فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۱۹ شمارهٔ ۲، صفحهٔ ۳۲۵-۳۱٤، (۱۳۹۰)

باران‌ربایی درختان کاج تهران (*Pinus eldarica*) و سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) در جنگل‌کاری منطقه خشک (مطالعه موردی: بیارجمند، شاهرود)

حسین باقری[۱]، پدرام عطارد[۲*]، وحید اعتماد[۳]، حیدر شرفیه[٤]، محمدتقی احمدی[۱] و محسن باقری[٥]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج.
۲*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج. پست الکترونیک: attarod@ut.ac.ir
۳- استادیار، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج.
٤- مربی پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان.
٥- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۱۸ تاریخ پذیرش: ۸۹/۸/۱۵

چکیده

این پژوهش با هدف اندازه‌گیری و مقایسه مقادیر اجزاء بارش (تاج‌بارش و باران‌ربایی) در تک‌درختان کاج تهران (*Pinus eldarica*) و سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) که در جنگل‌کاری مناطق خشک کشور مورد استفاده قرار می‌گیرند، انجام شد. این مطالعه در شهر بیارجمند واقع در ۱۲۰ کیلومتری جنوب‌شرقی شهرستان شاهرود که میانگین سالیانه بارندگی و درجه حرارت آن به‌ترتیب ۱۲۷ میلی‌متر و ۱٦ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، انجام شد. میزان بارندگی کل با استفاده از سه عدد جمع‌آوری کننده باران که در یک فضای باز نصب شده بودند، اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری میزان تاج‌بارش، از هر گونه پنج اصله درخت انتخاب شد و تعداد هشت عدد جمع‌آوری کننده در زیر هر درخت نصب گردید. مقدار باران‌ربایی از تفاضل بارندگی کل و تاج‌بارش محاسبه شد. در طول شش ماه اندازه‌گیری از فروردین تا شهریورماه ۱۳۸۸، ۱۲ مورد بارندگی با مجموع عمق ۳۷/۹ میلی‌متر اندازه‌گیری گردید. از این مقدار، ۱۷/۲ میلی‌متر (٤٥/٤ درصد از بارندگی کل دوره مطالعه) سهم باران‌ربایی کاج تهران و ۱۲/۳ میلی‌متر (۳۲/٤ درصد از بارندگی کل دوره مطالعه) سهم باران‌ربایی سرو نقره‌ای بود. مقدار باران‌ربایی برای هر بارندگی به‌طور میانگین ٦۸ درصد (۱/٤ میلی‌متر از هر بارندگی) برای کاج تهران و ٥٥ درصد (۱ میلی‌متر از هر بارندگی) برای درختان سرو نقره‌ای محاسبه شد. بین میزان بارندگی کل و باران‌ربایی، رابطه مثبت و قوی برای هر دو گونه کاج تهران (R^2= ۰/۹٤) و سرو نقره‌ای (R^2= ۰/۸۷) مشاهده گردید. در هر دو گونه، با افزایش مقدار بارندگی کل، میزان باران‌ربایی نیز افزایش یافت، حال آن که نسبت باران‌ربایی به بارندگی کل، کاهش نشان داد. باران‌ربایی تاج‌پوشش درختان در جنگل‌کاریهای مناطق خشک، سهم زیادی از بارندگی را به‌خود اختصاص می‌دهد، بنابراین لازم است در مطالعه تراز آبی این مناطق مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: باران‌ربایی، جنگل‌کاری، سرو نقره‌ای، کاج تهران، مناطق خشک.

مقدمه

مساحت مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان تقریباً ٤٥ میلیون کیلومترمربع است که حدود ۳۰ درصد از سطح کره زمین را می‌پوشاند و جمعیتی نزدیک به ۸٥۰ میلیون نفر در آن سکونت دارند. سالیانه در اثر گسترش بیابان‌زایی (Desertification) در مناطق خشک و نیمه‌خشک، ۰/۱۳ درصد (٦۰ هزار کیلومترمربع) به این سطح اضافه می‌شود (Mitchell *et al.*, 1998;

Archive of SID
www.SID.ir

Shachnovich *et al*., 2008). جنگل‌کاری (Afforestation) در مناطق خشک و نیمه‌خشک با گونه‌های درختی مناسب می‌تواند به کاهش فرسایش خاک، ایجاد چشم‌انداز، افزایش تثبیت دی‌اکسید کربن، ایجاد بادشکن، ایجاد امکانات تفرجی و در نتیجه کاهش فشار بر روی پوشش‌های طبیعی کمک کند (Chang, 2003; Huttel *et al*., 2000).

از پیامدهای جنگل‌کاری این است که تمام آب باران به سطح زمین نرسیده و مقداری از آن بوسیله تاج‌پوشش درختان جذب شده و در نتیجه به‌واسطه تبخیر به اتمسفر برمی‌گردد که این اتلاف آب از سطح تاج درختان، باران‌ربایی تاج‌پوشش (Interception Loss = I) نامیده می‌شود (Shachnovich *et al*., 2008). در واقع هنگامی که بارندگی اتفاق می‌افتد، آب باران ابتدا تاج درختان را کاملاً خیس می‌کند و پس از آنکه ظرفیت نگهداری آب تاج (Canopy (Water) Storage Capacity = CSC) تکمیل گردید و تاج اشباع شد، آب تحت تأثیر نیروی جاذبه زمین به‌صورت ریزشهای تاجی که تاج‌بارش یا آب میانگذر (Throughfall = TF) نامیده می‌شود، بر سطح زمین می‌ریزد. بخش دیگری از باران که ساقاب (Stemflow = SF) نامیده می‌شود، پس از جاری شدن بر روی شاخه‌ها و تنه درختان به سطح زمین می‌رسد (Herbst *et al*., 2006). مقدار باران‌ربایی تاج‌پوشش به‌طور غیرمستقیم از کسر مجموع تاج‌بارش و ساقاب (بارندگی خالص (Net Rainfall = NR)) از بارندگی کل (Gross Rainfall = GR) بدست می‌آید (Cao *et al*., 2008).

ارزیابی مقدار باران‌ربایی حائز اهمیت است، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که رطوبت خاک یک عامل محدود کننده و مؤثر بر تولیدات گیاهی است و رواناب و تغذیه آبهای زیرزمینی برای بخشهای کشاورزی و صنعت بسیار ضروری هستند (Carlyle-Moses, 2004).

ساختار تاج و مرفولوژی برگ گونه‌های مختلف، تعیین کننده نحوه پراکنش بارندگی و میزان آبی است که به سطح زیرین گیاهان چوبی می‌رسد (Carlyle-Moses, 2004). میزان باران‌ربایی بوسیله تاج‌پوشش درختان، وابسته به نوع گونه (Species-specific) و نیز شدت بارندگی است (Schowalter,1999; Silva & Roudriguez, 2001). برآورد اتلاف تاجی در درختان منفرد تنها در مطالعات اندکی انجام شده است (Gomez *et al*., 2001; Samba *et al*., 2001). همچنین زمانی که تاج درختان به‌صورت مجزا باشد، بهتر می‌توان اثر کل پوشش جنگلی را به‌وسیله عملکرد این تک‌درختان (Individual trees) بیان نمود (Xiao *et al*., 2000; Green, 1993).

براساس مطالعاتی که در ایران به‌منظور برآورد باران‌ربایی انجام شده، مقدار باران‌ربایی، تاج‌بارش و ساقاب درخت راش در راشستان‌های میان‌بند منطقه شصت‌کلاته گرگان به‌طور متوسط ۶۰/۷، ۳۸/۹۹ و ۰/۳۱ درصد بارندگی کل محاسبه شده است (قربانی و رحمانی، ۱۳۸۷). در مطالعه‌ای دیگر که در یک توده راش خالص در بخش میان‌بند جنگل خیرود نوشهر انجام شد؛ تاج‌بارش، باران‌ربایی و ساقاب به‌ترتیب ۶۵/۹، ۳۲/۱ و ۲ درصد از بارندگی کل برآورد گردید (Ahmadi *et al*., 2009).

در کشور ما به‌جز مناطق محدودی در شمال و شمال‌غرب که اقلیم مرطوبی دارند، بقیه سطح کشور به رده سرزمین‌های خشک و نیمه‌خشک تعلق دارد (کنشلو، ۱۳۸۰). جنگل‌کاری در این مناطق برای تأمین نیازهای چوبی و غیرچوبی جمعیت فعلی و نسل آینده ضروری به‌نظر می‌رسد، بنابراین با توجه به اهمیت آب در این مناطق برای استقرار جنگل‌کاریها، آگاهی از میزان باران‌ربایی گونه‌های درختی و درختچه‌ای مختلف مانند کاج تهران (*Pinus eldarica*) و سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) که به‌طور وسیعی به‌منظور جنگل‌کاری در این

Archive of SID

www.SID.ir

مناطق استفاده می‌شوند (جزیره‌ای، ۱۳۸۱)، امری بسیار ضروری به‌نظر می‌رسد. در واقع آگاهی از این عامل می‌تواند در کنار سایر عوامل، به‌عنوان عاملی مهم و تأثیرگذار در انتخاب گونه در جهت اهداف ایجاد جنگل‌کاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک مطرح گردد.

این مطالعه با هدف اندازه‌گیری و مقایسه مقادیر اجزاء بارش (تاج‌بارش و باران‌ربایی) و تعیین میزان همبستگی بین مقادیر اجزاء بارش با مقدار بارندگی کل در دو گونه از مهمترین گونه‌های سوزنی‌برگ یعنی کاج تهران و سرو نقره‌ای که در جنگل‌کاری مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور به‌طور وسیعی از آنها استفاده می‌گردد، انجام شد. نتایج این مطالعه می‌تواند برای مدیریت منابع آب و همچنین تهیه اطلاعات علمی برای جنگل‌کاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روشها

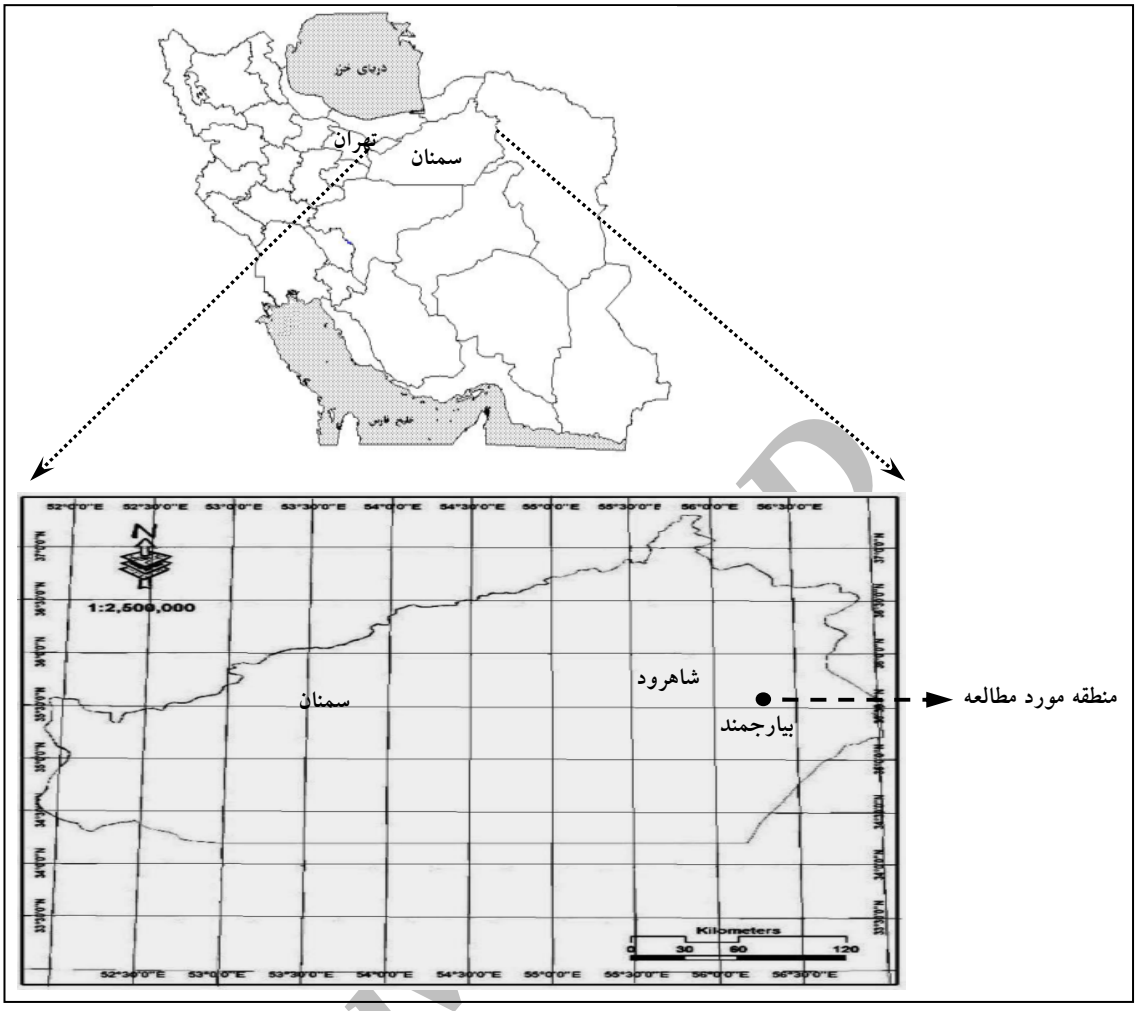
این مطالعه در شهر بیارجمند واقع در ۱۲۰ کیلومتری جنوب‌شرقی شهرستان شاهرود با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ٤۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ٤ دقیقه شمالی با ارتفاع متوسط ۱۰۹۱ متر بالاتر از سطح دریا انجام شد. اندازه‌گیریها در دو قطعه جنگل‌کاری شده سرو نقره‌ای ۲۳ ساله و کاج تهران ۲۸ ساله و در مجموع به مساحت ۱٦ هکتار که در کنار یکدیگر و با فاصله کاشت ٤×٤ متر واقع شده‌اند، انجام گردید (شکل ۱).

برای تعیین وضعیت اقلیمی منطقه، از داده‌های اقلیمی ثبت شده طی یک دوره ۱۷ ساله (۱۳۷۱ تا ۱۳۸۷) در ایستگاه هواشناسی بیارجمند که در فاصله کمتر از یک کیلومتر از منطقه مورد مطالعه در شهر بیارجمند قرار دارد، استفاده شد. براساس آمار هواشناسی، متوسط بارندگی سالیانه ۱۲٦/۸ (±۵۰/۵) میلی‌متر است که کمترین میزان ماهیانه در تیرماه ۰/۸ (±۱/۲) میلی‌متر و بیشترین میزان بارندگی ماهیانه در اسفندماه ۲۳/۵ (±۲۳) میلی‌متر ثبت شده است. متوسط درجه حرارت سالیانه ۱٦ (±۰/۷) درجه سانتی‌گراد است که گرمترین ماه سال تیر با متوسط درجه حرارت ماهیانه ۲۸/۷ (±۰/۹) درجه سانتی‌گراد و سردترین ماه سال دی با متوسط درجه حرارت ماهیانه ۲/٤ (±۲/۱) درجه سانتی‌گراد می‌باشد (شکل ۲). همچنین میانگین تبخیر سالیانه ۲٦۱۹ (±۱۲۱) میلی‌متر است، به‌طوری که کمترین میزان آن در ماه‌های دی، بهمن و اسفند بوده که فاقد تبخیر می‌باشد و بیشترین میزان آن در تیرماه ۵۱۱ (±۳۱) میلی‌متر است.

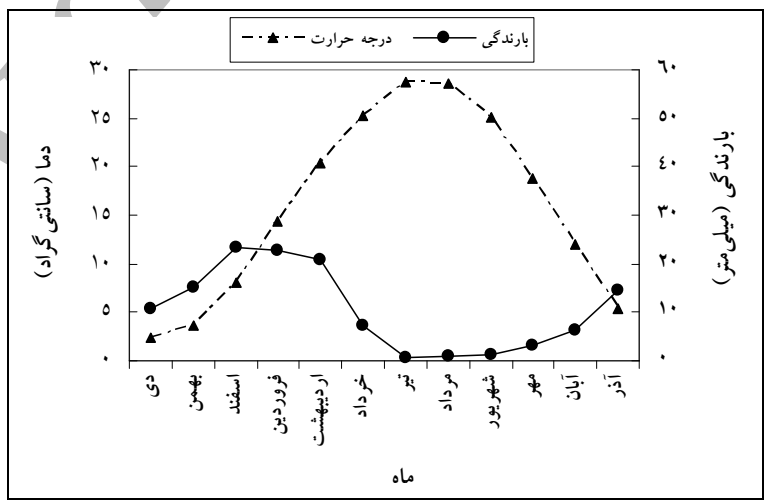
همانطور که در منحنی آمبروترمیک منطقه مشاهده می‌شود (شکل ۲)، دوره خشک در این منطقه از فروردین‌ماه آغاز و تا پایان آبان‌ماه ادامه دارد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در شهر بیارجمند واقع در شرق استان سمنان



شکل ۲- منحنی آمبروترمیک منطقه براساس آمار ۱۷ ساله (۱۳۷۱ تا ۱۳۸۷) ایستگاه سینوپتیک بیارجمند

Archive of SID

www.SID.ir

روش تحقیق

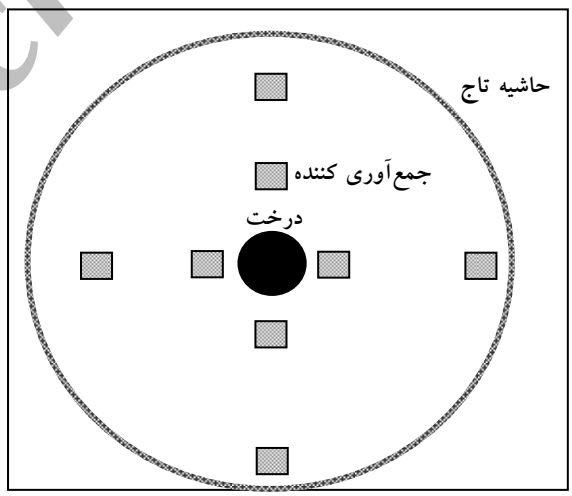
در این مطالعه به‌منظور برآورد میزان تاج‌بارش و باران‌ربایی در فصل رویش، میزان بارش کل و تاج‌بارش از اول فروردین‌ماه تا پایان شهریورماه ۱۳۸۸ اندازه‌گیری شد. میزان بارندگی کل با استفاده از سه جمع‌آوری کننده (Rainfall collector) فلزی با دهانه مربعی به طول اضلاع ۲٤ سانتی‌متر در یک فضای باز در نزدیکی جنگل‌کاریهای مورد مطالعه جمع‌آوری و عمق بارش با استفاده از استوانه مدرج اندازه‌گیری شد، سپس میانگین عمق بارش کل جمع‌آوری شده به‌وسیله سه جمع‌آوری کننده به‌عنوان بارندگی کل در دوره بررسی برای هر بارندگی (Rainfall event) در نظر گرفته شد.

برای اندازه‌گیری میزان تاج‌بارش، از هر گونه پنج اصله درخت که ویژگیهای مرفولوژیک آنها در جدول ۱ آورده شده و پراکنش قطری و ارتفاعی آنها نزدیک به پراکنش قطری و ارتفاعی توده جنگل‌کاری بود (Shachnovich *et al*., 2008) و تاج آنها هیچ‌گونه تداخلی با تاج درختان دیگر نداشت (Owens *et al*., 2006)، انتخاب شد.

جدول ۱- میانگین برخی مشخصه‌های کمی تک‌درختان نمونه کاج تهران و سرو نقره‌ای در شهر بیارجمند استان سمنان

گونه/ مشخصه	قطر برابرسینه (سانتی‌متر)	ارتفاع کل (متر)	ارتفاع تاج (متر)	سطح تاج (مترمربع)
کاج تهران	۳۰/۲	۸/۱	۳/٤	۲۵/۲
سرو نقره‌ای	۲۵/٤	۵/٦	۳/۹	۲۵/۱

تعداد هشت عدد جمع‌آوری کننده تاج‌بارش (Throughfall collector) که از نظر جنس، شکل و اندازه مشابه جمع‌آوری کننده‌های بارندگی کل بودند، در زیر هر درخت و در مجموع ٤۰ عدد جمع‌آوری کننده برای هر گونه نصب شد. وضع قرار گرفتن جمع‌آوری کننده‌ها در زیر هر درخت بدین‌صورت بود که با در نظر گرفتن اثر باد و تاج‌پوشش، در هریک از جهات اصلی، دو جمع‌آوری کننده (نزدیک به تنه و دور از تنه) در فواصل متغیر به‌طور تصادفی قرار داده شدند (شکل ۳).



شکل ۳- وضعیت قرارگیری جمع‌آوری کننده‌های تاج‌بارش در زیر هر درخت در چهار جهت اصلی (فاصله جمع‌آوری کننده‌ها از درختان و از یکدیگر به‌صورت تصادفی می‌باشد)

Archive of SID

www.SID.ir

اندازه‌گیری مقادیر بارش کل و تاج‌بارش، حداکثر ۳ ساعت پس از اتمام هر بارندگی و در صورت وقوع بارندگی در شب، قبل از طلوع خورشید انجام شد (Ahmadi *et al*., 2009). مقدار باران‌ربایی به‌طور غیرمستقیم از رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

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

در این رابطه I: مقدار باران‌ربایی، GR: مقدار بارندگی کل، TF: مقدار تاج‌بارش و SF: مقدار ساقاب می‌باشد (Cao *et al*., 2008).

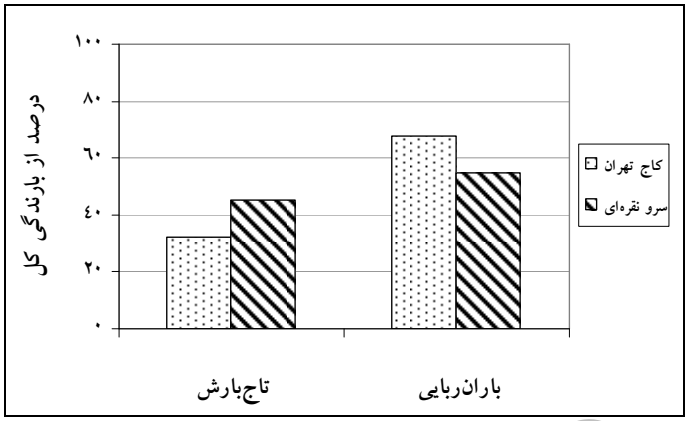
لازم به‌ذکر است که برای تولید ساقاب، ابتدا باید ظرفیت نگهداری آب تاج و پوست تنه تکمیل گردد و پس از آن ساقاب بر روی تنه جریان می‌یابد. با توجه به مقدار کم بارندگی در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک، ساقاب، اغلب سهم بسیار کوچکی از باران را در این مناطق به‌خود اختصاص می‌دهد و در نتیجه اندازه‌گیری آن نسبت به این سهم اندک، بسیار وقت‌گیر و پُرهزینه است (Shachnovich *et al*., 2008; Koichiro *et al*., 2001; Johnson, 1990) . بنابراین در این مطالعه از اندازه‌گیری آن صرف‌نظر و از رابطه ۱ حذف گردید.

نتایج

تحلیل داده‌های اقلیمی ایستگاه هواشناسی بیارجمند در طول دوره اندازه‌گیری از فروردین تا شهریورماه ۱۳۸۸ نشان داد که بارندگی در این مدت (٤٤ میلی‌متر) نسبت به متوسط مدت مشابه در دوره ۱۷ ساله (۵۳ میلی‌متر) تا حدی کمتر بوده، در صورتی‌که درجه حرارت (۲۳/۲ درجه سانتی‌گراد) نسبت به میانگین مدت مشابه در دوره ۱۷ ساله (۲۳/۷ درجه سانتی‌گراد) تغییرات چندانی نداشته است. بنابراین در طول ٦ ماه اندازه‌گیری، ۱۲ مورد بارندگی با مجموع عمق ۳۷/۹ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بیشتر بارندگیهای به‌وقوع پیوسته یا کمتر از ۳ میلی‌متر و یا بیشتر از ٦/۵ میلی‌متر بوده است. از مجموع ۳۷/۹ میلی‌متر بارندگی در طول دوره مطالعه، مقدار تاج‌بارش در مجموع ۲۰/۷ میلی‌متر (٥٤/٦ درصد از بارندگی کل) و باران‌ربایی ۱۷/۲ میلی‌متر (٤٥/٤ درصد از بارندگی کل) برای کاج تهران و برای درختان سرو نقره‌ای مقدار تاج‌بارش ۲۵/٦ میلی‌متر (٦۷/٦ درصد از بارندگی کل) و مقدار باران‌ربایی ۱۲/۳ میلی‌متر (۳۲/٤ درصد از بارندگی کل) محاسبه شد. باران‌ربایی برای هر بارندگی به‌طور میانگین ٦۸ درصد (۱/٤ میلی‌متر از هر بارندگی) برای کاج تهران که کمترین میزان آن ۲٦ درصد و بیشترین آن ۱۰۰ درصد بود و ۵۵ درصد برای سرو نقره‌ای (۱ میلی‌متر از هر بارندگی) که بین ۲۰ تا ۹٤ درصد متغیر بود، همچنین میزان تاج‌بارش برای هر بارندگی به‌طور میانگین ۳۲ درصد برای کاج تهران و ٤۵ درصد برای سرو نقره‌ای بدست آمد (شکل ٤).

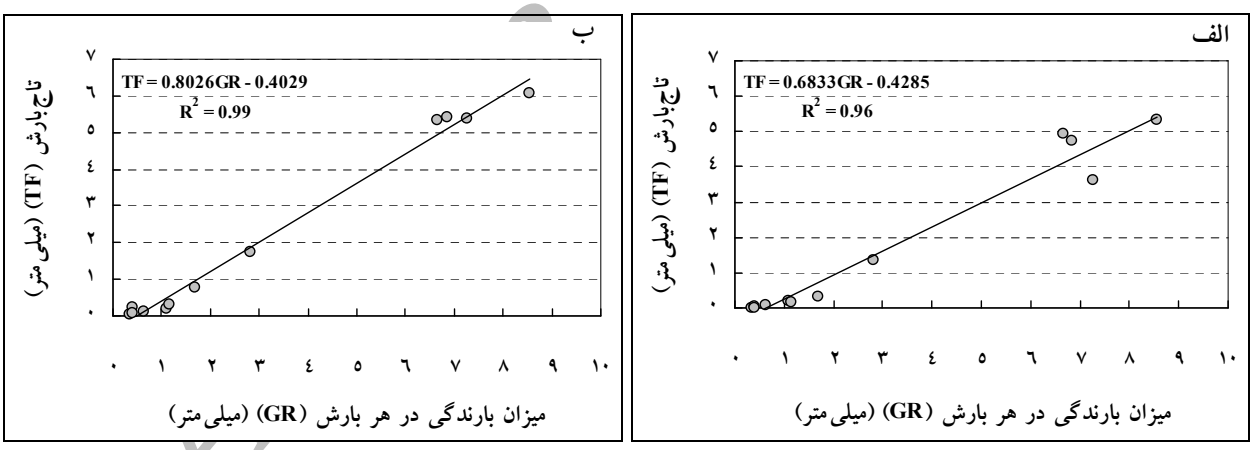
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ٤- درصد تاج‌بارش و بارانربایی به‌طور میانگین برای هر بارندگی برای تک‌درختان کاج تهران و سرو نقره‌ای در شهر بیارجمند استان سمنان

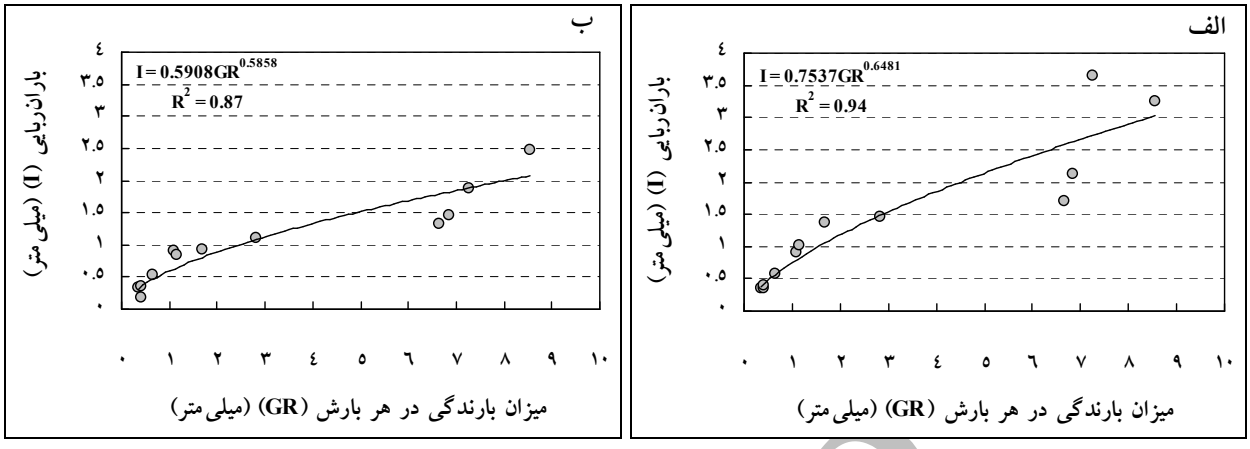
نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بین میزان تاج‌بارش و میزان بارندگی در هر بارش برای ۱۲ مورد بارندگی ثبت شده، یک همبستگی مثبت قوی و خطی برای هر دو گونه کاج تهران (R^2= ۰/۹٦) و سرو نقره‌ای (R^2= ۰/۹۹) وجود دارد؛ یعنی با افزایش میزان بارندگی در هر بارش، تاج‌بارش نیز افزایش می‌یابد (شکل **۵**).



شکل ۵- رابطه بین تاج‌بارش و میزان بارندگی در هر بارش برای تک‌درختان کاج تهران (الف) و سرو نقره‌ای (ب) (هر نقطه نشان‌دهنده یک بارش می‌باشد)

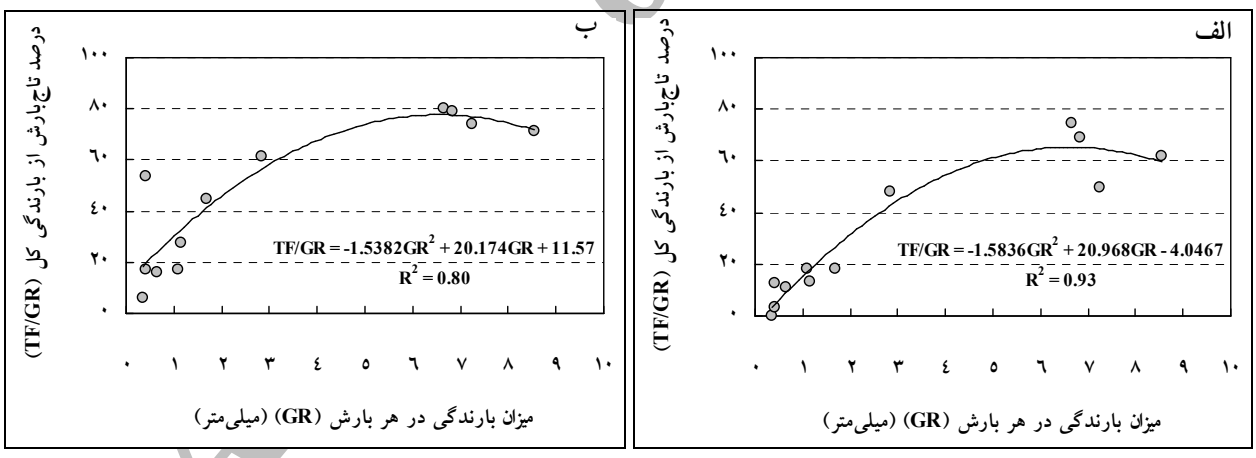
این بررسی نشان داد که بین میزان بارانربایی و میزان بارندگی در هر بارش برای ۱۲ مورد بارندگی ثبت شده، یک رابطه مثبت قوی از نوع توانی برای گونه کاج تهران (R^2= ۰/۹٤) و سرو نقره‌ای (R^2= ۰/۸۷) وجود دارد، به‌طوری که با افزایش میزان بارندگی در هر بارش میزان بارانربایی نیز افزایش می‌یابد (شکل ٦).

www.SID.ir



شکل ٦- رابطه بین بارانربایی و میزان بارندگی در هر بارش برای تک‌درختان کاج تهران (الف) و سرو نقره‌ای (ب) (هر نقطه نشان‌دهنده یک بارش می‌باشد)

مشاهدات نشان داد که در طول دوره مطالعه، بین نسبت تاج‌بارش به بارندگی کل و میزان بارندگی در هر بارش برای ۱۲ مورد بارندگی ثبت شده، یک رابطه قوی و درجه دوم برای هر دو گونه کاج تهران (R^2= ۰/۹۳) و سرو نقره‌ای (R^2= ۰/۸۰) وجود دارد (شکل ۷).

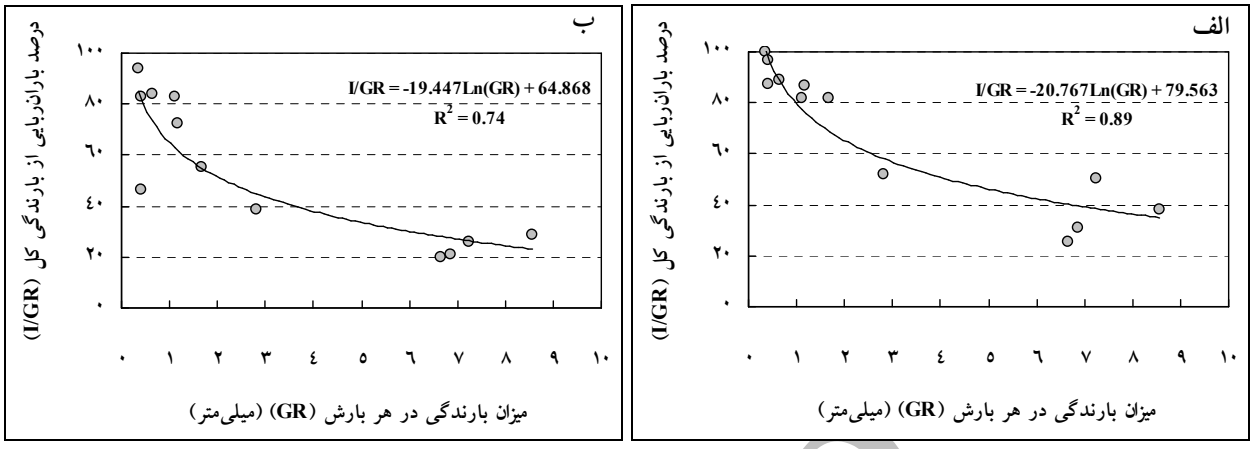


شکل ۷- رابطه بین نسبت تاج‌بارش به بارندگی کل و میزان بارندگی در هر بارش برای تک‌درختان کاج تهران (الف) و سرو نقره‌ای (ب) (هر نقطه نشان‌دهنده یک بارش می‌باشد)

همچنین رابطه بین نسبت بارانربایی به بارندگی کل و میزان بارندگی در هر بارش برای ۱۲ مورد بارندگی ثبت شده، یک رابطه لگاریتمی و کاهنده برای هر دو گونه کاج تهران (R^2= ۰/۸۹) و سرو نقره‌ای (R^2= ۰/۷٤) می‌باشد، یعنی با افزایش مقدار بارندگی این نسبت کاهش می‌یابد (شکل ۸).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۸- رابطه بین نسبت باران‌ربایی به بارندگی کل و میزان بارندگی در هر بارش برای تک‌درختان کاج تهران (الف) و سرو نقره‌ای (ب) (هر نقطه نشان‌دهنده یک بارش می‌باشد)

جدول ۲ معنی‌دار بودن ضریب‌های همبستگی بین اجزای مختلف بارندگی را نشان می‌دهد. در نهایت مقایسه میانگین‌های درصد باران‌ربایی بین دو گروه از طریق آزمون t جفتی انجام شد که اختلاف معنی‌داری بین دو گونه مشاهده گردید ($t_{0.01, 11}$ = ٤/١٩٢).

جدول ۲- معنی‌دار بودن ضریب‌های همبستگی (r) بین بارندگی کل (GR) با تاج بارش (TF)، باران‌ربایی (I) و نسبتهای تاج‌بارش به بارندگی کل (TF/GR) و باران‌ربایی به بارندگی کل (I/GR) برای تک‌درختان کاج تهران و سرو نقره‌ای

گونه	TF	I	TF/GR	I/GR
کاج تهران	۰/۹۸۰**	۰/۹٦۷**	۰/۹٦٥**	۰/۹٤۲**
سرو نقره‌ای	۰/۹۹٤**	۰/۹۳٥**	۰/۸۹٤**	۰/۸٦۲**

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد

بحث

از مجموع ۳۷/۹ میلی‌متر بارندگی کل اندازه‌گیری شده در طول ٦ ماه مطالعه بر روی تک‌درختان کاج تهران و سرو نقره‌ای در منطقه خشک مورد مطالعه در استان سمنان، ۱۲ بارندگی ثبت شد که از این مقدار، میزان تاج‌بارش و باران‌ربایی به‌ترتیب ٥٤/٦ و ٤٥/٤ درصد از بارندگی کل (اندازه‌گیری شده در طول دوره مطالعه) برای درختان کاج تهران و ٦٧/٦ و ۳۲/٤ درصد برای گونه سرو نقره‌ای محاسبه شد (شکل ٤).

این بررسی نشان داد که عمق باران‌ربایی (میلی‌متر) با افزایش مقدار بارندگی افزایش می‌یابد، اما درصد باران‌ربایی (بیان شده به‌صورت درصدی از بارندگی کل در هر بارندگی) با افزایش مقدار بارندگی در هر بارش کاهش می‌یابد (شکلهای ٦ و ٨). سایر مطالعات نیز این یافته را تأیید می‌کنند (Llorens *et al*., 1997; Price *et al*., 1997; Xiao *et al*., 2000; Cao *et al*., 2008). دلیل این روند را می‌توان این گونه بیان کرد که برای تولید تاج‌بارش ابتدا باید ظرفیت نگهداری آب تاج تکمیل شود. طی بارندگیهای کم، بخش زیادی از بارندگی صرف اشباع تاج می‌شود، اما با توجه به این که ظرفیت نگهداری آب تاج محدود است، طی بارندگیهای زیاد، سهم بیشتری از بارندگی کل صرف تولید تاج‌بارش می‌شود و در نتیجه نسبت باران‌ربایی به بارندگی کل کاهش می‌یابد (Rowe, 1983; Owens *et al*.,

Archive of SID

www.SID.ir

2006; Deguchi *et al*., 2005; Staelens *et al*., 2008; Sraj *et al*., 2008).

به‌طور کلی متوسط باران‌ربایی بدست آمده در این مطالعه نسبت به مقادیر باران‌ربایی گزارش شده در سایر مطالعات بیشتر بود. در مطالعه‌ای بر روی یک توده جنگل‌کاری ۲۷ ساله دوگلاس در منطقه‌ای با متوسط درجه حرارت سالیانه ۸ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالیانه ۲۳٤۱ میلی‌متر، مقدار باران‌ربایی ۲۲ درصد از بارندگی کل محاسبه شده است (Iroumé & Huber, 2002). در مطالعه‌ای دیگر که Owens *et al*. (2006) بر روی تک‌درختان ارس (*Juniperus ashei*) در چند منطقه با متوسط بارندگی سالیانه ٦۰۰ تا ۹۰۰ میلی‌متر انجام شد، مقدار باران‌ربایی تاج‌پوشش درختان ۳۵ درصد از بارندگی کل محاسبه شد. Mahendrappa (1990) در مطالعه‌ای در شرق کانادا، میزان باران‌ربایی را در گونه کاج سفید (*Pinus strobus*) ۳۰/۷ درصد از بارندگی کل محاسبه کرد.

Shachnovich *et al*. (2008) در مطالعه‌ای ۳ ساله در یک توده جنگل‌کاری شده کاج حلب (*Pinus halepensis*) ٤۰ ساله در منطقه‌ای خشک با متوسط بارندگی سالیانه ۲۸۰ میلی‌متر، مقدار تاج‌بارش را ۹٤ درصد از بارندگی کل برآورد کردند. دلایل زیاد بودن میزان باران‌ربایی در گونه‌های مورد مطالعه در تحقیق حاضر را می‌توان ناشی از این امر دانست که بیشتر بارندگیهای ثبت شده در طول این مطالعه بارندگیهایی با مقادیر کم هستند. همان‌طور که ذکر شد در این مقادیر از بارندگی، درصد زیادی از آب باران از طریق تاج‌پوشش درخت جذب و تبخیر می‌شود. همچنین متوسط درجه حرارت سالیانه منطقه مورد مطالعه در این تحقیق نسبت به مطالعات ذکر شده بیشتر است که این امر سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب تاج و در نتیجه افزایش میزان اتلاف باران‌ربایی می‌شود. سایر ویژگیهای بارندگی مانند شدت بارندگی، طول مدت بارندگی و مداوم یا منقطع بودن بارندگی نیز می‌تواند منجر به اختلاف در میزان باران‌ربایی شود. دلایل اختلاف میزان باران‌ربایی بین دو گونه کاج تهران و سرو نقره‌ای را می‌توان ناشی از اختلاف در ویژگیهای مرفولوژیک دو گونه مانند زاویه شاخه نسبت به تنه، شکل تاج، شاخص سطح برگ، شیب برگ، اندازه برگ، سطح تاج و ارتفاع تاج دانست (Watanabe & Mizutani, 1996; Armstrong & Mitchel, 1987; Crockford & Richardson, 2000; Gomez *et al*., 2001; Carlyle-Moses, 2004).

از آن جا که باران‌ربایی تاج‌پوشش به‌عنوان یک کاهش در میزان آب ورودی به مناطق جنگل‌کاری شده در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌حساب می‌آید (Shachnovich *et al*., 2008)، در صورت عدم انتخاب گونه مناسب می‌توان شاهد کاهش معنی‌دار آب سالیانه در این مناطق بود. انتخاب گونه‌های بومی پهن‌برگ مناسب که انتظار می‌رود باران‌ربایی کمتری داشته باشند، می‌تواند تا حد زیادی به کاهش مقدار باران‌ربایی و در نتیجه به افزایش میزان آب ورودی به جنگل‌کاریها کمک نماید.

با توجه به این که عوامل متعددی در انتخاب گونه برای جنگل‌کاری مؤثرند و برای انتخاب گونه باید تمامی عوامل را در نظر گرفت، آگاهی از میزان باران‌ربایی نیز در کنار سایر عوامل می‌تواند در انتخاب گونه به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که کمبود آب عاملی محدود کننده در استقرار و رشد جنگل‌کاریهاست، مؤثر باشد. با توجه به اقلیم خشک منطقه مورد مطالعه در این تحقیق (بارندگی سالیانه ۱۲۷ میلی‌متر) و میزان باران‌ربایی کمتر سرو نقره‌ای در مقایسه با کاج تهران، سرو نقره‌ای از این نظر برای جنگل‌کاری در این منطقه مناسبتر از کاج تهران می‌باشد.

منابع مورد استفاده

- جزیره‌ای، م. ح.، ۱۳۸۱. جنگل‌کاری در مناطق خشک. انتشارات دانشگاه تهران، ٤۵۵ صفحه.
- قربانی، س. و رحمانی، ر.، ۱۳۸۷. برآورد اتلاف تاجی، ساقاب و تاج‌بارش در توده طبیعی راش (جنگل شصت‌کلاته). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱٦ (٤): ٦٤۸-٦۳۸.
- کنشلو، ه.، ۱۳۸۰. جنگل‌کاری در خشکبوم. مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۵۱٦ صفحه.

Archive of SID

www.SID.ir

abandoned area. I. Monitoring design and results down to the event scale. Journal of Hydrology, 199: 331-345.
- Mahendrappa, M.K., 1990. Partitioning of rainwater and chemicals into throughfall and stemflow in different forest stands. Forest Ecology and Management, 30: 65-72.
- Mitchell, D.J., Fullen, M.A., Trueman, I.C. and Fearnehough, W., 1998. Sustainability of reclaimed desertified land in Ningxia, China. Journal of Arid Environments, 39: 239-251.
- Owens, M.K., Lyons, K.R. and Alegandro, C.L., 2006. Rainfall partitioning within semiarid juniper communities: effects of event size and canopy cover. Hydrological Processes, 20: 3179-3189.
- Price, A.G., Dunham, K., Carleton, T. and Band, L., 1997. Variability of water fluxes through the black spruce (*Picea mariana*) canopy and feather moss (*Pleurozium schreberi*) carpet in the boreal forest of Northern Manitoba. Journal of Hydrology, 196: 310-323.
- Rowe, L.K., 1983. Rainfall interception by an evergreen beech forest, Nelson, New Zealand. Journal of Hydrology, 66: 143-258.
- Samba, S.A.N., Camire, C. and Margolis, H.A., 2001. Allometry and rainfall interception of *Cordyla pinnata* in a semi-arid agroforestry parkland, Senegal. Forest Ecology and Management, 154: 277-288.
- Schowalter T.D., 1999. Throughfall volume and chemistry as affected by precipitation volume, sapling size, and defoliation intensity. Great Basin Naturalist, 59: 79-84.
- Shachnovich, Y., Berliner, P.R. and Bar, P., 2008. Rainfall interception throughfall in a pine forest planted in an arid zone. Journal of Hydrology, 349: 168-177.
- Silva, I.C. and Rodriguez, H.G., 2001. Interception loss, throughfall and stemflow chemistry in pine and oak forests in northeastern Mexico. Tree Physiology, 21: 1009-1013.
- 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.A.D., Schrijver, K.V. and Verhoest, N., 2008. Rainfall partitioning into throughfall, stemflow, and interception within a single beech (*Fagus sylvatica* L.) canopy: influence of foliation, rain event characteristics, and meteorology. Hydrological Processes, 22: 33-45.
- Watanabe, T. and Mizutani, K., 1996. Model study on micrometeorological aspects of rainfall interception over an evergreen broad-leaved forest. Agricultural and Forest Meteorology, 80: 195-214.
- Xiao, Q.F., 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.
- Ahmadi, M.T., Attarod, P., Marvi Mohadjer, M.R., Rahmani, R. and Fathi, J., 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.
- Armstrong, C.L. and Mitchell, J.K., 1987. Transformations of rainfall by plant canopy. Trans. ASAE, 30: 688-696.
- Cao, Y., Ouyang, Z.Y., Zheng, H., Huang, Z.G., Wang, X.K. and Miao, H., 2008. Effects of forest plantation on rainfall redistribution and erosion in the red soil region of Southern China. Land Degradation Development, 19: 321-330.
- 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.
- Chang, M., 2003. Forest Hydrology: An Introduction to Water and Forests. CRC Press, 498 p.
- Crockford, R.H. and Richardson, D.P., 2000. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow, and interception: effect of forest type, ground cover and climate. Hydrological Processes, 14: 2903-2920.
- Deguchi, A., Hattori, S. and Park, H., 2005. The influence of seasonal changes in canopy structure on interception loss: application of the revised Gash model. Journal of Hydrology, 319: 80-102.
- Gómez, J.A., Giraldez, J.V. and Fereres, E., 2001. Rainfall interception by olive trees in relation to leaf area. Agricultural Water Management, 49: 65-76.
- Green, S.R., 1993. Radiation balance, transpiration and photosynthesis of an isolated tree. Agricultural and Forest Meteorology, 64: 201-221.
- Herbst, M., Roberts, J.M. and Rosier, P.T.W. and Gowing, D.J., 2006. Measuring and modeling the rainfall interception loss by hedgerows in southern England. Agricultural and Forest Meteorology, 141: 244-256.
- Huttel, R.F., Schneider, B.U. and Farrell, E.P., 2000. Forests of the temperate region: gaps in knowledge and research needs. Forest Ecology and Management, 132: 83-96.
- Iroumé, A. and Huber, A., 2002. Comparison of interception losses in a broadleaved native forest and a *Pseudotsuga menziesii* (Douglas fir) plantation in the Andes Mountains of southern Chile. Hydrological Processes, 16: 2347-2361.
- Johnson, R.C., 1990. The interception, throughfall and stemflow in a forest in Highland Scotland and the comparison with other upland forests in the U.K.. Journal of Hydrology, 118: 281-287.
- Koichiro, K., Yuri, T., Nobuaki, T. and Isamu, K., 2001. Generation of stemflow volume and chemistry in a mature Japanese cypress forest. Hydrological Processes, 15: 1967-1978.
- Llorens, P., Poch, R., Latron, J. and Gallart, F., 1997. Rainfall interception by a *Pinus sylvestris* forest patch overgrown in a Mediterranean mountainous

Archive of SID

www.SID.ir

Rainfall interception loss by *Cupressus arizonica* and *Pinus eldarica* in an arid zone afforestaion of Iran (Biyarjomand, Shahroud)

H. Bagheri [1], P. Attarod [2*], V. Etemad [3], H. Sharafieh [4], M.T. Ahmadi [1], M. Bagheri [5]

1- M.Sc. Student of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karadj, Iran.
2*- Corresponding author, Assistant Prof., Forestry and Forest Economics Department, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karadj, Iran. E-mail: attarod@ut.ac.ir
3- Assistant Prof., Forestry and Forest Economics Department, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karadj, Iran.
4- Senior Research Expert, Research Center of Agriculture and Natural Resources of Semnan province, Iran.
5- M.Sc. Student of Environment, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
Received: 08.06.2010 Accepted: 06.11.2010

Abstract

The main aim of the present research was to measure interception (*I*) by individual trees of *Pinus eldarica* and *Cupressus arizonica* that extensively planted in afforestation projects of the arid zone in Iran. The selected trees were located inside a forest plantation in a dry area at Semnan province, where mean annual precipitation and air temperature are 127 mm and 16˚C, respectively. The gross rainfall (*GR*) was measured by the mean of three hand-made gauges placed in an open area neighboring to the chosen trees. Five individual trees were selected for measurements of throughfall (*TF*). Eight *TF* collectors were positioned beneath the tree canopies in the four main directions to average into TF mean per species. *I* was calculated as the difference between *GR* and *TF* for each tree and *I* was finally averaged into the means of *P. eldarica* and *C. arizonica*. Measurements were made on a rainfall event basis during 2009 summer season, from March to October. The cumulative *GR* depth of 12 events was 37.9 mm; *I* (*P. eldarica*): 17.2 mm, and *I* (*C. arizonica*): 12.3 mm. On the event scale average ratios of *I:GR* were 68% (1.4 mm per event) and 55% (1 mm per event) for *P.eldarica* and *C.arizonica,* respectively. Strong positive correlations were observed between *I* and *GR* (*P.eldarica*, R^2=0.94; *C.arizonica*, R^2=0.87). Our measurements suggested that intercepted *GR* or *I:GR* ratio by the canopies, and loss through evaporation decreased, as the size of rainfall events increased. The results showed that interception is a significant component of the seasonal water balance in the afforestation of the arid zone of Iran.

Key words: afforestation, arid zone, *Cupressus arizonica*, *Pinus eldarica*, rainfall interception.

Archive of SID

www.SID.ir