

## برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز در مناطق خشک (مطالعه موردی: کاشان)

غلامرضا زهتابیان<sup>(۱)</sup> علی اصغر فرشی<sup>(۲)</sup>

### چکیده

به منظور استفاده بهینه از منابع آب مناطق خشک در ایجاد و توسعه فضای سبز در داخل و حومه شهرهای این مناطق، بررسی‌ها و مطالعاتی در کاشان انجام گردید. تعیین نیاز آبی گیاهان قابل کشت در ایجاد فضای سبز، اولین و اساسی‌ترین گام در برنامه‌ریزی آبیاری و استفاده بهینه از منابع آب این مناطق است. در این بررسی با استفاده از عوامل جوی طولانی مدت (۲۷ ساله)، فرمول تجربی پنمن ساتیس و خصوصیات گیاه، نیاز آبی برای شش نوع پوشش گیاهی فضای سبز معمول در منطقه در طول فصل آبیاری با فواصل زمانی ۱۰ روزه تعیین گردید. شش نوع پوشش گیاهی فضای سبز عبارتند از: درختان نسبتاً مقاوم به خشکی مثل زبان گنجشک و نارون از درختان خزان شونده و سرو شیراز از درختان همیشه سبز به صورت (I) متراکم و (II) غیر متراکم، کاشت درختان شدیداً مقاوم به خشکی مثل عرعر و بنه از درختان خزان شونده، کاج تهران، سرو نقره‌ای و خمره‌ای از درختان همیشه سبز به صورت (III) متراکم و (IV) غیر متراکم، (V) کاشت درختان نوع (I) و (III) به صورت منفرد که به شکل تک درختی یا یک و دو ردیف درخت‌کاری در خیابان‌ها انجام می‌گیرد و (VI) پوشش گیاهی فضای سبز چمنی. با تعیین و کم نمودن میزان بارندگی موثر از نیاز آبی، نیاز آب آبیاری خالص برای این شش نوع پوشش گیاهی با فواصل زمانی ده روزه تعیین و منحنی تغییرات آن در طول فصل آبیاری نشان داده شده است. امید می‌رود روش مورد استفاده در این بررسی به عنوان الگویی در تعیین نیاز آب آبیاری فضای سبز سایر مناطق خشک و بیابانی کشور مورد استفاده قرار گرفته و بدین وسیله گامی موثر به سوی مصرف بهینه آب در کشور برداشته شود.

**واژه‌های کلیدی:** نیاز آبی گیاهان، تبخیر و تعرق، برنامه آبیاری، فضای سبز، اقلیم خشک

## مقدمه

محدود بودن منابع آب در کشور از یک طرف و نیاز به مصرف روبه افزایش آن در اثر افزایش جمعیت و همچنین گرم شدن کره زمین از طرف دیگر ایجاب می‌کند که استفاده از این منبع حیاتی در کلیه زمینه‌های مصرف به صورت بهینه انجام گیرد. بخش عمده مصرف آب یعنی بیش از ۸۵ درصد در زمینه کشاورزی بوده و برای آبیاری درختان میوه و محصولات زراعی به کار می‌رود. ۱۵ درصد بقیه در صنایع و همچنین در مصارف شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴). اخیراً به منظور جلوگیری از آلودگی هوا و ایجاد محیط زیست مناسب، نیاز شدیدی به توسعه فضای سبز در داخل و حومه شهرها احساس گردیده که این امر محل مصرف جدیدی برای مصرف آب به وجود آورده است. تخصیص جدید آب برای ایجاد فضای سبز مخصوصاً در مناطق خشک و بیابانی با مشکلاتی روبرو می‌باشد. چون در این مناطق، منابع آب شدیداً محدود بوده و تخصیص آب به فضای سبز در رقابت شدیدی با سایر موارد مصرف چون کشاورزی، صنعت و حتی آب شرب می‌باشد. بنابراین آب تخصیص یافته به آبیاری فضای سبز دارای ارزش زیادی بوده و باید به صورت بهینه و با راندمان بالا مورد مصرف قرار گیرد (۱).

برای مصرف بهینه آب در آبیاری، اولین و اساسی‌ترین گام، تعیین نیاز آبی گیاهان مورد کشت می‌باشد. عدم اطلاع از نیاز آبی گیاهان مورد کشت باعث آبیاری بیشتر یا کمتر از حد مورد نیاز می‌گردد. آبیاری بیش از حد، عوارضی چون هدررفت آب آبیاری، شستشوی مواد غذایی خاک، سوء تهویه خاک و زه دار شدن اراضی را به دنبال دارد، در صورتی که آبیاری کمتر رشد گیاه را کم و حتی متوقف می‌نماید. بررسی منابع داخلی و خارجی نشان می‌دهد که تاکنون در مورد تعیین نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی مطالعات زیادی انجام گرفته و نتایج کار ارائه گردیده است (۳، ۸، ۱۳ و ۱۴). به عنوان نمونه می‌توان کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور را نام برد که توسط موسسه تحقیقات خاک و آب وزارت کشاورزی تهیه و منتشر گردیده است (۵). ولی مطالعات در مورد گیاهان قابل کشت در ایجاد فضای سبز و

تعیین نیاز آبی آنها اندک بوده و اطلاعات کافی در اختیار نمی‌باشد. در این بررسی سعی شده تا روش تعیین نیاز آبی گیاهان کاشته شده در انواع پوشش گیاهی فضای سبز تهیه شده و به صورت کاربردی ارائه گردد. در این روش سعی شده که از منابع خارجی موجود حداکثر استفاده به عمل آید. یکی از این منابع، تعیین نیاز آبی دو نوع درخت مورد کشت در ایجاد فضای سبز به صورت کشت منفرد است که توسط استادان دانشگاه یوتا انجام گرفته است (۱۰). در این تحقیق، میزان آب مصرفی گیاهان کشت شده به صورت منفرد در سطوح مختلف مانند سطح چمن، آسفالت و سطح پوشیده از مالچ بقایای گیاهی برحسب میلی‌متر ارتفاع آب تعرق شده از واحد سطح برگ درخت تعیین شده است که عمدتاً جنبه تحقیقاتی و مقایسه‌ای دارد. نتایج ارائه شده به علت نیاز به اندازه‌گیری سطح برگ درختان که عملی مشکل می‌باشد، جنبه کاربردی چندانی ندارند. در بررسی حاضر سعی شده نیاز آبی گیاهان در حالت کشت تک درختی بر حسب لیتر بازاء واحد حجم تاج درخت که به سادگی قابل تخمین است برآورد گردد. در حالت کشت درختان به صورت انبوه، میزان آب مصرفی بر حسب میلی‌متر ارتفاع آب (میلی‌متر ارتفاع آب در هکتار) بیان گردیده و میزان آن برای انواع گروه درختان معمول مورد کشت در فضای سبز براساس پارامترهای هواشناسی، خصوصیات گیاهی و فاصله کاشت تعیین و ارائه شده است.

بررسی منابع در مورد تعیین نیاز آبی گیاهان پوشش چمنی نشان می‌دهد که در داخل کشور تاکنون تحقیقات چندانی انجام نگرفته است، هر چند که تحقیقات نسبتاً دامنه‌داری در مورد اندازه‌گیری نیاز آبی سطح چمن استاندارد که مورد استفاده در تعیین نیاز آبی گیاهان می‌باشد، انجام شده است (۲، ۶ و ۹). ولی تحقیقات نسبتاً قابل ملاحظه‌ای در این مورد در خارج از کشور مخصوصاً مناطق خشک در آمریکا که دارای منابع آب محدودی هستند انجام گرفته است (۱۲ و ۷). نمونه‌ای از این تحقیقات تعیین بهترین فرمول تجربی برای تعیین نیاز آبی چمن فضای سبز با استفاده از لایسیمتر وزنی حساس است که توسط مکام طی سالهای ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۵ میلادی انجام گردیده است (۱۱). نتیجه این تحقیق نشان داده

گرفته شده است. گروه بندی دیگری براساس طول فصل رشد فعال انجام گرفته که عبارت است از: درختان همیشه سبز و درختان خزان شونده. برای درختان همیشه سبز، نیاز آبی در طول سال تعیین گردیده است در صورتی که برای درختان خزان شونده نیاز آبی فقط در طول فصل رشد فعال تعیین شده است. فاصله کشت درختان با توجه به تأثیری که در نیاز آبی دارد، یکی دیگر از عوامل گروه بندی را تشکیل داده است. به این ترتیب که ابتدا روش کاشت به دو حالت کشت منفرد و کشت انبوه تقسیم و سپس کشت انبوه به دو گروه، کشت متراکم و کشت غیر متراکم مجزا شده است. کشت منفرد حالتی را شامل می شود که در آن، درخت به صورت تک درختی و یا به صورت یک و دو ردیف درخت در کنار جاده ها و خیابان ها کشت می گردد. در صورتی که در کشت انبوه، تعداد زیادی از درختان به فواصل مساوی و منظم در کنار هم کشت می گردند. در حالت متراکم، کشت درختان معمولاً نزدیک بهم بوده و مساحت اختصاص داده شده به هر درخت ۱۲ و یا کمتر از ۱۲ متر مربع می باشد. معمولاً در این حالت فاصله کاشت ۲×۲، ۲×۲/۵، ۲×۲، ۳×۳ و ۳×۴ متر است (ارقام سمت راست فاصله ردیف های کاشت و ارقام سمت چپ فاصله درختان در روی ردیف های کاشت می باشد). در این حالت، نسبت حداکثر پوشش  $Ps=0/85$  منظور و در محاسبات نیاز آبی مورد استفاده قرار گرفته است. در حالت غیر متراکم، مساحت در نظر گرفته شده برای هر درخت بیشتر از ۱۲ متر مربع منظور شده است. برای این حالت، معمولاً فاصله کاشت ۴×۴، ۴×۵، ۴×۶ و یا ۳×۵ متر می باشد. ضریب حداکثر پوشش برای این حالت نیز  $Ps=0/65$  منظور گردیده است.

با توجه به گروه بندی فوق کلاً شش نوع پوشش گیاهی فضای سبز تعریف و نیاز آبی آبیاری خالص برای هر نوع تعیین گردیده است:

نوع اول- درختکاری به صورت انبوه با درختان نسبتاً مقاوم به خشکی (گروه ۱) با فواصل کشت متراکم.

برای این نوع پوشش گیاهی، میزان آبیاری برای درختان خزان شونده مثل زبان گنجشک، نارون و سایر درختان مشابه و همچنین درختان همیشه سبز مثل

که روش پنمن ماننیتیس نسبت به سایر روش ها ارقامی نزدیک تر به میزان واقعی که توسط لایسیمتر وزنی حساس اندازه گیری شده، محاسبه نموده است. این روش در پروژه حاضر نیز مورد استفاده قرار گرفته است.

به طور کلی هدف از این مطالعه بررسی تعیین نیاز آبی آبیاری انواع پوشش فضای سبز در شهر کاشان به منظور استفاده بهینه از منابع آب محدود و با ارزش این شهر می باشد. بدین منظور با استفاده از آمار طولانی مدت هواشناسی و خصوصیات گیاهی، نیاز آبی آبیاری برای شش نوع فضای سبز معمول در منطقه تعیین شده است. حاصل این مطالعه در بررسی های آبی که تعیین برنامه آبیاری برای این شش نوع فضای سبز می باشد مورد استفاده قرار خواهد گرفت. امید می رود این بررسی باعث استفاده بهینه از منابع آب منطقه شده و روش کار به عنوان الگوی مناسبی برای تعیین نیاز آبی آبیاری فضای سبز سایر شهرهای مناطق کویری و بیابانی کشور مورد استفاده قرار گیرد.

## مواد و روشها

### الف - گروه بندی انواع پوشش گیاهی سبز

پوشش گیاهی عمده فضای سبز در مناطق خشک و کم آبی نظیر کاشان براساس نوع گیاه و فاصله کاشت در شش نوع گروه بندی شده و نیاز آبی آبیاری هر نوع در طول رشد با فواصل زمانی ۱۰ روزه تعیین گردید. درختان مورد استفاده در فضای سبز، بسته به درجه مقاومتی که نسبت به خشکی دارند و همچنین بسته به میزان نیاز و توقع آنها نسبت به آب به دو دسته عمده تقسیم شدند: گروه (۱) درختان نسبتاً مقاوم به خشکی که با توجه به شکل و ساختمان برگها و همچنین خصوصیات روزنه برگها و سایر خواص ژنتیکی مقاومت معمولی در برابر کم آبی دارند، ضریب گیاهی ( $KC$ ) این گروه ۰/۵ الی ۰/۶ برآورد و در محاسبات منظور شده است. گروه (۲) درختان شدیداً مقاوم به خشکی که با توجه به خصوصیات ژنتیکی مقاومت بیشتری در مقایسه با گروه اول در مقابل خشکی از خود نشان می دهند و توقع آنها نسبت به آب کمتر می باشد، برای این گروه ضریب گیاهی بین ۰/۴ الی ۰/۵ برآورد

ذکر شده مورد استفاده قرار گرفته است.

روش اول- برای پوشش گیاهی نوع اول، دوم، سوم و چهارم نیاز آب آبیاری خالص بر حسب میلی متر ارتفاع آب (میلی متر در هکتار) براساس روش توصیه شده فائو (۸) طی مراحل زیر تعیین شده است.

مرحله اول: جمع آوری و پردازش اطلاعات هواشناسی.

اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک کاشان از سال ۱۹۶۷ تا ۱۹۹۳ میلادی (دی ماه ۱۳۴۵ تا دی ماه ۱۳۷۱ شمسی) جمع آوری و در محاسبات نیاز آب آبیاری مورد استفاده قرار گرفته است. طول جغرافیائی ایستگاه ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه و عرض جغرافیائی آن ۲۳ درجه و ۵۹ دقیقه و ارتفاع آن از سطح دریا ۹۸۲/۳ متر می باشد. اطلاعات هواشناسی جمع آوری شده شامل متوسط ماهانه درجه حرارت، نم نسبی، ساعات آفتابی، سرعت باد و بارندگی است. آمار جمع آوری شده دلالت بر خشکی منطقه دارد، به طوری که متوسط بارندگی سالانه در طول این دوره آماری ۲۷ ساله ۱۳۸/۳ میلی متر اندازه گیری شده است. علاوه بر مقدار کم بارندگی، توزیع آن در طول سال نیز مناسب نبوده و عمدتاً این بارندگی در طول زمستان و اواخر پاییز یا اوایل بهار اتفاق افتاده است. میزان بارندگی در طول تابستان که نیاز گیاه به آب شدید می باشد ناچیز و عمدتاً در بیشتر سالها صفر گزارش شده است. متوسط سالانه (۲۷ ساله) سایر پارامترهای هواشناسی نیز که دلالت بر گرم و خشک بودن منطقه دارند عبارتند از: متوسط درجه حرارت روزانه، ۱۸/۹ سانتی گراد، نم نسبی ۴۳/۸ درصد، سرعت باد ۰/۷۷ متر در ثانیه (در ارتفاع ۲ متری) و ساعات آفتابی ۸/۲۳ ساعت.

مرحله دوم: تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل سطح مرجع

(چمن) *ETO*

در این مرحله با استفاده از روش پنمن مانیتیس (۱۳) نیاز آبی ماهانه برای گیاه مرجع (چمن) برای ۲۷ سال تعیین گردید. معادله به کار رفته در این روش که به صورت برنامه کامپیوتری در مدل کراپ وات<sup>(۱)</sup> مورد استفاده قرار گرفته

سروشیراز و سایر انواع مشابه تعیین شده است.

نوع دوم- درختکاری به صورت انبوه با درختان نسبتاً مقاوم به خشکی (گروه ۱) با فواصل کشت غیر متراکم.

نیاز آب آبیاری خالص برای این نوع پوشش گیاهی مثل حالت قبل برای دو گروه درختان خزان شونده و همیشه سبز تعیین و ارائه گردیده است.

نوع سوم- درختکاری به صورت انبوه با درختان شدیداً مقاوم به خشکی (گروه ۲) با فواصل کشت متراکم.

این نوع پوشش گیاهی فضای سبز مثل نوع اول بوده، با این تفاوت که در آن به جای استفاده از درختان گروه (۱) (درختان نسبتاً مقاوم به خشکی) از درختان شدیداً مقاوم به خشکی (گروه ۲) استفاده شده است. در اینجا نیز دو مقدار نیاز آب آبیاری متفاوت برای درختان خزان شونده شامل درخت عرعر، بنه و سایر گونه های مشابه و درختان همیشه سبز شامل کاج تهران، سرو نقره ای و سرو خمره ای و گونه های از این قبیل تعیین گردیده است.

نوع چهارم- درختکاری به صورت انبوه با درختان شدیداً مقاوم به خشکی (گروه ۲) با فواصل کشت غیر متراکم.

این نوع فضای سبز مانند فضای سبز نوع سوم بوده، با این تفاوت که در آن کشت به صورت غیر متراکم انجام گرفته است. نوع پنجم - کشت درختان به صورت منفرد.

در این نوع پوشش، درختکاری به صورت ردیفی در کنار کوچه ها، خیابان ها و اتوبان ها و یا کاشت به صورت تک درختی در میادین و پارک ها انجام می گیرد. در این نوع فضای سبز، بسته به این که از درختان گروه (۱) و یا گروه (۲) برای کاشت انتخاب شود و یا در هر یک از گروه ها از درختان همیشه سبز و یا خزان شونده استفاده شود، چهار مقدار مختلف نیاز آبی تعیین و ارائه شده است.

نوع ششم - پوشش گیاهی فضای سبز چمنی.

در این نوع پوشش، سطوح زمین در پارک ها و یا میادین شهر توسط پوشش چمنی یکنواخت پوشیده می شود.

ب - روش مورد استفاده در تعیین نیاز آب آبیاری

خالص انواع پوشش گیاهی فضای سبز

سه روش متفاوت برای تعیین نیاز آبی انواع پوشش گیاهی

است به شرح زیر می‌باشد:

$$ETO = \frac{0.408(Rn-G) + Y \times \frac{900}{T+273} \times U_4 \times (ea-ed)}{\Delta + Y(1+0.34 U_4)} \quad (1)$$

که در آن:

$ETO$  تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع بر حسب میلی‌متر در روز،  $Rn$  تشعشع خالص بر حسب مگاژول بر مترمربع در روز،  $G$  شدت جریان گرمایی خورشید بر حسب مگاژول بر متر مربع،  $T$  میانگین درجه حرارت هوا بر حسب سانتی‌گراد،  $U_4$  سرعت باد در ارتفاع ۲ متری بر حسب متر در ثانیه،  $(ea-ed)$  کمبود فشار بخار اشباع بر حسب کیلو پاسکال،  $\Delta$  شیب تغییرات فشار بخار با درجه حرارت بر حسب کیلو پاسکال بر درجه سانتی‌گراد،  $Y$  ثابت سایکرومتری بر حسب کیلو پاسکال بر درجه سانتی‌گراد و ۹۰۰ و ۰/۳۴ ضرایب ثابتی هستند که با ثابت فرض نمودن ارتفاع گیاه، مقاومت آسمانه<sup>(۱)</sup> و شاخص سطح برگ<sup>(۲)</sup> تعیین شده‌اند. در معادله ۱ از مقدار  $G$  به علت ناچیز بودن آن، مخصوصاً در دوره‌های محاسباتی ماهانه صرف نظر شده است و سایر پارامترهای این معادله از داده‌های هواشناسی معمول جمع

آوری شده یعنی درجه حرارت، سرعت باد، نم نسبی، ساعات آفتابی، عرض جغرافیائی و ارتفاع محل از سطح دریا تعیین گردیده‌اند. مقادیر  $ETO$  سالانه محاسبه شده و مقادیر بارندگی سالانه برای ۲۷ سال دوره آماری در نمودار شکل ۱ نشان داده شده‌اند.

مرحله سوم: پردازش آماری بارندگی و  $ETO$  به منظور کاهش احتمال خشکسالی.

به جای استفاده از میانگین ۲۷ سال آمار  $ETO$  و بارندگی، در محاسبات تعیین نیاز آب آبیاری خالص، پردازش آماری احتمال وقوع طبق روش مورد توصیه فائو (۸) انجام و مقادیر با احتمال وقوع ۷۰ درصد تعیین و مورد استفاده قرار گرفتند. مقادیر به دست آمده توأم با مقادیر میانگین (احتمال وقوع ۵۰ درصد) برای ۱۲ ماه از سال در جدول ۱ درج گردیده است. لازم به توضیح است که بر روی ارقام بارندگی علاوه بر محاسبات کاهش احتمال وقوع خشکسالی، محاسبات مربوط به باران موثر نیز با منظور نمودن ضریب کاهش ثابت  $F = 0.9$  که یکی از روش‌های مورد توصیه فائو (۱۲) است انجام گردیده است.

۱- Plant Canopy ۲- Leaf Area Index (LAI)

جدول ۱- مقادیر  $ETO$  و بارندگی موثر در ماه‌های مختلف سال میلادی به صورت میانگین (احتمال وقوع ۵۰ درصد) و با منظور

نمودن احتمال کاهش خشکسالی بر حسب میلی‌متر در سال (اول ماه میلادی (J) برابر با دهم دی ماه می‌باشد)

ماه‌های مختلف سال	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$ETO$ ۵۰ درصد	۲۷/۶	۴۲/۶	۷۶/۳	۱۱۳/۴	۱۵۱/۹	۱۷۳/۷	۱۸۴/۸	۱۷۱/۷	۱۲۰/۳	۷۹	۴۲	۲۸/۲
* ۳۰ درصد	۲۹/۵	۴۶/۱	۸۲/۲	۱۲۰/۶	۱۶۱/۸	۱۸۶	۱۹۳/۸	۱۸۲/۳	۱۲۶/۶	۸۵/۲	۴۵	۳۱۳
بارندگی ۵۰ درصد	۲۸/۲	۲۰/۲	۲۷/۱	۱۳/۲	۱۳/۳	۱/۰	۰/۴	۰/۵	۰/۱	۳/۶	۱۲/۷	۱۸/۱
** ۷۰ درصد	۱۴/۱	۱۰/۶	۱۳/۹	۵/۹	۵/۶	۰/۱	-	-	-	۰/۹	۵/۴	۱۱/۶

\* ۳۰ درصد احتمال دارد  $ETO$  بیشتر از این مقدار (یا ۷۰ درصد احتمال دارد  $ETO$  کمتر از این مقدار) باشد.  
\*\* ۷۰ درصد احتمال دارد بارندگی بیشتر از این مقدار (یا ۳۰ درصد احتمال دارد بارندگی کمتر از این مقدار) باشد.

آمار  $ETO$  و بارندگی ماهانه (جدول ۱) به دهه تبدیل و سپس با منظور نمودن خصوصیات گیاهی مورد نظر در  $ETO$ ، نیاز آبی طبق رابطه زیر به دست آمده است:

مرحله چهارم: تعیین نیاز آبی انواع پوشش گیاهی فضای سبز (نوع اول الی چهارم).  
در این مرحله ابتدا با روش ترسیمی و حد وسط یابی (۸)

$$ETC = KC \times ETO \quad (2)$$

که در آن:

$ETC$  تبخیر و تعرق پوشش گیاهی سطح مورد نظر بر حسب میلی‌متر در روز و  $ETO$  تبخیر و تعرق گیاه مرجع چمن بر حسب میلی‌متر در روز می‌باشند.  $KC$  ضریب گیاهی است. مقادیر ضریب گیاهی برای درختکاری انبوه با درختان نسبتاً مقاوم به خشکی (گروه ۱) ۰/۵ الی ۰/۶ و برای درختکاری انبوه با درختان شدیداً مقاوم به خشکی (گروه ۲) ۰/۴ الی ۰/۵ در محاسبات منظور شده است.  $ETC$  بدست آمده از رابطه ۲ در شرایطی صدق می‌کند که کل سطح زمین در موقع آبیاری مرطوب گردد. در مورد درختکاری انبوه (پوشش گیاهی فضای سبز نوع اول الی چهارم) در روش‌های آبیاری قطره‌ای و طشتکی با توجه به این که معمولاً قسمتی از سطح زمین (زیر سایه انداز) خیس می‌گردد، در نتیجه تبخیر از سطح خاک کمتر بوده و عمدتاً مصرف آب به صورت تعرق انجام می‌گیرد. در نتیجه در اینجا  $ETC$  به دست آمده از رابطه ۲ با استفاده از رابطه ۳ تعدیل می‌گردد (۵).

$$TC = ETC \left( \frac{Ps}{100} + 0.185 \left( 1 - \frac{Ps}{100} \right) \right) \quad (3)$$

که در آن:

$TC$  تبخیر و تعرق پوشش گیاهی تعدیل شده بر حسب میلی‌متر در دهه و  $Ps$  درصد سایه انداز تاج درخت در شرایط

حداکثر رشد است.

مقادیر  $Ps$  برای حالت کشت متراکم (پوشش گیاهی فضای سبز نوع اول و سوم) ۰/۸۵ و برای حالت کشت غیر متراکم (پوشش گیاه فضای سبز نوع دوم و چهارم) ۰/۶۵ منظور شده است.

مرحله پنجم: تعیین نیاز آب و آبیاری خالص.

نظر به اینکه قسمتی از آب مورد نیاز گیاه را بارندگی تامین می‌نماید، لذا نیاز آب آبیاری خالص در این مرحله برای پوشش گیاهی فضای سبز نوع اول و چهارم از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Ir = TC - Pe \left( \frac{Ps}{100} + 0.185 \left( 1 - \frac{Ps}{100} \right) \right) \quad (4)$$

که در آن:

$Ir$  نیاز آب آبیاری خالص بر حسب میلی‌متر در دهه،  $TC$  نیاز آبی خالص بر حسب میلی‌متر در دهه (به دست آمده از رابطه ۳)،  $Pe$  باران موثر بر حسب میلی‌متر در دهه و  $Ps$  قبلاً تعریف شده است.

لازم به توضیح است که ارقام به دست آمده از رابطه ۴ برای چهار نوع پوشش گیاهی (نوع اول الی چهارم) مربوط به موقع حداکثر رشد درخت است (بیش از ۱۰ سال) و برای درختان کمتر از ۱۰ سال ضریب کاهش طبق جدول ۲ منظور گردیده است.

جدول ۲- ضریب کاهش نیاز آب آبیاری خالص بر حسب سن درختان

بیش از ۱۰ سال	۹،۱۰	۷،۸	۵،۶	۳،۴	۲ سال بعد از کاشت	از کاشت تا دو سالگی
۱	۰/۹	۰/۷۵	۰/۵۵	۰/۵	۰/۴	درکشت متراکم
۱	۰/۹	۰/۷۰	۰/۵	۰/۳۵	۰/۲۵	درکشت غیر متراکم

تبخیرکنندگی هوا در زمان حداکثر مصرف<sup>(۱)</sup> برای درختان گروه ۱، ۱/۵۶ لیتر در روز و برای درختان گروه ۲، ۱/۳ لیتر در روز برآورد شده و تغییرات نیاز آب آبیاری خالص در طول فصل رشد متناسب با تغییرات آن در کشت انبوه غیر متراکم

روش دوم - برای پوشش گیاهی فضای سبز نوع پنجم که در آن کشت درختان به صورت منفرد انجام می‌گیرد، نیاز آب آبیاری خالص به صورت حجمی (لیتر) به ازاء هر متر مکعب از حجم تاج درخت در روز (در دهه‌های مختلف در طول فصل آبیاری) تعیین گردیده است. مقدار آب مورد نیاز برای هر متر مکعب تاج درخت با توجه به خصوصیت گیاه و قدرت

مقدار آب آبیاری مورد نیاز به ازاء هر متر مکعب از تاج درخت کشت درختان به صورت منفرد می‌باشد در شکل ۴ برای درختان خزان شونده گروه ۱ و ۲ و در شکل ۵ برای درختان همیشه سبز گروه ۱ و ۲ نشان داده شده است. در این شکل‌ها نیز محور  $\Delta$ ها نشان دهنده زمان به صورت دهه بوده که از دهم اسفند شروع شده است ولی محور  $\Delta$ ها میزان نیاز خالص آب آبیاری، برحسب لیتر در روز به ازاء هر متر مکعب از تاج درخت را نشان می‌دهد. بدین ترتیب، برای تعیین نیاز آب آبیاری خالص هر تک درخت ابتدا باید حجم تاج درخت را برآورد نمود و سپس با استفاده از منحنی‌های ارائه شده، میزان آب آبیاری مورد نیاز را برای هر متر مکعب از تاج درخت در طول فصل تعیین و با ضرب نمودن آن در حجم تاج، نیاز آب آبیاری خالص را در طول فصل برآورد نمود.

نتایج حاصل از محاسبات روش سوم نیز که مربوط به پوشش گیاهی فضای سبز نوع ششم با پوشش گیاهی چمنی است در منحنی شکل ۶ نشان داده شده است. در این شکل نیز محور  $\Delta$ ها زمان برحسب دهه بوده که از دهم اسفند ماه شروع شده است و محور  $\Delta$ ها نیز نشان دهنده نیاز آب آبیاری خالص پوشش فضای سبز چمن بر حسب میلی‌متر در دهه می‌باشد. لازم به ذکر است که با توجه به این که این نتایج براساس آمار هواشناسی چندین ساله (۲۷ ساله) به دست آمده و در آن محاسبات مربوط به کاهش خطر خشکسالی اعمال گردیده است می‌توان از آنها برای تخصیص منابع آب با دقت قابل قبولی استفاده کرد. ضمناً در حال حاضر به علت کمی اطلاعات موجود در منابع، به ناچار دسته بندی درختان غیر مثمر مورد کشت در مناطق خشک به دو گروه نسبتاً مقاوم به خشکی و شدیداً مقاوم به خشکی انجام گرفته است. برای هر گروه، ضریب گیاهی یکسان بر اساس منابع و تجربه نگارنده تعیین شده است. انتظار می‌رود در آینده در مورد درختان غیر مثمر مورد استفاده در فضای سبز نیز مانند درختان مثمر تحقیقات دامنه‌داری انجام گیرد تا نیاز آبی انواع هر گونه درختی به طور مجزا با دقت بیشتری تعیین گردد.

(تعیین شده در روش اول) برآورد گردیده است. پس از تعیین در طول فصل آبیاری، با تخمین حجم تاج درخت بر حسب مترمکعب، نیاز آب آبیاری خالص برای هر درخت از رابطه ۵ به دست آمده است.

$$Q = \delta \times V \quad (5)$$

که در آن:

$\delta$  مقدار آب مورد نیاز برای هر متر مکعب از حجم تاج درخت بر حسب لیتر در روز،  $V$  حجم تاج درخت بر حسب متر مکعب و  $Q$  حجم آب مورد نیاز برای هر درخت بر حسب لیتر در روز می‌باشد.

روش سوم - طی این روش، آب آبیاری خالص برای پوشش گیاهی فضای سبز نوع ششم که همان پوشش گیاهی چمنی می‌باشد تعیین گردیده است. این روش در مراحل ۱ الی ۳ به کار رفته در روش اول مشترک بوده ولی با توجه به اینکه در موقع آبیاری در این پوشش همه سطح زمین خیس می‌شود، لذا نیاز آب آبیاری خالص بر حسب میلی‌متر در دهه ( $Ir$ ) در طول فصل آبیاری به جای رابطه ۴ از رابطه زیر تعیین گردیده است.

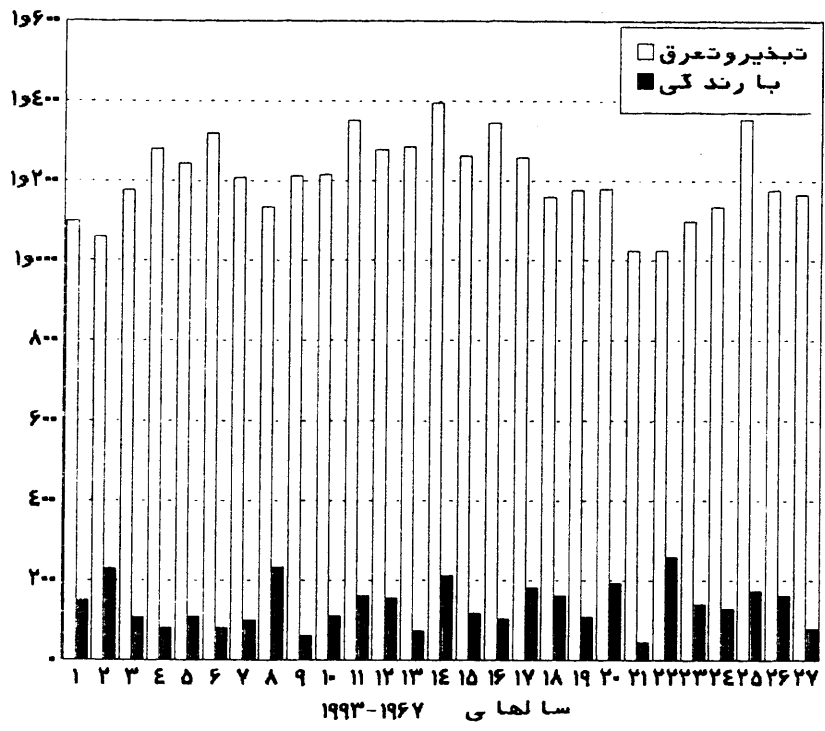
$$Ir = KC \times ETO - Pe \quad (6)$$

که در آن:

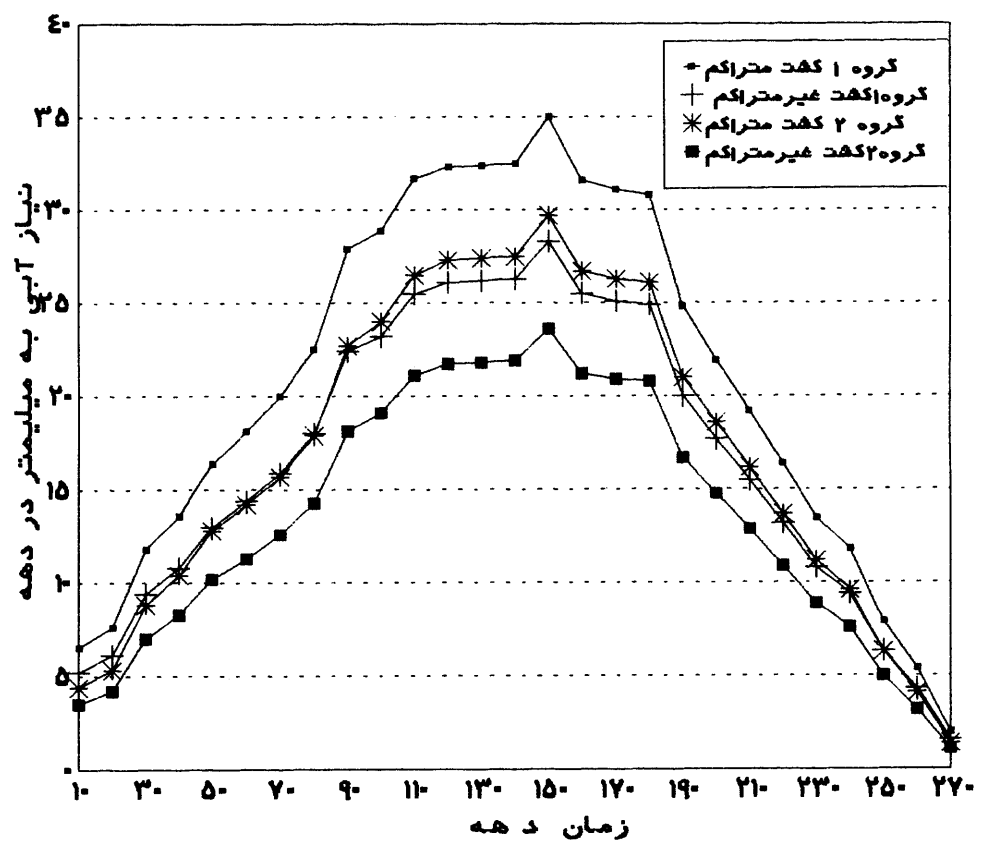
$KC$  ضریب گیاهی پوشش گیاهی فضای سبز چمنی معادل  $ETO$ ، ۰/۹ تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع چمن بر حسب میلی‌متر در دهه و  $Pe$  باران موثر می‌باشد.

## نتایج

نتایج حاصل از محاسبات روش اول برای پوشش گیاهی فضای سبز نوع اول، دوم، سوم و چهارم برای درختان خزان شونده به صورت منحنی‌های شکل ۲ و برای گیاهان همیشه سبز به صورت منحنی‌های شکل ۳ نشان داده شده‌اند. محور  $\Delta$ ها در این منحنی زمان به صورت دهه در طول فصل آبیاری می‌باشد. شروع فصل آبیاری منطبق با دهم اسفند ماه است. محور  $\Delta$ ها نیز نشان دهنده نیاز آب آبیاری خالص بر حسب میلی‌متر ارتفاع آب در دهه می‌باشد. نتایج حاصل از محاسبات روش دوم نیز برای پوشش گیاهی فضای سبز نوع پنجم که

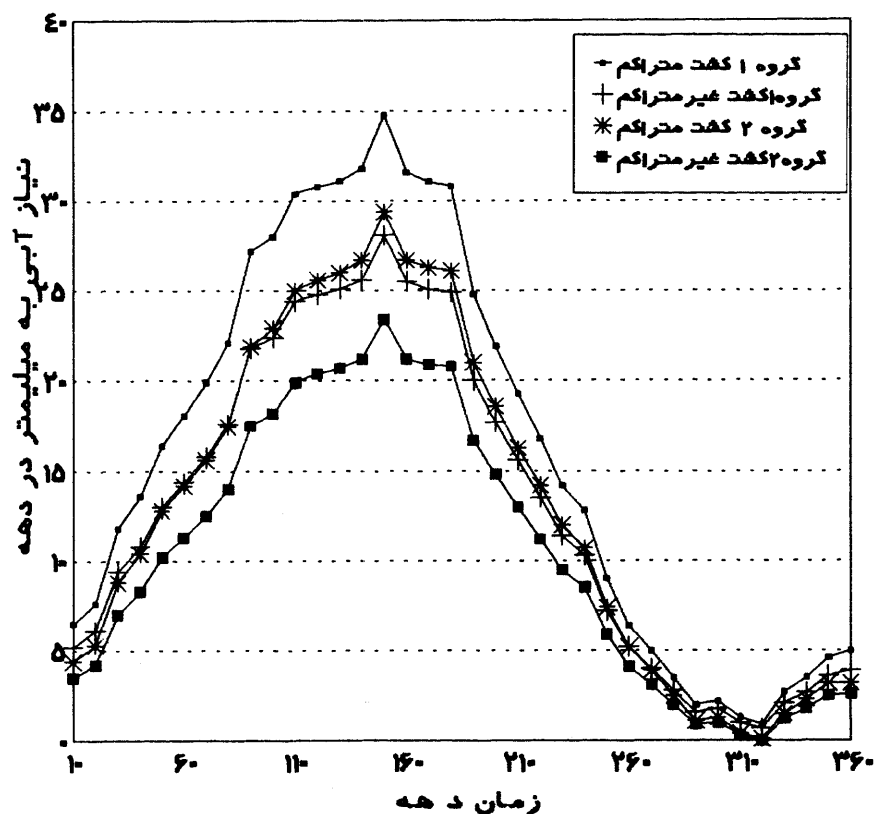


شکل ۱- تبخیر و تعرق پتانسیل (ET0) و بارندگی برحسب میلی متر در سال

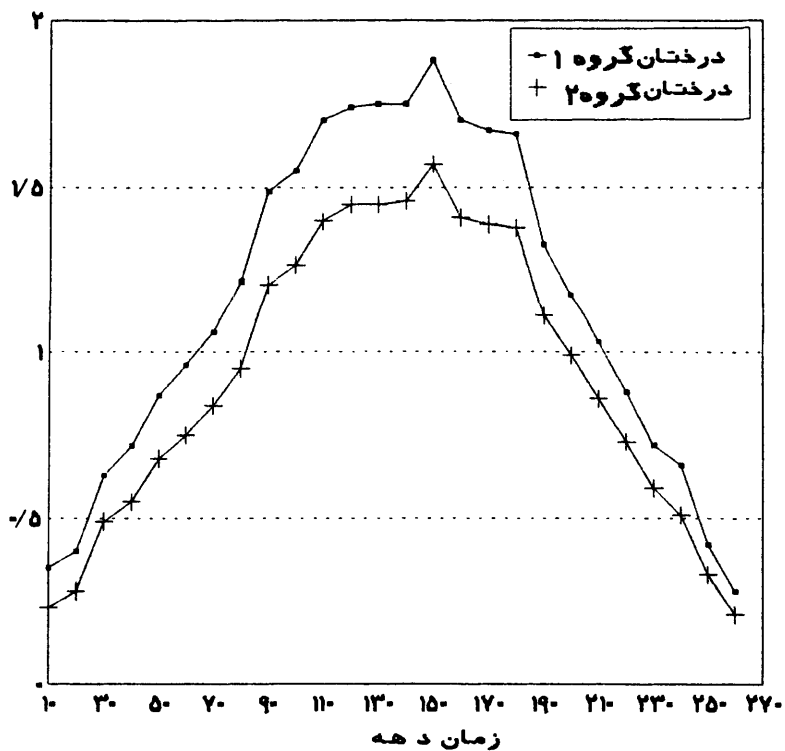


شکل ۲- نیاز آبی درختان خزان شونده

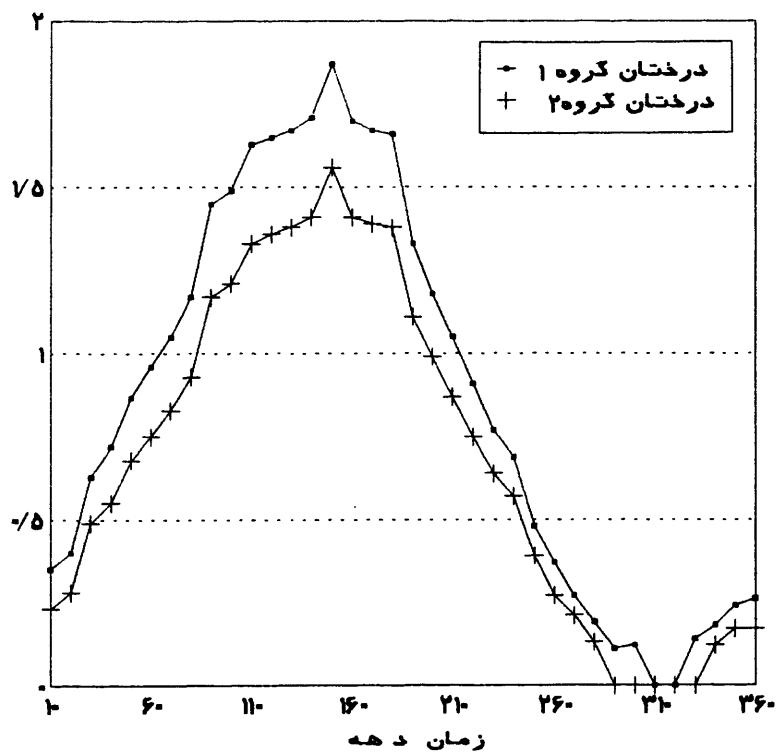




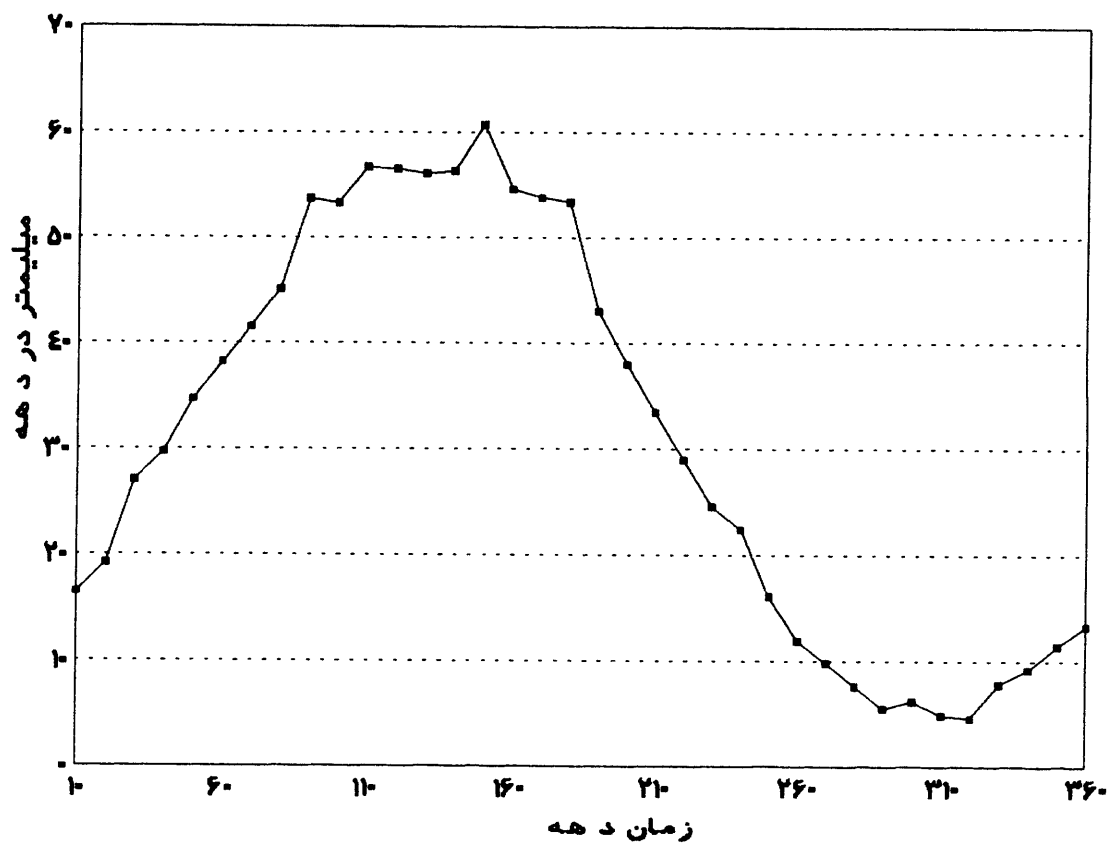
شکل ۳- نیاز آبی درختان همیشه سبز



شکل ۴- نیاز آبی درختان خزان شونده بر حسب لیتر به ازاء هر متر مکعب از تاج درخت



شکل ۵- نیاز آبی درختان همیشه سبز بر حسب لیتر به ازاء هر متر مکعب از تاج درخت



شکل ۶- نیاز آب آبیاری خالص برای پوشش گیاهی چمن

**بحث و نتیجه گیری**

دوره آماری طولانی و تنوع پوشش گیاهی، از دقت خوبی برخوردار بوده و به صورت کاربردی برای منطقه کاشان و اقلیم مشابه قابل استفاده می‌باشند. امید است استمرار چنین کارهای تحقیقاتی فضای مناسبی را جهت انتخاب گونه‌های سازگار فراهم آورد و الگوی مناسبی جهت کاربری آن در سایر مناطق خشک و بیابانی کشور باشد.

تعیین نیاز آبی گیاهان در ایجاد و توسعه فضای سبز به‌ویژه در مناطق خشک، قدم‌های اولیه در جهت صرفه جویی و مصرف بهینه آب را طی می‌کند. برآورد نیاز آبی گیاهان غیر زراعی از این نظر سرفصل جدیدی را در مطالعات و تحقیقات می‌کشد. نتایج ارائه شده در این مقاله با عنایت به استفاده از

**منابع مورد استفاده**

- ۱- زهتابیان، غ.، ۱۳۷۵. بررسی چگونگی هدر رفتن آب و آبیاری در حاشیه بیابان (ورامین)، مجله بیابان، نشریه علمی مرکز تحقیقات منابع کویری و بیابانی ایران، جلد اول، شماره، ۴ و ۳ و ۲، دانشگاه تهران: ۱۹-۳۸.
- ۲- شریعتی، م. ر.، ۱۳۷۲. گزارش نهایی طرح تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع با استفاده از لایسیمتر مونولیت و مقایسه آن با فرمول‌های تجربی، موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۸۸۲.
- ۳- فرشی، ع. ا.، ۱۳۶۷. طرح تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل گیاهان عمده زراعی کشور با استفاده از داده‌های هواشناسی، مجموعه مقالات ارائه شده در گردهمایی بخش‌های آبیاری و فیزیک خاک و تحقیقات اصلاح اراضی و زهکشی موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۷۶۱.
- ۴- فرشی، ع. ا.، ۱۳۷۴. منابع آب کشور و لزوم توسعه و استفاده بهینه از آن در کشاورزی، وزارت کشاورزی، مجله آب و خاک و ماشین، سار. م. شماره ۵.
- ۵- فرشی، ع. ا.، م. ر. شریعتی، ر. جلالی، م. ر. قائمی، م. شهابی فر و م. م. تولائی، ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور، جلد اول: گیاهان زراعی، جلد دوم: گیاهان باغی، موسسه تحقیقات خاک و آب، نشر آموزش کشاورزی.

- 6- Allen, R.G., M. Smith, L.S. Pereira, & A. Perrier, 1994. An update for the calculation of reference evapotranspiration, ICID Bulletin 43 (2): 35-92.
- 7- Beeson, Jr, R.C., 1996. Penman crop coefficients for container grown landscape ornamentals, proceeding of the International Conference on Evapotranspiration and Irrigation Scheduling, November 3-6 1996, San Antoni, Texas, USA.
- 8- Doorenbos, J. & W.O. Pruitt, 1975. Crop water requirements, Irrigation and Drainage Paper No. 24, F.A.O., Rome, Italy.
- 9- Hargreaves, G.H. & Z.A. Samani, 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature, Applied Engrg. in Agric., 1(2): 96-99.
- 10- Kjelgren, R. & T. Montague, 1996. Isolated tree water use in various urban surfaces, Proceedings of the International Conference on Evapotranspiration and Irrigation Scheduling, November 3-6 1996, San Antoni, Texas, USA.
- 11- Mecham, B. Q., 1996. Scheduling turfgrass irrigation by various ET equations. Proceedings of the International Conference on Evapotranspiration and Irrigation Scheduling, November 3-6 1996, San Antoni, Texas, USA.
- 12- Oad, R. & M. Dispigno, 1996. Measurement of evapotranspiration in urban landscapes,

Proceedings of the International Conference on Evapotranspiration and Irrigation Scheduling, November 3-6 1996, San Antoni, Texas, USA.

13- Smith, M., 1993. CROPWAT: A computer program for irrigation planning and management, F.A.O. Irrigation and Drainage Paper, No. 46, Rome, Italy.

14- Smith, M., R. Allen, & L. Pereira, 1996. Revised FAO methodology for crop water requirements, Proceedings of the International Conference on Evapotranspiration and Irrigation Scheduling, San Antoni, Texas, USA.

## An Estimate of Water Requirement of Green Areas Plants in Arid Zones (Case study: Kashan)

by

G.R. Zehtabian<sup>(1)</sup>

A.A. Farshi<sup>(2)</sup>

### Abstract

A study was carried out in Kashan to make optimum usage of water resources in arid zones so that green areas could be fully established and develop. Determination of crop water requirement is essential in irrigation scheduling and optimum usage of water resources. In this research, long-term climatological data (27 years), Penman- Monteith formula and plant characteristics were used to determine water requirement for six kinds of plant cover during irrigation season with 10 day irrigation intervals.

The six kinds of plant cover were:

I) Intensive arboriculture with rather drought tolerant trees (i.e. Ash, Elm from deciduous trees and Shiraz cypress from evergreen trees)

II) Like the first kind, but with low-density plantation

III) Intensive arboriculture with highly drought tolerant trees (i.e. Varnish tree, Pistachio-tree from deciduous trees, and Arizona cypress, Arbor vitae from evergreen trees)

IV) Like the third group but with low-density plantation

V) Single arboriculture (one or two row arborticulture in streets)

VI) Green grass spaces

After determination of the effective rainfall, the net water requirement of different kinds of plants has been estimated for ten day periods. This method seems reliable for use in other similar regions.

**Keywords:** Crop water requirements, Evapotranspiration, Irrigation scheduling, Crop coefficient, Green area, Arid climate

---

1- Associate professor, Natural Resources Faculty of Tehran University

2- Research professor, Soil & Water Research Organization, Ministry of Agriculture