DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijfpr.2012.6104

فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۰ شمارهٔ ۱، صفحهٔ ۱۰۹-۹۶، (۱۳۹۱)

ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش و تأثیر آن بر باران‌ربایی توده کاج تهران در منطقه نیمه‌خشک

مریم‌السادات مطهری[۱] و پدرام عطارد[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. پست الکترونیک: attarod@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰٤/۱٤ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۹/۰۸

چکیده

تحقیق حاضر با هدف برآورد میزان ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش و تاج‌بارش مستقیم در توده جنگل‌کاری شده کاج تهران (*Pinus eldarica* Medw.) در پارک جنگلی چیتگر واقع در منطقه نیمه‌خشک با بارندگی سالیانه ۲٦۷/٦ میلی‌متر و دمای سالیانه ۱۷/۲ درجه سانتی‌گراد انجام شد. میزان بارندگی در هر بارش توسط ٦ عدد جمع‌آوری کننده باران در یک محیط باز واقع در نزدیکی توده هدف و تاج‌بارش توسط ٤٥ عدد جمع‌آوری کننده نصب شده به‌صورت تصادفی در سطح توده، از مهر ۱۳۸۸ تا اردیبهشت ۱۳۸۹ اندازه‌گیری گردید و باران‌ربایی به‌طور غیرمستقیم با تفاضل تاج‌بارش از مقدار بارندگی در هر بارش برآورد شد. در این مدت، در مجموع ١٦٤/٨ میلی‌متر باران ثبت شد که از این مقدار، ٦١/٢ میلی‌متر آن به باران‌ربایی و ۱۰۳/٦ میلی‌متر آن به تاج‌بارش اختصاص یافت. مقدار ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش با ۳ روش غیرمستقیم (از نمودار رابطه بین تاج‌بارش و بارندگی در هر بارش) Leyton، Gash و Morton و Pypker- Jackson به‌ترتیب ۱/۷ میلی‌متر، ۱/٤ میلی‌متر و ۱/۸ میلی‌متر و ضریب تاج‌بارش مستقیم ۰/۱٤۲۲ برآورد شد. در بارندگیهای بیش از ۱/٦ میلی‌متر و کمتر از ۱/٦ میلی‌متر، به‌ترتیب حدود ٤٤ و ۹۱/۳ درصد از مقدار بارندگی در هر بارش به صورت باران‌ربایی از دسترس خارج شد. ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش بخش قابل توجهی از باران‌ربایی را در توده جنگل‌کاری شده کاج تهران در منطقه نیمه‌خشک که رطوبت خاک یک فاکتور محدود کننده در رشد گیاه و تولید آن محسوب می‌شود، به خود اختصاص داد.

واژه‌های کلیدی: باران‌ربایی، جنگل‌کاری، کاج تهران، ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش، منطقه نیمه‌خشک.

مقدمه

درختان و به تبع آن جنگلها در چرخه آب در طبیعت تأثیر بسزایی دارند. هنگام بارش، جنگل‌کاریها مانند جنگلهای طبیعی بخشی از بارندگی را جذب کرده و از رسیدن آب باران به سطح زمین جلوگیری می‌کنند و در واقع بخشی از بارندگی را از چرخه آب جنگل خارج می‌کنند.

در اکوسیستم‌های جنگلی، باران با برخورد به تاج‌پوشش درختان به تاج‌بارش (Throughfall: TF)، ساقاب (Stemflow: SF) و باران‌ربایی (Interception: I) تقسیم‌بندی می‌گردد. باران‌ربایی یا اتلاف آب باران از سطح تاج درختان بخشی از باران است که توسط تاج درختان گرفته شده و سپس به تدریج از سطح برگها، شاخه‌ها و تنه درختان تبخیر شده و یا توسط درختان جذب می‌شود و به سطح زمین نمی‌رسد (Samba *et al.*, 2001). تاج‌بارش بخشی از باران است که یا بدون برخورد به تاج درخت و از میان حفره‌های تاج‌پوشش به سطح زمین می‌رسد که به آن تاج‌بارش مستقیم (Free throughfall: p) گفته می‌شود و یا پس از برخورد به شاخ و برگ درختان به سطح زمین می‌رسد (احمدی و

همکاران، ۱۳۸۸). بخشی از باران هم پس از جاری شدن بر روی تنه و شاخه‌های درختان به کف جنگل می‌رسد که به این بخش از باران، ساقاب گفته می‌شود (Staelens *et al*., 2008). تقسیم‌بندی بارندگی به بارانربایی، تاج‌بارش و ساقاب بر تراز آبی در نواحی جنگلی تأثیر عمده‌ای دارد (Sraj *et al*., 2008; Levia & Frost, 2003). همچنین بارانربایی در مناطق جنگلی یک فرایند مهم در تراز آبی حوضه‌های آبخیز به شمار می‌آید (Herbst *et al*., 2008).

همانطوری که گفته شد بخشی از آب باران توسط تاج‌پوشش درختان گرفته می‌شود. ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش (Canopy Water Storage Capacity: S) حداقل مقدار آبی است که برای تکمیل ظرفیت تاج‌پوشش لازم است (Gash & Morton, 1978). این مقدار آب یا در اثر تبخیر به اتمسفر برگردانده می‌شود، یا توسط سطح تاج‌پوشش جذب می‌شود و یا در نهایت زمانی که باران قطع شود به سطح زمین می‌رسد (Xiao *et al*., 2000). در واقع ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش به‌عنوان یک عامل کلیدی کنترل کننده میزان بارانربایی معرفی شده (Rutter *et al*., 1971; Gash, 1979; Liu, 1997) و عامل اصلی ساختمان تاج‌پوشش در مدل‌سازی بارانربایی به شمار می‌آید (LIorens & Gallart, 2000).

مقدار ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش در سوزنی‌برگان با پهن‌برگان متفاوت است و مقدار بیشتری را در سوزنی‌برگان نشان می‌دهد (Samba *et al*., 2001). با توجه به اینکه بخشی از بارانربایی صرف تکمیل ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش می‌شود، تعیین این مقدار را برای تفکیک اجزای بارانربایی توجیه می‌کند.

بخشی از باران توسط تاج‌پوشش نگه داشته می‌شود و تا زمانی که تاج‌پوشش اشباع نشده است، قسمت زیادی از باران می‌تواند توسط آن گرفته شود. وقتی تاج‌پوشش اشباع شد، بارانی که بر روی درختان می‌بارد به سطح زمین می‌رسد و بعد از آن بارانربایی تنها بوسیله تبخیر طی بارندگی افزایش می‌یابد (Klaassen *et al*., 1998).

Aussenac & Boulangeat (1980) دریافتند که در شرایط آب و هوایی مشابه، مقدار بارانربایی داخل یک توده جنگلی به مقدار ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش وابسته است. مرور منابع نشان می‌دهد که وقوع پدیده‌های مختلف حیاتی درختان، سطح تاج‌پوشش جنگل را تغییر می‌دهد که بر میزان ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش و بارانربایی اثرگذار است. در واقع مقدار ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش و بارانربایی در جنگلهای خزان‌کننده بین دوره‌های خزان و رویش تغییر می‌کند. به‌عنوان مثال در یک جنگل آمیخته پهن‌برگ در غرب ویرجینیا در فصل تابستان میزان ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش ۶۰ درصد بیشتر از فصل زمستان محاسبه شده است (Zinke, 1967). ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش با افزایش شاخص سطح برگ افزایش یافته و رابطه بین شاخص سطح برگ و ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش وابسته به گونه‌ها بوده و بین جنگلهای جوان و جنگلهای مسن و جنگلهای استوایی و معتدله متفاوت است (Pypker *et al*., 2005).

سطح وسیعی از جنگل‌کاری در کشور را گونه کاج تهران (*Pinus eldarica* Medw) به خود اختصاص می‌دهد، بنابراین آگاهی از میزان بارانربایی و ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش در توده جنگل‌کاری شده با این گونه از اهمیت زیادی برخوردار است. گرچه گونه کاج تهران در کشورهای دیگری هم در سطح جهان در جنگل‌کاریها مورد استفاده قرار می‌گیرد و در مورد بارانربایی جنس کاج تحقیقاتی در سطح جهان انجام شده است، اما تاکنون مطالعات جامعی در مورد بارانربایی و ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش در جنگل‌کاری با این گونه به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک با بارندگی کم انجام نشده است. تنها در زمینه بارانربایی تک درختان

کاج تهران و سرو نقره‌ای مطالعه‌ای در منطقه خشک انجام شده است (باقری، ۱۳۸۹)، ولی در زمینه ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش و همچنین ضریب تاج‌بارش مستقیم در هیچ یک از گونه‌های درختی در جنگلهای طبیعی و نیز در جنگل‌کاریها، تاکنون تحقیقی در ایران انجام نشده است و بنابراین مطالعه حاضر نخستین تحقیق در این زمینه می‌باشد و از این جهت که این دو عامل مهم، بر میزان باران‌ربایی درختان مؤثر هستند و در مدل‌سازیها هم کاربرد دارند، اهمیت دارد.

این مطالعه با هدف برآورد میزان ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش و رابطه آن با میزان باران‌ربایی و همچنین برآورد ضریب تاج‌بارش مستقیم در توده کاج تهران انجام شده است. نتایج این مطالعه می‌تواند در مدیریت منابع آب و افزایش بازده هیدرولوژیک جنگل‌کاریها در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور از طریق انتخاب گونه مناسب و تراکم کاشت مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در توده خالص جنگل‌کاری شده چهل‌ساله کاج تهران واقع در فاز غربی پارک جنگلی چیتگر تهران با طول و عرض جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و ۳۵ درجه و ٤۵ دقیقه شمالی انتخاب شد و اندازه‌گیریها در پلاتی به مساحت ۲۷۰ مترمربع با ارتفاع متوسط ۱۲٦۹ متر بالاتر از سطح دریا انجام شد. تراکم درختان در این پلات ۱۱۸۵ درخت در هکتار با رویه زمینی ٦۳/۵ مترمربع در هکتار، میانگین ارتفاع و قطر درختان به‌ترتیب ۱۱ متر و ۲۳/۵ سانتی‌متر می‌باشد.

برای تعیین وضعیت اقلیمی منطقه از داده‌های اقلیمی ثبت شده در طی یک دوره ۱۵ ساله (۱۳۷٤ تا ۱۳۸۹) در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک چیتگر (۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و ۳۵ درجه و ٤٤ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۳۰۵ متر از سطح دریا) در فاصله ۵ کیلومتری منطقه مورد مطالعه در پارک جنگلی چیتگر، استفاده شد. میانگین دمای سالانه ۱۷/۲ درجه سانتی‌گراد (±۰/۱۲ = خطای معیار) گزارش شده است که گرمترین و سردترین ماه‌های سال به‌ترتیب مرداد با میانگین ۲۹/٤ درجه سانتی‌گراد (±۰/۳ = خطای معیار) و دی با میانگین درجه حرارت ۳/۸ درجه سانتی‌گراد (±۰/۸ = خطای معیار) هستند. میانگین بارندگی سالانه براساس آمار بدست آمده ۲٦۷/٦ میلی‌متر (±۲۰/٤ = خطای معیار) می‌باشد که مرطوبترین ماه سال اسفند با میانگین بارش ماهانه ٤۵/٤ میلی‌متر (±۱۰/۷ = خطای معیار) و خشکترین ماه سال مرداد با میانگین بارش ماهانه ۰/۹ میلی‌متر (±۰/٤ = خطای معیار) ثبت شده است. مطابق منحنی آمبروترمیک بدست آمده از آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک چیتگر، دوره خشکی در این منطقه ٦ ماه از سال، از اواسط اردیبهشت تا اواسط آبان‌ماه می‌باشد. طی دوره مطالعه میانگین روزانه تبخیر و تعرق مرجع ۳/٤ میلی‌متر بوده است که حداقل میانگین تبخیر و تعرق در آذرماه (۱/٤۳ میلی‌متر) و حداکثر مقدار آن در مهرماه (۵/۳۸ میلی‌متر) محاسبه شد.

روش اندازه‌گیری تاج‌بارش و بارندگی در هر بارش

مقدار بارندگی در هر بارش و تاج‌بارش طی ۸ ماه (از اول مهر ۱۳۸۸ تا اواسط اردیبهشت ۱۳۸۹) اندازه‌گیری شد. با استفاده از ٦ جمع‌آوری کننده (Rainfall collector) (از جنس پلاستیک) با قطر دهانه ۹ سانتی‌متر و ارتفاع حدود ۳۰ سانتی‌متر در یک فضای باز در مجاورت توده مورد نظر، بارندگی در هر بارش جمع‌آوری و عمق بارش با استفاده از استوانه مدرج اندازه‌گیری شد. میانگین عمق بارش کل جمع‌آوری شده توسط ٦ جمع‌آوری کننده به‌عنوان عمق بارندگی در هر بارش در نظر گرفته شد.

برای اندازه‌گیری میزان تاج‌بارش، تعداد ٤۵ جمع‌آوری

کننده تاج‌بارش (مشابه جمع‌آوری کننده‌های بارندگی در هر بارش)، به صورت تصادفی زیر تاج‌پوشش درختان کاج تهران در توده مورد نظر قرار داده شدند. جمع‌آوری کننده‌های تاج‌بارش به‌طور عمودی داخل زمین مستقر و ثابت گردیدند. توزیع این جمع‌آوری کننده‌ها به‌گونه‌ای بود که تمام سطح توده را به‌صورت یکنواخت پوشش دهند. اندازه‌گیریهای مقادیر بارندگی در هر بارش و تاج‌بارش حدود ۲ ساعت پس از اتمام هر بارندگی و در صورت وقوع بارندگی در شب، قبل از طلوع خورشید انجام گردید (Carlyle-Moses *et al*., 2004). در نهایت مقدار باران‌ربایی از تفاضل بین بارندگی در هر بارش و تاج‌بارش بدست آمد.

روش محاسبه ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش (S)

به‌طور کلی دو روش مستقیم (Direct method) یعنی روشهایی که در آنها ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش با کمک اندازه‌گیریهای مخصوصی در توده و بر روی تاج‌پوشش درختان بدست می‌آید و روش غیرمستقیم (Indirect method) یعنی روشهایی که از روی نمودار بدست آمده از بارندگی در هر بارش و تاج‌بارش، ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش بدست می‌آید، جهت برآورد ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش وجود دارد. روشهای مستقیم از دقت بالاتری نسبت به روشهای غیرمستقیم برخوردارند، اما نیازمند دانش، دقت و هزینه بیشتری نسبت به روش‌های غیرمستقیم هستند و همچنین غیر قابل دسترس‌تر هستند (Llorens & Gallart, 2000; Pypker *et al*., 2005).

به‌منظور برآورد ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش در این تحقیق، از روشهای غیرمستقیم نموداری که رابطه بین بارندگی در هر بارش و تاج‌بارش را در باران‌های به وقوع پیوسته نشان می‌دهد، استفاده شد. روشهای نموداری براساس تکنیک‌هایی که باران را به دو گروه باران‌های کافی برای اشباع تاج‌پوشش (Sufficient rainfall for canopy saturation) و باران‌های ناکافی برای تکمیل ظرفیت آب روی تاج‌پوشش (Insufficient rainfall for canopy saturation)، تقسیم‌بندی می‌کنند، استوار هستند.

در روش غیرمستقیم ابتدا مقدار باران لازم برای تکمیل ظرفیت آب روی تاج‌پوشش از روی ابر نقاط نمودار بارندگی در هر بارش (محور x) و تاج‌بارش (محور y) به‌طور تخمینی تعیین می‌شود. در واقع نقطه‌ای از نمودار که شیب منحنی ابر نقاط افزایش می‌یابد، مقدار بارانی را نشان می‌دهد که برای اشباع تاج‌پوشش کافی بوده و در باران‌های بیشتر از این مقدار، سهم بیشتری از باران به تاج‌بارش اختصاص می‌یابد. کمتر از این حد را باران‌های ناکافی برای اشباع تاج‌پوشش و بیشتر از آن را باران‌های کافی برای اشباع تاج‌پوشش در نظر می‌گیرند (Jackson, 1975; Klaassen *et al*., 1998).

پس از تعیین مقدار باران برای تکمیل ظرفیت آب روی تاج‌پوشش، ۳ روش به شرح زیر جهت برآورد ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش مورد استفاده قرار گرفت. در این روشها فرض بر این است که طی بارندگی تبخیر ناچیز یا صفر است (Leyton *et al*., 1967; Llorens & Gallart, 2000).

۱) روش **Leyton**: رسم رگرسیون خطی بین تاج‌بارش (محور y) و بارندگی در هر بارش (محور x) برای باران‌هایی که برای اشباع تاج‌پوشش کافی هستند. در معادله خطی بین تاج‌بارش و بارندگی در هر بارش، زمانی که تاج‌بارش را مساوی صفر قرار دهیم، نقطه‌ای که محور مربوط به مقدار بارندگی در هر بارش را قطع می‌کند، میزان ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش را نشان می‌دهد.

۲) روش **Gash و Morton**: رسم رگرسیون خطی بین تاج‌بارش (محور y) و بارندگی در هر بارش (محور x) برای باران‌هایی که برای اشباع تاج‌پوشش کافی هستند. محل برخورد این خط رگرسیون با محور مربوط به

تاج‌بارش (محور y)، ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش را نشان می‌دهد. یعنی در معادله خط رگرسیون، بارندگی در هر بارش (محور x) برابر صفر قرار داده می‌شود و عدد بدست آمده همان ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش است (Gash & Morton, 1978; Klaassen *et al*., 1998)

۳) روش **Pypker- Jackson**: در این روش، ابتدا باران براساس اندازه‌های آن تقسیم‌بندی می‌شود و سپس در نموداری با محورهای مطابق با روشهای قبل، دو خط رگرسیون رسم می‌شود. رگرسیون (الف) بین تاج‌بارش و بارندگی در هر بارش برای بارندگی‌هایی است که برای اشباع تاج‌پوشش کافی نیستند. رگرسیون (ب) رابطه بین بارندگی در هر بارش و تاج‌بارش برای بارندگی‌هایی است که برای اشباع تاج‌پوشش کافی و مناسب هستند. تفاوت بین تاج‌بارش و بارندگی در هر بارش در محل برخورد دو خط رگرسیون، میزان ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش را نشان می‌دهد (Pypker *et al*., 2005; Jackson, 1975).

ضریب تاج‌بارش مستقیم (p)

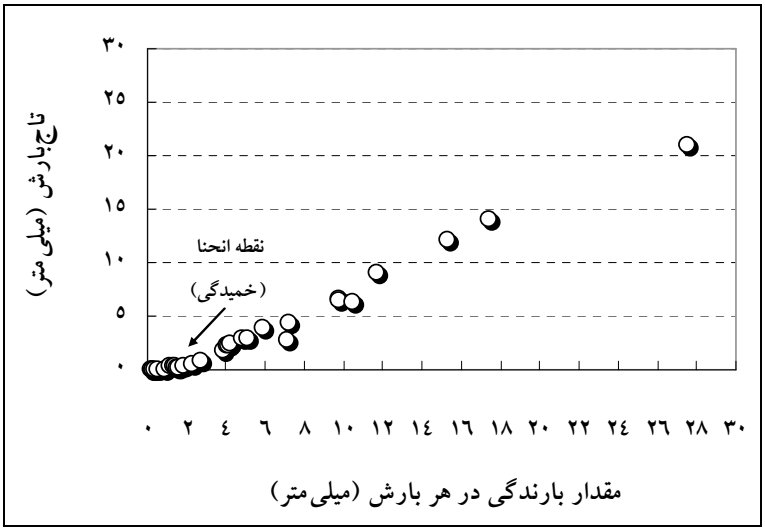
برآورد تاج‌بارش مستقیم مانند روشهای برآورد مقدار ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش با روش رسم خط رگرسیون امکان‌پذیر است. به این ترتیب که در نمودار بین تاج‌بارش و بارندگی در هر بارش برای بارانهایی که برای تکمیل ظرفیت آب روی تاج‌پوشش کافی نیستند، شیب رگرسیون خطی، ضریب تاج‌بارش مستقیم را نشان می‌دهد (Leyton *et al*., 1967; Jackson, 1975; Klaassen *et al*., 1998; Llorens & Gallart, 2000; Pypker *et al*., 2005).

نتایج

در طول دوره مطالعه از مهرماه ۱۳۸۸ تا اواسط اردیبهشت ۱۳۸۹، تعداد ۳۰ مورد بارندگی اندازه‌گیری گردید. مجموع عمق بارندگی کل طی این دوره ۱٦٤/۸ میلی‌متر بود که از این مقدار در طول کل دوره به‌ترتیب ۱۰۳/٦ میلی‌متر به تاج‌بارش و ٦۱/۲ میلی‌متر به باران‌ربایی اختصاص یافت. متوسط نسبتهای تاج‌بارش و باران‌ربایی در هر بارش به‌ترتیب ۳۸/٦ و ٦۱/٤ درصد اندازه‌گیری شد.

برآورد مقدار باران کافی برای اشباع تاج‌پوشش

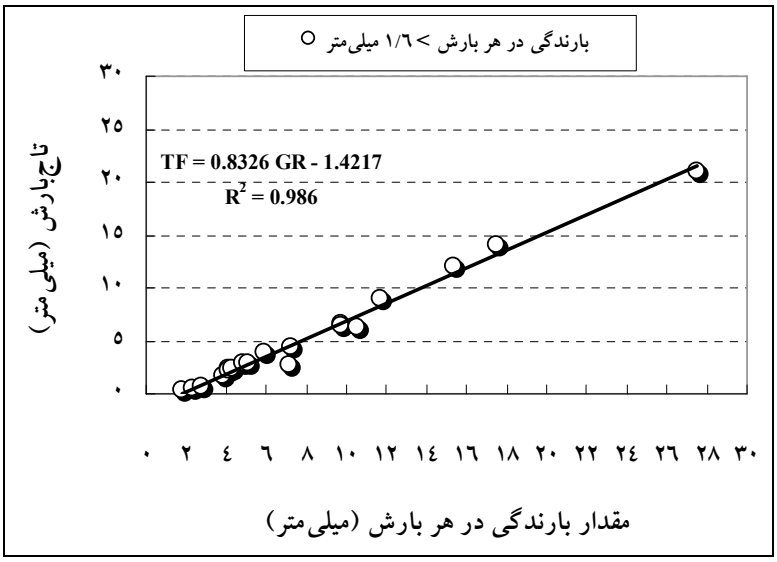
در تحقیق حاضر مقدار بارانی که برای اشباع تاج‌پوشش کافی است، از روی نمودار بین مقدار بارندگی در هر بارش و تاج‌بارش برآورد شد. در واقع نقطه‌ای که بعد از آن شیب منحنی ابر نقاط افزایش می‌یابد (نقطه انحنا یا خمیدگی (Inflection point))، همان باران کافی برای اشباع تاج‌پوشش است که در این مطالعه ۱/٦ میلی‌متر بدست آمد (شکل ۱).



شکل ۱- رابطه بین مقدار بارندگی در هر بارش و تاج‌بارش در توده کاج تهران (پیکان، مقدار باران کافی برای اشباع تاج‌پوشش (نقطه انحنا) (۱/٦ میلی‌متر) را نشان می‌دهد)

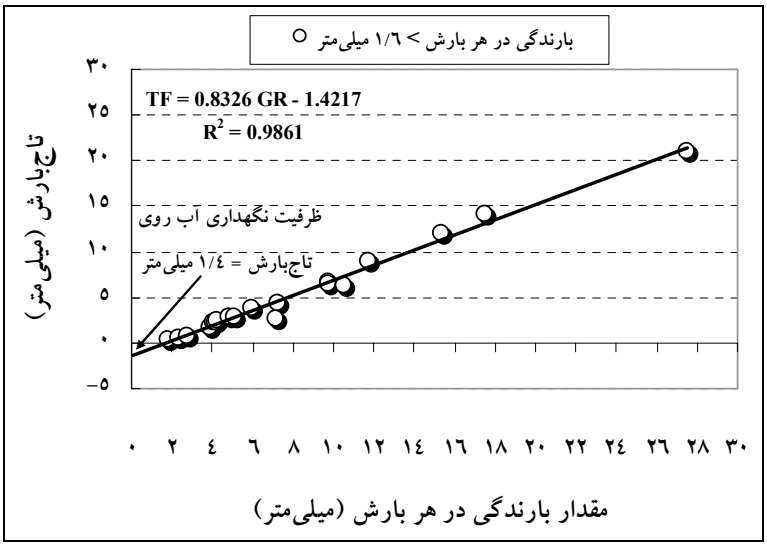
ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش

۱) روش Leyton: با استفاده از معادله خط رابطه بین تاج‌بارش و مقدار بارندگی در هر بارش برای باران‌های کافی برای اشباع تاج‌پوشش یعنی باران‌های بیش از ۱/٦ میلی‌متر، ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش برآورد شد. با جایگزینی عدد صفر بجای تاج‌بارش در معادله و حل آن، ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش، ۱/۷ میلی‌متر بدست آمد (شکل ۲).



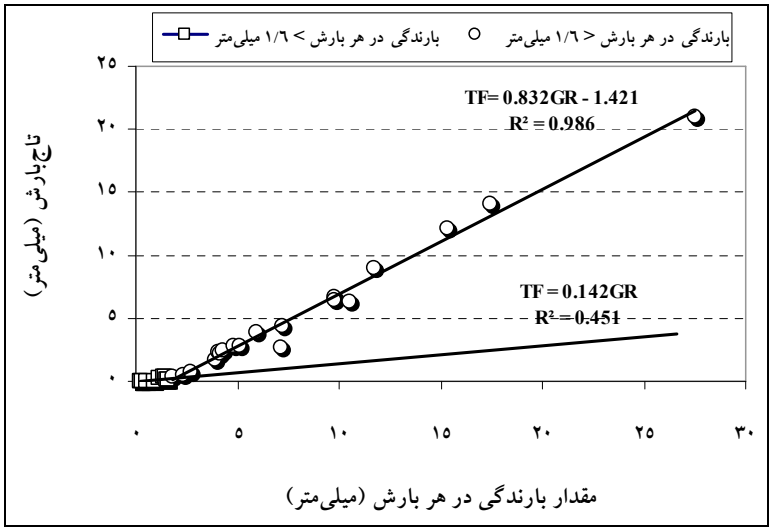
شکل ۲- رابطه بین تاج‌بارش و مقدار بارندگی در هر بارش در بارندگیهای بیشتر از ۱/٦ میلی‌متر در توده کاج تهران (روش Leyton)

۲) روش **Gash و Morton**: با استفاده از معادله خط رابطه بین تاج‌بارش و مقدار بارندگی در هر بارش در باران‌های کافی برای اشباع تاج‌پوشش یعنی باران‌های بیش از ۱/٦ میلی‌متر، ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش برآورد شد. با جایگزینی عدد صفر بجای بارندگی در هر بارش، ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش، ۱/٤ میلی‌متر بدست آمد (شکل ۳).



شکل ۳- رابطه بین تاج‌بارش و مقدار بارندگی در هر بارش در بارندگیهای بیش از ۱/٦ میلی‌متردر توده کاج تهران (روش Gash و Morton)

۳) روش Pypker- Jackson: در این روش، از دو خط رگرسیون الف) رابطه بین مقدار بارندگی در هر بارش و تاج‌بارش برای بارندگیهای بیشتر از ۱/٦ میلی‌متر و خط رگرسیون ب) رابطه بین مقدار بارندگی در هر بارش و تاج‌بارش برای بارندگیهای کمتر از ۱/٦ میلی‌متر استفاده گردید (شکل ٤). با حل دو معادله خط، مقدار بارندگی در هر بارش، ۲/۱ میلی‌متر محاسبه شد که به نام نقطه اشباع (Saturation point) نامیده می‌شود. با جایگزینی مقدار بدست آمده در یکی از معادلات، تاج‌بارش، ۰/۳ میلی‌متر محاسبه گردید. در نهایت از تفاوت دو مقدار بدست آمده، ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش، ۱/۸ میلی‌متر برآورد شد.



شکل ٤- رابطه بین مقدار بارندگی در هر بارش و تاج‌بارش در بارندگیهای بیشتر از ۱/٦ میلی‌متر (الف) و رابطه بین مقدار بارندگی در هر بارش و تاج‌بارش در بارندگیهای کمتر از ۱/٦ میلی‌متر (ب) در توده کاج تهران (روش Pypker- Jackson)

رابطه ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش با باران‌ربایی

از مجموع ۱۹ بارندگی که مقدار آنها بیش از ۱/٦ میلی‌متر بود، حدود ٤٤ درصد از بارندگی در هر بارش (۵۳ میلی‌متر) به‌صورت باران‌ربایی از دسترس خارج شده (جدول ۱) و در مقدارهای ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش ۱/۷ میلی‌متر (روش Leyton)، ۱/٤ میلی‌متر (روش Gash و Morton) و ۱/۸ میلی‌متر (روش Pypker- Jackson) به‌ترتیب ٦۰/۹، ۵۰/۲ و ٦٤/۵ درصد از آن صرف تکمیل ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش شده است (جدول ۲). در ۱۱ بارندگی کمتر از ۱/٦ میلی‌متر تقریباً تمام باران‌ربایی (۹۱/۳ درصد از مقدار بارندگی در هر بارش) صرف تکمیل ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش شده است (جدول ۱).

جدول ۱- مجموع بارندگی و باران‌ربایی در بارندگیهای > ۱/٦ و < ۱/٦ میلی‌متر

مقدار باران (میلی‌متر)	تعداد باران (تعداد)	مجموع بارندگی (میلی‌متر)	باران‌ربایی (میلی‌متر)	باران‌ربایی درصد*
۱/٦ <	۱۹	۱۵۵/٤	۵۳	٤٤
۱/٦ >	۱۱	۹/٤	۸/۲	۹۱/۳

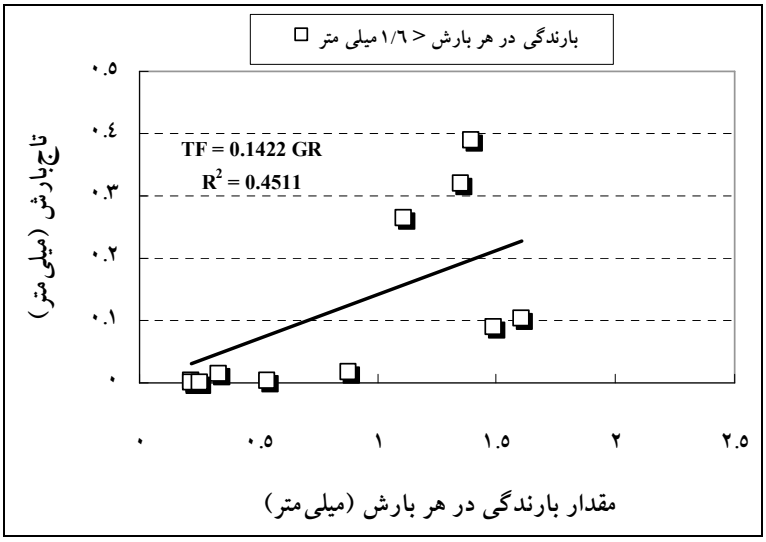
*: منظور از درصد باران‌ربایی، میانگین درصد باران‌ربایی در هر بارندگی می‌باشد.

جدول ۲- برآورد ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش از باران‌ربایی در هر ۳ روش Leyton، Gash و Morton و Pypker- Jackson در بارندگیهای > ۱/٦ و < ۱/٦ میلی‌متر

مقدار باران (میلی‌متر)	روش Leyton (میلی‌متر)	روش Leyton درصد	روش Gash و Morton (میلی‌متر)	روش Gash و Morton درصد	روش Pypker- Jackson (میلی‌متر)	روش Pypker- Jackson درصد
۱/٦ <	۳۲/۳	٦۰/۹	۲٦/٦	۵۰/۲	۳٤/۲	٦٤/۵
۱/٦ >	۸/۲	۱۰۰	۸/۲	۱۰۰	۸/۲	۱۰۰

ضریب تاج‌بارش مستقیم

شیب خط نمودار بین بارندگی در هر بارش و تاج‌بارش برای بارندگیهای کمتر از ۱/٦ میلی‌متر، ۰/۱٤۲۲ است که نشان‌دهنده ضریب تاج‌بارش مستقیم می‌باشد (شکل ۵). یعنی ۰/۱٤۲۲ از بارندگی در هر بارش به‌صورت مستقیم از لابه‌لای تاج‌پوشش درختان به کف جنگل‌کاری رسیده است.



شکل ۵- رابطه بین مقدار بارندگی در هر بارش و تاج‌بارش در بارندگیهای کمتر از ۱/٦ میلی‌متر (شیب خط، ضریب تاج‌بارش مستقیم را نشان می‌دهد)

بحث

در بارندگیهای با مقدار کم، باران‌ربایی افزایش می‌یابد؛ دلیل این امر را می‌توان اینگونه بیان نمود که در این باران‌ها سهم بیشتری از باران صرف خیس نمودن و تکمیل ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش شده و سپس این مقدار آب باران از سطح تاج‌پوشش تبخیر و به‌صورت باران‌ربایی از دسترس خارج می‌شود و در نتیجه سهم تاج‌بارش از مقدار بارندگی در هر بارش و به عبارت دیگر مقدار آب وارد شده به کف جنگل‌کاری کاهش می‌یابد.

مقدار ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش در این بررسی با استفاده از نمودار تاج‌بارش و مقدار بارندگی در هر بارش با سه روش غیرمستقیم Leyton، Gash و Morton و Pypker- Jackson به‌ترتیب ۱/۷ میلی‌متر، ۱/٤ میلی‌متر و ۱/۸ میلی‌متر و ضریب تاج‌بارش مستقیم ۰/۱٤۲۲ برآورد شد. مقایسه مقادیر بدست آمده در توده کاج تهران مورد مطالعه با مقادیر گزارش شده در مطالعات پیشین در جدول ۳ ارایه شده است. به‌عنوان مثال Llorens & Gallart (2000)، گزارش کردند که مقدار ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش و ضریب تاج‌بارش مستقیم در یک توده جنگل‌کاری شده با *Pinus sylvestris* در اسپانیا با تراکم ۱٤۰۰ اصله درخت در هکتار به‌ترتیب، ۲ میلی‌متر و ۰/۲ می‌باشد. آنها ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش را با استفاده از یک روش مستقیم اندازه‌گیری کردند. همچنین Liu (1998)، در یک جنگل‌کاری با *Pinus elliotti* (۱۱۹۰ اصله درخت در هکتار که مشابه با این مطالعه می‌باشد) مقدار ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش را ۰/۷ میلی متر محاسبه کردند. Llorens

(1997) در مطالعه‌ی خود در توده *Pinus sylvestris*، مقدار ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش را با استفاده از روش غیرمستقیم (استفاده از رگرسیون) ۱/۳ میلی‌متر و ضریب تاج‌بارش مستقیم را ۰/۱ برآورد کرد.

به‌طور کلی مقادیر گزارش شده برای ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش در توده‌های جنس کاج از ۰/۳ میلی‌متر تا ۲/۷ میلی‌متر و ضریب تاج‌بارش مستقیم هم از ۰/۱ تا ۰/٦ متغیر است. مقادیر بدست آمده برای ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش و ضریب تاج‌بارش مستقیم در توده کاج تهران مورد مطالعه در این تحقیق بین این بازه قرار می‌گیرد (جدول ۳).

در این مطالعه از روش Leyton و Pypker- Jackson مقدار مشابهی برای ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش بدست آمد و روش Gash و Morton عدد کوچکتری را با تفاوت جزیی نسبت به این دو نشان داد.

مقادیر بدست آمده برای ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش و ضریب تاج‌بارش مستقیم رابطه معنی‌داری با تراکم درختان در هکتار نشان نمی‌دهند (جدول ۳)، در نتیجه می‌توان گفت خصوصیات دیگری از جمله ویژگی‌های تاج‌پوشش مانند تراکم و ساختار آن، ویژگیهای بارندگی و اقلیمی در مقدار این دو عامل تأثیرگذار هستند.

مطالعات قبلی نشان داد که مقدار ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش با شدت باران و تغییرات سرعت باد تغییر می‌کند (Hörmann *et al.*, 1996; Jackson, 1975; Calder *et al.*, 1996). مرور منابع نشان می‌دهد که افزایش شدت باران باعث کاهش ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش می‌گردد (Calder *et al.*, 1996). همچنین گزارش شده که مقدار ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش تحت تأثیر تغییرات ایجاد شده در طول بارندگی مانند تغییر در سرعت باد می‌باشد که باعث تکان برگها و شاخه‌ها می‌شود (Hörmann *et al.*, 1996). در واقع وزش باد می‌تواند مقدار آبی که توسط تاج‌پوشش درختان نگه داشته می‌شود را کاهش دهد (Jackson, 1975). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مقدار ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش، حتی اگر خصوصیات تاج‌پوشش ثابت بماند، در هر بارش متغیر است.

ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش بدست آمده در این تحقیق نسبت به مطالعات صورت‌گرفته که از روش غیرمستقیم برای اندازه‌گیری استفاده کردند، عدد بالاتری را نشان داد (جدول ۳). دلیل آن بالابودن درجه حرارت سطح تاج‌پوشش در منطقه مورد مطالعه می‌باشد که به مصرف آب باران بیشتر برای خنک کردن تاج‌پوشش منتهی می‌گردد. ویژگیهای سطح برخورد آب باران از جمله نوع گونه، شاخص سطح برگ، ابعاد برگها و شاخه‌ها و زاویه آنها هم در مقدار ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش مؤثر است (Jackson, 1975; LIorens & Gallart, 2000; Fleischbein *et al.*, 2005; Pypker *et al.*, 2005)؛ اما ضریب تاج‌بارش مستقیم کمترین حد را در مقایسه با مطالعات قبلی نشان می‌دهد (جدول ۳). دلیل این امر را شاید بتوان درصد نسبتاً بالای تاج‌پوشش دانست که اجازه عبور کمتری به آب باران به‌عنوان تاج‌بارش مستقیم به کف جنگل‌کاری می‌دهد.

همانطور که در این مطالعه نشان داده شد، در بارندگیهای بیش از ۱/٦ میلی‌متر، با ظرفیت‌های نگهداری آب روی تاج‌پوشش محاسبه شده، در روش Pypker-Jackson، ٦٤/٥ درصد باران‌ربایی و در روشهای Leyton و Gash و Morton به‌ترتیب ٦۰/۹ و ۵۰/۲ درصد باران‌ربایی صرف تکمیل ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش می‌شود. بقیه این مقدار یا به صورت تبخیر هنگام بارندگی از دسترس خارج می‌شود و یا احتمالاً بخش کمی از آن از طریق ساقه درختان به سطح زمین می‌رسد. در بارندگیهای کمتر از ۱/٦ میلی‌متر بیش از ۹۱/۳ درصد از بارندگی در هر بارش به باران‌ربایی اختصاص یافته است (جدول ۱).

جدول ۳- مقدار ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش (S) و ضریب تاج‌بارش مستقیم (p) گونه‌های مختلف کاج در مناطق مختلف جهان

گونه	تراکم درخت (اصله در هکتار)	ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش (میلی‌متر)	ضریب تاج‌بارش مستقیم	روش اندازه‌گیری	منبع
Pinus sylvestris	۵۰۹	۲/۳	۰/۲	روش مستقیم	Llorens & Gallart (2000)
Pinus sylvestris	۷٦٤	۱/۲	۰/٤	روش مستقیم	Llorens & Gallart (2000)
Pinus sylvestris	۸۰۰	۰/۸	۰/۳	غیرمستقیم (Gash و Morton)	Gash & Morton (1978)
Pinus sylvestris	۱٤۰۰	۲	۰/۲	روش مستقیم	Llorens & Gallart (2000)
Pinus sylvestris	۱۷۸۲	۱/۵	۰/۳	روش مستقیم	Llorens & Gallart (2000)
Pinus sylvestris	۱۸۷۰	۱	۰/۱	غیرمستقیم (Gash و Morton)	Gash *et al*. (1980)
Pinus sylvestris	۲٤۰۰	۱/۳	۰/۱	غیرمستقیم (Leyton)	Llorens (1997)
Pinus sylvestris	۲٦۷٤	۲/۷	۰/۱	روش مستقیم	Llorens & Gallart (2000)
Pinus sylvestris	۲۹۰۰	۰/۳	–	-	Perttu *et al*.(1980)
Pinus sylvestris	٤٦۰۰	۱/٦	–	غیرمستقیم (Leyton)	Rutter (1963)
Pinus eldarica	۱۱۸۵	۱/۷	۰/۱	غیرمستقیم (Leyton)	مطالعه حاضر
Pinus eldarica	۱۱۸۵	۱/٤	۰/۱	غیرمستقیم (Gash و Morton)	مطالعه حاضر
Pinus eldarica	۱۱۸۵	۱/۸	۰/۱	غیرمستقیم (Pypker- Jackson)	مطالعه حاضر
Pinus pinaster	۳۱۲	۰/٤	۰/٤	غیرمستقیم (Leyton)	Valente *et al*. (1997)
Pinus pinaster	٤۳۰	۰/۳	۰/٤	غیرمستقیم (Leyton)	Lankreijer *et al*. (1993)
Pinus pinaster	۸۰۰	۰/۵	۰/٦	غیرمستقیم (Gash و Morton)	Loustau *et al*. (1992)
Pinus elliottii	٤٦٤	۰/٤	–	روش مستقیم	Liu (1998)
Pinus elliottii	٤۹٦	۰/۵	–	روش مستقیم	Liu (1998)
Pinus elliottii	٦۷۲	۰/٤	–	روش مستقیم	Liu (1998)
Pinus elliottii	۱۱۹۰	۰/۷	–	روش مستقیم	Liu (1998)
Pinus nigra	٦۰۰	۱/۱	۰/۳	غیرمستقیم (Leyton)	Rutter *et al*., (1971)
Pinus nigra	٦۰۰	۱	–	–	Robins (1974)
Pinus radiata	٤۵۰	۰/٤	–	غیرمستقیم (Gash و Morton)	Kelliher *et al*. (1992)

علت اینکه در مقدار باران‌های کم، تمام بارندگی به ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش تبدیل نشده، احتمالاً به‌دلیل عبور مقداری از بارندگی از میان تاج‌پوشش بدون برخورد به آن (تاج‌بارش مستقیم) و یا تأثیر عوامل اقلیمی در هنگام وقوع باران از جمله وزش باد یا افزایش شدت بارندگی است.

تحقیق حاضر نشان داد که مقدار ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش، بخش قابل توجهی از باران جذب شده توسط توده کاج تهران مورد مطالعه واقع در منطقه نیمه‌خشک در ایران را به خود اختصاص می‌دهد و این امر برای مناطق خشک و نیمه خشک که رطوبت خاک یک فاکتور محدود کننده در رشد گیاه و تولید آن محسوب می‌شود، از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به اینکه باران‌ربایی و مقدار ظرفیت نگهداری آب روی تاج‌پوشش در مطالعات مربوط به تراز آبی در جنگل‌کاریها در ایران مورد بررسی قرار نگرفته، لازم است در آینده به آن توجه بیشتری شود. برآورد میزان باران‌ربایی در کنار سایر عوامل، در انتخاب گونه‌های

مناسب و سازگار جنگل‌کاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک که کمبود آب محدود کننده استقرار و رشد جنگل‌کاری است، می تواند حائز اهمیت باشد. در این رابطه باید به میزان تعرق گونه‌های منتخب برای جنگل‌کاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک نیز توجه ویژه کرد.

منابع مورد استفاده

- احمدی، م.ت.، عطارد، پ.، مروی مهاجر، م.ر.، رحمانی، ر. و فتحی، ج.، ۱۳۸۸. باران‌ربایی توده راش (*Fagus orientalis* Lipsky) خالص در فصل تابستان. مجله جنگل ایران، ۱ (۲): ۱۸۵-۱۷۵.
- باقری، ح.، ۱۳۸۹. اندازه‌گیری میزان باران‌ربایی کاج تهران و سرو نقره‌ای در مناطق خشک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه تهران، ۷٤ صفحه.
- Aussenac, G. and Boulangeat, C., 1980. Interception des precipitations et evapotranspiration reelle dans des peuplements de feuillus (*Fagus sylvatica* L.) et de resineux (*Pseudotsuga menziessi* (Mirb) Franco). Annals of Forest Science, 37: 91-107.
- Calder, I.R., Hall, R.L., Rosier, P.T.W., Bastable H.G. and Prasanna,K.T., 1996. Dependence of rainfall interception on drop size: 2. Experimental determination of the wetting functions and two-layer stochastic model parameters for five tropical tree species. Journal of Hydrology, 185: 379-388.
- Carlyle-Moses, D.E., 2004. Throughfall, stemflow, and canopy interception loss fluxes in a semi-arid Sierra Madre Oriental matorral community. Journal of Arid Environments, 58: 181-202.
- Fleischbein, K., Wilcke, W., Goller, R., Boy, J., Valarezo, C., Zech, W. and Knoblich, K., 2005. Rainfall interception in a lower montane forest in Ecuador: effects of canopy properties. Hydrological Processes, 19 (7): 1355-1371.
- Gash, J., 1979. An analytical model of rainfall interception by forest. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 105: 43-55.
- Gash, J.H.C. and Morton, A.J., 1978. An application of the Rutter model to the estimation of the interception loss from Thetford forest. Journal of Hydrology, 38: 49-58.
- Gash, J.H.C, Wright, I.R and Lloyd, C.R., 1980. Comparative estimates of interception loss from three coniferous forests in Great Britain. Journal of Hydrology, 48: 89-105.
- Herbst, M., Rosier, P.T.W., MnNeil, D.D., Harding, R.J. and Gowing, D.J., 2008. Seasonal variability of interception evaporation from the canopy of a mixed deciduous forest. Agricultural and Forest Meteorology, 148: 1655-1667.
- Hörmann, G., Branding, A., Clemen, T., Herbst, M., Hinrichs, A. and Thamm, F., 1996. Calculation and simulation of wind controlled canopy interception of a beech forest in Northern Germany. Agricultural and Forest Meteorology, 79: 131-148.
- Jackson, I.J., 1975. Relationships between rainfall parameters and interception by tropical rainforest. Journal of Hydrology, 24: 215-238.
- Kelliher, F.M., Whitehead, D. and Pollock, D.S., 1992. Rainfall interception by trees and slash in a young *Pinus radiata* D. Don stand. Journal of Hydrology, 131: 187-204.
- Klaassen, W., Bosveld, F. and deWater, E., 1998. Water storage and evaporation as constituents of rainfall interception. Journal of Hydrology, 212-213: 36-50.
- Lankreijer, H.J.M., Hendriks, M.J. and Klaassen, W., 1993. A comparison of models simulating rainfall interception of forests. Agricultural and Forest Meteorology, 64: 187-199.
- Levia, D.F. and Frost, E.E., 2003. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystem. Journal of Hydrology, 274: 1-29.
- Leyton, L., Reynolds, E.R.C. and Thompson, F.B., 1967. Rainfall interception in forest and moorland. In: Sopper, W.E. and Lull, H.W., (Eds.), International Symposium on Forest Hydrology, Pennsylvania State University, Pergamon Press: 163-178.
- Liu, S.G., 1997. A new model for the prediction of rainfall interception in forest canopies. Ecological Modeling, 99: 151-159.
- Liu, S.G., 1998. Estimation of rainfall storage capacity in the Canopies of cypress wetlands and slash pine uplands in North-Central Florida. Journal of Hydrology, 207: 32-41.
- Llorens, P., 1997. Rainfall interception by a *Pinus sylvestris* forest patch overgrown in a Mediterranean mountainous abandoned area. II-Assessment of the applicability of Gash's analytical model. Journal of Hydrology, 199 (3-4): 346-359.
- Llorens, P. and Gallart, F., 2000. A simplified method for forest water storage capacity measurement. Journal of Hydrology, 240: 131-144.
- Loustau, D., Bergigier, P. and Granier, A., 1992. Interception loss, throughfall and stemflow in a maritime pine stand. II. An application of Gash's analytical model of interception. Journal of Hydrology, 138: 469-485.
- Perttu, K., Bishop, W., Grip, H., Jansson, P.E., Lindgren, A., Lindroth, A. and Noren, B., 1980. Micrometeorology and hydrology of pine forest ecosystems. I. Field studies. In: Person, T. (Ed.), Structure and function of northern coniferous forest- an ecosystem system study. Ecological Bulletins, 32: 75-121.
- Pypker, T.G., Baond, B.J., Link, T.E., Marks, D. and Unsworth, M.H., 2005. The importance of canopy

structure in controlling the interception loss of rainfall: examples from a young and an old-grown Douglas-fir forest. Agricultural and Forest Meteorology, 130: 113-129.
- Robins, P.C., 1974. A method of measuring the aerodynamic resistance to the transport of water vapour from forest canopies. Journal of Applied Ecology, 11: 315-325.
- Rutter, A.J., 1963. Studies in the water relations of *Pinus sylvestris* in plantation conditions. I. Measurements of rainfall and interception. Journal of Ecology, 51: 315-325.
- Rutter, A.J., Kershaw, K.A., Robins, P.C. and Monton, A.J., 1971. A predictive model of rainfall interception forests, 1. Derivation of the model from observations in a plantation of corsican pine. Agricultural Meteorology, 9: 367-384.
- Samba, S.A.N., Camire, C. and Margolis, H.A., 2001. Allometry and rainfall interception of *Cordyla pinnate* in semi-arid agroforestry parkland, Senegal. Forest Ecology and Management, 154: 277-288.
- Sraj, M., Brilly, M. and Mikos, M., 2008. Rainfall interception by two deciduous Mediterranean forests of contrasting stature in Slovenia. Agricultural and Forest Meteorology, 148: 121-134.
- Staelens, J., Schrijver, A.D., Verheyen, K. and Verhoest, N. 2008. Rainfall partitioning into throughfall, stemflow, and interception within a single beech (*Fagus sylvestris* L.) canopy: influence of foliation, rain event characteristics, and meteorology. Hydrological Processes, 22: 33-45.
- Valente, F., David, J.S. and Gash, J.H.C., 1997. Modelling interception loss for two sparse eucalypt and pine forests in central Portugal using reformulated Rutter and Gash analytical models. Journal of Hydrology, 190: 141-162.
- Xiao, Q., McPherson, E.G., Ustin, S.L., Grismer, M.E. and Simpson, J.R., 2000. Winter rainfall interception by two mature open-grown trees in Davis, California. Hydrological Processes, 14: 763-784.
- Zinke, P.J., 1967. Forest interception study in the United States. In: Sopper W.E. and Lull, H.W., (Eds.), Forest Hydrology. Pergamon, Oxford: 137-161.

Canopy water storage capacity and its effect on rainfall interception in a *Pinus eldarica* plantation in a semi-arid climate zone

M. Motahari [1] and P. Attarod [2*]

1- M.Sc. Student of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2*- Corresponding author, Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: attarod@ut.ac.ir
Received: 04.07.2011 Accepted: 28.11.2011

Abstract

Forest canopy rainfall interception loss (I) and canopy water storage capacity (S) are important components of the water balance in arid and semi-arid climate zones. The goal of this research was to quantify S and free throughfall (p) in a mature *Pinus eldarica* Medw. afforestation planted in the Chitgar Forest plantation near Tehran, Iran. Measurements of gross precipitation (GR (n=6)) and throughfall (TF (n=45)) were recorded on an event basis from September 2009 to April 2010. I was calculated as the difference between GR and TF. For the measurement period, GR totaled 164.8 mm and rainfall interception loss (I) was 61.2 mm. In this study S was estimated as 1.7 mm, 1.4 mm and 1.8 mm by methods of Leyton, Gash and Morton, and Pypker- Jackson, respectively. Free throughfall (p) was estimated 0.1422. I was estimated 44% and 91.3% of total GR for rainfall events sufficient to saturate the canopy (GR>1.6 mm) and insufficient to saturate the canopy (GR>1.6 mm), respectively. The results demonstrate that canopy storage capacity represents a considerable portion of intercepted rainfall from GR in *P. eldarica* plantation regions of the semi-arid climate zone of Iran where soil moisture is a limiting factor on plant growth and productivity.

Key words: Interception, plantation, *Pinus eldarica*, canopy water storage capacity, semi-arid climate zone