

## برآورد پارامترهای اکوهیدرولوژیک تاج پوشش تک درختان کاج تهران در اقلیم نیمه خشک

سید محمد معین صادقی<sup>۱</sup> و پدرام عطارد<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد جنگل شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران  
<sup>۲</sup> دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۳/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۱۳)

### چکیده

هدف از این پژوهش، برآورد پارامترهای اکوهیدرولوژیک تاج پوشش تک درختان کاج تهران (*Pinus eldarica* Medw.)، شامل ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش ( $S$ ) با استفاده از روش Pereira و ضریب تاج بارش مستقیم ( $p$ ) در پارک جنگلی چیتگر با اقلیم نیمه خشک بود. مقدار بارندگی ( $GR$ ) در هر رخداد توسط شش جمع آوری کننده در محیط باز نزدیک پنج درخت کاج تهران و تاج بارش ( $TF$ ) توسط ۲۰ جمع آوری کننده که به طور تصادفی در زیر تاج هر درخت نصب شده بودند، اندازه گیری شد. باران ربایی ( $I$ ) از تفاضل مقدار تاج بارش از مقدار باران در هر بارش به دست آمد. در طول یک سال اندازه گیری (بهمن ۱۳۹۰ تا بهمن ۱۳۹۱)، در مجموع ۵۱ رخداد باران با عمق تجمعی ۲۲۴ میلی متر ثبت شد و درصدهای باران ربایی تجمعی و نسبی ( $I:GR$ ) به ترتیب ۳۵/۹ درصد و ۴۷/۵ درصد برآورد شد. میانگین مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش درختان کاج تهران، ۰/۷۷ میلی متر (خطای معیار ۰/۰۸) و ضریب تاج بارش مستقیم، ۰/۴۴ (خطای معیار ۰/۰۷) به دست آمد. باران ربایی، سهم زیادی از باران را در مناطق خشک و نیمه خشک برای درختان کاج تهران به خود اختصاص می دهد و در محاسبه بیلان آبی جنگل کاری های این گونه باید به آن توجه شود. برای محاسبه ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش که جزء مهمی از باران ربایی است، می توان از تنها روش موجود (روش Pereira)، در سطح تک درخت بهره جست.

**واژه های کلیدی:** اقلیم نیمه خشک، باران ربایی، روش Pereira، ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش، کاج تهران.

## مقدمه و هدف

باران‌ریایی ( $I$ )، مقدار آب بارانی ( $GR$ )<sup>۱</sup> است که بر روی برگ‌ها یا سوزن‌ها و شاخه‌های درخت ذخیره شده و در زمان بارندگی یا پس از آن تبخیر می‌شود. تاج‌بارش ( $TF$ )<sup>۲</sup>، نسبتی از باران است که به‌صورت مستقیم با عبور از تاج، با عنوان تاج‌بارش مستقیم<sup>۳</sup> یا به‌صورت غیرمستقیم بعد از برخورد به تاج‌پوشش با عنوان ریزش‌های تاجی<sup>۴</sup> به کف جنگل می‌رسد. به بخشی از باران که از طریق ساقه یا تنه به‌سمت پایین درختان جریان می‌یابد و سپس به کف جنگل می‌رسد، ساقاب ( $SF$ )<sup>۵</sup> می‌گویند (Shachnovich *et al.*, 2008). باران‌ریایی از تفاوت بین باران و مجموع ساقاب و تاج‌بارش (یعنی باران خالص،  $NR$ )<sup>۶</sup> محاسبه می‌شود (Rowe, 1983; Bruijnzeel *et al.*, 1987; Crockford and Richardson, 1990; Llorens, 1997; Ahmadi *et al.*, 2009, 2011).

از پیامدهای جنگلکاری، کاهش باران رسیده به کف جنگل (منظور باران خالص است) از طریق جذب، تبخیر از پوشش گیاهی و تعرق<sup>۷</sup> درختان است (Buttle and Farnsworth, 2012). آگاهی از مقدار باران‌ریایی گونه‌های درختی که به‌طور وسیعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به منظور جنگلکاری استفاده می‌شوند، در انتخاب گونه‌های مناسب و تراکم کاشت آنها در پروژه‌های جنگل‌کاری ضروری است (مطهری و همکاران، ۱۳۹۱؛ Carlyle-Moses, 2004). در این راستا، می‌توان با توجه به شرایط منطقه، از گونه‌هایی با مقدار باران‌ریایی بیشتر با هدف مبارزه با فرسایش خاک یا باران‌ریایی کمتر با هدف افزایش باران خالص استفاده کرد.

ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش ( $S$ )<sup>۸</sup> بخشی از

باران است که توسط تاج‌پوشش درختان گرفته می‌شود (Liu, 1997). ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش در واقع حداکثر باران ذخیره‌شده توسط تاج‌پوشش در هنگام توقف بارندگی است (Liu, 1997; Klaassen *et al.*, 1998). این مقدار آب از راه تبخیر به هوا سپهر برگ‌زدانده می‌شود، یا توسط سطح تاج‌پوشش جذب می‌شود و یا بعد از بارندگی به سطح زمین می‌رسد (Xiao *et al.*, 2000). مرور منابع نشان می‌دهد که ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش و ضریب تاج‌بارش مستقیم ( $p$ )<sup>۹</sup> عامل‌هایی مهم در مطالعات اکوهیدرولوژی در جنگل به‌شمار می‌آیند (Leyton *et al.*, 1967; Gash, 1979; Bruijnzeel *et al.*, 1987; Liu, 1997; Llorens and Gallart, 2000; Dunkerley, 2008). هر چه مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش در یک توده یا درخت بیشتر باشد، باران‌ریایی آن بیشتر خواهد بود. همچنین، مقدار ضریب تاج‌بارش مستقیم در هنگامی که توده یا درخت تنک‌تر است، بیشتر است، یعنی سهم زیادتری از تاج‌بارش بدون برخورد به تاج‌پوشش به کف جنگل می‌رسد.

برای برآورد ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش روش‌های مستقیم و غیرمستقیم گوناگونی وجود دارد که روش‌های غیرمستقیم به دلیل هزینه کم و عدم نیاز به دستگاه‌های پیشرفته، کاربرد بیشتری دارند (Leyton *et al.*, 1967; Gash *et al.*, 1995; Huang *et al.*, 2005; Vegas Galdos *et al.*, 2012). در روش‌های غیرمستقیم برآورد ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش، با رسم رگرسیون خطی بین تاج‌بارش (محور  $y$ ) و باران (محور  $x$ ) برای باران‌های بیشتر از نقطه اشباع تاج‌پوشش<sup>۱۰</sup>، ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش به‌دست می‌آید (Pereira *et al.*, 2009). نقطه اشباع تاج‌پوشش از رابطه بین تاج‌بارش و باران در کل رخدادهای باران و به‌صورت چشمی<sup>۱۱</sup> از روی

<sup>1</sup> Gross rainfall ( $GR$ )

<sup>2</sup> Throughfall ( $TF$ )

<sup>3</sup> Free throughfall/Direct throughfall

<sup>4</sup> Canopy drips

<sup>5</sup> Stemflow ( $SF$ )

<sup>6</sup> Net rainfall ( $NR$ )

<sup>7</sup> Transpiration

<sup>8</sup> Canopy (water) storage capacity ( $S$ )

<sup>9</sup> Coefficient of direct throughfall/ Free throughfall ( $p$ )

<sup>10</sup> Canopy saturation point

<sup>11</sup> Subjectively

ضریب تاج بارش مستقیم در تک درختان کاج تهران (*Pinus eldarica* Medw.) که در جنگلکاری‌های مناطق خشک و نیمه خشک کشور به طور وسیعی از آن استفاده می‌شود، انجام گرفته است.

### مواد و روش‌ها

#### - منطقه پژوهش

این پژوهش در پارک چیتگر تهران (عرض جغرافیایی  $35^{\circ}45'$  شمالی و طول جغرافیایی  $51^{\circ}10'$  شرقی، با متوسط ارتفاع ۱۲۵۰ متر از سطح دریا) انجام گرفت. پنج تک درخت کاج تهران در یک قطعه جنگلکاری شده ۴۳ ساله برای اندازه‌گیری‌ها انتخاب شد (جدول ۱). این درختان هیچ‌گونه تداخل تاجی با درختان مجاور خود نداشتند (Owens *et al.*, 2006).

#### - وضعیت اقلیمی

برای تعیین وضعیت اقلیمی منطقه از داده‌های اقلیمی ثبت شده در طی یک دوره هفده ساله (۱۳۹۱-۱۳۷۵) در ایستگاه هواشناسی همدیدی چیتگر (عرض جغرافیایی  $35^{\circ}44'$  شمالی و طول جغرافیایی  $51^{\circ}10'$  شرقی و ارتفاع ۱۲۱۵ متر از سطح دریا) که در فاصله پنج کیلومتری پارک جنگلی چیتگر قرار دارد، استفاده شد. میانگین بارندگی سالانه بر اساس آمار به دست آمده ۲۷۲ میلی‌متر (خطای معیار  $\pm 15/3$ ) است که مرطوب‌ترین ماه سال اسفند، با میانگین بارش ماهانه ۴۶/۶ میلی‌متر (خطای معیار  $\pm 5/5$ )؛ و خشک‌ترین ماه سال، مرداد با میانگین بارش ماهانه ۱/۴ میلی‌متر (خطای معیار  $\pm 0/3$ ) ثبت شده است. میانگین دمای سالانه ۱۷ درجه سانتی‌گراد (خطای معیار  $\pm 0/1$ ) گزارش شده است که گرم‌ترین و سردترین ماه‌های سال به ترتیب مرداد با میانگین ۲۹/۹ درجه سانتی‌گراد (خطای معیار  $\pm 0/3$ ) و دی با میانگین دمای ۳/۸ درجه سانتی‌گراد (خطای معیار  $\pm 0/3$ ) هستند. مطابق نمودار آمبرومتريک، دوره خشکی در این منطقه شش ماه از سال، از اواسط اردیبهشت تا اواسط آبان است. بر اساس

نمودار تعیین می‌شود (Pypker *et al.*, 2005). روش‌های غیرمستقیم متداول در برآورد ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش، مانند روش‌های Gash and Morton (1978) و Minimum (Link *et al.*, 2004) برای مواردی که تغییرپذیری تاج بارش زیاد است، مانند مطالعه در سطح تک درختان<sup>۱</sup> (Green, 1993; David *et al.*, 2006)، کاربرد ندارد (Pereira *et al.*, 2009). در این روش‌ها فرض بر این است که تبخیر در زمان بارندگی بسیار اندک یا صفر است (Leyton *et al.*, 1998; Pereira *et al.*, 1967; Klaassen *et al.*, 1998). Pereira روشی دیگر را برای تک درختان معرفی کرد که نسبت به تغییرپذیری تاج بارش حساسیت کمی داشت و مهمتر آنکه در آن از نسبت تبخیر به شدت باران ( $\frac{\bar{E}}{R}$ ) در برآورد ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش استفاده می‌شود (Pereira *et al.*, 2009) و بنابراین از این نظر بر روش‌های دیگر برآورد ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش برتری دارد.

تاکنون در جهان مطالعات متعددی در زمینه مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش گونه‌های مختلف سوزنی‌برگ در سطح توده صورت گرفته است (Gash *et al.*, 1980; Crockford and Richardson, 1990). در ایران هم مطالعه‌ای در زمینه ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش توده کاج تهران اجرا شده است (مطهری و همکاران، ۱۳۹۱)، اما در مورد مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش تک درختان سوزنی‌برگ مورد استفاده در جنگلکاری‌ها، تاکنون تحقیقی در کشور انجام نگرفته است. مزیت مطالعه در سطح تک درختان این است که چون تاج درختان مجزا از هم هستند، بهتر می‌توان اثر کل پوشش جنگلی را به وسیله عملکرد تک درختان بیان کرد (Green, 1993). این پژوهش با هدف برآورد پارامترهای اکوهیدرولوژیک مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش با استفاده از روش Pereira و مقدار

<sup>1</sup> Individual Tree/Tree-based

نمایه اقلیمی دومارتن، اقلیم این منطقه نیمه خشک است (نمایه دومارتن ۱۰/۱).

جدول ۱- مشخصات کمی تک درختان کاج تهران در پارک جنگلی چیتگر

گونه	ارتفاع درخت (متر)	قطر برابر سینه (سانتی متر)	ارتفاع تاج (متر)	قطر تاج (متر)	سطح تاج (متر مربع)
P <sub>۱</sub>	۷	۲۵	۲/۷	۴/۸	۷/۵
P <sub>۲</sub>	۷/۴	۲۹	۳/۲	۵/۱	۸
P <sub>۳</sub>	۶/۸	۲۱	۳	۴/۶	۷/۲
P <sub>۴</sub>	۶/۵	۲۲	۲/۹	۴/۷	۷/۴
P <sub>۵</sub>	۶/۶	۲۳	۳/۱	۴/۵	۷/۱
میانگین	۶/۹	۲۴	۳	۴/۷	۷/۴

P<sub>۱</sub>، P<sub>۲</sub> و... به ترتیب به درخت کاج تهران شماره یک، دو و... اشاره دارد.

#### - روش تحقیق

به منظور برآورد مقدار باران ربایی تک درختان کاج تهران، بارندگی‌ها (GR) به مدت یک سال، از بهمن ۱۳۹۰ تا بهمن ۱۳۹۱، اندازه گیری شد. باران در هر رخداد با استفاده از شش باران سنج دستی (قطر دهانه ۹ سانتی متر و ارتفاع ۲۰ سانتی متر) در فضایی باز با فاصله ای تقریباً ۱۰۰ متری از درختان جمع آوری شد. برای اندازه گیری مقدار تاج بارش، ۲۰ باران سنج (مشابه باران سنج های باران)، بر اساس طرحی تصادفی در زیر تاج هر یک از درختان قرار داده شد (Xiao and McPherson, 2011); به طوری که سطح تاج هر درخت به طور یکنواخت پوشیده شد.

اندازه گیری مقدار تاج بارش در هر رخداد بارندگی، همزمان با اندازه گیری باران و به روش مشابه آن صورت پذیرفت. در صورت وقوع بارندگی در شب، اندازه گیری ها در روز بعد و قبل از طلوع خورشید انجام پذیرفت. حداقل چهار تا پنج ساعت بدون بارندگی برای تفکیک باران ها از یکدیگر در نظر گرفته شد، با این فرض که در این مدت تاج درختان فرصت کافی برای خشک شدن دارند (Carlyle-Moses et al., 2004). در صورت وقوع باران در کمتر از فاصله زمانی یاد شده، مجموع بارندگی ها در این مدت به عنوان یک رخداد

باران در نظر گرفته شد (Gomez et al., 2002).

با توجه به مقدار کم ساقاب در اقلیم نیمه خشک، به ویژه برای سوزنی برگان و نیز مشکل بودن اندازه گیری آن، در این پژوهش از اندازه گیری آن صرف نظر شد (باقری و عطارد، ۱۳۹۰ Johnson, 1990; Koichiro et al., 2001; Lankreijer et al., 1993; Shachnovich et al., 2008; Asadian and Weiler, 2008) و بنابراین باران ربایی از تفاضل تاج بارش و باران برآورد شد.

بر اساس روش Pereira برای برآورد ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش، مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش از طریق رسم رگرسیون خطی بین تاج بارش (محور y) و باران (محور x)، برای باران های بیشتر از نقطه اشباع تاج پوشش، به دست آمد. در این روش اگر بین تاج بارش و باران، برای باران هایی بیش از نقطه اشباع تاج پوشش، رابطه ای خطی (TF = aGR + b) فرض شود، ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$S = \frac{b}{(E/R)R} \frac{\bar{E}}{Ln(1 - (\frac{E}{R}))} \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه،  $\frac{\bar{E}}{R}$ ، نرخ تبخیر به شدت بارندگی

میله‌ی متر (۳۵/۹ درصد) به دست آمد (جدول ۳).  
 بین درصد نسبی باران‌ربایی  $(I:GR)$  و باران  
 برای متوسط پنج تک‌درخت کاج تهران رابطه  
 لگاریتمی نزولی مشاهده شد (شکل ۱). یعنی با  
 افزایش مقادیر باران، درصد  $I:GR$  کاهش می‌یابد.

#### - برآورد نقطه اشباع تاج پوشش

در این پژوهش نقطه اشباع تاج پوشش (نقطه انحنا  
 یا خمیدگی) به طور میانگین برای پنج درخت، در  
 حدود یک میله‌ی متر برآورد شد (شکل ۲)، به طوری که  
 بعد از این نقطه، شیب منحنی ابر نقاط افزایش نشان  
 داد. به عبارت دیگر، از این نقطه به بعد، مقدار باران  
 برای اشباع آب تاج پوشش کافی به نظر می‌رسد.

#### - برآورد ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش و ضریب تاج بارش مستقیم

در این مطالعه با استفاده از روش Pereira، مقدار  
 ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش برای باران‌های  $1 \leq$   
 میله‌ی متر با استفاده از رابطه بین تاج بارش و باران  
 (شکل ۳) برای هر یک از پنج تک‌درخت کاج تهران  
 به طور مجزا محاسبه گردید.

است که برابر یک منهای شیب رابطه خطی بین  
 تاج بارش و باران در باران‌های برابر یا بیشتر از نقطه  
 اشباع تاج بارش در نظر گرفته می‌شود. ضمن اینکه  
 شیب نمودار بین تاج بارش و باران برای باران‌های  
 کمتر از نقطه اشباع تاج پوشش، ضریب تاج بارش  
 مستقیم را نشان می‌دهد (Jackson, 1975; Jackson,  
 Klaassen et al., 1998; Llorens and Gallart, 2000;  
 Pypker et al., 2005; Shi et al., 2005).

#### نتایج

#### - مقادیر باران‌ربایی و باران در طول دوره اندازه‌گیری

در یک سال اندازه‌گیری، ۵۱ رخدادهای باران ( $GR$ )  
 در مجموع ۲۲۴ میله‌ی متر جمع‌آوری شد. درصدهای  
 تجمعی و نسبی باران‌ربایی  $(I:GR)$  تک‌درختان  
 کاج تهران در جدول ۲ نشان داده شده است.

بیشترین مقدار باران، ۱۵/۲ میله‌ی متر، کمترین  
 مقدار آن ۰/۴ میله‌ی متر و متوسط آن طی دوره  
 بررسی، ۴/۴ میله‌ی متر بود. مقدار باران‌ربایی تجمعی  
 برای پنج تک‌درخت کاج تهران به طور میانگین، ۸۰/۴

جدول ۲- مقادیر باران‌ربایی ( $I$ ) برای ۵۱ رخداد بارندگی و درصد نسبی باران‌ربایی ( $I:GR$ ) در هر رخداد باران ( $GR$ )  
 در کل دوره پژوهش (بهمن ۱۳۹۰ تا بهمن ۱۳۹۱) برای پنج تک‌درخت کاج تهران

$(I:GR)^*$	$I$ تجمعی		گونه
	درصد	میله‌ی متر	
۴۶/۰	۳۳/۱	۷۴/۱	$P_1$
۵۰/۳	۳۸/۰	۸۵	$P_2$
۴۸/۵	۳۶/۷	۸۲/۳	$P_3$
۴۵/۷	۳۴/۲	۷۶/۷	$P_4$
۴۷/۲	۳۷/۵	۸۴	$P_5$

\* متوسط در هر رخداد

$P_1, P_2, \dots$  به ترتیب به درخت کاج تهران شماره یک، دو و... اشاره دارند.

جدول ۳- مجموع، میانگین، بیشینه، کمینه و خطای معیار بارندگی ( $GR$ ) و باران ربایی ( $I$ ) برای ۵۱ رخدادهای باران و درصد نسبی باران ربایی ( $I:GR$ ) در هر رخداد باران در کل دوره پژوهش جدول، میانگین مقادیر پنج تکدرخت کاج تهران را نشان می‌دهد

$(I:GR)^*$	$I$ تجمعی		$GR$	مشخصه آماری	تعداد $GR$
درصد	درصد	میلی متر	میلی متر		
-	۱۰۰	۸۰/۴	۲۲۴	مجموع	۵۱
۴۷/۵	۳۵/۹	۱/۶	۴/۴	میانگین	
۸۲/۲	۴۰/۸	۵/۵	۱۵/۲	بیشینه	
۳/۵	۷۰/۰	۰/۳	۰/۴	کمینه	
۲/۶	۱۰/۳	۰/۲	۰/۶	خطای معیار ( $\pm$ )	

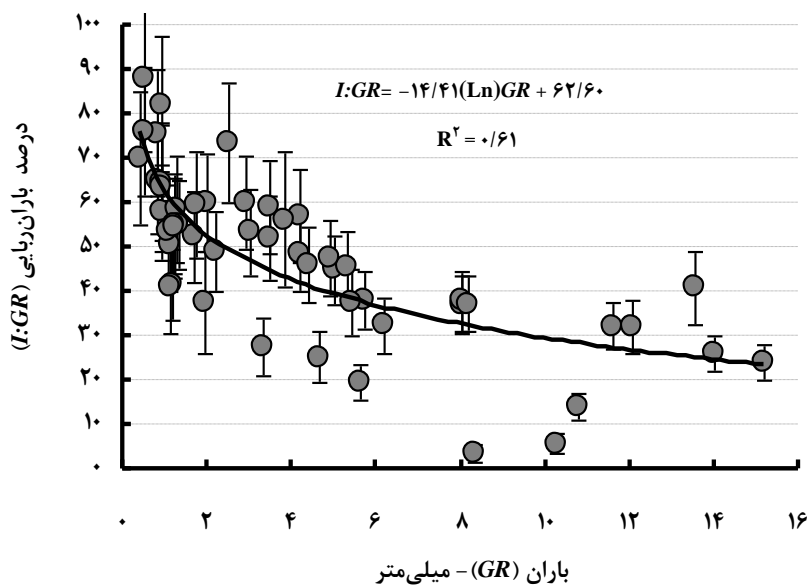
\* متوسط در هر رخداد

شد و از مجموع ۲۲۴ میلی‌متر باران اندازه‌گیری شده در طول این دوره، درصد باران ربایی تجمعی برای درختان کاج تهران ۳۵/۹ برآورد شد. نتایج درصد باران ربایی تجمعی این تحقیق با یافته‌های دیگر پژوهشگران قدری متفاوت است. باقری و عطارد (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای بر روی تکدرختان کاج تهران در منطقه‌ای با اقلیم خشک به این نتیجه رسیدند که باران ربایی تجمعی کاج تهران، ۴۴/۶ درصد مقدار باران تجمعی بود. عطارد و همکاران (۱۳۹۰) درصد باران ربایی تجمعی را برای تکدرختان کاج تهران در منطقه‌ای با اقلیم خشک، ۵۹ درصد گزارش کردند. در این پژوهش، درصد نسبی باران ربایی % ( $I:GR$ ) برای تکدرختان کاج تهران، ۴۷/۵ درصد به دست آمد و مقدار عددی آن، در میانه مقادیر به دست آمده از تحقیقات اجرا شده قرار گرفت. برای مثال، در Mahendrappa (1990) در یک توده *P. strobus* در کانادا، نسبت  $I:GR$  را ۳۱ درصد به دست آورد. Cao et al. (2008) در مطالعه‌ای،  $I:GR$  جنگلکاری‌های *P. massoniana* در اقلیم نیمه‌استوایی را ۲۷ درصد گزارش کردند. مطهری و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای بر روی توده‌های کاج تهران در منطقه‌ای با اقلیم نیمه‌خشک،  $I:GR$  را ۶۲ درصد به دست آوردند.

با استفاده از نقطه اشباع تاج پوشش، که ۱ میلی‌متر برآورد شد، از شیب خط نمودار بین باران و تاج بارش برای باران‌های کمتر از ۱ میلی‌متر، میانگین مقدار ضریب تاج بارش مستقیم برای درختان کاج تهران ۰/۴۴ به دست آمد (شکل ۴). مقادیر ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش و ضریب تاج بارش مستقیم برای پنج تکدرخت کاج تهران در جدول ۴ نشان داده شده است. میانگین مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش نیز برای درختان کاج تهران، ۰/۷۷ میلی‌متر به دست آمد.

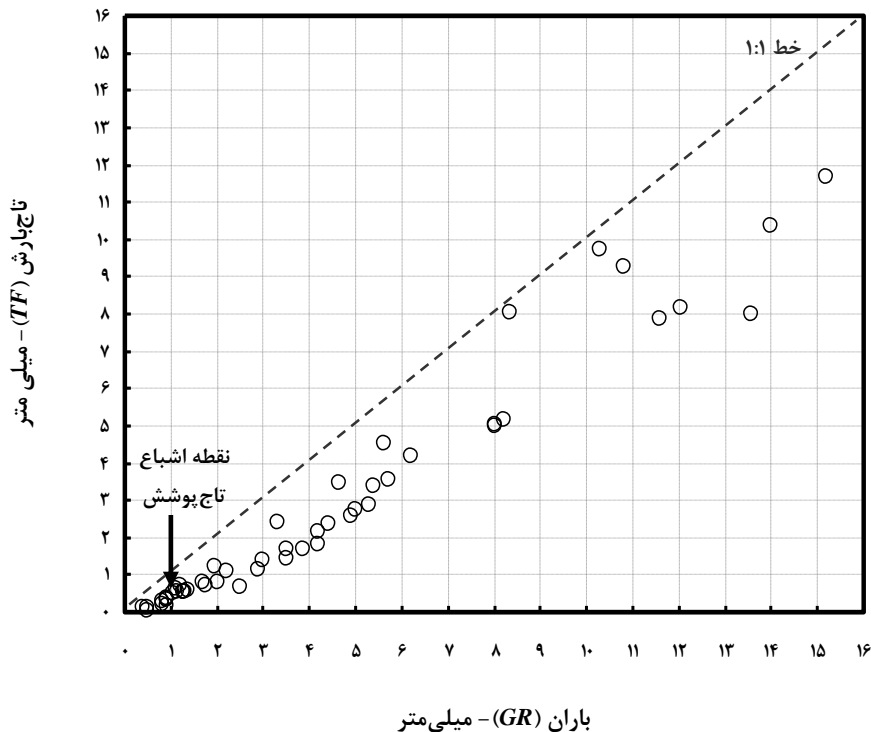
## بحث

باران ربایی فرآیند مهمی در چرخه‌های اکوهیدرولوژیک محسوب می‌شود ولی به دلیل تکرارپذیری زیاد آن، جریان باران ربایی می‌تواند برابر با جریان تعرق باشد (Savenije, 2004). باران ربایی سبب توزیع باران در سطح تاج درختان و کف جنگل می‌شود و بنابراین بر الگوهای رطوبت خاک تأثیر می‌گذارد. بنابراین باران ربایی کسر بزرگی از باران را در مناطق دارای پوشش گیاهی نسبت به مناطق فاقد پوشش، شامل می‌شود. طی یک سال اندازه‌گیری (بهمن ۱۳۹۰ تا بهمن ۱۳۹۱)، ۵۱ رخداد باران ثبت

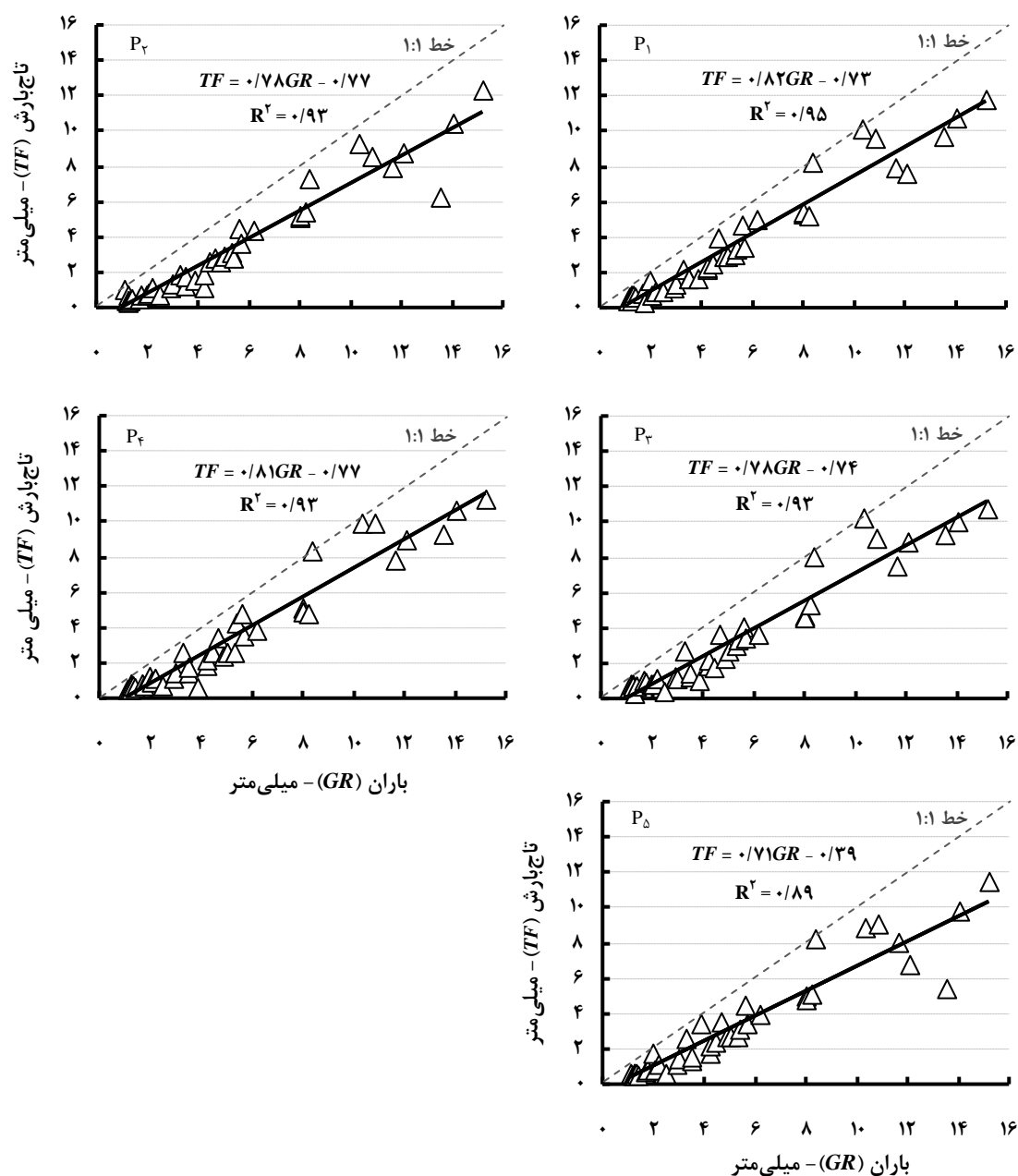


شکل ۱- رابطه بین درصد باران ریایی نسبی ( $I:GR$ )

و باران ( $GR$ ) برای تکدرختان کاج تهران در پارک جنگلی چیتگر در طی دوره پژوهش (هر دایره نشان دهنده یک رخداد باران است). بارها نشان دهنده خطای معیار مقادیر درصد  $I:GR$  برای پنج تکدرخت کاج تهران هستند.

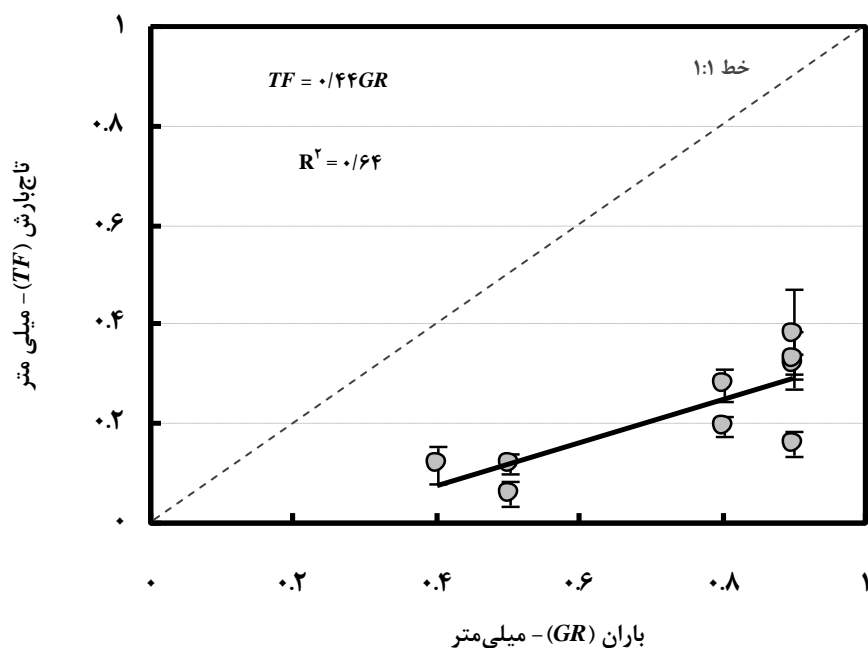


شکل ۲- رابطه بین تاج بارش ( $TF$ ) و باران ( $GR$ ) برای میانگین پنج تکدرخت کاج تهران در پارک جنگلی چیتگر در طی دوره پژوهش (بهمن ۱۳۹۰ تا بهمن ۱۳۹۱) برای تعیین نقطه اشباع تاج پوشش (هر دایره نشان دهنده یک رخداد باران است). پیکان، نشان دهنده باران کافی برای اشباع تاج پوشش است.



شکل ۳- رابطه‌ی بین تاج‌پوشش ( $TF$ ) و باران ( $GR$ ) برای پنج تک‌درخت کاج تهران در پارک جنگلی چیتگر برای باران‌های بیشتر از نقطه‌اشباع تاج‌پوشش ( $\geq 1$ ) میلی‌متر-۴۲ رخداد باران- در طی دوره‌ی پژوهش (بهمن ۱۳۹۰ تا بهمن ۱۳۹۱) (هر مثلث نشان‌دهنده‌ی یک رخداد باران است).  $P_2, P_1$  و... به ترتیب به درخت کاج تهران شماره‌ی یک، دو و... اشاره دارند.





شکل ۴- رابطه‌ی بین تاج بارش (TF) و باران (GR) برای تک درختان کاج تهران در پارک چیتگر برای باران‌های کم‌تر از نقطه اشباع تاج پوشش (۱ میلی متر) - ۹ رخدادهای باران - هر دایره نشان دهنده یک رخداد باران است. بارها نشان دهنده خطای معیار میانگین مقادیر ضریب تاج بارش مستقیم (p) برای پنج تک درخت کاج تهران می‌باشند

جدول ۴- مقادیر ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش (S) و ضریب تاج بارش مستقیم (p) برای میانگین پنج درخت کاج در پارک چیتگر برای باران‌های (GR) بیشتر از نقطه اشباع تاج پوشش (1) (42 رخدادهای باران برای باران‌های بیشتر از نقطه اشباع تاج پوشش و 9 رخدادهای باران کمتر از نقطه اشباع تاج پوشش)

گونه	S (میلی متر)	p
P <sub>1</sub>	0.81	0.59
P <sub>2</sub>	0.88	0.42
P <sub>3</sub>	0.84	0.73
P <sub>4</sub>	0.85	0.54
P <sub>5</sub>	0.46	0.34
میانگین	0.77 (خطای معیار ± 0.08)	0.52 (خطای معیار ± 0.07)

\* P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> و... به ترتیب به درخت کاج تهران شماره یک، دو و... اشاره دارند.

اندازه برگ‌ها، شکل برگ‌ها، تراکم تاج، زاویه برگ‌ها، مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش، سن درختان، آب‌گریزی برگ‌ها، ارتفاع تاج و شاخص‌های دیگر

مرور منابع نشان می‌دهد که باران‌رایی از سطح تاج درختان به پارامترهای زیادی مانند عوامل اقلیمی، نوع گونه، ساختار تاج پوشش، شاخص سطح برگ،

پژوهش با استفاده از روش Pereira به طور متوسط برای تک درختان کاج تهران، ۰/۷۷ میلی متر و ضریب تاج بارش مستقیم، ۰/۴۴ برآورد شد. مقادیر به دست آمده برای تک درختان کاج تهران تحقیق حاضر با مقادیر گزارش شده در مورد گونه های مختلف کاج در مطالعات پیشین قابل مقایسه است. (Perttu *et al.*, 1980). مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش را برای گونه *P. sylvestris*، ۰/۳ برآورد کردند. (Llorens 1997) در تحقیق خود در توده *P. sylvestris*، مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش را ۱/۳ میلی متر و ضریب تاج بارش مستقیم را ۰/۱ برآورد کرد. (Liu 1998) در یک توده جنگلکاری شده با *P. elliotii*، مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش را ۰/۷ میلی متر محاسبه کرد. (Llorens and Gallart 2000) در مطالعه خود بر روی گونه *P. sylvestris* در اسپانیا با اقلیم مدیترانه ای، مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش را ۲/۳ میلی متر و ضریب تاج بارش مستقیم را ۰/۲ به دست آوردند. همچنین مطهری و همکاران (۱۳۹۱) در پارک چیتگر، مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش و ضریب تاج بارش مستقیم را برای توده های کاج تهران به ترتیب ۱/۷ میلی متر و ۰/۱۴ به دست آوردند. یکی از دلایل اصلی اختلاف بین مقادیر به دست آمده از پژوهش حاضر با تحقیقات پیشین، تفاوت در سطوح مطالعه است، زیرا مقادیر ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش و ضریب تاج بارش مستقیم برای درختان سوزنی برگ عمدتاً در سطح توده مطالعه شده است. اختلاف زیاد بین مقادیر این تحقیق با یافته های مطالعه مطهری و همکاران (۱۳۹۱) که در سطح توده در پارک چیتگر انجام گرفته نیز بدین صورت توجیه می شود که درصد تاج پوشش توده نسبت به درصد تاج پوشش تک درختان این پژوهش بیشتر بوده و بنابراین مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش توده بیشتر از مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش تک درخت شده است. از طرف دیگر، توزیع جمع آوری کننده ها در زیر

وابسته است، از این رو بیان یک نتیجه گیری کلی برای باران ربایی انواع درختان مشکل است. بنابراین تفاوت در مقادیر درصدهای باران ربایی تجمعی و نسبی در این پژوهش با دیگر مطالعات احتمالاً به دلیل تفاوت در شاخص های ذکر شده است (Armstrong and Mitchel, 1987; Crockford and Richardson, 1990; Watanabe and Mizutani, 1996; Llorens and Gallart, 2000; Marin *et al.*, 2000; Xiao *et al.*, 2000; Iroumé and Huber, 2002; Carlyle-Moses *et al.*, 2004; Fleischbein *et al.* 2005; Pypker *et al.*, 2005; Deguchi *et al.*, 2006; Staelens *et al.*, 2008; Muzylo *et al.*, 2009; Ahmadi *et al.*, 2009, 2011).

پژوهش حاضر نشان داد که درصد باران ربایی نسبی با مقدار باران رابطه معکوس دارد. در واقع با افزایش مقدار باران (به میلی متر)، مقدار باران ربایی (به میلی متر) روند افزایشی دارد، در حالی که درصد نسبی باران ربایی (یعنی باران ربایی در هر رخداد باران) روند کاهشی نشان می دهد. در کل، نتایج این پژوهش در مورد رابطه باران و درصد *I:GR* با مطالعات انجام گرفته در جهان مطابقت دارد (مطهری و همکاران، ۱۳۹۱؛ Rowe, 1983; Xiao *et al.*, 2000; Iroumé and Huber, 2002; Carlyle-Moses, 2004; Staelens *et al.*, 2008; Ahmadi *et al.*, 2011). باران های با مقدار کم، سهم باران ربایی افزایش می یابد. دلیل این وضعیت را می توان این گونه بیان کرد که برای شروع تاج بارش، باید در ابتدا ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش تکمیل شود و در رخدادهای باران با مقادیر کم، نسبت بیشتری از هر باران، صرف خیس کردن و تکمیل ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش می شود و در نتیجه سهم باران ربایی از هر باران افزایش می یابد (Owens *et al.*, 2006; Deguchi *et al.*, 2006; Staelens *et al.*, 2008). ولی با افزایش باران، مقدار باران ربایی به دلیل تکمیل ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش کاهش می یابد (مطهری و همکاران، ۱۳۹۱).

مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش در این

پنج تکدرخت کاج تهران، ۴۸/۹ درصد به دست آمد (جدول ۵). از مجموع ۴۲ رخدادهای باران که مقدار آنها بیشتر از نقطه اشباع تاج پوشش ( $1 \geq$  میلی متر) بود، باران ربایی تجمعی و نسبی به ترتیب ۳۴/۹ و ۴۲/۴ درصد به دست آمد و در نتیجه ۳۲/۳ میلی متر از باران ربایی از طریق ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش ربوده شده است. در باران های بیشتر از نقطه اشباع تاج پوشش و با توجه به مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش برآورد شده با روش Pereira (۰/۷۷ میلی متر)، ۴۲/۶ درصد باران ربایی صرف پر کردن ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش تکدرختان کاج تهران می شود. در ۹ رخدادهای باران با مقدار کمتر از نقطه اشباع تاج پوشش (کمتر از یک میلی متر)، فرض بر این است که بیشتر  $I:GR$  تاج پوشش (۷۱/۴ درصد)، صرف پر کردن ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش شده است.

تکدرختان بررسی شد. در این پژوهش، برای پوشش دادن کل تاج درخت، به طور تصادفی بوده است و تعدادی از باران سنج ها در حاشیه تاج قرار گرفته اند و از آنجا که زاویه باران، عاملی اثرگذار بر توزیع باران است (Marin et al., 2000, Irumé and Huber, 2002)، سهم زیادی از تاج بارش به صورت مستقیم و بدون برخورد با تاج پوشش به کف جنگل رسیده و در نتیجه مقدار ضریب تاج بارش مستقیم این تحقیق بیشتر از پژوهش مطهری و همکاران در سطح توده گزارش شده است.

این پژوهش نشان داد که سهم زیادی از باران در تکدرختان کاج تهران به صورت باران ربایی و سهم زیادی از باران ربایی به صورت ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش از دسترس خارج می شود. در ۵۱ رخدادهای باران، سهم ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش (۰/۷۷ میلی متر) از مجموع باران ربایی، به طور میانگین برای

جدول ۵- مجموع بارندگی ( $GR$ )، باران ربایی ( $I$ ) و درصد باران ربایی نسبی ( $I:GR$ ) در هر رخداد باران در کل دوره پژوهش (بهمن ۱۳۹۰ تا بهمن ۱۳۹۱) و سهم ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش ( $S$ ) با استفاده از روش Pereira از مقدار باران ربایی در تمام رخدادهای باران، باران های بیشتر از نقطه اشباع تاج پوشش ( $1 \geq$  میلی متر) و کمتر از آن ( $1 >$  میلی متر). جدول، میانگین مقادیر پنج تکدرخت کاج تهران را نشان می دهد. مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش، ۰/۷۷ میلی متر برآورد شده است

مقدار $GR$ میلی متر	رخداد $GR$ تعداد	$GR$ تجمعی میلی متر	$I$ تجمعی میلی متر	$I:GR$ * درصد	$S$ میلی متر	درصد
تمام رخدادهای $GR$	۵۱	۲۲۴	۸۰/۴	۳۵/۹	۳۹/۳	۴۸/۹
$1 >$	۹	۶/۶	۴/۶	۶۹/۷	۶/۹	۱۰۰
$\geq 1$	۴۲	۲۱۷/۴	۷۵/۸	۳۴/۹	۳۲/۳	۴۲/۷

\* درصد نسبی باران ربایی - متوسط در هر رخداد

پژوهش حاضر برای اولین بار در ایران از این روش برای برآورد ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش استفاده شد. از آنجایی که باران ربایی عامل کنترل کننده مقدار باران خالص ورودی به مناطق جنگلکاری شده به حساب می آید (Shachnovich et al., 2008)، در صورت عدم انتخاب گونه های مناسب برای جنگلکاری، یعنی

ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش، جزء مهمی برای برآورد باران ربایی محسوب می شود و برآورد آن به ارزیابی صحیح توزیع باران کمک می کند (Liu, 1998). روش (Pereira (2009)، تنها روش سازگار برای برآورد غیرمستقیم ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش در سطح تکدرختان در دنیا معرفی شده است و در

Ahmadi, M.T., P. Attarod, and V. Bayramzadeh, 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.

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

Allison G.B., and M.W. Hughes, 1972. Comparison of recharge to groundwater under pasture and forest using environmental tritium, *Journal of Hydrology*, 17: 81-95.

Aranda, I., A. Forner, B. Cuesta, and F. Valladares, 2012. Species-specific water use by forest tree species: From the tree to the stand, *Agricultural Water Management*, 114: 67-77.

Armstrong, C.L., and J.K. Mitchell, 1987. Transformations of rainfall by plant canopy, *Trans ASAE*, 30: 688-696.

Asadian, Y., and M. Weiler, 2008. A new approach in measuring rainfall interception by urban trees in coastal British Columbia, *Water Quality Research Journal of Canada*, 44: 16-25.

Bruijnzeel, L.A., S.P. Sampurno, and K.F. Wiersum, 1987. Rainfall interception by a young *Acacia auriculiformis* (a. cunn) plantation forest in West Java, Indonesia: Application of Gash's analytical model, *Hydrological Processes*, 1: 309-319.

Buttle, J.M., and A.G. Farnsworth, 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.

Cao, Y., Z.Y. Ouyang, H. Zheng, Z.G. Huang, X.K. Wang, and H. Miao, 2008. Effects of forest plantations on rainfall redistribution and erosion in the red soil region of southern China, *Land Degradation Development*, 19: 321-330.

گونه‌هایی که باران‌ربایی بیشتری دارند، می‌توان شاهد کاهش شدید سطح سفره‌های آب زیرزمینی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک بود (Holmes and Colville, 1970; Allison and Hughes, 1972)؛ در کنار توجه به مقدار باران‌ربایی، تعیین مقدار تعرق گونه‌های منتخب برای جنگلکاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک نیز باید مورد توجه قرار گیرد. کمبود آب در آینده‌ای نزدیک، یکی از بزرگ‌ترین مشکلات جوامع بشری در سطح دنیا به‌شمار می‌آید؛ امروزه برای مقابله با این بحران، داشتن اطلاعات کمی در مورد اجزای تشکیل‌دهنده چرخه‌های هیدرولوژی در اکوسیستم‌های طبیعی و جنگلکاری شده به دغدغه اصلی پژوهشگران و مدیران منابع طبیعی و منابع آب تبدیل شده است (Aranda et al., 2012).

## منابع

باقری، حسین و پدram عطارد، ۱۳۹۰. تاثیر متغیرهای هواشناسی و مقدار باران بر باران‌ربایی کاج تهران و سرو نقره‌ای در منطقه خشک، مجله جنگل ایران، ۴: ۲۹۱-۳۰۴.

عطارد، پدram، سید محمد معین صادقی، لایلا سلیمان‌نژاد، مهدیه منافی و عتیقه اصغری، ۱۳۹۰. مقایسه باران‌ربایی تک درختان کاج تهران و پلت در جنگل‌های شهری مناطق خشک، مجله تحقیقات علوم و مهندسی جنگل، ۱(۴): ۳۹-۵۲.

مطهری، مریم السادات، پدram عطارد، وحید اعتماد و انوشیروان شیروانی، ۱۳۹۱. تاثیر اندازه باران بر باران‌ربایی توده کاج تهران در منطقه نیمه‌خشک (مطالعه موردی: پارک چیتگر). نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، ۶۵(۱): ۸۳-۹۷.

- 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.
- Carlyle-Moses, D.E., J.S. Flores Laureano, and A.G. Price, 2004. Throughfall and throughfall spatial variability in Madrean oak forest communities of northeastern Mexico, *Journal of Hydrology*, 297: 124-135.
- Crockford, R.H., and D.P. Richardson, 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.
- David, T.S., J.H.C. Gash, F. Valente, J.S. Pereira, M.I. Ferreira, and J.S. David, 2006. Rainfall interception by an isolated evergreen oak tree in a Mediterranean savannah, *Hydrological Processes*, 20: 2713-2726.
- Deguchi, A., S. Hattori, and H. Park, 2006. The influence of seasonal changes in canopy structure on interception loss: application of the revised Gash model, *Journal of Hydrology*, 319: 80-102.
- Dunkerley, D., 2008. Intra-storm evaporation as a component of canopy interception loss in dryland shrubs: observations from Fowlers Gap, Australia, *Hydrological Processes*, 22: 1985-1995.
- Fleischbein, K., W. Wilcke, J. Boy, C. Valarezo, W. Zech, and K. Knoblich, 2005. Rainfall interception in a lower mountain forest in Ecuador: effects of canopy properties, *Hydrological Processes*, 19: 1355-1371.
- Gash, J.H.C., 1979. An analytical model of rainfall interception by forest, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 105: 43-55.
- Gash J.H.C., and A.J. Morton, 1978. An application of the Rutter model to the estimation of the interception loss from the Thetford forest, *Journal of Hydrology*, 48: 89-105.
- Gash, J.H.C., I.R. Wright, and C.R. Lloyd, 1980. Comparative estimates of interception loss from three coniferous forests in Great Britain, *Journal of Hydrology*, 48: 89-105.
- Gash, J.H.C., C.R. Lloyd, and G. Lachaud, 1995. Estimating sparse forest rainfall interception with an analytical model, *Journal of Hydrology*, 170: 79-86.
- Gomez, J.A., K. Vanderkinden, J.V. Giraldez, and E. Fereres, 2002. Rainfall concentration under olive trees, *Agricultural Water Management*, 55: 53-70.
- Green, S.R., 1993. Radiation balance, transpiration and photosynthesis of an isolated tree, *Agricultural and Forest Meteorology*, 64: 201-221.
- Holmes J.W., and J.S. Colville, 1970. Forest hydrology in a karstic region of southern Australia, *Journal of Hydrology*, 10: 59-74.
- Huang, Y.S., S.S. Chen, and T.P. Lin, 2005. Continuous monitoring of water loading of trees and canopy rainfall interception using the strain gauge method, *Journal of Hydrology*, 311: 1-7.
- Iroumé A., and A. Huber, 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.
- Jackson, I.J., 1975. Relationships between rainfall parameters and interception by tropical rainforest, *Journal of Hydrology*, 24: 215-238.
- 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.
- Klaassen, W., F. Bosveld, and E. De Water, 1998. Water storage and evaporation as constituents of rainfall interception, *Journal of Hydrology*, 212-213: 36-50.
- Koichiro, K., T. Yuri, T. Nobuaki, and K. Isamu, 2001. Generation of stemflow volume and chemistry in a mature Japanese cypress forest, *Hydrological Processes*, 15: 1967-1978.

- Lankreijer, H.J.M., M.J. Hendriks, and W. Klaassen, 1993. A comparison of models simulating rainfall interception of forests, *Agricultural and Forest Meteorology*, 64: 187-199.
- Leyton, L., E.R.C. Reynolds, and F.B. Thompson, 1967. Rainfall interception in forest and moorland. In Proceedings of the International Symposium on Forest Hydrology, Sopper WE, Lull HW (eds). Pergamon Press., New York, 163-178 pp.
- Link, T.E., M. Unsworth, and D. Marks, 2004. The dynamics of rainfall interception by a seasonal temperate rainforest, *Agricultural and Forest Meteorology*, 124: 171-191.
- Liu, S.G., 1997. A new model for the prediction of rainfall interception in forest canopies. *Ecological Modelling*, 99: 151-159.
- 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.
- 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: 346-359.
- Llorens, P., and F. Gallart, 2000. A simplified method for forest water storage capacity measurement, *Journal of Hydrology*, 240: 131-144.
- Mahendrapa, M.K., 1990. Partitioning of rainwater and chemical into throughfall and stemflow in different forest stands, *Forest Ecology and Management*, 30: 65-72.
- Marin, C.T., W. Bouten, and J. Sevink, 2000. Gross rainfall and its partitioning into throughfall, stemflow, and evaporation of intercepted water in four forest ecosystems in western Amazonia, *Journal of Hydrology*, 237: 40-57.
- Muzylo, A., P., Llorens, F. Valente, J.J. Keizer, F. Domingo, and J.H.C. Gash, 2009. A review of rainfall interception modeling, *Journal of Hydrology*, 370: 191-206.
- Owens, M.K., K.R. Lyons, and C.L. Alegandro, 2006. Rainfall partitioning within semiarid juniper communities: effects of event size and canopy cover, *Hydrological Processes*, 20: 3179-3189.
- Pereira, F.L., J.H.C. Gash, J.S. David, T.S. David, P.R. Monteiro, and F. Valente, 2009. Modelling interception loss from evergreen oak Mediterranean Savannas: application of a tree-based modelling approach, *Agricultural and Forest Meteorology*, 149: 680-688.
- Perttu, K., W. Bishop, H. Grip, P.E. Jansson, A. Lindgren, and B. Noren, 1980. Micrometeorology and hydrology of pine forest ecosystems. I. Field studies: Structure and function of northern coniferous forest – an ecosystem system study, Person, T. (Ed.), *Ecological Bulletins*, 32: 75-121.
- Pypker, T.G., B.J. Bond, T.E. Link, D. Marks, and M.H. Unsworth, 2005. The importance of canopy structure in controlling the interception loss of rainfall: Examples from a young and an old-growth Douglas-fir forest, *Agricultural and Forest Meteorology*, 130: 113-129.
- Rowe, L.K., 1983. Rainfall interception by an evergreen beech forest, Nelson, New Zealand, *Journal of Hydrology*, 66: 143-158.
- Savenije, H.H.G., 2004. The importance of interception and why we should delete the term evapotranspiration from our vocabulary, *Hydrological Processes*, 18: 1507-1511.
- Shachnovich, Y., P.R. Berliner, and P. Bar, 2008. Rainfall interception and spatial distribution of throughfall in a pine forest planted in an arid zone, *Journal of Hydrology*, 349: 168-177.
- Shi, Z.J., Y.H. Wang, P.T. Yu, W. Xiong, H. Guo, and M.C. Guo, 2005. Study on different forest vegetation's ecohydrological function in Liupan Mountains, Ningxia China, *Journal of Soil and Water Conservation*, 19: 134-138.
- Staelens, J., A.D. Schrijver, K. Verheyen, and N. Verhoest, 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.

Vegas Galdos, F., C. Álvarez, A. García, and J.A. Revilla, 2012. Estimated distributed rainfall interception using a simple conceptual model and Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), *Journal of Hydrology*, 468-469: 213-228.

Watanabe, T., and K. Mizutani, 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., and E.G. McPherson, 2011. Rainfall interception of three trees in Okland, California, *Urban Ecosystems*, 14: 755-769.

Xiao, Q., E.G. McPherson, L. Ustin, M. Grismer, and J. Simpson, 2000. Winter rainfall interception by two mature open-grown trees in Davis, California, *Hydrological Processes*, 14: 763-784.

## Estimation of canopy ecohydrological parameters of *Pinus eldarica* trees in a semiarid climate

S.M.M. Sadeghi<sup>1</sup>, and P. Attarod<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>M.Sc. student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

<sup>2</sup>Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

(Received: 1 June 2013; Accepted: 3 May 2014)

### Abstract

The aim of this research was to estimate the ecohydrological parameters of the canopy covers including canopy storage capacity ( $S$ ) using the Pereira method and the direct throughfall coefficient ( $p$ ) of individual trees of *Pinus eldarica* planted in the Chitgar Forest Park with a semiarid climate. To measure  $GR$ , six rain-gauges were installed in an open area neighboring to the trees. Throughfall ( $TF$ ) was measured using the twenty rain gauges randomly located underneath the crown of the five individual trees. Rainfall interception ( $I$ ) was calculated as the difference between  $GR$  and  $TF$ . From January 2011 to January 2012, 224 mm of cumulative  $GR$  in fifty-one rainfall events was recorded. *P. eldarica* trees intercepted 35.9% and 47.5% of the incident rainfall on cumulative-based, and event-based (each  $GR$ ), respectively. The mean value of  $S$  estimated by the Pereira method, and  $p$  were found to be 0.77 mm (SE  $\pm$  0.08), and 0.44 (SE  $\pm$  0.07), respectively. The results indicated that  $I$  allocated a considerable portion of  $GR$  in *P. eldarica* trees in arid and semiarid regions. Hence,  $I$  should be considered while calculating the water budget for *P. eldarica* plantations.  $S$  which is a critical parameter for controlling  $I$  can be usefully estimated by a sole newly proposed method by Pereira for individual trees.

**Keywords:** Canopy water storage capacity, Pereira method, *Pinus eldarica*, Rainfall interception, Semiarid climate.