نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۶، بهمن - اسفند ۱۴۰۱، ص. ۱۱۲۳-۱۱۱۲

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.6, Vol. 16, Feb.-Mar. 2023, p. 1112-1123

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی نیاز آبی و ضریب گیاهی گونه‌های درختی سازگار برای جنگلکاری و توسعه‌ی فضای سبز در منطقه‌ی خشک (مطالعه موردی: شهر رباط‌کریم)

محمد عسگری[۱]، محسن جوانمیری‌پور[۲]، وحید اعتماد*[۳]، عبدالمجید لیاقت[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۷

چکیده

هدف از عملیات آبیاری در مناطق خشک ایجاد شرایط مساعد رطوبتی برای گیاهان است. هدف از مطالعه‌ی حاضر بررسی نیاز آبی و ضریب گیاهی گونه‌های درختی سازگار و مورد استفاده برای جنگلکاری در شهر رباط‌کریم است. به منظور تعیین نیاز آبی گونه‌های دو ساله درختی زبان‌گنجشک، کاج تهران، آسمان‌دار، توت نرک، افرای سیاه و اقاقیا، در نیمه اول اردیبهشت الی ۳۰ آبان ماه سال ۱۳۹۷ به مدت ۷ ماه، پایش رطوبت خاک به صورت روزانه و در ساعت معین در گلخانه‌ی شهر رباط‌کریم انجام شد. بر اساس نتایج این پژوهش در میان گونه‌های مورد بررسی، بیشترین میزان تبخیرتعرق به ترتیب شامل توت نرک ، زبان‌گنجشک و افرای سیاه (۱۴۶، ۱۴۲ و ۱۲۸/۶ میلی‌متر) در دهه‌ی اول تیر ماه است. کم‌ترین میزان تبخیرتعرق نیز به ترتیب شامل کاج تهران، آسمان‌دار و اقاقیا (۱۰/۱، ۱۱/۲۴ و ۱۶ میلی‌متر) در دهه‌ی سوم آبان ماه است. بیش‌ترین مقدار ضریب گیاهی برای گونه‌های مورد مطالعه به طور متوسط در ماه مهر اتفاق می‌افتد که حدوداً انتهای مرحله‌ی میانی است. سپس در مرحله نهایی با کاهش فعالیت فتوسنتزی، پیری و خزان برگ‌ها (آبان ماه)، مقدار ضریب گیاهی کاهش پیدا می‌کند. مقدار نیاز آبی تجمعی گونه‌های مورد مطالعه نیز نشان می‌دهد که ترتیب نیاز آبی تجمعی گونه‌های مورد مطالعه به ترتیب از کم به زیاد شامل کاج تهران، افرای سیاه، اقاقیا، آسمان‌دار، توت نرک و زبان‌گنجشک است.

واژه‌های کلیدی: اقلیم خشک، تبخیرتعرق، جنگلکاری، رطوبت خاک، ضریب گیاهی

مقدمه

برنامه‌ریزی مصرف آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار حائز اهمیت بوده (Barbosa et al., 2018) و هدف از عملیات آبیاری در این مناطق ایجاد شرایط مساعد رطوبتی برای گیاهان است (Petralli et al., 2014). زیرا در کشور ایران، ۸۵ درصد از اراضی کشور تحت اقلیم های خشک (۳۰٪)، نیمه خشک (۲۰٪) و فراخشک (۳۵٪) است (Amiri and Eslamian, 2010). نیاز آبی در بین گیاهان و در مراحل مختلف رویشی آنها متفاوت است و این نیاز تحت تاثیر تبخیرتعرق گیاه و تغییر در پوشش گیاهی و شرایط آب و هوایی قرار دارد (سجودی و میرزایی، ۱۳۹۹؛ Najm et al., 2020). برنامه‌ریزی موثر نیاز به آگاهی از پارامترهای ظرفیت نگهداشت رطوبت در خاک و میزان رطوبت قابل دسترس در هر لحظه، آب مصرفی گیاه یا تبخیرتعرق، حساسیت گیاه به تنش‌های رطوبتی در هر مرحله از رشد، میزان بارش موثر، قابلیت دسترسی به منابع آب و زمان لازم برای آبیاری دارد (احمدالی و همکاران، ۱۳۹۷).

امروزه جنگلکاری و توسعه‌ی فضای سبز در حومه‌ی شهرهای بزرگ امری اجتناب ناپذیر است (عسگری و همکاران، ۱۴۰۰ ب). ابزار ایجابی توسعه‌ی جنگلکاری‌ها و فضای سبز در مناطق خشک و نیمه‌خشک، در دسترس بودن آب، مراقبت و نگهداشت (هرس، کوددهی، وجین علف‌های هرز و غیره)، انتخاب گونه‌ی مناسب و ایجاد بستر کاشت مطلوب است (جزیره‌ای، ۱۳۸۹). پر واضح است که در این مناطق منابع آبی محدود بوده و تخصیص آب به فضای سبز و ایجاد جنگلکاری‌ها در رقابت شدیدی با سایر موارد چون کشاورزی،

۱ - دانشجوی دکتری علوم زیستی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲- دانش‌آموخته دکتری جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳- دانشیار، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۴- استاد، گروه آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
(* نویسنده مسئول: (Email: vetemad@ut.ac.ir
DOR: 20.1001.1.20087942.1401.16.6.4.1

صنعت و حتی آب شرب است (Wolf and Lundholm, 2008؛ بوستانی و انصاری، ۱۳۹۰). بنابراین تعیین نیاز آبی گونه‌های گیاهی در این مناطق، به مصرف بهینه و صرفه‌جویی در مصرف آب منتهی می‌شود.

مطالعات در زمینه‌ی محاسبه‌ی نیاز آبی و ضریب گیاهی گونه‌های گیاهی، توسط پژوهشگران زیادی در ایران و سایر نقاط دنیا انجام شده است (زهتابیان و فرشی، ۱۳۷۸؛ Arayaa et al., 2011؛ رهنما و همکاران، ۱۳۹۶؛ Zanotelli et al., 2019؛ امیرمحمدخانی و همکاران، ۱۳۹۹).

نتایج به دست‌آمده از محاسبه نیاز آبی گونه سمر (*Prosopis juliflora*) در چند ناحیه رویشی خلیج عمانی ایران نشان داد که دشت آزادگان با ۲۵۵ میلی‌متر در طول هفت ماه از سال بیش‌ترین و چابهار با ۱۷۴ میلی‌متر در طول نه ماه از سال کم‌ترین مقدار نیاز آبی را دارد. (خسروشاهی، ۱۳۹۲).

موذن‌پور کرمانی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی اندازه‌گیری تبخیرتعرق و ضریب گیاهی پسته در شهر رفسنجان نشان دادند که تبخیرتعرق نهال پسته در چهار، پنج، شش، هفت، هشت و نه سالگی به ترتیب ۲۲۹۱/۲، ۲۵۰۷/۸، ۲۷۳۹/۴، ۴۵۱۶، ۴۶۰۴ و ۵۶۲۱ مترمکعب در هکتار با مقادیر متوسط ضریب گیاهی برابر با ۰/۱۰۸، ۰/۱۰۴، ۰/۱۵، ۰/۲۱، ۰/۲۸ و ۰/۳۳ بوده است. مقدار متوسط ضریب گیاهی در مراحل پنج‌گانه رشد پسته نیز به ترتیب برابر ۰/۲، ۰/۱۷، ۰/۲۲، ۰/۱۶ و ۰/۱۹ محاسبه شد.

نتایج مطالعه‌ی علی حوری (۱۳۹۶) در تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی خرما در مرحله رشد رویشی نشان داد که مقدار تبخیرتعرق خرما در سال‌های اول تا سوم رشد به ترتیب معادل ۲۷۴/۳، ۴۰۲/۷ و ۵۹۷/۲ میلی‌متر و مقدار افزایش سالانه تبخیرتعرق گیاه به ترتیب برابر ۴۶/۸٪ و ۴۸/۳٪ بوده است. مقدار ضریب گیاهی خرمای رقم برحی برای سال اول رشد، بین ۰/۰۸ تا ۰/۱۸ در نوسان بود. کم‌ترین مقدار ضریب گیاهی در اسفند ماه و بیشترین مقدار آن در مهر و دی ماه وجود داشت. اما مقدار ضریب گیاهی برای سال دوم از ۰/۱ تا ۰/۳ و برای سال سوم از ۰/۱۹ تا ۰/۴۳ متغیر بود. بیشترین مقدار ضریب گیاهی برای سال دوم در مرداد و دی ماه و برای سال سوم در آبان ماه و کم‌ترین مقدار آن برای هر دو سال در اسفند ماه بود.

راد و همکاران (۱۳۹۹) نیز نشان داد که میزان تبخیرتعرق سالانه عناب (*Ziziphus jujuba* Mill.) در شرایط اقلیمی یزد در تیمارهای شاهد، ۳۰ و ۶۰ درصد کم آبیاری به ترتیب ۸۲۸/۱، ۵۱۴/۱ و ۳۸۶ میلی‌متر است. بیش‌ترین میزان تبخیرتعرق در هر سه تیمار مربوط به دوره توسعه رشد گیاه از اواخر فروردین تا اوایل تیرماه بود. همچنین عملکرد و کارایی مصرف آب، تحت تأثیر تیمارهای کم آبیاری کاهش یافت (راد و همکاران، ۱۳۹۹).

احمدالی و همکاران (۱۳۹۹) نشان دادند که مجموع نیازآبی خالص زیتون‌تلخ (*Melia azedarach* L.) در بافت لوم‌رسی برای سطوح تنش ۰/۳ ، ۰/۵ و ۰/۷ به ترتیب برابر ۴۴۵/۱۵ ، ۳۸۸/۵۹ و ۳۸۱/۴ میلی متر و در خاک لوم شنی این مقادیر به ترتیب برابر ۳۵۳/۰۲ ، ۳۱۷/۶ و ۲۹۰/۵۴ میلی‌متر به دست آمد. همچنین مقدار متوسط ضریب گیاهی زیتون‌تلخ طی دوره رشد در بافت‌های لوم‌رسی به ازای تنش‌های ۰/۳ ، ۰/۵ و ۰/۷ به ترتیب برابر است با ۰/۳۴ ، ۰/۳ و ۰/۲۸ و این مقادیر برای خاک لوم‌شنی به ترتیب برابر با ۰/۲۷، ۰/۲۴ و ۰/۲۲ است.

برآورد تبخیرتعرق پتانسیل گیاهان فضای سبز شهری به منظور کاربرد در برنامه‌ریزی طراحی و مدیریت طرح‌های آبیاری و زهکشی به‌ویژه در مناطق خشک امری ضروری است (سجودی و میرزایی، ۱۳۹۹). مرور منابع پژوهش‌های صورت گرفته در خصوص نیاز آبی گیاهان نشان می‌دهد که غالباً مطالعات تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی با تمرکز بر گیاهان باغی– زراعی بوده و کمتر به گونه‌های غیر مثمر مانند گونه‌های مورد استفاده در جنگلکاری‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک و فضای سبز پرداخته شده است (دلفان آذری و همکاران، ۱۳۹۷). علاوه بر این موارد، همواره موضوع بحران آب و چاره‌اندیشی برای کاهش مصرف و استفاده بهینه از آن (نظیر استفاده از گونه‌های درختی در فضای سبز شهری که سرشت ذاتی آنان خشکی‌پسند است؛ در واقع با استفاده از آب کمتر، رویش مطلوبی نسبت به سایر گونه‌ها دارند) در سرزمین‌هایی بوده که نبود آب در آن مناطق به چالشی اساسی تبدیل شده است (حسینیان و بیرمی، ۱۳۹۳). به بیانی دیگر مرور منابع مذکور نشان می‌دهد که برآورد نیاز آبی و تعیین ضریب گیاهی گونه‌های درختی غیر مثمر که در جنگلکاری‌ها و فضای سبز شهری نقش دارند، همواره نسبت به گونه‌های زراعی (زعفران، گندم، جو، ذرت، حبوبات و غیره)، باغی (انگور، پسته، سیب، انجیر، گلابی، به، انبه، پاپایا، موز و غیره) و گونه‌های درختی مثمر که می‌توانند در صورت استفاده در فضای سبز شهری نقش داشته باشند (عناب، خرما، سنجد، بادام، انار، سماق، زرشک و غیره)، بسیار ناچیز و اندک است. در واقع ارزش اقتصادی گونه‌های مثمر (گونه‌های زراعی و باغی) سبب شده است که تمرکز تحقیقات نیاز آبی نسبت به گیاهان غیر مثمر بیشتر بر آنان معطوف باشد (عسگری و همکاران، ۱۴۰۰ ب). در واقع آگاهی نسبت به برآورد نیاز آبی و تعیین ضریب گیاهی گونه‌های درختی غیر مثمر به منظور کاربرد در برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت طرح‌های آبیاری و انتقال آب، به عنوان خلاء اطلاعاتی مطرح است. شش گونه‌ی درختی انتخاب شده در این پژوهش بیشترین فراوانی سهم کاشت را در جنگلکاری در شهر رباط‌کریم به خود اختصاص داده‌اند. به علاوه این که بر اساس تحلیل مرور منابع، تا کنون به اهمیت استفاده بهینه از آب در جنگلکاری‌های واقع در مناطق خشک و نیمه‌خشک نسبت به دیگر موضوعات بوم‌شناختی در این مناطق مانند باران‌ربایی (مطهری و عطارد، ۱۳۹۳)، جلوگیری از فرسایش

خاک (کردوانی، ۱۳۹۳)، طوفان‌های شنی و تعدیل دمای هوا (جزیره‌ای، ۱۳۸۹)، کمتر توجه شده است. بنابراین هدف از پژوهش حاضر، برآورد نیاز آبی و تعیین ضریب گیاهی شش گونه‌ی درختی غیر مثمر سازگار و مورد استفاده در جنگلکاری و فضای سبز شهری، در شهر رباط‌کریم است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این مطالعه به منظور تعیین نیاز آبی شش گونه‌ی درختی زبان‌گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill.)، کاج تهران (*Pinus eldarica Medw.*)، آسمان‌دار (*Ailanthus altissima*)، توت نرک (*Morous alba*)، افرای سیاه (*Acer negundo*) و اقاقیا (*Robinia pseudoacacia*) در بازه زمانی اول اردیبهشت الی ۳۰ آبان ماه سال ۱۳۹۷ به مدت زمان ۷ ماه، در گلخانه‌ی سازمان سیما، منظر و فضای سبز شهرداری رباط‌کریم با متوسط طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۰۴ دقیقه و متوسط عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۸ دقیقه و ارتفاع متوسط از سطح دریا برابر ۱۰۵۰ متر انجام شد. بر اساس طبقه‌بندی اقلیم‌نمای دومارتن، منطقه‌ی مورد مطالعه دارای آشکوب اقلیمی خشک (حدود شاخص خشکی بین ۹/۹۹-۰) و بر اساس طبقه‌بندی اقلیم‌نمای دومارتن گسترش یافته، گروه اقلیمی منطقه‌ی مورد مطالعه، گرم است (خلیلی و همکاران، ۱۳۷۰) با میانگین بارش سالانه ۱۴۷/۶ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۷/۷ درجه سانتی‌گراد در طی سال‌های آماری ۲۰۲۱ -۲۰۰۴ از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فرودگاه امام خمینی (ره)، به عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه‌ی مورد مطالعه، است (عسگری و همکاران، ۱۴۰۱). همچنین متوسط تبخیر سالانه از سطح تشتک تبخیر و متوسط سالانه تبخیرتعرق مرجع در طی سال‌های آماری مذکور، به ترتیب برابر با ۲۵۳۷ میلی‌متر و ۲۱۸۱/۸ میلی‌متر است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

ویژگی	واحد	مقدار
شن	%	۴۶/۴
سیلت	%	۲۴
رس	%	۲۹/۶
هدایت الکتریکی (EC)	$dS.m^{-1}$	۳
pH	---	۶/۳۳
جرم مخصوص ظاهری	$gr.cm^{-3}$	۱/۴۳
ظرفیت زراعی	% حجمی	۳۱/۵۷
نقطه پژمردگی	% حجمی	۱۳/۴۶

مهیا سازی بستر کاشت

تمام نهال‌های مورد استفاده در پژوهش دو ساله بوده و از نهالستان بزرگ کرج تهیه شدند. تلاش شد تا نهال‌های انتخابی شاداب، سالم و از نظر ابعاد (قطر بن و ارتفاع) به هم نزدیک باشند. با توجه به میانگین حداکثر عمق توسعه ریشه‌ی نهال‌های دو ساله‌ی مورد مطالعه که برابر با ۲۰ سانتی‌متر بود، کاشت نهال‌ها در میکرولایسیمترهایی(گلدان‌هایی) به قطر متوسط ۲۰ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر انجام شد. در این مطالعه از بافت خاک لوم- سیلت- رس، بر اساس مثلث بافت خاک (جدول ۱) استفاده گردید. فرآیند کاشت نهال‌های مورد استفاده در آذر ماه سال ۱۳۹۶ انجام شد. برای سهولت زهکشی و افزایش هدایت هیدرولیکی،کف میکرولایسیمترها به ضخامت یک سانتی‌متر شن ریخته شد (شکل ۱). از ابتدای آذر ماه ۱۳۹۶ (کاشت نهال‌ها) تا اردیبهشت ۱۳۹۷، به مدت ۶ ماه، تلاش شد تا از نهال‌ها به خوبی مراقبت به عمل آید و در محیط جدید به دور از هر نوع تنشی استقرار پیدا کنند. این پژوهش با طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی در ۱۰ تکرار انجام شد.

اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک

برای اعمال تیمار های تنش آبی، تعداد ۱۰ اصله نهال به ازای هر گونه‌ی درختی (۶*۱۰) انتخاب شدند. با توجه به ریسک خشک شدن نهال‌ها و یا هر اتفاق دیگری که منجر به مرگ نهال شود، تعداد هر واحد آزمایش به پنج اصله افزایش یافت (۵+۱۰) (جمعاً تعداد ۶۰ اصله نهال). در گام نخست، رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه‌ی پژمردگی دائم به روش صفحات فشاری اندازه‌گیری شدند. از اول اردیبهشت ۱۳۹۷، پس از آبیاری سنگین نهال‌های کاشت شده، بین ۲۴ الی ۴۸ بعد، رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی رسیده و پایش رطوبت خاک با گذشت زمان از نقطه ظرفیت زراعی به صورت روزانه و در ساعت مقرر (۷ الی ۸ صبح) انجام شد. پایش رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه هم با استفاده از دستگاه Soil Moister Meter مدل MO750 ساخته‌ی کمپانی Extech در کشور ایالات متحده (برای تعیین زمان رسیدن به رطوبتی که باید آبیاری صورت گیرد) با واحد درصد رطوبت حجمی[1] انجام شد (شکل ۱).

حال با اعمال نقاط رطوبتی ظرفیت زراعی و نقطه‌ی پژمردگی دائم، برنامه‌ریزی آبیاری برای هر یک از تیمارها تهیه و آبیاری و جبران نقصان رطوبتی (SMD[2]) بر اساس آن انجام گرفت. جبران نقصان رطوبتی هنگامی انجام می‌گردد که نقطه MAD[3] فرا رسیده باشد.

1 Volumetric Water Content (%)
2 Soil Moister Deficit
3 Management Allowable Depletion

شکل ۱ – آماده‌سازی بستر کاشت و زهکش‌ها (شکل چپ)، پایش و اندازه‌گیری رطوبت با خاک با دستگاه Soil Moisture Meter (شکل راست)

در واقع نقطه‌ی MAD نقطه‌ای است که نشان دهنده‌ی اولین علائم ظاهری گیاه نسبت به فقدان رطوبت باشد (عسگری و همکاران، ۱۴۰۰ الف). در فاز آخر مطالعه، به منظور تبدیل واحد تبخیرتعرق گیاه از درصد رطوبت حجمی به میلی‌متر، از رابطه (۱) زیر استفاده شد:

$$\theta_v = \frac{\forall_w}{\forall_t} = \frac{d_w \times A}{d_t \times A} = \frac{d_w}{d_t} \quad (۱)$$

که در آن θ_v رطوبت حجمی خاک (درصد)، $\forall_w$ حجم آب و $\forall_t$ حجم کل خاک، A مساحت قاعده میکرولایسیمتر (میلی‌متر مربع)، d_w عمق آب (میلی‌متر) و d_t عمق کل خاک است.

محاسبه‌ی تبخیرتعرق مرجع ET_0

کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی و سازمان خوار و بار جهانی (FAO)، معادله‌ی فائو پنمن مانتیث ۵۶ (PMF-56) را به عنوان یک روش استاندارد برای محاسبه تبخیرتعرق مرجع (ET_0) در شرایط تغییر اقلیم و برای اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک معرفی کرده‌اند (بنی‌هاشمی دهکردی و همکاران، ۱۴۰۱). بنابراین در این پژوهش محاسبه‌ی تبخیرتعرق مرجع به روش PMF-56 برای شهر رباط‌کریم با استفاده از داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک فرودگاه امام خمینی (ره) (به عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه‌ی مورد مطالعه) در بازه‌ی زمانی انجام پژوهش (اول اردیبهشت الی پایان آبان ماه سال ۱۳۹۷)، انجام شد.

تعیین ضریب گیاهی (K_c)

K_c نشان‌دهنده یکپارچگی اثر ارتفاع گیاه، مقاومت گیاه – خاک و ضریب بازتاب سطح است که با استفاده از تعریف ET_0 تعیین می‌شود. مقدار K_c بستگی به درصد پوشش گیاه، رطوبت خاک و سن گیاه دارد. به همین دلیل با تغییر پارامترهای فوق، ضریب K_c نیز در طول فصل تغییر می‌کند. برای تعیین ضریب گیاهی با اندازه‌گیری تبخیرتعرق واقعی در طول دوره رشد گیاه، مقدار K_c از رابطه (۲) تعیین شد:

که در این رابطه ET_0 تبخیرتعرق گیاه مرجع (واحد)، ET_c تبخیرتعرق واقعی گیاه و K_c ضریب گیاهی است.

$$K_c = ET_c / ET_0 \quad (۲)$$

نتایج و بحث

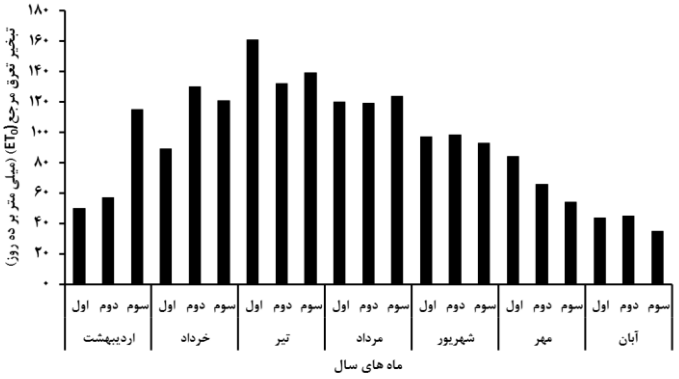
بر اساس شکل (۲) نتایج محاسبه‌ی تبخیرتعرق مرجع در بازه‌ی زمانی مطالعه نشان می‌دهد که روند تغییرات حالت گوسی شکل دارد و مقدار بیشینه و کمینه آن به ترتیب در دهه‌ی دوم مرداد (۳۶۳ میلی‌متر در ۱۰ روز) و دهه‌ی سوم آبان ماه (۱۲۵ میلی‌متر در ۱۰ روز) است. همچنین پس از دهه‌ی دوم مرداد ماه، روند تبخیرتعرق مرجع تا پایان بازه‌ی زمانی انجام مطالعه (آبان ماه ۱۳۹۷)، به صورت نزولی است (شکل ۲).

نمودارهای تبخیرتعرق (ET_c) شش گونه‌ی مورد مطالعه بر حسب میلی‌متر در ۱۰ روز در طی بازه‌ی زمانی پژوهش (۷ ماه) مطابق با شکل ۳ است. به طور کلی مقدار تبخیرتعرق از دهه‌ی دوم اردیبهشت ماه برای تمامی گونه‌ها حالت افزاینده دارد. این روند صعودی تا مرداد ماه ادامه داشته و در فصل پاییز و به طور مشخص آبان ماه در حداقل میزان خود قرار دارد. به طور کلی در میان شش گونه‌ی مورد بررسی، بیش‌ترین میزان تبخیرتعرق به ترتیب مربوط به گونه‌های توت نرک

(۱۴۶ میلی‌متر) در دهه‌ی اول تیر ماه، زبان‌گنجشک (۱۴۲ میلی‌متر) در دهه‌ی اول تیر ماه و افرای سیاه (۱۲۸/۲ میلی‌متر) در دهه‌ی اول تیر ماه است (شکل ۳). کم‌ترین میزان تبخیرتعرق نیز به ترتیب مربوط به گونه‌های کاج تهران (۱۰/۱ میلی‌متر)، آسمان‌دار (۱۱/۲۴ میلی‌متر) و اقاقیا (۱۶ میلی‌متر) می‌باشد که هر سه متعلق به دهه‌ی سوم آبان ماه است (شکل ۳).

نتایج این تحقیق نشان داد که تبخیرتعرق هر شش گونه‌ی مورد مطالعه در فصل تابستان و در ماه تیر به طور ویژه نسبت به سایر ماه‌ها در مقدار بیشینه قرار دارد که این امر با مطالعه‌ی احمدالی و همکاران (۱۳۹۹) و رحیمی و همکاران (۱۳۹۹) مطابقت دارد. در این دو پژوهش نیز، نیاز آبی زیتون تلخ و ارغوان در ماه تیر نسبت به سایر ماه‌ها در حداکثر مقدار قرار داشته است. در پژوهش حاضر تبخیرتعرق واقعی یا به تعبیری دیگر، میزان رطوبت مصرفی گونه‌ی زبان‌گنجشک در دهه‌ی اول تیر ماه ۱۴۲ میلی‌متر، کاج تهران در دهه‌ی تیر ماه ۸۵/۲ میلی‌متر، افرای سیاه در دهه‌ی اول تیر ماه ۱۲۸/۲ میلی‌متر، توت نرک در دهه‌ی اول تیر ماه ۱۴۶ میلی‌متر، آسمان‌دار در دهه‌ی اول تیر ماه ۱۲۰/۶ میلی‌متر و اقاقیا در دهه‌ی اول تیر ماه ۱۲۷/۲ میلی‌متر، برای هر گونه نسبت به سایر ماه‌های مورد بررسی در مقدار بیشینه خود قرار دارد. از میان شش گونه‌ی مورد بررسی، تنها گونه‌ی کاج تهران گونه‌ای همیشه سبز بوده و سایر گونه‌ها خزان کننده می‌باشند. در واقع خزان گونه‌ی کاج در تمام روزهای سال رخ می‌دهد و صرفاً در فصل پاییز نمی‌باشد (ثابتی، ۱۳۹۵). گونه‌های درختی که دارای برگ مرکب شانه‌ای هستند (نظیر زبان‌گنجشک، افرای سیاه، آسمان‌دار و اقاقیا) در هنگام مواجه با کم‌آبی و یا افزایش دمای هوا، برگ‌ها به سرعت تغییر رنگ داده و شروع به زرد شدن و خزان زودرس می‌کنند (جوانشیر خویی، ۱۳۶۳). همچنین برگ‌های نورسته نیز به لحاظ اندازه کوچک‌تر شده تا شاخص سطح برگ نیز کاهش پیدا کند (دلفان آذری و همکاران، ۱۳۹۸)

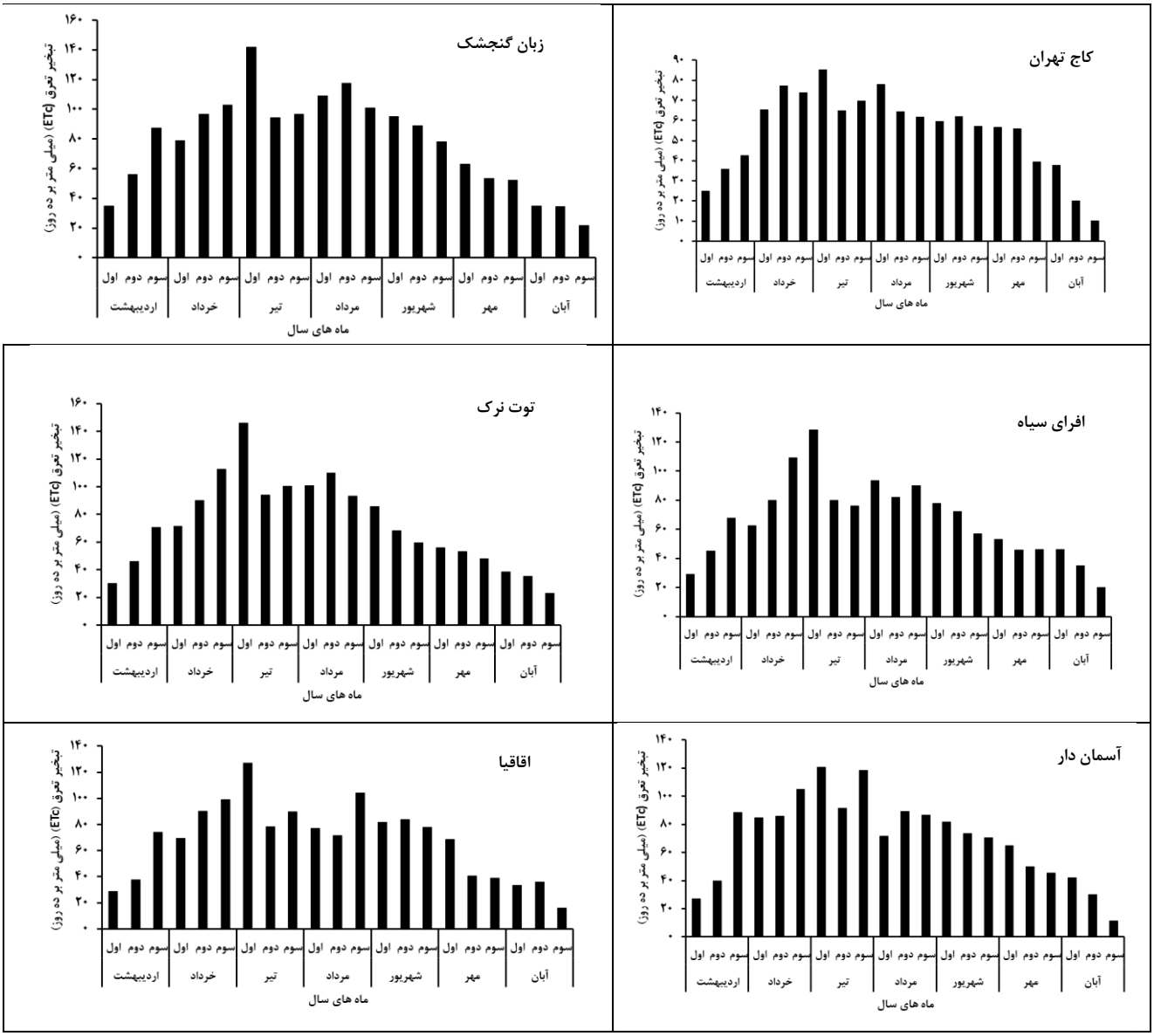
پر واضح است که در ماه تیر، دمای هوا نسبت به سایر ماه‌ها به طور چشمگیری افزایش پیدا می‌کند. این امر منجر به افزایش نیاز آبی و رطوبت مصرفی از سوی گیاه و همچنین افزایش تبخیر از سطح خاک می‌شود. شرایط گلخانه‌ی شهرداری رباط‌کریم به نحوی بوده است که تمام نهال‌های درختی در مقابل تابش نور مستقیم خورشید قرار داشتند، به طوریکه در تیر ماه، متوسط دمای حداکثر روزانه گاهاً در ساعات ۱۳ الی ۱۵ به ۴۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسید. شایان ذکر است که به دلایل نبود امکانات، امکان فراهم نمودن سایه‌بان برای نهال‌های مورد مطالعه مقدور نبود. همچنین رنگ میکرولایسیمترها (گلدان‌ها) که تماماً سالم و هم‌اندازه بودند، به رنگ سیاه بود. رنگ سیاه بر خلاف رنگ سفید، آلبدوی بسیار کمی دارد (عطارد و صادقی، ۱۳۹۶)، بنابراین تمام مقادیر حرارت و گرما را به خود جذب کرده که این امر خود دلیلی بر افزایش بسیار چشمگیر رطوبت مصرفی آب (به طور ویژه تبخیر از سطح خاک) است.



شکل ۲ - مقدار تبخیرتعرق مرجع (ET_0) ۱۰ روزه در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه

از سویی دیگر، حداقل میزان رطوبت مصرفی برای تمام گونه‌های مورد مطالعه مربوط به فصل پاییز و به طور مشخص آبان ماه است که دلیل آن خزان گونه‌های درختی (ثابتی، ۱۳۹۵)، حداقل شدن فرآیند فتوسنتز (فهیمی، ۱۳۹۴) برای گونه‌ی کاج تهران (به عنوان گونه‌ی سوزنی برگ همیشه سبز) و مایل تابیدن نور خورشید در فصل پاییز (عطارد و صادقی، ۱۳۹۶) است که منتهی به کاهش دمای هوا و در نتیجه کاهش تبخیر (تبخیر رطوبت از سطح خاک) می‌شود. این امر که در واقع به سبب توقف فرآیند فتوسنتز و پیری و خزان برگ‌ها در فصل پاییز روی می‌دهد، با تحقیق‌های احمدالی و همکاران (۱۳۹۹) و رحیمی و همکاران (۱۳۹۹) مطابقت دارد. در گونه‌ی کاج تهران به دلیل همیشه سبز بودن، فرایند فتوسنتز در تمام ایام سال انجام می‌شود. بنابراین می‌توان کاهش رطوبت مصرفی گونه‌ی کاج

تهران در فصل پاییز را با فرض انجام شدن فتوسنتز با نرخی ثابت به اندازه‌ی سایر ماه‌ها یا با فرض انجام شدن فتوسنتز با نرخی کمتر نسبت به سایر ماه‌ها، به کاهش دمای هوا و به حداقل رسیدن تبخیر از سطح خاک نسبت داد که این امر با پژوهش دلفان‌آذری و همکاران (۱۳۹۷) هم راستا است.

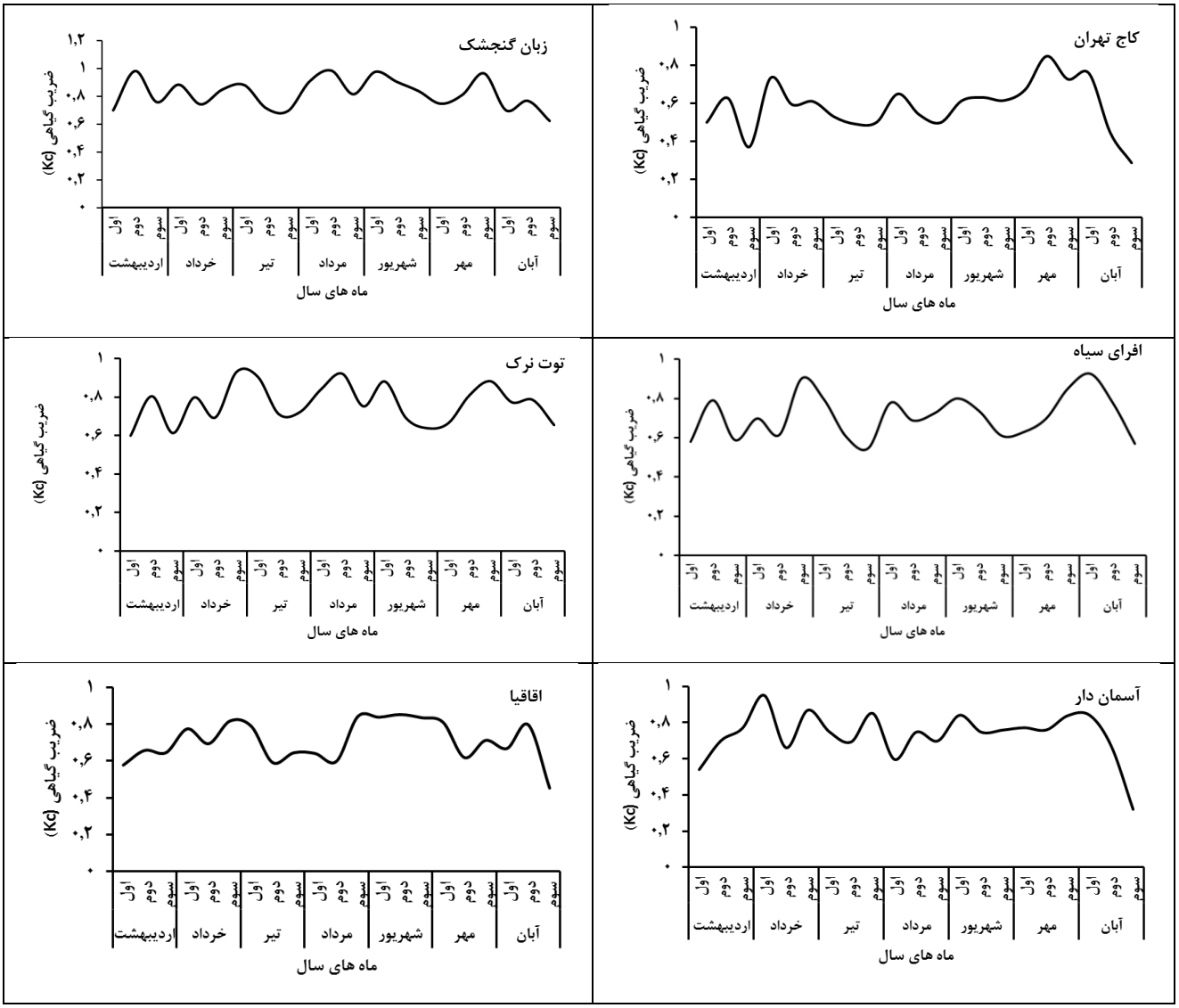


شکل ۳- تبخیرتعرق (ET_c) نهال‌های گونه‌های درختی مورد مطالعه طی بازه‌ی زمانی پژوهش (میلی‌متر بر ده روز)

به نظر می‌رسد استفاده از بافت خاک سنگین در میکرولایسیمترها، نظیر بافت لومی- رس، سبب نگهداشت بیشتر رطوبت در خاک و در نتیجه کاهش میزان تبخیر از سطح گلدان‌ها گردد (جلیلوند و اصغری، ۱۳۹۹). برخی بررسی‌ها نشان دادند که گونه‌هایی که دارای برگ مرکب شانه‌ای هستند (نظیر زبان‌گنجشک، آسمان‌دار، افرای سیاه و اقاقیا) در فصل تابستان به دلیل در معرض تنش خشکی و افزایش دما هوا قرار گرفتن، از طریق زرد شدن و ریزش زود هنگام برگ‌ها و همچنین از طریق کاهش اندازه و تولید برگ‌های جدید موجب کاهش شاخص سطح برگ (LAI) می‌شود (دلفان آذری و همکاران، ۱۳۹۸؛ بور و همکاران، ۱۴۰۱). این اقدام در راستای تعدیل در برابر افزایش دما هوا و تنش کم آبیاری است.

روند تغییرات ضریب‌های گیاهی (K_c) شش گونه‌ی مورد مطالعه در طی بازه‌ی زمانی پژوهش (۷ ماه)، مطابق با شکل (۴) نشان داده شده است. به طور کلی روند تغییرات ضرایب گیاهی در ماه‌های خرداد

و تیر سیر صعودی به خود گرفته است. غالباً این روند صعودی تا اواخر شهریور الی اوایل مهر ادامه دارد. به طوریکه بیش‌ترین مقدار ضـریب گیاهی برای گونه‌های مورد مطالعه به طور متوسط در ماه مهر اتفـاق می‌افتد. سپس مقدار ضریب گیاهی سیر نزولی به خود گرفته و کاهش پیدا می‌کند. به عبارتی دیگر در دهه‌های دوم و سوم آبان ماه، ضریب گیاهی در مقدار کمینه خود قرار دارد (شکل ۴).



شکل ٤- ضریب‌های گیاهی شش گونه‌ی مورد مطالعه در طی بازه‌ی زمانی پژوهش

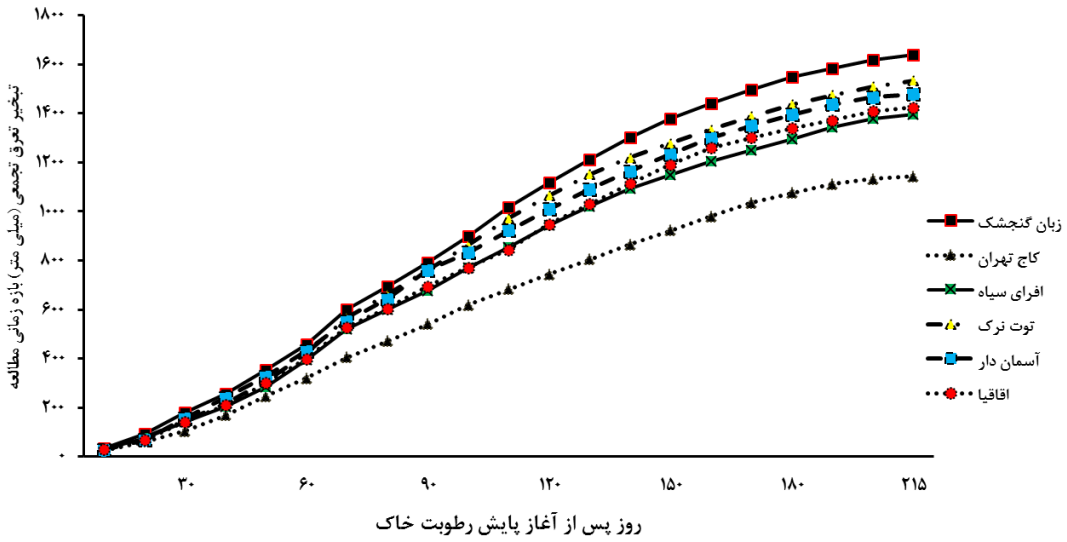
روند تغییرات ضریب‌های گیاهی شش گونـه‌ی مـورد مطالعـه در طی بازه‌ی زمانی پژوهش، دارای نوسـاناتی اسـت. بـه طـور کلـی در مرحله‌ی ابتدایی که تطابق زمانی با برگ‌دهی نهال‌ها (بـرگ‌هـای نـو رسته) در فصل بهار دارد، میزان ضریب گیاهی در حداقل مقدار اسـت. در دو مرحله‌ی رشد و توسعه و مرحله میانی، که تطابق زمانی با فرایند برگ‌دهی کامل[1] و توسعه‌ی ساقه و اندام هوایی دارد، ضریب گیـاهی افزایش پیدا می‌کند. بیش‌ترین مقدار ضریب گیاهی بـرای گونـه‌هـای مورد مطالعه به طور متوسط در ماه مهـر اتفـاق مـی‌افتـد کـه حـدوداً انتهای مرحله‌ی میانی است. سپس در مرحله نهایی با کاهش فعالیـت فتوسنتزی، پیری و خزان برگ‌ها، مقدار ضریب گیـاهی کـاهش پیـدا می‌کند که این نتایج با پـژوهش‌هـای احمـدالی و همکـاران (۱۳۹۹)، رحیمـی و همکـاران (۱۳۹۹) و Mostafazadeh Fard et al. (2019)تطابق دارد. شایان ذکـر اسـت در مطالعـه‌ی حاضـر، امکـان استفاده و مقایسه از ضرایب گیاهی که توسـط FAO[2] معـین گردیـده

1- Full Foliation

2- Food and Agriculture Organization

وجود نداشت. دلیل این امر آن است که غالباً FAO به بررسی ضرایب گیاهی گونه‌های مثمر پرداخته است (احمدالی و همکاران، ۱۳۹۹). علاوه بر آن گونه‌های مورد بررسی توسط FAO در سن باردهی- بذردهی قرار دارند، درحالیکه در پژوهش حاضر، نهال‌ها در سن دو سالگی هستند. بنابراین در چنین شرایطی امکان استفاده و تعمیم نتایج مستخرج FAO به مطالعات این چنینی وجود ندارد.

مقدار نیاز آبی تجمعی گونه‌های مورد مطالعه در طی بازه‌ی زمانی پژوهش (۷ ماه معادل ۲۱۵ روز)، در شکل ۵ نشان داده شده است. ترتیب نیاز آبی تجمعی گونه‌های مورد بررسی از کم‌ترین به بیش‌ترین به ترتیب عبارت از: کاج تهران، افرای سیاه، اقاقیا، آسمان‌دار، توت نرک و زبان‌گنجشک است. همچنین شیب منحنی در هر نقطه، نشان‌دهنده‌ی مقدار نیاز آبی روزانه گیاه است. بنابراین با توجه به شکل ۵ ملاحظه می‌شود که به طور متوسط بیش‌ترین مقدار نیاز آبی گونه‌های درختی مورد بررسی (شیب خط مماس بر منحنی) در روزهای ۵۵ تا ۷۵ از آغاز مطالعه حاضر که همراه با پایش رطوبت خاک بوده است، متعلق به دهه‌ی آخر ماه خرداد و دهه‌ی اول تیر ماه است. در روزهای پایانی مطالعه نیز که برابر با دهه‌های دوم و سوم آبان ماه است، شیب خط مماس بر منحنی سیری نزولی به خود گرفته است که این امر بیانگر کاهش نیاز آبی گونه‌های درختی مورد بررسی در آن بازه‌ی زمانی معین که مطابق با فصل پاییز و خزان بوده است.



شکل ۵- مقدار نیاز آبی تجمعی گونه‌های مورد مطالعه در طی بازه‌ی زمانی پژوهش

مقدار نیاز آبی تجمعی گونه‌های مورد مطالعه در طی بازه‌ی زمانی پژوهش (شکل ۵) نشان می‌دهد که ترتیب نیاز آبی تجمعی گونه‌های مورد بررسی از کم‌ترین به بیش‌ترین در وضعیت مشابه (الگوی آبیاری، بافت خاک و شرایط محیطی یکسان) به ترتیب عبارت از: کاج تهران، افرای سیاه، اقاقیا، آسمان‌دار، توت نرک و زبان‌گنجشک است. در واقع گونه‌ی کاج تهران کم‌ترین سهم مصرف آب را نسبت به سایر گونه‌های مورد مطالعه و در طول بازه‌ی زمانی مورد مطالعه دارا است که این امر با بررسی دلفان آذری و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت دارد. در نقطه‌ی مقابل نیز، گونه‌ی زبان‌گنجشک بیش‌ترین سهم مصرف آب را نسبت به سایر گونه‌های مورد مطالعه و در طول بازه‌ی زمانی مورد مطالعه دارا است.

نتیجه‌گیری

با توجه به محدودیت منابع آب در مناطق خشک و نیمه خشک، ضروری است تا مقدار مهم‌ترین مولفه‌ی هیدرولوژیک که تبخیرتعرق گیاه است، برآورد شود (بنی‌هاشمی دهکردی و همکاران، ۱۴۰۱). آگاهی از نیاز آبی و رطوبت مصرفی گونه‌های گیاهی کمک می‌کند تا همواره از کم‌آبیاری یا پرآبیاری پرهیز شود که این امر سبب صرفه جویی در مصرف آب و عنایت به آبیاری بهینه می‌شود (Mostafazadeh Fard et al., 2019). همچنین برنامه‌ریزی، طراحی شبکه‌های آبیاری، ساخت مخازن و سازه‌های نگهداشت آب و استفاده از نیروی انسانی به نحو کارآمدتر همراه با راندمان بیشتری مورد استفاده قرار خواهد گرفت (عسگری و همکاران، ۱۴۰۰ ب). به طور کلی به دلیل نامشخص بودن نیاز آبی گونه‌های گیاهی مورد استفاده در جنگلکاری‌ها و فضای سبز، آگاهی از تعیین ضریب گیاهی

و نیاز آبی گیاهان امری بسیار حایز اهمیت است.

نتایج این پژوهش نشان می دهد که نیاز آبی گونه‌ی کاج تهران در فصل تابستان که همراه با افزایش دمای هوا و به حداقل رسیدن بارش است، نسبت به سایر گونه‌های مورد مطالعه، در کم‌ترین مقدار قرار دارد. به همین منظور استفاده از گونه‌ی کاج تهران در جنگلکاری‌ها و فضای سبز پیشنهاد می‌شود. شایان ذکر است که در این پژوهش نیاز آبی شش گونه‌ی درختی رایج در جنگلکاری‌ها و فضای سبز در شهر رباط‌کریم محاسبه شد. توصیه می‌گردد در پژوهش‌های آتی، نیاز آبی سایر گونه‌های رایج درختی نظیر زیتون تلخ، چنار و سرو شیراز نیز محاسبه شود. همچنین پیشنهاد می‌شود که در طول بازه‌ی زمانی برآورد نیاز آبی گونه‌ها در مناطق خشک، روند تغییرات خصوصیات مورفولوژیک و به طور ویژه شاخص سطح برگ[1] نهال‌ها بررسی شود. از آنجایی که آگاهی از نیاز آبی یکی از مهم‌ترین پیش‌شرط‌های جنگلکاری و توسعه‌ی فضای سبز در مناطق خشک است، چنین پژوهش‌هایی می‌تواند نسبت به انتخاب مناسب‌ترین گونه‌ها و آبیاری بهینه (جلوگیری از کم آبیاری و پر آبیاری) در مناطق خشک حائز اهمیت باشد و همچنین کمک شایانی به بخش اجرایی (سازمان فضای سبز شهرداری‌ها و همچنین ادارات منابع طبیعی)، به طور ویژه در شرایط کنونی بحران آب و یا ورشکستگی آبی نماید.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از همکاری سازمان فضای سبز شهرداری رباط‌کریم نهایت تشکر و قدردانی را دارند. همچنین نویسندگان، سپاس و تشکر قلبی و صمیمانه خویش را به کارگران خدوم و زحمت‌کش سازمان فضای سبز ابراز می‌دارند.

منابع

احمدالی، خ.، رحیمی، ح. و اعتماد، و. ۱۳۹۹. اثر بافت خاک و سطوح مختلف آبیاری بر نیاز آبی و ضریب گیاهی زیتون تلخ (*Melia azedarach* L.) در منطقه کرج، مجله‌ی تحقیقات آب و خاک ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۵۱ (۱۲): ۳۱۹۵- ۳۲۰۵.

امیرمحمدخانی، الف.، پورغلام آمیجی، م.، سهرابی، ت. و لیاقت، ع. ۱۳۹۹. اثر سطوح مختلف تنش آبی در دو سامانه آبیاری قطره‌ای نواری سطحی و زیرسطحی بر عملکرد و بهره وری آب ذرت، مجله‌ی مدیریت آب و آبیاری، ۱۰ (۲): ۲۴۷-۲۶۴.

بنی‌هاشمی دهکردی، س.ن.، بختیاری، ب.، قادری، ک. و احمدی، م.م. ۱۴۰۱. کاربرد الگوریتم هوشمند جهش قورباغه جهت واسنجی چند مدل تابش با هدف ارتقای دقت برآورد تبخیرتعرق مرجع در دو نمونه اقلیمی ایران، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۶ (۲): ۲۶۷-۲۷۹.

بور، ز.، حسینی، س.م.، سلیمانی، الف.، طاهری آبکنار، ک. ۱۴۰۱. بررسی زنده‌مانی، رویش و فیزیولوژی شش گونه جنگلکاری شده تحت رژیم‌های مختلف آبیاری، فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل، ۸ (۱): ۱۱۱-۹۷.

بوستانی، الف. و انصاری، ح. ۱۳۹۰. بررسی رویکرد مصرفی در مدیریت تقاضای آب شهری. فصلنامه نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی. ۹ (۳۳): ۵۲-۴۸.

ثابتی، ح.الف. ۱۳۹۵. جنگل‌ها، درختان و درختچه‌های ایران، انتشارات دانشگاه یزد، چاپ ششم، ۸۰۶ صفحه.

جزیره‌ای، م. ۱۳۸۹. جنگلکاری در خشکبوم، انتشارات دانشگاه تهران، شماره‌ی ۲۴۷۶، چاپ سوم، ۵۳۲ صفحه.

جلیلوند، ح. و اصغری، خ. ۱۳۹۹. اثر توده‌های تخریب شده (بهره‌برداری شده) و تخریب نشده (بهره‌برداری نشده) درختان جنگلی بر خصوصیات و ذخیره کربن خاک، نشریه تخریب و احیاء اراضی طبیعی، ۲ (۱): ۲۶-۳۴.

جوانشیر خویی، ک. ۱۳۶۳. سوزنی برگان؛ جلد ۱، انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، چاپ اول، ۵۵۰ صفحه.

حسینیان، الف. و بیرمی، م. ۱۳۹۳. آب پنهان؛ نگاهی متفاوت به گران‌بهاترین دارایی زمین- جلد اول، نشر مثلث، چاپ اول، ۲۰۷ صفحه.

خسروشاهی، م. ۱۳۹۲. محاسبه نیاز آبی گونه سمر (*Prosopis juliflora*) در چند ناحیه رویشی خلیج عمانی ایران، مجله ی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱ (۲): ۳۰۰-۳۱۵.

خلیلی، ع. و حجام، پ. ۱۳۷۰. تقسیمات آب و هوا، انتشارات وزارت نیرو. طرح جامع آب کشور (جاماب)، ۲۵۹ صفحه.

دحیماوی، ع.، آخوندعلی، ع.م.، شیروانیان، ع. و برومند نسب، س. ۱۳۹۷. استخراج و وزن دهی شاخص های معرف اصول حکمرانی آب کشاورزی در شبکه های آبیاری و زهکشی خوزستان، مجله‌ی حقیقات منابع آب ایران، ۱۴ (۴): ۲۳۵-۲۴۵.

دلفان آذری، ن.، رستمی شاهراجی، ت.، غلامی، و. و هاشمی گرم‌دره، س.الف. ۱۳۹۷. برآورد نیاز آبی و ارزیابی سطوح مختلف آبیاری بر پارامترهای رشدی نهال های کاج تهران، (مطالعهٔ موردی: تهران)، مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران، ۱۰ (۲): ۲۵۰-۲۳۷.

دلفان آذری، ن.، رستمی شاهراجی، ت.، غلامی، و. و هاشمی گرم‌دره،

1 Leaf Area Index

س.الف. ۱۳۹۸. تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر شاخص‌های رشدی نهال‌های زبان‌گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill.) در فضای سبز شهر تهران، مجله‌ی پژوهش و توسعه‌ی جنگل، ۵ (۲): ۲۲۹-۲۴۴.

راد، م.ه.، عصاره، م. ح.، وظیفه‌شناس، م.ر.، کاوند، ع. و سلطانی گردفرامرزی، م. ۱۳۹۹. ارزیابی سطوح مختلف آبیاری بر تبخیر تعرق، ضریب گیاهی و عملکرد عناب (*Ziziphus jujuba* Mill.) در شرایط لایسیمتر، مجله‌ی آب و خاک ایران، ۳۴ (۴): ۸۴۷-۸۶۰.

رحیمی، ح.، احمدالی، خ. و اعتماد، و. ۱۳۹۹. تعیین ضریب‌گیاهی ارغوان (*Cercis siliquastrum* L.) در خاک و سطوح مختلف آبیاری، نشریه علمی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۴ (۶): ۲۰۱۱-۲۱۰۰.

رحیمی خوب، ح.، سهرابی، ت. و دلشاد، م. ۱۴۰۰. تحلیل حساسیت روش‌های برآورد تبخیرتعرق گیاه مرجع به تغییرات فاکتورهای هواشناسی در شرایط گلخانه، نشریه علمی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۵ (۲): ۳۰۷-۳۱۵.

رهنما، س.، بختیاری، ب. و رضایی استخروئیه، ع. ۱۳۹۶. برآورد تبخیر تعرق واقعی و ضریب گیاهی گیاه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) در اقلیم خشک کرمان، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۱ (۲): ۹۷-۱۱۰.

زهتابیان، غ.، فرشی، الف.غ. ۱۳۷۸. برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز در مناطق خشک، مجله منابع طبیعی، ۵۲ (۱): ۱-۱۵.

سجودی، ز.، میرزایی، ف. ۱۳۹۹. تعیین نیاز آبی گیاهان فضای سبس شهری، نشریه‌ی مدیریت آب و آبیاری، ۱۰ (۱): ۱۳۱-۱۴۱.

عسگری، م.، جوانمیری‌پور، م.، اعتماد و. و لیاقت، ع. ۱۴۰۰ الف. بررسی نیاز آبی گونه‌های زبان‌گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill.) و توت نرک (*Morus alba*) تحت تنش‌های مختلف آبی در منطقه خشک (مطالعه موردی: شهر رباط‌کریم)، اکوهیدرولوژی، ۸ (۱): ۱۶۱-۱۷۶.

عسگری، م.، جوانمیری‌پور، م.، اعتماد، و.، لیاقت، ع. و زارع، س. ۱۴۰۰ب. برآورد نیاز آبی گونه‌های افرای سیاه و کاج تهران در فضای باز و گلخانه (مطالعه موردی: شهر رباط‌کریم)، مجله‌ی تحقیقات آب و خاک ایران (مجله علوم کشاورزی ایران)، ۵۲ (۱۰): ۲۵۹۴-۲۵۸۱.

عسگری، م.، جوانمیری‌پور، م.، اعتماد، و. و عسگری، م. ۱۴۰۱. بررسی روش های مدیریت سنتی تامین آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک مرکزی ایران؛ مطالعه‌ی موردی: شهر رباط‌کریم، فصلنامه علمی مطالعات محیط زیست، منابع طبیعی و توسعه پایدار، سال ۶، شماره ۱ (پیاپی: ۱۹)، بهار ۱۴۰۱، ۱۴ صفحه.

عطارد، پ. و صادقی، س. م.م. ۱۳۹۶. اکوهیدرولوژی جنگل، انتشارات سازمان جهاد دانشگاهی تهران، چاپ اول، ۲۶۲ صفحه.

علی‌حوری، م. ۱۳۹۶. تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی خرما در مرحله رشد رویشی با استفاده از لایسیمتر، پژوهش آب در کشاورزی (علوم خاک و آب)، ۳۱ (۳): ۳۲۹-۳۴۰.

فهیمی، ح. ۱۳۹۴. تنظیم کننده‌های رشد گیاهی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهارم، ۲۱۴ صفحه.

کردوانی، پ. ۱۳۹۳. حفاظت خاک، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ یازدهم، ۲۶۴ صفحه.

مطهری، م. و عطارد، پ. ۱۳۹۳. ارزیابی مدل Gash Sparse در برآورد باران ربایی توده کاج تهران (*Pinus eldarica* Medw.) در منطقه‌ی نیمه‌خشک، مجله‌ی جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران، ۶ (۱): ۸۷-۹۸.

موذن‌پور کرمانی، م.، محمدی محد آبادی، الف.، بادیه‌نشین، ع. و نوری، ح. ۱۳۹۶. اندازه‌گیری تبخیر تعرق و ضریب گیاهی پسته در منطقه رفسنجان، دو فصلنامه هواشناسی کشاورزی، ۵ (۲): ۴۷-۵۵.

Amiri, M.J. and Eslamian, S.S. 2010. Investigation of climate change in Iran, Journal of Environmental Science and Technology. 3 (4): 208-216.

Arayaa, A., Leo Stroosnijder, G., Girmay, S. and Keesstra, D. 2011. Crop Coefficient, Yield Response to Water Stress and Water Productivity of Teff (*Eragrostis tef* (Zucc). Journal of Agricultural Water Management. 98: 775-783.

Barbosa, O., Tratalos, J. A., Armsworth, P. R., Davies, R. G., Fuller, R. A., Johnson, P. and Gaston, K. J. 2007. Who benefits from access to green space? A case study from Sheffield, UK. Journal of Landscape and Urban Planning. 83(2-3): 187-195.

Mostafazadeh Fard, B., Heidarpour, M., and Hashemi, S.E. 2019. Species factor and evapotranspiration for an Ash (*Fraxinus rotundifolia* Mill.) and Cypress (*Cupressus arizonica*) in an arid region. Australian Journal of Crop Science. 3(2): 71-82

Najm, A.A., Abdulhameed, I.M. and Sulaiman, S.O. 2020. Water Requirements of Crops under Various Kc Coefficient Approaches by Using Water Evaluation and Planning (WEAP). International Journal of Design & Nature and Ecodynamics. 15 (5): 739-748.

Petralli, M., Massetti, L., Brandani, G. and 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.

Wolf, D. and Lundholm, J.T. 2008. Water uptake in green roof microcosms: effects of plant species and water availability. Journal of Ecology Engineering. 33, 179-186.

Zanotelli, D., Montagnani, L., Andreotti, C. and Tagliavini, M. 2019. Evapotranspiration and crop coefficient patterns of an apple orchard in a sub-humid environment, Journal of Agricultural Water Management. 226 (1): 1-12.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.6, Vol. 16, Feb.-Mar. 2023, p. 1112-1123

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۶، بهمن - اسفند ۱۴۰۱، ص. ۱۱۲۳-۱۱۱۲

Estimation of Water Requirement and Plant Coefficient of Adaptive Tree Species for Afforestation and Expanding of Green Space in Arid Region (Case Study: Robat Karim)

M. Asgari[1], M. Javanmiri Pour[2], V. Etemad[3*], A. Liaghat[4]
Recived: Jul.29, 2022 Accepted: Sep.18, 2022

Abstract

The objective of irrigation operations in arid region areas is to make favorable humidity conditions for plants. The current study probes the water requirement and plant coefficient of adaptive tree species treated for afforestation and urban green space in the Robat Karim. To determine the water requirement of biennial species of Ash, Tehran pine, Tree of heaven, Berry, Black maple, and Black locust, in the period from 1 May to 20 November 2018 for 7 months, soil moisture monitoring daily was monitored on the greenhouse of Robat Karim's municipality. According to the results, among the six studied species, the highest rate of evapotranspiration include the Berry, the Ash, and the Black maple (146, 142, and 128.6 mm) in the first decade of July, respectively. The lowest evapotranspiration rates include the Tehran pine, the Tree of heaven (11/24 mm), and the black locust (10.1, 11.24 and 16 mm) in the third decade of November, respectively; all three belong to the third decade of November. Similarly, the variations trend in plant coefficients was minimal in the initial stage. The highest plant coefficient for the studied species occurs on average in October, which is about the end of the middle stage. Then, in the final stage, with decreasing photosynthetic activity, aging, and leaf fall (November), the amount of plant coefficient decreases. The quantity of cumulative water requirement of the studied species also shows that the order of cumulative water requirement of the studied species involves Tehran pine, Black maple, Black locust, Tree of heaven, Berry, and Ash.

Keywords: Afforestation, Arid Climate, Crop Coefficient, Evapotranspiration, Soil Moisture

1- Ph.D. Student of Forest Biological Sciences, University of Tehran, Faculty of Natural Resources, , Karaj, I.R. Iran
2- Ph.D. Graduated, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran
3-Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran
4- Professor, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran
(*- Corresponding Author Email:Vetemad@ut.ac.ir)