

## توزیع مجدد باران در توده‌های خالص بلندمازو و راش شرقی جنگل‌های خزری (مطالعه موردی: جنگل خیرود)

سید محمود حسینی قلعه بهمنی<sup>۱</sup>، پدram عطارد\*<sup>۲</sup> و محمدتقی احمدی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد جنگلشناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

<sup>۲</sup> استاد یار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

<sup>۳</sup> دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۸۹/۴/۱۵، تاریخ پذیرش: ۹۰/۵/۹)

### چکیده

این پژوهش با هدف تعیین مقادیر اجزای بارندگی (داربارش، ساقاب و باران‌ربایی) در دو توده جنگلی خالص از گونه‌های بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C.A.M) و راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) در جنگل آموزشی-پژوهشی دانشگاه تهران (جنگل خیرود) اجرا شد. مقدار بارندگی کل با استفاده از سه عدد جمع‌آوری‌کننده باران، که در نزدیک‌ترین فضای باز نسبت به پلات‌های مورد تحقیق قرار گرفته بودند، اندازه‌گیری شد. به‌منظور جمع‌آوری داربارش، ۳۵ عدد جمع‌آوری‌کننده داربارش به‌صورت تصادفی در سطح هر توده قرار داده شد. ساقاب تولیدی با استفاده از جمع‌آوری‌کننده‌های مارپیچی که در ارتفاع برابر سینه درختان دو گونه با قطرهای مختلف نصب شده بود، اندازه‌گیری شد. مقدار باران‌ربایی از تفاضل بارندگی کل و مجموع داربارش و ساقاب محاسبه شد. در طول دوره بررسی، ۱۳ و ۱۴ مورد بارندگی با عمق تجمعی ۲۹۷ و ۲۷۰ میلی‌متر به‌ترتیب برای بلندمازو و راش شرقی ثبت شد. سهم متوسط داربارش، ساقاب و باران‌ربایی برای گونه بلندمازو به‌ترتیب ۷۵/۵، ۲۶/۰ و ۲۴/۲۴ درصد و برای گونه راش به‌ترتیب ۷۱/۳، ۲/۷ و ۲۶ درصد از بارندگی کل برآورد شد. بین نسبت داربارش به بارندگی کل، در بلندمازو و راش شرقی روابط افزایشی و قوی به‌دست آمد. به‌علاوه، نتایج نشان داد که بین نسبت باران‌ربایی به بارندگی کل و بارندگی کل در هر دو گونه، روابط کاهنده و به‌نسبت قوی برقرار است. تحقیق حاضر، زیاد بودن سهم باران‌ربایی را در جنگل‌های مورد بررسی نشان داد و لزوم اندازه‌گیری آن را در محاسبه تراز آبی حوضه‌های آبخیز آشکار کرد.

واژه‌های کلیدی: باران‌ربایی، بلوط بلندمازو، داربارش، راش شرقی.

## مقدمه و هدف

باران با برخورد به تاج پوشش درختان در جنگل به سه جزء داربارش<sup>۱</sup>، ساقاب<sup>۲</sup> و باران‌ربایی<sup>۳</sup> تقسیم می‌شود که این تقسیم‌بندی، توزیع مجدد باران نام دارد (Ahmadi et al., 2009). بخشی از بارندگی که پس از اشباع شدن ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش درختان تحت تأثیر نیروی جاذبه زمین به‌صورت ریزش‌های تاجی به کف جنگل می‌رسد، داربارش نام دارد (Ahmadi et al., 2009). ساقاب بخشی از بارندگی است که با جاری شدن بر روی شاخه‌ها و تنه درختان به کف جنگل می‌رسد (Hanchi & Rapp, 1997; Brauman et al., 2009; Ahmadi et al., 2009). به مقداری از بارندگی که تاج‌پوشش نگهداری می‌کند و در اثر تبخیر دوباره به اتمسفر بر می‌گردد و به کف جنگل نمی‌رسد، باران‌ربایی گفته می‌شود (Deguchittor & Park, 2005; Deguchi et al., 2006).

داربارش و ساقاب از اجزای بارندگی خالص<sup>۴</sup> هستند (Levia et al., 2010) که به فلور کف جنگل می‌رسند. مقدار باران‌ربایی به‌طور غیرمستقیم از تفاوت میان بارندگی کل و بارندگی خالص (مجموع داربارش و ساقاب) محاسبه می‌شود (Hanchi & Rapp, 1997; Fleischbein et al., 2009; Herbst et al., 2006; Ahmadi et al., 2005). ساقاب و داربارش از نظر جنگل‌شناسی به‌منظور استقرار زادآوری طبیعی گونه‌های درختی و درختچه‌ای که به‌مقدار آب رسیده به کف جنگل بسیار وابسته‌اند، اهمیت دارد. این موضوع به‌ویژه در مناطق دارای فصل خشک در دوره رویش، از اهمیت زیادی برخوردار است (Ahmadi et al., 2009). در برخی موارد با تنک کردن و باز کردن قسمتی از تاج پوشش برای رسیدن بخشی از بارندگی به کف جنگل، می‌توان به ایجاد و استقرار تجدید حیات طبیعی بسیار کمک کرد (احمدی و همکاران، ۱۳۸۸).

مقدار ساقاب علاوه بر اهمیتی که در مقدار آب رسیده به کف جنگل دارد، از نظر ژئواکولوژیک، بیولوژیک و هیدرولوژیک نیز مهم است (Take park & Hattori, 2002; Delphis et al., 2003; Delphis & Levi, 2004). چرا که

مواد محلول موجود در ساقاب تأثیر زیادی بر شیمی خاک، رطوبت خاک و زون‌بندی اشکوب علفی کف جنگل دارد (Delphis et al., 2003; Delphis & Levia, 2004). مقدار ساقاب تولیدی گونه‌های درختی تابعی از نوع گونه، زاویه شاخه‌ها، ظرفیت نگهداری آب پوست، اندازه تاج، شرایط اقلیمی و نیز شرایط فصلی است (Crockford & Richardson, 2000; Tobon martin et al., 2000; Levia & Herwitz, 2005; Levia et al., 2010). طی فصول گرم مقداری از بارندگی که به‌واسطه باران‌ربایی از دسترس اکوسیستم جنگل خارج می‌شود، بخش مهمی از تبخیر را در اکوسیستم‌های جنگلی دربرمی‌گیرد (Price & Carlyle-Moses, 2003; Pypker et al., 2006; Herbst et al., 2005; al., 2005) و تأثیر زیادی بر تراز آبی در نواحی جنگلی و نیز بر چرخه هیدرولوژی و چرخه مواد غذایی در اکوسیستم‌های جنگلی دارد (Marin et al., 2000; Levia et al., 2008; Sraj et al., 2005; Bryant et al., 2003; Frost, 2003).

با توجه به اهمیت هر یک از اجزای بارندگی در اکوسیستم‌های جنگلی، ضرورت پژوهش توزیع مجدد باران در این اکوسیستم‌ها، برای مدیریت اصولی حوضه‌های آبخیز آشکار می‌شود (Murakami, 2005; Toba & Ohta, 2005). تاکنون پژوهش‌های زیادی برای تعیین توزیع مجدد باران در اکوسیستم‌های جنگلی انجام گرفته است، اما در ایران تنها دو تحقیق در جنگل‌های خزری بر روی راش شرقی اجرا شده است (قربانی و رحمانی، ۱۳۸۷؛ احمدی و همکاران، ۱۳۸۸). تحقیق حاضر با هدف اندازه‌گیری اجزای بارش در دو گونه بلند مازو (*Quercus castaneifolia*) و راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) خالص در جنگل آموزشی پژوهشی دانشگاه تهران (جنگل خیرود) صورت گرفت.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد پژوهش

تحقیق حاضر در دو پلات جنگلی با مساحت‌های تقریبی ۰/۱۲ و ۰/۵۶ هکتار به ترتیب از گونه‌های بلندمازو و راش شرقی خالص واقع در مجاورت مرز جنوبی و داخل محدوده جنگل آموزشی-پژوهشی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران (جنگل خیرود) انجام گرفت (شکل ۱).

1- Throughfall (TF)

2- Stemflow (SF)

3- Rainfall Interception (I)

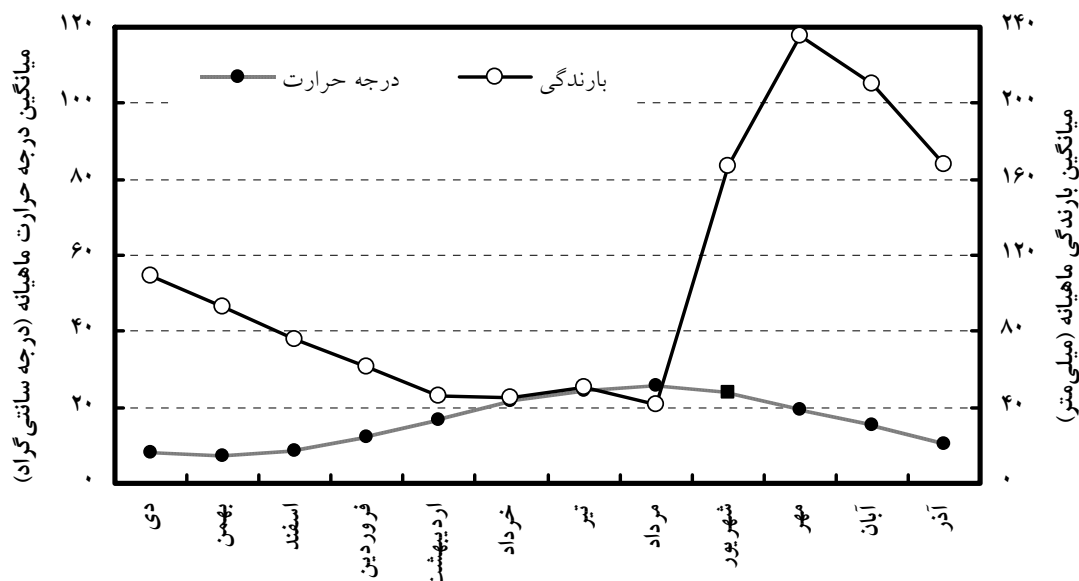
4- Net Rainfall (NR)



شکل ۱- موقعیت جنگل‌های بلندمازو و راش مورد مطالعه در جنگل آموزشی-پژوهشی دانشگاه تهران

۲۳۵/۴ میلی‌متر در مهر ماه) و متوسط درجه حرارت ۱۶/۲ درجه سانتی‌گراد (حداقل: ۷/۱ درجه سانتی‌گراد در بهمن ماه و حداکثر: ۲۵/۸ درجه سانتی‌گراد در مرداد ماه) است. ترسیم منحنی آمبروترمیک بر اساس داده‌های ۲۴ ساله، وجود فصل خشک در ماه مرداد را نشان می‌دهد (شکل ۲).

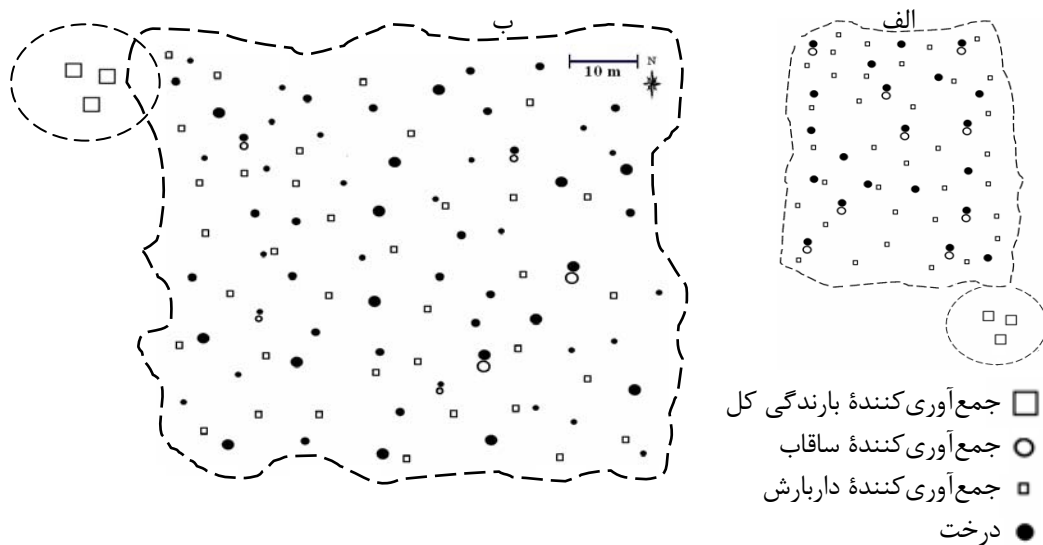
بر اساس داده‌های اقلیمی ثبت‌شده طی دوره ۲۴ ساله (۱۳۶۴-۱۳۸۸) در نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به محل مورد بررسی، یعنی ایستگاه سینوپتیک نوشهر (ارتفاع از سطح دریا: ۲۱- متر، عرض جغرافیایی: ۳۹° ۳۶' شمالی و طول جغرافیایی: ۵۱° ۳۰' شرقی)، متوسط بارش سالانه ۱۳۰۳ میلی‌متر (حداقل: ۴۱/۶ میلی‌متر در مرداد ماه و حداکثر:



شکل ۲- میانگین بارندگی ماهیانه (میلی‌متر) و میانگین درجه حرارت ماهیانه (درجه سانتی‌گراد) ایستگاه سینوپتیک نوشهر بر اساس آمار ۲۴ ساله اخیر (۱۳۶۴-۱۳۸۸)

جمع‌آوری‌کننده‌های متفاوت ( $< 10$ ،  $30-15$  و  $< 30$ ) استفاده شده است (Carlyle-Moses *et al.*, 2004). در این تحقیق به‌منظور اندازه‌گیری مقدار داربارش، ۳۵ عدد جمع‌آوری‌کننده داربارش با قطر دهانه نه سانتی‌متر، بر اساس طرح تصادفی در زیر تاج درختان بلندمازو و راش شرقی بررسی شد (شکل ۳) (Pressland, 1973; Loustau *et al.*, 1992; Na'var *et al.*, 2009; Ahmadi *et al.*, 1999). سعی شد که جمع‌آوری‌کننده‌های داربارش به‌صورتی توزیع شوند که به‌طور تقریبی کل سطح پلات‌های مورد پژوهش را به‌طور یکنواخت پوشش دهند (احمدی و همکاران، ۱۳۸۸). عمق داربارش جمع‌آوری‌شده با هر یک از جمع‌آوری‌کننده‌ها، همزمان با اندازه‌گیری بارش کل، با استفاده از استوانه مدرج اندازه‌گیری شد. سپس میانگین داربارش جمع‌آوری‌شده ۳۵ جمع‌آوری‌کننده به‌عنوان داربارش طی هر بارندگی در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری بارندگی کل، داربارش و ساقاب - مقادیر بارندگی کل<sup>۱</sup>، داربارش و ساقاب از اردیبهشت تا اواخر مهر سال ۱۳۸۸ اندازه‌گیری شد. مقدار بارندگی کل با استفاده از سه عدد جمع‌آوری‌کننده پلاستیکی با قطر دهانه نه سانتی‌متر در نزدیک‌ترین فضای باز به پلات‌های مورد بررسی (۱۵۰ متر فاصله تا پلات بلندمازو و ۱۶۰ متر فاصله تا پلات راش)، به‌صورت دستی و حجم بارندگی کل با استفاده از استوانه مدرج اندازه‌گیری گردید. سپس با در نظر گرفتن سطح ورودی هر جمع‌آوری‌کننده و حجم تعیین‌شده با کمک استوانه مدرج، عمق بارندگی کل برای هر جمع‌آوری‌کننده تعیین و میانگین عمق بارندگی کل جمع‌آوری‌شده با سه جمع‌آوری‌کننده به‌عنوان بارندگی کل طی هر بارندگی در نظر گرفته شد (Ahmadi *et al.*, 2009). شایان ذکر است که در مطالعات مختلف، به‌منظور جمع‌آوری داربارش، از تعداد



شکل ۳- موقعیت درختان و جمع‌آوری‌کننده‌های داربارش، ساقاب و بارندگی کل در پلات‌های مورد تحقیق بلندمازو (الف) و راش شرقی (ب)

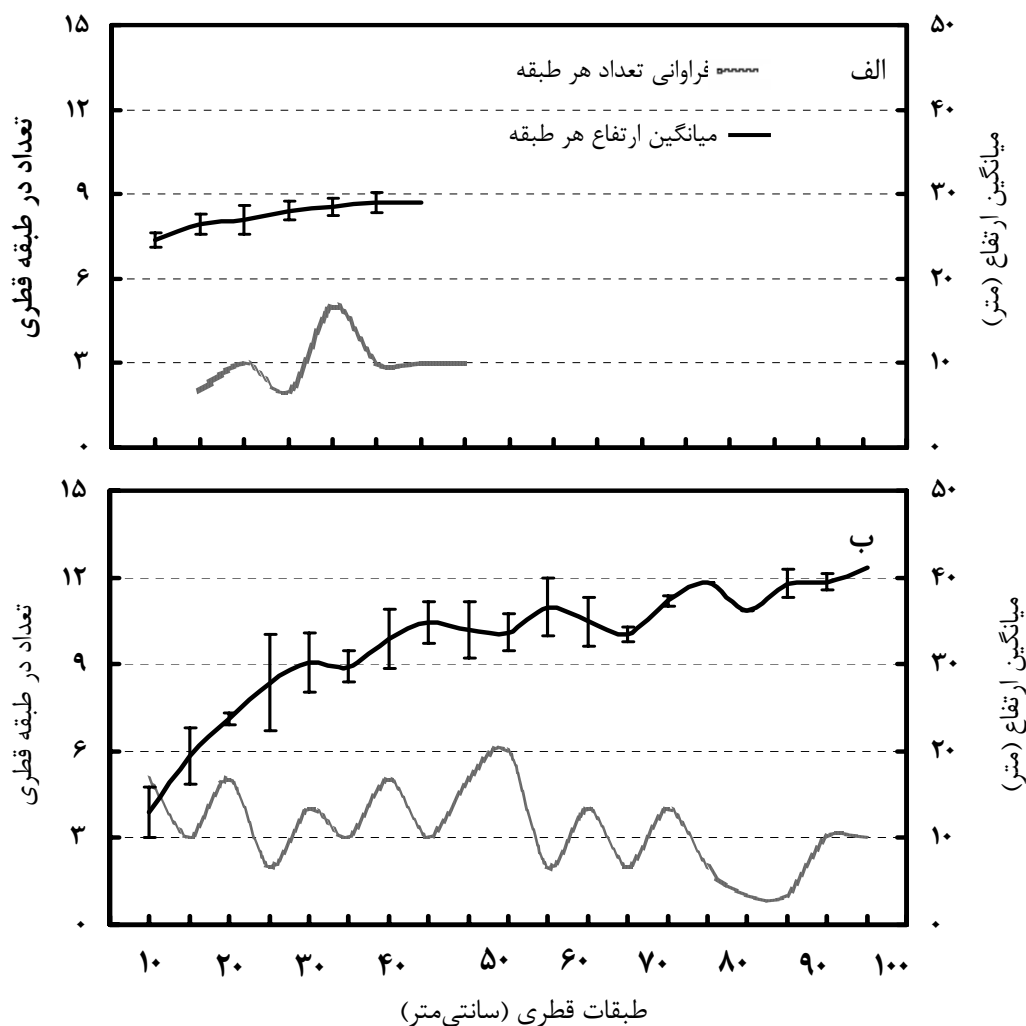
ذکر است که از هر کلاسه قطری برای گونه بلندمازو سه اصله و در مجموع نه اصله درخت بلوط انتخاب شد. به‌طور کلی هیچ گزارش خاصی درباره تعداد و نوع جمع‌آوری‌کننده‌های ساقاب وجود ندارد (Delphis *et al.*, 2003)، ولی در بیشتر تحقیقات، ساقاب با لوله‌های پلاستیکی مارپیچ متصل به تنه درختان، جمع‌آوری شد (قربانی و رحمانی، ۱۳۸۷). در تحقیق حاضر نیز ساقاب حاصل از درختان نمونه ساقاب با استفاده از ناودان‌های

به‌منظور اندازه‌گیری ساقاب، ابتدا قطر برابر سینه تمامی درختان بلندمازو و راش شرقی در داخل پلات‌های مورد بررسی که دارای قطر برابر سینه بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر بودند، اندازه‌گیری شد. سپس از کلاسه قطری ۲۵ سانتی‌متر، دو اصله، از کلاسه قطری ۳۵ سانتی‌متر، دو اصله و از کلاسه قطری ۵۰ سانتی‌متر نیز دو اصله و در مجموع شش اصله درخت راش شرقی انتخاب شد. شایان

### نتایج

پلات بلندمازوی بررسی شده دارای اشکوب فوقانی بلندمازوی خالص بود. تعداد در هکتار درختان بلوط ۱۷۵ اصله، متوسط قطر برابر سینه ۳۶ سانتی متر و متوسط ارتفاع کل درختان ۲۸ متر اندازه گیری شد. جهت عمومی در پلات بلندمازو، جنوبی و شیب متوسط آن ۱۸ درصد است. همچنین پلات راش شرقی بررسی شده، دارای اشکوب فوقانی راش شرقی خالص است. تعداد در هکتار درختان راش شرقی ۱۱۲ اصله، متوسط قطر برابر سینه ۴۹/۵ سانتی متر و متوسط ارتفاع کل درختان ۳۱/۵ متر اندازه گیری شد. جهت عمومی پلات راش شرقی، شمالی و شیب متوسط آن ۳۵ درصد است. در شکل ۴ پراکنش قطری و ارتفاعی درختان در دو پلات نشان داده شده است. درصد تاج پوشش در طول فصل تابستان در هر دو توده بیش از ۸۰ درصد است.

پلاستیکی ماریچ نصب شده روی تنه درختان بلندمازو و راش شرقی در ارتفاع برابر سینه، جمع آوری شد (Carlyle-Moses *et al.*, 2004). برای محاسبه عمق ساقاب تولیدی درختان نمونه هر گونه، حجم ساقاب جمع آوری شده هر یک از درختان، بر سطح تاج آن درخت تقسیم شد (Toba & Ohta, 2005; Shachnovich *et al.*, 2008). برای اندازه گیری سطح تاج درختان نمونه ساقاب، شعاع تاج هر یک از درختان در چهار جهت اصلی با استفاده از متر نواری اندازه گیری و سطح تاج درختان بر اساس فرمول دایره محاسبه شد (Delphis & Levia, 2004; Ahmadi *et al.*, 2009). سپس میانگین عمق ساقاب تولیدی شش درخت نمونه از هر گونه به عنوان ساقاب تولیدی هر بارندگی برای آن گونه در نظر گرفته شد. در نهایت مقدار باران ربایی در هر بارندگی، از تفاضل بارندگی کل و بارندگی خالص (مجموع داربارش و ساقاب) محاسبه شد.



شکل ۴- پراکنش قطری و ارتفاعی درختان در دو پلات از گونه های بلندمازو (الف) و راش شرقی (ب) (بارها نشان دهنده انحراف معیار ارتفاع درختان در طبقات ارتفاعی است)

دوره اندازه‌گیری برای بلندمازو و راش شرقی در جدول ۱ نمایه شده است.

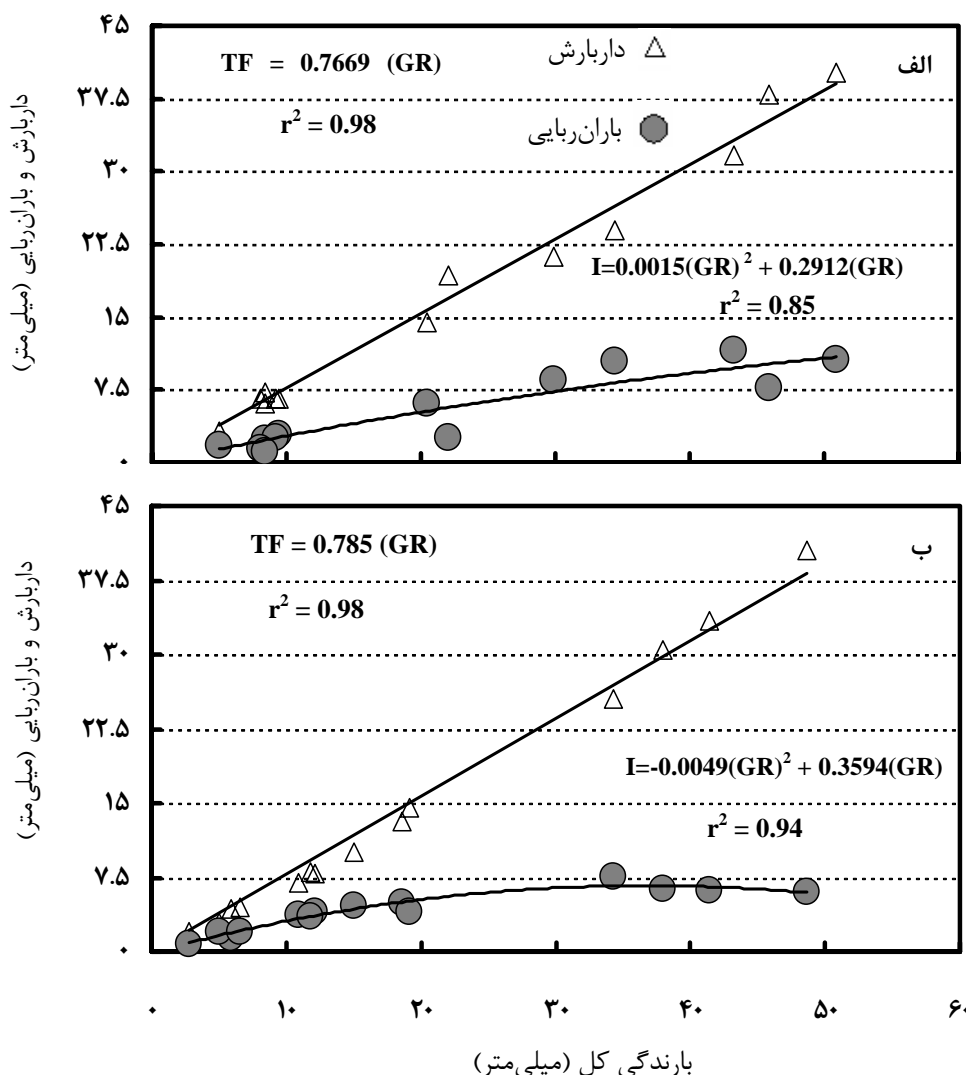
در طول مدت اندازه‌گیری، ۱۳ و ۱۴ مورد بارندگی با عمق تجمعی ۲۹۷ و ۲۷۰ میلی‌متر به ترتیب برای گونه بلندمازو و راش شرقی ثبت شد. مجموع عمق اجزای بارندگی طی

جدول ۱- بارندگی کل و اجزای بارش در پلات‌های بررسی شده طی دوره تحقیق (اردیبهشت تا مهر ۱۳۸۸)

|           | بارندگی کل |      | داربارش  |      | ساقاب    |      | باران‌ریایی |       |
|-----------|------------|------|----------|------|----------|------|-------------|-------|
|           | میلی‌متر   | درصد | میلی‌متر | درصد | میلی‌متر | درصد | میلی‌متر    | درصد  |
| بلند مازو | ۲۹۷        | ۱۰۰  | ۲۲۴      | ۷۵/۵ | ۰/۷۸     | ۰/۲۶ | ۷۲/۲۲       | ۲۴/۲۴ |
| راش شرقی  | ۲۷۰        | ۱۰۰  | ۱۹۲/۵    | ۷۱/۳ | ۷/۳      | ۲/۷  | ۷۰/۲۰       | ۲۶    |

مجموع عمق بارندگی خالص طی دوره تحقیق برای بلندمازو و راش شرقی به ترتیب ۷۵/۷۶ و ۷۴ درصد از بارندگی کل بود. مجموع بارندگی که به صورت باران‌ریایی از دسترس توده بلندمازو و راش شرقی خارج شد، به ترتیب ۷۲/۲۲ و ۷۰/۲۰ میلی‌متر بود. این بررسی نشان داد که بین بارندگی کل و داربارش همبستگی مثبت و قوی در هر دو گونه وجود دارد و با افزایش بارندگی کل، مقدار باران‌ریایی نیز افزایش می‌یابد (شکل ۵).

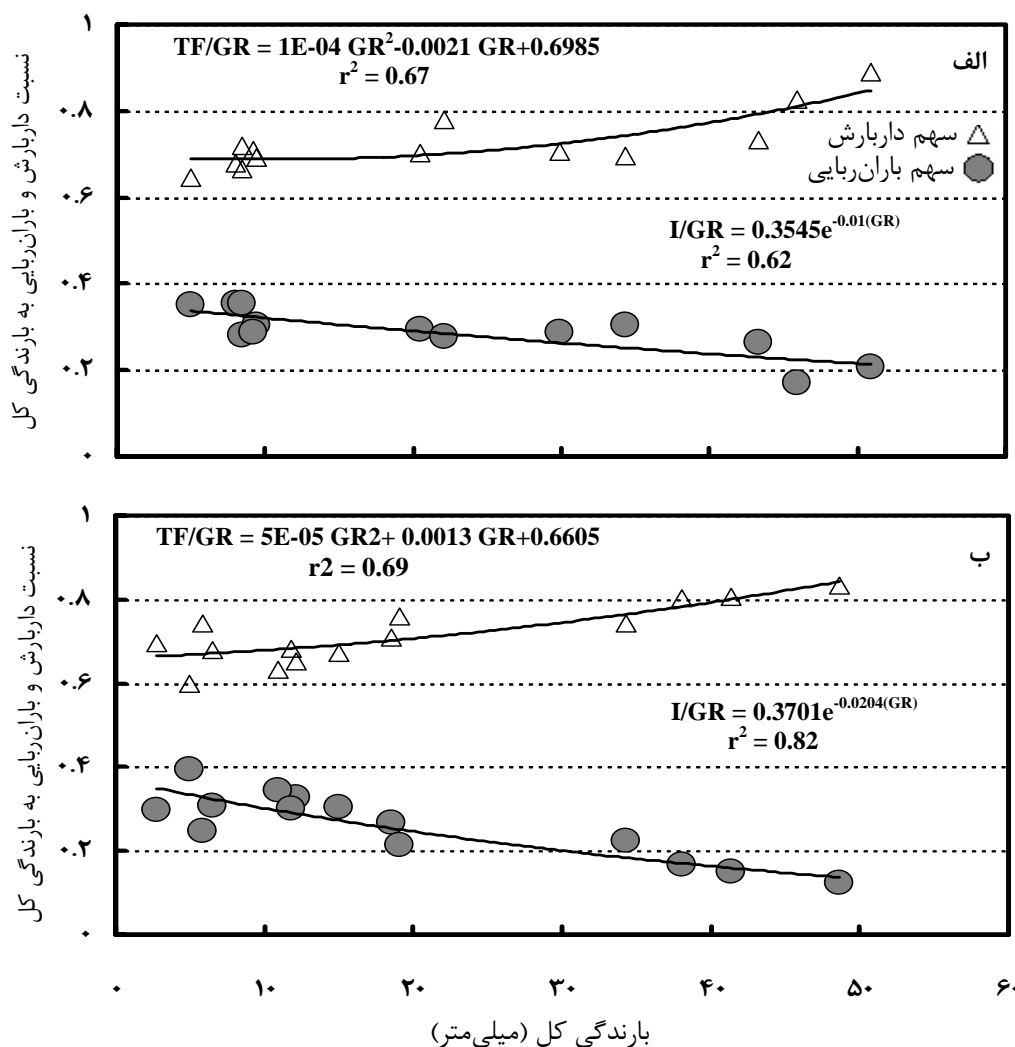
مجموع عمق بارندگی خالص طی دوره تحقیق برای بلندمازو و راش شرقی به ترتیب ۷۵/۷۶ و ۷۴ درصد از بارندگی کل بود. مجموع بارندگی که به صورت باران‌ریایی از دسترس توده بلندمازو و راش شرقی خارج شد، به ترتیب ۷۲/۲۲ و ۷۰/۲۰ میلی‌متر بود. این بررسی نشان داد که بین بارندگی کل و داربارش همبستگی مثبت و قوی در هر دو گونه بلندمازو



شکل ۵- رابطه بین داربارش و باران‌ریایی با بارندگی کل در جنگل بلندمازوی خالص (الف) و راش شرقی خالص (ب) طی دوره بررسی (اردیبهشت تا مهر ۱۳۸۸): TF: داربارش، GR: بارندگی کل، I: باران‌ریایی

بارندگی کل (سهم باران‌ریایی) و مقدار بارندگی کل روابط کاهنده‌ای در دو گونه بلندمازو و راش شرقی وجود دارد (شکل ۶).

همچنین نتایج نشان داد که با افزایش بارندگی کل، نسبت داربارش به بارندگی کل (سهم داربارش) روند افزایشی را در هر دو گونه نشان می‌دهد (شکل ۶). همچنین بین نسبت باران‌ریایی به



شکل ۶- رابطه بین نسبت داربارش و نسبت باران‌ریایی با بارندگی کل در جنگل بلندمازوی خالص (الف) و راش شرقی خالص (ب) طی دوره بررسی (اردیبهشت تا مهر ۱۳۸۸): TF: داربارش، GR: بارندگی کل، I: باران‌ریایی

جنگل راش شرقی با افزایش بارندگی کل، سهم ساقاب در مقایسه با جنگل بلندمازو افزایش زیادی را نشان می‌دهد.

### بحث

در این تحقیق، توزیع مجدد باران تحت تأثیر تاج‌پوشش در دو توده جنگلی بلندمازو و راش شرقی خالص بررسی و نسبت هر یک از اجزای بارش (داربارش، ساقاب و باران‌ریایی) به تفکیک برای هر گونه مشخص شد.

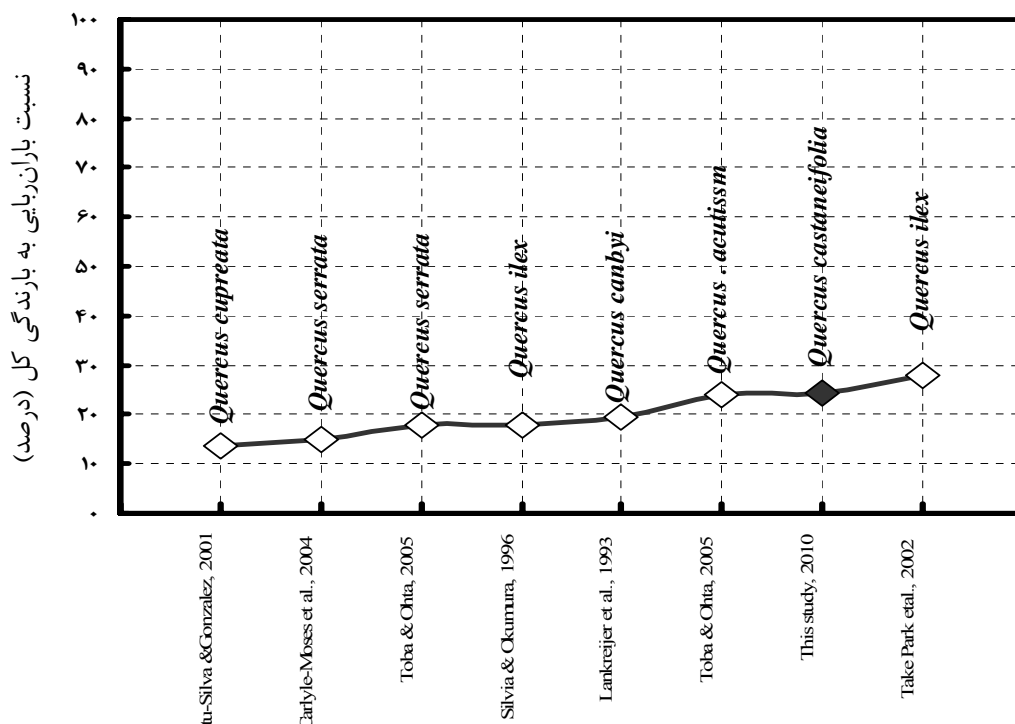
به‌طور متوسط مقادیر داربارش، ساقاب و باران‌ریایی طی دوره پژوهش برای گونه بلندمازو به ترتیب ۷۵/۵، ۲۶/۰ و ۲۴/۲۴ درصد از بارندگی کل و برای گونه راش شرقی

این بررسی نشان داد که بین بارندگی کل و ساقاب در هر دو گونه، همبستگی مثبت و قوی وجود دارد. به‌عبارت دیگر با افزایش بارندگی کل، مقدار ساقاب نیز در هر دو گونه افزایش نشان می‌دهد. همچنین مشخص شد که ساقاب تولیدشده در گونه بلندمازو درصد کمتری از بارندگی کل را به‌خود اختصاص می‌دهد. نتایج، روند افزایشی ضعیفی را بین نسبت ساقاب به بارندگی کل و بارندگی کل در جنگل بلندمازو نشان می‌دهند، به‌عبارت دیگر مقدار بارندگی کل تأثیر زیادی بر افزایش سهم ساقاب در جنگل بلندمازو ندارد، حال آنکه در

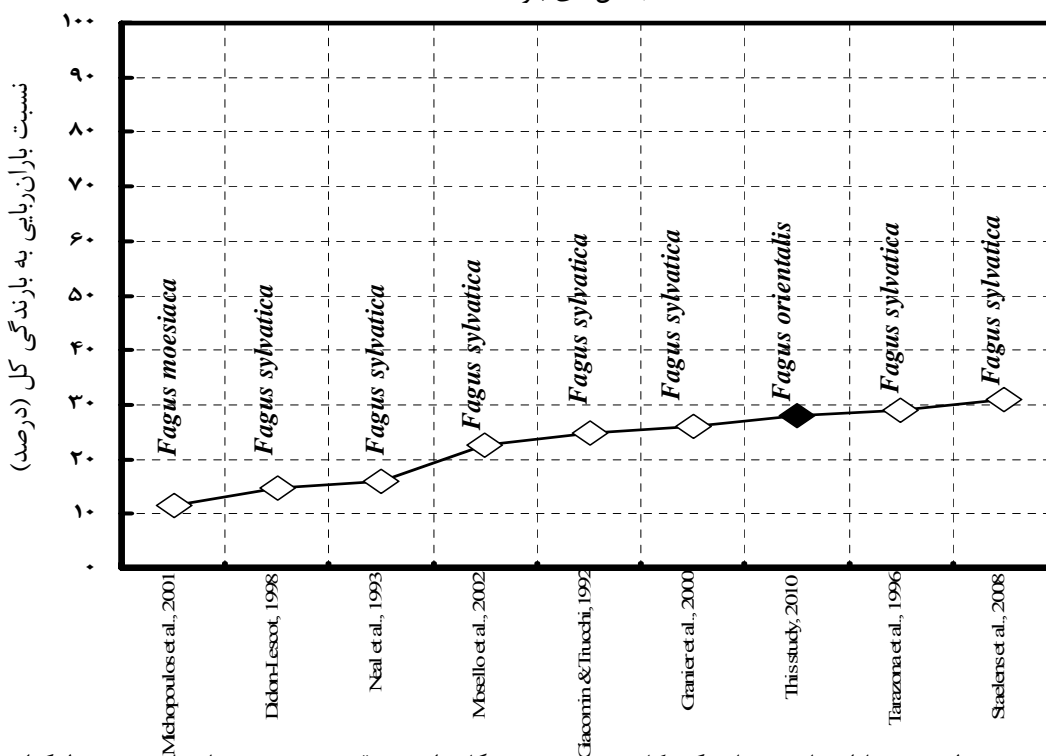
متوسط سهم باران‌ریایی از بارندگی کل، در جنگل‌های بررسی شده برای هر دو گونه بلندمازو و راش شرقی، در قسمت انتهایی دامنه تحقیقات صورت گرفته در این زمینه قرار می‌گیرد (شکل‌های ۷ و ۸).

به ترتیب ۷۱/۳، ۲/۷ و ۲۶ درصد از بارندگی کل به دست آمد. مقدار متوسط بارندگی خالص (مجموع دابارش و ساقاب) برای گونه بلندمازو و راش شرقی به ترتیب ۷۵/۷۶ و ۷۴ درصد از بارندگی کل محاسبه شد.

مقایسه نتایج تحقیق حاضر با تحقیقات صورت گرفته در دیگر جنگل‌های بلندمازو نشان داد که به طور کلی مقدار



شکل ۷- مقایسه متوسط نسبت باران‌ریایی به بارندگی کل (درصد) در جنگل بلندمازوی بررسی شده با مقادیر متوسط گزارش شده برای دیگر جنگل‌های بلوط



شکل ۸- مقایسه متوسط نسبت باران‌ریایی به بارندگی کل (درصد) در جنگل راش شرقی بررسی شده با مقادیر متوسط گزارش شده برای دیگر جنگل‌های راش



ناچیز بودن سهم ساقاب در جنگل بلندمازو، نشان از زیاد بودن ظرفیت نگهداری پوست این درختان است که سبب جذب آب می‌شود و از جاری شدن آب بر سطح تنه تا حد زیادی می‌کاهد. نتایج پژوهشی نیز نشان داد که بلوط (*Quercus rubra*) به سبب داشتن پوست ضخیم و زبر، ظرفیت نگهداری آب زیادی دارد و پوست درخت بخش اعظمی از آب جاری شده بر سطح تنه را جذب می‌کند (Levia & Herwitz, 2005). به علاوه وجود شیارهای عمیق در سطح پوست بلوط موجب نفوذ آب به داخل آنها و جذب از پوست می‌شود و از رسیدن آب به کف جنگل تا حد زیادی جلوگیری می‌کند. به طور کلی درختانی که پوست زبر و خشن دارند، ساقاب کمتری از درختان دارای پوست صاف تولید می‌کنند (Pypker et al., 2005). شاخص سطح برگ یکی از عوامل مهم در مقدار باران‌رایی است که با افزایش آن، ظرفیت ذخیره‌ای تاج پوشش نیز زیاد می‌شود و در نتیجه، تبخیر از سطح تاج پوشش و مقدار باران‌رایی افزایش می‌یابد (Loustau et al., 1992; Carlyle-Moses et al., 2005; Toba & Ohta, 2005). به سبب زیاد بودن شاخص سطح برگ در جنگل‌های بلندمازو و راش شرقی ناحیه خزری (نقاش زرگران، ۱۳۸۰)، مقدار متوسط باران‌رایی به دست آمده برای این جنگل‌ها در قسمت انتهایی دامنه تحقیقات قرار گرفته و باران‌رایی در این جنگل‌ها به نسبت زیاد است (شکل‌های ۷ و ۸).

نتیجه این تحقیق همسو با نتایج تحقیقات پیشین نشان داد که مقادیر داربارش و ساقاب و باران‌رایی در هر دو گونه همبستگی مثبت با بارندگی کل دارد، بدین ترتیب که با افزایش بارندگی کل، مقدار داربارش و ساقاب نیز افزایش می‌یابد (Kuraji et al., 2001; Ahmadi et al., 2009). همچنین با افزایش بارندگی کل، نسبت داربارش و ساقاب به بارندگی کل در هر دو گونه افزایش و نسبت باران‌رایی به بارندگی کل کاهش می‌یابد زیرا با افزایش بارندگی کل، ظرفیت نگهداری تاج پوشش سریع‌تر اشباع می‌شود و تاج قادر به نگهداری بیشتر آب نخواهد بود، در نتیجه آب بیشتری به واسطه داربارش و ساقاب به کف جنگل می‌رسد و در پی آن سهم بارندگی خالص افزایش می‌یابد. اما در بارش‌های ضعیف، تاج پوشش دیرتر اشباع شده و آب باران

مقادیر داربارش، ساقاب و باران‌رایی در جنگل بلوط (*Quercus serrata*) در ژاپن به ترتیب ۷۲، ۱۰ و ۱۸ درصد از بارندگی کل گزارش شده است (Silva & Okumura, 1996). مقدار داربارش، ساقاب و باران‌رایی در جنگل بلوط (*Quercus acutissima*) در ژاپن به ترتیب ۷۲/۴، ۲/۵ و ۲۴ درصد از بارندگی گزارش شده است (Toba & Ohta, 2005). در تحقیق انجام گرفته در ژاپن مقدار داربارش، ساقاب و باران‌رایی در جنگل بلوط (*Quercus serrata*) به ترتیب ۷۸/۷، ۳ و ۱۸ درصد از بارندگی کل گزارش شده است (Toba & Ohta, 2005).

در جنگل بلوط (*Quercus canbyi*) و (*Quercus cupreata*) در مکزیک، میانگین داربارش، ساقاب و باران‌رایی به ترتیب ۸۴/۲، ۰/۸ و ۱۵ درصد از بارندگی کل گزارش شده است (Carlyle-Moses et al., 2004).

در دیگر تحقیقات، مقدار داربارش، ساقاب و باران‌رایی در یک توده راش اروپایی (*Fagus sylvatica*) در بخش جنوبی انگلستان به ترتیب ۸۳-۸۲، ۲-۱ و ۱۶ درصد (Neal et al., 1993)؛ در یک توده راش اروپایی در ایتالیا به ترتیب ۶۱/۶، ۱۳/۶ و ۲۴/۸ درصد (Giacomin & Trucchi, 1992) و در یک توده راش اروپایی در جنوب فرانسه، به ترتیب ۶۹، ۵ و ۲۶ درصد از بارندگی کل ثبت شده است (Granier et al., 2000).

اختلاف مقادیر اجزای بارش در جنگل‌های بلوط و جنگل بلندمازو پژوهش حاضر را می‌توان ناشی از اختلاف خصوصیات بارندگی (شدت، مقدار، مدت و زمان بارندگی)، اختلاف شرایط اقلیمی (درجه حرارت، رطوبت، سرعت باد و جهت آن) و تفاوت ساختار تاج پوشش، ترکیب، تراکم و مورفولوژی درختان دانست (Price & Carlyle-Moses, 2003; Toba & Ohta, 2005).

تفاوت عامل‌های اقلیمی و پوشش گیاهی در جنگل راش شرقی بررسی شده با دیگر جنگل‌های راش نیز ناشی از عوامل اختلاف در مقادیر اجزای بارش در این جنگل‌هاست (Marin et al., 2000; Toba & Ohta, 2005; Tobon martin et al., 2000; Xiao et al., 2000; Bryant et al., 2005; Toba & Ohta, 2005).

پایان نامه کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۶۷ ص.

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

Brauman, K.A., D.L. Freyberg & G.C. Daily, 2009. Forest structure influences on rainfall partitioning and cloud interception: A comparison of native forest sites in Kona, Hawaii, *Agricultural and Forest Meteorology*, 150: 265-275.

Bryant, M.L., S. Bhat & J.M. Jacobs, 2005. Measurements and modeling of throughfall variability for five forest communities in the southeastern US, *Journal of Hydrology*, 312: 95-108.

Carlyle-Moses, D.E., J.S. Flores-Laureano & A.G. Price, 2004. Throughfall and throughfall spatial variability in Mediterranean oak forest communities of northeastern Mexico, *Journal of Hydrology*, 297: 124-135.

Crockford, R.H. & D.P. Richardson, 2000. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate, *Hydrology Processes*, 14: 2903-2920.

Deguchittor, S. & H. Park, 2005. The influence of seasonal changes in canopy structure on interception loss: application of the revised Gash model, *Journal of Hydrology*, 319: 80-102.

Deguchi, A., S. Hattori & 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.

Delphis, F., J. Levia & E.F. Ethan, 2003. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems, *Journal of Hydrology*, 274: 1-29.

Delphis, F. & J. Levia, 2004. Differential winter stemflow generation under contrasting storm conditions in a southern New England broad-leaved deciduous forest, *Hydrology Processes*, 18: 1105-1112.

Fleischbein, K., W. Wilcke, R. Goller, J. Boy & C. Valarezo, 2005. Rainfall interception in lower montane forest in Ecuador. effects of canopy properties, *Hydrology Processes*, 19: 1355-1371.

Giacomin, A. & P. Trucchi, 1992. Rainfall interception in a beech coppice (Acquerino, Italy), *Journal of Hydrology*, 137: 141-147.

صرف اشباع تاج می‌شود و هدررفت باران به‌واسطه تبخیر افزایش می‌یابد و آب بیشتری به‌صورت باران‌ریایی از دسترس جنگل خارج می‌شود. به‌طور کلی می‌توان گفت که با توجه به نقش آب و اهمیت آن در اکوسیستم‌های جنگلی، مقدار بارشی که به کف جنگل می‌رسد، برای استقرار تجدید حیات طبیعی گونه‌های درختی و درختچه‌ای اهمیت زیادی دارد. این موضوع به‌ویژه در مناطقی که در طول دوره رویش، فصل خشک حادث می‌شود، اهمیت بسزایی دارد. با آگاهی از مقدار باران‌ریایی، می‌توان به استقرار تجدید حیات طبیعی گونه‌های جنگلی، از طریق عملیات تنک کردن کمک کرد، تا علاوه بر استقرار تجدید حیات طبیعی گونه‌های درختی، نیاز آبی گونه‌های گیاهی کف جنگل نیز برآورده شود (احمدی و همکاران، ۱۳۸۸). از طرف دیگر آگاهی از مقدار آب ورودی به‌حوضه‌های آبخیز و بیلان آبی حوضه‌ها برای مدیریت حوضه‌های آبخیز ضروری به‌نظر می‌رسد (Toba & Ohta, 2005; Murakami, 2005). آگاهی از مقدار باران رسیده به کف جنگل در توده‌های خالص و آمیخته و تهیه نقشه توزیع بارندگی در جنگل‌های کشور و تطابق نقشه‌های توزیع بارندگی با تراکم زادآوری، در تصمیم‌گیری برای انجام عملیات پرورشی جنگل نقش مؤثری دارد. بنابراین اجرای تحقیقات در این زمینه، در توده‌های جنگلی در ارتفاعات مختلف جنگل‌های خزری کمک مؤثری در عملیات پرورشی و استقرار تجدید حیات طبیعی جنگل خواهد بود.

## منابع

احمدی، محمد تقی، پدرام عطارد، محمدرضا مروی مهاجر، رامین رحمانی و جعفر فتحی، ۱۳۸۸. باران‌ریایی تاج پوشش توده راش (*Fagus orientalis* Lipsky) خالص در فصل تابستان، مجله جنگل ایران، ۲ (۱): ۱۸۵-۱۷۵.

قربانی، سمیه و رامین رحمانی، ۱۳۸۷. برآورد اتلاف تاجی، ساقاب و تاج بارش در توده طبیعی راش شرقی جنگل شصت کلاته، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۴ (۱۶): ۶۴۸-۶۳۸.

نقاش زرگران، محمد، ۱۳۸۰. بررسی زی وزن برگ، شاخص سطح برگ و رابطه آنها با برخی ویژگی‌های توده و خاک در قطعه بررسی دائمی جنگل‌های میان بند خزر.

- Granier, A., P. Biron & D. Lemoine, 2000. Water balance, transpiration and canopy conductance in two beech stands, *Agricultural and Forest Meteorology*, 100: 291-308.
- Hanchi, A. & M. Rapp, 1997. Stemflow determination in forest stands, *Forest Ecology and Management*, 97: 231-235.
- Herbst, M., J.M. Roberts, T.W. Rosier & D.J. Gowing, 2006. Measuring and modeling the rainfall interception loss by hedgerows in southern England, *Agricultural and Forest Meteorology*, 141: 244-256.
- Kuraji, K., T. Yuri, T. Nobuaki & K. Isamu, 2001. Generation of Stemflow and chemistry in a mature Japanese cypress forest. *Hydrology Processes*, 15: 1967-1978.
- Levia, D.F. & E.E. Frost, 2003. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems, *Journal of Hydrology*, 274: 1-29.
- Levia, D.F. & S.R. Herwitz, 2005. Interspecific variation of bark water storage capacity of three deciduous tree species in relation to stemflow yield and solute flux to forest soils, *Catena*, 64: 117-137.
- Kelley-Hauske, 2010. Temporal variability of stemflow volum in a beech-yellow poplar forest in relation to tree species and size, *Journal of Hydrology*, 380: 112 -120.
- Llorens, P. & F. Domingo, 2007. Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean conditions: A review of studies in Europe, *Journal of Hydrology*, 335: 37-54.
- Loustau, D., P. Bergigier & A. Granier, 1992. interception loss, throughfall and stemflow in a maritime pine stand. An application of Gash's analytical model of interception, *Journal of Hydrology*, 138: 469-485.
- Marin, T.C., W. Bouten & 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.
- Murakami, S.H, 2005. A proposal for a new forest canopy interception mechanism: Splash droplet evaporation, *Journal of Hydrology*, 319: 72-82.
- Na'var, J., D.E. Carlyle-Moses & M.A. Martinez, 1999. Interception loss from the Tamaulipan matorral thornscrub of north-eastern Mexico: an application of the Gash analytical interception loss model, *Journal of Arid Environment*, 41: 1-11.
- Neal, C., A.J. Robson, C.L. Bhardwaj, T. Conway, H.A. Jefery, M. Meal, G.P. Ryland, C.J. Smith & J. Walls, 1993. Relationships between precipitation, stemflow and throughfall for a lowland beech plantation, Black wood, Hampshire, southern England: interception at a forest edge and the effects of storm damage, *Journal of Hydrology*, 146: 221-233.
- Pressland, A.J., 1973. Rainfall partitioning by an arid woodland (*Acacia aneura* F. Muell.) in South-West Queensland. Aust, *Journal of Botanic*, 21: 235-246.
- Price, A.G. & D.E. Carlyle-Moses, 2003. Measurement and modeling of growing-season canopy water fluxes in a mature mixed deciduous forest stand, southern Ontario, Canada, *Forest Ecology and Management*, 119: 69-85.
- Pypker, T.G., B.J. Bond, T.E. Link, D. Marks & M.H. Unsworth, 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.
- Sraj, M., M. Brilly & M. Mikos, 2008. Rainfall interception by two deciduous Mediterranean forests of contrasting stature in Sloveni, *Agricultural and Forest Meteorology*, 148: 121-134.
- Shachnovich, Y., P. Berniler & 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.
- Silva, I.C. & T. Okumura, 1996. Throughfall, stemflow and interception loss in mixed white Oak forest (*Quercus serrata* Thunb), *Journal of Forest Research*, 1: 123-129.
- Take park, H.O. & S.H. Hattori, 2002. Applicability of stand structural characteristics to stemflow modeling, *Journal of Forest Research*, 7: 91-98.
- Toba, T., & T. Ohta, 2005. An observational study of the factors that influence interception loss in boreal and temperate forests, *Journal of Hydrology*, 313: 208-220.
- Tobon, M., C.W. Bouten & 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.
- Xiao, Q.F., E.G. McPherson, S.L. Ustin, M.E. Grismer & J.R. Simpson, 2000. Winter rainfall interception by two mature open-grown trees in Davis, California. *Hydrology Processes*, 14: 763-784.

## Rainfall redistribution in natural pure stands of *Quercus castaneifolia* C.A.M. and *Fagus orientalis* L. in Caspian forests (Case study: Kheyroud forest)

S.M. Hoseini Ghaleh Bahmani<sup>1</sup>, P. Attarod<sup>2\*</sup> and M.T. Ahmadi<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>Ph.D Student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

(Received: 6 July 2010, Accepted: 31 July 2011)

### Abstract

Measurements of gross rainfall (*GR*), throughfall (*TF*), and stemflow (*SF*) were conducted inside oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and oak (*Quercus castaneifolia* C.A.M.) forests in Kheyroud Forest Station of University of Tehran. *GR* was collected by means of three manual collectors placed in neighboring open areas from the study plots. *TF* was collected by thirty five *TF* manual collectors positioned randomly underneath the trees canopies. *SF* was collected from beech and oak trees, with different diameters by the spiral-type *SF* collection collars installed at diameter at breast height. Rainfall interception (*I*) was calculated indirectly as the difference between *GR* and sum of the *TF* and *SF*. The cumulative *GR* depths of 13 and 14 events for oak and beech forests were 297 and 270 mm, respectively. On the event scale average ratios of *TF:GR*, *SF:GR*, and *I:GR* in the oak forest were 75.50%, 0.26%, and 24.24%, respectively, whilst those of the beech forest were 71.30%, 2.70%, and 26%. Strong positive correlations were observed between *TF* and *GR* in both oak and beech forests. Results showed fairly strong negative relationships between *I:GR* and *GR* in both forests. Rainfall interception contributes a notable amount of incident rainfall in the oak and beech forests and its measurement, therefore, is an essential element while assessing water balance on the catchment scale.

**Key words:** Rainfall interception, Oak, Throughfall, Oriental beech.