Archive of SID

مدیریت آب و آبیاری
دوره ۱۰ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۹
صفحه‌های ۱۴۱-۱۳۱

تعیین نیاز آبی گیاهان فضای سبز شهری

زینب سجودی[۱]، فرهاد میرزایی[۲*]
۱. کارشناسی ارشد علوم مهندسی آب، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲. دانشیار، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۰۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۲۰

چکیده

مهم‌ترین اثرات فضای سبز در شهرها کاهش آلودگی هوا، کاهش آلودگی صوتی، تعدیل دما، افزایش رطوبت نسبی و جذب گرد و غبار است. حجم زیادی از منابع آب شهری به‌دلیل کشت گونه‌های گیاهی متفاوت در کنار یکدیگر و مشخص‌نبودن نیاز آبی این گیاهان در فضای سبز تلف می‌شود. در این پژوهش، ضریب گیاهی و نیاز آبی گیاهان از نوع درختچه (شمشاد و سنجد زینتی)، بوته (زرشک)، گیاه پوششی (مَرغ) و درخت (سرو و زبان‌گنجشک) با انتخاب دو ریزاقلیم در باغ گیاه‌شناسی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و با روش‌های بیلان آبی و wucols برآورد گردید. پژوهش به‌مدت شش‌ماه، از فروردین تا شهریور ۱۳۹۷ انجام شد. براساس نتایج این پژوهش متوسط ضریب گیاهی برای کل دوره از روش بیلان آبی و روش wucols به‌ترتیب ۰/۳۶ و ۰/۳۰ به‌دست آمد. تبخیر- تعرق برآوردشده به‌صورت میانگین مقدار ۷۵۷ میلی‌متر درروش بیلان آب و مقدار ٦٤١ میلی‌متر در روش wucols در کل دوره آزمایش برآورد شده است و به‌طورکلی روش wucols همواره مقدار کم‌تری از نیاز آبی را برای گیاهان فضای سبز برآورد می‌کند. با توجه به تحلیل آماری صورت‌گرفته این میزان تفاوت در شش دهه آزمایش دارای اختلاف معنی‌دار بوده است. با توجه به نتایج این پژوهش کاربرد روش طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز دارای دقت مناسبی در برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز می‌باشد و می‌تواند در کاهش مصرف آب مؤثر باشد.

کلیدواژه‌ها: بیلان آبی، تبخیرتعرق، ریزاقلیم، wucols.

Determination of Water Requirement of Urban Landscape Plants

Zeynab Sojoodi[1], Farhad Mirzaei[2*]
1. Former M. Sc. Student, of Water Engineering Sciences, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. Associate Professor, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran.
Received: January 29, 2020 Accepted: May 09, 2020

Abstract

The most important effects of Landscape in cities are to reduce air pollution, reduce noise pollution, adjust temperature, increase relative humidity, and absorb dust. Large amounts of urban water resources are lost due to the cultivation of different plant species together and the uncertain water requirement of these plants in the Landscape. In this study, vegetation coefficient and water requirement of shrub (*Buxus*, *Barberry* and *Elaeagnus pungens*), Tree (*Fraxinus excelsior* and *Cypress*) and an herbaceous species (*Elymus repens*) plants were estimated using two micro-climates in the Botanical Garden of Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, using water balance and Wucols methods. The study was conducted for 6 months from 21 March 2018 to 22 September 2018. Based on the results of this study, the average vegetation coefficient for the whole period was 0.36 and 0.30, respectively, using the Water balance and Wucols method. the estimated evapotranspiration was estimated at an average of 757 mm in the water balance method and 641 mm in the Wucols method during the whole experiment period. In general, the Wucols method always estimates the less amount of water requirement for Landscape plants. According to statistical analysis, this difference was significant in six decades of experiment. According to the results of this study, application of water classification method used by Landscape species has better accuracy in estimating water requirement of Landscape plants and can be effective in reducing water consumption.

Keywords: Evapotranspiration, Microclimate, Water balance, Wucols.

* نویسنده مسئول
Email: fmirzaei@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تأثیرات سازنده فضاهای سبز بر کیفیت زندگی در شهرها در بسیاری از مطالعات گزارش شده است (۱٤، ۱۹، ۲۱، ۲۲ و ۲۳). فضاهای سبز شامل درختان و گیاهان متفاوتی هستند و فرایندهای طبیعی را در شهر فراهم می‌کنند. فضاهای سبز شهری به‌علت ارزش‌های زیست‌محیطی از جمله تأمین اکسیژن، تثبیت خرداقلیم، جلوگیری از فرسایش خاک و حفظ تنوع زیستی دارای اهمیت هستند (۱۵).

برنامه‌ریزی صحیح مصرف آب به‌ویژه در بخش آبیاری بسیار حائز اهمیت می‌باشد. هدف از عملیات آبیاری ایجاد شرایط مساعد رطوبتی برای گیاه می‌باشد. آبیاری باید با تخمین درست از نیاز آبی گیاه اعمال شود (۱٦). یکی از راه‌کارهای عملی برای بالابردن راندمان مصرف آب، آگاهی از نیاز آبی گیاهان کشت‌شده است (۲٦). نیاز آبی گیاهان فضای سبز کاملاً متفاوت از محصولات زراعی است (۱۷). برخلاف محصولات کشاورزی فضاهای سبز از ترکیبی از گونه‌های مختلف گیاهی که هر کدام نیاز آبی متفاوتی دارند تشکیل می‌شوند (۲۷). 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- تعرق گیاهان کشت‌شده می‌باشد. مطالعات و پژوهش‌ها در زمینه تبخیر- تعرق و نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی در مناطق مختلف دنیا توسط پژوهش‌گران بسیاری صورت گرفته است (۱۸ و ۱۳). این در حالی است که پژوهش‌های 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- تعرق انواع چمن بوده و کم‌تر در مورد انواع گیاهان فضای سبز کار تحقیقاتی صورت گرفته است.

شجاعی و همکاران (۲٤) با استفاده از روش‌های wucols[1] (طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز) و Limp[2] نیاز آبی را برای گیاهان فضای سبز برآورد کردند. نتیجه گرفتند که روش wucols نیاز آبی را به میزان پنج درصد کم‌تر تخمین زده است. عابدی کوپایی و همکاران (۹) 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. سیمز و همکاران (۲۵) با توجه به گسترش فضاهای سبز شهری که با گونه‌های مختلط کاشته می‌شوند، راه‌کارهای مدیریت آب را در باغ گیاه‌شناسی ملبورن موردبررسی قراردادند. 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 آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز توانستند برنامه‌ریزی مناسبی برای آبیاری فضاهای سبز که با کشت‌های مختلط ایجاد می‌شوند را ارائه کنند و راه‌کارهای سیستم‌های آبیاری زیرسطحی، به‌کاربردن مالچ و ... برای مدیریت مصرف آب در فضاهای سبز را توصیه کردند. نوری و همکاران (۲۰) روش‌های مختلف تخمین نیاز آبی گیاهان فضای سبز را از جمله روش‌های بیلان آبی، طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز، سنجش از دور و بیلان انرژی نسبت بوون را موردبررسی قرار دادند. آنان از این پژوهش نتیجه گرفتند که روش طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز یک روش کاربردی است و می‌تواند برای برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز استفاده شود. سجودی (٦) با استفاده از دو روش بیلان آبی و طبقه‌بندی آب موردنیاز گونه‌های فضای سبز تبخیر- تعرق چند گونه از گیاهان فضای سبز را برآورد کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج پژوهش نشان داد که روش طبقه‌بندی آب مورد نیاز گونه‌های فضای سبز دارای دقت بیش‌تراست و در مصرف آب نیز صرفه جویی می‌کند. سعیدی‌نیا و همکاران (۷) تبخیر- تعرق و ضریب گیاهی دو گونه بابونه و زیره سبز را با استفاده از لایسیمتر برآورد کردند. تبخیر- تعرق بابونه ٦١٠/٣ و گیاه زیره سبز ٤١٦/٤ میلی‌متر به‌دست آمد.

روش طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز نیاز آبی گیاهان فضای سبز را با استفاده از سه فاکتور مربوط به نوع گیاه، تراکم گیاه و اقلیم منطقه‌ای که گیاه کشت شده است برآورد می‌کند. هدف از این تحقیق تخمین تبخیر- تعرق گیاهان فضای سبز با استفاده از معادله بیلان آبی و روش طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز، مقایسه ضرایب گیاهی به‌دست‌آمده در روش‌های طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز و بیلان آبی برای گیاهان فضای سبز و بررسی مصرف بهینه آب در فضاهای سبز با استفاده از نتایج این پژوهش می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

این پژوهش در محوطه و فضای سبز دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در شهر کرج صورت پذیرفت. مختصات جغرافیایی شهر کرج عبارت است از طول جغرافیایی ٥١ درجه و صفر دقیقه و ٣٠ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ٣٥ درجه و ٤٨ دقیقه و ٤٥ ثانیه شمالی. این شهر با ارتفاع متوسط ١٢٩٧ متر از سطح دریا، در فاصله ٤٨ کیلومتری شمال‌غربی تهران واقع شده است.

قاعده ضریب فضای سبز (K_l) در روش طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز

دپارتمان منابع آب دانشگاه کالیفرنیا به‌منظور برآورد آب مورد نیاز برای گیاهان فضای سبز ضریبی به نام ضریب منظر (K_l) معرفی کرده است. ضریب فضای سبز از طریق سه فاکتور به نام‌های عامل ضریب گونه، عامل ضریب تراکم و عامل ضریب ریزاقلیم محاسبه می‌شود. رابطه (١) نحوه محاسبه این ضریب را نشان می‌دهد (١٧).

$$K_l = K_s \times K_d \times K_{mc}$$ رابطه ١)

جهت برآورد این سه عامل از دستورالعمل روش طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز ویرایش سوم که توسط کمیته منابع آب دانشگاه کالیفرنیا در سال ٢٠٠٠ منتشر شده است، استفاده شد (١٧). عامل گونه برای اعمال اختلاف نیاز آبی در گونه‌های مختلف گیاهی استفاده می‌شود. حدود ضریب گون از ٠/١ تا ٠/٩ متغیر است و به‌صورت جدول (١) طبقه‌بندی می‌شود (١٧). عامل تراکم در رابطه ضریب فضای سبز با توجه به اختلافات در تراکم پوشش گیاهی در گیاهان فضای سبز مورداستفاده قرار می‌گیرد. دامنه عامل تراکم در حد ٠/٥ تا ١/٣ می‌باشد. و این دامنه طبق جدول (٢) در سه طبقه گروه‌بندی می‌شوند (١٧).

Table 1. Coefficient values (K_s)

Water requirement	K_s
Very low	≤0.1
Low	0.1-0.3
Middle	0.4-0.6
High	0.7-0.9

Table 2. Coefficient values (K_d)

Classification	K_d
Low	0.5-0.9
Middle	1
High	1.1-1.3

ریزاقلیم‌ها 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

www.SID.ir

Archive of SID

متفاوت بوده و منجر به اختلافاتی در ریزاقلیم می‌شوند و به همین منظور عامل ریزاقلیم (K_{mc}) مورداستفاده قرار می‌گیرد. عامل ریزاقلیم از ۰/۵ تا ۱/٤ متغیر بوده و طبق جدول (۳) در سه طبقه گروه‌بندی می‌شوند (۱۷).

Table 3. Microclimate factor (K_{mc})

Classification	K_{mc}
Low	0.5-0.9
Middle	1
High	1.1-1.4

تعیین ریزاقلیم

یکی از عوامل دخیل بر نیاز آبی گیاهان فضای سبز میکروکلیما یا همان ریزاقلیم می‌باشد. این موضوع اساس انتخاب محل‌های قرارگیری لایسیمترها قرار گرفت. ممکن است در یک فضای سبز قسمتی از گیاهان در سایه و قسمتی در آفتاب، قسمتی دارای رطوبت هوای زیاد و گیاهانی در قسمت‌های بادگیر باشند. این تنوع در ریزاقلیم روی نیاز آبی گیاهان تأثیرگذار است. ریزاقلیم‌ها با حروف C و D مشخص شده‌اند. ریز اقلیم C: این نقطه بیش‌تر طول روز در معرض تابش نور خورشید و هم‌چنین وزش باد قرار گرفته است. در این محل شش لایسیمتر با کدهای C_1، C_2، C_3، C_4، C_5 و C_6 قرار داده شدند و در هر یک از این لایسیمترها یک گونه گیاهی به‌طور تصادفی کشت گردید. این محل با توجه به شرایط ذکرشده دارای ضریب ریزاقلیم از طبقه بالا می‌باشد. ریزاقلیم D: 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 می دهد. در این محل شش لایسیمتر با کدهای D_1، D_2، D_3، D_4، D_5 و D_6 قرار داده شدند. گونه‌های کشت‌شده به‌ترتیب شمشاد، زبان‌گنجشک، سنجد زینتی، مرغ، سرو و زرشک زینتی هستند.

برآورد تبخیر- تعرق گیاهان فضای سبز با استفاده از روش طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز

اساس فرمول برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز همانند رابطه تبخیر- تعرق گیاهان زراعی و باغی است. تفاوت اصلی رابطه برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز با گیاهان زراعی و باغی در استفاده از پارامتر ضریب گیاهی می‌باشد. رابطه (۲) محاسبه تبخیر- تعرق گیاهان فضای سبز را نشان می‌دهد (۱۷).

$$ET_l = K_l \times ET_0$$ رابطه ۲)

در این رابطه K_l ضریب گیاهی گیاهان فضای سبز، ET_0 تبخیر- تعرق مرجع و ET_l تبخیر- تعرق گیاهان فضای سبز می‌باشد.

تهیه و ساخت میکرو لایسیمترهای زهکش‌دار

در این پژوهش برای کشت نمونه‌ها از۱۲ عدد میکرو لایسیمتر زهکش‌دار در دو محل جداگانه و در هر محل به تعداد شش عدد استفاده شد. در وسط هر میکرولایسیمتر یک زهکش (لوله) جهت تخلیه زه‌آب متصل گردید. در انتها هر زهکش به یک ظرف به حجم یک لیتر جهت بررسی میزان زه‌آب تخلیه‌شده متصل گردید. بر روی هر ظرف واشری لاستیکی جهت جلوگیری از ورود آب‌های محیطی و هم‌چنین جهت جلوگیری از تبخیر زه‌آب ذخیره‌شده، نصب گردید. لایسیمترها از جنس پلاستیک پروپیلن و به رنگ سفید، به جهت عدم جذب نور انتخاب شدند. سطح مقطع لایسیمترها دارای طول و عرض ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع آن‌ها ٦۰ سانتی‌متر انتخاب شد. بافت خاک نیز به‌روش هیدرومتری و با استفاده از مثلث بافت خاک تعیین شد و کلی لوم به‌دست آمد.

گونه‌های گیاهی موردآزمایش

زبان‌گنجشک با نام علمی (*Fraxinus excelsior*)، شمشاد با

www.SID.ir

Archive of SID

نام علمی (*Buxus*)، سنجد زینتی با نام علمی (*Elaeagnus pungens*)، 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.

اندازه‌گیری نیاز آبی گونه‌های موردآزمایش با روش بیلان آب

به‌منظور محاسبه آب مورد نیازگیاهان فضای سبز از روش بیلان آب می‌بایست همواره آب کافی برای رشد مناسب و حفظ شادابی و سلامت گیاهان در اختیار آن‌ها قرار گیرد. آبیاری گیاهان کشت‌شده در این پژوهش به‌صورت مداوم در کل دوره آزمایش و به‌صورت دو روز یک‌بار انجام شد. مقدار حجم آب استفاده‌شده در هر آبیاری بسته به زمان آزمایش متفاوت و بین ۸۰۰ تا ۲۵۰۰ میلی‌لیتر در هر آبیاری متغیر بود. این میزان با توجه به رطوبت نقطه ظرفیت زراعی و پژمردگی، عمق ریشه و سطح مقطع لایسیمتر تعیین شد. در طول دوره آزمایشی و به‌صورت بازه‌های ده روزه، قبل از انجام آبیاری، نمونه‌گیری (دست‌نخورده) از خاک لایسیمترها انجام شد و به‌منظور تعیین رطوبت خاک به آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشگاه تهران انتقال داده شد. داده‌برداری از مقدار زه‌آب ذخیره‌شده در ظروف متصل به زهکش‌ها نیز به‌صورت هر دو روز یک‌بار و قبل از آبیاری لایسیمترها صورت گرفت. 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 زهکش‌دار نیز به این صورت است:

$$ETc=P+I-D\pm\Delta sw$$ رابطه ۳)

که در آن ET_c تبخیر و تعرق گیاه (سانتی‌متر)، P مقدار نزولات جوی (سانتی‌متر)، I مقدار آبیاری (سانتی‌متر)، D مقدار آب زهکشی (سانتی‌متر) و Δsw تغییرات رطوبت ذخیره‌ای خاک می‌باشد. توضیح این‌که، اینجا رطوبت خاک به ارتفاع بیان می‌شود و برحسب سانتی‌متر آب می‌باشد ($\Delta sw = D \times \Delta w$) که با ضرب تغییرات رطوبت خاک (Δw) در دو آبیاری متوالی در عمق خاک (D) برحسب سانتی‌متر مقدار آب مصرف‌شده یا کاسته‌شده در خاک برحسب سانتی‌متر به‌دست می‌آید. جهت محاسبه تبخیر و تعرق مرجع با توجه به پژوهش‌های انجام‌شده که نشان می‌دهند روش مناسب اندازه‌گیری تبخیر و تعرق مرجع در مناطقی با اقلیم نیمه‌خشک مانند کرج، روش پنمن- مانتیث- فائو می‌باشد، از این روش استفاده شد (۱۰، ۵، ۳، ۱۱ و ۸).

نتایج و بحث

تبخیر و تعرق مرجع ET_0

تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از داده‌های روزانه هواشناسی (میانگین دمای حداکثر، میانگین دمای حداقل، درصد رطوبت نسبی، میانگین ساعت‌های آفتابی و میانگین سرعت باد) و با روش پنمن- فائو- مانتیث با استفاده از نرم‌افزار Cropwat محاسبه و منحنی آن در شکل (۱) رسم شده است. اعداد تبخیر- تعرق مجموع ده روز هستند. برای محاسبه ET_0 از داده‌های روزانه ایستگاه هواشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران استفاده شد. پایین‌ترین میزان تبخیر- تعرق مرجع در دهه سوم فروردین‌ماه به‌مقدار ۷۲ میلی‌متر، بیش‌ترین مقدار آن در دهه دوم تیرماه به مقدار ۱۵۵/۷ میلی‌متر و در شش‌ماه موردبررسی معادل ۱۹۹۲/۲ میلی‌متر محاسبه گردید.

تعیین ضرایب گیاهی K_l با استفاده از روش طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز

ضریب گیاهی گیاهان فضای سبز از روش طبقه‌بندی آب

www.SID.ir

Archive of SID

مورداستفاده گونه‌های فضای سبز و با استفاده از رابطه (۳) محاسبه گردید. در روش طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز بیش‌ترین مقدار ضریب گیاهی مربوط به دهه سوم تیرماه و دهه اول مردادماه معادل ۰/۵۵ در لایسیمتر C_2 (گیاه زبان‌گنجشک) و کم‌ترین مقدار مربوط به دهه اول فروردین در لایسیمتر D_3 (گیاه سنجد زینتی) و معادل ۰/۱۲می‌باشد. محدوده ضریب گیاهی در دو ریزاقلیم در جدول (٤) آورده شده است. هم‌چنین به‌طورکلی ضریب فضای سبز در ریزاقلیم C نسبت به ریزاقلیم D، دارای مقادیر بیش‌تری هستند. ریزاقلیم D در سایه و ریزاقلیم C در آفتاب و در معرض وزش باد قرار داشته‌اند و لذا در اینجا تأثیر ریزاقلیم بر این ضریب نشان داده می‌شود. بیش‌ترین ضریب گیاهی مربوط به لایسیمترهای C_2 و C_5 می‌باشد. و لایسیمترهای D_6 و D_3 دارای کم‌ترین مقدار هستند.

Table 4. Vegetation coefficient range of wucols method

Plant	Changes of K_L
Buxus (C_1)	0.21-0.4
Fraxinus excelsior (C_2)	0.32-0.55
Elaeagnus pungens (C_3)	0.16-0.34
Elymus (C_4)	0.22-0.42
Cupressus (C_5)	0.3-0.52
Berberis (C_6)	0.18-0.36
Buxus (D_1)	0.18-0.35
Fraxinus excelsior (D_2)	0.29-0.49
Elaeagnus pungens (D_3)	0.21-0.3
Elymus (D_4)	0.18-0.37
Cupressus (D_5)	0.25-0.44
Berberis (D_6)	0.13-0.32

تعیین تبخیر و تعرق با استفاده از روش طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز

نتایج حاصل از برآورد تبخیر و تعرق با روش طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار تبخیر و تعرق برآوردشده با این روش مربوط به دهه سوم تیرماه در لایسیمتر C_2 معادل ۸۲/٦٦ میلی‌متر و کم‌ترین مقدار مربوط به دهه اول فروردین‌ماه به میزان ۸/۷ میلی‌متر در لایسیمتر D_3 می‌باشد. با درنظرگرفتن همه لایسیمترها بیش‌ترین مقدار تبخیر و تعرق متعلق به دهه سوم تیرماه می‌باشد. به‌طورکلی تبخیر- تعرق فضای سبز در ریزاقلیم C نسبت به ریزاقلیم D، دارای مقادیر بیش‌تری هستند که این نتیجه براساس روش طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز که در آن برای ریزاقلیم‌های حاشیه‌ای و بدون سایه‌انداز مقدار بیش‌تری نیاز آبی در نظر می‌گیرد، تطابق دارد. کل تبخیر و تعرق شش‌ماهه مورد بررسی گیاهان به‌ترتیب در لایسیمترهای C_1، C_2، C_3، C_4، C_5، C_6، D_1، D_2، D_3، D_4، D_5 و D_6 معادل ٦٤٧/٦، ٨٨٢/٤، ٥٢١/٥، ٦٧٨/٤، ٨٣٨/٢، ٥٦٣/٤، ٥٦٥/٨، ٧٨٠، ٤٣٦/٨، ٥٩٨، ٧٠٣/٢، ٤٨٠/٥ میلی‌متر به‌دست آمد.

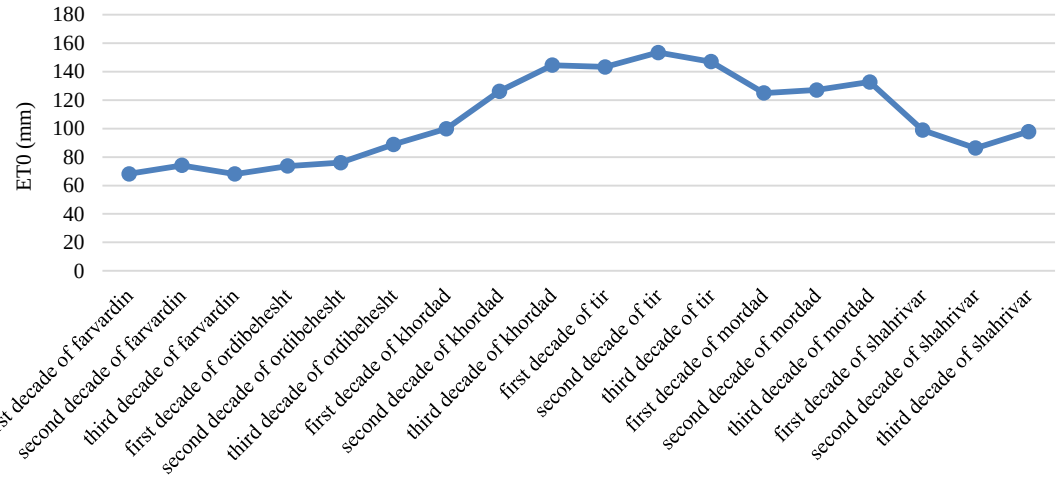

Figure 1. Reference evapotranspiration curve (ET_0) by penmen monteith fao method

www.SID.ir

Archive of SID

برآورد تبخیر و تعرق با استفاده از روش بیلان آب

نتایج حاصل از برآورد تبخیر و تعرق با استفاده از روش بیلان آب نشان داد که بیش‌ترین مقدار تبخیر و تعرق برآوردشده با این روش در لایسیمتر C_2 و در دهه سوم تیرماه به میزان ۹۶/۶۶ میلی‌متر بوده است. و کم‌ترین مقدار تبخیر و تعرق مربوط به دهه اول فروردین‌ماه در لایسیمتر D_6 به میزان ۱۱/۵ میلی‌متر می‌باشد. کل تبخیر- تعرق شش‌ماهه موردبررسی به‌ترتیب در لایسیمترهای C_1، C_2، C_3، C_4، C_5، C_6، D_1، D_2، D_3، D_4، D_5 و D_6 معادل ۸۳۵/۶، ۱۰۸۳، ۷۰۱، ۷۹۰/۵، ۹۱۶/۶، ۶۵۱/۷، ۷۱۷/۵، ۹۴۲/۶، ۵۹۱، ۶۳۲/۵، ۷۱۴/۵ و ۵۰۱/۸ میلی‌متر به‌دست آمد. در نمودارهای شکل‌های (۲) و (۳) مقدار تبخیر و تعرق به‌دست‌آمده از روش بیلان و مقدار برآوردشده از روش طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز در طول دوره آزمایش با هم مقایسه شده‌اند.

برآورد ضریب گیاهی با استفاده از روش بیلان آب

جهت برآورد ضریب گیاهی با استفاده از روش بیلان از رابطه $ETc=Kc\times ET_0$ استفاده شد. بیش‌ترین مقدار ضریب گیاهی مربوط به دهه سوم تیرماه معادل ۰/۶۴ در لایسیمتر C_2 و کم‌ترین مقدار مربوط به دهه اول فروردین در لایسیمتر D_6 و معادل ۰/۱۵ می‌باشد.

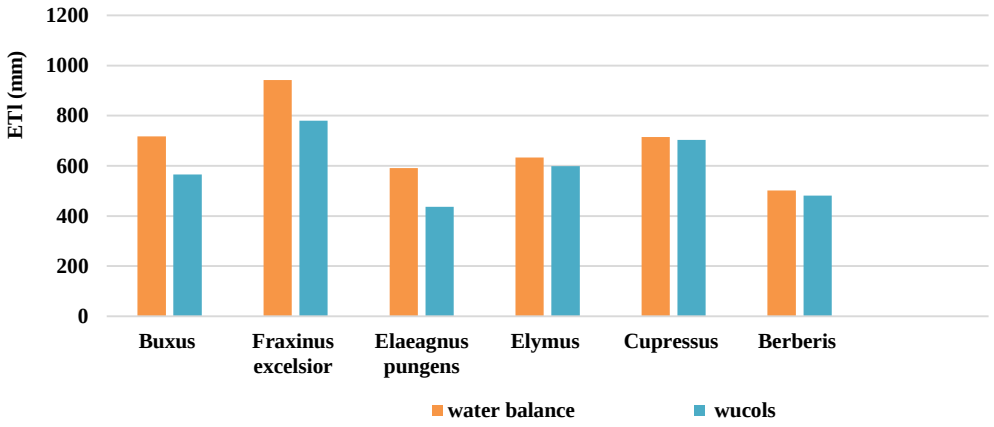

Figure 2. Evapotranspiration in D microclimate

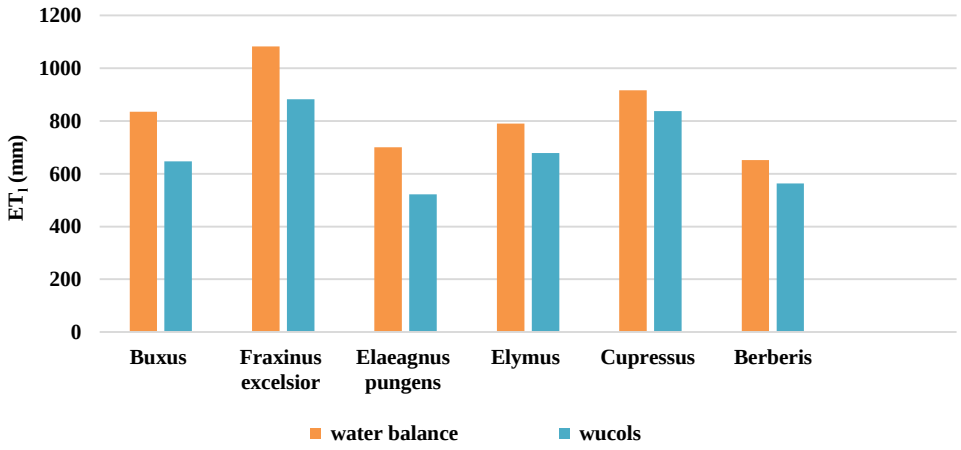

Figure 3. Evapotranspiration in C microclimate

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۵) محدوده تغییرات ضریب گیاهی از روش بیلان آبی را نشان می‌دهد. گیاه زبان‌گنجشک هم در ریزاقلیم C و هم در ریزاقلیم D ضریب گیاهی‌فضای سبز بالاتری دارد. هم‌چنین به‌طورکلی ضریب فضای سبز در ریزاقلیم C نسبت به ریزاقلیم D، دارای مقادیر بیش‌تری هستند. در روش بیلان آب ضریب گیاهی در کل دوره آزمایش بیش‌تر از روش طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز برآورد شده است و نوسانات آن در دامنه ۰/۱۵ تا ۰/٦٤ متغیر است.

Table 5. Vegetation coefficient range of water balance method

Plant	Changes of K_L
Buxus (C_1)	0.32-0.48
Fraxinus excelsior (C_2)	0.44-0.68
Elaeagnus pungens (C_3)	0.26-0.42
Elymus (C_4)	0.26-0.42
Cupressus (C_5)	0.34-0.56
Berberis (C_6)	0.20-0.37
Buxus (D_1)	0.25-0.47
Fraxinus excelsior (D_2)	0.33-0.54
Elaeagnus pungens (D_3)	0.21-0.42
Elymus (D_4)	0.20-0.38
Cupressus (D_5)	0.25-0.41
Berberis (D_6)	0.15-0.32

در روش طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز نیز شاهد همین گستره دامنه از تغییرات برای K_l هستیم، به‌طوری‌که بین ۰/۱۲ در ماه فروردین و ۰/۵۵ در ماه مرداد تغییر می‌کند ضریب گیاهی برآوردشده با استفاده از روش بیلان آب و طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز 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 به‌دلیل کاهش و افزایش رشد و تبخیر و تعرق گیاهان با توجه به شرایط اقلیمی می‌باشد.

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

برای استفاده از آزمون T با استفاده از نرم‌افزار SPSS ابتدا باید از این‌که داده‌ها دارای توزیع نرمال هستند اطمینان حاصل نمود (۲). جدول (۵) نشان می‌دهد که داده‌های هر دو روش در این آزمایش دارای توزیع نرمال می‌باشند. زمانی‌که siq بزرگ‌تر از ۰/۰۵ باشد به این معنا است که داده‌ها دارای توزیع نرمال می‌باشند (۲). همان‌طورکه در جدول (٦) مشخص است از دو روش برای مشخص‌کردن توزیع نرمال استفاده شده است. برای انجام آزمون نرمالیتی با روش‌های شاپیرو ویلک و کولموگروف- اسمیرنوف از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. جدول (۷) نتایج حاصل از آزمون T را نشان می‌دهد. در آزمون T اگر مقدار P-value از ۰/۰۵ کم‌تر باشد به این معنا است که میانگین گروه‌ها به لحاظ آماری متفاوت هستند (۲). نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که مقایسه میانگین‌ها به‌روش T در سطح ۵ درصد برای دو روش برآورد نیاز آبی (بیلان آب و طبقه‌بندی آب مورداستفاده گونه‌های فضای سبز) دارای سطح‌های معنی‌دار مختلفی در دهه‌های آزمایش می‌باشد. در شش دهه اول تیرماه تا دهه سوم مردادماه آزمون مقایسه میانگین‌ها دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

Table 6. Normal distribution of data

Method	Kolomogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistics	Number of data	Siq	Statistics	Number of data	Siq
Water balance	0.19	226	0.09	0.91	226	0.10
wucols	0.17	226	0.13	0.89	226	0.11

www.SID.ir

Archive of SID

Table 7. The results of comparing the means by the T test method

Variable	Method	Average	Standard deviation	P-value
ET- first decade of farvardin	Water balance	19.2	0.88	0.08
	WUCOLS	34.15	0.66	
ET- second decade of farvardin	Water balance	63.22	0.88	0.08
	WUCOLS	68.17	0.60	
ET- third decade of farvardin	Water balance	33.22	0.98	0.09
	WUCOLS	22.17	1.20	
ET- first decade of ordibehesht	Water balance	26.25	1.11	0.08
	WUCOLS	20	0.85	
ET- second decade of ordibehesht	Water balance	5.27	1.18	0.07
	WUCOLS	38.21	1.17	
ET- third decade of ordibehesht	Water balance	32	1.40	0.08
	WUCOLS	64.26	0.93	
ET- first decade of khordad	Water balance	57.36	1.55	0.09
	WUCOLS	31	1.10	
ET- second decade of khordad	Water balance	83.46	2.10	0.07
	WUCOLS	27.41	1.58	
ET- third decade of khordad	Water balance	63.55	2.13	0.09
	WUCOLS	23.5	1.53	
ET- first decade of tir	Water balance	58	1.79	0.03
	WUCOLS	28.52	1.62	
ET- second decade of tir	Water balance	65	2.11	0.03
	WUCOLS	30.59	1.24	
ET- third decade of tir	Water balance	70.66	2.13	0.02
	WUCOLS	74.6	1.54	
ET- first decade of mordad	Water balance	30.58	1.79	0.02
	WUCOLS	55.51	1.45	
ET- second decade of mordad	Water balance	35.55	1.66	0.03
	WUCOLS	10.48	1.18	
ET- third decade of mordad	Water balance	11.55	1.67	0.04
	WUCOLS	47	1.22	
ET- first decade of shahrivar	Water balance	77.4	1.30	0.05
	WUCOLS	50.32	1.43	
ET- second decade of shahrivar	Water balance	34	0.96	0.06
	WUCOLS	25	1.11	
ET-third decade of shahrivar	Water balance	35	1.03	0.05
	WUCOLS	21.24	1.23	

نتیجه‌گیری

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. در تحقیقی هاشمی گرم‌دره (۱۲) در اصفهان به بررسی نیاز آبی گونه‌های درخت زبان‌گنجشک، سرو نقره‌ای، چمن لولیوم و چمن اسپرت در مدت یک سال پرداخت. در این پژوهش که با استفاده از لایسیمترهای زهکش دار انجام شد میزان تبخیر و تعرق برای دوره هشت‌ماهه فروردین‌ماه تا آبان‌ماه برای درخت زبان‌گنجشک ۹۸۳ میلی‌متر، درخت سرو نقره‌ای ۸۳۷ میلی‌متر، چمن لولیوم ۱۹۳۷ میلی‌متر و چمن اسپرت ۱۸۳٤ میلی‌متر به‌دست آمد. در پژوهش دیگری توسط پرهامی پویا و حسنلی (۱) با روش‌های wucols و PF[3] نیاز آبی گیاهان فضای سبز در بخشی از باغ ارم شیراز برآورد گردید. نتایج پژوهش نشان داد مقدار سالانه تبخیر- تعرق با روش wucols، ٦٥٧ میلی‌متر و با روش Pf، ۷۸۵ میلی‌متر برآورد شد. درخشنده (٤) در پژوهشی نیاز آبی گونه‌های بنفشه و جعفری را با روش wucols در یک دوره شش‌ماهه فروردین تا شهریور در کرج برآورد کرد. میزان تبخیر و تعرق برای این گیاهان به‌ترتیب ٤٤٥ و ٤٣٧ میلی‌متر برآورد گردید. نتایج تبخیر و تعرق برآوردشده در این تحقیق به‌صورت میانگین مقدار ۷۵۷ میلی‌متر در روش بیلان آب و مقدار ٦٤١ میلی‌متر در روشwucols را در کل دوره آزمایش نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

هم‌چنین بیش‌ترین مقدار تبخیر و تعرق به میزان ۱۰۸۳ و ۸۸۲ میلی‌متر به‌ترتیب از روش بیلان آب و روش wucols می‌باشد که متعلق به لایسیمتر (C_2 گیاه زبان‌گنجشک) است. در روش wucols نسبت به روش بیلان آبی مقدار تبخیر و تعرق کم‌تری برآورد شده است. روش wucols تبخیر و تعرق را به میزان ۸/٤ درصد کم‌تر از روش بیلان آب برآورد کرده است. به‌طورکلی با توجه به پژوهش‌های انجام‌شده در این پژوهش روش wucols یک روش مناسب جهت برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز می‌باشد. این روش نیاز آبی را به‌نحوی تخمین می‌زند که همواره گیاهان فضای سبز شادابی خود را حفظ کرده و دچار تنش آبی نشوند و در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

1. Water use classification of landscape species
2. Landscape irrigation management program
3. Plant factor method

منابع

۱. پرهامی پ.، حسنلی ع. (۱۳۹۳). برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز پارک‌ها با استفاده از روش‌های نوین در راستای توسعه پایدار. کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راه‌کارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری. تبریز. ایران.

۲. حبیب‌پور، ک. (۱۳۹۵). راهنمای جامع کاربرد SPSS در تحقیقات پیمایشی. انتشارات متفکران (لویه)، تهران. ۸٦٦ صفحه.

۳. حوری، م. (۱۳۹۸). مقایسه روش‌های لایسیمتری و محاسبه‌ای در تعیین نیاز آبی خرما. مدیریت آب و آبیاری. ۹ (۱): ۸۱-۹٤.

٤. درخشنده، م. (۱۳۹٦). ارزیابی روش wucols در برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.

۵. سبزی پرور، ع.ا.، میرمسعودی، س.ش. و ناظم السادات، م.ج. (۱۳۹۰). بررسی تغییرات درازمدت تبخیر و تعرق گیاه مرجع در چند نمونه اقلیمی گرم کشور. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. ۷۵ (٤۳): ۱۷-۱.

٦. سجودی، ز. (۱۳۹۸). تعیین نیاز آبی گیاهان فضای سبز شهری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.

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

۸. شرقی، ط. بری ابرقویی، ح.اسدی، م.ا. و کوثری، م.ر. (۱۳۸۹). برآورد تبخیر- تعرق گیاه مرجع با استفاده از روش فائو- پنمن- مانتیث و پهنه‌بندی آن در استان یزد. خشک‌بوم. ۱ (۱): ۳۲-۲۵.

۹. عابدی کوپایی، ج. اسلامیان، س. و زارعیان، م. (۱۳۹۵). اندازه‌گیری و مدل‌سازی نیاز آبی و ضریب گیاهی خیار، گوجه‌فرنگی و فلفل با استفاده از میکرولایسیمتر در گلخانه. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۲(۳):٦٤-۵۱.

۱۰. 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. مهندسی منابع آب. ۸: ۳۰-۲۱.

۱۱. قمرنیا، ه. و لرستانی، م. (۱۳۹۷). بررسی کارایی روش‌های تجربی برآورد تبخیر و تعرق مرجع در اقلیم‌های مختلف ایران. مدیریت آب و آبیاری. ۸ (۲): ۳۰۳-۳۱۹

۱۲. هاشمی گرم‌دره، ا.(۱۳۸٤). برآورد نیاز آبی برخی از گونه‌های غالب فضای سبز شهر اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان.

www.SID.ir

Archive of SID

13. Arayaa, A., Leo Stroosnijder, G., Girmay, S. & Keesstra, D. (2011). Crop Coefficient, Yield Response to Water Stress and Water Productivity of Teff (Eragrostis tef (Zucc). *Agric Water Manage*, 98, 775-783.
14. Amiri, R., Weng, Q., Alimohammadi, A. & Alavipanah, S.K. (2009). Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, *Iran. Remote Sens. Environ*, 113, 2606-2617.
15. Barbosa, O., Tratalos, J. A., Armsworth, P. R., Davies, R. G., Fuller, R. A., Johnson, P., & Gaston, K. J. (2007). Who benefits from access to green space? A case study from Sheffield, UK. *Landscape and Urban Planning*, 83(2-3), 187-195.
16. Campbell, G. S. & Turner, N. C. (1990). Plant-Soil-Water Relationship. In: Management of Farm Irrigation System. *Ameri. Soc. Agric*. Eng, 15-29.
17. Costello, L.R., Matheny, N.P. & 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.
18. Hassanli, A. M., Ahmadirad, SH. & 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.
19. Kottmeier, C., Biegert, C. & Corsmeier, U. (2007). Effects of urban land use on surface temperature in Berlin: case study. *Journal of Urban Plan*, 133, 128-137.
20. Nouri, H., Beecham, S., Kazemi, F. & 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
21. Ozdogan, M., Rodell, M., Beaudoing, H. K. & Toll, D. L. (2010). Simulating the effects of irrigation over the United States in a land surface model based on satellite-derived agricultural data. *Journal of Hydrometeorology*, 11(1), 171-184.
22. Petralli, M., Massetti, L., Brandani, G. & Orlandini, S. (2014). Urban planning indicators: useful tools to measure the effect of urbanization and vegetation on summer air temperatures. *International Journal of Climatology*, 34(4), 1236-1244.
23. Robitu, M., Musy, M., Inard, C. & Groleau, D. (2006). Modeling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate. *Solar energy*, 80(4), 435-447.
24. Shojaei, P., Gheysari, M., Nouri, H., Myers, B. & Esmaeili, H. (2018). Water requirements of urban landscape plants in an arid environment: The example of a botanic garden and a forest park. *Ecological Engineering*, 123, 43-53.
25. Symes, P., Connellan, G., Buss, P. & Dalton, M. (2008). Developing Water Management Strategy for Complex Landscapes. Irrigation Australia 2008 *National Conference Paper*.
26. 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.
27. Wolf, D. & Lundholm, J.T. (2008). Water uptake in green roof microcosms: effects of plant species and water availability. *Ecol. Eng*, 33, 179-186.

www.SID.ir