

برآورد آب مورد نیاز و ضرایب گیاهی استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni) در اقلیم نیمه خشک در شرایط لایسیمیتری

زهرا جلیلی^۱، هوشنگ قمرنیا^{۱*} و دانیال کهریزی^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱/۱۴)

چکیده

تخمین دقیق نیاز آبی برای مطالعات بیلان آبی، مدیریت و طراحی سیستم‌های نوین آبیاری و مدیریت منابع آب ضروری است. از آنجا که منابع آب و خاک کشور محدود است لذا، به منظور استفاده بهینه از منابع آب در بخش کشاورزی، لازم است تا میزان آب مصرفی توسط گیاهان مختلف در شرایط متفاوت به صورت دقیق تعیین شود. به منظور تعیین نیاز آبی و ضرایب گیاهی استویا، از شش دستگاه لایسیمیتر در سه تکرار برای کشت استویا و گیاه مرجع (چمن) استفاده شد. میزان تبخیر تعرق گیاه استویا و گیاه مرجع به صورت روزانه اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که در طول دوره ۵۳۷ روزه کشت گیاه استویا، حداکثر و حداقل تبخیر- تعرق گیاه استویا در دو سال انجام کشت به ترتیب برابر ۹/۸۵ و ۱/۶۹ میلی‌متر در روز و حداکثر و حداقل تبخیر- تعرق گیاه مرجع در دو سال کشت برابر ۶/۵۴ و ۱/۸۴ میلی‌متر در روز به دست آمد. در این پژوهش، مقادیر ضریب گیاهی KC در سال ۱۳۹۵ در مراحل رشد ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی به ترتیب برابر ۰/۷۶، ۱/۱۱، ۱/۴۶ و ۱/۰۵ و در سال ۱۳۹۶ در مراحل رشد به ترتیب برابر ۰/۷۶، ۱/۱۸، ۱/۵۲ و ۱/۲۹ به دست آمد. میانگین ضرایب گیاهی منفرد چهار مرحله رشد در دو سال پژوهش به ترتیب برابر ۰/۷۶، ۱/۱۵، ۱/۴۹ و ۱/۱۷ به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر- تعرق، گیاه مرجع، مزرعه تحقیقاتی، استویا

۱. گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

۲. گروه زراعت، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: hghamarnia@razi.ac.ir

مقدمه

در سال های اخیر کمبود بارندگی، آب را به یکی از مهم ترین عوامل محدود کننده توسعه کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک تبدیل کرده است. استفاده بی رویه و خشکسالی های اخیر باعث ایجاد مشکلات زیادی در مدیریت منابع آب شده است. از این رو برای جلوگیری و خروج از بحران آب به مدیریت مناسب کشاورزی و منابع آب نیاز است. یکی از پارامترهای مهم در این راستا، تعیین تبخیر-تعرق و نیاز آبی محصولات کشاورزی در هر منطقه برای به کارگیری در انتخاب میزان و رژیم آبیاری مناسب است. تبخیر-تعرق، شامل تبخیر آب از سطح خاک و تعرق از پوشش گیاهی است و نشان دهنده یک روند اساسی از چرخه هیدرولوژیکی و یک عنصر کلیدی مدیریت منابع آب، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک است. تبخیر-تعرق تابعی از ویژگی های خاک، شرایط آب و هوایی، کاربری اراضی، مقاومت آیرودینامیک سطوح کشت، وضعیت گیاهی و توپوگرافی منطقه است. از آنجایی که عوامل بسیار زیادی در تبخیر-تعرق دخالت دارند، برآورد دقیق آن اگر نتوان گفت که غیرممکن است، بلکه کاری بسیار مشکل است (۶). برای تعیین نیاز آبی گیاهان به طور کلی دو راه وجود دارد: در حالت اول می توان با محاسبه تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_o) و استخراج ضریب گیاهی (K_c) محصول مورد نظر و ضرب این دو مقدار در یکدیگر، تبخیر-تعرق گیاهی (ET_c) را محاسبه کرد. روش دوم، روش مستقیم با انجام آزمایش های لایسیمتری است که هر چند دارای هزینه های سنگین تری است لیکن دقیق تر است، چون بیانگر تقریباً تمام عوامل تأثیرگذار بر نیاز آبی است (۱). قمرنیا و همکاران (۴) در یک پژوهش اقدام به برآورد ضریب گیاهی گشنیز در کرمانشاه کردند که مقادیر ضرایب 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. قمرنیا و همکاران (۵) در مطالعه دیگری ضریب رشد گیاهی سیاه دانه را در مراحل مختلف رشد به روش لایسیمتری تعیین کردند، نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که در طی دو سال انجام آزمایش مقدار ضرایب گیاهی برای سیاه دانه در مراحل رشد اولیه،

توسعه، میانی و پایانی به ترتیب برابر ۰/۵۹، ۰/۹۱، ۱/۲۹ و ۰/۷۸ به دست آمد. به منظور تعیین ضرایب گیاهی زیره سبز، آزمایشی توسط ریحانی و همکاران (۳) با استفاده از لایسیمتر در بیرجند انجام شد. برای اجرای این طرح از سه عدد لایسیمتر استفاده و نیاز آبی زیره به روش بیلان آبی محاسبه شد. برای محاسبه تبخیر-تعرق گیاه مرجع نیز از چمن مورد استفاده برای فضای سبز با ارتفاع ۱۲ سانتی متر به عنوان گیاه مرجع استفاده شد. در نهایت در پایان فصل رشد، مقادیر مربوط به ضرایب گیاهی زیره در مراحل مختلف رشد شامل مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و مرحله انتهایی، به ترتیب برابر ۰/۶۵، ۰/۹۲، ۱/۲۱ و ۰/۸۵ به دست آمد. شکلا و همکاران (۱۵)، نیاز آبی و ضریب گیاهی هندوانه را در جنوب غربی فلوریدا با استفاده از لایسیمترهای زهکش دار تعیین کردند. آنها با جمع آوری داده از چهار دستگاه لایسیمتر زهکش دار در سال های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵ و با استفاده از معادله بیلان آب، تبخیر-تعرق گیاه هندوانه را اندازه گیری و سپس برای تعیین تبخیر-تعرق گیاه مرجع از دو معادله پنمن مانیتث و بلانی کریدل اصلاح شده استفاده کردند و ضرایب گیاهی را با استفاده از هر دو معادله به دست آوردند. ضرایب گیاهی به دست آمده از معادله پنمن مانیتث فائو در مراحل رشد ابتدایی، میانی و پایانی به ترتیب برابر ۰/۵۷، ۰/۸۹ و ۰/۷۶ و ضرایب گیاهی به دست آمده از معادله بلانی کریدل اصلاح شده در مراحل رشد به ترتیب برابر ۰/۴۴، ۰/۷۱ و ۰/۶۱ گزارش کردند. بوسی و همکاران (۹)، ضرایب گیاهی پیاز را در اتیوپی با استفاده از سه دستگاه لایسیمتر زهکش دار به دست آوردند. مقادیر ETC در مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی رشد به ترتیب برابر ۵۱/۳، ۱۴۰/۵، ۱۴۴/۸ و ۵۳/۹ میلی متر محاسبه و سپس با استفاده از ETO مقادیر K_c را برای مراحل ابتدایی، میانی و پایانی رشد به ترتیب برابر ۰/۴۷، ۰/۹۹ و ۰/۴۶ برآورد کردند. زارع ایبانه و همکاران (۱۶)، نیاز آبی و ضرایب گیاهی یک جزیی و دوجزیی سیر را با استفاده از لایسیمتر زهکش دار در آب و هوای نیمه خشک سرد اندازه گیری کردند. نتایج نشان داد که ضریب گیاهی دوجزیی از ضریب گیاهی یک جزیی دقیق تر است اما استفاده از ضریب گیاه یک جزیی برای کاربر ساده تر است.

آزمایش به ترتیب (۰/۷-۰/۸)، (۰/۴-۰/۶)، (۰/۱-۱/۲۱) و (۰/۵۰-۰/۶۵) هستند. دویدار و همکاران (۱۰) به استخراج آب مورد نیاز و ضرایب گیاهی خرما با استفاده از لایسیمتر زهکش دار در عربستان پرداختند. نتایج آزمایش آنها نشان داد که تبخیر-تعرق گیاه جو و چمن به عنوان گیاه مرجع در طول دوره رشد به ترتیب ۵/۹۸ و ۵/۶۶ میلی متر در روز است. همچنین ضرایب گیاهی خرما در طول مدت آزمایش برای مراحل مختلف رشد بین ۰/۷۴ تا ۰/۹۱ در نوسان بود. زنگ و همکاران (۱۷) ضرایب گیاهی گندم زمستانه را با استفاده از روش آبیاری ثقلی در شمال چین برآورد کردند. نتایج آزمایش آنها نشان داد که مقادیر ضرایب گیاهی گندم زمستانه برای مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی به ترتیب ۰/۱۲، ۱/۱۵ و ۰/۳ هستند. همچنین جلی و همکاران (۱۲) در آزمایشی به بررسی تبخیر-تعرق و برآورد ضرایب گیاهی گندم زمستانه در چین پرداختند. نتایج نشان داد که مقدار ضرایب گیاهی در مراحل مختلف رشد بین ۰/۴۵ تا ۱/۳۵ به دست آمد که مقدار متوسط آن در طول دوره رشد برابر با ۰/۹۶ است. فرونزا و وینیشیوس فولیگاتی (۱۱) آزمایشی به منظور بررسی مقدار آب مورد نیاز برای رشد محصول استویا و تأثیر آن بر عملکرد این گیاه در شرایط استفاده از میکرو لایسیمتر با سطح ایستابی ثابت در ایتالیا انجام دادند. تبخیر و تعرق گیاه مرجع توسط معادله پنمن مانتیث تخمین زده شد و سطح آب نیز در عمق ۶۵ سانتی متری ثابت شده بود. نتایج آزمایش نشان داد که تبخیر و تعرق گیاه در دوره کامل رشد گیاه (اول ژوئن تا ۲۲ اکتبر) ۴۶۴ میلی متر بود که با توجه به این مقدار تبخیر، متوسط تبخیر و تعرق گیاه ۵/۴۴ میلی متر در روز گزارش شد. ضرایب گیاهی در ۲۵ روز اول رشد گیاه ۱/۴۵، در مرحله میانی (روز ۲۶ تا ۱/۱۶ ام) ۱/۱۴ و در مرحله پایانی (روز ۵۱ تا ۱/۱۸ ام) ۱/۱۶ به دست آمد. گیاه مورد بررسی در این پژوهش، گیاه استویا با نام علمی *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni یکی از ۱۵۴ تا بیش از ۲۰۰ گونه گیاهی متعلق به جنس *Stevia* و از نباتات بومی کشور پاراگوئه است که دارای شیرین کننده های طبیعی عاری از کالری است. گیاه استویا به علل متعددی از قبیل سازگاری بسیار بالا به محدوده وسیعی از شرایط مختلف اقلیمی، محتوای بالای

رحیمیان و کاخکی (۲)، نیاز آبی و ضرایب گیاهی پنبه را به روش لایسیمتری در منطقه کاشمر تعیین کردند. میزان ضرایب گیاهی پنبه در دوره رشد اولیه، میانی و پایانی به ترتیب برابر ۰/۴، ۱/۱۵ و ۰/۷ به دست آمد. عزیزی زوهان و همکاران (۸) آزمایشی را طی دو سال متوالی برای تعیین ضرایب گیاهی زعفران با استفاده از روش تشتک تبخیر در اقلیم نیمه خشک ایران اجرا کردند. در این پژوهش برای محاسبه ETo از معادله پنمن مانتیث فائو استفاده شد. در این پژوهش مقادیر ETo و ETC به ترتیب برابر ۴۸۶ و ۹۹۱ میلی متر در سال اول آزمایش و ۶۷۰ و ۹۷۵ میلی متر در سال دوم آزمایش به دست آوردند. مقدار Kc در مراحل مختلف رشد متغیر بود. مقادیر به دست آمده شامل ۰/۲۲-۰/۲۴، ۰/۲۲-۱/۰۵، ۰/۹۴ و ۰/۶۸-۰/۷۸ به ترتیب در مراحل اولیه، میانی و پایانی گزارش شدند. لی و همکاران (۱۳)، در شرایط استفاده از پلاستیک مالچ، نیاز آبی و ضرایب گیاهی ذرت بهاره را در منطقه شمال غرب چین برآورد کردند. در این پژوهش برای اندازه گیری پارامترها از سنسور رطوبتی، حرارت سنخ صوتی، سنسورهایی که تغییرات عمودی باد، دما و چگالی آب را اندازه می گیرند، استفاده شد. ضرایب گیاهی به دست آمده در مراحل اولیه، میانی و انتهایی به ترتیب برابر ۱/۴۶، ۱/۳۹ و ۱/۲۲ گزارش شد. لیو و لوو (۱۴) ضرایب گیاهی دوگانه برای ذرت تابستانه و گندم پاییزه را که توسط FAO۵۶ در منطقه شمال چین گزارش شده بود، ارزیابی و بررسی کردند. نتایج نشان داد که روش استفاده از ضرایب گیاهی دو جزئی برای دو محصول پذیرفتنی است، اما برای دوره حداکثر نتایج غلظی ارائه می دهد. آنها پیشنهاد کردند که مقادیر ضرایب گیاهی پایه طی دوره های اولیه، میانی و پایانی برای دو محصول باید اصلاح شود. مقادیر ضرایب گیاهی برآورد شده توسط لایسیمتر طی دوره های رشد شامل اولیه، توسعه، میانی و پایانی برای گندم پاییزه به ترتیب ۰/۸، ۰/۹۵، ۱/۱ و ۰/۹۵ و برای ذرت تابستانه به ترتیب ۰/۹، ۰/۹۳، ۱/۲۵ و ۱ برای منطقه مورد مطالعه گزارش شد. عابدین پور (۷) در پژوهشی نیاز آبی و ضرایب گیاهی ذرت را با استفاده از لایسیمتر وزنی اندازه گیری کرد. نتایج پژوهش او نشان داد که ضرایب گیاهی ذرت دانه ای در دوره ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی رشد در دو سال انجام

متری از سطح دریا قرار گرفته است. در طی مدت انجام پژوهش داده‌های هواشناسی از ایستگاه هواشناسی تمام اتوماتیک که به فاصله پنجاه متری از محل آزمایش قرار داشت، به صورت روزانه دریافت شد. پارامترهای هواشناسی در طول دوره آزمایش در جدول (۱) ارائه شده است. در تاریخ ۱۳۹۵/۰۲/۱۵ نشای ریشه لخت استویا در لایسیتراهای محل آزمایش کشت شدند. با توجه به اینکه گیاه استویا گیاهی چندساله با قابلیت دو بار محصول‌دهی در سال است، لذا آزمایش برآورد ضرایب گیاهی و نیاز آبی تا تاریخ ۱۳۹۶/۰۷/۲۲ ادامه یافت.

با نمونه‌گیری‌هایی که در خاک‌های منطقه صورت گرفته است، طبقه‌بندی خاک مزرعه مورد مطالعه از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی به ترتیب به شرح جداول (۲) و (۳) است. همچنین متوسط آنالیز ویژگی‌های آب که در ماه‌های ۱۳۹۵/۰۲/۱۵ الی ۱۳۹۶/۰۷/۳۱ صورت گرفته به شرح جدول (۴) است.

روش محاسبه نیاز آبی و ضرایب گیاهی

در این پژوهش برای محاسبه تبخیر- تعرق گیاه استویا و گیاه مرجع (چمن) از ۱۸ دستگاه لایسیمتر زهکش‌دار استوانه‌ای با قطر ۰/۲۵ متر و ارتفاع ۱/۲ متر و با سطح مقطع ۰/۰۶ مترمربع در مزرعه پژوهشی استفاده شد. لایسیمترهای گیاه مرجع از جنس سیمانی بودند و لایسیمترهای دیگر (کشت گیاه استویا) از جنس پلی‌اتیلن بودند. کف لایسیمترها به صورت شیب‌دار بود و در انتها به وسیله لوله‌ای به خارج متصل شده بود تا زهاب‌ها به محل اندازه‌گیری هدایت شوند. در کف لایسیمترها به اندازه ۱۵ سانتی‌متر شن ریخته شد و سپس لایسیمترها با خاک محل حفر گودال با در نظر گرفتن ترتیب لایه‌های پروفیل خاک، پر و در چندین نوبت تا رسیدن به چگالی ظاهری ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب فشرده شد. برای تحکیم خاک قبل از انجام عملیات کشت روی هر لایسیمتر، در چند نوبت به خاک درون مربوطه آب داده شد و پس از نشست کامل دوباره لایسیمترها تا سطح مورد نظر با خاک پر شدند. برای

شیرین‌کننده‌های طبیعی قابل استحصال و نقش چشمگیری که در رفاه، آسایش و سلامت زندگی بشر خصوصاً افراد مبتلا به بیماری دیابت بازی می‌کند دارای ارزش فوق‌العاده بالایی است. این گیاه متعلق به جنس استویا بوده که این جنس به نوبه خود تعلق به خانواده کاسنی دارد. گیاه استویا معمولاً به صورت یک نبات علفی چند ساله در زیستگاه طبیعی خود در کشور پاراگوئه می‌روید. این گیاه تحت برخی از شرایط زیست محیطی و عملیات مدیریتی می‌تواند به صورت یک گیاه یک ساله یا ترکیبی از هر دو نوع الگوی رشدی رفتار کند. گیاهانی که در شرایط مزرعه و تحت مدیریت‌های مناسب زراعی مورد کشت قرار می‌گیرند از لحاظ خصوصیات رویشی دارای رشدونمو بیشتر و قوی‌تر و همچنین بوته‌های پرپشت و مملو از شاخه هستند. تمامی قسمت‌های سبز رنگ گیاه از طعم و مزه شیرین برخوردار هستند. از آنجایی که برگ‌ها قسمت‌های اصلی حاوی مواد شیرین‌کننده در این گیاه هستند، سهم برگ و نسبت وزن آن به کل گیاه بسیار حائز اهمیت است. دست یافتن به نسبت‌های بالای وزن برگ به ساقه در زراعت استویا بسیار مطلوب است، زیرا که میزان غلظت گلیکوزید استویوزید در بافت‌های ساقه پایین است (کمتر از ۵ میلی‌گرم در گرم). ارتفاع بوته استویا در حدود ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر بوده و در برخی مناطق ارتفاع گیاه تا ۱۰۰ الی ۱۲۰ سانتی‌متر هم گزارش شده است. از آنجایی که تاکنون در رابطه با استخراج نیاز آبی و تعیین ضرایب گیاهی استویا در اقلیم‌های مختلف بویژه اقلیم نیمه‌خشک تحقیقی صورت نگرفته است و اطلاعاتی در دست نیست لذا، هدف از این تحقیق برآورد نیاز آبی و همچنین ضرایب رشد گیاه استویا در منطقه ای با اقلیم نیمه‌خشک است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی آب واقع در پردیس دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی در کرمانشاه صورت گرفت که دارای طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۱۳۱۹

جدول ۱. میانگین پارامترهای هواشناسی در طی مدت کشت

سال	ماه	حداقل دما (سانتی گراد)	حداکثر دما (سانتی گراد)	سرعت باد (متر بر ثانیه)	رطوبت حداکثر (درصد)	رطوبت حداقل (درصد)	ساعات آفتابی (ساعت)	بارندگی ماهانه (میلی متر)
۱۳۹۵	اردیبهشت	۱۷/۰۰	۲۵/۴۳	۲/۵۷	۵۰/۰۶	۹/۸۲	۸/۹۸	۱/۵۰
	خرداد	۱۱/۵۱	۳۱/۰۵	۲/۶۱	۲۹/۵۸	۵/۱۰	۱۰/۷۰	۰/۰۱
	تیر	۱۷/۲۱	۳۸/۶۹	۲/۳۸	۲۵/۰۶	۴/۵۸	۱۰/۳۹	۰/۰۰
	مرداد	۱۷/۱۱	۳۹/۳۶	۲/۵۵	۲۲/۴۸	۳/۹۴	۱۱/۲۰	۰/۰۰
	شهریور	۱۴/۷۹	۳۶/۰۴	۲/۴۵	۳۱/۸۴	۸/۱۶	۹/۷۰	۰/۰۰
	مهر	۸/۱۱	۲۸/۴۶	۲/۳۸	۳۷/۹۰	۱۲/۴۳	۸/۱۹	۰/۰۰
	آبان	۵/۲۵	۲۲/۸۴	۲/۲۱	۸۸/۲۰	۴۲/۳۳	۵/۹۹	۰/۰۳
	آذر	-۱/۸۳	۱۱/۷۶	۲/۲۱	۸۷/۴۰	۴۱/۰۳	۶/۴۶	۰/۴۸
	دی	-۰/۸۹	۱۱/۰۰	۲/۰۳	۸۰/۶۳	۳۸/۴۷	۵/۴۱	۲/۵۱
	بهمن	-۳/۴۲	۷/۲۰	۲/۱۸	۸۲/۶۷	۳۴/۸۳	۶/۳۰	۲/۶۹
اسفند	-۰/۴۱	۱۴/۵۴	۱/۷۹	۷۹/۲۰	۲۸/۹۷	۶/۷۵	۲/۳۳	
۱۳۹۶	فروردین	۶/۲۵	۱۷/۷۲	۲/۲۳	۸۱/۱۶	۳۱/۲۶	۵/۶۶	۴/۳۱
	اردیبهشت	۹/۴۶	۲۶/۵۱	۲/۴۶	۷۳/۴۵	۱۸/۲۶	۹/۱۴	۰/۷۱
	خرداد	۱۱/۶۶	۳۲/۵۶	۲/۷۵	۴۴/۲۶	۵/۹۷	۱۱/۰۹	۰/۰۰
	تیر	۱۷/۶۷	۳۸/۱۱	۲/۲۶	۲۶/۴۵	۴/۴۵	۱۱/۹۸	۰/۰۰
	مرداد	۱۸/۷۴	۳۹/۲۴	۲/۲۹	۲۱/۳۵	۳/۲۳	۱۱/۳۱	۰/۰۰
	شهریور	۱۸/۲۱	۳۸/۴۱	۲/۱۴	۲۰/۱۴	۳/۸۱	۹/۲۶	۰/۰۰
	مهر	۱۷/۵۲	۳۶/۲۳	۲/۱۱	۲۱/۳۱	۴/۱۲	۹/۱۷	۰/۰۰

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه

Clay	Silt	Sand	عمق نمونه‌گیری (cm)	وزن مخصوص ظاهری (gr/cm ³)	بافت خاک
۵۱/۶	۴۴/۲	۴/۲	۰ - ۳۰	۱/۳	رسی سیلتی
۵۰/۶	۴۶/۵	۳/۹	۳۰ - ۶۰	۱/۳۲	رسی سیلتی
۵۴/۷	۴۳/۱	۳/۲	۶۰ - ۱۰۰	۱/۳۴	رسی سیلتی

جدول ۳. ویژگی‌های شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

Zn	Fe	Mn	کربن آلی (%)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	EC (dS/m)	pH
۱/۲۶	۱۱/۹	۷/۸	۱/۳۸	۴۴۰	۲۶	۱/۲	۷/۳

جدول ۴. خصوصیات شیمیایی آب منطقه مورد مطالعه

SAR	درصد سدیم محلول	مجموع کاتیون‌ها	Na ⁺	Mg ⁺⁺ + Ca ⁺⁺	مجموع آنیون‌ها	SO ₄ ⁻²	CL ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻²	pH	TDS (mg/L)	شوری آب (dS/m)
۰/۵۴	۱۱/۷	۹/۲۳	۱/۰۹	۸/۱۸	۹/۲۸	۱/۱۵	۱/۸	۶/۲۰	۰/۰۱	۶/۹	۶۳۱	۱

نظر گرفتن آستانه تحمل گیاه به دوره‌های آبیاری). زهاب قبل از هر آبیاری توسط ظروف مدرج اندازه‌گیری و میزان بارندگی به صورت روزانه از ایستگاه هواشناسی دریافت می‌شد. در این پژوهش اندازه‌گیری رطوبت در دور آبیاری با استفاده از دستگاه TDR انجام شد. سنسورهای دستگاه TDR در اعماق ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی متری کارگذاری شدند. اطراف سنسورها به طور کامل با خاک پوشیده شد که از ایجاد فضای باز جلوگیری شود زیرا وجود درز هوا قرائت‌ها را تحت تأثیر قرار می‌داد (شکل ۱).

تبخیر- تعرق گیاه استویا از معادله بیلان آب محاسبه شد. پارامترهای معادله بیلان در دور آبیاری اندازه‌گیری شدند و مقدار تبخیر- تعرق نیز در دور آبیاری محاسبه و در نهایت با تقسیم آن بر تعداد روزهای موجود در دور تبخیر- تعرق گیاه به صورت روزانه به دست آمد. پس از اندازه‌گیری پارامترهایی نظیر تبخیر- تعرق گیاه مرجع و تبخیر- تعرق گیاه استویا ضریب گیاهی از رابطه (۴) محاسبه شد:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad (4)$$

که در آن پارامترهای Kc ضریب گیاهی، ETc تبخیر- تعرق گیاه استویا (میلی متر در روز) و ET0 تبخیر- تعرق گیاه مرجع (میلی متر در روز) است. در این آزمایش، دوره رشد استویا به چهار مرحله (ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی) تقسیم شد. مرحله اولیه از تاریخ جوانه زدن بذر تا ۱۰ 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 در نظر گرفته شد. در طی دو سال انجام آزمایش تبخیر- تعرق گیاه مرجع و استویا و به تبع آن ضرایب گیاهی برای دوره‌های مختلف رشد به صورت روزانه در محیط مزرعه تحقیقاتی به دست آمد.

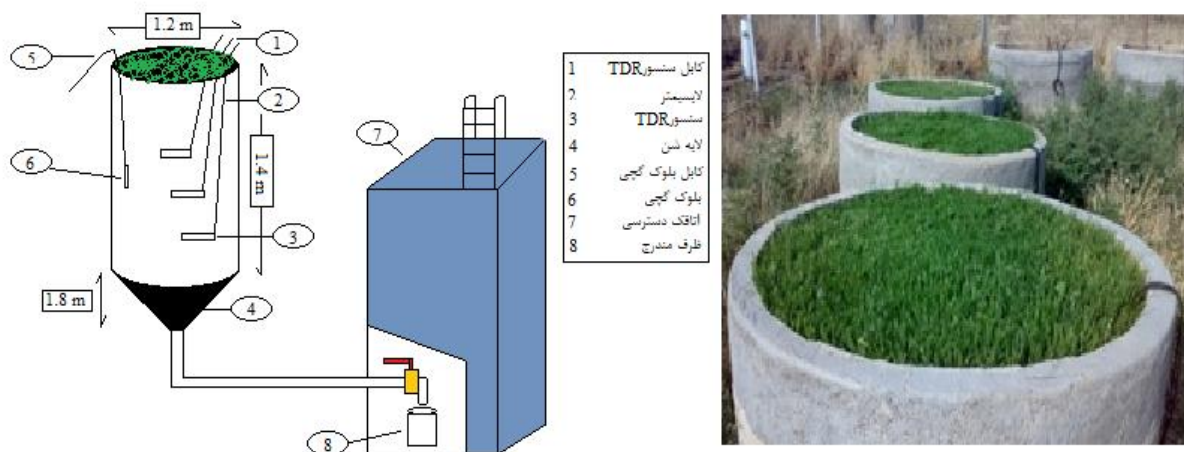
اندازه‌گیری تبخیر- تعرق گیاه توسط لایسیمتر زهکش‌دار برای دوره زمانی معین، از رابطه بیلان آبی خاک استفاده شد. برای محاسبه بیلان آبی (رابطه ۱) باید پارامترهای عمق آب آبیاری (I)، بارندگی (P)، تغییرات رطوبت خاک (ΔS) و عمق آب زهکشی شده (D) اندازه‌گیری شوند. در نهایت، با استفاده از رابطه (۱) میزان نیاز آبی محاسبه شد.

$$ETC = P + I - D \pm \Delta S \quad (1)$$

به منظور تعیین مقدار آب آبیاری باید میزان رطوبت در حد ظرفیت زراعی مزرعه بر حسب درصد وزنی و جرم مخصوص ظاهری خاک مشخص شود. میزان عمق آب آبیاری در هر نوبت آبیاری از اختلاف رطوبت خاک تا رسیدن به حد ظرفیت زراعی محاسبه می‌شود. برای اندازه‌گیری رطوبت ظرفیت زراعی، ابتدا خاک داخل لایسیمتر اشباع و سپس به مدت ۲۴ ساعت به آب اجازه نفوذ داده شد. بعد از این مدت از خاک نمونه برداری شده پس از توزین، آن را به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون که دمای آن حدود ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد بود قرار داده شد تا خشک شود. پس از خشک شدن و توزین مجدد، مقدار رطوبت ظرفیت زراعی با استفاده از معادله (۲) محاسبه شد. با توجه به توضیحات داده شده رطوبت ظرفیت زراعی خاک منطقه ۳۴ درصد وزنی به دست آمد. در نهایت عمق آب آبیاری (d_n) از رابطه (۲) محاسبه شد:

$$d_n = (\theta_{fc} - \theta_m) \times \rho_b \times D \times MAD \quad (2)$$

که در آن پارامترهای θ_{fc} رطوبت ظرفیت زراعی، θ_m رطوبت اندازه‌گیری شده در دوره معین قبل از رسیدن به نقطه پژمردگی دائم، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک (gcm^{-3})، D عمق لایه خاک و MAD درصد تخلیه مجاز رطوبتی است. در این پژوهش مقدار MAD معادل ۷۰ درصد در نظر گرفته شد (با توجه به در



شکل ۱. اندازه گیری تبخیر- تعرق گیاه استویا و گیاه مرجع با استفاده از لایسیمتر زهکش دار

اندام هوایی گیاه تبخیر- تعرق، افزایش یافته و سپس در ماه‌های آخر رشد سال ۱۳۹۵ (ماه‌های آبان تا دی) با کاهش فعالیت برگ‌ها مجدداً تبخیر- تعرق و در پی آن نیاز آبی کم شده است. در دوره دوم یعنی سال ۱۳۹۶ نیز همین روند را در دوره رشد گیاه استویا می‌توان مشاهده کرد. مرحله اولیه بین ماه‌های دی تا اسفند ۱۳۹۵ گیاه رشد کم و تقریباً یکنواختی داشته و ضریب گیاهی کم است. پس از آن در مرحله توسعه یعنی حد فاصل ماه‌های اسفند ۱۳۹۵ تا خرداد ۱۳۹۶ گیاه با شیبی نسبتاً بالا در حال رشد و توسعه است که در ماه‌های خرداد تا مرداد ۱۳۹۶ وارد مرحله میانی با رشد ثابت شده است.

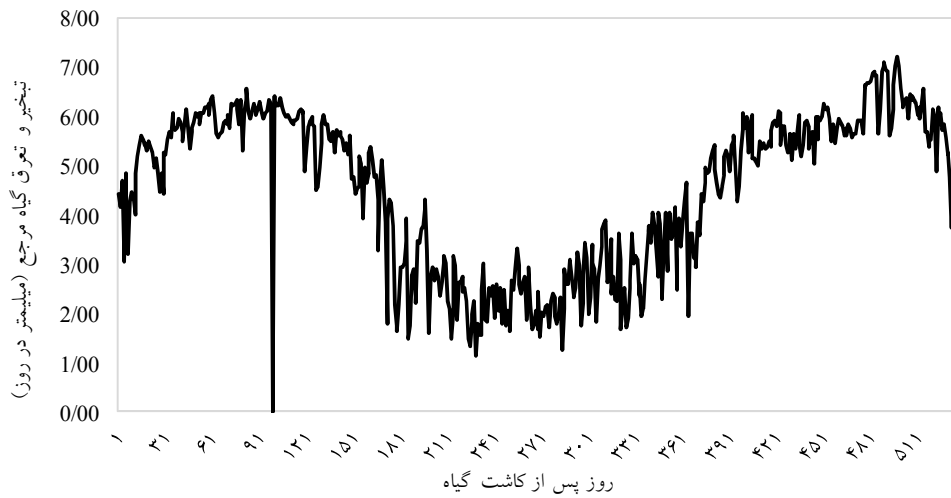
در شکل (۶) روند نیاز آبی استویا (ET_c) و تبخیر- تعرق گیاه مرجع (ET_o) برای روزهای مختلف رشد در طی دوره رشد گیاه و میانگین تغییرات نشان داده شده است. با بررسی این شکل در جدول (۵) میزان حداقل و حداکثر نیاز آبی گیاه استویا (ET_c) و تبخیر- تعرق گیاه مرجع (ET_o) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود طی دو سال آزمایش، حداکثر و حداقل نیاز آبی استویا به ترتیب برابر $9/85$ و $1/69$ میلی‌متر در روز و برای گیاه مرجع برابر $6/54$ و $1/84$ میلی‌متر در روز به دست آمده است. همانطور که در شکل (۶) نشان داده شده است، این اختلاف در دوره توسعه و دوره میانی رشد افزایش یافته که می‌تواند ناشی از بالا بودن نیاز آبی در این

نتایج و بحث

در شکل (۲) میزان تبخیر- تعرق گیاه مرجع در سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود حداکثر و حداقل ET_o در دوره رشد استویا به ترتیب برابر با $7/20$ و $1/14$ میلی‌متر در روز است (جدول ۵). با توجه به نتایج ارائه شده در شروع دوره، ابتدا مقدار ET_o کم بود و با گذشت زمان مقدار آن افزایش می‌یابد که این افزایش به دلیل بلند بودن طول روز و افزایش تابش خالص خورشیدی است.

در شکل (۳) تغییرات رطوبت نسبی و دما در سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود رطوبت نسبی با تغییر دما به صورت روزانه تغییر کرده است. در شکل (۴) میزان آب آبیاری و بارندگی ثبت شده از ایستگاه هواشناسی و تغییرات متوسط دما در طی دوره رشد گیاه نشان داده شده است. با افزایش دما میزان تبخیر- تعرق نیز افزایش یافته است. بنابراین تقاضای گیاه برای دریافت آب نیز افزایش یافته است. میزان بارندگی در دوره رشد گیاه استویا (535 روز) برابر $422/82$ میلی‌متر و میزان آبیاری در طی دوره رشد گیاه برابر $1272/19$ میلی‌متر بوده است.

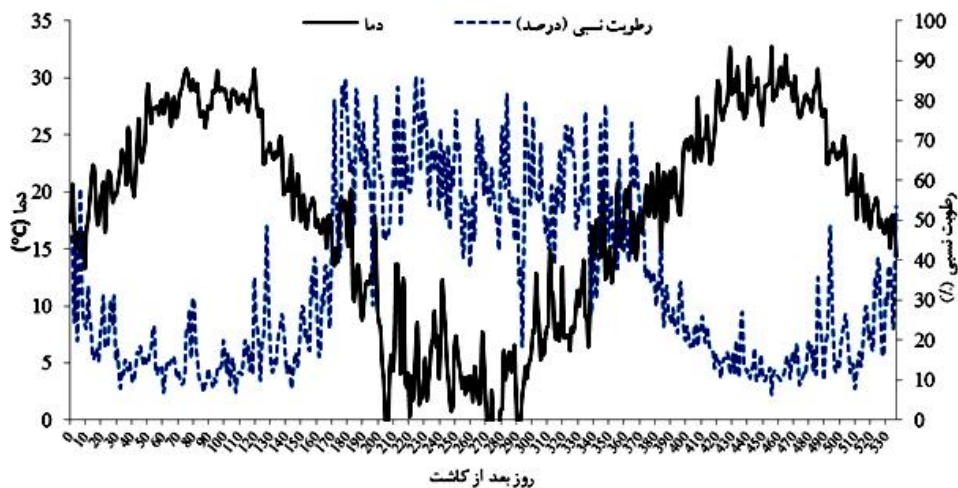
تغییرات ET_c در لایسیمترها و میانگین آنها در شکل (۵) ارائه شده است. در ماه اول کشت به دلیل رشد کم گیاه نیاز آبی از ماه‌های دیگر کمتر بوده است. در ماه‌های خرداد و تیر با توسعه



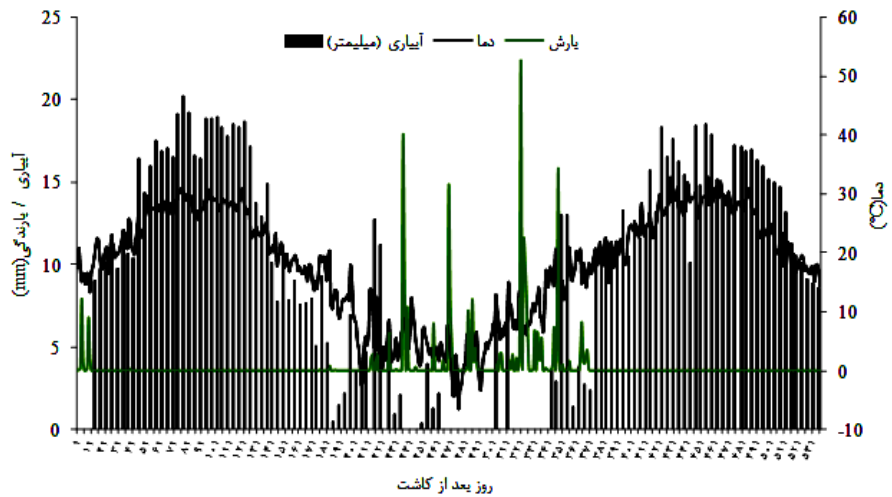
شکل ۲. تبخیر- تعرق گیاه مرجع در دوره رشد گیاه استویا

جدول ۵. مقادیر حداکثر و حداقل تبخیر-تعرق گیاه استویا از لایسیمتر (ETc) و گیاه مرجع (ETo) در دوره رشد گیاه استویا (mm d^{-1})

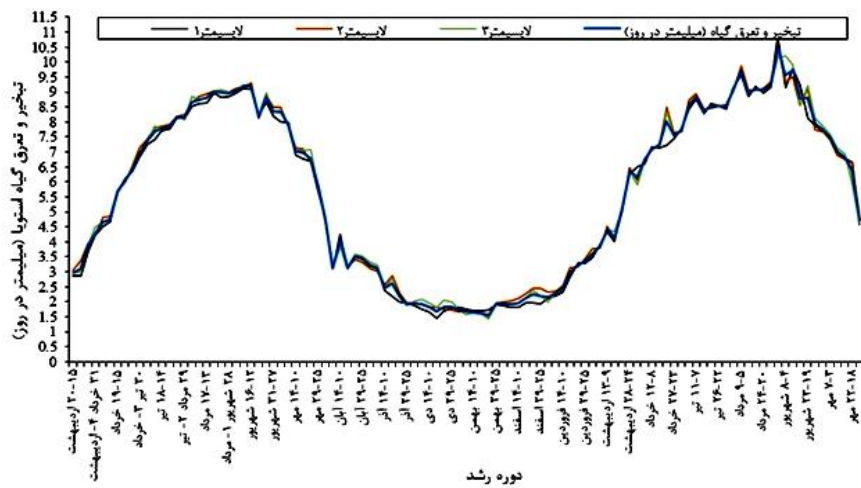
سال	ETo (mm/day)		ETc (mm/day)	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
۱۳۹۵	۱/۷۹	۶/۲۶	۱/۸۱	۹/۲۰
۱۳۹۶	۱/۸۸	۶/۸۲	۱/۵۶	۱۰/۵۰
میانگین	۱/۸۴	۶/۵۴	۱/۶۹	۹/۸۵



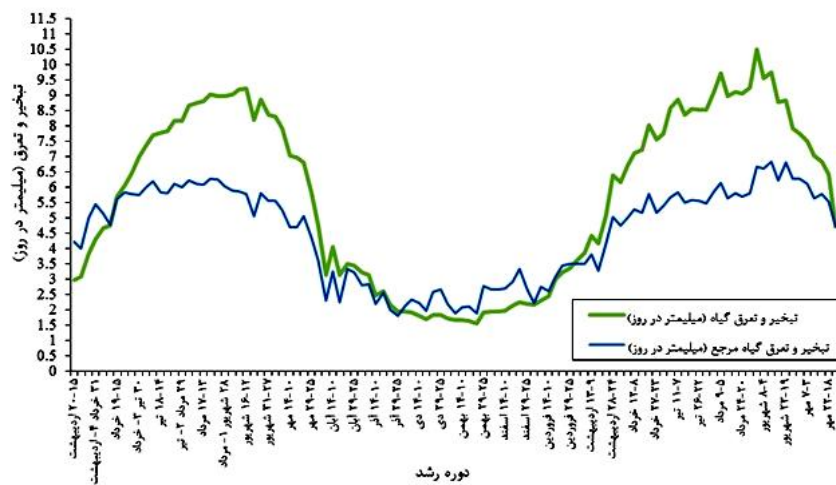
شکل ۳. تغییرات رطوبت نسبی و دما در دوره رشد گیاه استویا



شکل ۴. زمان و مقدار آبیاری و بارندگی و تغییرات متوسط دما



شکل ۵. تغییرات تبخیر- تعرق گیاه استویا در سه لایسیمتر و متوسط آنها در طی دوره رشد گیاه



شکل ۶. تغییرات تبخیر- تعرق گیاه استویا از لایسیمتر (ETc) و گیاه مرجع (ETo) در دوره رشد گیاه استویا

نتایج تبخیر- تعرق گیاه (ET_C) به دست آمده از لایسیمترها طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ و مقادیر تبخیر- تعرق گیاه مرجع (ET_0) برآورد شده از معادله پنمن مانیتث فائو و ضرایب گیاهی منفرد محاسبه شده در دوره‌های ۲۰ روزه طی دوره رشد گیاه استویا در جدول (۸) ارائه شده است. مقدار ET_C در سال‌های آزمایش در مرحله ابتدایی پایین است و سپس در طی مرحله توسعه افزایش یافته است تا اینکه در مرحله میانی به حداکثر مقدار خود معادل $9/20$ میلی‌متر در روز در سال ۱۳۹۵ و $10/50$ میلی‌متر در روز در سال ۱۳۹۶ رسیده است. منحنی تغییرات ۲۰ روزه ضرایب گیاهی منفرد برای دو سال آزمایش در شکل (۸) ارائه شده است.

در نهایت در شکل (۹) میانگین مقادیر K_C در هر سال آزمایش از سه لایسیمتر و منحنی میانگین‌گیری شده آن برحسب روزهای رشد نشان داده شده است. مقادیر K_C در سال ۱۳۹۵ در مراحل رشد ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی به ترتیب برابر $0/76$ ، $1/11$ ، $1/46$ و $1/05$ و در سال ۱۳۹۶ در مراحل رشد به ترتیب برابر $0/76$ ، $1/18$ ، $1/52$ و $1/29$ به دست آمد. میانگین ضرایب گیاهی منفرد چهار مرحله رشد در دو سال آزمایش به ترتیب برابر $0/76$ ، $1/15$ ، $1/49$ و $1/17$ به دست آمد. نتایج مربوط به ضرایب گیاهی منفرد چهار مرحله رشد در دو سال آزمایش در جدول (۹) ارائه شده است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش مقادیر تبخیر- تعرق گیاه استویا و گیاه مرجع با استفاده از نتایج لایسیمتری به دست آمده و با روش بیلان آبی تعیین شد. نتایج نشان داد که در سال اول و دوم کشت حداکثر و حداقل نیاز آبی گیاه استویا به ترتیب برابر $(9/20$ و $1/81)$ و $(10/5$ و $1/56)$ میلی‌متر در روز و برای گیاه مرجع برابر $(6/26$ و $1/79)$ و $(6/82$ و $1/88)$ میلی‌متر در روز بوده است. مقدار متوسط نیاز آبی گیاه استویا و نیاز آبی گیاه مرجع در طی دو سال پژوهش به ترتیب برابر با $5/77$ و $4/19$ میلی‌متر در روز به دست آمد. در این پژوهش، مقادیر ضرایب گیاهی K_C در سال ۱۳۹۵ در مراحل رشد ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی به ترتیب برابر $0/76$ ، $1/11$ ، $1/46$ و $1/05$ و در سال ۱۳۹۶ در مراحل

دوره‌ها باشد. در آغاز و پایان دوره رشد ET_0 بیش از ET_C بوده اما در اواسط دوره رشد با افزایش رشد گیاه ET_C بیشتر از ET_0 شده است. تبخیر- تعرق گیاه استویا برای طول دوره رشد 537 روز در شرایط فراهمی کامل آب در سال ۱۳۹۵ برابر $1006/9$ میلی‌متر و در سال ۱۳۹۶ برابر $1135/07$ میلی‌متر به دست آمده است. اختلاف بین ET_C و ET_0 در طول فصل رشد گیاه استویا نشان از افزایش نیاز آبی گیاه در این دوره دارد.

تبخیر- تعرق استویا (ET_C) از نتایج تبخیر- تعرق اندازه‌گیری شده توسط لایسیمتر طی دو سال آزمایش برای ماه‌های مختلف رشد محاسبه و در جدول (۶) ارائه شده است. بررسی نتایج این جدول نشان‌دهنده آن است که در سال ۱۳۹۵ مقدار ET_C برابر $1104/51$ میلی‌متر و در سال ۱۳۹۶ برابر $1037/46$ میلی‌متر بوده است. حداکثر و حداقل نیاز آبی به ترتیب در ماه‌های شهریور سال ۱۳۹۵ و اردیبهشت سال ۱۳۹۵ بوده که برابر با $216/09$ و $34/56$ میلی‌متر است. در جدول (۷) تاریخ و طول دوره رشد در طی دو سال آزمایش و متوسط دوره رشد در دو سال ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود طول دوره رشد در دو سال پژوهش برابر 537 روز بوده است.

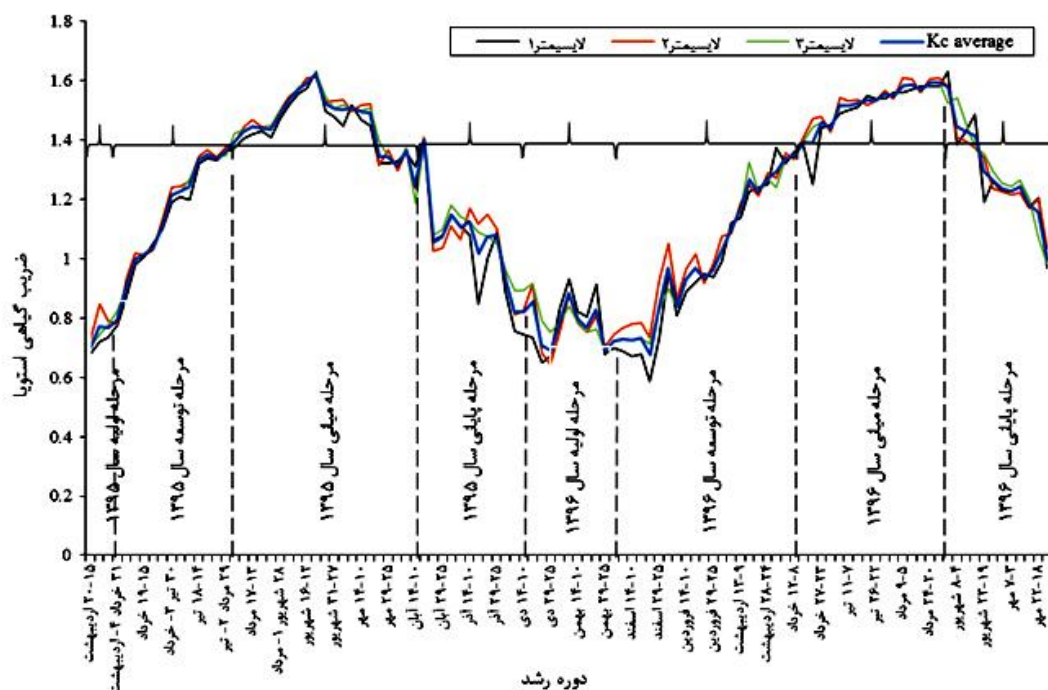
در شکل (۷) نمودار K_C برای سه لایسیمتر در دو سال آزمایش نشان داده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که در مرحله ابتدایی که رشد گیاه کم و اندازه گیاه کوچک است، سهم تبخیر بیشتر از تعرق بوده است، بنابراین، ضریب گیاهی منفرد در مرحله اولیه رشد هنگامی که خاک با آبیاری و بارندگی خیس شده، بالا و هنگامی که خاک سطحی خشک است، پایین است. لذا مقدار تبخیر- تعرق گیاه (ET_C) و در نتیجه K_C پایین است. در مرحله توسعه که گیاه در حال رشد است در واقع تبخیر از سطح خاک با افزایش سطح سایه‌اندازی گیاه کاهش یافته و به تدریج تعرق جزء اصلی تلفات آب محسوب می‌شود و ضریب گیاهی منفرد متناسب با رشد گیاه و پوشش زمین متغیر و در حال زیاد شدن است. در مرحله میانی با توسعه اندام هوایی گیاه میزان تعرق افزایش یافته و ضریب گیاهی به بیشترین مقدار رسیده است. در مرحله پایانی با کاهش فعالیت برگ‌ها (پیر شدن برگ‌ها) مجدداً تعرق و در پی آن ضریب گیاهی منفرد کاهش یافته است.

جدول ۶. تبخیر- تعرق ماهانه گیاه استویا (میلی متر)

ماه	۱۳۹۵	۱۳۹۶	ماه	۱۳۹۵	۱۳۹۶
اردیبهشت	۳۴/۵۶	-	اسفند	۴۳/۳۸	-
خرداد	۱۱۱/۶۸	-	فروردین	-	۵۷/۵۲
تیر	۱۶۰/۳۱	-	اردیبهشت	-	۹۶/۲۱
مرداد	۱۸۳/۱۶	-	خرداد	-	۱۴۹/۵۹
شهریور	۲۱۶/۰۹	-	تیر	-	۲۰۶/۸۲
مهر	۱۴۹/۹۸	-	مرداد	-	۱۹۳/۱۰
آبان	۷۷/۰۱	-	شهریور	-	۱۹۳/۵۸
آذر	۵۴/۳۰	-	مهر	-	۱۴۰/۶۷
دی	۳۸/۵۴	-			
بهمن	۳۵/۵۲	-			

جدول ۷. طول مراحل مختلف رشد استویا در سال‌های آزمایش

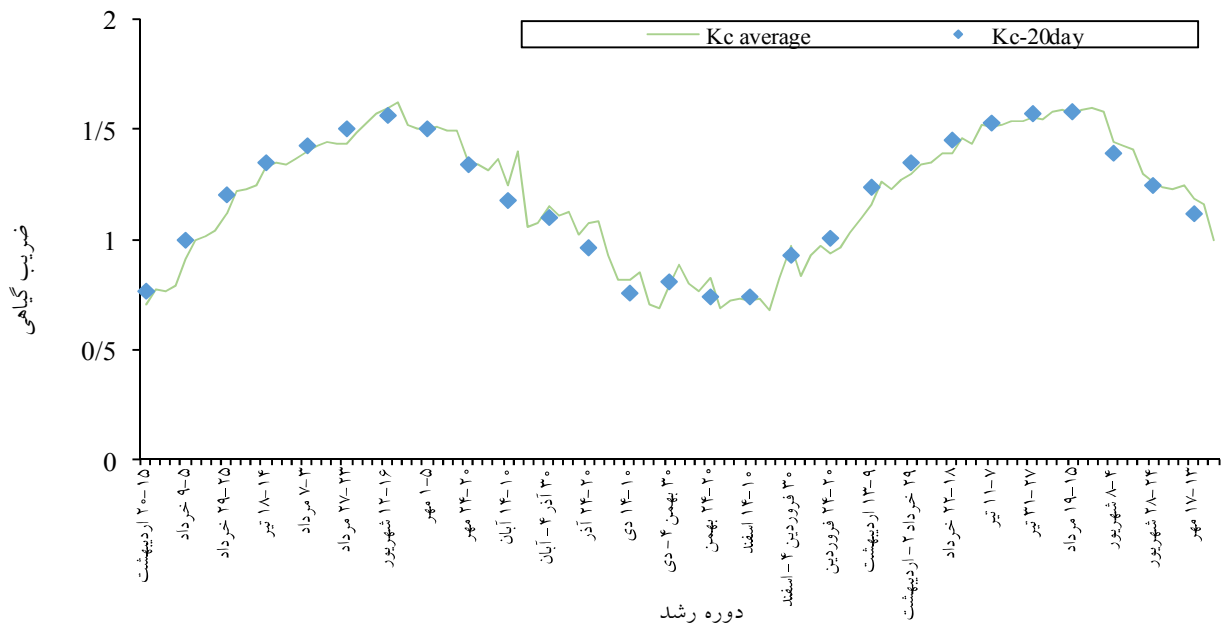
مرحله	تاریخ	مدت	مرحله	تاریخ	مدت
اولیه	۱۵ اردیبهشت الی ۴ خرداد	۲۱ روز	اولیه	۱۵ دی الی ۲۹ اسفند	۷۵ روز
توسعه	۵ خرداد الی ۲ مرداد	۶۰ روز	توسعه	۳۰ اسفند الی ۱۲ خرداد	۷۵ روز
میانی	۳ مرداد الی ۱۴ آبان	۱۰۴ روز	میانی	۱۳ خرداد الی ۲۹ مرداد	۷۹ روز
پایانی	۱۵ آبان الی ۱۴ دی	۶۰ روز	پایانی	۳۰ مرداد الی ۳۰ مهر	۶۳ روز



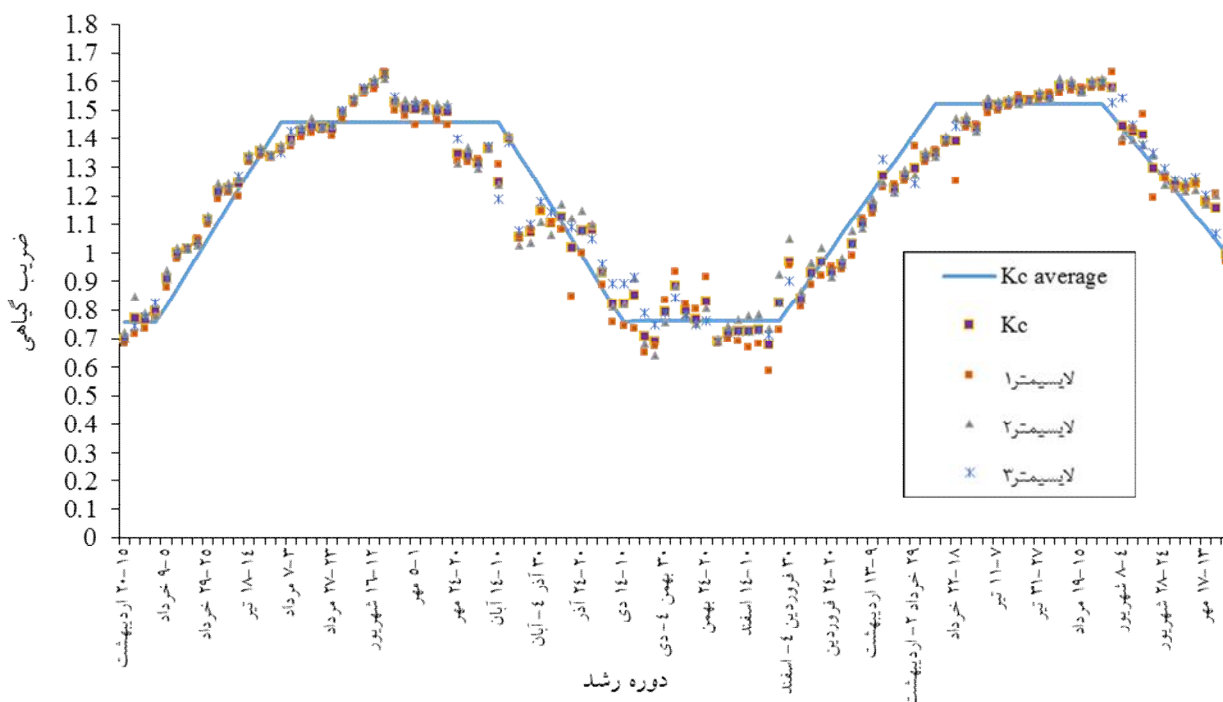
شکل ۷. تغییرات روزانه ضرایب گیاهی منفرد استویا در سه لایسیمتر

جدول ۸. مقادیر ۲۰ روزه تبخیر- تعرق گیاهی، تبخیر- تعرق مرجع و ضریب گیاهی منفرد استویا در طی سال های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

دوره ۲۰ روزه	سال ۱۳۹۵			سال ۱۳۹۶		
	Kc	Eto	Etc	Kc	Eto	Etc
۱	۰/۷۶	۴/۶۶	۳/۵۵	۰/۷۴	۲/۹۰	۲/۱۴
۲	۰/۹۹	۵/۳۳	۵/۲۹	۰/۹۳	۲/۶۷	۲/۴۷
۳	۱/۲۱	۵/۹۳	۷/۱۲	۱/۰۱	۳/۴۸	۳/۵۱
۴	۱/۳۵	۵/۹۳	۷/۹۸	۱/۲۴	۴/۰۶	۵/۰۱
۵	۱/۴۳	۶/۱۷	۸/۸۱	۱/۳۵	۵/۰۵	۶/۸۰
۶	۱/۵۱	۶/۰۱	۹/۰۴	۱/۴۵	۵/۵۰	۷/۹۷
۷	۱/۵۶	۵/۵۴	۸/۶۵	۱/۵۳	۵/۶۱	۸/۵۷
۸	۱/۵۰	۵/۰۴	۷/۵۶	۱/۵۷	۵/۷۸	۹/۰۷
۹	۱/۳۴	۳/۸۳	۵/۱۳	۱/۵۹	۵/۹۸	۹/۴۸
۱۰	۱/۱۸	۳/۰۱	۳/۵۳	۱/۳۹	۶/۶۱	۹/۲۲
۱۱	۱/۱۰	۲/۶۰	۲/۸۶	۱/۲۵	۶/۰۷	۷/۵۵
۱۲	۰/۹۷	۲/۰۵	۱/۹۸	۱/۱۲	۵/۳۴	۵/۹۸
۱۳	۰/۷۶	۲/۳۶	۱/۷۹	-	-	-
۱۴	۰/۸۱	۲/۰۶	۱/۶۷	-	-	-
۱۵	۰/۷۴	۲/۵۰	۱/۸۳	-	-	-



شکل ۸. ضرایب گیاهی منفرد روزانه و بیست روزه استویا در مراحل رشد



شکل ۹. ضرایب گیاهی منفرد استویا در مراحل رشد و منحنی میانگین گیری شده

جدول ۹. میانگین ضرایب گیاهی منفرد استویا در مراحل چهارگانه رشد طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ و متوسط آن در دو سال

سال	مرحله ابتدایی	مرحله توسعه	مرحله میانی	مرحله پایانی
۱۳۹۵	۰/۷۶	۱/۱۱	۱/۴۶	۱/۰۵
۱۳۹۶	۰/۷۶	۱/۱۸	۱/۵۲	۱/۲۹
طول متوسط هر دوره (روز)	۴۸	۶۸	۹۲	۶۲
میانگین	۰/۷۶	۱/۱۵	۱/۴۹	۱/۱۷

۲۲ اکتبر) ۴۶۴ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است که با توجه به این مقدار تبخیر، متوسط تبخیر- تعرق گیاه استویا معادل ۵/۴۴ میلی‌متر در روز گزارش شده است و در آزمایش انجام شده در پژوهش حاضر، نیاز آبی گیاه استویا ۵/۷۷ میلی‌متر در روز اندازه‌گیری شد. این تفاوت احتمالاً به دلیل متغیر بودن شرایط آب‌وهوایی مناطق مورد کشت اتفاق افتاده است. همچنین ضرایب گیاهی استویا در مقاله مذکور (۱۱) در ۲۵ روز اول رشد گیاه ۱/۴۵، در مرحله میانی (روز ۲۶ تا ۵۰ام) ۱/۱۴ و در

رشد به ترتیب برابر ۰/۷۶، ۱/۱۸، ۱/۵۲ و ۱/۲۹ به دست آمد. میانگین ضرایب گیاهی منفرد چهار مرحله رشد در دو سال آزمایش به ترتیب برابر ۰/۷۶، ۱/۱۵، ۱/۴۹ و ۱/۱۷ به دست آمد. در رابطه با نیاز آبی و تعیین ضرایب گیاهی استویا تاکنون مطالعاتی صورت پذیرفته و در تنها مقاله‌ای که در رابطه با برآورد ضرایب گیاهی استویا در شرایط استفاده از میکرولاسیومتر با سطح ایستابی ثابت در ایتالیا گزارش شده (۱۱) تبخیر و تعرق گیاه در دوره کامل رشد گیاه (اول ژوئن تا

سیاسگزاری

این مطالعه با حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فن‌آوران کشور با شماره طرح ۹۶۰۰۱۳۵۷ به انجام رسیده است. بدین وسیله نویسندگان، مراتب سپاس خود را برای حمایت مالی انجام شده اعلام می‌دارند.

مرحله پایانی (روز ۵۱ تا ۸۰ ام) ۱/۱۶ به دست آمد که مطابق با میانگین ضرایب گیاهی چهار مرحله رشد در دو سال انجام آزمایش (به ترتیب برابر ۰/۷۶، ۱/۱۵، ۱/۴۹ و ۱/۱۷) است و تفاوت‌های موجود بین ضرایب به خاطر مطابق نبودن شرایط آب‌وهوایی بوده است. مقادیر به دست آمده در این پژوهش، برای مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب گیاه استویا در مناطقی که با اقلیم نیمه‌خشک می‌تواند کاربرد داشته باشد و مورد استفاده پژوهشگران، طراحان و مهندسين مشاور قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

1. Abedinpour, M. 2015. Evaluation of growth-stage-specific crop coefficients of maize using weighing lysimeter. *Soil & Water Research* 10(2): 99-104.
2. Azizi-Zohan, A., A. A. Kamgar-Haghighi and A. R. Sepaskhah. 2008. Crop and pan coefficients for saffron in a semiarid region of Iran. *Journal of Arid Environments* 72: 270-278.
3. Boromand Nasab, S., H. Kashkoli and M. Khaledian. 2006. Determination of water requirement and sugar coefficients of sugarcane in Haft Taped agro-industrial lands of Khuzestan. In: Proceeding of the National Conference on Irrigation and Drainage Network Management. Faculty of Water Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz. (In Farsi).
4. Bossie, M., K. Tilahun and T. Hordofa. 2009. Crop coefficient and evapotranspiration of onion at Awash Melkassa, Central Rift Valley of Ethiopia. *Irrigation and Drainage System* 23: 1-10.
5. Dewidar, A. Z., A. Ben Abdallah, Y. Al-Fuhaid and B. Essafi. 2015. Lysimeter based water requirements and crop coefficient of surface drip-irrigated date palm in Saudi Arabia. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science* 5(7): 173-182.
6. Fronza, D. and M. Vinicius Folegatti. 2003. water consumption of the Estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) crop estimated through microlysimeter. *Journal of Scientia Agricola* 60(3): 595-599.
7. Ghamarnia, H., M. Jafari Zadeh, E. Miri and M. Ghobadi. 2011. Estimation of coriander vegetation coefficient in semi-arid climate region. *Journal of Water and Irrigation Management* 1(2): 83-73. (In Farsi)
8. Ghamarnia, H., E. Miri, M. Jafari Zadeh and M. Ghobadi. 2011. Determination of growth factor of black seed at different growth stages by lysimetry method. *Journal of Water Research in Agriculture* 2(2): 145-133. (In Farsi).
9. Lia J., J. Cuia, R. Chena, P. Yanga, Y. Wub, Sh. Chaia and F. Ma . 2016. Evapotranspiration and crop coefficient of drip-irrigated winter wheat in China's Xinjiang Province. *Science Asia* 42: 303-31.
10. Kafi, M. and A. Kashmir. 2011. Study of Yield Components of yield and indigenous cumin under drought and salinity conditions, *Journal of Horticultural Sciences* (25): 253-327. (In Farsi).
11. Li, S., S. Kang, F. Li and L. Zhang. 2008. Evapotranspiration and crop coefficient of spring maize with plastic mulch using eddy covariance in northwest China. *Agricultural Water Management* 95: 1214-1222.
12. Liu, Y. and Y. Luo. 2010. A consolidated evaluation of the FAO-56 dual crop coefficient approach using the lysimeter data in the North China Plain. *Agricultural Water Management* 97(1): 31-40.
13. Rahimian, M. H. and A. S. Kakhaki. 2007. Water requirement of cotton and its coefficient of vegetation by lysimeter method in Kashmar region. In: Proceeding of the 9th Seminar on Irrigation and Evaporation Reduction, Kerman. (In Farsi).
14. Reihani, N., A. Khashie Siouki, M. Rashid and F. Hadi. 2015. Estimation of cumin vegetation coefficient at different growth stages by lysimeter method in Birjand region. *Journal of Water and Soil (Agricultural Science and Technology)* 29 (5): 1056-1047. (In Farsi).
15. Shukla, S., F. Jaber, S. Srivastava and J. Knowles. 2007. Water Use and Crop Coefficient for Watermelon in Southwest Florida in USA. Agricultural and Biological Engineering Department.
16. Zare Abyaneh, H., M. Bayat Varkeshi, A. Ghasemi, S. Marofi and R. Amiri Chayjan. 2011. Determination of water requirement, single and dual crop coefficient of garlic (*Allium sativum*) in the cold semi-arid climate. *Australian Journal of Crop Science* 5(8): 1050-1054.

17. Zhang, B. Z., Y. Liu, D. Xu, N. N. Zhao, B. Lei, R. D. Rosa, P. Paredes, T. A. Paço and L. S. Pereira. 2013. The dual crop coefficient approach to estimate and partitioning evapotranspiration of the winter wheat–summer maize crop sequence in North China Plain. *Irrigation Science* 31: 1303–16.

Estimated Water Requirements and *Stevia Rebaudiana* Bertoni Crop Coefficient in Semi-Dry Climate under Lysimetric Conditions

Z. Jalili¹, H. Ghamarnia^{1*} and D. Kahrizi²

(Received: February 14-2018 ; Accepted: March 24-2018)

Abstract

Exactly estimating of water requirement is essential for water balance studies, design and management of irrigation systems and water resources management. Because of limited soil and water resources in Iran, for optimal use of water resources in the agricultural sector, it is necessary to determine the amount of water requirement by different plants in different climatological conditions. In order to determine the water requirement and crop coefficients of Stevia, six lysimeter numbers were used in three replications for stevia and reference plant (grass). The reference Stevia plant evapotranspiration was measured on a daily basis. The results showed that during the 537 day period of Stevia cultivation, the maximum and minimum water requirement in the first and second year of cultivation was respectively 9.85 and 1.69 mm per day, and for the reference plant was obtained as 6.54 and 1.84 mm per day. In this study, the Kc coefficients in initial, development, intermediate and final stages of growth in 2016 were 0.76, 1.11, 1.46 and 1.05 and in 2017 at growth stages, were 0.76, 1.18, 1.52 and 1.29 respectively. The average of individual Stevia plant growth factors for four growth stages in two years of research was obtained as 0.76, 1.15, 1.49, and 1.17, respectively.

Keywords: Evapotranspiration, Reference Plants, Research Farm, Stevia

1. Department of Water Engineering, Compass of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran.

2. Department of Horticulture, Compass of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran.

*: Corresponding Author, Email: hghamarnia@razi.ac.ir