توزیع اجزای بارش در جنگلکاری‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ در اقلیم نیمه‌خشک (مطالعهٔ موردی پارک جنگلی شهید بهشتی بروجرد)

سعیده گودرزی[۱]، اسداله متاجی[۲*] و فرزاد ویسانلو[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[۲] دانشیار گروه جنگلداری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[۳] استادیار دانشکدهٔ منابع طبیعی، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۹/۱۰)

چکیده

این پژوهش با هدف تعیین مقادیر اجزای بارش (تاج‌بارش، باران‌ربایی و ساقاب) گونه‌های سوزنی‌برگ کاج بروسیا (*Pinus brutia*) و سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) و پهن‌برگ زبان‌گنجشک (*Fraxinus rotundifolia*) و چنار (*Platanus orientalis*) در پارک جنگلی شهید بهشتی شهرستان بروجرد انجام گرفت. مقدار باران با استفاده از سه عدد جمع‌آوری‌کننده باران که در فضای باز نصب شده بودند، اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری مقدار تاج‌بارش برای هر گونه از بیست جمع‌آوری‌کننده استفاده شد، به‌نحوی که از هر گونه پنج اصله انتخاب و تعداد چهار جمع‌آوری‌کننده در زیر هر درخت نصب شد. مقدار باران‌ربایی از تفاضل مقدار باران و تاج‌بارش برآورد شد. در طول مدت بررسی، ۲۴ رخداد باران با مجموع عمق ۱۳۱/۸ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. مقدار باران‌ربایی برای هر بارندگی به‌طور متوسط برای کاج بروسیا ۵۲/۹، سرو نقره‌ای ۴۹/۱، زبان‌گنجشک ۵۱/۹ و چنار ۶۱/۱ درصد محاسبه شد. بین مقدار باران و تاج‌بارش، رابطهٔ مثبت و قوی برای گونهٔ چنار (R^2=۰/۸۷۲)، زبان‌گنجشک (R^2=۰/۸۳۱)، کاج بروسیا (R^2=۰/۸۹۲) و سرو نقره‌ای (R^2=۰/۷۸۸) مشاهده شد. بر این اساس می‌توان گفت که تاج‌بارش گونه‌های پهن‌برگ بیشتر از گونه‌های سوزنی‌برگ است و با افزایش مقدار باران، میزان تاج‌بارش افزایش می‌یابد. سهم ساقاب در مورد کلیهٔ گونه‌های مورد بررسی کمتر از یک درصد بود. بنابراین با عنایت به رژیم بارش و اهمیت آب در این مناطق، باید در جنگلکاری و مدلسازی فرایندهای هیدرولوژیک در اکوسیستم‌های جنگلی، مقدار تاج‌بارش و باران‌ربایی گونه‌ها با اولویت کاشت گونه‌های پهن‌برگ نیز مدنظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: باران‌ربایی، بروجرد، تاج‌بارش، جنگلکاری، ساقاب.

[*] نویسندهٔ مسئول شماره تماس: ۰۹۱۲۶۴۰۸۲۸۶ ایمیل: amataji@srbiau.ac.ir

مقدمه و هدف

آب اصلی‌ترین عامل در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان به‌شمار می‌رود (Levia and Herwitz, 2000)، چراکه تنش آبی بیش از سایر عوامل زیستی و محیطی موجب کاهش تولید اکوسیستم‌های گیاهی به‌ویژه در اقلیم‌های خشک می‌شود. بر این اساس ارزیابی مقدار باران حائز اهمیت است، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که رطوبت خاک عامل محدودکننده و مؤثر بر تولیدات گیاهی است (صادقی و عطارد، ۱۳۹۳؛ Carlyle-Moses, 2004). از جمله راه‌های سازگاری با کم‌آبی، استفادهٔ بهینه از منابع آب و افزایش بهره‌وری آن است (Sadeghi *et al*., 2015). از این‌رو سعی شد تا حد ممکن از نزولات جوی، جریان آب‌های سطحی و منابع زیرزمینی به‌نحو مطلوب و بهینه استفاده شود و این کار بدون شناخت پدیده‌های هیدرولوژیک مرتبط با آنها عملی نخواهد بود (علیزاده، ۱۳۸۸). اگرچه جنگلکاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک با گونه‌های درختی مناسب، به کاهش فرسایش خاک، ایجاد بادشکن، ایجاد امکانات تفرجی و در نتیجه کاهش فشار بر روی پوشش‌های طبیعی کمک می‌کند (باقری و همکاران، ۱۳۹۰؛ Chang, 2003; Huttle *et al*., 2000; Sadeghi *et al*., 2014)، از پیامدهای جنگلکاری این است که تمام آب باران به سطح زمین نمی‌رسد و مقداری از آن به‌وسیلهٔ تاج‌پوشش درختان جذب می‌شود و در نتیجه به‌واسطهٔ تبخیر به اتمسفر بر می گردد که این اتلاف آب از سطح تاج درختان، باران‌ربایی تاج‌پوشش[1] نامیده می‌شود (صادقی و عطارد، ۱۳۹۳؛ Shachnovich.2008 , *et al*).

باران‌ربایی تاج‌پوشش نسبتی از بارندگی است که هنگام یا بعد از بارندگی روی تاج‌پوشش درختان باقی می ماند و به‌واسطه تبخیر طی بارندگی یا پس از اتمام آن، به هواسپهر برمی‌گردد و در نتیجه به پوشش کف جنگل نمی‌رسد (Crockford and Richardson, 2000).

باران‌ربایی بخش چشمگیری از هدررفت آب در اکوسیستم جنگلی بوده (Fan *et al*., 2014) و متأثر از ساختار جنگل، رژیم بارش و مشخصه‌های اقلیمی در حین و بعد از بارش است (Muzylo *et al*., 2009). هنگامی‌که بارندگی در جنگل رخ می‌دهد، آب باران به‌طور مستقیم از طریق فضاهای باز در پوشش تاجی به کف جنگل می‌رسد یا پس از تکمیل ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش درختان، به‌صورت ریزش‌های تاجی به کف جنگل می‌ریزد (Samba *et al*., 2001; Sadeghi *et al*., 2014, 2015). به مجموع بارانی که از دو طریق یادشده به زمین جنگل می‌رسد، تاج‌بارش گفته می‌شود. بخش دیگری از باران که ساقاب نامیده می‌شود، روی تنهٔ درختان جاری می‌شود و به پوشش کف جنگل می‌رسد (صادقی و عطارد، ۱۳۹۳). مقداری از بارندگی که به‌واسطهٔ باران‌ربایی از دسترس پوشش جنگل خارج می‌شود، بخش مهمی از مقدار تبخیر را در اکوسیستم‌های جنگلی در بر می‌گیرد و تأثیر زیادی بر تراز آبی در نواحی جنگلی و نیز چرخهٔ هیدرولوژی و مواد غذایی در اکوسیستم‌های زمینی دارد (Herbst *et al*., 2006). همچنین با توجه به اینکه بخشی از باران به‌صورت تاج‌بارش و ساقاب به کف جنگل می‌رسد، برای استقرار تجدید حیات طبیعی گونه‌های درختی و درختچه‌ای که به مقدار بارندگی رسیده به کف جنگل وابستگی زیادی دارند (به‌ویژه مناطق با اقلیم خشک و نیمه‌خشک)، در طول دوره رویش اهمیت زیادی دارد (Sadeghi *et al*., 2014, 2015)، چراکه در صورت آگاهی از مقدار باران‌ربایی در مناطق دارای فصل خشک در دورهٔ رویش گیاهی، می‌توان در صورت زیاد بودن مقدار باران‌ربایی، با توجه به نیاز آبی توده، از طریق عملیات تنک‌کردن به استقرار زادآوری و همچنین برآورده شدن نیاز آبی گونه‌های گیاهی به‌طور مؤثری کمک کرد. باران‌ربایی موجب توزیع آب باران می‌شود، به‌دلیل باران‌ربایی بیشتر، پوشش گیاهی کف جنگل آب کمتری را دریافت می‌کند،

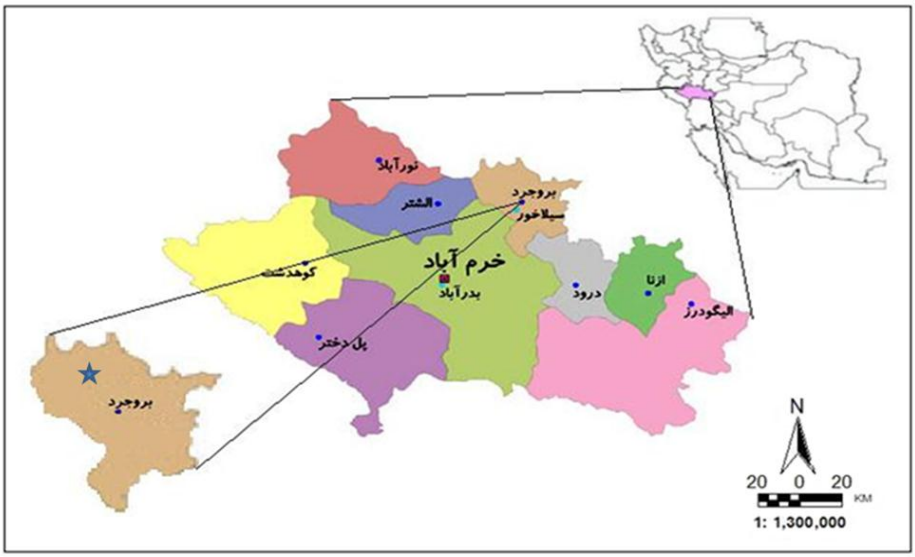
[1] Interception loss

درصورتی که بخش‌های دیگر به‌دلیل شکاف قیف‌مانند پوشش‌گیاهی، آب بیشتری را دریافت می‌کنند. متعاقباً چگونگی توزیع آب باران در کف جنگل می‌تواند بر روی الگوهای رطوبت خاک نیز اثر بگذارد (Sadeghi *et al*., 2014, 2015).

آگاهی از مقدار اجزای بارش، در مدیریت منابع آب و افزایش بازده هیدرولوژیک جنگلکاری‌ها برای انتخاب گونهٔ مناسب ضروری است (صادقی و عطارد، ۱۳۹۳). بر این اساس تحقیق حاضر در نظر دارد تا اجزای بارش را در جنگلکاری با برخی گونه‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ بررسی کند.

مواد و روش‌ها

شهرستان بروجرد در شمال دشت سیلاخور، در دره‌های زاگرس مرکزی قرار دارد. این شهرستان با مساحتی برابر ۱۷۴۳۷۵ هکتار در دامنه‌های سلسله کوه‌های زاگرس در ارتفاع ۱۶۲۹ متری از سطح دریا و عرض ۳۳ درجه و ۵۵ دقیقهٔ شمالی و با طول ۴۸ درجه و ۴۵ دقیقه و در بخش شمالی استان لرستان واقع شده است (شکل ۱). پارک جنگلی شهید بهشتی در سال ۶۱ در اراضی ملی شمال غرب شهر بروجرد احداث شد. براساس آخرین نقشه‌برداری در سال ۷۹ و تطبیق آن در خرداد ۸۲ مساحت پارک ۵۹/۵ هکتار است. این پارک به‌علت نزدیکی به شهر موقعیت بسیار مناسبی از نظر دسترسی شهروندان به این پارک را دارد. ارتفاع بلندترین نقطهٔ این پارک از سطح دریا ۱۶۵۰ متر، پست‌ترین نقطه ۱۶۱۰ متر و میانگین پنج شیب عمومی آن، پنج درصد است. براساس نمایهٔ خشکی دومارتن، اقلیم منطقه از نوع نیمه‌خشک است. گونه‌های درختی غالب منطقهٔ مورد بررسی سرو نقره‌ای، کاج بروسیا، چنار و زبان گنجشک است (بی‌نام، ۱۳۹۱).



شکل ۱- موقعیت منطقهٔ مورد بررسی در استان لرستان و شهرستان بروجرد

روش تحقیق

به‌منظور تعیین مقدار تاج‌بارش و باران‌ربایی در فصل رویش و خزان، مقدار باران و تاج‌بارش از اوایل آبان ۱۳۹۱ تا اواخر اردیبهشت ۱۳۹۲ به مدت شش ماه اندازه‌گیری شد. از ابتدای خرداد تا اواخر شهریور در منطقهٔ مورد بررسی بارش قابل اندازه‌گیری حادث نشد. اندازهٔ باران با استفاده از سه جمع‌آوری‌کنندهٔ[1]

[1] Rainfall collector

فلزی با دهانهٔ دایره‌ای به قطر ۱۲ سانتی‌متر و به ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر در فضای باز با فاصلهٔ دو متری از هم در فاصلهٔ حدود ۲۰ متر (دو برابر ارتفاع متوسط پایه‌ها) از جنگلکاری‌های مورد پژوهش جمع‌آوری و عمق باران با استفاده از استوانهٔ مدرج با دقت یک میلی‌متر تعیین شد. سپس میانگین عمق بارش جمع آوری‌شده به‌وسیلهٔ سه جمع‌آوری‌کننده به‌عنوان بارندگی کل در دورهٔ بررسی برای هر بارندگی در نظر گرفته شد. برای مقدار تاج‌بارش، گونه‌های پهن‌برگ (چنار و زبان‌گنجشک) و سوزنی‌برگ (کاج بروسیا و سرو نقره‌ای) پنج اصله از هر گونه که مقدار کمی قطری و ارتفاعی آنها معرف مناسبی از پراکنش قطری و ارتفاعی گونه مربوطه در سطح جنگلکاری باشد (Shachnovich *et al*., 2008) و هیچ تداخلی بین تاج آنها با تاج درختان دیگر نداشت (Owens *et al*., 2006; Sadeghi *et al*., 2014)، انتخاب شدند (جدول ۱).

جدول۱- میانگین مشخصه‌های کمی درختان مورد بررسی

گونه	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	ارتفاع (متر)	ارتفاع تاج (متر)	مساحت تاج (مترمربع)
چنار	۲۲/۹	۱۰/۳	۸/۸	۱۵
زبان‌گنجشک	۲۹/۹	۷/۸	۶/۵	۱۹/۵
کاج بروسیا	۱۹/۶	۶/۹	۶/۹	۹/۴
سرو نقره‌ای	۱۳/۹	۶/۱	۴/۵	۱۳/۶

به‌منظور تعیین اجزای بارش، ۸۰ عدد جمع‌آوری‌کنندهٔ تاج‌بارش در زیر تاج درختان توده‌های مورد بررسی کار گذاشته شد، بدین صورت که ۲۰ جمع‌آوری‌کننده برای هر گونه و در زیر هر درخت چهار جمع‌آوری‌کننده (قربانی، ۱۳۸۶؛ قربانی و رحمانی، ۱۳۸۷؛ Buttle *et al*., 2014) در چهار جهت اصلی (باقری و همکاران، ۱۳۹۰) به فاصله نصف شعاع تاج در هر جهت (Hodjati *et al*., 2009) به‌وسیلهٔ قیم‌های فلزی کار گذاشته شد (شکل ۲).

شکل ۲- روش نصب جمع‌آوری‌کننده‌های تاج‌بارش

پس از توقف و خاتمه یافتن کامل جریان تاج‌بارش، هر یک از جمع‌آوری‌کننده‌های تاج‌بارش، به‌طور مجزا تخلیه و حجم آن با استوانهٔ مدرج اندازه‌گیری شد. میانگین حجم جمع‌آوری‌کنندهٔ

مستقر در زیر تاج‌پوشش هر درخت، به‌عنوان حجم نمونهٔ تاج‌بارش مربوط به آن درخت در نظر گرفته شد. به ازای هر درخت با تقسیم حجم نمونهٔ تاج‌بارش به مساحت دهانهٔ جمع‌آوری‌کنندهٔ تاج‌بارش، ارتفاع تاج‌بارش به‌دست آمد. با نسبت‌گیری بین مساحت تاج هر درخت و مساحت دهانهٔ جمع‌آوری‌کنندهٔ تاج‌بارش، ارتفاع تاج‌بارش برای آن درخت محاسبه شد. حجم کل تاج‌بارش هر درخت نیز از حاصل‌ضرب ارتفاع تاج‌بارش کل در مساحت تاج آن درخت تعیین شد (قربانی و رحمانی، ۱۳۸۷). اندازه‌گیری مقادیر باران و تاج‌بارش، حداکثر ۳ ساعت پس از اتمام هر بارندگی و در صورت وقوع بارش در شب، قبل از طلوع خورشید انجام گرفت (احمدی و همکاران، ۱۳۸۸؛ Ahmadi *et al.*, 2009).

برای اندازه‌گیری ساقاب وضعیت قرارگیری ناودان‌های جمع‌آوری ساقاب در محل ارتفاع برابر سینه باید به‌صورتی باشد که آب جاری بر روی تنه، وارد آن شده و پس از طی‌کردن طول ناودان، درون مخزن جمع‌آوری شود. پیش از نصب این جمع‌آوری‌کننده‌ها، پوست درختان به‌وسیلهٔ برس فلزی از خزه و داروش پاکسازی شد. پس از هر بار اندازه‌گیری، ناودان و مخزن از مواد زائد احتمالی پاک شد تا برای جریان ساقاب بعدی مانعی وجود نداشته باشد. در هر بارش، پس از پایان یافتن جریان ساقاب، حجم آب جمع‌شدهٔ درون مخازن ساقاب، به‌وسیلهٔ استوانهٔ مدرج اندازه‌گیری شد. ارتفاع ساقاب هر درخت از تقسیم حجم ساقاب به مساحت تاج آن درخت محاسبه شد (قربانی و رحمانی، ۱۳۸۷). برای اندازه‌گیری مساحت تاج درختان مورد اندازه‌گیری ساقاب، شعاع تاج هر یک از درختان در چهار جهت اصلی با متر نواری اندازه‌گیری و سپس مساحت تاج درختان محاسبه شد (Ahmadi *et al.*, 2009; Delphis and Levia, 2004).

مقدار باران‌ربایی تاج‌پوشش از تفاوت باران اندازه‌گیری‌شده در بالای تاج‌پوشش (بارندگی ناخالص) و مجموع تاج‌بارش و ساقاب در زیر تاج پوشش (بارندگی خالص) محاسبه شد (رابطه ۱) (Mahendrappa, 1990).

$$I=GR-NR=GR(TF+SF) \qquad \text{رابطه ۱}$$

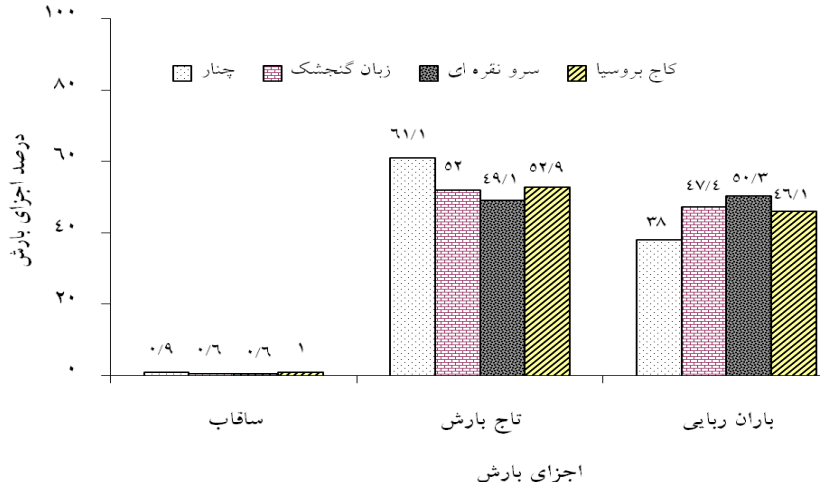
I: مقدار باران‌ربایی، GR: مقدار باران، NR: بارندگی خالص، TF: مقدار تاج بارش و SF: مقدار ساقاب است. به‌منظور بررسی ارتباط بین دو متغیر مقدار باران و تاج‌بارش که با مقیاس فاصله‌ای هستند، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد (قربانی و رحمانی، ۱۳۸۷).

نتایج

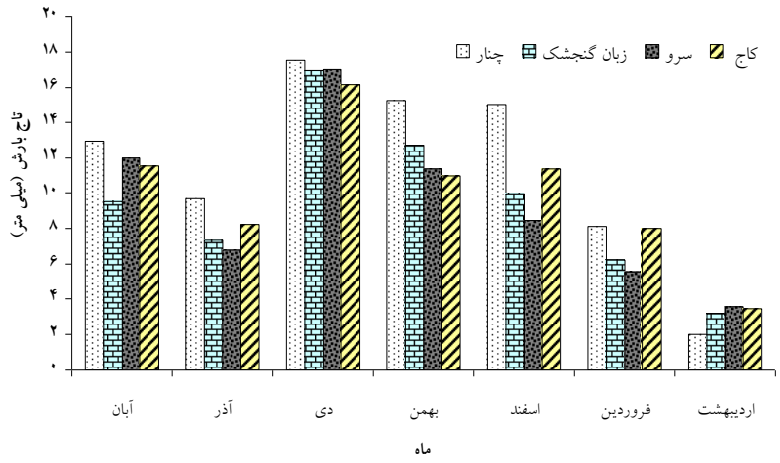
تمامی رخدادهای بارش در طول شش ماه در منطقهٔ مورد پژوهش اندازه‌گیری شدند. در طول این مدت ۲۴ رخداد باران ثبت شد. مجموع عمق بارش باران در طول مدت بررسی ۱۳۱/۸ میلی‌متر بود که حداقل و حداکثر بارش به‌ترتیب ۰/۱۱و ۱۱/۸۵ میلی‌متر به‌دست آمد. با توجه به مقدار باران در منطقهٔ مورد تحقیق، سهم ساقاب، تاج‌بارش و باران‌ربایی برای گونهٔ چنار به‌ترتیب ۶۱/۱،۰/۹ و ۳۸ درصد و برای گونهٔ زبان گنجشک ۰/۶، ۵۲ و ۴۷/۴ درصد بدست آمد. همچنین سهم ساقاب، تاج‌بارش و باران‌ربایی برای گونهٔ سرو نقره‌ای به‌ترتیب ۰/۶، ۴۹/۱ و ۵۰/۳ درصد و نیز برای گونهٔ کاج بروسیا یک، ۵۲/۹ و ۴۶/۱ درصد حاصل شد (شکل ۳). بیشترین و کمترین مقدار تاج‌بارش مربوط به چنار و سرو نقره‌ای بود، به‌طوری که مقدار آن در چنار ۲۰ درصد بیشتر از سرو نقره‌ای است. با عنایت به این‌که ساقاب در کلیهٔ موارد کمتر یا مساوی یک درصد بود، بیشترین و کمترین مقدار باران‌ربایی به‌ترتیب مربوط به گونه‌های سرو نقره‌ای و چنار است (شکل ۳).

الگوی تغییرات مقدار تاج‌بارش گونه‌ها در ماه‌های مختلف بیانگر آن است که مقدار تاج‌بارش در دی‌ماه حداکثر و حداقل آن در اردیبهشت ماه است. شایان ذکر است که از خرداد تا اواخر شهریور رخداد بارش

حادث نشده است. با عنایت به روند تغییرات تاج‌بارش در ماه‌های مختلف، می‌توان گفت که تاج‌بارش در منطقهٔ مورد بررسی دارای ماکزیمم زمستانه است و این روند در خصوص تمام گونه‌های مورد بررسی صدق می‌کند. تاج‌بارش گونهٔ چنار در ماه‌های پاییز و زمستان در مقایسه با دیگر گونه‌ها بیشتر بوده، اما در اردیبهشت کمتر از دیگر گونه‌ها است. نکتهٔ دیگر اینکه ۸۷-۸۳ درصد از تاج‌بارش کلیهٔ گونه‌های مورد بررسی مربوط به فصول پاییز و زمستان بوده و بخش کمی از آن مربوط به ابتدای فصل بهار است (شکل ۴).

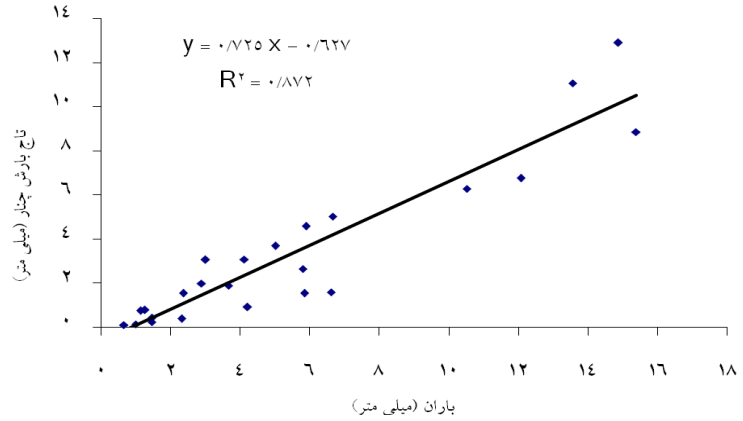


شکل ۳- سهم اجزای بارش در درختان سوزنی‌برگ و پهن‌برگ در پارک جنگلی شهید بهشتی بروجرد

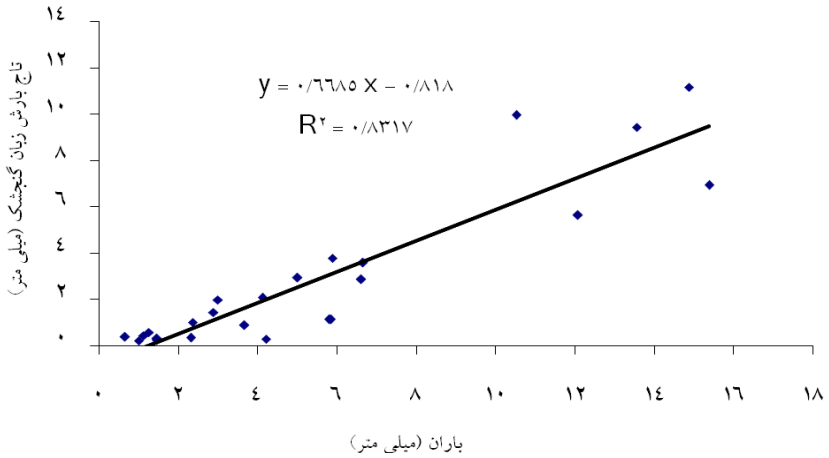


شکل ۴- مقدار تاج‌بارش گونه‌های مورد پژوهش در ماه‌های مختلف

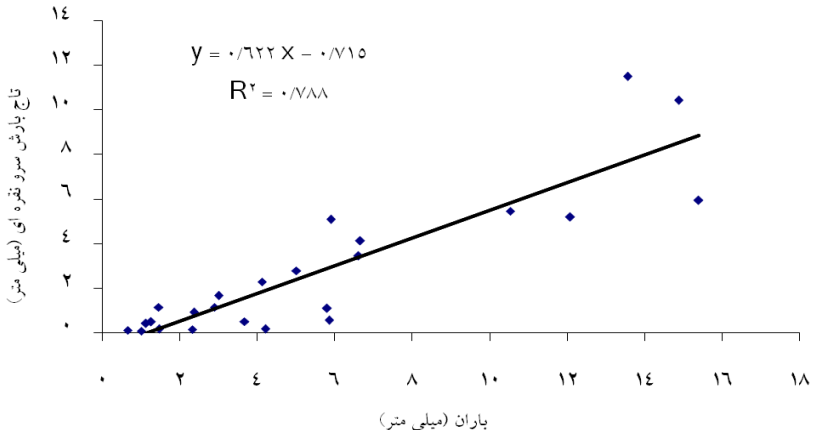
همچنین نتایج نشان می‌دهد که بین مقدار باران و تاج‌بارش گونه‌های مورد بررسی همبستگی معنی‌دار و رابطهٔ خطی و مستقیم وجود دارد (چنار R^2=۰/۸۷۲، زبان‌گنجشک R^2= ۰/۸۳۱، سرو نقره‌ای R^2= ۰/۷۷۸ و کاج بروسیا R^2= ۰/۸۹۲)، بدین مفهوم که با افزایش باران، مقدار تاج‌بارش نیز روند صعودی خواهد داشت (شکل‌های ۵ تا ۸). کلیهٔ روابط خطی ارائه‌شده برای گونه‌های مختلف حکایت از این موضوع دارد که چنانچه مقدار باران کل کمتر از یک میلی‌متر باشد، تاج بارش تقریباً صفر خواهد بود.



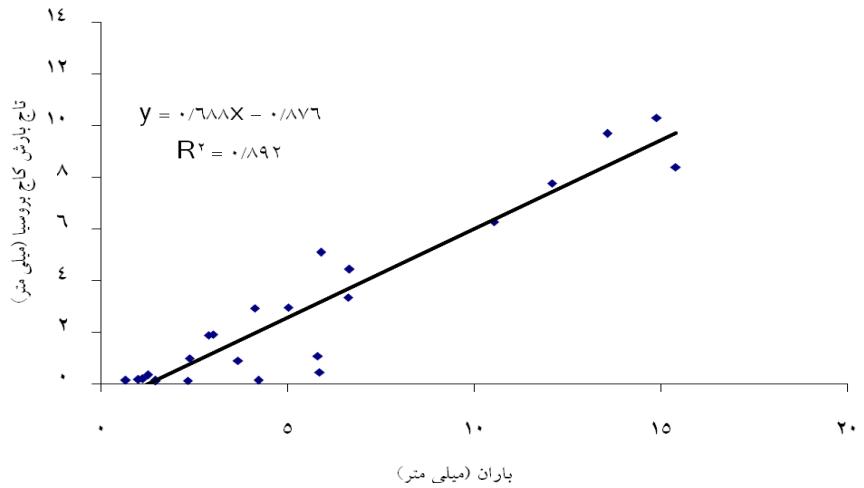
شکل ۵- تغییرات عمق باران و تاج‌بارش چنار در منطقهٔ مورد پژوهش



شکل ۶- تغییرات عمق باران و تاج‌بارش زبان‌گنجشک در منطقهٔ مورد پژوهش



شکل ۷- تغییرات عمق باران و تاج‌بارش سرو نقره‌ای در منطقهٔ مورد پژوهش



شکل ۸- تغییرات عمق باران و تاج‌بارش کاج بروسیا در منطقهٔ مورد پژوهش

بحث

از ۲۴ رخداد بارش در منطقهٔ مورد بررسی، فقط ۵ رخداد در اوایل فصل بهار در منطقه حادث شده که تنها ۲۰ درصد از کل باران در این دوره اتفاق افتاده است. بر این اساس مقدار اجزای بارش، به‌ویژه مقدار باران‌ربایی در منطقه اهمیت زیادی در تراز آبی منطقه دارد. باران‌ربایی به مقدار زیادی متأثر از الگوی ساختار، رژیم بارش و مشخصه‌های آب‌وهوایی حاکم بر نرخ تبخیر در طول و پس از بارش است (Sadeghi *et al*., 2014, 2015). در تحقیق حاضر مقدار متوسط باران‌ربایی در گونه‌های پهن‌برگ (چنار و زبان‌گنجشک) به‌ترتیب ۳۸ و ۴۷/۴ درصد و در گونه‌های سوزنی‌برگ از دامنهٔ ۵۰/۳-۴۶/۱ برخوردار است. حداقل باران‌ربایی در چنار و حداکثر آن مربوط به سرو نقره‌ای است. نتایج برخی تحقیقات حاکی از آن است که باران‌ربایی ۳۶-۹ درصد از کل باران را شامل می‌شود (Levia *et al*., 2011). در بررسی باقری و همکاران (۱۳۹۰) بر روی تک درختان کاج و سرو نقره‌ای مقدار باران‌ربایی به‌ترتیب ۴۵ و ۳۲ درصد از باران محاسبه شد که برخلاف نتایج تحقیق حاضر باران‌ربایی در سرو نقره‌ای کمتر از کاج است که این تفاوت ناشی از رژیم بارش، مشخصه‌های آب و هوایی و نیز مورفولوژی متفاوت گونه‌ها در دو منطقه است (صادقی و عطارد، ۱۳۹۳).

به‌طور کلی مقدار باران‌ربایی در سوزنی‌برگان بیشتر از پهن‌برگان است (Loshali and Singh, 1992). باران ربایی شایان‌توجه در گونه‌های سورنی‌برگ به‌وسیلهٔ ظرفیت نگهداری چشمگیر تاج و مقدار مقاومت آیرودینامیکی تشریح می‌شود (Ford *et al*., 2011; Fan *et al*., 2014; Sadeghi *et al*., 2014, 2015). در این زمینه Ford *et al*., (2011) در تحقیق خود به این نتیجه رسید که تبخیر و تعرق سالانه در توده‌های سوزنی‌برگ (تودهٔ کاج) دو برابر توده‌های پهن‌برگ است.

شروع ریزش‌های تاجی بعد از تکمیل ظرفیت نگهداری آب تاج درختان آغاز می‌شود. در این تحقیق میانگین درصد تاج‌بارش برای درختان چنار و زبان گنجشک به‌ترتیب ۶۱/۱ و ۵۲ درصد و برای درختان سرو نقره‌ای و کاج بروسیا به ترتیب ۴۹/۱ و ۵۲/۹ به‌دست آمد. بیشترین تاج‌بارش در چنار و کمترین آن در سرو نقره‌ای مشاهده می‌شود که بیانگر بیشتر بودن تاج‌بارش پهن‌برگان در مقایسه با سوزنی‌برگان است. همچنین مقدار تاج‌بارش در کاج بروسیا بیشتر از سرو

نقره‌ای است. باقری و عطارد (۱۳۹۰) در تحقیق خود عنوان کردند که مقدار تاج‌بارش سرو نقره‌ای بیشتر از کاج تهران است و این تفاوت را ناشی از اختلاف در ویژگی‌های مورفولوژیک دو گونه (زاویهٔ شاخه نسبت به تنه، شکل تاج، شاخص سطح برگ، شیب برگ، اندازهٔ برگ، سطح و ارتفاع تاج) بیان کردند. نتایج تحقیقات Shachnovich *et al*. (2008) در یک تودهٔ جنگلکاری کاج حلب نیز نشان داد که تاج‌بارش سهم زیادی از باران را به خود اختصاص داده است. چنین نتایج متفاوت حاکی از آن است که مقدار باران‌ربایی و تاج‌بارش علاوه بر مشخصه‌های مورفولوژیک گونه‌ها به عوامل دیگری مانند رژیم بارش و مشخصه‌های آب-وهوایی وابسته است (مطهری و همکاران، ۱۳۹۱)، چراکه با افزایش مقدار باران، مقدار باران‌ربایی تاج پوشش و تاج‌بارش روند افزایشی نشان می‌دهند. در بارندگی‌های با مقدار کم، باران‌ربایی افزایش می‌یابد و دلیل این مسئله را می‌توان این طور بیان کرد که در این باران‌ها، سهم بیشتری از باران صرف خیس کردن و تکمیل ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش شده و سپس این مقدار آب باران از سطح تاج پوشش تبخیر و به‌صورت باران‌ربایی از دسترس خارج می‌شود (مطهری و همکاران، ۱۳۹۱؛ احمدی و همکاران، ۱۳۸۸؛ صادقی و عطارد، ۱۳۹۳). البته در منطقهٔ مورد بررسی در تحقیق حاضر که رژیم بارش و مشخصه‌های اقلیمی برای کلیهٔ گونه‌ها مشابه است، مشخصه‌های مورفولوژیک پایه‌ها که در قبل به آنها اشاره شد، ممکن است دلیل این اختلاف باشد. بنابراین مشابه بودن برخی مشخصه‌های مورفولوژیک نیز نمی‌تواند دلیل کافی برای مشابه بودن مقدار اجزای بارش در بین گونه‌های مختلف باشد، چراکه حتی در شاخص سطح برگ برابر نیز، باران‌ربایی و تاج‌بارش، بیشتر به‌وسیلهٔ عوامل دیگری مانند تراکم شاخه قابل تفسیر خواهد بود (Fan *et al*., 2014) و در خصوص سرو نقره‌ای و کاج بروسیا نیز می‌توان به این نکته توجه داشت.

ساقاب سهم اندکی از باران را داراست و ازاین‌رو در بیشتر تحقیقات به‌دلیل صرف هزینهٔ زیاد و وقت‌گیر بودن از اندازه‌گیری آن صرف نظر می‌شود و حتی پیشنهاد شده که مقدار آن حداکثر دو درصد در نظر گرفته شود (Rowe, 1983). البته باید گفت که این موضوع همواره قابل قبول نیست، چراکه مقدار ساقاب، تابعی از عوامل مختلف مانند نوع گونه، زاویهٔ شاخه‌ها، اندازهٔ تاج و شرایط اقلیمی بوده و نتایج بررسی Silva and Okumura (1996) و Toba and Ohta (2005) نیز دلیل این مدعاست، چراکه مقدار ساقاب در این تحقیقات از حداکثر ذکرشده (دو درصد) بیشتر است. Carlyle-Moses *et al*. (2004) سهم ساقاب را کمتر از یک درصد بیان کرد که با نتایج تحقیق حاضر مشابه است. در بررسی حاضر سهم ساقاب برای درختان پهن‌برگ (چنار و زبان‌گنجشک) به‌ترتیب ۰/۹ و ۰/۶ درصد و برای درختان سوزنی‌برگ (سرو نقره‌ای و کاج بروسیا) به‌ترتیب ۰/۶و ۱ درصد از باران به‌دست آمد. با توجه به مشخصه‌های اندازه‌ای پایه‌های مورد بررسی گونه‌های مختلف، ملاحظه می‌شود که در درختان پهن‌برگ یا سوزنی‌برگ با افزایش قطر، مقدار ساقاب کاهش یافته است. همتی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی خود بیان کردند که با افزایش قطر درختان، میزان ساقاب کاهش می‌یابد و بر میزان اتلاف تاجی افزوده می‌شود. قربانی و رحمانی (۱۳۸۷) و احمدی و همکاران (۱۳۸۸) نیز عنوان‌کردند که با افزایش کلاسه‌های قطری درختان، سطح بیرونی تنه بیشتر شده و این امر سبب تبخیر بیشتر و افزایش اتلاف تاجی شده و از مقدار ساقاب کاسته می‌شود. نکتهٔ دیگر اینکه روند تغییرات مقدار ساقاب در بین گونه‌های مختلف مشابه تغییرات تاج‌بارش است. بنابراین مقدار ساقاب در گونه‌های مختلف به عوامل مختلفی وابسته است که از جمله می‌توان به ظرفیت نگهداری آب تاج و پوست تنه اشاره کرد.

از آنجا که باران‌ربایی تاج‌پوشش یک کاهش‌دهنده

در مقدار آب ورودی به مناطق جنگلکاری‌شده در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌حساب می‌آید، عدم انتخاب گونهٔ مناسب می‌تواند دلیلی برای کاهش معنی‌دار آب سالیانه در این مناطق باشد. بر این اساس انتخاب گونه‌های پهن‌برگ و بومی مناسب که انتظار می‌رود باران‌ربایی کمتری داشته باشند، می‌تواند تا حد زیادی به کاهش مقدار باران‌ربایی و در نتیجه افزایش مقدار آب ورودی به جنگلکاری‌ها کمک کند؛ هر چند باید اطلاعات بیشتری در مورد تأثیر این گونه بر روی چرخهٔ هیدرولوژیکی و مقدار تبخیر تعرق (جمع مقادیر باران‌ربایی و تعرق) این گونه‌ها جمع‌آوری شود (Sadeghi *et al.*, 2014, 2015).

منابع

احمدی، محمدتقی، پدرام عطارد، محمدرضا مروی‌مهاجر، رامین رحمانی و جعفر فتحی، ۱۳۸۸. باران‌ربایی تاج پوشش راش (*Fagus orientalis* Lipsky) خالص در فصل تابستان، مجلهٔ جنگل ایران، ۲ (۱): ۱۷۵-۱۸۵.

باقری، حسین، پدرام عطارد، وحید اعتماد، حیدر شرفیه، محمدتقی احمدی و محسن باقری، ۱۳۹۰. باران‌ربایی درختان کاج‌تهران (*Pinus eldarica*) و سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) در جنگلکاری منطقهٔ خشک (مطالعهٔ موردی: بیارجمند، شاهرود)، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۹ (۲): ۳۱۴-۳۲۵.

باقری، حسین و پدرام عطارد، ۱۳۹۰. تأثیر متغیرهای هواشناسی و مقدار باران بر باران‌ربایی کاج تهران و سرو نقره‌ای در منطقهٔ خشک (مطالعهٔ موردی: بیارجمند شاهرود)، مجلهٔ جنگل ایران، ۳ (۴): ۲۹۱-۳۰۳.

بی نام، ۱۳۹۱. آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک بروجرد، ادارهٔ کل هواشناسی استان لرستان.

صادقی، سید محمدمعین و پدرام عطارد، ۱۳۹۳. برآورد پارامترهای اکوهیدرولوژیک تاج پوشش تک‌درختان کاج تهران در اقلیم نیمه‌خشک، مجلهٔ جنگل ایران، ۶ (۲): ۱۶۷-۱۸۲.

علیزاده، امین، ۱۳۸۸. اصول هیدرولوژی کاربردی، آستان قدس رضوی، دانشگاه امام رضا (ع)، ۸۷۲ ص.

قربانی، سمیه، ۱۳۸۶. برآورد اتلاف تاجی، ساقاب و تاج‌بارش (سری یک جنگل شصت‌کلاته)، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۰۰ ص.

قربانی، سمیه و رامین رحمانی، ۱۳۸۷. برآورد اتلاف تاجی، ساقاب و تاج‌بارش در تودهٔ طبیعی راش شرقی (جنگل شصت‌کلاته)، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۶ (۴): ۶۳۸-۶۴۸.

مطهری، مریم‌السادات، پدرام عطارد، وحید اعتماد و انوشیروان شیروانی، ۱۳۹۱. تأثیر اندازهٔ باران بر باران‌ربایی توده کاج تهران در منطقهٔ نیمه‌خشک، نشریهٔ جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران ۱ (۱): ۸۳-۹۵.

همتی، وحید، حمید پیام، اسداله متاجی، مهدی عاکف، ساسان بابایی کفاکی و میرمظفر فلاح‌چای، ۱۳۹۰. باران‌ربایی، ساقاب و تاج‌بارش درختان راش شرقی در ناحیهٔ خزری، علوم و فنون منابع طبیعی، ۶ (۴): ۳۹-۵۲.

Ahmadi, M.T., P. Attarod, M.R. Marvi Mohadjer., R. Rahmani, and J. Fathi, 2009. Partitioning rainfall into throughfall, stemflow, and interception loss in an oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest during growing season, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33: 557-568.

Buttle, J.M., H.J. Toye, W.J. Greenwood, and R. Bialkowski, 2014. Stemflow and soil water recharge during rainfall in a red pine chronosequence on the Oak Ridges Moraine, southern Ontario, Canada, *Journal of Hydrology*, 517: 777-790.

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: 180-201.

Carlyle-Moses, D.E., J.S. Flores-Laureano, and A.G. Price, 2004. Throughfall and throughfall spatial variability in Madrean oak forest communities of northeastern Mexico, *Journal of Hydrology*, 297: 124-135.

Chang, M., 2003. Forest hydrology: an introduction to water and forests, CRC press, 498 p.

Crockford, R.H., and D.P. Richardson, 2000. Partitioning of rainfall in to throughfall, stemflow and interception: effect of Forest type, ground cover and climate, *Hydrological Processes*, 14: 2903-2920

Delphis, F., and J. Levia, 2004. Differential winter stemflow generation under contrasting storm conditions in a southern New England broad leaved deciduous forest, *Hydrological Processes*, 18:1105-1112

Fan J., K.T. Oestergaard, A. Guyot, and D.A. Lockington, 2014. Measuring and modeling rainfall interception losses by a native Banksia woodland and an exotic pine plantation in subtropical coastal Australia, *Journal of Hydrology*, 515: 156–165.

Ford, C.R., R.M. Hubbard, J.M. Vose, 2011. Quantifying structural and physiological controls on variation in canopy transpiration among planted pine and hardwood species in the southern Appalachians, *Ecohydrology*, 4: 183–195.

Herbst, M., J.M. Roberts, P.T.W. Rosier, and D.J. Gowing, 2006. Measuring and modeling the rainfall interception loss by hedgerows in southern England, *Agricultural and Forest Meteorology*, 141: 244-256.

Hojjati S.M., A. Hagen-Thorn, and N.P. Lamersdorf, 2009. Canopy composition as a measure to identify patterns of nutrient input in a mixed European beech and Norway spruce forest in central Europe, *European Journal of Forest Research*, 128: 13–25.

Hüttl, R.F, B.U. Schneider, and E.P. Farrell, 2000. Forest of the temperate region: gaps in knowledge and research needs, *Forest Ecology and Management*, 132: 83-96.

Levia, D.F., and S.R. Herwitz, 2000. Physical properties of water in relation to stenflow leachate dynamics: implication for nutrient cycling, *Canadian Journal of Forest for Nutrient Cycling*, 30: 662-666.

Levia, D.F., Carlyle-Moses, D.E., and T.Tanaka, 2011. Forest hydrology and biogeochemistry. Springer, Netherlands, Dordrecht.

Loshali, D.C., and R.P., Singh, 1992. Partitioning of rainfall by three Central Himalayan forests, *Forest Ecology and Management*, 53: 99–105.

Mahendrappa, M.K., 1990. Partitioning of rainwater and chemicals into throughfall and stemflow in different forest stand, *Forest Ecology and Management*, 30: 65-72.

Muzylo, A., P. Llorens, F. Valente, J.J. Keizer, F. Domingo, and J.H.C. Gash, 2009. A review of rainfall interception modeling, *Journal of Hydrology*, 370: 191–206.

Owens, M.K., K.R. Lyons, and C.L. Alegandro, 2006. Rainfall partitioning with in semiarid juniper communities: effects of event size and canopy cover, *Hydrological Processes*, 20: 3179-3189

Rowe, L.K., 1983. Rainfall interception by an evergreen beech forest, Nelson, New Zealand. *Journal of Hydrology*, 66: 143-158.

Sadeghi, S.M.M., P. Attarod, J.T. Van Stan II, T.G. Pypker, and D. Dunkerley, 2015. Efficiency of the reformulated Gash's interception model in semiarid afforestations, *Agricultural and Forest Meteorology*, 201: 76-85.

Sadeghi, S.M.M., P. Attarod, J.T. Van Stan II, T.G. Pypker, and D. Dunkerley, 2014. Is canopy interception increased in semiarid tree plantations? Evidence from a field investigation in Tehran, Iran, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38: 792-806.

Samba, S.A.N., C. Camire, and H.A. Margolis, 2001. Allometry and rainfall interception of *Cordyla pinnata* in a semi-arid agroforestry Parkland, Senegal, *Forest Ecology and Management*, 154: 277-288.

Shachnovich, Y., P. Berniler, and P. Bar, 2008. Rainfall interception and spatial distribution of throughfall in a pine forest planted in an arid zone, *Journal of Hydrology*, 349: 168-177.

Silva, I.C., and T. Okumura, 1996. Throughfall, stemflow and interception loss in mixed white Oak forest (Quercus serrata Thunb), *Journal of Forest Research*, 1: 123–129.

Toba, T., and T. Ohta, 2005. An observational study of factors that influence interception loss in boreal and temperate forests, *Journal of Hydrology*, 318: 208-220.

Rainfall components distribution in needle-leaved and broadleaved plantations in a semiarid climate zone (Case study: Shahid-Beheshti Forest Park in Broujerd)

S. Godarzi[1], A. Mataji[2*], and F. Veisanloo[3]

[1]M.Sc. student of Forestry, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, I.R. Iran
[2]Associate Prof., Department of Forestry, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, I.R. Iran
[3]Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Broujerd branch, Islamic Azad University, Broujerd, I.R. Iran

(Received: 24 February 2014, Accepted: 1 December 2014)

Abstract

The aim of this research was to measure rainfall components (throughfall, interception, and stemflow) in needle-leaved (*Pinus brutia*, *Cupressus arizonica*) and broadleaved (*Fraxinus rotundifolia* and *Platanus orientalis*) plantations located in Broujerd Forest Park. The total amount of gross rainfall was measured using three rainfall collectors fixed on an open area neighboring to the chosen trees. In order to measure throughfall, five trees of each species were selected and four collectors were fixed underneath each tree. The amount of interception was calculated based on the difference between throughfall and gross rainfall. In a time-span of six months running from November 2012 to May 2013, 24 rainfall events with total amount of 131.8 mm was measured. The amount of interception was measured as follow: *Pinus brutia* 46.1%, *Cupressus arizonica* 50.7%, *Fraxinus rotundifolia* 49.6% and *Platanus orientalis* 38.1% of total gross rainfall. Strong positive correlations were observed between total rainfall and throughfall for each kind of species. It was found that throughfall in hardwoods species was more than conifer species and the amount of throughfall in aforesaid masses increased as total rainfall increased. The amount of stemflow for all species was less than one percent of total precipitation. Regarding to importance of rainfall regime in this area, interception and throughfall of each species should be considered with priority of broadleaved in plantation and hydrological modeling process in forest ecosystem.

Keywords: Broujerd, Interception, Plantation, Stemflow, Throughfall.

[*]Corresponding author Tel: +989126408286 Email: amatajii@srbiau.ac.ir