Archive of SID
DOI: 10.30467/NIVAR.2020.249010.1171
نیوار، دوره ۴۴، شماره ۱۱۱-۱۱۰، پائیز و زمستان ۱۳۹۹ (دو فصلنامه)

محاسبه نیاز آبی فضای سبز شهری با استفاده از روش کالیفرنیا

ایمان بابائیان[۱]، محمد انصاری قوجقار[۲]، مسعود پورغلام آمیجی[۳]، احسان پارسی*[۴]

۱- استادیار پژوهشکده اقلیم‌شناسی، مشهد

۲ و ۳- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۴- گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز

(تاریخ دریافت: ۹۹/۰۷/۰۴، تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۲۶)

چکیده

توسعه فضای سبز شهری و کاهش منابع آبی، نگرانی‌های تأمین آب برای آینده را افزایش می‌دهد. در همین راستا محاسبه اصولی نیاز آبی گیاهان فضای سبز، نقش مهمی در استفاده بهینه از آب دارد. این پژوهش به منظور تعیین نیاز آبی فضای سبز منطقه ۴ شهرداری تهران و محاسبه منابع آبی مورد نیاز کل فضای سبز منطقه صورت انجام شد. برای تعیین نیاز آبی گیاهان فضای سبز، از روش کالیفرنیا (wucols) و جهت محاسبه تبخیر و تعرق مرجع و مقدار بارندگی مؤثر، از داده‌های اقلیمی ایستگاه هواشناسی شمال تهران در بازه ۳۰ ساله (۱۳۹۵-۱۳۶۵) استفاده شد. مساحت خالص فضای سبز منطقه مورد مطالعه ۵۶۸۳ هکتار به دست آمد که شامل ۲۱۵/۲۰ هکتار بوستان شهری، ۵۳۱۱/۷۳ جنگل‌کاری و ۱۵۶/۳ هکتار سایر تقسیمات فضای سبز بود. راندمان آبیاری در این منطقه به طور متوسط ۳۵ درصد برآورد شد. نتایج نشان داد که میزان حجم آب مورد نیاز سالانه برای آبیاری کل فضای سبز منطقه مورد نظر در حدود ۴۸/۶ میلیون مترمکعب با راندمان ۳۵ درصد و در حدود ۴۷/۳ میلیون مترمکعب با راندمان ۴۵ درصد برآورد شد. بنابراین با سناریوی افزایش راندمان آبیاری تنها به میزان ۱۰ درصد، ۱/۳ میلیون مترمکعب در سال، صرفه‌جویی در منابع آب موجود صورت خواهد گرفت. با توجه به میزان آب قابل برداشت از منابع آبی منطقه که برابر با ۲۳/۶۲ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد، کمبود منابع آبی سالانه منطقه محاسبه و میزان آن برابر ۲۴/۹۸ میلیون مترمکعب با راندمان ۳۵ درصد تخمین زده شد که این مهم، مدیریت دقیق و راهکارهای عملیاتی فوری را می‌طلبد.

کلمات کلیدی: تبخیر و تعرق، فضای سبز، پتانسیل آبی، wucols، شهرداری تهران، بحران آب.

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت و نیاز به آب و تولیدات بیشتر از یک‌سو و خشکسالی‌های به وجود آمده از سوی دیگر باعث شده که در سال‌های اخیر تقاضای آب افزایش یابد (Ma et al., 2020). کمبود آب یکی از مهم‌ترین منابع موردنیاز جامعه بشری و درعین‌حال یکی از بزرگترین چالش‌های قرن حاضر است که می‌تواند سرمنشأ بسیاری از تحولات مثبت و منفی جهان قرار گیرد (پورغلام آمیجی و همکاران، ۱۳۹۹).

عدم انطباق بین تأمین و تقاضای آب، می‌تواند بحران‌آفرین باشد. این بحران می‌تواند در بعد محلی، منطقه‌ای، ملی و حتی در بعد جهانی اتفاق افتد. عدم تعادل در بخش منابع آب می‌تواند ناشی از چرخه هیدرولوژی و محدودیت طبیعی منابع آب و نیز فعالیت‌های بشری نظیر استفاده بی‌رویه از منابع و آلوده کردن منابع آب باشد (حمدی احمدآباد و همکاران، ۱۳۹۸؛ پورغلام آمیجی و همکاران، ۱۳۹۸). مطالعات مختلفی وجود دارد که خطرات ناشی از کمبود آب و آسیب‌پذیری منابع آب را در مقیاس منطقه‌ای و جهانی مورد بررسی قرار داده‌اند (Cosgrove and Rijsberman, 2014; Vaghefi et al., 2019).

یکی از عوامل مهم برای مدیریت منابع آب، تعیین صحیح و دقیق تبخیر و تعرق گیاهان کشت‌شده می‌باشد اما نیاز آبی گیاهان در مراحل مختلف رشد متفاوت بوده و این نیاز تحت تأثیر مستقیم تبخیر و تعرق گیاه و تغییر در پوشش گیاهی و شرایط آب و هوایی قرار دارد. پژوهش‌ها در زمینه تبخیر و تعرق و نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی در مناطق مختلف دنیا توسط پژوهش‌گران بسیاری صورت گرفته است (Hassanali et al., 2009; Araya et al., 2011). با وجود این تحقیقات، در زمینه نیاز آبی گیاهان فضای سبز شهری مطالعات کمتری

* نگارنده رابط: Ehsan-parsi@iauahvaz.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

صورت گرفته است و عمده این پژوهش‌ها نیز مربوط به نیاز آبی و تبخیر و تعرق انواع چمن بوده است.

پیشینه تحقیق

ضریب گیاهی به‌طور عمده به ویژگی‌های گیاه و به طور محدودتر به اقلیم بستگی دارد و همین ویژگی موجب به‌کارگیری ضرایب گیاهی استاندارد در مناطق و اقلیم‌های گوناگون و پذیرش آن به عنوان شاخصی مهم در محاسبات مربوط به نیاز آبی گیاهان شده است (Grattan et al., 1998). در پژوهشی Symes et al. (2008) با توجه به گسترش فضای سبز شهری که شامل گونه‌های متعددی است، راه‌کارهای مدیریت آب را در باغ گیاه‌شناسی ملبورن مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها با پایش رطوبت خاک و شناسایی عمق توسعه ریشه، به بررسی ویژگی‌های خاک و نفوذپذیری آب در خاک پرداختند. این گروه با تخمین نیاز آبی گیاهان فضای سبز با روش طبقه‌بندی آب مورد استفاده گونه‌های فضای سبز کالیفرنیا (wucols[1]) توانستند برنامه‌ریزی مناسبی برای آبیاری ارائه کنند که شامل کشت‌های مختلط گیاهان بود. Nouri et al. (2012) روش‌های بیلان آبی، کالیفرنیا (wucols)، سنجش از دور و بیلان انرژی نسبت بوون را برای تعیین نیاز آبی فضای سبز مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها از این پژوهش نتیجه گرفتند که روش کالیفرنیا یک روش کاربردی است و می‌تواند برای برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز استفاده شود. همچنین عابدی کوپایی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از میکرولایسیمترهای زهکش‌دار برای چندگونه گیاه گلخانه‌ای، موفق به اندازه‌گیری و مدل‌سازی نیاز آبی و ضرایب گیاهی 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.

شجاع و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از روش‌های کالیفرنیا (wucols) و Limp[2] نیاز آبی را برای گیاهان فضای سبز برآورد کردند. نتیجه این تحقیقات نشان داد که روش wucols نیاز آبی را به میزان ۵ درصد کمتر تخمین زده است. دلفان آذری و همکاران (۱۳۹۷) پژوهشی را به منظور بررسی نیاز آبی سه گونه گیاهی زبان ینجشک، کاج تهران و توت‌نرک در فضای سبز شهری طی دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در منطقه افسریه تهران انجام دادند. در این پژوهش، نیاز آبی هر سه گونه با استفاده از رو پیشنهادی فائو در سیستم آبیاری قطره‌ای و روش wucols III در طی هفت ماه (فروردین تا مهرماه) در منطقه مورد مطالعه تعیین شد. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین نیاز آبی به ترتیب مربوط به گونه‌های توت‌نرک و کاج تهران بود.

سجودی و میرزایی (۱۳۹۸) با استفاده از دو روش بیلان آبی و طبقه‌بندی آب مورد نیاز گونه‌های فضای سبز، تبخیر و تعرق چند گونه از گیاهان فضای سبز را برآورد کردند. روش طبقه-بندی آب مورد استفاده گونه‌های فضای سبز، نیاز آبی گیاهان را با استفاده از سه عامل مربوط به نوع گیاه، تراکم گیاه و اقلیم منطقه‌ای که گیاه کشت شده است، برآورد می‌کند. نتایج این پژوهش نشان داد که روش کالیفرنیا (wucols) دارای دقت بیشتری بوده و در این روش، میزان آب کمتری نیز مصرف می‌شود. سعیدی‌نیا و همکاران (۱۳۹۷) تبخیر و تعرق و ضریب گیاهی دو گونه بابونه و زیره سبز را با استفاده از لایسیمتر برآورد کردند. تبخیر و تعرق بابونه ۳/۶۱۰ و گیاه زیره سبز ۴/۴۱۶ میلی‌متر به دست آمد. علایی و همکاران (۱۳۹۸) پژوهشی در زمینه نیاز آبی و برنامه‌ریزی آبیاری درخت سنجد در منطقه وردیج استان تهران انجام دادند. آن‌ها در این تحقیق از روش کالیفرنیا (wucols) استفاده کردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در سال اول بعد از کشت، مقدار نیاز خالص آبیاری در پنج ماه از سال (از خرداد تا مهر) با مقدار کل ۱۶۶/۰۱ میلی‌متر تأمین می‌شود.

برای به دست آوردن تبخیر و تعرق گیاه، به صورت معمول از ضرب ضریب گیاهی در تبخیر و تعرق گیاه مرجع استفاده می‌شود. در خصوص برآورد تبخیر و تعرق فضای سبز علاوه بر ضریب گیاهی باید ضرایب مربوط به سایه‌اندازی، تعدیل تراکم بوته و تنظیم گونه گیاهی خاص نیز برآورد شوند. در مراجع و دستورالعمل‌های مدون توصیه شده است که برای

1. Water use classification of landscape species

2. Landscape irrigation management program

www.SID.ir

Archive of SID

اطلاع از نیاز آبی گیاهان تا حد امکان از سند ملی آب و کتاب برآورد نیاز آبی گیاهان عمده زراعی و باغی که توسط موسسه تحقیقات خاک و آب وزارت جهاد کشاورزی منتشر شده است، استفاده شود که در چنین صورتی نیاز به تحلیل و برآورد این پارامتر در مطالعات مختلف نمی‌باشد و در صورتی‌که در این منابع به اطلاعات مورد نظر دست یافته نشد، از روش‌های معتبر پذیرفته‌شده استفاده شود. با توجه به توضیحات بیان‌شده، هدف پژوهش حاضر، تعیین نیاز آبی گیاهان فضای سبز با استفاده از روش کالیفرنیا (wucols) در محدوده منطقه ۴ شهرداری تهران می‌باشد. علت انتخاب این شیوه در این است که روش کالیفرنیا (wucols) در تحقیقات Shojaei et al. (2018)، Symes et al. (2008)، Nouri et al. (2012) به عنوان روشی دقیق و معتبر جهت برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز معرفی شده و کارایی مناسب آن گزارش شده است. همچنین داده‌های ورودی کمتری نسبت به روش‌های مشابه نیاز داشته و دقت بالاتری را همراه خواهد داشت. هدف نهایی این تحقیق، محاسبه نیاز آبی فضای سبز منطقه مورد مطالعه، به دست آوردن حجم آب مورد نیاز سالانه، محاسبه کمبود منابع آبی موجود و ارائه راهکار جهت جبران کمبود منابع آبی فضای سبز منطقه ۴ شهرداری تهران است.

در بیشتر تحقیقات انجام‌شده، نیاز آبی گیاهان فضای سبز برای یک یا چند گونه گیاهی خاص انجام شده است. همچنین در پژوهش‌های انجام شده توجه کمی به وضعیت منابع آبی موجود با در نظر گرفتن تأمین کل نیازی آبی محاسباتی شده است. نوآوری این پژوهش در برآورد نیاز آبی سطح وسیعی از فضای سبز شهری، استفاده از گونه‌های مختلف گیاهی، استفاده از مجموعه‌ای از تقسیمات فضای سبز شهری و بررسی وضعیت منابع آب موجود منطقه مورد مطالعه با توجه به نیاز آبی محاسبه شده است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در شرق شهر تهران و در منطقه ۴ از مناطق ۲۲ گانه شهرداری تهران انجام شد. مساحت این منطقه ۶۶۰۰ هکتار می‌باشد که از این مقدار، به طور خالص ۵۶۸۳ هکتار را فضای سبز تشکیل می‌دهد. تقسیم‌بندی فضای سبز این منطقه شامل بوستان‌های جنگلی، بوستان‌های شهری، میدان‌ها، حاشیه-ها، لچکی‌ها، رفیوژها و جنگل‌کاری حاشیه می‌باشد. در شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.

شهر تهران با قرار گرفتن در ارتفاع بین ۹۵۰ تا ۱۸۰۰ متری از سطح دریا دارای شرایطی است که ویژگی‌های اقلیمی آن با ارتفاع تغییر می‌کند. به عنوان نمونه میانگین بارش سالانه تهران ۲۴ میلی‌متر و میانگین تعداد روزهای یخبندان ۴۸ روز در سال بوده است. بیشتر بارش‌های تهران در ماه‌های آبان تا فروردین رخ می‌دهد ولی رگبارهای شدید ممکن است در هر فصلی اتفاق بیفتند (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۰). اگر میانگین بارندگی در شهر تهران را با میانگین بارندگی سالانه در سطح کره زمین که حدود ۸۶۰ میلی‌متر تخمین زده می‌شود، مقایسه کنیم؛ ملاحظه خواهد شد که مقدار بارندگی در تهران حتی کمتر از یک‌سوم متوسط بارندگی سطح دنیاست. همان‌طور که در بسیاری از گزارش‌ها بیان شده است، نقش فضای سبز در کیفیت زندگی شهری غیرقابل انکار می‌باشد و بنابراین انجام مطالعات مربوطه در این بخش ضروری و الزامی به نظر می‌رسد.

اولین اقدام جهت برآورد پارامترهای جوی و اقلیمی، آگاهی از پراکنش و نوع ایستگاه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در محدوده مورد مطالعه در منطقه ۴ شهرداری تهران، ایستگاه سینوپتیک دوشان‌تپه و شمال تهران وجود دارد. به لحاظ طول آماری و رقوم ارتفاعی مناسب و همچنین هماهنگی با اهداف مطالعه، ایستگاه سینوپتیک شمال تهران به عنوان معرف پارامترهای اقلیمی منطقه ۴ تهران انتخاب شد. این ایستگاه با طول دوره آماری بلندمدت ۳۰ ساله (۱۳۹۵-۱۳۶۵) و داشتن اکثر پارامترها مهم هواشناسی نظیر دما، رطوبت، سرعت باد، بارندگی و ساعت آفتابی و غیره از شاخص‌ترین ایستگاه‌های تهران محسوب می‌شود. در جدول (۱) مشخصات ایستگاه منتخب ارائه شده است. جدول (۲) نیز مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل به روش پنمن-مانتیث بر در ایستگاه شمال تهران را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱- موقعیت محدوده مطالعاتی

جدول ۱- مشخصات ایستگاه هواشناسی مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول جغرافیائی	عرض جغرافیائی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول دوره آماری (سال)
شمال تهران	۵۱-۲۹	۳۵-۴۸	۱۵۴۸/۲	۱۳۹۵-۱۳۶۵

جدول ۲- تبخیر و تعرق پتانسیل به روش پنمن - مانتیث در ایستگاه شمال تهران

واحد	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
میلی‌متر در روز	۳/۱	۱/۸	۱/۰	۰/۸	۱/۰	۱/۸	۲/۸	۴/۰	۴/۹	۵/۳	۵/۱	۴/۳	-
میلی‌متر در ماه	۹۳/۲	۵۳/۵	۳۰/۱	۲۴/۴	۳۰/۹	۵۲/۸	۸۵/۹	۱۲۴/۱	۱۵۲/۳	۱۶۴/۰	۱۵۸/۹	۱۳۱/۸	۱۱۰۱/۹

یکی از راه‌کارهای علمی برای افزایش راندمان مصرف آب، آگاهی از نیاز آبی گیاهان کشت شده است (Tyagi et al., 2000) اما با توجه به نکات بیان‌شده، زمان ریزش نزولات جوی با نیازهای پیک فضای سبز که مصرف‌کننده اصلی آب است، مطابقت ندارد که این موضوع ضرورت مصرف بهینه منابع آبی موجود در سطح شهر تهران را نشان می‌دهد. بنابراین مهمترین فاکتور در این زمینه، محاسبه میزان دقیق تبخیر و تعرق برای هر پوشش گیاهی است. شناخت رفتار و خصوصیات پوشش گیاهی غیر مرجع در مقایسه با پوشش گیاهی مرجع (چمن)، اولین قدم در برآورد تبخیر و تعرق گیاهان زراعی است. ضریب گیاهی بیان‌کننده اثرات پوشش گیاهی و رطوبت خاک گیاه غیر مرجع نسبت به گیاه مرجع است (Doorenbos, 1977) اما نیاز آبی گیاهان فضای سبز کاملاً متفاوت از محصولات زراعی است. بر خلاف محصولات کشاورزی، گیاهان فضای سبز از ترکیب گونه‌های مختلف گیاهی تشکیل شده است که هر کدام نیاز آبی متفاوتی دارند (Wolf and Lundholm, 2008).

برآورد نیاز آبی با استفاده از روش کالیفرنیا

نیاز آبی گیاهان یکی از بخش‌های مهم چرخه هیدرولوژی است که تخمین دقیق آن برای مطالعات بیلان آبی، تأسیسات آبی، مدیریت و طراحی سیستم‌های نوین آبیاری و مدیریت منابع آب مورد نیاز می‌باشد. در این پژوهش، نیاز آبی گونه‌های غالب فضای سبز محدوده شرق شهر تهران و به طور مشخص منطقه ۴ شهرداری تهران، با توجه به دستورالعمل پیشنهادی دانشگاه کالیفرنیا (wucols) در تعیین ضریب فضای سبز محاسبه شده است. در واقع روشی که برای تخمین نیاز آبی مجموعه گیاهان فضای سبز به کار می‌رود، همانند روشی

www.SID.ir

Archive of SID

است که برای گیاهان و چمنزارها مورد استفاده قرار می‌گیرد. نیاز آبی گیاهان در آزمایشگاه‌ها و مطالعات مزرعه‌ای از طریق روش‌های مستقیم (لایسیمتر و بیلان آبی) و روش‌های غیر مستقیم (بلانی کریدل، فائو- پنمن- مانتیث، جنسن- هیز) برآورد می‌شود. مجموع کل تلفات آب در طول یک دوره زمانی معین، تخمینی از مقدار نیازی است که باید به وسیله آبیاری جایگزین شود. از آنجا که پرورش‌دهندگان و مدیران چمنزارها مجهز به ابزاری برای اندازه‌گیری تبخیر و تعرق در مزرعه نیستند، برای این منظور فرمولی ابداع شده است که می‌توان توسط آن تبخیر و تعرق را برآورد کرد. این فرمول (که فرمول ETc نامیده می‌شود) به صورت رابطه زیر بیان می‌شود:

$$ET_C = K_C \times ET_0 \qquad (۱)$$

که در آن ET_C تبخیر و تعرق گیاه، K_C ضریب گیاهی و ET_O تبخیر و تعرق پتانسیل می‌باشد.

رابطه (۱) بیان می‌کند که آب از دست رفته از یک گیاه (تبخیر و تعرق گیاه، ET_C)، معادل حاصل‌ضرب مقدار آب تبخیر شده از چمن فصل سرد به ارتفاع ۴ تا ۷ اینچ و در شرایط مزرعه‌ای باز (تبخیر و تعرق پتانسیل، ET_O) در عامل مشخص گیاهی (ضریب گیاهی، K_C) می‌باشد. ضریب گیاهی از طریق تحقیقات مزرعه‌ای و تبخیر و تعرق پتانسیل (ET_O) از یک تشتک تبخیر کلاس A یا از یک ایستگاه هواشناسی تخصصی تخمین زده می‌شود. در روش دانشگاه کالیفرنیا، فرمول برآورد تبخیر و تعرق صرفاً برای کاربرد در فضای سبز اصلاح شده است که در آن ضریب فضای سبز (K_L) جایگزین ضریب گیاهی (K_C) شده است. در واقع می‌توان آب مورد نیاز مجموعه گیاهان فضای سبز را از طریق محاسبه تبخیر و تعرق و با استفاده از رابطه (۲) تخمین زد (Costello et al., 2000):

$$ET_L = K_L \times ET_0 \qquad (۲)$$

که در آن ET_L تبخیر و تعرق فضای سبز، K_L ضریب فضای سبز و ET_O تبخیر و تعرق پتانسیل می‌باشد.

رابطه (۲) (که فرمول ET_L نامیده می‌شود) بیان می‌کند که آب مورد نیاز مجموعه گیاهان فضای سبز (تبخیر و تعرق فضای سبز، ET_L)، از حاصل‌ضرب ضریب فضای سبز (K_L) در تبخیر و تعرق پتانسیل (ET_O) محاسبه می‌شود. تبخیر و تعرق پتانسیل (ET_O) از اطلاعات ایستگاه هواشناسی تخمین زده می‌شود که در این تحقیق مطابق جدول (۱) از اطلاعات ایستگاه هواشناسی تهران شمال استفاده شده است. همچنین در این ایستگاه تبخیر و تعرق به روش پنمن- مانتیث برآورد شده است (جدول ۲).

همان‌طور که در بالا ذکر شد، فرمول ET_L عمدتاً همان فرمول ET_C است، جز آن که ضریب فضای سبز جایگزین ضریب گیاهی شده است. این تغییر به دلیل وجود تفاوت‌های اساسی بین سیستم‌های گیاهی یا چمنزارها و مجموعه گیاهان فضای سبز می‌باشد (Nouri et al., 2016). با این تفاسیر، سه تفاوت عمده بین ضریب گیاهی و ضریب فضای سبز به شرح زیر مورد توجه خواهد بود:

گونه: بر خلاف یک محصول یا چمنزار، مجموعه گیاهان فضای سبز، عموماً بیش از یک گونه می‌باشند. همچنین مجموعه‌ای از گونه‌ها معمولاً در یک منطقه با هم آبیاری می‌شوند و این گونه‌ها ممکن است نیاز آبی بسیار متفاوتی از هم داشته باشند. لازم است تا در تعیین ضریب گیاهی، برخی ملاحظات مربوط به ترکیب گونه‌های رایج کشت‌شده‌ای که حالت غالب دارند، در نظر گرفته شود.

تراکم: تراکم گیاهی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای در فضای سبز متفاوت است. بعضی از مجموعه‌های گیاهی سطح برگ بسیار بیشتری نسبت به سایر مجموعه گیاهان دارند؛ به عنوان مثال یک مجموعه فضای سبز که شامل درختان، درختچه‌ها و گیاهان پوششی است که در یک منطقه کوچک نزدیک به هم کاشته شده‌اند، دارای سطح برگ بسیار بیشتری از فضاهای سبزی می‌باشند که فقط دارای درختچه‌هایی با فاصله زیاد در منطقه‌ای به همان وسعت کشت شده‌اند. سطح برگ بیشتر به معنای افزایش در تعرق مجموعه گیاهان می‌باشد. در نتیجه انتظار می‌رود یک مجموعه گیاه متراکم با وجود کاهش میزان تبخیر از سطح خاک، مقدار بیشتری آب را نسبت به یک مجموعه گیاه تنک و با فاصله کشت زیاد از دست بدهد. برای ارائه یک تخمین قابل اعتماد از تلفات آب، لازم است ضریب

www.SID.ir

Archive of SID

فضای سبز برای تغییرات تراکم گیاهی محاسبه شود (Costello et al., 2000).

ریز اقلیم: بسیاری از فضاهای سبز، در برگیرنده طیفی از ریز اقلیم‌ها، از مناطق سرد، سایه‌دار و محافظت‌شده تا مناطق گرم، آفتابی و بادی می‌باشند. این تفاوت‌ها در اقلیم، به شکل عمده‌ای بر تلفات آب گیاه اثر می‌گذارند. بر اساس نتایج آزمایش‌های انجام شده، مجموعه گیاهان مناطق هموار می‌توانند تا ۵۰ درصد تلفات آب بیشتری نسبت به مجموعه گیاهان با همان گونه‌ها و در یک پارک داشته باشند. همچنین بر اساس مطالعات، گیاهان در مناطق سایه‌دار می‌توانند تا ۵۰ درصد تلفات آب کمتری نسبت به گیاهانی از همان گونه در مزارع باز، دارا باشند. این تفاوت در تلفات آب که توسط ریز اقلیم‌ها ایجاد می‌شود، لازم است در ضریب فضای سبز محاسبه شود.

در مجموع، سه عامل فوق باعث می‌شوند که مجموعه گیاهان فضای سبز کاملاً متفاوت از گیاهان کشاورزی و چمنزارها باشند و این تفاوت‌ها در برآورد تلفات آب فضای سبز باید مدنظر قرار گیرند. ضریب فضای سبز (K_L) به ویژه برای محاسبه این تفاوت‌ها در مقایسه با ضریب گیاهی (K_C) در نظر گرفته شده است (Costello et al., 2000).

تعیین ضریب فضای سبز

این ضریب همان وظیفه‌ای را بر عهده دارد که ضریب گیاهی انجام می‌دهد، با این تفاوت که این ضریب به همان روش تعیین نمی‌شود. ضرایب فضای سبز از طریق سه عامل گونه، تراکم و ریز اقلیم محاسبه می‌شوند. این عوامل به شکل رابطه زیر در فرمول فضای سبز به کار می‌روند:

$$K_L = K_s \times K_d \times K_{mc} \quad (۳)$$

که در آن K_L ضریب فضای سبز، K_S عامل گونه‌ها، K_d عامل تراکم و K_{mc} عامل ریز اقلیم می‌باشد. رابطه (۳) بیان می‌کند که ضریب فضای سبز از حاصل‌ضرب عامل گونه در عامل تراکم در عامل ریز اقلیم به دست می‌آید که با تعیین مقدار عددی برای هر عامل، ضریب فضای سبز محاسبه می‌شود (Nouri et al., 2016). در جدول (۳) مقادیر عوامل مؤثر در تعیین ضریب فضای سبز بیان شده است.

عامل گونه‌ها برای محاسبه اختلاف آب مورد نیاز گونه‌ها به کار می‌رود. در یک فضای سبز، برخی گونه‌های گیاهی تحت عنوان گونه‌های پرمصرف از نظر آب شناخته می‌شوند، مانند درخت گیلاس و گل ادریس؛ در حالی‌که برخی گونه‌های گیاهی از نظر مصرف آب در رده خیلی کم قرار دارند، نظیر درخت زیتون و خرزهره. طبقه‌بندی عامل گونه‌ها بدون در نظر گرفتن تیپ رویشی (درخت، درختچه، گیاه پوششی، درخت مو و گیاهان علفی) به کار گرفته می‌شوند و مبتنی بر مطالعات کاربرد آب برای گونه‌های فضای سبز است. عامل گونه‌ها با توجه به نوع پوشش گیاهی کاملاً متفاوت بوده و لذا برای هر پارک و بوستانی مقداری متناسب با الگوی کشت آن می‌باشد.

عامل تراکم در فرمول ضریب فضای سبز بدین منظور به کار می‌رود که اختلاف تراکم گیاه در بین گیاهان فضای سبز محاسبه شود. تراکم پوشش گیاهی برای نشان دادن مجموع سطح برگ تمام گیاهان در فضای سبز به کار می‌رود. اختلاف در تراکم پوشش گیاهی یا سطح برگ، به تفاوت در تلفات آب منتهی می‌شود. محدوده عامل تراکم از ۰/۵ تا ۱/۳ می‌باشد. فضاهای سبز کم تراکم، تنک و یا نابالغ، سطح برگ کمتری نسبت به فضای سبز متراکم و بالغ دارند و از این جهت آب کمتری را از دست می‌دهند. مقدار K_d این مجموعه گیاهان در طبقه پایین قرار می‌گیرد. پوشش گیاهی با ترکیبی از انواع گیاهان (درختان، درختچه‌ها و گیاهان پوششی) دارای سطح برگ بیشتری نسبت به پوشش گیاهی با یک نوع گیاه می‌باشد و لذا آب بیشتری را از دست می‌دهد. مقدار عامل تراکم این مجموعه گیاهی در طبقه بالا قرار می‌گیرد. مجموعه گیاهان کامل ولی عمدتاً از یک نوع گیاه در طبقه متوسط قرار می‌گیرند. با توجه به وضعیت پوشش گیاهی منطقه ۴ تهران، عامل تراکم گونه در هر سه رنج نامبرده قرار دارد. به‌طوری‌که در بوستان رسالت با تراکم بالا، در بوستان اردیبهشت تراکم متوسط و در پارک‌هایی نظیر قسمت جنگلی بوستان ساحل که تنها یک گونه گیاهی کشت شد، تراکم در طیف پایین قرار می‌گیرد (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقادیر عوامل مؤثر در تعیین ضریب فضای سبز

شرح	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
عامل گونه‌ها (K_s)	۰/۰-۷/۹	۰/۰-۴/۶	۰/۰-۱/۳	<۰/۱
عامل تراکم (K_d)	۱/۱-۱/۳	۱/۰	۰/۰-۵/۹	-
عامل ریز اقلیم (K_{mc})	۱/۱-۱/۴	۱/۰	۰/۰-۵/۹	-

ریز اقلیم‌ها در هر فضای سبزی وجود دارند و لازم است در تخمین تلفات آب گیاه مدنظر قرار گیرند. مشخصه‌های خاص فضای سبز شهری (مانند ساختمان‌ها و سنگ‌فرش‌ها) دما، سرعت باد، شدت نور و رطوبت را تحت تأثیر قرار می‌دهند. این مشخصه‌ها در بین مناظر به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای متنوع است و منجر به ایجاد تفاوت در ریز اقلیم‌ها می‌شوند. برای توجیه این تفاوت‌ها، عامل ریز اقلیم (K_{mc}) مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقادیر عامل گونه‌ها، عامل تراکم و عامل ریز اقلیم در جدول (۳) بیان شده است (**Nouri et al., 2016**). همچنین در جدول (۴) مقادیر عامل گونه‌های گیاهی منطقه ۴ شهرداری تهران بیان شده است.

جدول ۴- مقادیر عامل گونه‌های گیاهی گیاهان منطقه ۴ تهران

گونه	نیاز آبی	K_s	$K_{s\ ave}$	گونه	نیاز آبی	K_s	$K_{s\ ave}$
چنار	متوسط تا زیاد	۰/۴-۰/۶	۰/۶	اقاقیا	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲
کاج تهران	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۳	شمشاد	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۵
کاج کاشفی	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴	یاس هلندی	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲
سرو خمره ای	کم تا متوسط	۰/۱-۰/۳	۰/۳	ابریشم مصری	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲
سرو نقره ای	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۳	میخک	کم تا متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴
سنجد	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲	گل پامچال	متوسط تا زیاد	۰/۷-۰/۹	۰/۷
زبان گنجشک	کم تا متوسط	۰/۱-۰/۳	۰/۳	توری	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲
بلوط	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴	طاووسی	کم تا متوسط	۰/۱-۰/۳	۰/۳
بادام	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲	ختمی درختی	کم تا متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴
بید	متوسط تا زیاد	۰/۴-۰/۶	۰/۵	اسپیره	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۵
زیتون	کم تا متوسط	۰/۱-۰/۳	۰/۳	زرشک	کم تا متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴
آلو	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴	مروارید	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴
به ژاپنی	کم تا متوسط	۰/۱-۰/۳	۰/۳	ارغوان	کم تا متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴
سیب	متوسط تا زیاد	۰/۴-۰/۶	۰/۵	بربریس	کم تا متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴
گردو	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴	خرزهره	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲
اکالیپتوس	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲	نسترن	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴
صنوبر	کم تا متوسط	۰/۱-۰/۳	۰/۳	بنفشه	متوسط تا زیاد	۰/۷-۰/۹	۰/۷
نارون	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴	لاله	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴
داغداغان	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲	رز (سرخ)	کم تا متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴
افرا	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴	درختچه‌ای ترون	متوسط تا زیاد	۰/۷-۰/۹	۰/۷
عرعر	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲	رزماری	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲
انجبر	کم تا متوسط	۰/۱-۰/۳	۰/۳	چمن سردسیری	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۵
انار	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲	چمن گرمسیری	زیاد	۰/۷-۰/۹	۰/۹
توت نرک	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲	انواع سدوم	متوسط تا زیاد	۰/۷-۰/۹	۰/۸
توت کاکوزا	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲	پاپیتال	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۵
توت	کم تا متوسط	۰/۱-۰/۳	۰/۳	پیراکانتا	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲

www.SID.ir

Archive of SID

تعیین نیاز آبی فضای سبز منطقه ٤ تهران

تبخیر و تعرق فضای سبز یا همان آب مورد نیاز مجموعه گیاهان فضای سبز، از حاصل‌ضرب ضریب فضای سبز در تبخیر و تعرق پتانسیل به دست می‌آید. با توجه به اینکه ممکن است کلاً یا بخشی از نیاز آبی گیاه از طریق بارندگی تأمین شود، برای تعیین نیاز آبی گیاه باید میزان بارش در محاسبات لحاظ شود. از طرفی از آنجا که ممکن است بارندگی برای هر دوره از سالی به سال دیگر تغییر نماید، بهتر است بجای استفاده از آمار بارندگی از یک سطح قابل اعتماد وقوع بارش استفاده نمود که میزان بارش مؤثر را نمایان سازد. بر این اساس نیاز آبی خالص فضای سبز از تفاضل تبخیر و تعرق گیاه و بارش مؤثر به دست می‌آید. روش‌های مختلفی جهت محاسبه بارش مؤثر وجود دارد که در این تحقیق از روش USDA ارائه‌شده توسط سازمان حفاظت خاک[1] وزارت کشاورزی آمریکا[2] استفاده شده است. تحقیقات نشان می‌دهد که در مناطق کم باران، روش USDA برآورد بهتری نسبت به سایر روش‌ها نظیر فائو، پارامترهای تجربی و غیره دارد (پورغلام آمیجی و همکاران، ۱۳۹۸). در این روش، بارش مؤثر از برای ماه‌های مختلف سال از رابطه‌های (۴) و (۵) تعیین می‌شود:

$$\mathbf{P_{eff} = Ptot \times (125 - 0.2P)/125} \quad (۴)$$

$$\mathbf{P_{eff} = 125 + 0.1P} \quad (۵)$$

که در آن‌ها P_{eff} بارش مؤثر و P بارش ماهانه بر حسب میلی‌متر می‌باشند. رابطه (۴) برای بارش کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر و رابطه (۵) برای بارش بیشتر از ۲۵۰ میلی‌متر تعریف شده است. بر اساس روش USDA، نیاز خالص آب آبیاری برابر با تفاضل میزان تبخیر و تعرق از بارش مؤثر است. بنابراین نیاز آبی خالص فضای سبز از رابطه (۶) محاسبه می‌شود.

$$\mathbf{NIR = ET_l - P_{eff}} \quad (۶)$$

در این رابطه، NIR نیاز خالص آبیاری، ET_L تبخیر و تعرق فضای سبز آب خالص مورد نیاز فضای سبز و P_{eff} میزان بارش مؤثر که همگی بر حسب میلی‌متر می‌باشند. لازم به ذکر است که در هر دوره که مقدار بارش مؤثر از تبخیر و تعرق گیاه بیشتر بود، میزان نیاز آبیاری (NIR) برابر صفر منظور شد.

همچنین نیاز ناخالص آبیاری به‌طور کلی از تقسیم نیاز خالص آبیاری بر راندمان مطابق رابطه (۷) محاسبه می‌شود:

$$\mathbf{GIR = NIR/e} \quad (۷)$$

که در این رابطه GIR نیاز ناخالص آبیاری برحسب میلی‌متر و e راندمان آبیاری می‌باشد. از آنجایی که راندمان آبیاری برابر ۱۰۰ درصد نیست، لذا نیاز آبی بر اساس مقدار ناخالص لحاظ می‌شود تا با کسر میزان تلفات، نیاز خالص جذب گیاه شود.

راندمان آبیاری

به‌طور کلی آب آبیاری از محل انحراف آب یا نقطه شروع شبکه تا محل مصرف با تلفاتی همراه است. این تلفات در مراحل مختلف انتقال، توزیع و کاربرد اتفاق می‌افتند. از آنجا که هدف از مطالعه حاضر تعیین مقدار نیاز آبی و افزایش راندمان برای آبیاری بوستان‌ها و به‌طور کلی فضای سبز منطقه است، روش آبیاری در طرح حاضر به صورت بارانی و راندمان آن برابر ۷۱ خواهد بود ولی بر اساس مشاهدات میدانی و ارزیابی وضعیت انتقال و توزیع آب در محدوده مطالعاتی و شرایط فضای سبز برخی نواحی به نظر می‌رسد کارایی مصرف آب آبیاری عمدتاً پایین‌تر از این مقدار بوده و این مسئله به مواردی نظیر روش مدیریت بهره‌برداری از منابع موجود و هدر رفت منابع آبی مهار نشده، پایین بودن کیفیت لوازم انتقال و توزیع آبیاری و مشکلات طراحی و اجرایی مربوط می‌شود. علاوه بر مسائل مربوط به انتقال و توزیع آب به فضای سبز در محدوده طرح، از مشکلات راندمان کاربرد آب آبیاری می‌توان به مواردی چون ترکیدگی لوله‌ها و عدم ساماندهی آن‌ها، نوع گسیلنده و نوع سیستم آب‌رسانی و عدم تناسب آن‌ها با شرایط موجود اشاره کرد که برطرف کردن این مسائل نیاز به یک مدیریت کلان داشته و در طرح توسعه مورد تأکید قرار می‌گیرد. از طرفی درصدی از آبیاری سطح منطقه، به صورت شلنگی و گاها به شکل تانکری (برای فضای سبز حاشیه و جنگل‌کاری) نیز انجام می‌شود. در واقع استفاده از سیستم آبیاری سطحی بستگی به فضای موجود در هر بخش از فضای سبز و شرایط آن داشته که براساس آن آبیاری به

1. Soil Conservation Service(SCS)

2. United States Department of Agriculture(USDA)

www.SID.ir

Archive of SID

صورت شلنگی و یا بارانی (توسط اسپرینکلر یا هانتر) صورت می‌گیرد. از مشکلات راندمان آبیاری سطحی نیز می‌توان به شکستگی جداول و به‌طور کلی عدم مهار درست آب در وضع موجود اشاره کرد. بر این اساس و با توجه به همه موارد مذکور نظیر راندمان انتقال، توزیع و کاربرد آب سیستم آب‌رسانی، راندمان آبیاری فضای سبز منطقه ۴ در شرایط موجود پایین بوده و از حالت ایده‌آل خود فاصله دارد (جدول ۵).

جدول ۵- مقدار راندمان در سیستم‌های مختلف آبیاری

روش آبیاری	توضیح	(درصد) اجزای راندمان			
در منطقه		انتقال	توزیع	کاربرد	کل
بارانی	حالت ایده‌آل	۹۸	۹۸	۷۵	۷۱
قطره‌ای		۹۸	۹۸	۸۵	۸۱
سطحی		۸۳	۸۳	۶۵	۴۵
بارانی منطقه ۴	وضع موجود	۸۸-۸۰	۸۸-۸۰	۶۵-۶۰	۳۸-۵۰
سطحی منطقه ۴		۸۰-۷۵	۸۰-۷۵	۵۵-۶۰	۳۱-۳۸
بارانی و سطحی منطقه ۴		۸۴-۷۸	۸۴-۷۸	۶۳-۵۸	۳۵

راندمان کل آبیاری که راندمان کل سامانه آبیاری و راندمان کلی طرح نیز نامیده می‌شود، راندمان عملیات کامل بهره‌برداری آب آبیاری از محل انحراف (رودخانه یا منابع دیگر) تا محل مصرف را نشان می‌دهد. راندمان کل طرح توسط Doorenbos (1977) در نشریه فائو ۲۴ آبیاری و زهکشی FAO به صورت نسبت آب قابل استفاده برای گیاه به آب تأمین‌شده در ابتدای طرح آبیاری تعریف شده است. همان‌طور که در جدول (۵) مشاهده می‌شود، راندمان آبیاری منطقه ۴ تهران از ۳۵ درصد تا ۴۵ درصد برآورد شده که محاسبات نیاز آبی نیز با احتساب راندمان ۳۵ درصد صورت گرفته است. هم‌چنین در صورت بهبود شرایط و مدیریت آبیاری فضای سبز به‌ویژه در بوستان‌های شهری می‌توان راندمان آبیاری را تا ۴۵ درصد بهبود بخشید. روش آبیاری در پژوهش حاضر به صورت بارانی، قطره‌ای و سطحی می‌باشد که به علت از بین رفتن سیستم آبیاری قطره‌ای در منطقه مورد مطالعه، فقط آبیاری بارانی و سطحی لحاظ شد. در جدول (۵) راندمان‌های آبیاری بارانی، قطره‌ای و سطحی بر حسب درصد طبق ضوابط و معیارهای فنی آبیاری تحت‌فشار (نشریه شماره ۲۸۶) بیان شده است.

نتایج و بحث

تعیین ضریب فضای سبز منطقه ٤ تهران

همان‌گونه که بیان شد، در برآورد نیاز آب فضای سبز به روش کالیفرنیا (wucols)، سه عامل تراکم، عامل گونه و عامل ریز اقلیم مؤثر هستند (جدول ۳ و ۴). ترکیب این عوامل برای فضای سبز محدوده مطالعاتی، سبب پیدایش ۲۷ حالت کلی در برآورد K_L و در نتیجه نیاز آبی فضاهای سبز می‌شود. این ۲۷ حالت در شرایطی است که از مقدار متوسط هر بازه استفاده شود. ازآنجایی‌که انتخاب عدد مناسب هر عامل بسته به شرایط محیطی و نظر کارشناسی دارد، بعد از بررسی‌های صورت گرفته برای جنگل‌کاری‌ها، بوستان‌های محلی، فضای سبز میدان‌ها و حاشیه خیابان‌ها، با توجه به موقعیت آن‌ها در سطح محدوده مطالعاتی و با احتساب همه عوامل مؤثر در تعیین ضریب فضای سبز، تعداد ۶۶ حالت در تعیین ضریب K_L برای بوستان‌های محلی و تعداد ۶۲ حالت از این ضریب برای سایر فضای سبز سطح منطقه متصور شده و در محاسبات با توجه به شرایط هر یک از فضاهای سبز منطقه ۴ شهرداری تهران، ضریب K_L مناسب پیشنهاد و بدین ترتیب محاسبات مربوط به حجم آب مورد نیاز انجام شده است. از آنجا که تعدادی از گروه‌های ضرایب فضای سبز در بوستان و سایر فضای سبز مشترک می‌باشد، تعداد کل این ضرایب در ۱۰۲ گروه

www.SID.ir

Archive of SID

دسته‌بندی شده است. دسته‌بندی مقادیر K_L بـرای هر ضـریب در جـدول (۶) ارائه شده است. لازم به ذکر است که برای هر گروه مقدار هر یک از عوامل ضریب فضای سبز با توجه به بازدید میدانی صورت گرفته و با توجه به رنج پیشنهادی آن در روش برآورد نیاز آبی کالیفرنیا (جدول ۳)، تخمین زده شده است. پس از تعیین مقدار K_L برای هر بوستان و پارک، میزان تبخیر و تعرق برای هر هکتار از فضای سبز از حاصل‌ضرب ضریب فضای سبز در مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل محدوده مطالعاتی (در اینجا ایستگاه سینوپتیک معرف شمال تهران) به دست آمد. حجم آب مورد نیاز برای هر هکتار نیز با احتساب باران مؤثر و اعمال ضرایب راندمان، کم آبیاری و ضریب کاهش نیاز آبی با توجه به سن درخت محاسبه شد..

جدول ۶- دسته‌بندی مقادیر ضریب فضای سبز (KL) پارک‌های جنگلی و بوستان‌های منطقه ۴ تهران

ردیف	عوامل ضریب فضای سبز			K_L	ردیف	عوامل ضریب فضای سبز			K_L
	K_s	K_d	K_{mc}			K_s	K_d	K_{mc}	
۱	۰/۵۰	۰/۸۰	۱/۲۰	۰/۴۸	۵۲	۰/۶۵	۱/۰۰	۱/۱۰	۰/۷۲
۲	۰/۵۰	۰/۸۰	۱/۳۰	۰/۵۲	۵۳	۰/۶۵	۱/۰۰	۱/۲۰	۰/۷۸
۳	۰/۵۰	۰/۸۰	۱/۴۰	۰/۵۶	۵۴	۰/۶۵	۱/۰۰	۱/۳۰	۰/۸۵
۴	۰/۵۰	۱/۰۰	۱/۲۰	۰/۶۰	۵۵	۰/۶۵	۱/۱۰	۱/۰۰	۰/۷۲
۵	۰/۵۰	۱/۲۰	۱/۳۰	۰/۷۸	۵۶	۰/۶۵	۱/۱۰	۱/۱۰	۰/۷۹
۶	۰/۵۵	۰/۸۰	۱/۱۰	۰/۴۸	۵۷	۰/۶۵	۱/۱۰	۱/۲۰	۰/۸۶
۷	۰/۵۵	۰/۸۰	۱/۲۰	۰/۵۳	۵۸	۰/۷۰	۰/۷۰	۱/۳۰	۰/۶۴
۸	۰/۵۵	۰/۸۰	۱/۳۰	۰/۵۷	۵۹	۰/۷۰	۰/۸۰	۱/۱۰	۰/۶۲
۹	۰/۵۵	۰/۹۰	۱/۰۰	۰/۵۰	۶۰	۰/۷۰	۰/۸۰	۱/۲۰	۰/۶۷
۱۰	۰/۵۵	۰/۹۰	۱/۱۰	۰/۵۴	۶۱	۰/۷۰	۰/۹۰	۱/۱۰	۰/۶۹
۱۱	۰/۵۵	۰/۹۰	۱/۲۰	۰/۵۹	۶۲	۰/۷۰	۰/۹۰	۱/۲۰	۰/۷۶
۱۲	۰/۵۵	۰/۹۰	۱/۳۰	۰/۶۴	۶۳	۰/۷۰	۰/۹۰	۱/۳۰	۰/۸۲
۱۳	۰/۵۵	۰/۹۰	۱/۴۰	۰/۶۹	۶۴	۰/۷۰	۰/۹۰	۱/۴۰	۰/۸۸
۱۴	۰/۵۵	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۵۵	۶۵	۰/۷۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۷۰
۱۵	۰/۵۵	۱/۰۰	۱/۱۰	۰/۶۱	۶۶	۰/۷۰	۱/۰۰	۱/۱۰	۰/۷۷
۱۶	۰/۵۵	۱/۰۰	۱/۲۰	۰/۶۶	۶۷	۰/۷۰	۱/۰۰	۱/۲۰	۰/۸۴
۱۷	۰/۵۵	۱/۰۰	۱/۳۰	۰/۷۲	۶۸	۰/۷۰	۱/۰۰	۱/۳۰	۰/۹۱
۱۸	۰/۵۵	۱/۰۰	۱/۴۰	۰/۷۷	۶۹	۰/۷۰	۱/۰۰	۱/۴۰	۰/۹۸
۱۹	۰/۵۵	۱/۱۰	۱/۱۰	۰/۶۷	۷۰	۰/۷۰	۱/۱۰	۱/۱۰	۰/۸۵
۲۰	۰/۵۵	۱/۱۰	۱/۲۰	۰/۷۳	۷۱	۰/۷۰	۱/۱۰	۱/۲۰	۰/۹۲
۲۱	۰/۵۵	۱/۱۰	۱/۳۰	۰/۷۹	۷۲	۰/۷۰	۱/۱۰	۱/۳۰	۱/۰۰
۲۲	۰/۶۰	۰/۷۰	۱/۲۰	۰/۵۰	۷۳	۰/۷۰	۱/۱۰	۱/۴۰	۱/۰۸
۲۳	۰/۶۰	۰/۸۰	۱/۱۰	۰/۵۳	۷۴	۰/۷۰	۱/۲۰	۱/۰۰	۰/۸۴
۲۴	۰/۶۰	۰/۸۰	۱/۲۰	۰/۵۸	۷۵	۰/۷۰	۱/۲۰	۱/۱۰	۰/۹۲
۲۵	۰/۶۰	۰/۸۰	۱/۳۰	۰/۶۲	۷۶	۰/۷۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۰۱
۲۶	۰/۶۰	۰/۹۰	۱/۱۰	۰/۵۹	۷۷	۰/۷۵	۰/۸۰	۱/۱۰	۰/۶۶
۲۷	۰/۶۰	۰/۹۰	۱/۲۰	۰/۶۵	۷۸	۰/۷۵	۰/۸۰	۱/۲۰	۰/۷۲
۲۸	۰/۶۰	۰/۹۰	۱/۳۰	۰/۷۰	۷۹	۰/۷۵	۰/۸۰	۱/۳۰	۰/۷۸
۲۹	۰/۶۰	۰/۹۰	۱/۴۰	۰/۷۶	۸۰	۰/۷۵	۰/۹۰	۱/۰۰	۰/۶۸
۳۰	۰/۶۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۶۰	۸۱	۰/۷۵	۰/۹۰	۱/۱۰	۰/۷۴
۳۱	۰/۶۰	۱/۰۰	۱/۱۰	۰/۶۶	۸۲	۰/۷۵	۰/۹۰	۱/۲۰	۰/۸۱
۳۲	۰/۶۰	۱/۰۰	۱/۲۰	۰/۷۲	۸۳	۰/۷۵	۰/۹۰	۱/۳۰	۰/۸۸
۳۳	۰/۶۰	۱/۰۰	۱/۳۰	۰/۷۸	۸۴	۰/۷۵	۰/۹۰	۱/۴۰	۰/۹۵

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۶-

ردیف	عوامل ضریب فضای سبز			K_L	ردیف	عوامل ضریب فضای سبز			K_L
	K_s	K_d	K_{mc}			K_s	K_d	K_{mc}	
۳۴	۰/۶۰	۱/۰۰	۱/۴۰	۰/۸۴	۸۵	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۷۵
۳۵	۰/۶۰	۱/۱۰	۱/۰۰	۰/۶۶	۸۶	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۱۰	۰/۸۳
۳۶	۰/۶۰	۱/۱۰	۱/۱۰	۰/۷۳	۸۷	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۰	۰/۹۰
۳۷	۰/۶۰	۱/۱۰	۱/۲۰	۰/۷۹	۸۸	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۳۰	۰/۹۸
۳۸	۰/۶۰	۱/۱۰	۱/۳۰	۰/۸۶	۸۹	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۴۰	۱/۰۵
۳۹	۰/۶۰	۱/۱۰	۱/۴۰	۰/۹۲	۹۰	۰/۷۵	۱/۱۰	۱/۱۰	۰/۹۱
۴۰	۰/۶۰	۱/۲۰	۱/۱۰	۰/۷۹	۹۱	۰/۷۵	۱/۱۰	۱/۲۰	۰/۹۹
۴۱	۰/۶۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۰/۸۶	۹۲	۰/۷۵	۱/۱۰	۱/۳۰	۱/۰۷
۴۲	۰/۶۰	۱/۲۰	۱/۳۰	۰/۹۴	۹۳	۰/۷۵	۱/۲۰	۱/۱۰	۰/۹۹
۴۳	۰/۶۵	۰/۸۰	۱/۰۰	۰/۵۲	۹۴	۰/۸۰	۰/۸۰	۱/۱۰	۰/۷۰
۴۴	۰/۶۵	۰/۸۰	۱/۱۰	۰/۵۷	۹۵	۰/۸۰	۰/۹۰	۱/۱۰	۰/۷۹
۴۵	۰/۶۵	۰/۸۰	۱/۲۰	۰/۶۲	۹۶	۰/۸۰	۰/۹۰	۱/۲۰	۰/۸۶
۴۶	۰/۶۵	۰/۸۰	۱/۳۰	۰/۶۸	۹۷	۰/۸۰	۰/۹۰	۱/۳۰	۰/۹۴
۴۷	۰/۶۵	۰/۹۰	۱/۰۰	۰/۵۹	۹۸	۰/۸۰	۱/۰۰	۱/۱۰	۰/۸۸
۴۸	۰/۶۵	۰/۹۰	۱/۱۰	۰/۶۴	۹۹	۰/۸۰	۱/۰۰	۱/۲۰	۰/۹۶
۴۹	۰/۶۵	۰/۹۰	۱/۲۰	۰/۷۰	۱۰۰	۰/۸۰	۱/۰۰	۱/۳۰	۱/۰۴
۵۰	۰/۶۵	۰/۹۰	۱/۳۰	۰/۷۶	۱۰۱	۰/۸۰	۱/۱۰	۱/۰۰	۰/۸۸
۵۱	۰/۶۵	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۶۵	۱۰۲	۰/۸۰	۱/۱۰	۱/۲۰	۱/۰۶

اعمال ضریب راندمان، کم آبیاری و کاهش نیاز آبی

با توجه به توصیه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، محدودیت منابع آب شهر تهران، تجارب جهانی و داخلی پیشنهاد می‌شود که حدود ۲۰ درصد کم آبیاری (بسته به نوع درختان و محل استقرار به‌طوری‌که برای درختان جنگلی میزان بیشتر کم آبیاری لحاظ شود)، باید برای درختان منظور شود. البته در شرایط استفاده از آب شور و لب‌شور اعمال کم آبیاری توصیه نمی‌شود. با توجه به موارد شرح داده‌شده در فوق، نیاز آبی ناخالص یا همان حجم آب مورد نیاز فضای سبز با اعمال ضرایب حاصل از راندمان، درصد کم آبیاری و ضرایب کاهش نیاز آبی با توجه به سن درخت محاسبه شده است. در این پژوهش به‌طور کلی راندمان انتقال، توزیع و کاربرد آب در سطح محدوده مطالعاتی برابر ۳۵ درصد و ضریب کاهش نیاز آبی با توجه به سن درخت با توجه به بازدید میدانی، برای شرایطی که تمام محدوده فضای سبز یا درصدی از آن به صورت درختچه کشت شد، اعمال شده است. با توجه به اینکه فضای سبز شهری طیف گسترده‌ای از پوشش گیاهی در شرایط گوناگونی را شامل می‌شود، جهت سهولت در محاسبات، پوشش گیاهی به دو دسته کلی پارک‌های جنگلی درون و برون‌شهری و پارک و بوستان محلی، فضای سبز حاشیه‌ها و میدان‌ها تقسیم‌بندی و هر یک از عوامل برای آن‌ها به تفکیک محاسبه شده است. با توجه به اینکه نیاز آبی درختان در سنین مختلف متفاوت می‌باشد، در جدول (۷) ضرایب اصلاحی (ضرایب تعدیل) نیاز آبی درختان در سنین مختلف ارائه شده است.

جدول ۷- ضرایب کاهش نیاز آبی با توجه به سن درخت

نوع کشت	تا سه سالگی	سه تا ۷ سالگی	۷ تا ۹ سالگی	۹ به بالا
کشت پراکنده	۰/۴	۰/۷	۰/۹	-
کشت متراکم	۰/۶	۰/۹	پا کوتاه	-

www.SID.ir

Archive of SID

نیاز آبی سالانه بوستان‌های جنگلی منطقه ٤ شهرداری تهران

با توجه به وسعت پارک‌های جنگلی اعم از درون‌شهری و برون‌شهری در منطقه ۴ شهرداری تهران، نیاز آبی هر یک از این پارک‌ها به صورت مجزا محاسبه شده است. مساحت اراضی کل و خالص تحت کشت هر یک از پارک‌های جنگلی با استفاده از اطلاعات دریافتی از شهرداری و ناظرین محترم هر ناحیه و مکان‌یابی (نرم‌افزار **Arc GIS**) و تدقیق آن از طریق بازدیدهای میدانی برآورد شد. به منظور تعیین ضریب فضای سبز، عوامل مؤثر در تعیین این ضریب برای هر یک از پارک‌های جنگلی طی بازدیدهای میدانی، با توجه به شرایط کشت و خصوصیات اقلیمی منطقه و بر اساس روش کالیفرنیا (**wucols**) تعیین و از آنجا حجم آب مورد نیاز سالانه پارک محاسبه شده است. به عنوان مثال در پارک جنگلی باغ پرندگان از آنجایی که غالب گونه‌های گیاهی را سوزنی برگ‌ها با نیاز آبی کم تشکیل می‌دهند، مقدار عامل گونه از رنج پایین این عامل در روش کالیفرنیا انتخاب می‌شود. در پارک جنگلی تلو ۵۰۰ هکتاری از آنجا که کل عرصه تحت کشت درختچه بدون گیاه پوششی قرار دارد، عامل تراکم در رنج پایین قرار می‌گیرد ولی در مورد عامل ریز اقلیم پارک تلو ۵۰۰ هکتاری به دلیل قرارگیری آن در ارتفاعات حریم شهری تهران، مقدار این عامل از رنج بالای آن انتخاب شد. در ادامه محاسبات مربوط به نیاز آبی هر یک از بوستان‌های جنگلی شرح داده شده است (جدول ۸) زیرا بخش اعظمی از پوشش سبز منطقه ۴ شهرداری تهران را این نواحی تشکیل می‌دهد.

نیاز آبی سالانه کل فضای سبز منطقه

در مورد فضای سبز شهری مربوط به حاشیه، لچکی، رفیوژ و جنگل‌کاری‌های حاشیه سطح شهر محاسبات بر اساس اطلاعات موجود و برداشت‌شده از بازدیدهای میدانی و بر اساس روند اشاره‌شده در قسمت‌های قبل صورت گرفته است. جدول (۹) خلاصه محاسبات نیاز آبی مربوط به این نواحی را نشان می‌دهد. بر اساس محاسبات، مجموع حجم آب مورد نیاز برای آبیاری سایر فضای سبز منطقه ۴ تهران (میدان، حاشیه، لچکی، رفیوژ و جنگل‌کاری حاشیه)، در حدود ۲/۲۷ میلیون مترمکعب (برای راندمان ۳۵ درصد) برآورد می‌شود.

جدول ۸- خلاصه محاسبات برآورد نیاز آبی پارک‌های جنگلی در منطقه ۴ شهرداری تهران (راندمان ۳۵ درصد)

نام قطعه	مساحت (**ha**)	ضریب فضای سبز (**K_L**)	نیاز آبی سالانه (**m^3/ha**)	نیاز آبی سالانه (**mcm**)
پارک جنگلی لویزان	۷۱۸/۹۸	۰/۵۷	۹۴۱۳/۴۱	۶/۷۷
پارک جنگلی باغ پرندگان	۱۰۵/۳۹	۰/۵۵	۸۸۸۲/۵۱	۰/۹۴
پارک جنگلی یاس فاطمی	۱۹۸/۴۷	۰/۵۷	۹۴۱۳/۴۱	۱/۸۷
پارک جنگلی تلو ۵۰۰ هکتاری	۱۴۰/۰۰	۰/۲۹	۷۱۸۱/۱۱	۱/۰۱
پارک جنگلی تلو ۱۰۰۰ هکتاری	۶۵/۰۰	۰/۴۲	۸۸۱۱/۹۱	۰/۵۸
پارک جنگلی امام حسین (ع)	۱۴۰/۰۰	۰/۴۶	۸۷۷۴/۲۰	۱/۲۳
پارک تلو- انصار الحسین (ع)	۳۲۲/۲۰	۰/۵۰	۸۰۲۵/۲۴	۲/۵۹
پارک جنگلی غزال - پُراز	۵۳۵/۲۸	۰/۵۰	۶۲۴۱/۸۶	۳/۳۴
پارک جنگلی آبعلی - شهرانفر	۳۱۰/۷۵	۰/۵۰	۸۰۲۵/۲۴	۲/۴۹
جنگل‌کاری شهرک امام خمینی	۵۲/۰۰	۰/۴۶	۸۳۶۲/۶۳	۰/۴۳
جنگل‌کاری قوچک (استحکامات)	۱۵۰/۰۰	۰/۴۶	۷۱۶/۸۰	۰/۱۱

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۹- خلاصه محاسبات نیاز آبی مناطق مختلف به غیر از جنگل‌کاری‌های منطقه ۴ شهرداری تهران (راندمان ۳۵ درصد)

نام قطعه	مساحت (**ha**)	ضریب فضای سبز (K_L)	نیاز آبی سالانه (**mcm**)
مجموعه میدان‌ها	۵/۱۵	۱/۲۶	۰/۰۹
مجموعه حاشیه‌ها	۴۶/۵۹	۱/۲۰	۰/۶۶
مجموعه لچکی‌ها	۲۳/۶۳	۱/۲۱	۰/۳۳
مجموعه رفیوژها	۳۷/۹۶	۰/۷۵	۰/۵۵
مجموعه جنگل‌کاری حاشیه	۴۲/۹۷	۱/۱۷	۰/۶۵
مجموع	۱۵۶/۳	-	۲/۲۸

در جدول (۸) و (۹) خلاصه محاسبات برآورد حجم آب مورد نیاز آبیاری فضای سبز منطقه ۴ تهران بیان شده است. ابتدا محاسبات نیاز آبی سالانه کل پوشش سبز منطقه ۴ شهرداری تهران بر اساس متوسط راندمان کل ۳۵ درصد محاسبه شد که نتایج آن در جدول (۱۰) قابل مشاهده است. همچنین جهت بررسی تأثیر افزایش راندمان آبیاری با اصلاح معایب وضع موجود، محاسبات نیاز آبی برای متوسط راندمان کل ۴۵ درصد نیز محاسبه و نتایج آن در جدول (۱۱) بیان شده است.

جدول ۱۰- خلاصه محاسبات برآورد حجم آب مورد نیاز کل فضای سبز منطقه ۴ شهرداری تهران (راندمان ۳۵ درصد)

نام قطعه	مساحت (**ha**)	حجم آب مورد نیاز (**mcm**)	حجم آب مورد نیاز با ۵٪ ضریب اطمینان (**mcm**)
مجموع بوستان‌ها	۲۱۵/۲۰	۳/۲۸	۳/۴۴
مجموع جنگل‌کاری حاشیه‌ها	۴۲/۹۷	۰/۶۵	۰/۶۸
مجموع رفیوژها	۳۷/۹۶	۰/۵۵	۰/۵۷
مجموع لچکی‌ها	۲۳/۶۳	۰/۳۳	۰/۳۵
مجموع حاشیه خیابان و اتوبان‌ها	۴۶/۵۹	۰/۶۶	۰/۶۹
مجموع میدان‌ها	۵/۱۵	۰/۰۹	۰/۰۹
مجموع پارک‌های جنگلی	۵۳۱۱/۷۳	۴۰/۷۴	۴۲/۷۸
مجموع	۵۶۸۳/۲	۴۶/۳	۴۸/۶

جدول ۱۱- خلاصه محاسبات برآورد حجم آب مورد نیاز کل فضای سبز منطقه ۴ شهرداری تهران (راندمان ۴۵ درصد)

نام قطعه	مساحت (**ha**)	حجم آب مورد نیاز (**mcm**)	حجم آب مورد نیاز با ۵٪ ضریب اطمینان (**mcm**)
مجموع بوستان‌ها	۲۱۵/۲۰	۲/۵۵	۲/۶۸
مجموع جنگل‌کاری حاشیه‌ها	۴۲/۹۷	۰/۵۱	۰/۵۳
مجموع رفیوژها	۳۷/۹۶	۰/۴۲	۰/۴۵
مجموع لچکی‌ها	۲۳/۶۳	۰/۲۶	۰/۲۷
مجموع حاشیه خیابان و اتوبان‌ها	۴۶/۵۹	۰/۵۱	۰/۵۴
مجموع میدان‌ها	۵/۱۵	۰/۰۷	۰/۰۷
مجموع پارک‌های جنگلی	۵۳۱۱/۷۳	۴۰/۷۴	۴۲/۷۸
مجموع	۵۶۸۳/۲	۴۵/۰۶	۴۷/۳

بنابراین و با توجه به نتایج محاسبات نیاز آبی می‌توان نتیجه گرفت که در حال حاضر و با این میزان آب قابل استحصال از منابع موجود، فضای سبز منطقه ۴ شهرداری تهران با کمبود آب قابل‌توجهی برای نگهداری فضای سبز مواجه می‌باشد. با

www.SID.ir

Archive of SID

توجه به تعداد منابع آبی و حجم آب قابل استحصال از آن‌ها، مشکل کمبود آب به مسائل مدیریتی و راندمان آبیاری مربوط است که در این شرایط افزایش راندمان آبیاری فضای سبز یک ضرورت بدون تردید است. این مهم با اعمال مدیریت در استحصال، انتقال و ذخیره آب از منابع آبی مهار نشده و اصلاح مسائل اجرایی میسر خواهد شد.

نتیجه‌گیری کلی

این پژوهش با هدف محاسبه نیاز آبی فضای سبز شهری با استفاده از روش کالیفرنیا در منطقه ۴ شهرداری تهران انجام شد. با توجه به وسعت پارک‌های جنگلی اعم از درون‌شهری و برون‌شهری در منطقه ۴ شهرداری تهران، نیاز آبی هر یک از این پارک‌ها به صورت مجزا محاسبه شد. مساحت اراضی کل و خالص تحت کشت هر یک از پارک‌های جنگلی با استفاده از نرم‌افزار **Arc GIS** و تدقیق آن از طریق بازدیدهای میدانی برآورد شد. به منظور تعیین ضریب فضای سبز، عوامل مؤثر در تعیین این ضریب برای هر یک از پارک‌های جنگلی طی مراحل مختلف و بر اساس روش کالیفرنیا (**wucols**) تعیین و سپس حجم آب مورد نیاز سالانه محاسبه شد. با توجه به نتایج تحقیقات گذشته، روش کالیفرنیا یک روش مرجع است که با استفاده از ضرایب گیاهی محاسبه‌شده، کاملاً با محاسبات نیاز آبی فضای سبز شهری سازگاری دارد. با توجه به مشکلات موجود در روش‌های آبیاری فضای سبز شهری که باعث کاهش راندمان آبیاری می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که با رفع معایب موجود در روش‌های آبیاری فضای سبز منطقه ۴ شهرداری تهران و با سناریوی افزایش راندمان آبیاری از ۳۵ درصد به ۴۵ درصد، میزان ۱/۳ میلیون مترمکعب در سال، صرفه‌جویی در منابع آب موجود صورت خواهد گرفت. همچنین با بررسی‌های صورت گرفته، میزان آب قابل‌برداشت از منابع آب خام، نظیر چاه‌ها، قنوات و آب‌های سطحی منطقه مورد مطالعه، برابر با ۲۳/۶۲ میلیون مترمکعب در سال است. لذا با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، کمبود منابع آبی سالانه به میزان ۲۴/۹۸ میلیون مترمکعب برآورد می‌شود و اضافه برداشت از منابع آب موجود به میزان ۵۱ درصد را نشان می‌دهد که در حال حاضر قسمتی از این کمبود با استفاده از منابع آب شرب جبران می‌شود. برای رسیدن به یک رویکرد پایدار باید صرفاً از منابع آب خام جهت آبیاری فضای سبز بهره‌برداری شود. لذا جهت مرتفع شدن بخش اعظمی از کمبود منابع آبی ذکرشده روش‌هایی نظیر بازچرخانی و استفاده مجدد از آب‌های برگشتی، استفاده از منابع آب نامتعارف (فاضلاب، گنداب، آب خاکستری و غیره) و آب‌های سطحی و رواناب‌ها به عنوان راهکار پیشنهاد می‌شود.

قدردانی

بدینوسیله از همکاری و مساعدت دانشگاه تهران، پژوهشکده اقلیم شناسی و شهرداری منطقه ۴ تهران کمال سپاسگزاری به عمل می‌آید.

منابع

۱. پورغلام آمیجی، م.، هوشمند، م.، رجا، ا. و لیاقت، ع. ۱۳۹۸. پهنه‌بندی باران مؤثر در استان خوزستان تحت کشت گندم دیم پاییزه. مدیریت آب و آبیاری، ۹ (۲): ۲۱۱-۲۳۰.

۲. پورغلام آمیجی، م.، لیاقت، ع. و خوش‌روش، م. ۱۳۹۹. ارزیابی مدل AquaCrop در تخمین عملکرد برنج تحت کشت آبیاری تناوبی. مهندسی آبیاری و آب ایران، ۱۱ (۱): ۳۰۵-۳۲۰.

۳. رحیمی، ج.، بذرافشان، ج. و رحیمی، ع. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات روزهای بارشی تحت تأثیر خرد اقلیم شهری در کلانشهر تهران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۳ (۷۷): ۹۳-۱۰۸.

۴. سجودی، ز. و میرزایی، ف. ۱۳۹۸. تعیین نیاز آبی گیاهان فضای سبز شهری. مدیریت آب و آبیاری، ۱۰ (۱): ۱۴۱-۱۳۱.

۵. 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): ۱۷۵-۱۶۵.

www.SID.ir

Archive of SID

۶. 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): ۶۴-۵۱.

۷. علایی، ج.، کوچک‌زاده، م. و شریفی، ف. ۱۳۹۸. برآورد نیاز آبی و برنامه‌ریزی آبیاری درخت سنجد به عنوان فضای سبز شهری. آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳ (۶): ۱۸۶۹-۱۸۷۸.

۸. حمدی احمدآباد، ی.، لیاقت، ع.، رسول‌زاده، ع. و قادرپور، ر. ۱۳۹۸. بررسی روند سرانه مصرف آب در ایران بر اساس رژیم غذایی دو دهه گذشته. تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۰ (۱): ۸۷-۷۷.

9. Araya, A., Stroosnijder, L., Girmay, G., & Keesstra, S. D. 2011. Crop coefficient, yield response to water stress and water productivity of teff (Eragrostis tef (Zucc.). Agricultural water management, 98(5), 775-783.
10. Cosgrove, W. J. and Rijsberman, F. R. 2014. World water vision: making water everybody's business. Earthscan Publications Ltd, London. 142 p.
11. Costello, L. R., Matheny, N. P., Clark, J. R., & Jones, K. S. 2000. A Guide to Estimating Irrigation Water Needs of Landscape Plantings in California, the Landscape Coefficient Method and Wucols III. University of California Cooperative Extension, California Department of Water Resources: Berkeley, CA, USA.
12. Doorenbos, J. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper, 24, 1-179.
13. Grattan, S., Bowers, W., Dong, A., Snyder, R., Carroll, J., & George, W. 1998. New crop coefficients estimate water use of vegetables, row crops. California agriculture, 52(1), 16-21.
14. Hassanli, A. M., Ahmadirad, S., & Beecham, S. 2010. Evaluation of the influence of irrigation methods and water quality on sugar beet yield and water use efficiency. Agricultural Water Management, 97(2), 357-362.
15. Ma, X., Sanguinet, K. A., & Jacoby, P. W. 2020. Direct root-zone irrigation outperforms surface drip irrigation for grape yield and crop water use efficiency while restricting root growth. Agricultural Water Management, 231, 105993.
16. Nouri, H., Beecham, S., Kazemi, F., & Hassanli, A. M. 2012. A review of ET measurement techniques for estimating the water requirements of urban landscape vegetation. Urban Water Journal, 10(4), 247-259.
17. Nouri, H., Glenn, E. P., Beecham, S., Chavoshi Boroujeni, S., Sutton, P., Alaghmand, S. ... & Nagler, P. 2016. Comparing three approaches of evapotranspiration estimation in mixed urban vegetation: Field-based, remote sensing-based and observational-based methods. Remote Sensing, 8(6), 492.
18. 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.
19. Symes, P., Connellan, G., Buss, P., & Dalton, M. 2008. Developing Water Management Strategy for Complex Landscapes. In Irrigation Australia 2008 Conference, Best Practice Open Space Irrigation Workshop. Melbourne Exhibition Centre, May (pp. 20-22).
20. Tyagi, N. K., Sharma, D. K., & Luthra, S. K. 2000. Determination of evapotranspiration and crop coefficients of rice and sunflower with lysimeter. Agricultural water management, 45(1), 41-54.
21. Vaghefi, S. A., Keykhai, M., Jahanbakhshi, F., Sheikholeslami, J., Ahmadi, A., Yang, H., & Abbaspour, K. C. 2019. The future of extreme climate in Iran. Scientific reports, 9(1), 1-11.
22. Wolf, D., & Lundholm, J. T. 2008. Water uptake in green roof microcosms: effects of plant species and water availability. Ecological Engineering, 33(2), 179-186.

www.SID.ir