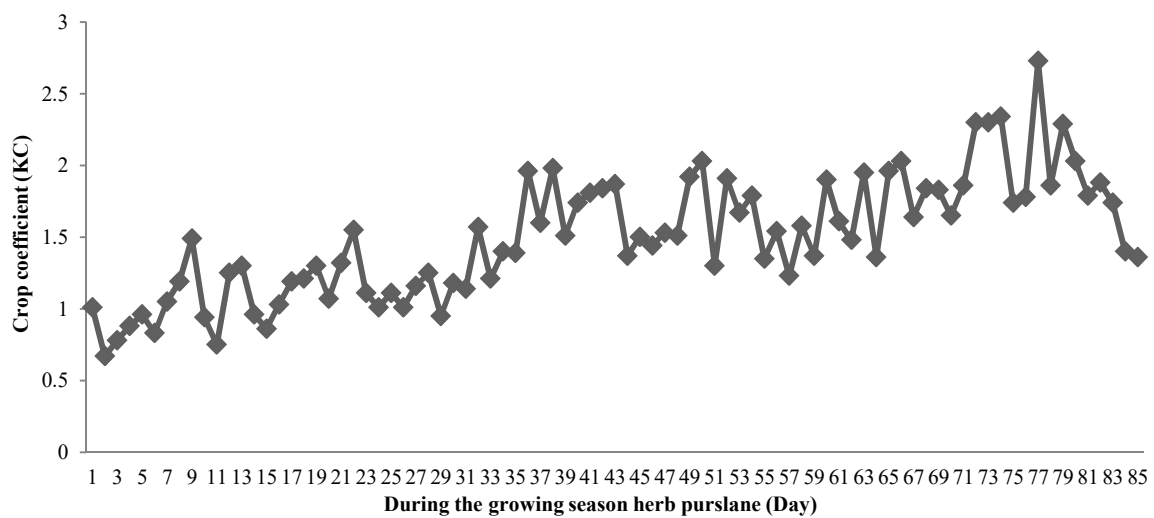


Figure 5. Average plant coefficient during the growing season (All lysimeters)

رشد هر یک و مقادیر ضرایب گیاهی در مراحل اولیه و توسعه، می‌توان دریافت که این گیاه نسبت به اکثر گیاهان زراعی نیاز آبی کمتری داشته و با قراردادن آن در الگوی کشت مناطق خشک و نیمه‌خشک، علاوه بر مزیت کم‌مصرف بودن آب و صرفه‌جویی در مصرف آب، می‌توان عملکرد و درآمد نسبتاً مطلوبی را به‌دست آورد. با توجه به کمبود آب و بارندگی در کشورمان، ترویج زراعت گیاهان متحمل به این شرایط ضروری می‌باشد. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نویدبخش این خواهد بود که با بررسی‌های بیش‌تر و با توجه به کاربردهای مختلف خرفه به‌عنوان سبزی و گیاه دارویی بتوان از این گیاه در الگوی کشت مناطق خشک و نیمه‌خشک بهره برد.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

منابع

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage paper 56. FAO, Rome, 300(9), D05109.
- Amirul Alam, M., Shukor Juraimi, A., Yusop Rafii, M., Abdul Hamid, A., & Aslani, F. (2014). Screening of Purslane (*Portulaca oleracea* L.) Accessions for High Salt Tolerance. *The Scientific World Journal*, 1-13.
- Boroumandnasab, S., Kashkouli, H. A., & Khaledian, M. (2006). Determination of water requirement and plant coefficients of sugarcane in Hoghtatpeh agricultural and industrial lands of Khuzestan. *The first national conference on irrigation and drainage network management*, May 12-14. Faculty of Water Science Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. (In Persian).
- Bossie, M., Tilahun, K., & Hordofa, T. (2009). Crop coefficient and evapotranspiration of onion at Awash Melkassa. *Central Rift valley of Ethiopia. Irrigation and drainage system*, 23(1), 1-10.
- Doorenbos, J., & Pruitt, W. O. (1977). Guidelines for prediction of crop water requirements. FAO-24, Food and Agriculture Organization, Rome.

در مراحل بعدی رشد، که گیاه در بلوغ کامل و در حداکثر ممکن رشد و سطح برگ قرار داشت، میزان ضریب گیاهی برابر با ۱/۴ محاسبه شد. پس از این مرحله و با کاهش سطح برگ و قسمت‌های هوایی، به‌دلیل کاهش تعرق و به‌دنبال آن کاهش فرایند فتوسنتز و متابولیسم‌های درون سلولی، ضریب گیاهی کاهش یافته و به مقدار ۰/۸ رسید (شکل ۵).

Noorollahi *et al.* (2016) طی پژوهشی در منطقه باجگاه شیراز میزان ضریب گیاهی ماریتیغال را برای دوره‌های رشد ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی به‌ترتیب برابر با ۰/۳، ۰/۷۷، ۱/۰۴ و ۰/۸۵ به‌دست آوردند، این پژوهش‌گران هم‌چنین میزان تبخیر و تعرق فصلی گیاهان ماریتیغال، اسطوخودوس و رزماری را ۳۷۲/۶، ۱۱۹۱/۴ و ۱۴۵۳/۴۶ میلی‌متر اندازه‌گیری نمودند. *Zaree et al.* (2016) نیز مقدار ضریب گیاهی یونجه را در منطقه فسا برای دوره‌های ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی به‌ترتیب برابر با ۰/۵۹، ۰/۹۵، ۱/۳۲ و ۰/۷۴ و کل میزان تبخیر و تعرق فصلی را برابر با ۵۴۱ میلی‌متر به‌دست آوردند. کل نیاز آبی اندازه‌گیری‌شده گل‌محمدی در منطقه کرج ۱۱۴۷ میلی‌متر (Sharifi-Ashoorabadi *et al.*, 2015)، گونه دارویی *Hyssop Biblical* در لبنان ۱۳۷۳ میلی‌متر (Jaafar *et al.*, 2017) و خشخاش در منطقه کوردوبای اسپانیا ۵۰۵ میلی‌متر محاسبه شده است (Mahdavi-Damghani *et al.*, 2010). مقادیر ضرایب گیاهی اندازه‌گیری‌شده طی دوره‌های مختلف رشد نیز به‌ترتیب در مورد یونجه خاردار ۱/۳۲، ۰/۹۵، ۰/۵۹ و ۰/۷۴ (Zaree *et al.*, 2016) و در مورد سیاهدانه ۱/۰۲، ۱/۲۱ و ۰/۸۰ (Zarei *et al.*, 2017) اندازه‌گیری شده است.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر با بررسی نتایج لایسیمترها، در طول دوره

- Fathnejhad-Kazemil, R., Peighambardoust, S.H., Azadmard-Damirchi, S., & Fallah, E. (2010). Investigation of mold spoilage in breads enriched with purslane and flaxseed powders. *Electronic journal of food processing and preservation*, 2(3), 19-29. (In Persian).
- Ghamar-Nia, H., Jafari-Zadeh, M., Miri, E., & Ghobadi, M. (2011a). Determination of water requirement for *Coriandrum sativum* L. by lysimetric method in a semi-arid climate. *Journal of Water and Soil Science*, 17(66), 1-9. (In Persian).
- Ghamar-Nia, H., Jafari-Zadeh, M., Miri, E., & Ghobadi, M. (2011b). Determination of water requirement for *Nigella Sativa* L. by lysimetric method. *Journal of water Research in Agriculture*, 25(2), 133-145. (In Persian).
- Ghamar-Nia, H., Jafari-Zadeh, M., Miri, E., & Ghobadi, M. (2014). Determination of water requirement for *Coriandrum sativum* L. by lysimetric method in a semi-arid climate. *Journal of Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)*, 17(66), 1-9. (In Persian).
- Hoseini, E., Forouzanfar, M., & Payedar, A. (2013). The effect of hydroalcoholic extract of purslane (*Portulaca oleracea* L) on serum concentration of estrogen, progesterone, prolactin and gonadotropins in mature female rats. *Journal of Shahrekord University Medicinal Science*. 15(5), 12-21. (In Persian).
- Jaafar, H., Khraizat, Z., Bashour, I., & Haidar, M. (2017). Determining water requirements of biblical hyssop using an ET-based drip irrigation system. *Agricultural Water Management*, 180, 107-117.
- Kardowani, P. (1998). *Water resources and issues in Iran*. University of Tehran Press. (In Persian).
- Keykhamoghadam, P., Kamgar-Haghighi, A., Sepaskhah, A., & Zand-Parsa, Sh. (2013). Determination of single and dual crop coefficients and potential evapotranspiration of developed saffron. *Journal of Agricultural Meteorology*. 1(1), 1- 13. (In Persian).
- Liu, L., Howe, P., Zhou, Y., Xu, Z., Hocart, C., & Zhang, R. (2000). Fatty acids and bcarotene in Australian purslane (*Portulaca oleracea* L.) varieties. *Journal of Chromatography A*, 893, 207-213.
- Mahdavi-Damghani, A., Kamkar, B., Al-Ahmadi, M.J., Testi, L., Muñoz-Ledesma, F.J., & Villalobos, F.J. (2010). Water stress effects on growth, development and yield of opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Agricultural Water Management*, 97(10), 1582-1590.
- Noorollahi, M., Hassanli, A.M., Ghanbarian, Gh.A., & Taghvaei, M. (2016). Determination of crop coefficient (Kc) for *rosmarinus officinalis* L., *Lavandula angustifolia* Mill. And *Silybum marianum* L. *Gaertnas* medicinal plants using water balance approach. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 10(1), 117-127. (In Persian).
- Pirmoradian, N., Kamgar-Haghighi, A. A., & Sepaskhah, A. R. (2002). Crop coefficient and water requirement of rice in Kooshkak area, Fars province. *Journal of water and soil science*. 6(3), 15-23. (In Persian).
- Ren, Sh., Weed, S., Akande, O., Guo, Y., Rutto, L., & Mebrahtu, T. (2011). Drought tolerance and AFLP-based genetic diversity in purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Journal of Biotech Research*, 3, 51-61.
- Reyhani, N., & Khashei siuki, A. (2015). Lysimetric determination of Cuminum crop coefficients durnig different growth stages in region of Birjand. *Journal of Water and Soil*, 29(5), 1047- 1056. (In Persian).
- Saberi, E., Rezaei, F., & Khashei-Siuki, A. (2017). Lysimetric determination of *Trachyspermum ammi* crop coefficient durnig different growth stages in region of Birjand. *Journal of Water Research in Agriculture*, 31(3), 389-298. (In Persian).
- Saedinia, M., Tarnian, F., Hosseinian, H., & Nasrollahi, A. H. (2018). Estimation of the evapotranspiration and crop coefficient of Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) and Cumin (*Cuminum cyminum* L.) in Khorram Abad region. *Water and Irrigation Management*, 8(1), 165-175. (In Persian).
- Sharifi-Ashoorabadi, E., Rouhipour, H., Assareh, M. H., Tabei-Aghdaei, S.R., Lebaschy, M. H., & B. Naderi. (2015). Determination of water requirement of *Rosa damascene* Mill. using lysimeter. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 30(6), 923-931. (In Persian).
- Sultana, A., & Rahman, K. (2013). *Portulaca oleracea* Gglobal panacea with ethnomedicinal and pharmacological potential. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(2), 33-39.
- Tyagi, N. K., Sharma, D. K., & Luthra, S. K. (2000). Evapotranspiration and crop coefficient of wheat and sorghum. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 126(4), 215-222.
- Yarami, N., Kamgar-Haghighi, A. A., Sepaskhah, A. R., & Zand-Parsa, Sh. (2012). Determination of the potential evapotranspiration and crop coefficient for saffron using a water-balance lysimeter. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 57(7), 727-740.

Zaree, A., Amiri, M. J., Zohrabi, S., & Bomeh, F. (2016). Determination of crop coefficient (Kc) in *Medicago polymorpha* species, using weighing micro lysimeter. *Journal of Rangeland*, 10(2), 204- 212. (In Persian).

Zarei, A. R., Zohrabi, S., & Boomeh, F. (2017). Evaluation of different growth stages of *Nigella sativa* L. and assessment of crop coefficient (Kc). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 33(4), 597-607. (In Persian).