تأثير اندازه باران بر باران‌ربايي توده كاج تهران در منطقه نيمه‌خشک (مطالعه موردي: پارک چيتگر)

مريم‌السادات مطهري[١]، پدرام عطارد[*٢]، وحيد اعتماد[٢] و انوشيروان شيرواني[٢]
[١] دانشجوي كارشناسي‌ارشد دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
[٢] استاديار دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
(تاريخ دريافت: ٩٠/٢/٥، تاريخ تصويب: ٩٠/١٠/٦)

چكيده

باران‌ربايي جزء مهم تعادل آبي جنگل‌كاري‌ها در مناطق نيمه‌خشک محسوب مي‌شود. اين مطالعه با هدف اندازه‌گيري ميزان باران‌ربايي طي فصول مختلف در توده جنگل‌كاري‌شده كاج تهران (*Pinus eldarica* Medw.) و تأثير اندازه باران بر آن واقع در پارک جنگلي چيتگر تهران انجام شد. ميانگين ساليانه بارندگي و درجه حرارت منطقه مورد مطالعه به ترتيب ٢٦٧/٦ ميلي‌متر و ١٧/٢ درجه سانتي‌گراد مي‌باشد. ميزان بارندگي در هر بارش با استفاده از شش عدد جمع‌آوري كننده كه در يک فضاي باز مجاور توده نصب شده بودند، اندازه‌گيري گرديد. براي اندازه‌گيري ميزان تاج‌بارش، تعداد ۴۵ جمع‌آوري كننده در زير توده به‌طور تصادفي نصب گرديد و اندازه‌گيري‌ها از مهر ١٣٨٨ تا ارديبهشت ١٣٨٩ انجام شد. از ٣٠ بارندگي اندازه‌گيري شده با مجموع عمق ١۶۴/٨ ميلي‌متر، ۶١/٢ ميلي‌متر آن (به طور ميانگين ۶١/۴ درصد از بارندگي در هر بارش) به باران‌ربايي اختصاص يافت. در اين مدت، در فصل پاييز، زمستان و بهار (تا اواسط ارديبهشت) به ترتيب ١١، ١٠ و ٩ مورد باران با اندازه تجمعي ۴٣/۶، ٧٢/۶ و ۴٨/۶ ميلي‌متر ثبت شد كه از اين مقادير متوسط باران‌ربايي به ترتيب ۶۵/٨، ۵۵/١ و ۶٢/٩ درصد از بارندگي برآورد شد. نتايج اين مطالعه، روابط قوي بين باران‌ربايي و اندازه باران را نشان داد به طوري كه با افزايش اندازه باران، سهم باران ربايي يا نسبت باران‌ربايي به بارندگي در هر بارش، كاهش نشان مي‌دهد. باران‌ربايي بخش قابل توجهي از بارندگي در هر بارش را در توده جنگل‌كاري شده كاج تهران به خود اختصاص مي‌دهد و از آنجاييكه آب عامل محدود كننده استقرار و رشد جنگل كاري‌ها در مناطق نيمه خشک است، بنابراين اندازه‌گيري و دانستن مقدار باران‌ربايي از اهميت زيادي در اين مناطق برخوردار است.

واژه‌هاي كليدي: باران‌ربايي، جنگل‌كاري، كاج تهران، مناطق نيمه خشک، اندازه باران، پارک چيتگر

* نويسنده مسئول: تلفن: ٠٢٦-٣٢٢٤٩٣١٢ فاكس: ٠٢۶-٣٢٢۴٩٣١٢ E-mail: attarod@ut.ac.ir

مقدمه

كشور ايران به دليل پايين بودن ميزان ريزش‌هاي جوي و همچنين نامناسب بودن پراكنش زماني و مكاني آن، از جمله كشورهاي خشک و نيمه‌خشک جهان محسوب مي‌شود. با وجود اينكه ايران ١/١ درصد از مساحت خشكي‌هاي جهان را داراست، تنها ٠/٣٤٥ درصد از آب‌هاي موجود در خشكي‌هاي جهان را در اختيار دارد (Mahdavi, 2005). در ايران، يكي از دلايل كمبود منابع آب علاوه بر كمبود نزولات جوي، بالا بودن ميزان تبخير است. بخش اعظم آب‌هاي حاصل از بارندگي طي فرآيند تبخير، بخار شده و از دسترس خارج مي‌شوند. با وجود اينكه متوسط بارندگي سالیانه در ايران كمتر از يک سوم متوسط بارندگي جهان است، تبخير پتانسيل آب در ايران سه برابر متوسط پتانسيل تبخير آب در جهان مي‌باشد (Ministry of Energy, 2006). بايد پذيرفت كه خشكي در ايران يک واقعيت اقليمي است و براي زيستن در خشكي چاره كار شناخت اقليم و سازگاري با آن است و نه مقابله با آن (Alizadeh, 2009).

جنگل‌كاري[1] به طور منظم در سطوح عاري از پوشش گياهي با گونه‌هاي درختي مناسب مي‌تواند به كاهش بيابان‌ها (Grünzweig et al., 2003) توسط افزايش توانايي در تأمين چوب سوخت و در نتيجه كاهش فشار روي پوشش‌هاي گياهي طبيعي كمک كند. به علاوه باعث كاهش فرسايش خاک (Zhou et al., 2002) يا جلوگيري از پيشرفت آن، افزايش تثبيت دي‌اكسيدكربن و حاصلخيزي خاک ميشود (Hüttl et al., 2000)، مدل‌هاي ذخيره و استفاده از آب را تغيير ميدهد (Chang, 2003) و تأثير مهمي بر روي فرآيندهاي هيدرولوژيک دارد (Zhou et al., 2002; Hanson et al., 2004).

اما يكي از پيامدهاي جنگل‌كاري اين است كه تغذيه منابع آبهاي زير زميني با افزايش پوشش جنگلي كاهش مي‌يابد و علاوه بر اينكه در جنگل سوزني‌برگ در مقايسه با جنگل پهن‌برگ اين كاهش تغذيه آب بيشتر است، از منطقه‌اي به منطقه ديگر هم به علت تفاوت در آب و هوا، مشخصات منطقه و لايه زمين بسيار متفاوت گزارش شده است (Van Der Salm et al., 2007).

معمولا تمام آب باران به سطح زمين نرسيده و مقداري از آن بوسيله تاج‌پوشش درختان جذب و بواسطه تبخير به اتمسفر بر مي‌گردد كه اين اتلاف آب از سطح تاج درختان باران‌ربايي[2]ناميده مي‌شود (Shachnovich et al., 2008.). زمانيكه باران رخ مي‌دهد آب باران ابتدا تاج درختان را كاملا خيس مي‌كند و پس از آنكه ظرفيت نگهداري آب تاج‌پوشش[3] تكميل و تاج اشباع گرديد، آب تحت تأثير نيروي ثقل به صورت تاج‌بارش[4] به كف جنگل مي‌ريزد. تاج‌بارش به دو صورت به سطح زمين مي‌رسد؛ بخشي از تاج‌بارش بدون برخورد به تاج درخت و از ميان حفره‌هاي تاج‌پوشش به سطح زمين مي‌رسد كه به آن تاج‌بارش مستقيم[5] گفته مي‌شود كه در محاسبات به صورت ضريب تعيين مي‌شود. بخشي هم پس از برخورد به شاخ و برگ درختان به سطح زمين مي‌رسد. سهمي از باران هم پس از جاري شدن بر روي تنه و شاخه‌هاي درختان به كف جنگل مي‌رسد كه به اين بخش از باران ساقاب[6] گفته مي‌شود (Herbst et al., 2006).

كمبود آب و بارندگي يكي از مهم ترين عوامل محدود كننده استقرار پوشش درختي و رشد جنگل‌كاري‌ها در مناطق خشک و نيمه خشک به حساب مي‌آيد. در اين مناطق به‌دليل شرايط اقليمي حاكم (كم بودن ميزان بارش و بالا بودن درجه حرارت) بخش قابل ملاحظه‌اي از بارندگي به صورت باران‌ربايي از دسترس پوشش گياهي و بخصوص درختان خارج مي‌شود. بنابراين با توجه به اهميت آب در مناطق خشک و نيمه خشک، آگاهي از ميزان باران‌ربايي گونه‌هاي درختي و درختچه‌اي كه به طور وسيعي در اين مناطق به منظور جنگل‌كاري استفاده مي‌شوند، ضروري مي‌باشد. از طرف ديگر در مناطقي كه

[1] Afforestation

[2] Interception loss (*I*)
[3] Canopy water storage capacity (*S*)
[4] Throughfall (*TF*)
[5] Free throughfall (p)
[6] Stemflow (*SF*)

مشكل فرسايش خاک وجود دارد، آگاهي از ميزان باران‌ربايي كمک بسزايي در انتخاب گونه‌هاي مورد نظر و تراكم كاشت آنها در پروژه‌هاي جنگل‌كاري مي‌كند و مي‌توان با توجه به شرايط منطقه از گونه‌هايي با باران‌ربايي بيشتر يا كمتر استفاده نمود. تاكنون در دنيا پژوهش‌هاي متعددي بر روي باران‌ربايي گونه‌هاي مختلف سوزني‌برگ و پهن‌برگ صورت گرفته است (Valente et al., 1997; Kelliher et al., 1992; Staelens et al., 2008; Cao et al., 2007; Loustau et al., 1992). در ايران هم پژوهش‌هايي در زمينه باران‌ربايي چند گونه سوزني‌برگ و پهن‌برگ (Ghorbani, 2007; 2009, Bagheri, 2011) و همچنين بر روي تک درختان كاج تهران در منطقه خشک ايران انجام شده است (Bagheri, 2011)، اما در زمينه باران‌ربايي و تأثير اندازه باران بر باران‌ربايي توده جنگلكاري شده كاج تهران در منطقه نيمه خشک تاكنون پژوهشي انجام نشده است.

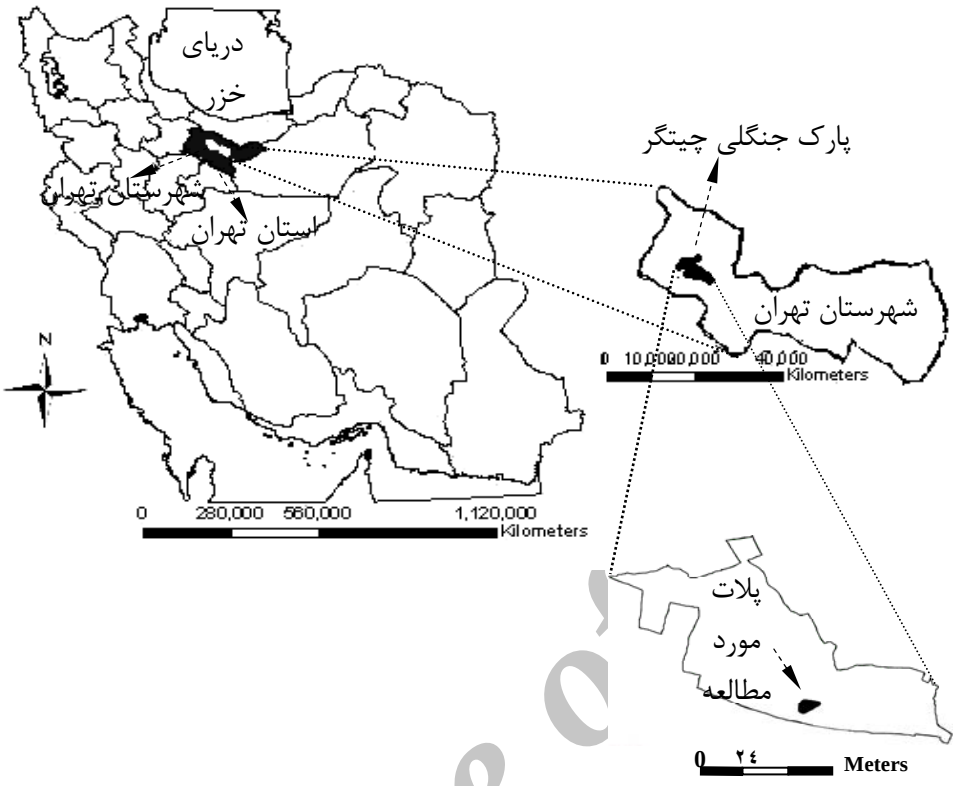
اين مطالعه با هدف اندازه‌گيري باران‌ربايي در فصول مختلف سال و نيز تأثير اندازه باران بر ميزان باران‌ربايي در توده كاج تهران (*Pinus eldarica* Medw.) كه در جنگل‌كاري مناطق خشک و نيمه‌خشک كشور به طور وسيعي از آن استفاده مي‌گردد، انجام شده است. نتايج اين مطالعه مي‌تواند در مديريت منابع جهت بالا بردن بازده هيدرولوژيكي جنگل‌كاري در مناطق خشک و نيمه خشک كشور مورد استفاده قرار گيرد. با توجه به اهميت آب در اين مناطق، آگاهي از ميزان باران‌ربايي جنگل‌كاري با گونه‌هاي مختلف، جهت ارزيابي تبخير و تعرق در اين اكوسيستم‌ها و نيز در مديريت توليد و توسعه جنگل‌كاري‌ها ضروري به نظر مي‌رسد.

مواد و روش‌ها

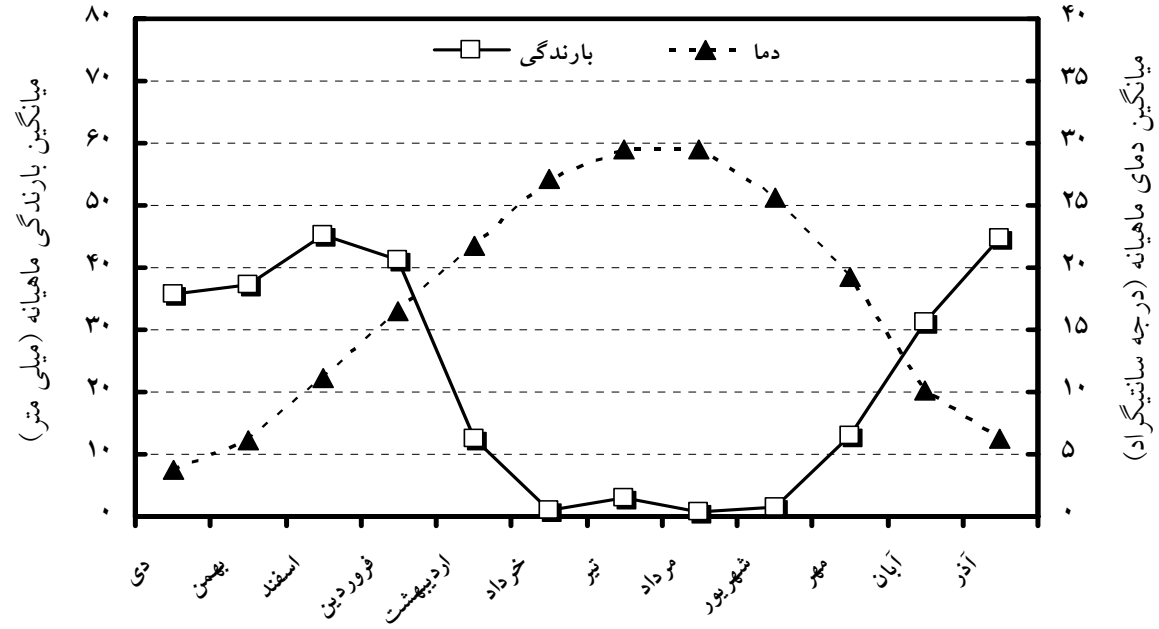
منطقه مورد مطالعه

اين مطالعه در پارک جنگلي چيتگر واقع در شهرستان تهران با طول و عرض جغرافيايي ٥١ درجه و ١٠ دقيقه شرقي و ٣٥ درجه و ٤٥ دقيقه شمالي، با ارتفاع متوسط ١٢٦٩ متري از سطح دريا انجام شد. اندازه‌گيري‌ها در يک قطعه جنگل‌كاري‌شده كاج تهران ٤٠ ساله به مساحت ٢٧٠ متر مربع و سطح مقطع ٦٣/٥ متر مربع در هكتار، با حدود ٧٠ درصد تاج‌پوشش و فاصله كاشت حدود ٣ متر صورت پذيرفت (شكل ١).

براي تعيين وضعيت اقليمي منطقه از داده‌هاي اقليمي ثبت شده در طي يک دوره ١٥ ساله (١٣٨٩-١٣٧٤) در ايستگاه هواشناسي سينوپتيك چيتگر (٥١ درجه و ١٠ دقيقه شرقي و ٣٥ درجه و ٤٤ دقيقه شمالي با ارتفاع ١٣٠٥ متر از سطح دريا) كه در فاصله ٥ كيلومتري منطقه مورد مطالعه در پارک جنگلي چيتگر قرار دارد، استفاده شد. ميانگين بارندگي سالانه بر اساس آمار بدست آمده ٢٦٧/٦ ميلي‌متر (SE = ±٢٠/٤) مي‌باشد كه مرطوب‌ترين ماه سال اسفند با ميانگين بارش ماهانه ٤٥/٤ ميلي‌متر (SE = ±١٠/٧) و خشک‌ترين ماه سال مرداد با ميانگين بارش ماهانه ٠/٩ ميلي‌متر (SE = ±٠/٤) ثبت شده است. ميانگين دماي سالانه ١٧/٢ درجه سانتيگراد (SE = ±٠/١٢) گزارش شده است كه گرم‌ترين و سردترين ماه‌هاي سال به ترتيب مرداد با ميانگين ٢٩/٤ درجه سانتيگراد (SE = ±٠/٣) و دي با ميانگين درجه حرارت ٣/٨ درجه سانتيگراد (SE = ±٠/٨) هستند. مطابق منحني آمبرومتريک، دوره خشكي در اين منطقه ٦ ماه از سال، از اواسط ارديبهشت تا اواسط آبان مي‌باشد (شكل ٢).



شكل ١- موقعيت منطقه مورد مطالعه واقع در پارک جنگلي چيتگر تهران



شكل٢- منحني آمبروترميک ايستگاه سينوپتيک چيتگر طبق آمار ١٥ ساله اخير (١٣٧٤ تا ١٣٨٩)

روش پژوهش

جهت برآورد ميزان باران‌ربايي و تاج‌بارش در اين مطالعه، مقادير بارندگي در هر بارش[1] و تاج‌بارش طي ٨ ماه (از اول مهر ١٣٨٨ تا اواسط ارديبهشت ١٣٨٩) اندازه‌گيري شدند.

با استفاده از ۶ جمع آوري كننده[2] (از جنس پلاستيک) با قطر دهانه ٩ سانتي‌متر و ارتفاع حدود ٣٠ سانتي‌متر در يک فضاي باز در مجاورت توده مورد نظر، بارندگي کل در هر بارش جمع‌آوري و عمق بارش با استفاده از استوانه مدرج با دقت ١ ميلي‌ليتر اندازه‌گيري شد. ميانگين عمق بارش کل جمع‌آوري شده توسط ٦ جمع‌آوري‌کننده به عنوان عمق بارندگي در هر بارش در نظر گرفته شد.

جهت اندازه‌گيري ميزان تاج‌بارش، تعداد ۴۵ جمع‌آوري کننده تاج‌بارش (مشابه جمع‌آوري کننده‌هاي بارندگي در هر بارش)، به صورت تصادفي زير تاج‌پوشش درختان کاج تهران در توده مورد نظر قرار داده شدند (شکل٣). جمع‌آوري کننده‌هاي تاج‌بارش به طور عمودي داخل زمين مستقر و ثابت گرديدند. توزيع اين جمع‌آوري کننده‌ها به گونه‌اي بود که تمام سطح توده را به صورت يکنواخت پوشش دهند.

اندازه‌گيري‌هاي مقادير بارندگي در هر بارش و تاج‌بارش حدود ٢ ساعت پس از اتمام هر بارندگي و در صورت وقوع بارندگي در شب، قبل از طلوع خورشيد انجام گرديد (Carlyle-Moses et al., 2004).

مقدار باران‌ربايي بطور غير مستقيم از فرمول (١) محاسبه شد:

$$I = GR - (TF + SF) \qquad (١$$

در اين فرمول، I : مقدار باران‌ربايي، GR: مقدار بارندگي در هر بارش، TF : مقدار تاج بارش و SF : مقدار ساقاب مي‌باشد (Cao et al., 2008).

در اين مطالعه از اندازه‌گيري ساقاب به دليل ناچيز بودن مقدار آن در سوزني‌برگان (LIorens et al., 1997; Llorens & Gallart, 2000) و اينکه در اقليم‌هاي خشک و نيمه خشک، اغلب سهم بسيار کوچکي از باران به ساقاب اختصاص مي‌يابد (Shachnovich et al., 2008; Koichiro et al., 2001; Johnson, 1990) صرف نظر شد.

بنابراين در اين مطالعه، در واقع باران‌ربايي از تفاضل تاج‌بارش و بارندگي در هر بارش مطابق فرمول (٢) برآورد گرديد.

$$I = GR - TF \qquad (٢$$

نتايج

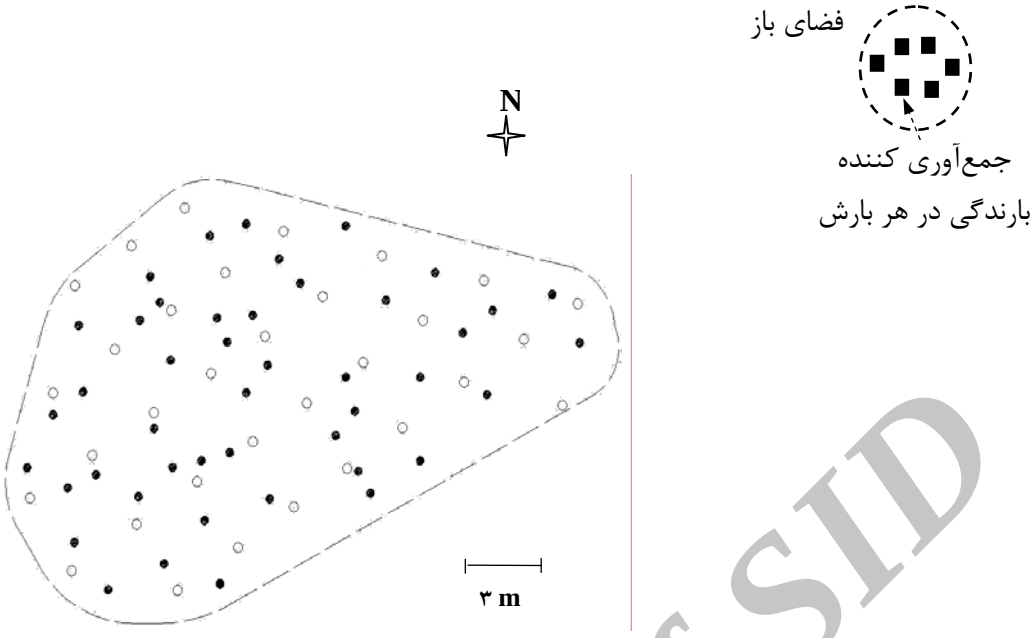
باران‌ربايي در کل دوره و در فصول اندازه‌گيري

از مجموع ٣٠ مورد بارندگي در دوره اندازه‌گيري و مجموع ١۶۴/٨ ميلي‌متر بارش، مقدار باران‌ربايي به طور متوسط ۶١/۴ درصد از بارندگي در هر بارش محاسبه گرديد (جدول ١). تفکيک فصول اندازه‌گيري در محاسبات نشان داد، در طول فصل پاييز، از ١١ مورد بارندگي با مجموع عمق ۴٣/۶ ميلي‌متر، متوسط مقدار باران‌ربايي ۶۵/٨ درصد از بارندگي در هر بارش محاسبه شد. طي فصل زمستان از ١٠ مورد بارندگي با مجموع عمق ٧٢/۶ ميلي‌متر، مقدار باران‌ربايي به طور متوسط ۵۵/١ درصد از بارندگي در هر بارش به دست آمد. در فصل بهار (فروردين تا اواسط ارديبهشت) هم ٩ مورد بارندگي با مجموع عمق ۴٨/۶ ميلي‌متر مورد اندازه‌گيري قرار گرفت که از اين مقدار به طور ميانگين ۶٢/٩ درصد از بارندگي در هر بارش را باران‌ربايي به خود اختصاص داد (جدول ١).

رابطه بين باران‌ربايي و بارندگي در هر بارش

در هر سه فصل پاييز، زمستان و بهار (فروردين تا اواسط ارديبهشت) بين نسبت باران‌ربايي به بارندگي در هر بارش (I:GR) و بارندگي در هر بارش (GR) رابطه نمايي کاهنده نسبتا قوي مشاهده گرديد (شکل ٤).

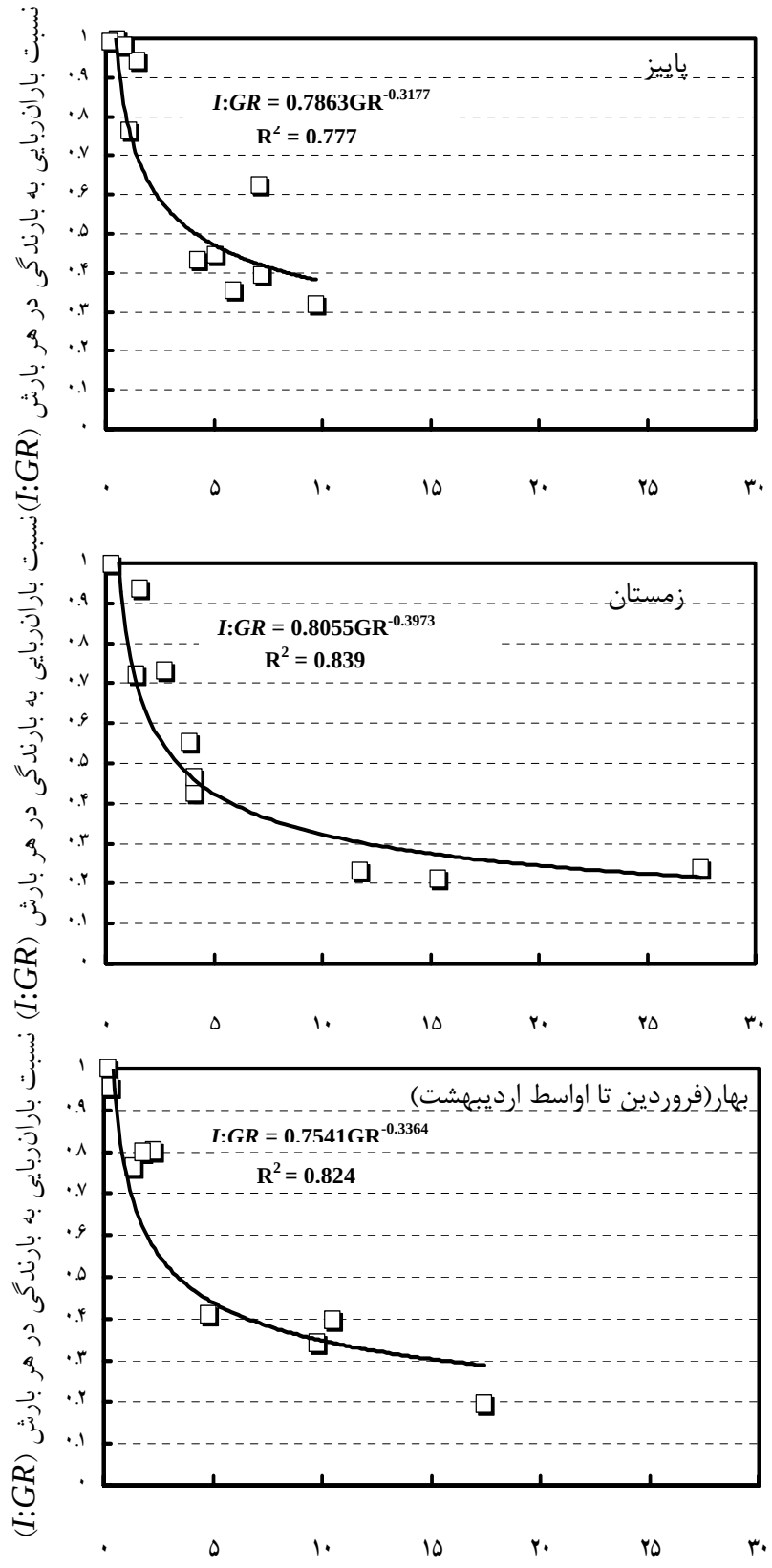
[1] Gross Rainfall (GR)
[2] Rainfall Collector



شكل ۳- موقعيت درختان كاج تهران (دايره تو خالي)، جمع‌آوري كننده‌هاي بارندگي در هر بارش (مربع توپر) در فضاي باز، جمع‌آوري كننده‌هاي تاج‌بارش (دايره توپر) در توده جنگل‌كاري شده كاج تهران در پارک جنگلي چيتگر

جدول ۱- مجموع، ميانگين و انحراف معيار باران‌ربايي در توده كاج تهران طي دوره مطالعه (مهر ۱۳۸۸ تا ارديبهشت ۱۳۸۹)

دوره مطالعه	تعداد باران	مشخصه آماري	باران‌ربايي	
			ميلي‌متر	درصد
كل دوره مطالعه	۳۰	مجموع	۶۱/۲	۳۷/۲
		ميانگين	۲	٦۱/٤
		انحراف معيار	۱/٤	۲۸/۲
پاييز ۱۳۸۸	۱۱	مجموع	۲۰/۵	٤٦/۹
		ميانگين	۱/۹	٦۵/۸
		انحراف معيار	۱/۳	۲۸/۲
زمستان ۱۳۸۸	۱۰	مجموع	۲۳/۰	۳۱/۷
		ميانگين	۲/۳	۵۵/۱
		انحراف معيار	۱/۷	۲۸/۸
بهار ۱۳۸۹ (تا اواسط ارديبهشت)	۹	مجموع	۱۷/۷	٦۵/۵
		ميانگين	۲/۰	٦۲/۹
		انحراف معيار	۱/٤	۲۹/۴



شکل٤- رابطه بین نسبت باران‌ربایی به بارندگی در هر بارش (***I:GR***) به بارندگی در هر بارش (***GR***) طی فصول پاییز ، زمستان و بهار (فروردین تا اواسط اردیبهشت) (هر مربع مربوط به یک بارش می‌باشد)

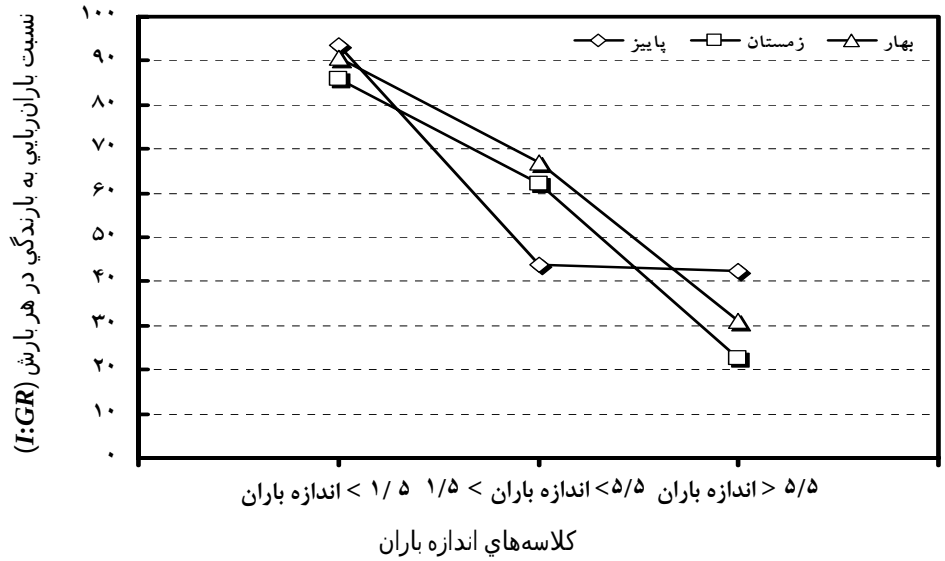
رابطه اندازه باران با مقدار باران‌ربايي در فصول اندازه‌گيري

با توجه به فراواني و حداكثر بارندگي‌ها، مناسب‌ترين كلاسه‌بندي بارندگي از نظر اندازه باران، تقسيم‌بندي به سه كلاسه كمتر از ۱/۵ ميلي‌متر، ۱/۵ تا ۵/۵ ميلي‌متر و بيشتر از ۵/۵ ميلي‌متر تشخيص داده شد. طي دوره مطالعه ۱۰ مورد بارندگي در هر كدام از كلاسه‌ها جاي گرفتند. توزيع بارندگي در كلاسه‌هاي مختلف طي فصول اندازه‌گيري در جدول ۲ نشان داده شده است.

همچنين نتايج نشان مي‌دهد كه در بارندگي‌هاي كم، در فصول مختلف، تفاوت در مقدار متوسط باران‌ربايي به بارندگي در هر بارش محسوس نيست ولي هرچه اندازه باران بزرگتر مي‌شود، تفاوت باران‌ربايي به بارندگي در هر بارش در فصول مختلف هم بيشتر مي‌شود. به عنوان مثال در فصل پاييز، باران‌ربايي در بارندگي‌هاي ۱/۵ تا ۵/۵ ميلي‌متر، عدد كمتري را با تفاوت نسبتا زياد با فصول بهار و زمستان نشان مي‌دهد (شكل ۵).

جدول ۲- تعداد و مجموع اندازه باران، اندازه باران‌ربايي تجمعي و درصد باران‌ربايي تجمعي، ميانگين اندازه باران‌ربايي و ميانگين درصد باران‌ربايي در سه كلاسه بارندگي در فصول اندازه‌گيري از مهر ۱۳۸۸ تا ارديبهشت ۱۳۸۹

دوره مطالعه	كلاسه اندازه باران (ميلي‌متر)	اندازه باران (تجمعي)		باران‌ربايي (تجمعي)		باران‌ربايي (ميانگين در هر بارش)	
		تعداد	ميلي‌متر	ميلي‌متر	درصد	ميلي‌متر	درصد
پاييز ۱۳۸۸	< ۱/۵ اندازه باران	۵	۴/۲	۳/۹	۹۲/۸	۰/۸	۹۳/۴
	۵/۵> اندازه باران>۱/۵	۲	۹/۴	۴/۱	۴۳/۶	۲	۴۳/۸
	اندازه باران > ۵/۵	۴	۳۰	۱۲/۵	۴۱/۷	۳/۱	۴۲/۲
زمستان ۱۳۸۸	اندازه باران < ۱/۵	۲	۱/۷	۱/۳	۷۶/۵	۰/۶	۸۶/۰
	۵/۵> اندازه باران >۱/۵	۵	۱۶/۴	۹/۳	۵۶/۷	۱/۹	۶۲/۲
	اندازه باران > ۵/۵	۳	۵۴/۶	۱۲/۵	۲۲/۹	۴/۲	۲۲/۶
بهار ۱۳۸۹	اندازه باران < ۱/۵	۳	۱/۹	۱/۶	۸۴/۲	۰/۵	۹۰/۶
تا اواسط	۵/۵> اندازه باران >۱/۵	۳	۸/۹	۵/۳	۵۹/۵	۱/۸	۶۷/۰
ارديبهشت	اندازه باران > ۵/۵	۳	۳۷/۷	۱۱/۰	۲۹/۲	۳/۷	۳۱/۱



شكل ۵- نسبت باران‌ربايي به بارندگي در هر بارش (***I:GR***) در ۳ كلاسه اندازه باران در فصول اندازه‌گيري طي دوره مطالعه

بحث و نتيجه‌گيري

طي دوره مطالعه تعداد ٣٠ بارندگي ثبت گرديد و از مجموع ١۶۴/٨ ميليمتر بارندگي اندازه‌گيري شده در طول اين دوره، به‌طور متوسط در هر بارش ۶١/۴ درصد متعلق به باران‌ربايي بود. همچنين ١١ مورد بارندگي در پاييز، ١٠ مورد در زمستان و ٩ مورد در بهار (فروردين تا اواسط ارديبهشت) اندازه‌گيري شد كه به‌طور متوسط طي هر بارندگي مقدار باران‌ربايي در فصل پاييز، زمستان و بهار (فروردين تا اواسط ارديبهشت) به ترتيب ۶۵/٨ و ۵۵/١ و ۶٢/٩ درصد از بارندگي در هر بارش محاسبه گرديد.

به‌طور كلي متوسط باران‌ربايي بدست آمده در اين مطالعه نسبت به مقادير باران‌ربايي گزارش شده توسط ساير مطالعات بالاتر بود. Llorens et al.(١٩٩٧) مقدار ميانگين باران‌ربايي در يک توده *Pinus sylvestris* در اسپانيا را ٢٤ درصد از بارندگي در هر بارش گزارش كردند. بر طبق مطالعه‌اي كه توسط Mahendrappa (١٩٩٠) در يک توده *Pinus strobus* در كانادا صورت گرفت، نسبت باران‌ربايي به بارندگي در هر بارش ٣٠/٧ درصد به دست آمد. Cao et al. (2008) در يک بررسي به منظور ارزيابي اثرات جنگل‌كاري روي توزيع بارندگي، ميزان باران‌ربايي را ١٩/٩ درصد از بارندگي در هر بارش براي *Eucommia ulmoides*، ٢٠/٨ درصد براي *Vernicia fordii* و ٢٧/٢ درصد براي *Pinus massoniana* محاسبه كردند و به اين نتيجه رسيدند كه با افزايش ميزان بارندگي، نسبت باران‌ربايي به بارندگي در هر بارش براي هرتيپ جنگل كاهش مي‌يابد.

مقدار متوسط نسبت باران‌ربايي به بارندگي در هر بارش (٦١/٤ درصد از بارندگي) در توده كاج تهران مطالعه شده بيش از مقدار متوسط باران‌ربايي براي سوزني‌برگان يعني بين ٢٠ تا ٤٠ درصد از بارندگي در هر بارش به دست آمده است (Hibbert, 1967; Zinke, 1967).

مطالعات گذشته وابستگي كمي و كيفي توزيع بارندگي به اجزاء بارش را به متغيرهاي اقليمي، خصوصيات باران و ويژگي‌هاي پوشش گياهي نشان داده‌اند. از اين رو اختلاف در باران‌ربايي در توده كاج تهران مورد مطالعه در اين تحقيق با ساير توده‌هاي كاج بررسي شده را مي‌توان ناشي از اختلاف در متغيرهاي اقليمي از جمله درجه حرارت هوا، ميزان تبخير، سرعت و جهت باد و ميزان رطوبت نسبي، اختلاف در خصوصيات باران از جمله اندازه باران، شدت باران، مدت زمان بارش باران و زمان وقوع بارندگي و همچنين ويژگي‌هاي پوشش گياهي مورد مطالعه از جمله سن توده، تركيب و ساختار توده، گونه تشكيل دهنده توده، تراكم درختان و مورفولوژي و ساختار تاج‌پوشش درختان دانست (Xiao et al., 2000.; Iroumé & Huber, 2002; Carlyle-Moses, 2004; Fleischbein et al. 2005; Deguchi et al., 2006; Staelens et al., 2008).

باران‌ربايي در پهن‌برگان خزان‌كننده بين دوره‌ي رويش و دوره‌ي خواب تغيير مي‌كند و در دوره‌ي رويش بيشتر از دوره‌ي خواب كه ريزش برگ‌ها صورت گرفته، مي‌باشد (e.g. Helvey & Patric, 1965; Leyton et al., 1967; Zinke, 1967). اما در سوزني‌برگان و گونه‌هاي هميشه‌سبز ديگر در فصول مختلف سال اختلاف چنداني در مقدار باران‌ربايي وجود ندارد و كمتر وابسته به دوره رويش هستند (Augusto et al., 2002).

پژوهش حاضر نشان داد كه باران‌ربايي به شدت تحت تأثير اندازه باران قرار دارد. در واقع با افزايش بارندگي، مقدار باران‌ربايي روند افزايشي نشان مي‌دهد در حاليكه نسبت باران‌ربايي به بارندگي در هر بارش كاهش نشان مي‌دهد و اين نتيجه در تمام فصول يكسان است (شكل ۵). اين نتايج با بررسي‌هاي انجام شده در زمينه وابستگي مقادير باران‌ربايي و تاج‌بارش با بارندگي در هر بارش مطابقت دارد (Xiao et al. 2000; Iroumé & Huber, 2002; Carlyle-Moses, 2004; Staelens et al. 2008). به‌عنوان مثال در تحقيقي كه بر روي تأثير اندازه باران بر باران‌ربايي در توده طبيعي راش در جنگل‌هاي معتدله شمال ايران انجام شد، اندازه باران رابطه‌ي نزديكي با باران‌ربايي نشان داد و با افزايش اندازه باران، مقدار باران‌ربايي افزايش يافت (Ahmadi et al., 2011).

در بارندگي‌هاي با مقدار كم، سهم باران‌ربايي افزايش

مي‌يابد و دليل اين امر را مي‌توان اين‌گونه بيان نمود كه در اين باران‌ها سهم بيشتري از باران صرف خيس نمودن و تكميل ظرفيت نگهداري آب تاج‌پوشش شده و سپس اين مقدار آب باران از سطح تاج‌پوشش تبخير و به صورت باران‌ربايي از دسترس خارج مي‌شود و در نتيجه سهم تاج‌بارش از بارندگي در هر بارش كاهش مي‌يابد (Owens et al., 2006; Deguchi et al., 2006; Staelens et al., 2008) ولي با افزايش اندازه باران، باران‌ربايي به دليل تكميل ظرفيت نگهداري آب تاج‌پوشش و جريان آب باران از روي برگ‌ها به سطح زمين و نبود شرايط كافي براي تبخير از سطح تاج‌پوشش، كاهش مي‌يابد.

اين تحقيق نشان داد كه در بارندگي‌هاي كم، تفاوت در ميزان سهم باران‌ربايي به بارندگي در هر بارش در فصول مختلف سال در جنگل‌كاري مورد مطالعه چندان زياد نيست در حاليكه در اندازه‌هاي بيشتر باران، بين سهم باران‌ربايي در فصول مختلف سال اختلاف بيشتري مشاهده مي‌گردد. اين تفاوت را مي‌توان به تاثير متغيرهاي هواشناسي ناشي از فصول مختلف مانند دما، بر ميزان سهم باران‌ربايي نسبت داد.

گرچه نتايج نشان داد كه در هر سه فصل، سهم باران‌ربايي به بارندگي در هر بارش به اندازه باران بستگي زيادي دارد و با افزايش اندازه باران، سهم باران‌ربايي كاهش مي‌يابد، اما در فصل پاييز از كلاسه بين ۱/۵ تا ۵/۵ ميلي‌متر و ۵/۵ ميلي‌متر، اندازه باران تأثيري در متوسط سهم باران‌ربايي ندارد و بنظر مي‌رسد كه تأثير متغيرهاي هواشناسي بر سهم باران‌ربايي در اين فصل بيشتر از فصول ديگر است (شكل ۵).

به‌طور كلي اين مطالعه نشان داد كه سهم قابل توجهي از بارندگي در توده كاج تهران مورد مطالعه به صورت باران‌ربايي، تبخير و از دسترس خارج مي‌گردد و اندازه باران عامل مهمي است كه بر باران‌ربايي در منطقه مورد مطالعه تأثيرگذار است.

آگاهي از مقادير اجزاء بارش در جنگل‌كاري با گونه‌هاي مختلف مي‌تواند به مديريت بهينه سيكل آبي در اكوسيستم‌هاي جنگل‌كاري شده و نيز انتخاب گونه مناسب كمک قابل توجهي نمايد. اقليم نيمه خشک منطقه مورد مطالعه و ميزان بالاي باران‌ربايي توده مطالعه شده در اين تحقيق، لزوم توجه به ميزان باران‌ربايي را نيز ضمن انتخاب گونه براي جنگل‌كاري در مناطق نيمه خشک توجيه مي‌كند. توجه به ميزان تعرق گونه‌هاي منتخب براي جنگل‌كاري در مناطق نيمه خشک نيز بدون شک بايد مورد توجه قرار گيرد.

References

- Ahmadi, M.T., Attarod, P. and Bayramzadeh, V., 2011. Rainfall redistribution by an oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest canopy in the Caspian forest, North of Iran. Journal of Agricultural Science and Technology. 13: 1105-1120.
- Alizadeh, A., 2009. Principles in Applied Hydrology. Astan-e-Ghods Press, Imam Reza University, 872 pp.
- Augusto, L., Ranger, J., Binkley, D. and Rothe, A. 2002. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. Annals of Forest Science. 59: 233-253.
- Bagheri, H. 2011. Interception Loss of individual trees of *Pinus eldarica* and *Cupressus arizonica* in an arid zone. M.Sc thesis. University of Tehran. 74 pp.
- 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., Flores Laureano, J.S. and Price, A.G. 2004. Throughfall and throughfall spatial variability in Madrean oak forest communities of northeastern Mexico. Journal of Hydrology. 297: 124-135.
- 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.
- Chang, M., 2003. Forest Hydrology: An Introduction to Water and Forests. CRC Press, 392 pp.

- Deguchi, A., Hattori, S. and Park, H. 2006. The influence of seasonal changes in canopy structure on interception loss: application of the revised Gash model. Journal of Hydrology. 319: 80-102.
- 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.
- Ghorbani, S. 2007. Interception, stemflow and throughfall in Fagus stand. M.Sc. thesis. Gorgan University of Agriculture and Natural Resources. 100 pp.
- Grünzweig, J.M., Lin, T., Rotenberg, E., Schwartz, A. and Yakir, D. 2003. Carbon sequestration in arid-land forest. Global Change Biology. 9: 791-799.
- Hanson, D.L., Steenhuis, T.S., Walter, M.F. and Boll, J. 2004. Effects of soil degradation and management practices on the surface water dynamics in the Talgua river watershed in Honduras. Land Degradation & Development. 15: 367-381.
- Helvey, J.D. and Patric, J.H. 1965. Design criteria for interception studies. In: Design of Hydrological Networks; Proceedings of a symposium; 1965 June; Quebec City Canada. International Association of Scientific Hydrology. 67: 131-137.
- Herbst, M., Roberts, J.M., Rosier, 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.
- Hibbert, A.R. 1967. Forest treatment effects on water yield. In W. E. Sopper & H. W. Lull (Eds.), Proceedings International Symposium on Forest Hydrology, Oxford: 527-544
- Hüttl, 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Leyton, L., Reynolds, E.R.C. and Thompson, F.B. 1967. Rainfall interception in forest and moorland. In: Sopper, W.E., Lull, H.W. (Eds.), International Symposium on Forest Hydrology, Pennsylvania State University: 163-178
- 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.
- Mahdavi, M. 2005. Applied Hydrology. University of Tehran Press, 332 pp.
- Mahendrappa, M.K. 1990. Partitioning of rainwater and chemical into throughfall and stemflow in different forest stands. Forest Ecology and Management. 30: 65-72.
-Ministry of Energy, 2006. Statistics of the Country Water Resources, Challenges and Perspectives of Iran's Development, Section of Agriculture, 87 pp.
- 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.
- 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.

- Shachnovich, Y., Berniler, P. and Bar, P. 2008. Rainfall interception and spatial distribution of throughfall in a pine forest planted in an arid zone. Journal of Hydrology. 349: 168-177.
- Valente, F., David, J.S. and Gash, J.H.C. 1997. Modeling 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.
- Van Der Salm, C., Rosenqvist, L., Vesterdal, L., Hansen, K., Denier van der gon, H., Bleeker, A., Wieggers, R. and Van der torn, A. 2007. Interception and water recharge following afforestation: experiences from oak and Norway spruce chronosequences in Denmark, Sweden and the Netherlands. Environmental effects of afforestation in North-Western Europe: 53-77.
- 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.
- Zhou, G.Y., Wei, X.H. and Yan, J.H. 2002. Impacts of eucalyptus (*Eucalyptus exserta*) plantation on sediment yield in Guangdong Province, Southern China. A kinetic energy approach. Catena. 49: 231-251.
- Zinke, P.J. 1967. Forest interception study in the United States. In: Sopper, W.E., Lull, H.W. (Eds.), International Symposium on Forest Hydrology. Oxford: 137-161.

Rainfall size and interception of a *Pinus eldarica* afforestation in a semi-arid climate zone (Chitgar Forest Park)

M. Motahari [1], P. Attarod [2*], V. Etemad[2] and A. shirvany[2]
[1] M.Sc. Candidate, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
[2] Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
(Received: 25 April 2011, Accepted: 27 December 2011)

Abstract

Rainfall interception loss (*I*) is an important component of water balance in arid and semi-arid climate zones. The goal of this project was to quantify interception of different seasons and to determine the role of rainfall size in controlling interception in a mature semi-arid *Pinus eldarica* Medw. afforestation in *Chitgar* Forest Park near Tehran, *Iran*, where mean annual precipitation, and air temperature are 267.6 mm and 17.2˚C, respectively. The gross rainfall (*GR*) was measured based on average records of six manual collectors installed in an open area adjacent to the stand and throughfall (*TF*) was collected by means of forty five manual collectors, similar to *GR* collectors, placed randomly beneath the canopy. Interception was calculated as the difference between *GR* and *TF*. Measurements were recorded based on rainfall events from September, 2009 to May, 2010. For the study period with 30 recorded rainfall events, *GR* and rainfall interception loss (*I*) totaled 164.8 and 61.2 mm respectively. The ratio of *I*:*GR* had a range of 19.5% to 100%, with 61.4% as the average value. During this period, the cumulative *GR* depths of 11, 10, and 9 rainfall events in autumn, winter, and spring were 43.6 mm (*I*= 65.8%), 72.6 (*I*= 55.1%), 48.6 mm (*I*= 62.9%), respectively. On the event scale, there was a strong logarithmic correlation between *I*:*GR* and *GR* in all seasons. As the size of rainfall events increased, the ratio of *I*:*GR* decreased. The results demonstrated that intercepted rainfall represents a considerable portion of *GR* in *P.eldarica* afforested regions of the semi-arid climate zone of *Iran* where soil moisture is a limiting factor in plant growth and productivity.

Keywords: Afforestation, *Chitgar* Forest Park, *Pinus eldarica*, Rainfall interception, Semi-arid climate zone, Rainfall size

*Corresponding author: Tel: +98 26 32249312 Fax: +98 26 32249312 E-mail: attarod@ut.ac.ir