

## ضریب تاج‌بارش مستقیم و ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش توده دست‌کاشت پیسه‌آ در کلاردشت

- ◀ پریسا عباسیان؛ دانشجوی کارشناسی ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
- ◀ پدرام عطارد\*؛ دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
- ◀ سید محمد معین صادقی؛ دانشجوی کارشناسی ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
- ◀ محرم علی نظری راد؛ دانشجوی گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
- ◀ سید محمد حجتی؛ استادیار گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۱۷)

### چکیده

مطالعه حاضر با هدف برآورد میزان ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش ( $S$ )، نرخ تبخیر به‌شدت بارندگی ( $\bar{E}/\bar{R}$ ) و ضریب تاج‌بارش مستقیم ( $p$ ) با استفاده از روش‌های رگرسیونی در توده پیسه‌آ (*Picea abies*) واقع در کلاردشت مازندران، با اقلیم نیمه مرطوب انجام شد. میزان بارندگی ( $GR$ ) در هر رخداده توسط چهار باران‌سنج در نزدیک‌ترین محیط باز و تاج‌بارش ( $TF$ ) توسط ۲۰ باران‌سنج که بر اساس طرح تصادفی در زیر تاج‌پوشش توده نصب شده بودند، اندازه‌گیری شد. باران‌ربایی ( $I$ ) از تفاوت تاج‌بارش و بارندگی در هر بارش بدست آمد. در مجموع ۲۱ رخداده بارندگی با عمق تجمعی ۳۸۰/۱ میلی‌متر ثبت و مقادیر تاج‌بارش تجمعی و درصد تاج‌بارش  $(TF:GR)\%$  به ترتیب ۴۸/۸ درصد و ۳۹/۶ درصد برآورد شدند. بین باران-ربایی و بارندگی همبستگی مثبت و معنی‌دار ( $R^2 = 0/85$ ) و بین درصد تاج‌بارش  $(TF:GR)\%$  و بارندگی همبستگی لگاریتمی ( $R^2 = 0/43$ ) مشاهده شد. مقدار ضریب تاج‌بارش مستقیم، ۰/۳۴ و مقدار متوسط ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش، ۲/۱۵ میلی‌متر و ضریب  $\bar{E}/\bar{R}$  نیز ۰/۴۳ محاسبه شد. با آگاهی از مقدار ضریب تاج‌بارش مستقیم و ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش، می‌توان تیمارهای جنگل‌شناسی مناسب در هر توده را با توجه به رژیم بارندگی غالب آن اقلیم، اعمال کرد.

**کلمات کلیدی:** پیسه‌آ، تاج‌بارش، جنگل‌کاری، ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش.

## مقدمه

با وجود اینکه کشور ما ۱/۱ درصد از مساحت خشکی-های جهان را دارا است، تنها ۰/۳۵ درصد از آب‌های موجود در خشکی‌های جهان را در اختیار دارد و از جمله کشورهای خشک و نیمه‌خشک دنیا به‌شمار می‌آید. بحث آب در کشور به‌دلایلی از قبیل محدودیت منابع آن و توزیع مکانی و زمانی نامناسب بارندگی، توجه ویژه‌ای را می‌طلبد. همچنین یکی دیگر از دلایل کمبود آب، بالا بودن میزان تبخیر است. بخش اعظم آب‌های حاصل از بارندگی طی فرآیند تبخیر، بخار شده و از دسترس خارج می‌شوند. درختان و به‌طبع آن جنگل‌ها بر چرخه‌ی آب تأثیر به‌سزایی دارند (Zhou et al., 2002; Levia & Frost, 2003; Bryant et al., 2005). هنگامی که باران (GR)<sup>۱</sup> اتفاق می‌افتد، جنگل‌کاری‌ها مانند جنگل-های طبیعی درصدی از آن را جذب کرده و از رسیدن به پوشش کف جنگل<sup>۲</sup> جلوگیری می‌کنند و در واقع بخشی از باران را از چرخه‌ی آب جنگل خارج می‌کنند که به آن باران‌ریایی (I)<sup>۳</sup> می‌گویند. باران‌ریایی بخشی از بارندگی است که توسط تاج‌پوشش و تنه/ساقه درختان جذب شده و در زمان یا پس از رخداد بارندگی از سطح تاج-پوشش و تنه/ساقه درختان تبخیر می‌شود (Hörmann et al., 1996). مقداری از بارندگی که پس از جاری شدن روی تنه/ساقه و شاخه‌های درختان به پوشش کف جنگل می‌رسد را ساقاب (SF)<sup>۴</sup> می‌نامند. تاج‌بارش (TF)<sup>۵</sup>، به مقدار باران رسیده به پوشش کف جنگل از طریق عبور بارندگی از تاج‌پوشش می‌گویند که به دو بخش تاج‌بارش مستقیم<sup>۶</sup>، به معنی مقداری از TF که از منافذ تاج‌پوشش و بدون برخورد با آن به پوشش کف جنگل می‌رسد و ریزش‌های تاجی (CD)<sup>۷</sup>، یعنی مقداری از تاج‌بارش که با برخورد به تاج‌پوشش به پوشش کف

جنگل می‌رسد، تقسیم‌بندی می‌شود (Schachvovich et al., 2008). مقدار تاج‌بارش مستقیم به‌صورت ضریب تاج‌بارش مستقیم ( $p$ )<sup>۸</sup> تعیین و محاسبه می‌شود. محاسبه ضریب  $p$  اطلاعات مفیدی در مورد تنگ‌کردن، فاصله کاشت درختان و درصد تاج‌پوشش توده در اختیار مدیران جنگل می‌گذارد و عاملی مهم در مقدار آب رسیده به کف جنگل (NR)<sup>۹</sup> از طریق تاج‌بارش است. ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش ( $S$ )<sup>۱۰</sup>، کمترین مقداری از بارندگی است که برای اشباع کردن تاج‌پوشش لازم است (Gash & Morton, 1978). در واقع ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش به‌عنوان یک عامل کنترل‌کننده میزان باران-ریایی تاج‌پوشش معرفی شده (Rutter et al., 1971; Gash, 1979; Liu, 1997; Samba et al., 2001). با توجه به این مطالب که سهم زیادی از باران-ریایی صرف پرکردن مقدار ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش می‌شود، تعیین این مقدار برای تفکیک اجزای  $I$  مهم است که یکی از پارامترهای تأثیرگذار بر مقدار  $\bar{E}/\bar{R}$  (نسبت بین نرخ تبخیر در زمان بارندگی به‌شدت باران در زمان بارندگی)<sup>۱۱</sup> است. برای شروع ریزش‌های تاجی، نیاز است که تاج درختان کاملاً خیس شود و پس از آنکه ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش تکمیل شده و تاج اشباع شد (ظرفیت اشباع تاج‌پوشش،  $P_s$ )<sup>۱۲</sup>، تاج‌بارش به‌صورت ریزش تاجی هم به کف جنگل می‌ریزد؛ یعنی قبل از اینکه ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش پر شود، مقدار ریزش تاجی برابر با صفر فرض می‌شود و کل مقدار تاج‌پوشش به‌صورت  $p$  در نظر گرفته می‌شود (Link et al., 2004). مقدار باران‌ریایی تاج‌پوشش از فرمول زیر قابل برآورد است (رابطه ۱) (Xiao et al., 2000; Tobón-Marín et al., 2000; Samba et al., 2001).

8. Coefficient of Free Throughfall ( $p$ )

9. Net Rainfall (NR)

10. Canopy (Water) Storage Capacity ( $S$ )11. Ratio of mean evaporation rate from the wet canopy ( $\text{mm h}^{-1}$ ) to the mean rainfall intensity ( $\text{mm h}^{-1}$ )12. Canopy Saturation Point ( $P_s$ )

1. Gross Rainfall (GR)

2. Forest Floor

3. Rainfall Interception ( $I$ )4. Stemflow ( $SF$ )5. Throughfall ( $TF$ )

6. Free Throughfall/ Direct Throughfall

7. Canopy Drips ( $CD$ )

رابطه (۱)

$$I = GR - TF - SF = GR - (CD + p) - SF$$

جهت جنگل‌کاری در اراضی مناطق شمال کشور هستند، هدف از اجرای این پژوهش، اندازه‌گیری مقادیر باران-ربایی، ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش و ضریب تاج‌بارش مستقیم توده‌های دست‌کاشت پیسه‌آ در کلاردشت است.

### مواد و روش‌ها

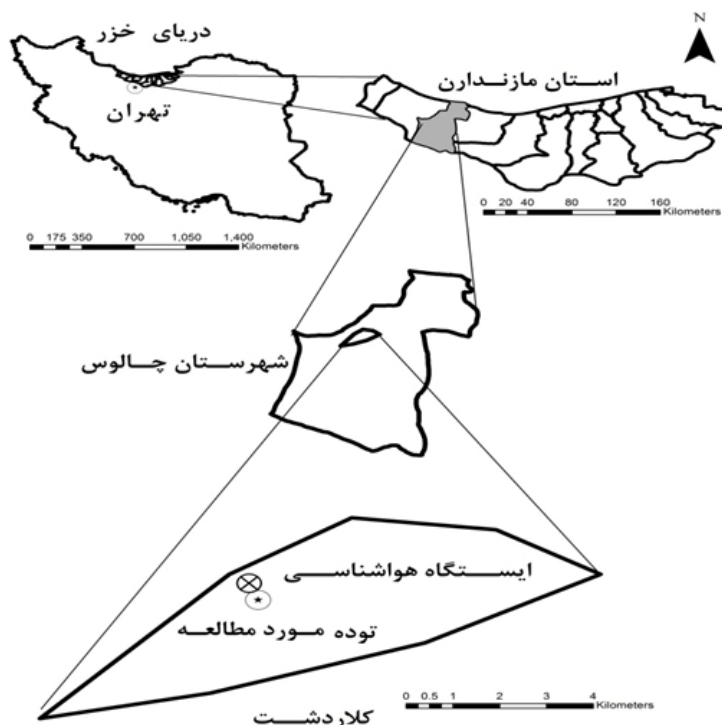
این پژوهش در توده دست‌کاشت پیسه‌آ با مساحت ۰/۵ هکتار، واقع در منطقه کلاردشت، در ۴۵ کیلومتری جنوب غربی شهرستان چالوس (طول جغرافیایی ۵۱° ۹' شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶° ۳۰' شمالی و میانگین ارتفاع از سطح دریا ۱۳۲۰ متر) انجام شد (شکل ۱). این منطقه دارای جنگل‌های مخروطه راش - ممرز بوده است که در سال ۱۳۴۴ با گونه پیسه‌آ (جدول ۱) با مبدأ بذر یوگسلاوی کشت شده است.

برای تعیین وضعیت اقلیمی منطقه از داده‌های اقلیمی ثبت شده در طی دوره ۲۱ ساله (۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰) ایستگاه هواشناسی نهالستان کلاردشت (۲۹° ۳۶' شمالی و ۵۱° ۰۸' شرقی و با ارتفاع ۱۱۵۰ متر از سطح دریا) استفاده شد. میانگین دمای سالانه ۱۵/۵ درجه سلسیوس (خطای معیار ± ۰/۹) و میانگین بارندگی سالانه ۴۲۹ میلی‌متر (خطای معیار ± ۷۶/۴) گزارش شده است. میانگین دما و مجموع بارندگی دوره مطالعه (مرداد تا آذر ۱۳۹۱ و فروردین تا خرداد ۱۳۹۲) و میانگین درازمدت این دوره به‌همراه بیشینه و کمینه دما و بارندگی طی دوره مطالعه و در درازمدت در جدول (۲) نشان داده شده است.

به‌دنبال بهره‌برداری‌های غیر اصولی و کمبود یا نبود تجدیدحیات طبیعی در جنگل‌های شمال کشور، این مناطق در معرض تهدید قرار گرفته و بسیار شکننده شده‌اند. یکی از راهکارهای مهم در جهت احیای این جنگل‌ها، جنگل‌کاری است. در حقیقت کاشت گونه‌های جدید بومی و غیربومی، منجر به تغییر در مقدار بارندگی رسیده به کف جنگل می‌شود. با توجه به اهمیت زیاد آب و چرخه آن در بوم‌سامانه جنگلی، از دیدگاه جنگل-شناسی و بوم‌شناسی جنگل، بخشی از بارندگی که به کف جنگل می‌رسد، برای استقرار تجدید حیات گونه‌های درختی و درختچه‌ای که به مقدار بارندگی رسیده به کف جنگل وابستگی زیادی دارند، اهمیت زیادی دارد (Ahmadi et al., 2009). از جمله گونه‌های کاشته شده می‌توان به پیسه‌آ (*Picea abies*) اشاره کرد که توده‌های خالص آن در گیلان و مازندران دارای توفیق نسبی بوده است. در سال ۱۳۴۳ در شهرستان کلاردشت شروع به کاشت نهال‌های پیسه‌آ با مبدأ بذر یوگسلاوی در جنگل‌های مخروطه راش - ممرز در این منطقه کردند (Pourmajidain, 1991). موفقیت پیسه‌آ در این منطقه توسط Mirbadian و Sagheb Talebi (۱۹۹۱) گزارش شده و بهترین رویشگاه آن در کلاردشت در ۲۵ سالگی ۱۲۰ متر مکعب تولید در هکتار داشته است. با توجه به اینکه گونه‌ی پیسه‌آ از جمله گونه‌های مهم

جدول ۱- میانگین مشخصه‌های کمی توده‌ی پیسه‌آ (*Picea abies*) در منطقه کلاردشت

توده پیسه‌آ	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	ارتفاع (متر)	تعداد در هکتار	درصد تاج‌پوشش
۲۸ ± ۶/۲	۲۰/۲ ± ۳/۴	۷۰۰	۷۰	



شکل ۱- موقعیت توده دست کاشت پیسه آ در استان مازندران، شهرستان چالوس، منطقه کلاردشت

جدول ۲- داده‌های اقلیمی درازمدت (۱۳۷۰-۱۳۹۰) و دوره پژوهش در کلاردشت، بر اساس ایستگاه هواشناسی نهالستان

#### کلاردشت

ماه	دراز مدت دوره پژوهش	ماه	دوره پژوهش	ماه	میانگین سالانه	داده اقلیمی	
	$456 \pm 54/3$		۳۴۸		$429 \pm 76/4$	کل	بارندگی (میلی‌متر)
آبان	$58 \pm 35/5$	آبان	۷۹	آبان	$60 \pm 35$	حداکثر ماهانه	
مرداد	$21 \pm 14/6$	مهر	۷	مرداد	$21 \pm 16/3$	حداقل ماهانه	
	$1/8 \pm 6/9$		۱۱		$15/5 \pm 0/9$	کل	دما (درجه سلسیوس)
مرداد	$21/8 \pm 1/3$	مرداد	۲۲	مرداد	$21/8 \pm 3/1$	بیشینه ماهانه	
آذر	$4/5 \pm 2/8$	آذر	۵	بهمن	$2/8 \pm 0/9$	کمینه ماهانه	

جنس پلاستیک) با قطر دهانه هشت سانتی‌متر و ارتفاع حدود ۳۰ سانتی‌متر در نزدیک‌ترین فضای باز در مجاورت توده مورد نظر، مقدار بارندگی در هر رخداد بارش جمع‌آوری شد. محل استقرار باران‌سنج‌های بارندگی به گونه‌ای انتخاب

برای برآورد میزان باران‌رایی تاج‌پوشش، مقادیر بارندگی و تاج‌بارش طی هشت ماه (از تاریخ ۱۳۹۱/۰۵/۰۱ لغایت ۱۳۹۱/۰۹/۰۴ - ۱۳۹۲/۰۱/۰۵ لغایت ۱۳۹۲/۰۳/۱۰) اندازه‌گیری شدند. با استفاده از چهار عدد باران‌سنج دستی (از

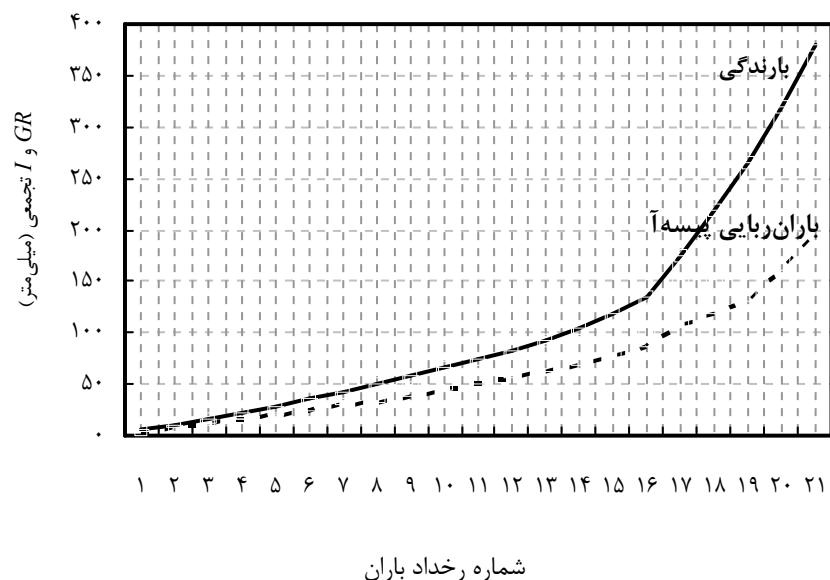
شده‌اند که هیچ‌گونه تداخلی با تاج درختان نداشته باشند (کمترین فاصله آن‌ها تا نزدیک‌ترین درخت برابر ارتفاع درخت در نظر گرفته شد). میزان (حجم) بارندگی طی هر بارندگی با استفاده از استوانه مدرج با دقت دو میلی‌متر اندازه‌گیری شد. بعد از اندازه‌گیری هر بارندگی، باران‌سنج‌ها از آب تخلیه و همچنین از شاخ و برگ تمیز شدند و سپس در جای خود قرار داده شدند. برای اندازه‌گیری میزان تاج‌بارش، تعداد ۲۰ باران‌سنج دستی، مشابه باران‌سنج‌های اندازه‌گیری بارندگی، به‌صورت تصادفی زیر تاج‌پوشش توده پیسه‌آ قرار داده شدند. توزیع این باران‌سنج‌ها به‌گونه‌ای بود که کل سطح توده را به‌صورت یکنواخت پوشش دهند. در این پژوهش از مقدار ساقاب، به‌دلیل ناچیز بودن مقدار آن در سوزنی‌برگان صرف‌نظر شد (Llorens *et al.*, 1997; Llorens & Gallart, 2000) و بنابراین مقدار باران‌ریایی از تفاضل مقدار تاج‌بارش از مقدار بارندگی در هر رخداد باران بدست آمد. به‌منظور برآورد مقادیر ضریب تاج‌بارش و ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش، نقطه  $P_s$  (نقطه انحنا یا خمیدگی) از روی ابر نقاط نمودار ( $GR$ ) -محور  $x$ - و تاج‌بارش ( $TF$ ) -محور  $y$ - به‌طور چشمی<sup>۱</sup> تعیین شد. به این معنی که از این نقطه به بعد با افزایش مقدار باران، مقدار تاج‌بارش با شدت بیشتری افزایش می‌یابد. مقدار ضریب تاج‌بارش مستقیم، به‌صورت غیرمستقیم، از شیب خط رگرسیون بین تاج‌بارش و باران، برای باران‌هایی کمتر از نقطه  $P_s$ ، برآورد شد (Leyton *et al.*, 1967; Jackson, 1975; Klaassen *et al.*, 1998; Llorens & Gallart, 2000; Pypker *et al.*, 2005). به‌منظور برآورد مقدار ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش، از باران‌های بیشتر از مقدار برآوردی  $P_s$ ، براساس سه روش زیر استفاده شد (Jackson *et al.*, 1975; Klaassen *et al.*, 1998):

۱- روش Minimum (Leyton *et al.*, 1967; Llorens & Gallart, 2000): از رسم رگرسیون خطی بین تاج‌بارش و باران در رخدادهای بیش‌تر از نقطه  $P_s$ ، میزان ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش بدست آمد. بدین ترتیب که با قرار دادن

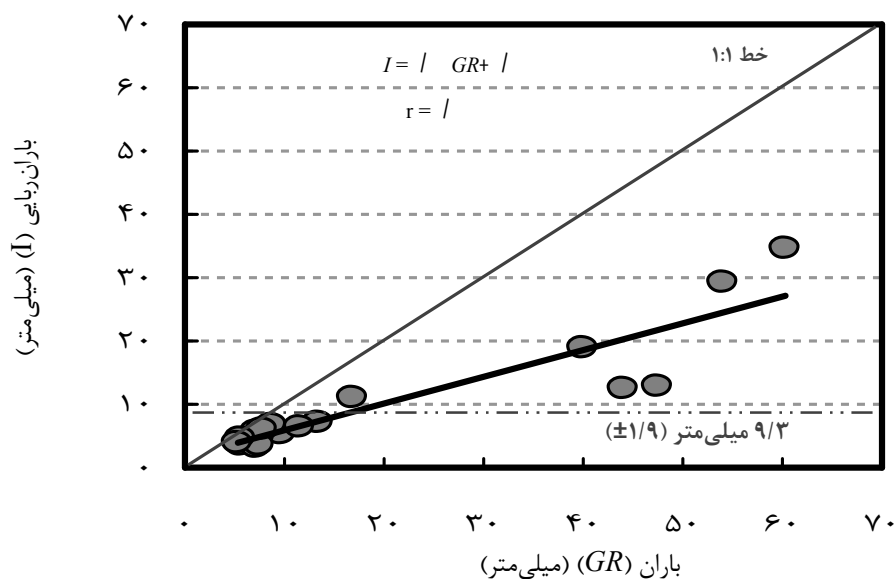
۱- روش Minimum (Leyton *et al.*, 1967; Llorens & Gallart, 2000): از رسم رگرسیون خطی بین تاج‌بارش و باران در رخدادهای بیش‌تر از نقطه  $P_s$ ، میزان ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش بدست آمد. بدین ترتیب که با قرار دادن

### نتایج

در طول دوره‌ی پژوهش، ۲۱ رخداد بارندگی با مقدار تجمعی ۳۸۰/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. مجموع عمق تاج‌بارش و باران‌ریایی در توده پیسه‌آ به‌ترتیب ۱۸۵/۳ میلی‌متر (۴۸/۸ درصد) و ۱۹۴/۸ میلی‌متر (۵۱/۲ درصد) اندازه‌گیری و محاسبه شد (شکل ۲). متوسط ( $\pm$  خطای معیار)، بیشترین و کمترین مقدار بارندگی به‌ترتیب ۱۸/۱ ( $\pm$  چهار)، ۶۰/۲ و ۵/۲ میلی‌متر اندازه‌گیری شد.



شکل ۲- باران (GR) و باران ربایی (I) تجمعی طی دوره پژوهش در توده‌ی پیسه آ (*Picea abies*) در کلاردشت مازندران



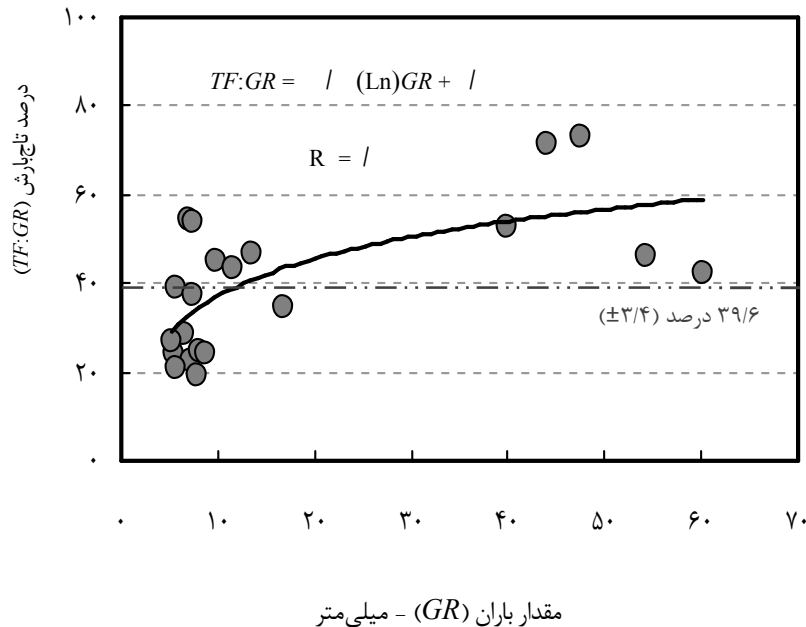
شکل ۳- رابطه‌ی بین باران ربایی (I) و باران (GR) (میلی متر) در توده‌ی پیسه آ (*Picea abies*) طی دوره پژوهش در کلاردشت مازندران (خط چین میانگین مقدار I و عدد داخل پرانتز خطای معیار میانگین را نشان می‌دهند)

شد (شکل ۳). به این معنی که با افزایش مقدار باران، مقدار باران ربایی نیز افزایش یافت.

با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون (r)، همبستگی‌های مثبت معنی‌داری بین باران ربایی و باران در سطح ۹۵ درصد برای توده پیسه آ ( $r = ۰/۹۲$ ؛  $I = ۰/۴۳GR + ۱/۵۹$ ) مشاهده

متوسط، بیشترین و کمترین درصد باران‌ریایی ( $\bar{I}:GR$ ) به ترتیب برابر با  $۶۰/۴ (\pm ۳/۴)$ ،  $۸۰/۷$  درصد و  $۲۶/۸$  درصد می‌باشند و با افزایش مقدار باران، درصد باران‌ریایی کاهش می‌یابد. بدین گونه که در کلاسه مقدار باران‌های کم ( $۱۰-۰$  میلی‌متر)، متوسط ( $۳۰-۱۰/۱$  میلی‌متر) و زیاد (بیشتر از  $۳۰$  میلی‌متر) به ترتیب درصد باران‌ریایی  $۶۷/۶$  درصد ( $\pm$ ) بدست آمد.

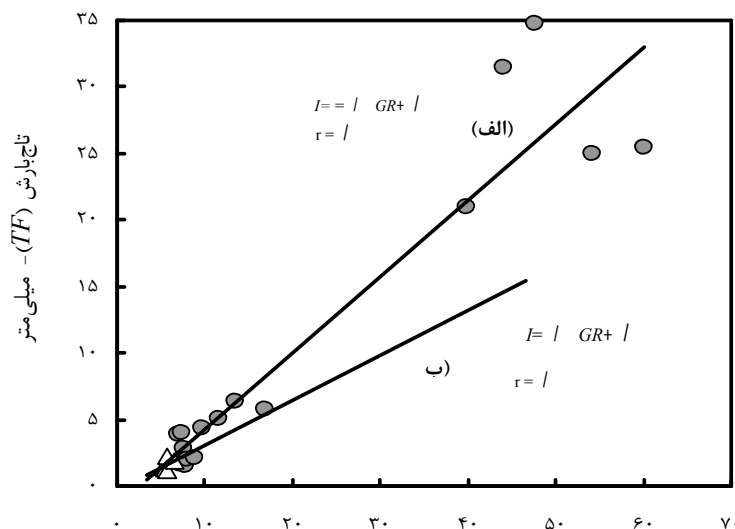
متوسط، بیشترین و کمترین درصد باران‌ریایی ( $\bar{I}:GR$ ) به ترتیب برابر با  $۶۰/۴ (\pm ۳/۴)$ ،  $۸۰/۷$  درصد و  $۲۶/۸$  درصد می‌باشند و با افزایش مقدار باران، درصد باران‌ریایی کاهش می‌یابد. بدین گونه که در کلاسه مقدار باران‌های کم ( $۱۰-۰$  میلی‌متر)، متوسط ( $۳۰-۱۰/۱$  میلی‌متر) و زیاد (بیشتر از  $۳۰$  میلی‌متر) به ترتیب درصد باران‌ریایی  $۶۷/۶$  درصد ( $\pm$ ) بدست آمد.



شکل ۴- رابطه‌ی بین درصد تاج‌بارش ( $TF:GR$ ) و باران ( $GR$ ) برای توده پیسه‌آ ( $Picea abies$ ) در کلاردشت مازندران (هر دایره نشان‌دهنده یک رخداد  $GR$  است و خط‌چین میانگین درصد تاج‌بارش و عدد داخل پرانتز خطای معیار میانگین را نشان می‌دهند)

براساس شکل (۵)، مقدار ضریب تاج‌بارش مستقیم، با استفاده از رگرسیون،  $۰/۳۴$  بدست آمد و با توجه به رگرسیون الف، مقدار متوسط  $S$  با سه روش مورد استفاده،  $۲/۱۵ (\pm ۰/۳۴)$  میلی‌متر و ضریب  $\bar{E}/\bar{R}$  نیز  $۰/۴۳$  بدست آمد (جدول ۳).

در پژوهش پیش رو، نقطه  $P_s$  (نقطه انحنا یا خمیدگی)،  $۷/۰$  میلی‌متر در نظر گرفته شد و براساس آن، مقادیر ضریب تاج‌بارش مستقیم، ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش (با سه روش) و  $\bar{E}/\bar{R}$  با استفاده از روابط موجود در شکل (۵) محاسبه و اعداد آن در جدول (۳) نمایش داده شده است.



باران (GR) - میلی متر

شکل ۵- رابطه بین تاج بارش (TF) و باران (GR) برای توده‌ی پیسه‌آ (*Picea abies*) طی دوره پژوهش در کلاردشت مازندران (خط رگرسیون الف برای GRهای بیش تر یا مساوی نقطه اشباع تاج پوشش (۷/۰ میلی متر) - ۱۶ رخداد GR و شکل دایره- و خط رگرسیون ب برای باران‌های کمتر از نقطه اشباع تاج پوشش (۷/۰ میلی متر) - پنج رخداد GR و شکل مثلث)

جدول ۳- مقادیر ضریب تاج بارش مستقیم (p)، ظرفیت نگهداری تاج پوشش (S) با استفاده از روش‌های Minimum، Gash و Morton و نسبت بین نرخ تبخیر در زمان بارندگی به شدت باران در زمان بارندگی ( $\bar{E}/\bar{R}$ ) برای توده-ی پیسه‌آ (*Picea abies*) در کلاردشت مازندران

$\bar{E}/\bar{R}$	S (میلی متر)			P	توده پیسه‌آ
	Mean	Morton و Gash	Minimum		
۰/۴۳	۲/۲۸	۱/۵۲	۲/۶۶	۰/۳۴	

بدست آمد و در نتیجه ۳۴/۴ میلی متر از باران ربایی، از طریق ظرفیت نگهداری تاج پوشش ربایش شده است. در بارندگی-های بیشتر از نقطه اشباع تاج پوشش و با توجه به مقدار ظرفیت نگهداری تاج پوشش برآورد شده، ۱۹/۸ درصد از مقدار باران ربایی، صرف پر کردن ظرفیت نگهداری تاج پوشش توده پیسه‌آ می‌شود. در پنج رخداد بارندگی با مقدار کمتر از

در ۲۱ رخداد بارندگی، سهم ظرفیت نگهداری تاج پوشش (میانگین سه روش: ۲/۱۵ میلی متر) از مجموع I، به طور میانگین برای توده‌ی پیسه‌آ، ۲۳/۲ درصد بدست آمد (جدول ۴). از مجموع ۱۶ رخداد بارندگی که مقدار آن‌ها بیشتر از نقطه اشباع تاج پوشش ( $\geq 7$  میلی متر) بود، درصد باران ربایی جمعی و درصد I:GR به ترتیب ۴۵/۸ درصد و ۵۶/۸ درصد



جدول ۴- مجموع بارندگی ( $GR$ )، باران ربایی ( $I$ ) و درصد باران ربایی ( $I:GR$ ) در کل دوره پژوهش و سهم متوسط ظرفیت نگهداری تاج پوشش ( $S$ ) (۲/۱۵ میلی‌متر) از  $I$  در کل رخدادهای  $GR$ ،  $GR$ ‌های بیش‌تر از نقطه اشباع تاج پوشش ( $\geq 7$ ) میلی‌متر) و کمتر از آن ( $> 7$  میلی‌متر)

$S$		$I:GR$		$I$ تجمعی		$GR$ تجمعی		رخداد $GR$	
(درصد)	(میلی‌متر)	(درصد)	(درصد)	(میلی‌متر)	(میلی‌متر)	(میلی‌متر)	(میلی‌متر)	(تعداد)	(میلی‌متر)
۲۳/۲	۴۵/۲	۶۰/۴	۵۱/۲	۱۹۴/۸	۳۸۰/۱	۲۱	کل رخدادهای $GR$		
۱۹/۸	۳۴/۴	۵۶/۸	۴۵/۸	۱۷۴/۱	۳۵۱/۳	۱۶	$\geq 7$		
۶۲/۳	۱۰/۸	۷۳/۰	۷۱/۷۸	۲۰/۷	۲۸/۸	۵	$> 7$		

تاج بارش و باران ربایی، طی هشت ماه در توده دست کاشت پیسه‌آ مطالعه شد. در طول دوره مورد مطالعه، ۲۱ رخداد بارندگی ثبت شد و درصد باران ربایی تجمعی و  $I:GR$  به ترتیب ۵۱/۲ درصد و ۶۰/۴ درصد بدست آمد. از آن جایی که مطالعه‌های اندکی در مورد مقادیر اجزای بارندگی، در توده‌های پیسه‌آ در سطح جهان انجام شده، بنابراین به مقایسه نتایج این پژوهش با دیگر گونه‌های سوزنی‌برگ در سطح دنیا پرداخته شد و این نتیجه بدست آمد که نتایج این پژوهش بیشتر از بازه‌ی مقادیر گزارش شده در سطح دیگر توده‌ها است. برای نمونه، Buttler و Farnsworth (۲۰۱۲)، درصد  $I:GR$  توده‌ی *Pinus resinosa* را ۱۳ درصد، Valenete و همکاران (۱۹۹۷) در توده‌ی *Pinus pinaster* ۱۷/۸ درصد، Crockford و Richardson (۱۹۹۰) در توده‌ی *Pinus Radiata* ۱۸/۳ درصد، Singh (۱۹۸۷) در توده‌ی *Pinus walliciana* ۲۱ درصد، Pook و همکاران (۱۹۹۱) ۲۶/۵ درصد در توده *Pinus radiata*، Xu و همکاران (۲۰۱۳)، ۲۷ درصد در توده‌ی *Picea crassifolia* و Uehara و Kume (۲۰۱۲) در توده‌ی *Pinus pumila* ۴۸ درصد برآورد کردند.

مطالعه‌های گذشته وابستگی کمی و کیفی مقادیر باران ربایی را به عامل‌های اقلیمی، ویژگی‌های باران و ویژگی‌های پوشش گیاهی نشان داده‌اند. از این رو اختلاف درصد‌های باران ربایی و  $I:GR$  توده مورد بررسی با دیگر توده‌ها را می‌توان به دلیل اختلاف در عامل‌های اقلیمی (دمای هوا، میزان تبخیر، رطوبت نسبی، سرعت و جهت باد و فشار بخار اشباع هوا)

نقطه اشباع تاج پوشش ( $> 7$  میلی‌متر)، بیشتر درصد باران ربایی تاج پوشش ۶۲/۳ درصد، صرف پر کردن ظرفیت نگهداری تاج پوشش شده است.

### بحث و نتیجه گیری

بر هم‌کنش<sup>۱</sup> بین پوشش گیاهی و بارندگی دارای اهمیت ویژه‌ای از دیدگاه‌های بوم‌شناختی، هیدرولوژیکی و زمین‌شناسی است (Aboal et al., 1999; Zhou et al., 2002; Levia & Frost, 2003). آب از اصلی‌ترین عوامل در تولید جنگل‌ها و بارندگی مهم‌ترین منبع تأمین آب در این بوم‌سامانه‌ها می‌باشد. در بوم‌سامانه‌های جنگلی تاج درختان با تأثیری که بر توزیع مجدد بارش و میزان تبخیر می‌گذارند، نقش مهمی را در چرخه آب در سطوح مختلف (محلی، حوزه آبخیز و کشوری) ایفا می‌کنند (Levia & Frost, 2003; Llorens & Domingo, 2007). با تغییرات در ترکیب گونه‌های توده (مانند جنگل کاری با گونه‌های غیربومی) شاهد دگرگونی رطوبت خاک (Eschner, 1967; Si, 2002), خاکساز (Schume et al., 2003), Bellot & Escarre (1998) و ترکیب پوشش کف جنگل (Mottonen et al., 1999) می‌باشیم. بنابراین لازم است قبل از کاشت گونه، مقادیر تاج بارش، باران ربایی، ظرفیت نگهداری تاج پوشش و ضرایب تاج بارش و  $\bar{E}/\bar{R}$  مربوط به هر گونه را به‌عنوان معیارهای انتخاب گونه لحاظ کنیم. تقسیم‌بندی بارندگی به

1. Interaction

Gash & Morton, 1978; Gash, 1979; Liu, 1997; Pypker *et al.*, 2005; Bryant *et al.*, 2005; Llorens & Domingo, 2007). با دانستن مقدار ضریب تاج‌بارش مستقیم، می‌توان درصد تاج‌پوشش توده را برآورد کرد و در صورت نیاز به افزایش یا کاهش مقدار آن به‌ترتیب توده را با تیمارهای جنگل‌شناسی تنک‌تر یا بسته‌تر کرد.

مقدار متوسط ضریب نگهداری تاج‌پوشش با سه روش مورد استفاده، ۲/۱۵ میلی‌متر بدست آمد که این عدد نیز در بازه‌ی دیگر پژوهش‌ها است (جدول ۵). تفاوت در مقادیر این پژوهش با دیگر مطالعه‌ها به‌دلیل اختلاف در شدت  $GR$ ، شاخص سطح برگ، سرعت باد، آرایش‌بندی برگ‌ها، دمای هوا و مقدار ضریب  $\bar{E}/\bar{R}$  است (Rutter, 1963; Leyton *et al.*, 1967; Rutter *et al.*, 1971; Robins, 1974; Jackson, 1975; Gash *et al.*, 1980; Loustau *et al.*, 1992; Lankreijer *et al.*, 1993; Valenete *et al.*, 1997; Liu, 1998; Llorens & Gallart, 2000; Link *et al.*, 2004; Pypker *et al.*, 2005; Sun *et al.*, 2013). ضریب  $\bar{E}/\bar{R}$  در این پژوهش ۰/۴۳ بدست آمد. مقادیر  $\bar{E}/\bar{R}$  توده‌ی پیسه‌آ بیشتر از بازه‌ی مرور منابع (۰-۰/۴۰) است.  $\bar{E}/\bar{R}$  ارتباط زیادی با شدت بارندگی، مقدار بارندگی، زمان بارندگی، فصل اندازه‌گیری، سرعت باد، درصد تاج‌پوشش، کمبود فشار بخار آب<sup>۱</sup> و ضخامت آبرودینامیکی تاج‌پوشش در جابجایی گرمای نهان<sup>۲</sup> دارد (Zinke, 1967; Link *et al.*, 2004; Pypker *et al.*, 2005; Liang & Ding, 2013). یکی از دلایل زیاد بودن نرخ  $\bar{E}/\bar{R}$  در این پژوهش، زمان دوره‌ی پژوهش می‌باشد؛ بدین معنی که این پژوهش در گرم‌ترین ماه‌های سال در کلاردشت انجام شد و از اندازه‌گیری اجزای بارندگی در زمستان صرف نظر شد (به‌دلیل بارش برف). مرور منابع نیز نشان می‌دهد که در فصل زمستان به‌دلیل کاهش دما، نرخ  $\bar{E}/\bar{R}$  نیز کاهش می‌یابد و باعث خواهد شد که میانگین  $\bar{E}/\bar{R}$  کاهش یابد. مقدار  $P_s$  در این پژوهش ۵/۱۵ میلی‌متر بدست آمد. به این معنی که در نقطه‌هایی از توده که درصد تاج‌پوشش کاملاً بسته است (۱۰۰ درصد)، تا مقدار  $GR$  ۵/۱۵ میلی‌متر، هیچ مقداری از تاج‌بارش به کف جنگل نمی‌-

اختلاف در ویژگی‌های بارندگی (مقدار، شدت، مدت زمان بارش، زمان وقوع و اندازه قطره‌ها) ویژگی‌های پوشش گیاهی (سن توده، ترکیب و ساختار توده، گونه تشکیل‌دهنده توده، شاخص سطح برگ، تراکم درختان، مورفولوژی و ساختار تاج‌پوشش درختان) و مقدار  $S$  دانست (Rutter *et al.*, 1971; Gash, 1979; Klaassen *et al.*, 1998; Xiao *et al.*, 2000; Iroumé & Huber, 2002; Carlyle-Moses, 2004; Pypker *et al.*, 2005; Fleischbein *et al.*, 2005; Deguchi *et al.*, 2006; Owens *et al.*, 2006; Staelens *et al.*, 2006, 2008; Sraj *et al.*, 2008; Ahmadi *et al.*, 2009; Uehara & Kume, 2012; Xu *et al.*, 2013). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که همبستگی مثبت بین مقدار باران‌ریایی با مقدار بارندگی در توده پیسه‌آ وجود دارد، یعنی با افزایش مقدار بارندگی، مقدار باران‌ریایی افزایش نشان می‌دهد که منطبق با دیگر پژوهش‌ها است (Crockford & Ricardson, 1990; Xiao *et al.*, 2000; Iroumé & Huber, 2002; Carlyle-Moses, 2004; Fleischbein *et al.*, 2005; Sraj *et al.*, 2008; Staelens *et al.*, 2006, 2008; Ahmadi *et al.*, 2009; Xu *et al.*, 2013). نشان داد که مقدار بارندگی بر درصد تاج‌بارش ( $TF:GR$ ) اثرگذار است (Xiao *et al.*, 2000; Iroumé & Huber, 2002; Carlyle-Moses, 2004; Fleischbein *et al.*, 2005; Staelens *et al.*, 2006, 2008). در باران‌های با مقدار کوچک، مقدار تاج‌بارش کم است؛ زیرا در این نوع بارندگی‌ها، بخش عمده‌ای از هر بارندگی صرف خیس نمودن و تکمیل مقدار ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش شده و سپس این نسبت زیاد از هر بارندگی، از سطح تاج‌پوشش تبخیر و به صورت باران‌ریایی از دسترس پوشش گیاهی خارج می‌شود (Rowe, 1983; Carlyle-Moses, 2004; Owens *et al.*, 2006; Deguchi *et al.*, 2006; Staelens *et al.*, 2008; Sraj *et al.*, 2008). در این پژوهش مقدار ضریب تاج‌بارش مسقیم ، ۰/۳۴ بدست آمد که در دامنه‌ی اعداد گزارش شده توسط دیگر پژوهشگران است (جدول ۵). دلیل اختلاف مقادیر  $p$  در این مطالعه با دیگر بررسی‌ها را می‌توان مربوط به تفاوت در اشکوب‌بندی، اندازه قطره‌های بارندگی، تعداد در هکتار، درصد تاج‌پوشش و زاویه بارش مربوط دانست (Leyton *et al.*, 1967; Rutter *et al.*, 1971; )

1. Vapor pressure deficit

2. Canopy aerodynamic resistance to latent heat transfer

به اشکوب زیرین جنگل برسد، با اعمال روش‌های جنگل‌شناسانی مقدار  $P_s$  را کاهش داد و با این اقدام به استقرار زادآوری درختان کمک کرد.

رسد. مقدار  $P_s$  از جمع مقادیر ضریب تاج‌بارش مستقیم و ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش بدست می‌آید. به دست آوردن این مقدار در هر توده کمک می‌کند تا درصد تاج‌پوشش توده را در مکان‌های مختلف تغییر داد. در نقاط پر شیب در توده، نقطه  $P_s$  را بالاتر و در نقاطی که نیاز است آب بیشتری

جدول ۵- مقادیر ضریب تاج‌بارش مستقیم ( $p$ ) و ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش ( $S$ ) توده‌های سوزنی‌برگ در دنیا

منبع	$p$	$S$ (میلی‌متر)	تعداد در هکتار	نام گونه
پژوهش حاضر	۰/۳۴	۲/۱	۷۰۰	<i>Picea abies</i>
Rutter (1963)	---	۱/۶	۴۶۰۰	<i>Pinus sylvestris</i>
Rutter <i>et al.</i> (1971)	۰/۳	۱/۱	۶۰۰	<i>Pinus nigra</i>
Robins (1974)	---	۱	۶۰۰	<i>Pinus nigra</i>
Gash & Morton (1978)	۰/۳	۰/۸	۸۰۰	<i>Pinus sylvestris</i>
Gash <i>et al.</i> (1980)	۰/۱	۱	۱۸۷۰	<i>Pinus sylvestris</i>
Perttu <i>et al.</i> (1980)	---	۰/۳	۲۹۰۰	<i>Pinus sylvestris</i>
Loustau <i>et al.</i> (1992)	۰/۶	۰/۵	۸۰۰	<i>Pinus pinaster</i>
Lankreijer <i>et al.</i> (1993)	۰/۴	۰/۳	۴۳۰	<i>Pinus pinaster</i>
Llorens (1997)	۰/۱	۱/۳	۲۴۰۰	<i>Pinus sylvestris</i>
Valente <i>et al.</i> (1997)	۰/۴	۰/۴	۳۱۲	<i>Pinus pinaster</i>
Liu (1998)	---	۰/۴	۴۶۴	<i>Pinus elliottii</i>
	۰/۴	۱/۲	۷۶۴	
	۰/۲	۲/۳	۵۰۹	
Llorens & Gallart (2000)	۰/۲	۲	۱۴۰۰	<i>Pinus sylvestris</i>
	۰/۳	۱/۵	۱۷۸۲	
	۰/۱	۲/۷	۲۶۷۴	
Liang & Ding (2013)	---	۲/۶۸	۱۴۱۰	<i>Pinus tabulaeformis</i>
Sun <i>et al.</i> (2013)	---	۱/۲	---	<i>Abies fabri</i>
Motahari & Attarod (2012)	۰/۱	۱/۸	۱۱۸۵	<i>Pinus eldarica</i>

## منابع

1. Aboal, J.R., Morales, D., Hernández, M. and Jiménez, M.S., 1999. The measurement and modeling of the variation of stemflow in a laurel forest in Tenerife, Canary Islands. *Journal of Hydrology*, 221: 161-175.
2. 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 the growing season. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33: 557-568.
3. Bellot, J. and Escarre, A., 1998. Stemflow and throughfall determination in a resprouted Mediterranean holm-oak forest. *Annals of Forest Science*, 55: 847-867.
4. Bryant, M.L., Bhat, S. and Jacobs, J.M., 2005. Measurements and modeling of throughfall variability for five forest communities in the southeastern US. *Journal of Hydrology*, 312: 95-108.
5. Buttle, J.M. and Farnsworth, A.G., 2012. Measurement and modeling of canopy water partitioning in a reforested landscape: The Ganaraska Forest, southern Ontario, Canada. *Journal of Hydrology*, 466-467: 103-114.
6. 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.
7. Crockford, R.H. and Richardsoon, D.P., 1990. Partitioning of rainfall in a Eucalypt forest and Pine plantation in southeastern Australia: IV The relationship of interception and canopy storage capacity, the interception of these forests, and the effect on interception of thinning the Pine plantation. *Hydrological Processes*, 4: 169-188.
8. 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.
9. Eschner, A.R., 1967. Interception and soil moisture distribution. In: Sopper, W.E. and Lull, H.W., (Eds.). *Forest Hydrology*. Pergamon Press, Oxford, 191-200p.
10. Fleischbein, K., Wilcke, W., Boy, J., Valarezo, C., Zech, W. and Knoblich, K., 2005. Rainfall interception in a lower mountain forest in Ecuador: effects of canopy properties. *Hydrological Processes*, 19: 1355-1371.
11. Gash, J.H.C. and Morton, A.J., 1978. An application of the Rutter model to the estimation of the interception loss from Thetford Forest. *Journal of Hydrology*, 38: 49-58.
12. Gash, J.H.C., 1979. An analytical model of rainfall interception by forests. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 105: 43-55.
13. Gash, J.H.C., Wright, I.R. and Lloyd C.R., 1980. Comparative estimates of interception loss from three coniferous forests in Great Britain. *Journal of Hydrology*, 48: 89-105.
14. Hormann, G., Branding, A., Clemen, T., Herbst, M., Hinrichs, A. and Thamm, F., 1996. Calculation and simulation of wind controlled canopy interception of a beech forest in northern Germany. *Agricultural and Forest Meteorology*, 79: 131-148.
15. Iroumé, A. and Huber, A., 2002. Comparison of interception losses in a broad-leaved native forest and a *Pseudotsuga menziesii* plantation in the Andes Mountains of southern Chile. *Hydrological Processes*, 16: 2347-2361.
16. Jackson, I.J., 1975. Relationships between rainfall parameters and interception by tropical forest. *Journal of Hydrology*, 24: 215-238.
17. Klaassen, W., Bosveld, F. and DeWater, E., 1998. Water storage and evaporation as constituents of rainfall interception. *Journal of Hydrology*, 212: 36-50.

18. Lankreijer, H., Hendriks, M.J. and Klaassen, W., 1993. A comparison of models simulating rainfall interception of forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 64: 187-199.
19. Leyton, L., Reynolds, E.R.C. and Thompson, F.B., 1967. Rainfall interception in forest and moorland, In Sopper, W.E. and Lull, H.W., (Eds.). *Forest Hydrology* Pergamon, Oxford, 163.178p.
20. Levia, D.F. and Frost, E.E., 2003. A review and evaluation of stem flow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems. *Journal of Hydrology*, 274: 1-29.
21. Liang, W. and Ding, G., 2013. Simulation of rainfall interception in a *Pinus tabulaeformis* plantation in North China. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 11(1): 976-983.
22. Liu, S., 1997. A new model for the prediction of rainfall interception in forest canopies. *Ecological Modelling*, 99: 151-159.
23. Liu, S.G., 1998. Estimation of rainfall storage capacity in the canopies of cypress wetlands and slash Pine uplands in North-Central Florida. *Journal of Hydrology*, 207: 32-41.
24. Link, T.E., Unsworth, M. and Marks, D., 2004. The dynamics of rainfall interception by a seasonal temperate rainforest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124: 171-191.
25. 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.
26. Llorens, P. and Domingo, F., 2007. Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean conditions. A review of studies in Europe. *Journal of Hydrology*, 335: 37-54.
27. Llorens, P., Poch, R., Latron, J. and Gallart, F., 1997. Rainfall interception by a *Pinus sylvestris* forest patch overgrown in a Mediterranean mountainous abandoned area I. Monitoring design and results down to the event scale. *Journal of Hydrology*, 199: 331-345.
28. Llorens, P. and Gallart, F., 2000. A simplified method for forest water storage capacity measurement. *Journal of Hydrology*, 240: 131-144.
29. Loustau, D., Berbigier, P. and Granier, A., 1992. Interception loss, through fall and stem flow in a maritime Pine stand, II. An application of Gash's analytical model of interception. *Journal of Hydrology*, 138: 469-485.
30. Mirbadian, A. and Sagheb Talebi, Kh., 1991. The success of *Picea abies* afforestation in Kelardasht. *Publication of Forest and Range organization*, 36p.
31. Motahari, M. and Attarod, P., 2012. Canopy water storage capacity and its effect on rainfall interception in a *Pinus eldaricaplantation* in a semi-arid climate zone. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(1): 96-109.
32. Möttönen, M., Järvinen, E., Hokkanen, T.J., Kuuluvainen T. and Ohtonen, R., 1999. Spatial distribution of soil ergosterol in the organic layer of a mature Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forest. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(4): 503-516.
33. Owens, M.K., Lyons, R.K. and Alejandro, C.J., 2006. Rainfall partitioning within semiarid juniper communities: Effects of event size and canopy cover. *Hydrological Processes*, 20(15): 3179-3189.
34. Perttu, K., Bishop, W., Grip, H., Jansson, P.E., Lindgren A., Lindroth, A. and Noren, B., 1980. Micrometeorology and hydrology of Pine forest ecosystems. I. Field studies. In: Person, T., (Eds.). *Structure and function of northern coniferous forest- an ecosystem system study*. *Ecological Bulletins*, 32: 75-121.
35. Pook, E.W., Moore, P.H.R. and Hall, T., 1991. Rainfall interception by trees of *Pinus radiata* and *Eucalyptus viminalis* in a 1300 mm rainfall area of Southeastern new south Wales: I. Gross losses and their variability. *Hydrological Processes*, 5: 127-141.
36. Pourmajidain, M.R., 1991. Research results about *Picea abies* in Kelardasht. PhD thesis, Department of Forestry, The Iranian University, Tehran, 162p.

37. Pypker, T.G., Bond, B.J., Link, T.E., Marks, D. and Unsworth, M.H., 2005. The importance of canopy structure in controlling the interception loss of rainfall: Examples from a young and old growth Douglas-fir forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 130: 113-129.
38. Robins, P.C., 1974. A method of measuring the aerodynamic resistance to the transport of water vapor from forest canopies. *Journal of Applied Ecology*, 11: 315-325.
39. Rowe, L.K., 1983. Rainfall interception by an evergreen beech forest, Nelson, New Zealand. *Journal of Hydrology*, 66: 143-158.
40. Rutter, A.J., 1963. Studies in the water relations of *Pinus sylvestris* in plantation conditions, I, Measurements of rainfall and interception. *Journal of Ecology*, 51: 191-203.
41. Rutter, A.J., Kershaw, K.A., Robins, P.C. and Morton, A.J., 1971. A predictive model of rainfall interception in forests. I. Derivation of the model from observations in a plantation of Corsican pine. *Agricultural Meteorology*, 9: 367-384.
42. Samba, S.A.N., Camire, C. and Margolis, H.A., 2001. Allometry and rainfall interception of *Cordyla pinnate* in semi-arid agroforestry parkland, Senegal. *Forest Ecology and Management*, 154: 277-288.
43. Schachnovich, Y., Berniler, p. and Bar, P., 2008. Rainfall interception and spatial distribution of through fall in a pine forest planted in an arid zone, *Journal of Hydrology*, 349:168-177.
44. Schume, H., Jost, G. and Katzensteiner, K., 2003. Spatio-temporal analysis of the soil water content in a mixed Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.)-European beech (*Fagus sylvatica* L.) stand. *Geoderma*, 112: 273-287.
45. Si, B.C., 2002. Spatial and statistical similarities of local soil water fluxes. *Soil Science Society of American Journal*, 66: 753-759.
46. Singh, R.P., 1987. Rainfall interception by *Pinus wallichiana* plantation in temperate region of Himachal Pradesh, India. *The Indian Forester*, 113: 559-566.
47. Sraj, M., Brilly, M., Mikos, M., 2008. Rainfall interception by two deciduous Mediterranean forests of contrasting stature in Slovenia. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148: 121-134.
48. Staelens, J.A., De Schrijver, A.D., Verheyen, K., Verhoest, N.E.C., 2006. Spatial variability and temporal stability of throughfall water under a dominant beech (*Fagus sylvatica* L.) tree in relationship to canopy cover. *Journal of Hydrology*, 330: 651-662.
49. Staelens, J.A., De Schrijver A.D., Verheyen, K. and Verhoest, N.E.C., 2008. Rainfall partitioning into through fall, stem flow, and interception within a single beech (*Fagus sylvatica* L.) canopy: influence of foliation, rain event characteristics, and meteorology. *Hydrological Processes*, 22: 33-45.
50. Sun, X., Wang, G., Lin, Y., Liu, L. and Gao, Y., 2013. Intercepted rainfall in *Abies fabri* forest with different-aged stands in southwestern China. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37(4): 495-504.
51. Tobón-Marin, C., Bouten, I.W. and Dekker, S., 2000. Forest floor water dynamics and root water uptake in four forest ecosystems in northwest Amazonia. *Journal of Hydrology*, 237: 169-183.
52. Uehara, Y. and Kume, A., 2012: Canopy rainfall interception and fog capture by *Pinus pumila* Regal at Mt. Tateyama in the northern Japan Alps, Japan. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 44(1): 143-150.
53. Valente, F., David, J.J.M., 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.

54. Xiao, Q.F., McPherson, E.G., Ustin, S.L., Grismer, M.E., Simpson, J.R., 2000. Winter rainfall interception by two mature open-grown trees in Davis, California. *Hydrological Processes*, 14: 763-784.
55. Xu, Z., Feng, Z., Zhao, C., Zheng, J., Yang, J., Tian, F., Peng, H., Wang, C., Peng, S. and Sher, H., 2013. The canopy rainfall interception in actual and potential distribution of Qinghai spruce (*Picea crassifolia*) forest. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 61(1): 64-72.
56. Zhou, G., Morris, J.D., Yan, J.H., Yu, Z. and Peng, S.L., 2002. Hydrological Impacts of Reforestation with Eucalyptus and Indigenous Species: A Case Study in Southern China. *Forest Ecology and Management*, 167: 209-222.
57. Zinke, P.J., 1967. Forest Interception Study in the United States. In: Sopper, W.E. and Lull, H.W., (Eds.). *Forest Hydrology*. Pergamon Press, Oxford, 137-161p.

---

## Direct throughfall coefficient and canopy storage capacity by a *Picea abies* plantation in Kelardasht, North of Iran

- **P. Abasian**; M.Sc. Student of Forestry and Forest Economic, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
- **P. Attarod\***; Associate Prof., Forestry and Forest Economic Department, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
- **S.M.M. Sadeghi**; M.Sc. Student of Forestry and Forest Economic, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
- **M.A. Nazarirad**; B.Sc. Student of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
- **S.M. Hojati**; Assistant Professor, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

(Received: 01- Oct- 2013 Accepted: 07- May- 2014)

---

### Abstract

The aim was to estimate canopy storage capacity ( $S$ ) and the ratio of mean evaporation rate from the wet canopy to the mean rainfall intensity ( $\bar{E}/\bar{R}$ ), and the direct through fall coefficient ( $p$ ) of a *Picea abies* plantation using the regression methods in Kelardasht, North of Iran. To measure gross rainfall ( $GR$ ), four rain-gauges were installed in an open space adjacent to the stand and through fall ( $TF$ ) was measured using the twenty rain-gauges randomly located beneath the canopy cover. Rainfall interception ( $I$ ) was calculated as the difference between  $GR$  and  $TF$ . Twenty-one rainfall events were recorded with a cumulative depth of 380.1 mm. The  $TF$  and  $(TF:GR)\%$  were recorded 48.8% and 39.6% of the incident rainfall on the cumulative-based, and event-based (each  $GR$ ), respectively. Positive linear correlation was observed between  $I$  and  $GR$  ( $R= 0.92$ ) and logarithmic correlation was established between  $(TF:GR)\%$  and  $GR$  ( $r^2= 0.43$ ). The mean value of  $p$ ,  $S$ , and  $\bar{E}/\bar{R}$  estimated were found to be 0.34, 2.15 mm, and 0.43, respectively. Estimating the amount of  $I$  and its components, e.g.,  $S$ ,  $p$ , and  $\bar{E}/\bar{R}$ , as well as transpiration of trees are required while selecting the adapted species for afforestation.

**Keywords:** canopy storage capacity, *Picea*, afforestation, through fall.