ارزیابی روش WUCOLS در برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز

زینب سجودی و فرهاد میرزایی[۱]*

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران.

z.sojoodi@ut.ac.ir

دانشیار دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران.

Fmirzaei@ut.ac.ir

چکیده

فضای سبز به دلیل ارزش‌های زیست‌محیطی ازجمله تولید اکسیژن و تلطیف هوا، ترسیب کربن، حفاظت از خاک در مقابل فرسایش و حفظ تنوع زیستی از اهمیت بالایی برخوردار است. حجم زیادی از منابع آب شهری برای تامین آب آبیاری گیاهان فضای سبز مصرف می‌شود و به دلیل مشخص نبودن نیاز آبی این گیاهان تلف می‌شود. در این تحقیق، ضریب گیاهی و نیاز آبی گیاهان از نوع درختچه ای(زرشک)، درخت(سرو) و یک نوع گیاه علفی(مَرغ) با روش‌های بیلان آبی و [۲] WUCOLS(طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب) برآورد گردید. تحقیق حاضر به مدت شش ماه، از فروردین تا شهریور ۱۳۹۷ طول کشید. برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاهان فضای سبز به روش بیلان آبی از شش عدد میکرولایسیمتر زهکش‌دار در دو ریز اقلیم متفاوت استفاده گردید و محاسبات به‌صورت بازه‌های ده روزه انجام شد. تبخیر و تعرق در روش بیلان آب ۶۸۲ میلی‌متر و درروش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب ۶۲۶ میلی‌متر در کل دوره آزمایش برآورد شد. در برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز، کاربرد روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب به جهت اینکه روشی دقیق، کامل و در عین حال کاربردی است می‌تواند در مدل سازی نیاز آبی و ضرایب گیاهی استفاده شود و در کاهش مصرف آب موثر باشد. بنابراین، استفاده از آن توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری فضای سبز، بیلان آبی، تبخیروتعرق، ریزاقلیم، میکرولایسیمتر

---

[۱]- آدرس نویسنده مسئول: کرج گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی دانشگاه تهران

*- دریافت: تیر ۱۳۹۸ و پذیرش: مرداد ۱۳۹۸

[۲] Water use classification of landscape species

مقدمه

برنامه‌ریزی صحیح مصرف آب به‌ویژه در حوزه کشاورزی و آبیاری بسیار حائز اهمیت می‌باشد. هدف از عملیات آبیاری ایجاد شرایط مساعد رطوبتی برای گیاه مورد نظر می‌باشد. آبیاری باید با تخمین درست از نیاز آبی گیاه اعمال شود. (کمپل و تورنر ۱۹۹۰) یکی از راهکارهای عملی برای بالا بردن راندمان مصرف آب، آگاهی از نیاز آبی گیاهان کشت‌شده است (تیاگی و همکاران، ۲۰۰۰). نیاز آبی گیاهان در مراحل مختلف رشد متفاوت می‌باشد و این نیاز تحت تأثیر مستقیم تبخیر و تعرق گیاه و تغییر در پوشش گیاهی و شرایط آب‌وهوایی قرار دارد. یکی از فاکتورهای مهم برای مدیریت منابع آب تعیین صحیح و دقیق تبخیر و تعرق گیاهان کشت شده می‌باشد. فضاهای سبز شامل درختان و گیاهان متفاوتی هستند که به‌عنوان ریه‌های شهر به کار گرفته می‌شوند و فعل و انفعالات و فرآیندهای طبیعی را در شهر فراهم می‌کنند و به اصلاح اقلیم محلی کمک می‌کنند. فضاهای سبز شهری به علت ارزش‌های زیست‌محیطی ازجمله تأمین اکسیژن، تثبیت خرد اقلیم و تلطیف هوا، جلوگیری از فرسایش خاک و حفظ تنوع زیستی از شاخصه‌های قابل توجه در محیط‌های شهری هستند. (باربوسا و همکاران، ۲۰۰۷). فضاهای سبز و پارک‌ها و بوستان‌ها در تعدیل دمای محیط‌های شهری بسیار مؤثر هستند به‌طوری که بر طبق منحنی دمای جزیره‌ای، مناطقی از شهر که دارای پوشش گیاهی متراکم‌تر و فضای سبز مناسب می‌باشند از دمای پایین‌تری نسبت به مناطقی که دارای تراکم ساختمان و سازه‌های شهری هستند برخوردار می‌باشد. احداث فضاهای سبز به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک که دارای مشکل کم‌آبی می‌باشند، تخصیص آب به این حوزه را در رقابت تنگاتنگی با سایر موارد مصرف آب مانند کشاورزی، صنعت و شرب قرار می‌دهد؛ بنابراین آبی که برای فضای سبز اختصاص داده می‌شود دارای ارزش زیادی است و باید با نهایت صرفه‌جویی و به‌صورت بهینه به مصرف برسد (زهتابیان، ۱۳۷۵). مطالعات و پژوهش‌ها در زمینه تبخیر و تعرق و نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی در مناطق مختلف دنیا توسط پژوهشگران بسیاری صورت گرفته است (حسن لی و همکاران، ۲۰۰۹؛ آرایا و همکاران ۲۰۱۱) این در حالی است که تحقیقات بسیار کمتری در زمینه نیاز آبی گیاهان فضای سبز شهری صورت گرفته است و اکثر این پژوهش‌های اندک نیز معطوف به نیاز آبی و تبخیر و تعرق انواع چمن بوده و کمتر در مورد انواع گیاهان فضای سبز کار تحقیقاتی صورت گرفته است. با توجه به اهمیت موضوع آب و مصرف بهینه آن خصوصاً در فضاهای شهری امروزه تحقیقات زیادی در خصوص فضاهای سبز شهری به‌ویژه در زمینه آب و آبیاری گیاهان فضای سبز صورت می‌گیرد و برای این منظور از روش‌های نوینی همچون طبقه‌بندی آب مورد استفاده گونه‌های فضای سبزو نصب لایسیمترها برای اندازه‌گیری نیاز آبی این گیاهان استفاده می‌کنند. (کیخسروی ۱۳۸۶، پرهامی و حسن لی ۱۳۹۱؛ نوری و همکاران ۲۰۱۳). فتاحی نافچی (۱۳۸۵) به اصول آبیاری فضای سبز و تمهیدات ضروری برای افزایش راندمان کاربرد آب در آبیاری فضای سبز پرداخته است. وی با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک ایران و همچنین افزایش جمعیت و دسترسی محدود به منابع آبی در کشور جهت جلوگیری از اتلاف آب در فضاهای شهری اعمال مدیریت صحیح و انتخاب روش‌های مناسب برای آبیاری اصولی با راندمان بالا از جمله روش‌های تحت‌فشار را توصیه کرده است. کوپایی، اسلامیان و زارعیان (۱۳۹۰) با استفاده از میکرو لایسیمترهای زهکش‌دار برای چندگونه گیاه گلخانه‌ای، موفق به اندازه‌گیری و مدل‌سازی نیاز آبی و ضرایب گیاهی با استفاده از نرم‌افزار SPSS شدند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که بهترین مدل پیشنهادی یک معادله رگرسیونی غیرخطی مبتنی بر دمای متوسط روزانه، تشعشع خورشیدی و ارتفاع گیاه می‌باشد. سیمزو همکاران (۲۰۰۸) با توجه به گسترش فضاهای سبز شهری که با گونه‌های مختلط کاشته می‌شوند، راهکارهای مدیریت آب را در باغ گیاه‌شناسی ملبورن مورد بررسی قرار دادند. آنان با پایش رطوبت خاک و شناسایی عمق توسعه ریشه، به

بررسی ویژگی‌ها خاک و نفوذپذیری آب در خاک پرداختند. این گروه با تخمین نیاز آبی گیاهان فضای سبز با روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب توانستند برنامه‌ریزی مناسبی برای آبیاری فضاهای سبز که با کشت‌های مختلط ایجاد می‌شوند را ارائه کنند و راهکارهای سیستم‌های آبیاری زیرسطحی، به کار بردن مالچ و ... برای مدیریت مصرف آب در فضاهای سبز را توصیه کردند. نوری و همکاران (۲۰۱۲) روش‌های مختلف تخمین نیاز آبی گیاهان فضای سبز را از جمله روش‌های بیلان آبی، طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب، سنجش از دور و بیلان انرژی نسبت بوون مورد بررسی قراردادند. آنان از این پژوهش نتیجه گرفتند که روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب یک روش کاربردی است و می‌تواند برای برآورد اولیه از نیاز آبی گیاهان فضای سبز استفاده شود. نوری و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهش خود با عنوان آب مورد نیاز برای گیاهان فضای سبز و مقایسه سه روش IPOS[1]، PF[2] و طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز شهر آدلاید استرالیا مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق آنها روش‌های مناسب برای تخمین نیاز آبی گیاهان فضای سبز، روش‌های طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب، سپس PF و در آخرروش IPOS می‌باشد. روش ipos که مخفف برنامه راهنما تهیه مدیریت آبیاری در فضای باز است برای آبیاری در زمین های ورزشگاه‌ها و مدارس و زمین گلف و... که در برگیرنده اینکه کفایت آبیاری چقدر باشد، راندمان آبیاری چقدر است، چه مقدار آب آبیاری لازم است، چه مدت باید آبیاری انجام شود، برای شرایط مختلف آب و هوایی چه مقدار آب لازم است و چطور در طول فصل نظارت و کنترل شود و سیستم چگونه به صورت سالم نگهداری شود می‌باشد. ارجحیت این روش را می‌توان در داشتن برنامه مشخص از مقدار آب آبیاری گرفته تا مدیریت و نگهداری سیتم در طول بهره‌برداری دانست. توضیح اینکه این روش از لینک روابط موجود به صورت یک برنامه استفاده می‌کند ولی روش طبقه‌بندی آب مورد نیاز گونه‌های فضای سبز با لحاظ عوامل میکرو اقلیم. نوع گونه گیاه و تراکم و واسنجی خوب برآورد دقیقی از نیاز آبی گیاهان فضای سبز را ارائه می دهد. Pf به عنوان مقدارآبی تعریف می‌شود که نشان دهنده درصدی از ET_0 است که برای حفظ حداقل عملکرد و حداقل زیبایی قابل قبول گیاه ضروری است. در تحقیق پیش رو از روش پنمن–مانتیث–فائو برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع و همچنین از لایسیمترهای زهکش‌دار به دلیل دقت در اندازه‌گیری، هزینه ساخت پایین، حفظ شرایط طبیعی و سهولت در نصب استفاده گردیده است.

هدف از این تحقیق تخمین تبخیر و تعرق گیاهان فضای سبز با استفاده از معادله بیلان آبی و روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب، مقایسه ضرایب گیاهی به‌دست‌آمده در روش‌های طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب و بیلان آبی برای گیاهان فضای سبز و بررسی مصرف بهینه آب در فضاهای سبز با استفاده از نتایج این پژوهش می‌باشد. از انجایکه امکان مطالعه همه گونه‌های فضای سبز در یک تحقیق میدانی امکان‌پذیر نیست. سه گونه سرو، زرشک زینتی و مرغ که هر کدام معرف و نماینده یک تعدادی از گیاهان متداول و پر کاربرد در فضای سبز می‌باشند انتخاب شدند.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی و مشخصات منطقه مورد پژوهش

این پژوهش در محوطه و فضای سبز دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در شهر کرج صورت پذیرفت. مختصات جغرافیائی شهر کرج عبارت است از طول جغرافیایی ۵۱ درجه و صفر دقیقه و ۳۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی. این شهر با ارتفاع متوسط ۱۲۹۷ متر از سطح دریا،

[1] Irrigated Public Open Space

[2] Plant factor method

در فاصله ۴۸ کیلومتری شمال‌غربی تهران واقع شده است. باغ گیاه‌شناسی واقع در این دانشکده از تنوع گیاهی قابل‌توجهی برخوردار است که این محل را به مکانی مناسب برای بررسی و تحقیقات در زمینه گیاهان فضای سبز تبدیل نموده است.

تهیه و ساخت میکرو لایسیمترهای زهکش‌دار

در این تحقیق از شش عدد میکرو لایسیمتر زهکش‌دار در دو محل جداگانه و در هر محل به تعداد سه عدد در محوطه فضای سبز پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران استفاده شد. مشخصات لایسیمترها عبارت است از: جنس پلاستیک پروپیلن و به رنگ سفید، به جهت عدم جذب نور محیطی و عدم اثرپذیری تبخیر و تعرق از گرمای بازتابش شده از محیط. سطح مقطع لایسیمترها به طول و عرض ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر انتخاب شد. در وسط هر لایسیمتر یک زهکش جهت تخلیه زه آب تعبیه و متصل گردید. این زهکش‌ها از جنس پلاستیک و از نوع خرطومی برای انعطاف‌پذیری بیشتر برای تخلیه مناسب در ظروف ذخیره زه‌آب در نظر گرفته شدند. در انتها هر زهکش به یک ظرف به حجم یک لیتر متصل گردید. این ظروف انتهایی جهت بررسی میزان زه آب تخلیه‌شده از هر میکرولایسیمتر متصل گردیدند. بر روی هر ظرف واشری لاستیکی جهت جلوگیری از ورود آب‌های محیطی ناشی از بارندگی و یا آبیاری موضعی محیط اطراف و همچنین جهت جلوگیری از تبخیر زه‌آب ذخیره‌شده، نصب گردید. در ابتدا برای خروج مناسب زه‌آب به‌صورت ثقلی و تخلیه کامل زه‌آب از لوله‌های زهکش خرطومی شکل و ذخیره آن در ظروف تعبیه‌شده، میکرولایسیمترها با نصب بر روی پایه‌ها تا ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری سطح زمین بالا آورده شد. برای تثبیت شرایط ظروف ذخیره زه آب، این ظروف را در عمق ۱۵ سانتی‌متری سطح خاک در ترانشه حفر شده، دفن گردید و هر بار جهت اندازه‌گیری میزان زه آب ذخیره‌شده از خاک بیرون آورده و پس از اندازه‌گیری، مجدداً در محل تعبیه‌شده قرارداده شد. برای جمع‌آوری زه آب به‌صورت یکنواخت و هدایت آبی مناسب در کف میکرولایسیمترها و همچنین برای ممانعت از ورود احتمالی ذرات ریز خاک به داخل ظروف ذخیره زه آب، از بافت ژئوتکستایل استفاده گردید تا به صورت فیلتری از ورود احتمالی ذرات ریز خاک از ناحیه ریشه به ظروف جمع‌آوری زه آب جلوگیری شود.

تعیین ریز اقلیم

یکی از عوامل دخیل بر نیاز آبی گیاهان فضای سبز میکروکلیما یا همان ریز اقلیم می‌باشد. این موضوع اساس انتخاب محل‌های قرارگیری لایسیمترها قرار گرفت که امکان انتخاب ضرایب ریز اقلیم متفاوت در دو محل مختلف استقرار لایسیمترها فراهم گردد و مقایسه‌ای از میزان نیاز آبی در این دو نقطه انجام شود. ریزاقلیم‌ها در هر فضای سبزی وجود دارند و در برآورد مصرف آب گیاه باید مورد توجه قرار گیرند. ممکن است در یک فضای سبز قسمتی از گیاهان در سایه و قسمتی در آفتاب، قسمتی دارای رطوبت هوای زیاد و گیاهانی در قسمت های بادگیر باشند. این تنوع در ریزاقلیم روی نیاز آبی گیاهان تاثیرگذار است. ریزاقلیم ها با حروف B و S مشخص شده‌اند. ریز اقلیمB: این نقطه بیشتر طول روز در معرض تابش نور خورشید و همچنین وزش باد قرارگرفته است. در این محل سه لایسیمتر با کدهای B2,B1 و B3 قرارداده شدند و در هر یک از این لایسیمترها یک گونه گیاهی به طور تصادفی کشت گردید. این محل با توجه به شرایط ذکرشده دارای ضریب ریز اقلیم از طبقه بالا (روش wucols میکروکلیما را در سه رده یا مرتبه طبقه بندی می‌کند که منظور رده بیشتر از نظر عددی است) می‌باشد. ریزاقلیم S: این نقطه دارای سایه‌انداز انبوه درختان می‌باشد و همچنین در مجاورت برکه ذخیره آب قرار دارد که باعث افزایش رطوبت نسبی هوای این منطقه شده است. این ویژگی‌ها محل موردنظر را در طبقه ضریب ریز اقلیم پایین قرار می‌دهد. در این محل سه لایسیمتر با کدهای S2,S1 و S3 قرار داده شدند.

گونه‌های گیاهی مورد آزمایش

زرشک زینتی با نام علمی (*Berberis thunbergii*)، سرو با نام علمی (*Cupressus sempervirens*) و مَرغ یا چمن گندمی رونده با نام علمی (*Elymus repens*) انتخاب شدند.

برخی از مشخصات خاک استفاده شده در این پژوهش

در این پژوهش وزن مخصوص ظاهری خاک به روش مستقیم (تهیه نمونه دست نخورده) با استوانه‌های فلزی و بافت خاک به روش هیدرومتری و با استفاده از مثلث بافت خاک تعیین شد. رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی با استفاده ازدستگاه صفحه فشار در آزمایشگاه آبیاری گروه مهندسی آب پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران تعیین شد. بافت خاک، وزن مخصوص ظاهری خاک و نقاط ظرفیت زراعی و پژمردگی در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ درج شده است.

جدول ۱- تعیین بافت خاک، مقدار درصد شن و رس و لوم در لایسیمترهای مورد آزمایش

اجزاء	B1	B2	B3	S1	S2	S3
شن	۲۵/۸	۲۴/۲	۲۸/۶	۲۹/۶	۲۹/۳	۲۶/۷
رس	۳۵/۹	۳۶/۷	۳۳/۴	۳۳/۶	۳۳	۳۵/۴
لوم	۳۸/۳	۳۹/۱	۳۸	۳۶/۸	۳۷/۷	۳۷/۹
بافت خاک	Clay Loam	Clay Loam	Clay Loam	Clay Loam	Clay Loam	Clay Loam

جدول ۲- وزن مخصوص ظاهری خاک

لایسیمتر	وزن مخصوص ظاهری گرم بر سانتی‌متر مکعب
B1	۱/۴۶
B2	۱/۴۵
B3	۱/۴۷
S1	۱/۴۳
S2	۱/۴۵
S3	۱/۴۶

جدول۳- درصد رطوبت نقطه پژمردگی و ظرفیت زراعی

لایسیمتر	رطوبت نقطه پژمردگی PWP (%)	رطوبت ظرفیت زراعی FC (%)
B1	۱۷	۲۸
B2	۱۸	۲۷
B3	۱۸	۲۸
S1	۱۷	۲۸
S2	۱۷	۲۷
S3	۱۸	۲۷

اندازه‌گیری نیاز آبی گونه های مورد آزمایش با روش بیلان آب

به منظور محاسبه‌ی آب مورد نیازگیاهان فضای سبز از روش بیلان آب می‌بایست همواره آب کافی برای رشد مناسب و حفظ شادابی و سلامت گیاهان که هدف توسعه و نگهداری فضاهای سبز می‌باشد در اختیار گیاهان قرار گیرد. آبیاری گیاهان کشت‌شده در لایسیمترها در این پژوهش به‌صورت مداوم در کل دوره آزمایشی و به‌صورت دو روز یک‌بار انجام پذیرفت. مقدار حجم آب استفاده شده در هر آبیاری بسته به زمان آزمایش متفاوت و بین ۸۱۰ تا ۲۷۷۰ میلی‌لیتر در هر آبیاری متغیر بود. برای مشخص کردن حجم آب آبیاری، عمق آب آبیاری با استفاده از میزان رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی و پژمردگی و عمق ریشه محاسبه شد و با ضرب در سطح مقطع لایسیمترها برای دور آبیاری دو روزه محاسبه شد. در طول دوره آزمایشی و به‌صورت بازه‌های ده روزه، قبل از انجام آبیاری، نمونه‌گیری از خاک لایسیمترها انجام شد و به‌منظور تعیین رطوبت خاک به آزمایشگاه خاکشناسی انتقال داده شد. مقدار رطوبت این نمونه‌ها همواره در محدود بازه ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی جدول ۳ قرار داشته که حاکی از این مطلب است که گیاهان مورد آزمایش در طول دوره داده‌برداری از مقدار رطوبت کافی در خاک برخوردار بوده و تنش آبی به این گیاهان وارد نشده است. داده‌برداری از مقدار زه‌آب ذخیره‌شده در ظروف تعبیه گردیده و متصل به زهکش‌های

لایسیمتر نیز به‌صورت هر دو روز یک‌بار و قبل از آبیاری لایسیمترها صورت گرفت. ظروف ذخیره زه‌آب از اتصال زهکش جداشده و مقدار آب ذخیره‌شده در آن‌ها با استفاده از استوانه مدرج اندازه‌گیری و ثبت شد. با استفاده از داده‌های برداشت‌شده، مقادیر آبیاری و میزان رطوبت خاک در بازه‌های ۱۰ روزه معادله بیلان آب تشکیل و مقدار آب مصرف‌شده توسط هر لایسیمتر محاسبه شد. معادله بیلان آب در لایسیمتر زهکش دار نیز به این صورت است:

$$ETc=P+I-D\pm\Delta sw \quad (۱)$$

که در آن:

ET_c تبخیر و تعرق گیاه (سانتیمتر)، P مقدار نزولات جوی (سانتیمتر)، I قدار آبیاری (سانتیمتر)، D مقدار آب زهکشی (سانتیمتر) و Δsw تغییرات رطوبت ذخیره‌ای خاک می‌باشد.

برآورد تبخیر و تعرق گیاهان فضای سبز با استفاده از روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب

اساس فرمول برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز همانند رابطه تبخیر و تعرق گیاهان زراعی و باغی است. تفاوت اصلی رابطه‌ی برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز با گیاهان زراعی و باغی در استفاده از پارامتر ضریب گیاهی می‌باشد.

$$ET_L=K_L\times ET_0 \quad (۲)$$

در این رابطه:

K_l ضریب گیاهی گیاهان فضای سبز و ET_l تبخیر تعرق گیاهان فضای سبز می‌باشد. ضریب گیاهی فضای سبز از ۳ عامل ضریب گونهK_s، ضریب تراکم(K_d) و ضریب ریز اقلیم(K_{mc}) تشکیل‌شده است. با ضرب این سه عامل در هم ضریب گیاهی فضای سبز برآورد می‌شود.

$$K_l=K_s\times K_d\times K_m \quad (۳)$$

جدول ۴- مقادیرضریب گونه K_s

نیاز آبی	حدود Ks
خیلی کم	≤ ۰/۱
کم	۰/۳ – ۰/۱
متوسط	۰/۶ – ۰/۴
زیاد	۰/۹ – ۰/۷

جهت برآورد این سه عامل در پژوهش حاضر از دستورالعمل روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب ویرایش سوم که توسط کمیته منابع آب دانشگاه کالیفرنیا در سال ۲۰۰۰ منتشرشده است، استفاده گردید. عامل گونه برای اعمال اختلاف نیاز آبی در گونه‌های مختلف گیاهی استفاده می‌شود. در احداث فضاهای سبز برخی گونه‌ها به مصرف آب زیاد برای حفظ شادابی و سلامت گیاه به‌خوبی شناخته شده‌اند. از این قبیل می‌توان به گونه‌های گیلاس، توس، توسکا، گل ادریس و ... اشاره نمود؛ و گونه‌هایی نیز به مصرف آب کم معروف هستند که گونه‌های زیتون، خرزهره و... از آن جمله‌اند. حدود ضریب گونه از ۰/۱ تا ۰/۹ متغیر است و به‌صورت جدول ۴ طبقه‌بندی می‌شود. عامل تراکم در رابطه ضریب فضای سبز با توجه به اختلافات در تراکم پوشش گیاهی در گیاهان فضای سبز مورد استفاده قرار می‌گیرد. دامنه‌ی عامل تراکم در حد ۰/۵ تا ۱/۳ می‌باشد و این دامنه طبق جدول ۶ در سه طبقه گروه‌بندی می‌شوند. ریز اقلیم‌ها در هر فضای سبزی وجود دارند و در برآورد مصرف آب گیاه باید مورد توجه قرار گیرند. مشخصه‌هایی از فضاهای سبز شهری مانند ساختمان‌ها و سنگفرش‌ها بر دما، سرعت باد، شدت نور و رطوبت تأثیر می‌گذارند. این‌ها در فضاهای سبز مختلف بسیار با هم متفاوت بوده و منجر به اختلافاتی در ریز اقلیم می‌شوند و به همین منظور عامل ریز اقلیم (K_{mc}) مورداستفاده قرار می‌گیرد. عامل ریز اقلیم از ۰/۵ تا ۱/۴ متغیر بوده و طبق جدول ۵ در سه طبقه گروه‌بندی می‌شوند. جهت محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل با توجه به تحقیقات انجام‌شده (عرب سلغار و همکاران،۱۳۹ ۱۳۹۰بزی پرور و همکاران، ۱۳۹۰؛ موسوی بایگی، ۱۳۸۹ و شرقی و

همکاران، ۱۳۸۹) که نشان می‌دهند روش مناسب اندازه‌گیری تبخیر و تعرق مرجع در مناطقی با اقلیم نیمه‌خشک مانند کرج، روش پنمن- مانتیث- فائو می‌باشد؛ ازاین‌روش استفاده شد.

جدول ۵- مقادیرضریب ریزاقلیم K_{mc}

حدود ضریب ریز اقلیم (Kmc)	طبقه‌بندی ریز اقلیم
۰/۵ – ۰/۹	پایین
۱	متوسط
۱/۱ – ۱/۴	زیاد

جدول ۶- مقادیرضریب تراکم K_d

حدود ضریب تراکم (Kd)	میزان تراکم
۰/۵ – ۰/۹	پایین
۱	متوسط
۱/۱ – ۱/۳	زیاد

نتایج و بحث

تبخیر و تعرق مرجع (ET_0) با استفاده از داده‌های روزانه هواشناسی با استفاده از روش پنمن-مانتیث-فائو محاسبه شد و منحنی آن در شکل ۱ رسم شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود پایین‌ترین میزان تبخیر و تعرق در دهه سوم فروردین به مقدار ۶۸ میلی‌متر، بیشترین مقدار آن در دهه دوم تیر به مقدار ۱۵۳ میلی‌متر و در شش ماه موردبررسی معادل ۱۹۸۲ میلی‌متر محاسبه گردید. داده‌های مورد استفاده جهت براورد تبخیر و تعرق مرجع در جدول ۷ نشان داده شده است.

تعیین ضرایب گیاهی Kl

ضریب گیاهی گیاهان فضای سبز از روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب و با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید (کاستلو و همکاران ۲۰۰۰). در روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب بیشترین مقدار ضریب گیاهی مربوط به دهه سوم تیرماه و دهه اول مرداد معادل ۰/۵۲ در لایسیمتر B2(گیاه سرو) و کمترین مقدار مربوط به دهه اول فروردین در لایسیمتر S3 (گیاه زرشک) و معادل ۰/۱۲ می‌باشد. شکل‌های ۲ و ۳ منحنی ضریب گیاهی گونه‌های فضای سبز را در دو ریزاقلیم نشان می‌دهند.

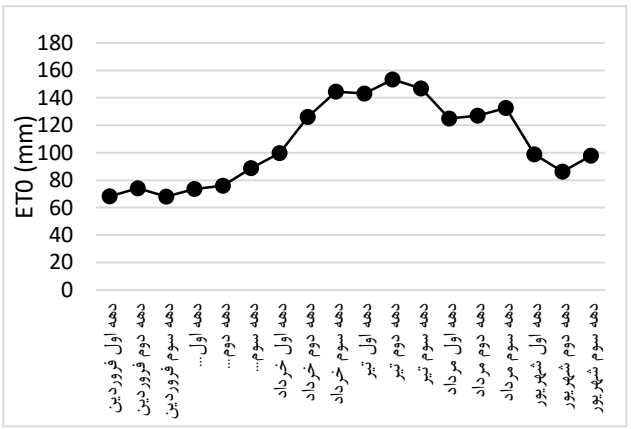
همانطور که درنمودارها مشخص است بیشترین ضریب گیاهی مربوط به لایسیمتر B2 می‌باشد؛ و لایسیمتر S3 دارای کمترین مقدار است. در لایسیمتر B2 گونه سروکشت شده بودکه نیاز آبی آن بیشتر است که در اینجا تاثیر گونه را نشان می‌دهد. همچنین به‌طورکلی ضریب فضای سبز در ریز اقلیم B نسبت به ریز اقلیم S، دارای مقادیر بیشتری هستند. ریزاقلیم S در سایه و ریزاقلیم B در آفتاب قرار داشته اند و لذا در اینجا تاثیر ریز اقلیم بر این ضریب نشان داده می‌شود.

تعیین تبخیر و تعرق با استفاده از روش طبقه بندی آب مورد استفاده گونه های فضای سبز

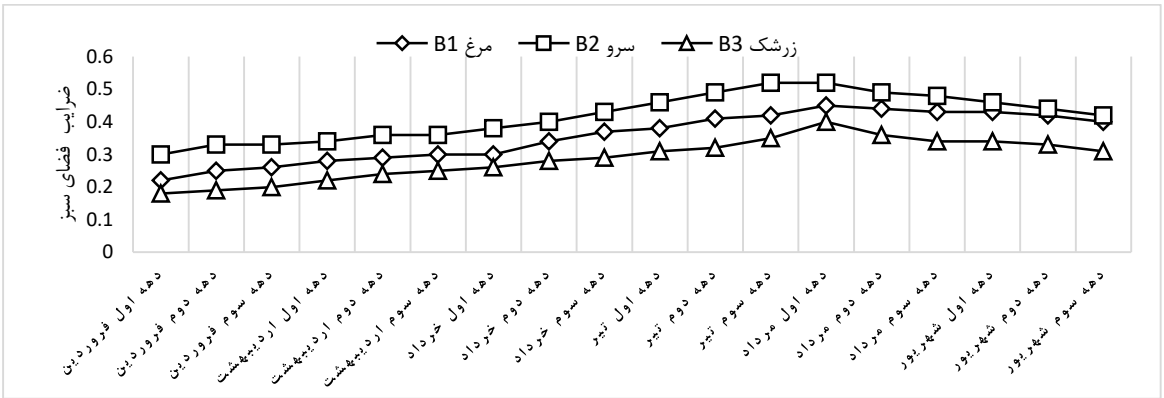
طبق توضیحات ارائه شده با استفاده از مقادیر تبخیر تعرق مرجع و ضرایب فضای سبز به‌دست‌آمده، مقادیر تبخیر تعرق فضای سبز برآورد شدند. نتایج حاصل از برآورد تبخیر و تعرق با روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب نشان می‌دهد که بیشترین مقدار تبخیر و تعرق برآورد شده با این روش مربوط به دهه دوم تیرماه در لایسیمتر B2 معادل ۷۵ میلی‌متر و کمترین مقدار مربوط به دهه اول فروردین‌ماه به میزان هشت میلی‌متر در لایسیمتر S3 می‌باشد. ولی به‌طور متوسط و با در نظر گرفتن همه لایسیمترها بیشترین مقدار تبخیر و تعرق متعلق به دهه سوم تیرماه می‌باشد. در شکل‌های ۴ و ۵ نمودار تبخیر و تعرق گیاهان فضای سبز با استفاده از روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب مشاهده می‌شود. به‌طور کلی تبخیر و تعرق فضای سبز در ریز اقلیم B نسبت به ریز اقلیم S، دارای مقادیر بیشتری هستند که این نتیجه بر اساس روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب که در آن برای ریز اقلیم‌های حاشیه‌ای و بدون سایه‌انداز مقدار بیشتری نیاز آبی در نظر می‌گیرد، تطابق دارد.

جدول۷- داده‌های مورد استفاده جهت برآورد تبخیر و تعرق مرجع (ET_0) با روش پنمن مانتیث فائو

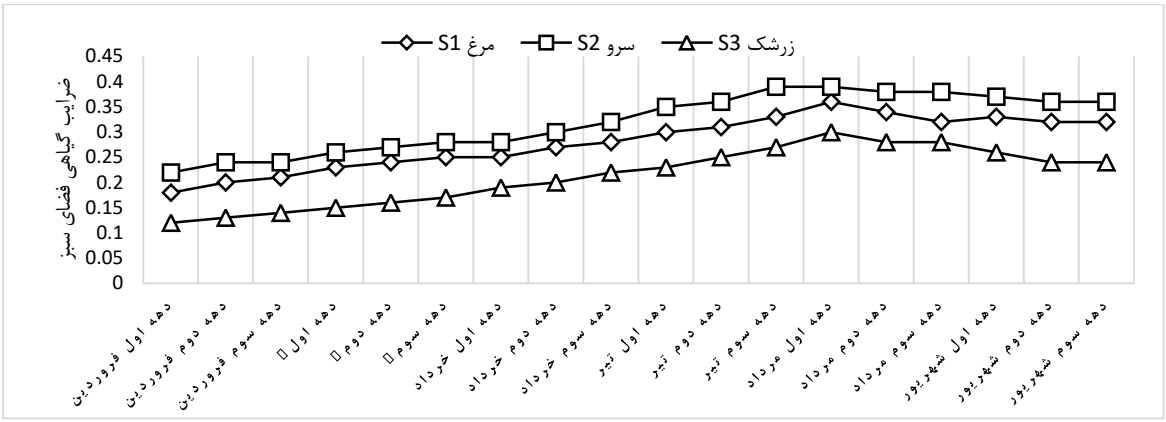
بازه زمانی	میانگین دمای حداکثر (سانتی‌گراد)	میانگین دمای حداقل (سانتی‌گراد)	میانگین دما (سانتی‌گراد)	رطوبت نسبی (٪)	میانگین ساعات آفتابی	میانگین سرعت باد (متر بر ثانیه)
دهه‌اول فروردین	۱۶	۶	۱۱	۵۷	۵	۳
دهه دوم فروردین	۲۲	۸	۱۵	۴۰	۵	۳
دهه سوم فروردین	۲۱	۱۰	۱۶	۴۱	۸	۴
دهه اول اردیبهشت	۲۵	۱۱	۱۸	۲۷	۱۰	۳
دهه دوم اردیبهشت	۲۶	۱۲	۲۰	۳۲	۷	۲
دهه سوم اردیبهشت	۲۹	۱۳	۲۱	۳۵	۱۰	۳
دهه اول خرداد	۳۱	۱۵	۲۳	۳۶	۸	۳
دهه دوم خرداد	۳۶	۲۰	۲۸	۲۶	۱۱	۴
دهه سوم خرداد	۳۶	۱۸	۲۷	۲۶	۱۲	۴
دهه اول تیر	۳۸	۲۰	۲۹	۲۳	۱۲	۳
دهه دوم تیر	۳۵	۲۳	۳۰	۲۴	۱۲	۳
دهه سوم تیر	۳۶	۱۹	۲۸	۳۶	۱۲	۴
دهه اول مرداد	۳۷	۱۹	۲۷	۲۶	۱۲	۲
دهه دوم مرداد	۳۵	۲۰	۲۸	۲۸	۱۲	۳
دهه سوم مرداد	۳۸	۲۲	۳۰	۲۴	۱۲	۲
دهه اول شهریور	۳۲	۱۶	۲۴	۴۶	۱۱	۳
دهه دوم شهریور	۳۱	۱۸	۲۵	۳۸	۱۰	۳
دهه سوم شهریور	۲۹	۱۶	۲۹	۴۰	۹	۲



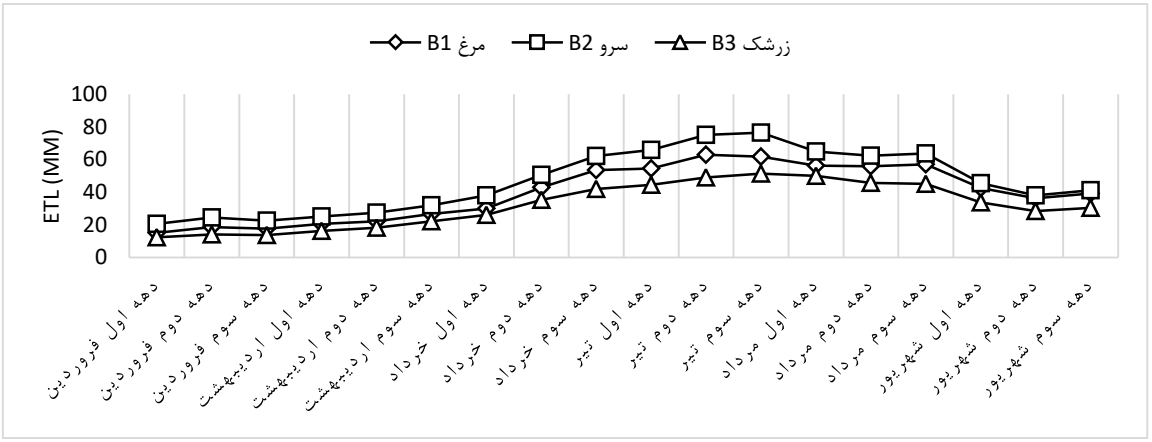
شکل ۱- منحنی تبخیر و تعرق مرجع (ET_0) به روش پنمن مانتیث فائو



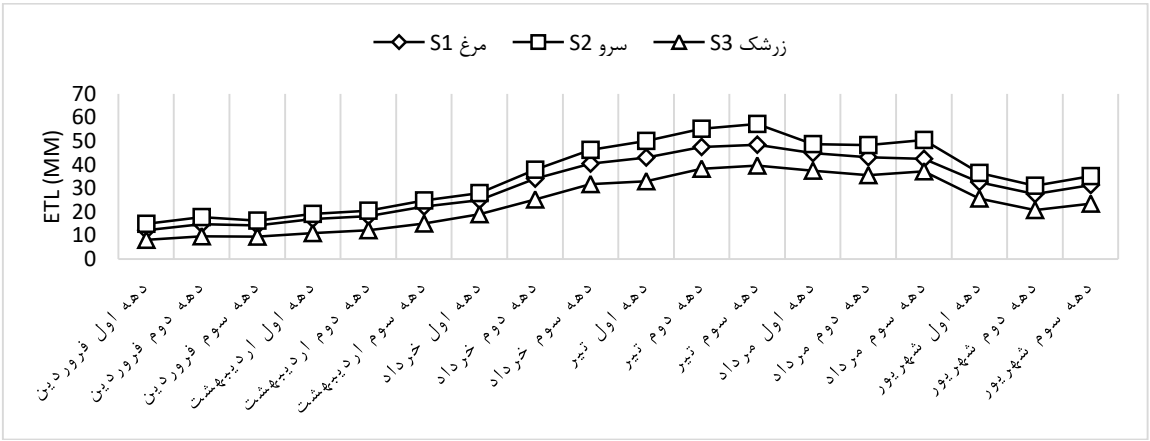
شکل۲- منحنی ضرایب گیاهی فضای سبز از روش WUCOLS در ریز اقلیم B



شکل۳- منحنی ضرایب گیاهی فضای سبز از روش WUCOLS در ریز اقلیم S



شکل ۴- منحنی تبخیر و تعرق فضای سبز از روش WUCOLS در ریز اقلیم B



شکل ۵- منحنی تبخیر و تعرق فضای سبز از روش WUCOLS در ریز اقلیم S

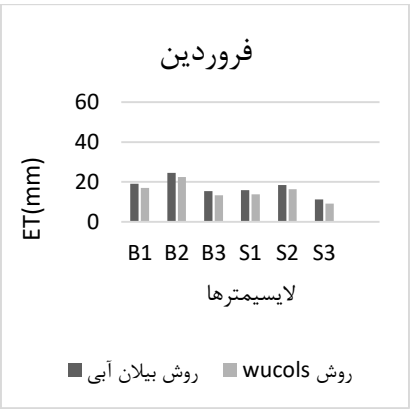
برآورد تبخیر و تعرق با استفاده از روش بیلان آب

برای تعیین تبخیر و تعرق از معادله بیلان آب استفاده شد. نتایج حاصل از برآورد تبخیر و تعرق با استفاده از روش بیلان آب نشان داد که بیشترین مقدار تبخیر و تعرق برآورد شده با این روش در لایسیمتر B2 و در دهه سوم تیرماه به میزان ۸۰ میلی متر بوده است؛ و کمترین مقدار تبخیروتعرق مربوط به دهه اول فروردین ماه در لایسیمتر S3 به میزان ۱۰/۶۸ میلی متر می‌باشد. کل تبخیر و تعرق شش ماهه مورد بررسی به ترتیب در لایسیمترهای B1، B2، B3، S1، S2 و S3 معادل ۷۶۹، ۸۹۰، ۶۳۴، ۶۱۶، ۶۹۵ و ۴۸۹ میلی‌متر به دست آمد. در نمودارهای شکل‌های ۶ تا

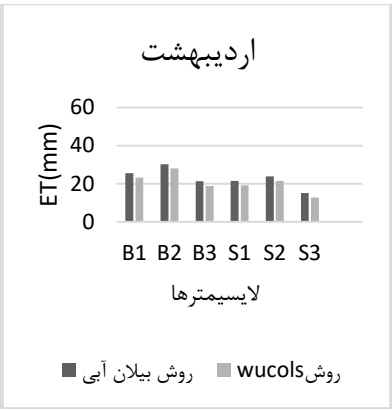
۱۱ مقدار تبخیر و تعرق به‌دست‌آمده از روش بیلان و مقدار برآورد شده از روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب در هر ماه با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

برآورد ضریب گیاهی با استفاده از روش بیلان آب

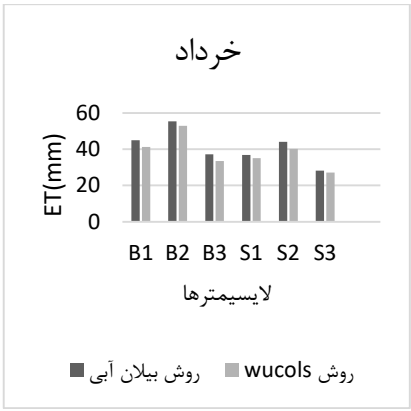
ضریب گیاهی بستگی به عواملی مانند نوع گیاه، مراحل رشد و شرایط آب و هوایی محل دارد. ضریب گیاهی یک مقدار ثابت نبوده و مقدار آن در طول دوره رویش گیاه تغییر می‌کند (علیزاده، ۱۳۸۵). جهت برآورد ضریب گیاهی با استفاده از روش بیلان از رابطه $ETc=Kc\times ET0$ استفاده شد. در روش بیلان آب بیشترین مقدار ضریب گیاهی مربوط به دهه سوم تیرماه معادل ۰/۵۴ در لایسیمتر B2 و کمترین مقدار مربوط به دهه اول فروردین در لایسیمتر S3 و معادل ۰/۱۵ می‌باشد. جدول ۸ مقادیر کمی ضریب گیاهی از روش بیلان آبی را نشان می‌دهد. ضرایب فضای سبز به‌دست‌آمده از روش بیلان آب، در لایسیمتر B2 که در آن سرو کشت‌شده بود دارای بیشترین مقدار و لایسیمتر S3 که در آن گونه‌ی زرشک کشت‌شده بود دارای کمترین مقدار نسبت به دیگر لایسیمترها هستند. گیاه سرو هم در ریزاقلیم B و هم در ریزاقلیم S ضریب گیاهی‌فضای سبز بالاتری دارد. همچنین به‌طورکلی ضریب فضای سبز در ریز اقلیم B نسبت به ریز اقلیم S، دارای مقادیر بیشتری هستند. موارد ذکرشده و روند ضرایب به‌دست‌آمده مطابق با ضرایب به‌دست‌آمده از روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب می‌باشد. درروش بیلان آب ضریب گیاهی در کل دوره آزمایش بیشتر از روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب برآورد شده است و نوسانات آن در دامنه ۰/۱۵ تا ۰/۵۴ متغیر است. در روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب نیز شاهد همین گستره دامنه از تغییرات برای K_l هستیم به طوری که بین ۰/۱۲ در ماه فروردین و ۰/۵۲ درماه مرداد تغییر می‌کند ضریب گیاهی برآورد شده با استفاده از روش بیلان آب و طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب یک روند مشابه را طی می‌کند به این صورت که از ابتدای دوره داده‌برداری تا دهه سوم تیرماه ضریب گیاهی دارای یک‌روند صعودی و از دهه سوم تیرماه تا پایان آزمایش دارای یک روند نزولی می‌باشند که این روند صعودی و نزولی به دلیل کاهش و افزایش رشد و تبخیر تعرق گیاهان با توجه به شرایط اقلیمی می‌باشد. همچنین مشاهده می‌شود که در لایسیمتر S3 که در آن‌ها گیاه زرشک کشت‌شده بود، ضرایب گیاهی به‌دست‌آمده از هر دو روش دارای تطابق و نزدیکی زیادی می‌باشند. این موضوع بیانگر این واقعیت است که روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب در گونه‌های با نیاز آبی کمتر برآورد بهتری به دست می‌دهد. نتایج تبخیر و تعرق برآورد شده به‌صورت میانگین مقدار ۶۸۲ میلی‌متر در روش بیلان آب و مقدار ۶۲۶ میلی‌متر در روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب را در کل دوره آزمایش نشان می‌دهد. همچنین بیشترین مقدار تبخیر و تعرق به میزان ۸۹۰ و ۸۳۵ میلی‌متر به ترتیب از روش بیلان آب و روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب می‌باشد که متعلق به لایسیمتر B2 (گیاه سرو)است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در روش بیلان آب نسبت به روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب مقدار تبخیر و تعرق بیشتری برآورد شده است.



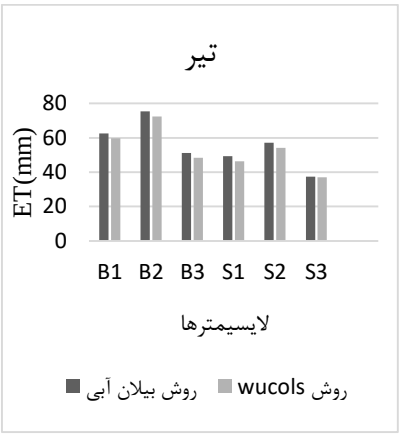
شکل۶- مقایسه تبخیر و تعرق فروردین



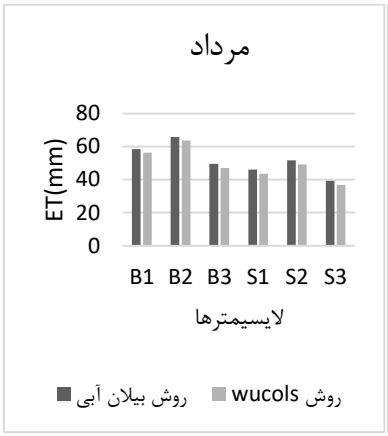
شکل۷- مقایسه تبخیرو تعرق اردیبهشت



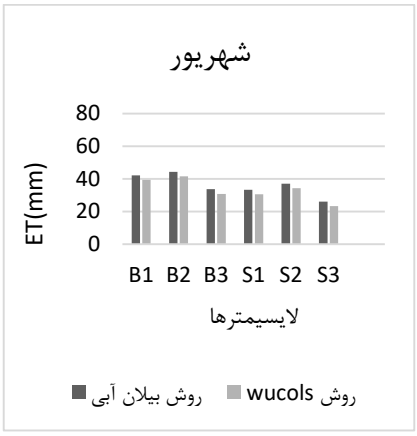
شکل ۸- مقایسه تبخیرو تعرق خرداد



شکل ۹- مقایسه تبخیرو تعرق تیر



شکل ۱۰- مقایسه تبخیر و تعرق مرداد



شکل ۱۱- مقایسه تبخیرو تعرق شهریور

جدول ۸- ضرایب گیاهی از روش بیلان آبی

بازه زمانی	B1 مرغ	B2 سرو	B3 زرشک	S1 مرغ	S2 سرو	S3 زرشک
دهه‌اول فروردین	۰,۲۵	۰,۳۳	۰,۲۱	۰,۲۱	۰,۲۵	۰,۱۵
دهه دوم فروردین	۰,۲۸	۰,۳۶	۰,۲۲	۰,۲۳	۰,۲۷	۰,۱۶
دهه سوم فروردین	۰,۲۹	۰,۳۶	۰,۲۳	۰,۲۴	۰,۲۷	۰,۱۷
دهه اول اردیبهشت	۰,۳۱	۰,۳۷	۰,۲۵	۰,۲۶	۰,۲۹	۰,۱۸
دهه دوم اردیبهشت	۰,۳۲	۰,۳۸	۰,۲۷	۰,۲۷	۰,۳۰	۰,۱۹
دهه سوم اردیبهشت	۰,۳۳	۰,۳۹	۰,۲۸	۰,۲۸	۰,۳۱	۰,۲۰
دهه اول خرداد	۰,۳۳	۰,۴۱	۰,۲۹	۰,۲۸	۰,۳۱	۰,۲۲
دهه دوم خرداد	۰,۳۶	۰,۴۲	۰,۳۰	۰,۲۹	۰,۳۲	۰,۲۲
دهه سوم خرداد	۰,۳۹	۰,۴۵	۰,۳۱	۰,۳۰	۰,۳۴	۰,۲۴
دهه اول تیر	۰,۴۰	۰,۴۸	۰,۳۳	۰,۳۲	۰,۳۷	۰,۲۵
دهه دوم تیر	۰,۴۳	۰,۵۱	۰,۳۴	۰,۳۳	۰,۳۸	۰,۲۷
دهه سوم تیر	۰,۴۴	۰,۵۴	۰,۳۷	۰,۳۵	۰,۴۱	۰,۲۹
دهه اول مرداد	۰,۴۷	۰,۵۳	۰,۴۲	۰,۳۸	۰,۴۱	۰,۳۲
دهه دوم مرداد	۰,۴۶	۰,۵۱	۰,۳۸	۰,۳۶	۰,۴۰	۰,۳۰
دهه سوم مرداد	۰,۴۵	۰,۵۰	۰,۳۶	۰,۳۴	۰,۴۰	۰,۳۰
دهه اول شهریور	۰,۴۶	۰,۴۹	۰,۳۷	۰,۳۶	۰,۴۰	۰,۲۹
دهه دوم شهریور	۰,۴۵	۰,۴۷	۰,۳۶	۰,۳۵	۰,۳۹	۰,۲۷
دهه سوم شهریور	۰,۴۳	۰,۴۵	۰,۳۴	۰,۳۵	۰,۳۹	۰,۲۷

نتایج و تحلیل آماری روش‌های بیلان آب و طبقه‌بندی آب مور استفاده گونه‌های فضای سبز با استفاده از آزمون T

برای استفاده از آزمون T با استفاده از نرم افزار SPSS ابتدا باید از اینکه داده ها دارای توزیع نرمال هستند اطمینان حاصل نمود. جدول ۹ نشان می‌دهد که داده‌های هر دو روش در این آزمایش دارای توزیع نرمال می‌باشند. زمانی که siq یا p-value بزرگتر از ۰/۰۵ باشد به این معنا است که داده‌ها دارای توزیع نرمال می‌باشند. همانطور که در جدول ۹ مشخص است از دو روش برای مشخص کردن توزیع نرمال استفاده شده است. جدول ۱۰ نتایج حاصل از آزمون T را نشان می‌دهد. در آزمون T اگر مقدار Siq یا P-value از ۰/۰۵ کمتر باشد به این معنا است که میانگین گروه‌ها به لحاظ آماری متفاوت هستند. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که مقایسه میانگین‌ها به روش T در سطح پنج درصد برای دو روش برآورد نیاز آبی (بیلان آب و طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب) دارای سطح‌های معنی‌دار مختلفی در دهه‌های آزمایش می‌باشد. در شش دهه اول تیر تا دهه سوم مرداد آزمون مقایسه میانگین‌ها دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد. جدول ها به کمک نرم‌افزار SPSS محاسبه شدند.

نتیجه گیری

روش wucols که یک روش کاربردی برای برآورد نیاز آبی گیاهان متنوع فضای سبز می‌باشد در این پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفت که با توجه به نتایج به‌دست‌آمده این روش دارای دقت خوبی برای محاسبه نیاز آبی گونه‌های فضای سبز است که ضرایب گیاهی فضای سبز آن‌ها در دسترس نیست. نتایج تبخیر و تعرق برآورد شده به‌صورت میانگین مقدار ۶۸۲ میلی‌متر در روش بیلان آب و مقدار ۶۲۶ میلی‌متر در روش wucols را در کل دوره آزمایش نشان می‌دهد. همچنین بیشترین مقدار تبخیر و تعرق به میزان ۸۹۰ و ۸۳۵ میلی‌متر به ترتیب از روش بیلان آب و wucols می‌باشد که متعلق به لایسیمتر B2 (گیاه سرو)است. در روش بیلان آب نسبت به روش wucols مقدار تبخیر و تعرق بیشتری برآورد شده است. روش wucols تبخیر و تعرق را به میزان ۸/۲ درصد کمتر از روش بیلان آب برآورد کرده است. به‌طورکلی با توجه به تحقیقات انجام‌شده در این پژوهش روش wucols یک روش مناسب جهت برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز می‌باشد. این روش نیاز آبی را به نحوی تخمین می‌زند که همواره گیاهان فضای سبز شادابی و طراوت خود را حفظ کرده و دچار تنش آبی نشوند و در مصرف آب صرفه جویی می‌شود.

جدول ۹- توزیع نرمال داده‌ها

روش	Kolomogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	آماره	تعداد داده‌ها	Siq	آماره	تعداد داده‌ها	Siq
بیلان آب	۰/۱۶۶	۱۰۸	۰/۲۰۰	۰/۹۱۴	۱۰۸	۰/۱۰۲
طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز به آب	۰/۱۶۸	۱۰۸	۰/۱۹۷	۰/۹۱۳	۱۰۸	۰/۰۹۷

جدول ۱۰- نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون T

متغیر	نوع برآورد	میانگین	انحراف استاندارد	P-value
ETدهه اول فروردین	بیلان آب	۱۶/۳۶	۰/۸۸۹۳۸	۰/۰۸۳
	WUCOLS	۱۳/۸۶	۰/۶۶۷۵۷	
ETدهه دوم فروردین	بیلان آب	۱۹/۰۴	۰/۸۸۴۴۱	۰/۰۸۸
	WUCOLS	۱۶/۵۴	۰/۶۰۴۴	
ETدهه سوم فروردین	بیلان آب	۱۸/۱۴	۰/۹۸۲۴۶	۰/۰۹۵
	WUCOLS	۱۵/۶۴	۱/۲۰۵۸۶	
ETدهه اول اردیبهشت	بیلان آب	۲۱/۰۲	۱/۱۱۳۶۹	۰/۰۸۱
	WUCOLS	۱۸/۱۷	۰/۸۵۵۶۶	
ETدهه دوم اردیبهشت	بیلان آب	۲۲/۶۱	۱/۱۸۲۵	۰/۰۷۸
	WUCOLS	۱۹/۷۶	۱/۱۷۰۹۶	
ETدهه سوم اردیبهشت	بیلان آب	۲۶/۶۷	۱/۴۰۱۲۱	۰/۰۸۵
	WUCOLS	۲۳/۸۲	۰/۹۳۳۵۵	
ETدهه اول خرداد	بیلان آب	۳۰/۹۵	۱/۵۵۳۷۹	۰/۰۸
	WUCOLS	۲۷/۶۰	۱/۱۰۶۸۲	
ETدهه دوم خرداد	بیلان آب	۴۰/۹۹	۲/۱۰۳۵۴	۰/۰۶۸
	WUCOLS	۳۷/۶۴	۱/۵۸۳۲۱	
ETدهه سوم خرداد	بیلان آب	۴۹/۳۴	۲/۱۳۲۱۷	۰/۰۹۶
	WUCOLS	۴۵/۹۹	۱/۵۳۳۷۱	
ETدهه اول تیر	بیلان آب	۵۲/۰۹	۱/۷۹۶۳۳	۰/۰۲۹
	WUCOLS	۴۸/۴۴	۱/۶۲۶۴۱	
ETدهه دوم تیر	بیلان آب	۵۸/۳۲	۲/۱۱۸۹۸	۰/۰۳۰
	WUCOLS	۵۴/۶۷	۱/۲۴۳۸۹	
ETدهه سوم تیر	بیلان آب	۵۹/۴۶	۲/۱۳۴۰۲	۰/۰۱۹
	WUCOLS	۵۵/۸۱	۱/۵۴۲۶۲	
ETدهه اول مرداد	بیلان آب	۵۳/۵۸	۱/۷۹۴۹۶	۰/۰۲۹
	WUCOLS	۵۰/۳۷	۱/۴۵۰۰۳	
ETدهه دوم مرداد	بیلان آب	۵۱/۸۷	۱/۶۶۸۹۶	۰/۰۳
	WUCOLS	۴۸/۴۷	۱/۱۸۳۳۱	
ETدهه سوم مرداد	بیلان آب	۵۲/۷۱	۱/۶۷۳۵۸	۰/۰۴۶
	WUCOLS	۴۹/۳۱	۱/۲۲۸۰۷	
ETدهه اول شهریور	بیلان آب	۳۹/۱۵	۱/۳۰۹۴۵	۰/۰۵۱
	WUCOLS	۳۶/۰۵	۱/۴۳۲۲۷	
ETدهه دوم شهریور	بیلان آب	۳۳/۴۴	۰/۹۶۰۰۷	۰/۰۶۶
	WUCOLS	۳۰/۳۴	۱/۱۱۷۸۲	
ETدهه سوم شهریور	بیلان آب	۳۶/۵۱	۱/۰۳۸۱۲	۰/۰۵
	WUCOLS	۳۳/۴۱	۱/۲۳۸۹۸	

فهرست منابع

۱. پرهامی پویا، ف و حسن لی، ع. م.، (۱۳۹۱). روش‌های کاهش مصرف آب در فضای سبز حرکتی درراستای توسعه پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک. اولین کنفرانس ملی راهکار های دستیابی به توسعه پایدار، ۱۵ اسفند-تهران.

۲. سبزی پرور، ع.ا. میرمسعودی، س.ش؛ و ناظم السادات، م.ج.، (۱۳۹۰)، بررسی تغییرات دراز مدت تبخیر و تعرق گیاه مرجع در چند نمونه اقلیمی گرم کشور، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شمارهٔ ۷۵، صفحات: ۱۷-۱.

۳. شرقی، ط. بری ابرقویی، ح.اسدی، م.ا؛ و کوثری، م.ر.، (۱۳۸۹). برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع با استفاده از روش فائو–پنمن–مانتیث و پهنه بندی آن در استان یزد. فصلنامه علمی–پژوهشی خشکبوم. شمارهٔ ۱. صفحات: ۳۲–۲۵.

۴. عرب سلغار، ع. ا. دهقان، ه.صدقی، ح؛ و نادریان فر، م.، (۱۳۹۰). پیش‌بینی تبخیر و تعرق سالانه با کاربرد داده‌های هواشناسی در شماری از ایستگاه‌های مناطق نیمه‌خشک، مجله مهندسی منابع آب، شمارهٔ ۸، صفحات ۳۰–۲۱.

۵. علیزاده، ا.، (۱۳۸۵). رابطه آب خاک و گیاه. دانشگاه امام رضا. انتشارات آستان قدس رضوی. چاپ ششم، ۴۷۲ صفحه.

۶. فتاحی نافچی، ر. ا.، (۱۳۸۵). اصول آبیاری فضای سبز و تمهیدات لازم جهت افزایش راندمان کاربرد آب در آبیاری فضای سبز. اولین همایش منطقه ای بهره برداری بهینه از منابع آب حوضه های کارون و زاینده رود. صفحات: ۲۰۱۵–۲۰۰۹.

۷. فتوحی، ک. احمد آلی، ج. نورجو، ا. پدرام، ع و خورشید، ع.ا. (۱۳۸۷). مدیریت آبیاری بر اساس تخلیه مجاز رطوبتی در مراحل مختلف رشد چغندر قند در منطقهٔ میاندوآب، مجله چغندر قند، شماره ۲۶. صفحات: ۶۰–۴۳.

۸. کیخسروی، ح.ر.، (۱۳۸۶). برآورد آب موردنیاز گیاهان فضای سبز. سومین همایش ملی فضای سبز و منظر شهری. شماره ۲۴. صفحات: ۱۰۳–۸۴.

۹. موسوی بایگی، م. عرفانیان، م؛ و سرمد، م.، (۱۳۸۷). استفاده از حداقل داده‌های هواشناسی برای برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع و ارائه ضرایب اصلاحی. مجله آب‌وخاک. صفحات: ۹۱–۹۹.

10. Arayaa, A., Leo Stroosnijder, G., Girmay, S. and Keesstra, D., (2011). "Crop Coefficient, Yield Response to Water Stress and Water Productivity of Teff (Eragrostis tef (Zucc) ". Agric Water Manage. 98: 775–783

11. Barbosa, Olga, et al. "Who benefits from access to green space? A case study from Sheffield, UK." Landscape and Urban Planning 83.2-3 (2007): 187-195.

12. Campbell, G. S., Turner, N. C., (1990). "Plant-Soil-Water Relationship. In: Management of Farm Irrigation System". Ameri. Soc. Agric. Eng. 15-29

13. Costello, L.R., Matheny, N.P. and Clark, J.R., (2000). "A Guide to Estimating Irrigation Water Need of Landscape Planting in California". University of California Cooperative Extension California. Department of Water Resources. 150 pp.

14. Hassanli, A. M., Ahmadirad, SH. and Beecham, S., (2009). "Evaluation of the Influence of Irrigation Methods and Water Quality on Sugar Beet Yield and Water Use Efficiency". Agricul Water Manage. 97: 357–362.

15. Nouri, H., Beecham, S., Kazemi, F. and Hassanli, A.M., (2012). "A Review of ET Measurement Techniques for Estimation the Water Requirement of Urban Landscape Vegetation". Urban Water Journal. 10: 1-13. Nouri, H., Beecham, S., Kazemi, F. and Hassanli, A. M., (2013):"Water Requirement of Urban Landscape Plants:A Comparison of Three Factor-based Approaches": Ecol. Eng.57: 276–284

16. Nouri, H., Beecham, S., Hassanli, A. M. and Ingleton, G., (2013a). "Spatial and Temporal Distribution of Drainage and Solute Leaching in Heterogeneous Urban Vegetation Environments". Hydrol. Earth Syst. 10: 6695–6721.

17. Nouri, H., Beecham, S., Hassanli, A. M. and Ingleton, G., (2013b). "Variability of drainage and solute leaching in heterogeneous urban vegetation environs". Hydrol. Earth Syst. 17: 4339-4347.

18. Salvador, R., Bautista-Capetillo, C. and Playan, E., (2011). "Irrigation Performance in Private Urban Landscape: A Study Case in Zaragoza (Spain) ". Landscape and Urban Planning. 100: 302-311.
19. Symes, P., Connellan, G., Buss, P. and Dalton, M., (2008). "Developing Water Management Strategy for Complex Landscapes". Irrigation Australia 2008 National Conference Paper.
20. Tyagi, N. K. Sharma, D. K., Luthra, S. K., (2000). "Determination of Evapotranspiration and Crop Coefficients of Rice and Sunflower with Lysimeter". Agric. Water. Manage.45: 41-54.

Evaluation of the WUCOLS Method for Estimating Water Requirements of Landscape Plants

Z. Sojoodi and F. Mirzaei[1] *

M.Sc. Student of Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Engineering and Agricultural Technology, University of Tehran.

z.sojoodi@ut.ac.ir

Associate Professor, Faculty of Engineering and Agricultural Technology, University of Tehran.

fmirzaei@ut.ac.ir

Abstract

Landscape is of great importance due to environmental values such as oxygen production, freshening air, carbon sequestration, protecting soil against erosion, and biodiversity conservation. Large volumes of urban water resources are used to irrigate water for landscape plant species, but due to lack of information about water needs of these plants, water is wasted. In this research, crop coefficient and water requirement of a shrub (Barberry), tree (Cypress), and a herbaceous species (Common couch) was estimated using water balance method and WUCOLS information. The research lasted for six months from 21 March 2018 to 22 September, 2018. To calculate evapotranspiration of landscape, six drainage type "micro-Lysimeters" were used in two different micro-climates and the calculations were done for ten-day intervals. Evapotranspiration was estimated for the whole period of the experiment as 682 mm for water balance method and 626 mm by WUCOLS method. Different evapo-transpiration values were found for both water balance method and the WUCOLS method in different micro-climates. Thus, WUCOLS method could be recommended as a precise, complete and yet practical method in order to estimate the water requirement of landscape plants and, for modeling of water requirement and crop coefficients to reduce water consumption efficiently.

Keywords: Evapotranspiration, Landscape irrigation, Lysimeter, Micro climates, Water balance

[1] - Corresponding author: Karaj Department of Water Engineering, Faculty of Engineering and Agricultural Technology, University of Tehran

* - Received: June 2019 ,and Accepted: August 2019