

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

حسین باقری^۱، پدram عطارد^{۲*}، وحید اعتماد^۳، حیدر شرفیه^۴، محمدتقی احمدی^۱ و محسن باقری^۵

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.

۴- مربی پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان.

۵- 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 به ترتیب ۱۲۷ میلی‌متر و ۱۶ 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 (۴۵/۴ درصد از بارندگی کل دوره مطالعه) سهم باران‌ربایی کاج تهران و ۱۲/۳ میلی‌متر (۳۲/۴ درصد از بارندگی کل دوره مطالعه) سهم باران‌ربایی سرو نقره‌ای بود. مقدار باران‌ربایی برای هر بارندگی به‌طور میانگین ۶۸ درصد (۱/۴ میلی‌متر از هر بارندگی) برای کاج تهران و ۵۵ 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 ($R^2 = 0.94$) و سرو نقره‌ای ($R^2 = 0.87$) مشاهده گردید. در هر دو گونه، با افزایش مقدار بارندگی کل، میزان باران‌ربایی نیز افزایش یافت، حال آن‌که 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

نفر در آن سکونت دارند. سالیانه در اثر گسترش بیابان‌زایی (Desertification) در مناطق خشک و نیمه‌خشک، ۰/۱۳ درصد (۶۰ هزار کیلومترمربع) به این سطح اضافه می‌شود (Mitchell et al., 1998;)

مساحت مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان تقریباً ۴۵ میلیون کیلومترمربع است که حدود ۳۰ درصد از سطح کره زمین را می‌پوشاند و جمعیتی نزدیک به ۸۵۰ میلیون

ساختار تاج و مورفولوژی برگ گونه‌های مختلف، تعیین کننده نحوه پراکنش بارندگی و میزان آبی است که به سطح زیرین گیاهان چوبی می‌رسد (Carlyle-Moses, 2004). میزان باران‌رایی 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 به صورت مجزا باشد، بهتر می‌توان اثر کل پوشش جنگلی را به وسیله عملکرد این تک‌درختان (Individual trees) بیان نمود (Xiao et al., 2000; Green, 1993).

براساس مطالعاتی که در ایران به منظور برآورد باران‌رایی انجام شده، مقدار باران‌رایی، 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، باران‌رایی و ساقاب به ترتیب ۶۵/۹، ۳۲/۱ و ۲ درصد از بارندگی کل برآورد گردید (Ahmadi et al., 2009).

در کشور ما به جز 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 به نظر می‌رسد، بنابراین با توجه به اهمیت آب در این مناطق برای استقرار جنگل‌کاریها، آگاهی از میزان باران‌رایی گونه‌های درختی و درختچه‌ای مختلف مانند کاج تهران (*Pinus eldarica*) و سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) که به‌طور وسیعی به‌منظور جنگل‌کاری در این

جنگل‌کاری (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 تفریحی 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، باران‌رایی تاج‌پوشش ($\text{Interception Loss} = I$) 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 ($\text{Canopy (Water) Storage Capacity} = \text{CSC}$) تکمیل گردید و تاج اشباع شد، آب تحت تأثیر نیروی جاذبه زمین به صورت ریزشهای تاجی که تاج‌بارش یا آب میانگذر ($\text{Throughfall} = \text{TF}$) نامیده می‌شود، بر سطح زمین می‌ریزد. بخش دیگری از باران که ساقاب ($\text{Stemflow} = \text{SF}$) نامیده می‌شود، پس از جاری شدن بر روی شاخه‌ها و تنه درختان به سطح زمین می‌رسد (Herbst et al., 2006). مقدار باران‌رایی تاج‌پوشش به‌طور غیرمستقیم از کسر مجموع تاج‌بارش و ساقاب (بارندگی خالص ($\text{Net Rainfall} = \text{NR}$)) از بارندگی کل ($\text{Gross Rainfall} = \text{GR}$) بدست می‌آید (Cao et al., 2008).

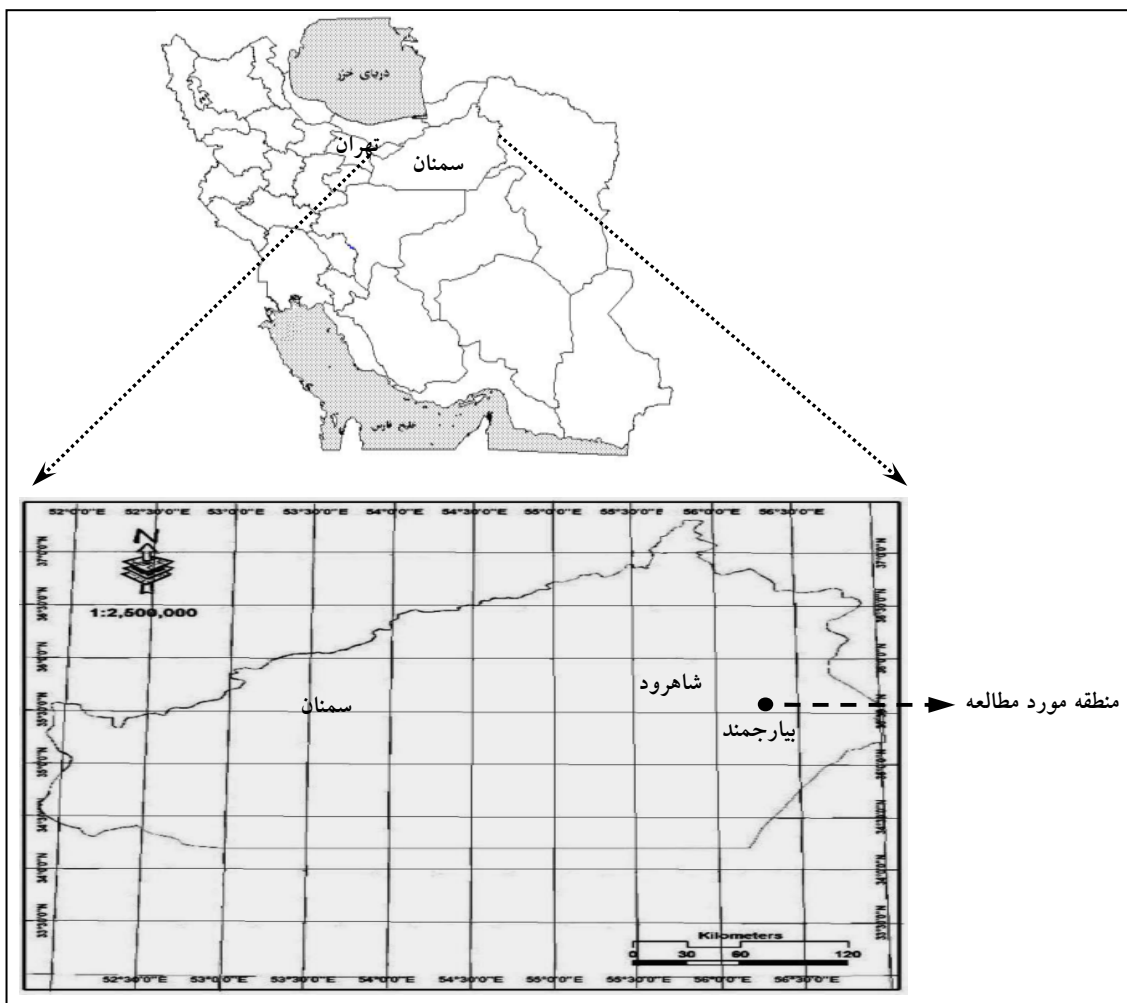
ارزیابی مقدار باران‌رایی حائز اهمیت است، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که رطوبت خاک یک عامل محدود کننده و مؤثر بر تولیدات گیاهی است و رواناب و تغذیه آبهای زیرزمینی برای بخشهای کشاورزی و صنعت بسیار ضروری هستند (Carlyle-Moses, 2004).

به مساحت ۱۶ هکتار که در کنار یکدیگر و با فاصله کاشت ۴×۴ 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 ۱۲۶/۸ (±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 ۱۶ (±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 ۲/۴ (±۲/۱) درجه سانتی‌گراد می‌باشد (شکل ۲). همچنین میانگین تبخیر سالیانه ۲۶۱۹ (±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.

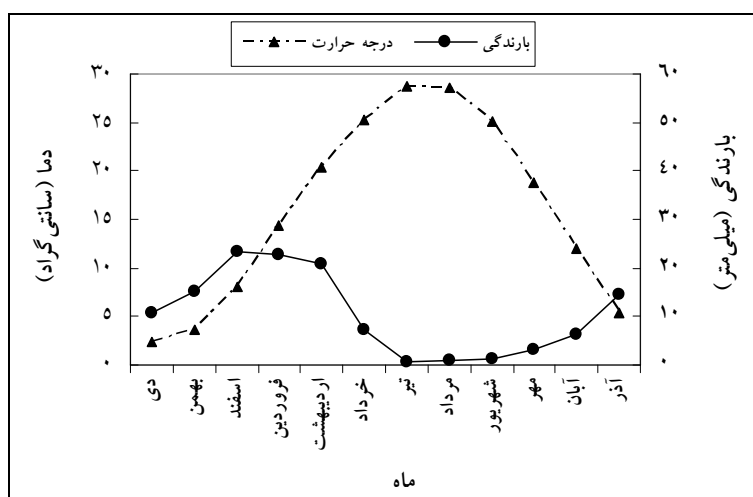
مناطق استفاده می‌شوند (جزیره‌ای، ۱۳۸۱)، امری بسیار ضروری به‌نظر می‌رسد. در واقع آگاهی از این عامل می‌تواند در کنار سایر عوامل، به‌عنوان عاملی مهم و تأثیرگذار در انتخاب گونه در جهت اهداف ایجاد جنگل کاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک مطرح گردد. این مطالعه با هدف اندازه‌گیری و مقایسه مقادیر اجزاء بارش (تاج‌بارش 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 جنگل کاری 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 جنگل کاری 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 ۴۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۴ دقیقه شمالی با ارتفاع متوسط ۱۰۹۱ متر بالاتر از سطح دریا انجام شد. اندازه‌گیریها در دو قطعه جنگل کاری شده سرو نقره‌ای ۲۳ ساله و کاج تهران ۲۸ ساله و در مجموع



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



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

روش تحقیق

در این مطالعه به منظور 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 ۲۴ سانتی‌متر در یک فضای باز در نزدیکی جنگل کاریهای مورد مطالعه جمع‌آوری و عمق بارش با استفاده از استوانه مدرج اندازه‌گیری شد، سپس میانگین عمق بارش کل جمع‌آوری شده به وسیله سه جمع‌آوری کننده به‌عنوان

بارندگی کل در دوره بررسی برای هر بارندگی (Rainfall event) در نظر گرفته شد.

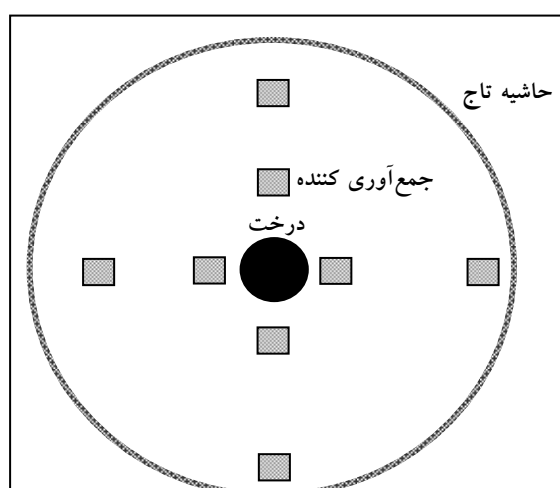
برای اندازه‌گیری میزان تاج‌بارش، از هر گونه پنج اصله درخت که ویژگیهای مرفولوژیک آنها در جدول ۱ آورده شده و پراکنش قطری و ارتفاعی آنها نزدیک به پراکنش قطری و ارتفاعی توده جنگل کاری بود (Shachnovich *et al.*, 2008) و تاج آنها هیچ‌گونه تداخلی با تاج درختان دیگر نداشت (Owens *et al.*, 2006)، انتخاب شد.

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

گونه / مشخصه	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	ارتفاع کل (متر)	ارتفاع تاج (متر)	سطح تاج (مترمربع)
کاج تهران	۳۰/۲	۸/۱	۳/۴	۲۵/۲
سرو نقره‌ای	۲۵/۴	۵/۶	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 ۴۰ عدد جمع‌آوری کننده برای هر گونه نصب شد. وضع قرار گرفتن جمع‌آوری کننده‌ها در

زیر هر درخت بدین صورت بود که با در نظر گرفتن اثر باد و تاج‌پوشش، در هر یک 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 به صورت تصادفی می‌باشد)

نشان داد که بارندگی در این مدت (۴۴ 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 ۶ 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 ۶/۵ میلی‌متر بوده است. از مجموع ۳۷/۹ میلی‌متر بارندگی در طول دوره مطالعه، مقدار تاج‌بارش در مجموع ۲۰/۷ میلی‌متر (۵۴/۶ درصد از بارندگی کل) و باران‌ریایی ۱۷/۲ میلی‌متر (۴۵/۴ درصد از بارندگی کل) برای کاج تهران و برای درختان سرو نقره‌ای مقدار تاج‌بارش ۲۵/۶ میلی‌متر (۶۷/۶ درصد از بارندگی کل) و مقدار باران‌ریایی ۱۲/۳ میلی‌متر (۳۲/۴ درصد از بارندگی کل) محاسبه شد. باران‌ریایی برای هر بارندگی به‌طور میانگین ۶۸ درصد (۱/۴ میلی‌متر از هر بارندگی) برای کاج تهران که کمترین میزان آن ۲۶ درصد و بیشترین آن ۱۰۰ درصد بود و ۵۵ درصد برای سرو نقره‌ای (۱ میلی‌متر از هر بارندگی) که بین ۲۰ تا ۹۴ درصد متغیر بود، همچنین میزان تاج‌بارش برای هر بارندگی به‌طور میانگین ۳۲ درصد برای کاج تهران و ۴۵ درصد برای سرو نقره‌ای بدست آمد (شکل ۴).

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 باران‌ریایی به‌طور غیرمستقیم از رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

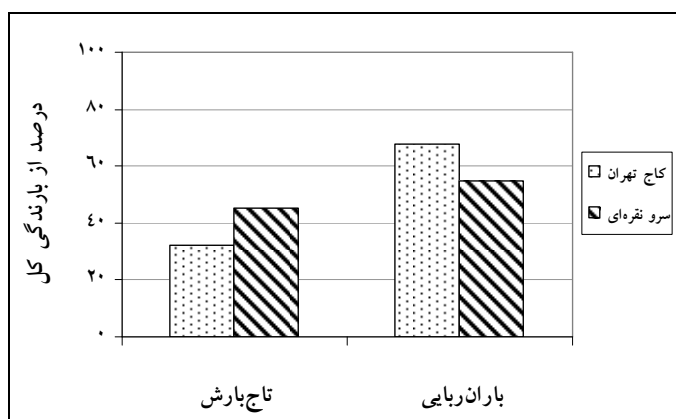
$$I = GR - (TF + SF) \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه I: مقدار باران‌ریایی، 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 پرهزینه 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

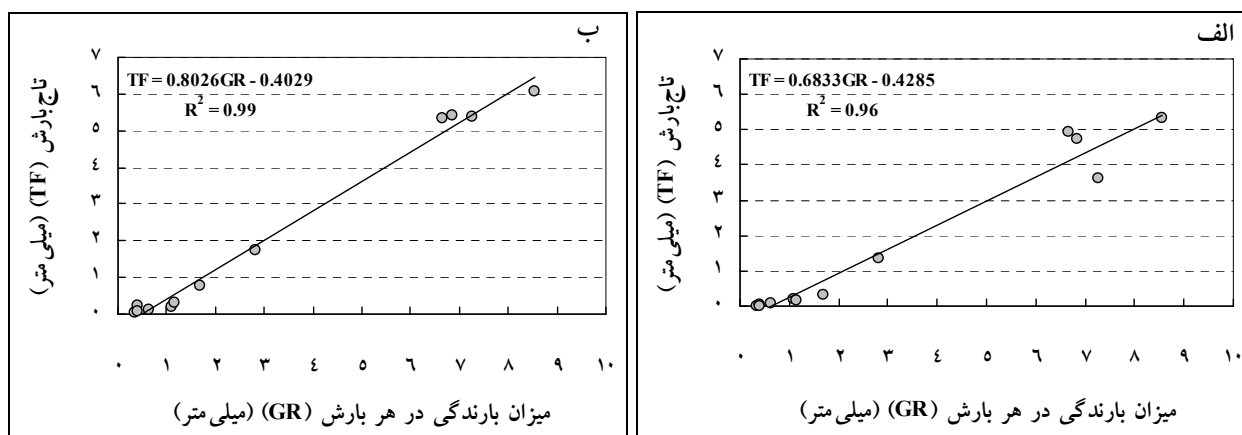
تحلیل داده‌های اقلیمی ایستگاه هواشناسی بیارجمند در طول دوره اندازه‌گیری از فروردین تا شهریورماه ۱۳۸۸



شکل ۴- درصد تاج بارش و باران‌ربایی به‌طور میانگین برای هر بارندگی برای تک‌درختان کاج تهران و سرو نقره‌ای در شهر بیارجمند استان سمنان

دارد؛ یعنی با افزایش میزان بارندگی در هر بارش، تاج بارش نیز افزایش می‌یابد (شکل ۵).

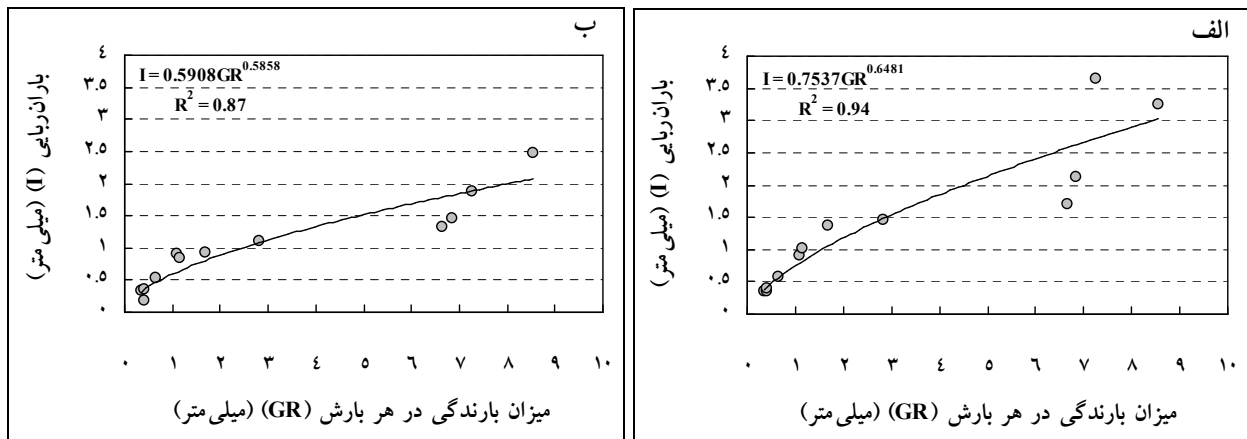
نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بین میزان تاج بارش و میزان بارندگی در هر بارش برای ۱۲ مورد بارندگی ثبت شده، یک همبستگی مثبت قوی و خطی برای هر دو گونه کاج تهران ($R^2 = 0/96$) و سرو نقره‌ای ($R^2 = 0/99$) وجود



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

به‌طوری که با افزایش میزان بارندگی در هر بارش میزان باران‌ربایی نیز افزایش می‌یابد (شکل ۶).

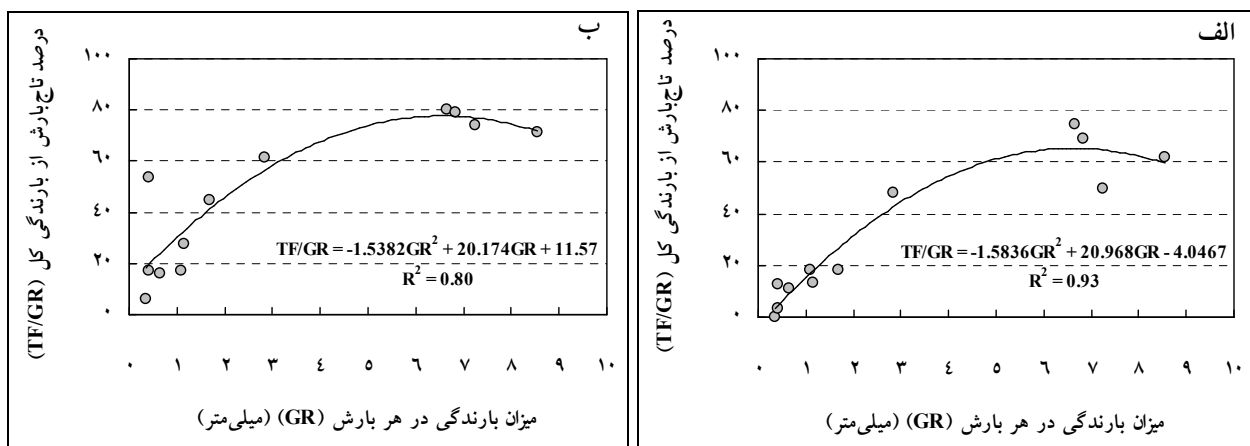
این بررسی نشان داد که بین میزان باران‌ربایی و میزان بارندگی در هر بارش برای ۱۲ مورد بارندگی ثبت شده، یک رابطه مثبت قوی از نوع توانی برای گونه کاج تهران



شکل ۶- رابطه بین باران‌رایی و میزان بارندگی در هر بارش برای تک‌درختان کاج تهران (الف) و سرو نقره‌ای (ب) (هر نقطه نشان‌دهنده یک بارش می‌باشد)

درجه دوم برای هر دو گونه کاج تهران ($R^2 = 0/93$) و سرو نقره‌ای ($R^2 = 0/80$) وجود دارد (شکل ۷).

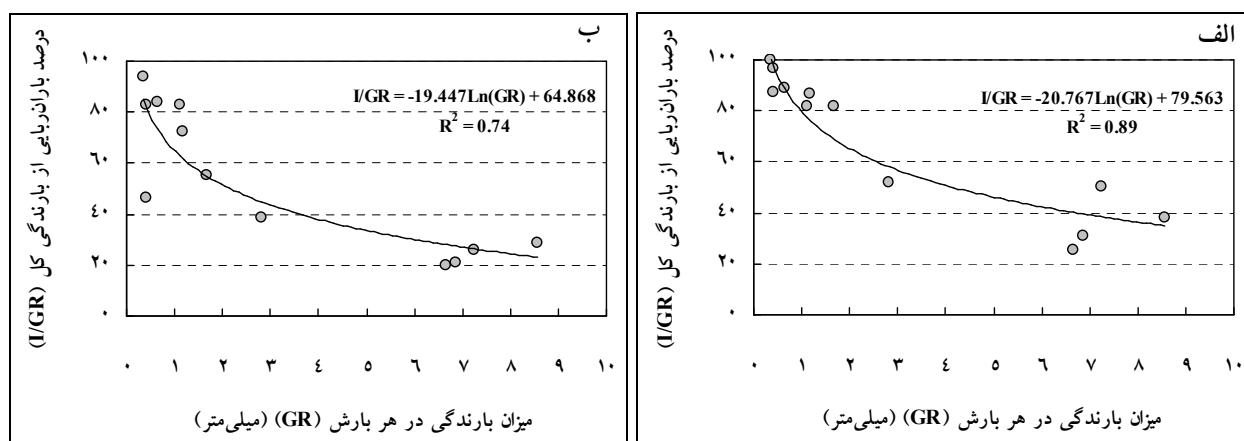
مشاهدات نشان داد که در طول دوره مطالعه، بین نسبت تاج‌بارش به بارندگی کل و میزان بارندگی در هر بارش برای ۱۲ مورد بارندگی ثبت شده، یک رابطه قوی و



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)

تهران ($R^2 = 0/89$) و سرو نقره‌ای ($R^2 = 0/74$) می‌باشد، یعنی با افزایش مقدار بارندگی این نسبت کاهش می‌یابد (شکل ۸).

همچنین رابطه بین نسبت باران‌رایی 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



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

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

I/GR	TF/GR	I	TF	گونه
۰/۹۴۶**	۰/۹۶۵**	۰/۹۶۷**	۰/۹۸۰**	کاج تهران
۰/۸۶۲**	۰/۸۹۴**	۰/۹۳۵**	۰/۹۹۴**	سرو نقره‌ای

** : معنی‌دار در سطح ۱ درصد

بحث

بارندگی) با افزایش مقدار بارندگی در هر بارش کاهش می‌یابد (شکل‌های ۶ و ۸). 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., 1997).

از مجموع ۳۷/۹ میلی‌متر بارندگی کل اندازه‌گیری شده در طول ۶ 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 به ترتیب ۵۴/۶ و ۴۵/۴ درصد از بارندگی کل (اندازه‌گیری شده در طول دوره مطالعه) برای درختان کاج تهران و ۶۷/۶ و ۳۲/۴ درصد برای گونه سرو نقره‌ای محاسبه شد (شکل ۴).

این بررسی نشان داد که عمق باران‌ربایی (میلی‌متر) با افزایش مقدار بارندگی افزایش می‌یابد، اما درصد باران‌ربایی (بیان شده به صورت درصدی از بارندگی کل در هر

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 تاج پوشش به عنوان یک کاهش در میزان آب ورودی به مناطق جنگل کاری شده در مناطق خشک و نیمه خشک به حساب می آید (Shachnovich et al., 2008)، در صورت عدم انتخاب گونه مناسب می توان شاهد کاهش معنی دار آب سالیانه در این مناطق بود. انتخاب گونه های بومی پهن برگ مناسب که انتظار می رود بارانربایی کمتری داشته باشند، می تواند تا حد زیادی به کاهش مقدار بارانربایی و در نتیجه به افزایش میزان آب ورودی به جنگل کاریها کمک نماید.

با توجه به این که عوامل متعددی در انتخاب گونه برای جنگل کاری مؤثرند و برای انتخاب گونه باید تمامی عوامل را در نظر گرفت، آگاهی از میزان بارانربایی نیز در کنار سایر عوامل می تواند در انتخاب گونه به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک که کمبود آب عاملی محدود کننده در استقرار و رشد جنگل کاریهاست، مؤثر باشد. با توجه به اقلیم خشک منطقه مورد مطالعه در این تحقیق (بارندگی سالیانه ۱۲۷ میلی متر) و میزان بارانربایی کمتر سرو نقره ای در مقایسه با کاج تهران، سرو نقره ای از این نظر برای جنگل کاری در این منطقه مناسبتر از کاج تهران می باشد.

منابع مورد استفاده

- جزیره ای، م. ح.، ۱۳۸۱. جنگل کاری در مناطق خشک. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۵۵ صفحه.
- قربانی، س. و رحمانی، ر.، ۱۳۸۷. برآورد اتلاف تاجی، ساقاب و تاج بارش در توده طبیعی راش (جنگل شصت کلاته). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۶ (۴): ۶۴۸-۶۳۸.
- کنشلو، ه.، ۱۳۸۰. جنگل کاری در خشکبوم. مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۵۱۶ صفحه.

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

به طور کلی متوسط بارانربایی بدست آمده در این مطالعه نسبت به مقادیر بارانربایی گزارش شده در سایر مطالعات بیشتر بود. در مطالعه ای بر روی یک توده جنگل کاری ۲۷ ساله دوگلاس در منطقه ای با متوسط درجه حرارت سالیانه ۸ درجه سانتی گراد و متوسط بارندگی سالیانه ۲۳۴۱ میلی متر، مقدار بارانربایی ۲۲ درصد از بارندگی کل محاسبه شده است (Iroumé & Huber, 2002). در مطالعه ای دیگر که Owens et al. (2006) بر روی تک درختان ارس (*Juniperus ashei*) در چند منطقه با متوسط بارندگی سالیانه ۶۰۰ تا ۹۰۰ میلی متر انجام شد، مقدار بارانربایی تاج پوشش درختان ۳۵ درصد از بارندگی کل محاسبه شد. (Mahendrappa 1990) در مطالعه ای در شرق کانادا، میزان بارانربایی را در گونه کاج سفید (*Pinus strobus*) ۳۰٪ درصد از بارندگی کل محاسبه کرد. (Shachnovich et al. 2008) در مطالعه ای ۳ ساله در یک توده جنگل کاری شده کاج حلب (*Pinus halepensis*) ۴۰ ساله در منطقه ای خشک با متوسط بارندگی سالیانه ۲۸۰ میلی متر، مقدار تاج بارش را ۹۴ درصد از بارندگی کل برآورد کردند. دلایل زیاد بودن میزان بارانربایی در گونه های مورد مطالعه در تحقیق حاضر را می توان ناشی از این امر دانست که بیشتر بارندگیهای ثبت شده در طول این مطالعه بارندگیهایی با مقادیر کم هستند. همان طور که ذکر شد در این مقادیر از بارندگی، درصد زیادی از آب باران از طریق تاج پوشش درخت جذب و تبخیر می شود. 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 می شود. سایر ویژگیهای بارندگی مانند شدت بارندگی، طول مدت بارندگی و مداوم یا منقطع بودن بارندگی نیز می تواند منجر به اختلاف در میزان بارانربایی شود. دلایل اختلاف میزان بارانربایی بین دو گونه کاج تهران و سرو نقره ای را می توان ناشی از اختلاف

- 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 Fearnough, W., 1998. Sustainability of reclaimed desertified land in Ningxia, China. *Journal of Arid Environments*, 39: 239-251.
 - Owens, M.K., Lyons, K.R. and Alejandro, 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

Rainfall interception loss by *Cupressus arizonica* and *Pinus eldarica* in an arid zone afforestation 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.