باران‌ربایی تاج‌پوشش تودهٔ راش (*Fagus orientalis* Lipsky) خالص در فصل تابستان

محمدتقی احمدی[۱]، پدرام عطارد[*۲]، محمدرضا مروی مهاجر[۳]، رامین رحمانی[۴] و جعفر فتحی[۵]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلشناسی و اکولوژی جنگل دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۲]استادیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۳]استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۴]دانشیار گروه جنگلداری دانشکدهٔ صنایع چوب و جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[۵]کارشناس جنگل آموزشی پژوهشی خیرود، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۲۸ / ۱۰ / ۸۷، تاریخ تصویب: ۲۳ / ۴ / ۸۸)

چکیده

باران‌ربایی تاج‌پوشش سهم زیادی از تراز آبی را در اکوسیستم‌های جنگلی به خود اختصاص می‌دهد. این تحقیق به‌منظور برآورد مقدار باران‌ربایی تابستانه در یک تودهٔ راش خالص به مساحت ۵۶۲۵ متر مربع در بخش میان‌بند جنگل خیرود نوشهر صورت پذیرفت. به‌این منظور، بارندگی کل با استفاده از سه جمع‌آوری‌کنندهٔ باران در منطقه‌ای باز در فاصلهٔ ۱۶۰ متری تودهٔ مورد بررسی جمع‌آوری شد. به‌منظور جمع‌آوری تاج بارش، ۳۶ جمع‌آوری‌کنندهٔ تاج بارش به‌صورت تصادفی در سطح توده نصب شد. همچنین ساقاب تولیدی شش اصله درخت راش از قطرهای مختلف با استفاده از جمع‌آوری‌کننده‌های مارپیچی ساقاب در ارتفاع برابر سینه، جمع‌آوری شد. مقدار بارندگی کل، ساقاب و تاج بارش بعد از هر بارندگی با استفاده از استوانهٔ مدرج اندازه‌گیری شد. مقدار باران‌ربایی از تفاوت میان بارندگی کل و بارندگی خالص (مجموع تاج بارش و ساقاب) مورد محاسبه قرار گرفت. در طی فصل تابستان مجموع بارندگی کل ۲۰۶/۸ میلی‌متر بود که ۱۳۵/۵ و ۴/۲ میلی‌متر از این مقدار به‌ترتیب به تاج بارش و ساقاب اختصاص یافت و ۶۷/۱ میلی‌متر از آن، به‌صورت باران‌ربایی تبخیر شد. متوسط تاج بارش، ساقاب و باران‌ربایی به‌ترتیب ۶۴/۷، ۱/۶ و ۳۳/۷ درصد از بارندگی کل برآورد شد. همچنین با افزایش مقدار بارندگی کل، مقدار بارندگی خالص، باران‌ربایی و نسبت بارندگی خالص به بارندگی کل افزایش یافت، اما نسبت باران‌ربایی به بارندگی کل، روند کاهشی ضعیفی را نشان داد. به‌طور کلی، این بررسی نشان داد که سهم زیادی از بارندگی تابستانه در تودهٔ راش به‌صورت باران‌ربایی از دسترس تودهٔ جنگلی خارج می‌شود، بنابراین ضرورت دارد که در محاسبهٔ تراز آبی مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: باران‌ربایی، تاج بارش، ساقاب، تودهٔ راش خالص .

[*]نویسندهٔ مسئول: تلفن: ۰۲۶۱۲۲۴۹۳۱۲ Email: attarod@ut.ac.ir

مقدمه و هدف

اتلاف آب باران از سطح تاج درختان که به باران‌ربایی تاج‌پوشش[1] یا به بیان ساده‌تر باران‌ربایی موسوم است، به مقداری از بارندگی که توسط تاج‌پوشش درختان نگهداری می‌شود و سپس از طریق تبخیر به اتمسفر بر می‌گردد، گفته می‌شود (Deguchi *et al*., 2006). در واقع هنگامی که در جنگل بارندگی اتفاق می‌افتد، آب باران ابتدا تاج درختان را کاملاً خیس می‌کند و پس از آن‌که ظرفیت نگهداری آب تاج[2] تکمیل و تاج اشباع شد، آب در اثر نیروی جاذبهٔ زمین به‌صورت ریزش‌های تاجی که تاج بارش یا آب میانگذر[3] نامیده می‌شود، روی کف جنگل می‌ریزد. بخش دیگری از باران که ساقاب[4] نامیده می‌شود، بعد از جاری شدن بر روی شاخه‌ها و تنهٔ درختان به کف جنگل می‌رسد.

مقدار باران‌ربایی تاج‌پوشش با استفاده از فرمول ۱، به‌طور غیر مستقیم از تفاوت میان بارندگی کل[5] و بارندگی خالص[6] (مجموع تاج بارش و ساقاب) محاسبه می‌شود (Hall, 2003; Herbst *et al*., 2006):

فرمول۱ $$CIL = GR - NR = GR - (TF + SF)$$

در این فرمول، *CIL* مقدار باران‌ربایی تاج پوشش؛ *GR* مقدار بارندگی کل؛ *NR* بارندگی خالص؛ *TF* مقدار تاج بارش و *SF* مقدار ساقاب را نشان می‌دهد.

مقداری از بارندگی که به‌واسطهٔ باران‌ربایی از دسترس پوشش جنگل خارج می‌شود، بخش مهمی از مقدار تبخیر را در اکوسیستم‌های جنگلی در بر می‌گیرد (Price & Carlyle-Moses, 2003; Pypker *et al*., 2005; Herbst *et al*., 2007) و تأثیر زیادی بر تراز آبی[7] در نواحی جنگلی و نیز بر چرخهٔ هیدرولوژی و چرخهٔ مواد غذایی در اکوسیستم‌های زمینی دارد (Marin *et al*., 2000; Levia & Frost, 2003; Bryant *et al*., 2005; Sraj *et al*., 2008). همچنین با توجه به اهمیت زیاد آب و چرخش آن در اکوسیستم‌های جنگلی، از دیدگاه علم جنگلشناسی و اکولوژی جنگل، بخشی از بارندگی کل که به‌صورت تاج بارش و ساقاب به کف جنگل می‌رسد، برای استقرار تجدید حیات طبیعی گونه‌های درختی و درختچه‌ای که به مقدار بارندگی رسیده به کف جنگل وابستگی زیادی دارند - به‌ویژه در مناطقی با فصل خشک در طول دورهٔ رویش- اهمیت زیادی دارد. به‌طوری‌که در صورت آگاهی از مقدار باران‌ربایی در مناطق دارای فصل خشک در دورهٔ رویش گیاهی، می‌توان در صورت زیاد بودن مقدار باران‌ربایی، با توجه به نیاز آبی توده، با انجام عملیات تنک کردن، به استقرار تجدید حیات و همچنین برآورده شدن نیاز آبی گونه‌های گیاهی به‌طور مؤثری کمک کرد. بنابراین آگاهی از مقدار باران‌ربایی، به‌ویژه برای ارزیابی و اندازه‌گیری تبخیر و تعرق در اکوسیستم‌های جنگلی و در نتیجه برای مدیریت اصولی حوضه‌های آبخیز جنگلی، ضروری به‌نظر می‌رسد (Toba & Ohta, 2005 ; Murakami, 2005). با توجه به اینکه سطح وسیعی از جنگل‌های شمال کشور را جامعهٔ جنگلی راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) به خود اختصاص می‌دهد، آگاهی از مقدار باران‌ربایی در جامعهٔ راش از اهمیت زیادی برخوردار است.

تا کنون پژوهش‌های زیادی به تعیین مقدار باران‌ربایی به‌عنوان یکی از بخش‌های اصلی تراز آبی در اکوسیستم‌های جنگلی پرداخته‌اند، اما بیشتر تحقیقات انجام‌شده در جنگل‌های همیشه‌سبز صورت گرفته و تحقیقات کمی در جنگل‌های خزان‌کننده انجام شده است (Deguchi *et al*., 2006; Herbst *et al*., 2006).

بر اساس تنها تحقیقی که در ایران به‌منظور برآورد مقدار باران‌ربایی درخت راش در راشستان‌های میان‌بند منطقهٔ شصت کلاتهٔ گرگان انجام شده، مقدار باران-

1- Canopy Interception Loss (*CIL*)
2- Canopy Water Storage Capacity
3- Throughfall (*TF*)
4- Stemflow (*SF*)
5- Gross Rainfall (*GR*)
6- Net Rainfall (*NR*)
7- Water Balance

رباییی، تاج بارش و ساقاب درخت راش به‌طور متوسط به‌ترتیب ۶۰/۷، ۳۸/۹۹ و ۰/۳۱ درصد بارندگی کل محاسبه شده است. در این تحقیق بیشترین باران‌رباییی درخت راش مربوط به فصل تابستان (۸۱/۹ درصد از بارندگی کل) و کمترین آن مربوط به فصل بهار (۴۷/۱۱ درصد از بارندگی کل) است (قربانی، ۱۳۸۶).

Andr´e *et al*. (2008) ظرفیت نگهداری آب تاج را برای گونهٔ راش اروپایی (*Fagus sylvatica*) بین ۰/۵۳ تا ۱/۱۷ میلی‌متر بسته به مقدار تاج‌پوشش گزارش کردند. همچنین تحقیقاتی در زمینهٔ برآورد مقدار باران‌رباییی در جنگل‌های راش اروپایی، راش همیشه‌سبز (*Nothofagus*) و تودهٔ *Fagus moesiaca* انجام شده است (Rowe, 1983; Giacomin & Trucchi, 1992; Neal *et al*., 1993; Tarazona *et al*., 1996; Didon-Lescot, 1998; Granier *et al*., 2000; Michopoulos *et al*., 2001; Staelens *et al*., 2008).

Loustau *et al*. (1992) و Carlyle-Moses *et al*. (2004) بیان کردند که ظرفیت نگهداری آب تاج و سرعت تبخیر از سطح تاج‌پوشش مرطوب، عوامل اصلی تأثیرگذار بر مقدار باران‌رباییی هستند. با توجه به اینکه ظرفیت نگهداری آب تاج درختان و همچنین سرعت تبخیر، با درصد تاج‌پوشش تودهٔ جنگلی و رژیم بارندگی و دمایی توده ارتباط مستقیم دارد، انتظار می‌رود که در راشستان‌های شمال ایران، در فصل تابستان بخش زیادی از بارندگی به‌صورت باران‌رباییی از دسترس پوشش جنگلی خارج شود. آگاهی از این مقدار هدررفت آب باران به‌واسطهٔ باران‌رباییی در طی فصل رویش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

تحقیق حاضر با هدف برآورد مقدار باران‌رباییی در فصل تابستان در یک تودهٔ طبیعی راش خالص، در ارتفاعات میان‌بند جنگل آموزشی پژوهشی دانشگاه تهران، جنگل خیرود نوشهر صورت پذیرفت.

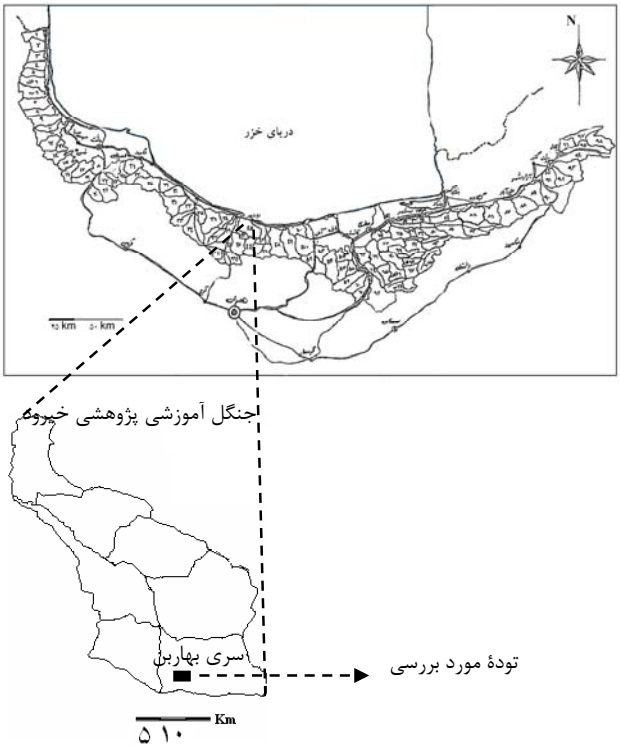
مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد بررسی

این تحقیق در جنگل آموزشی پژوهشی دانشگاه تهران، جنگل خیرود، واقع در ۷ کیلومتری شرق نوشهر انجام شد. اندازه‌گیری‌های مربوط به مقدار تاج بارش و ساقاب در یک تودهٔ راش خالص در سری بهاربن جنگل خیرود به مساحت تقریبی ۵۶۲۵ متر مربع و در ارتفاع ۱۴۱۰ متری از سطح دریا صورت گرفت (شکل ۱).

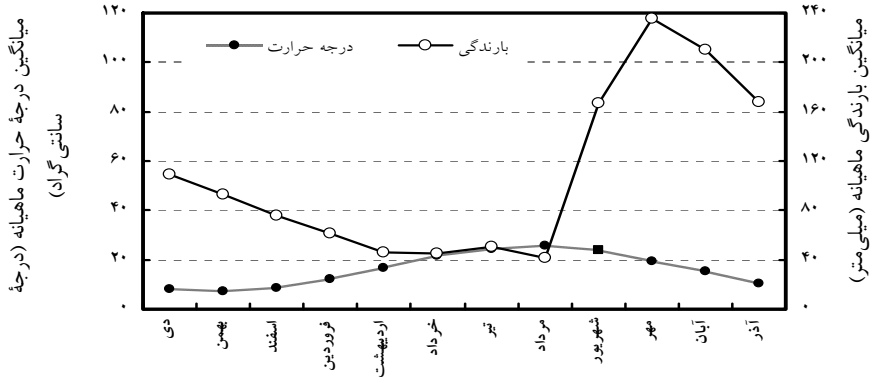
اشکوب بالایی تودهٔ مورد بررسی، راش خالص، فرم تاج درختان راش حالت میان‌رو و درصد تاج پوشش در طول فصل تابستان بیش از ۹۰ درصد است. تعداد درختان راش در هکتار ۱۱۲ اصله، متوسط قطر برابر سینه ۴۹/۵ سانتی‌متر، متوسط ارتفاع کل ۳۱/۵ متر و متوسط طول تاج سبز ۱۸/۵ متر اندازه‌گیری شد. جهت عمومی دامنهٔ تودهٔ مورد بررسی شمالی و شیب متوسط آن ۳۵ درصد است.

در فصل تابستان، حدود ۱۰ درصد زیراشکوب تودهٔ مورد بررسی توسط درختچه‌های خاس (*Ilex spinigera* (Leos). Loes) و ولیک (*Crataegus sp.*) پوشیده شده بود. همچنین پوشش علفی غالب در تودهٔ مورد بررسی عبارت بود از آسپیرولا (*Galium odorata* (L) Scop.)، پامچال الوان (*Primula heterochroma* Stapf.) و بنفشه (*Viola sylvestris* Lam.).



شکل ۱- موقعیت منطقهٔ مورد بررسی در طرح جامع حوضه‌های آبخیز جنگل‌های شمال و جنگل آموزشی پژوهشی خیرود

بر اساس داده‌های اقلیمی ثبت‌شده در طی یک دورهٔ ۲۳ ساله (۱۳۸۷-۱۳۶۴) در نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقهٔ مورد بررسی، یعنی ایستگاه هواشناسی نوشهر (ارتفاع از سطح دریا: ۲۱- متر، عرض جغرافیایی: ´۳۹ °۳۶ شمالی و طول جغرافیایی: ´۳۰ °۵۱ شرقی)، متوسط بارندگی سالیانه ۱۳۰۳ میلی‌متر با کمترین مقدار بارندگی ماهیانه ۴۱/۶ میلی‌متر (SE: ±۱۰/۵) در مرداد و بیشترین مقدار بارندگی ماهیانه ۲۳۵/۴ میلی‌متر (SE: ±۲۵/۴) در مهر است. متوسط درجهٔ حرارت سالیانه ۱۶/۲ درجهٔ سانتی‌گراد، متوسط درجهٔ حرارت حداکثر گرم‌ترین ماه سال ۲۵/۸ درجهٔ سانتی‌گراد (مرداد) و متوسط درجهٔ حرارت حداقل سردترین ماه سال ۷/۱ درجهٔ سانتی‌گراد (بهمن) است (بی‌نام، ۱۳۸۷) (شکل ۲).



شکل ۲- نمودار اقلیمی ایستگاه سینوپتیک نوشهر (نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقهٔ مورد بررسی) بر اساس آمار ۲۳ سالهٔ اخیر (۱۳۸۷-۱۳۶۴)

روش تحقیق

به‌منظور برآورد مقدار باران‌ربایی تودهٔ خالص راش، مقادیر بارندگی کل، تاج بارش و ساقاب در تابستان سال ۱۳۸۷، از چهارم تیرماه تا اول مهرماه، اندازه‌گیری شد. بارندگی کل در هر بارش با استفاده از سه جمع‌آوری‌کنندهٔ پلاستیکی باران[1] با قطر دهانهٔ ۹ سانتی‌متر در فضایی باز به فاصلهٔ ۱۶۰ متری از پلات مورد نظر جمع‌آوری و عمق (مقدار) بارش با استفاده از استوانهٔ مدرج اندازه‌گیری شد، سپس میانگین عمق بارش کل جمع‌آوری‌شده توسط سه باران‌سنج به‌عنوان بارندگی کل طی هر بارندگی در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری مقدار تاج بارش، ۳۶ جمع‌آوری‌کنندهٔ تاج بارش[2] با قطر دهانهٔ ۹ سانتی‌متر، بر اساس طرح تصادفی در زیر تاج درختان راش مورد بررسی قرار داده شد. جمع‌آوری‌کننده‌های تاج بارش به گونه‌ای توزیع شدند که به‌طور تقریبی کل سطح تودهٔ مورد اندازه‌گیری را به‌طور یکنواخت پوشش دادند. عمق تاج بارش جمع‌آوری‌شده توسط هر یک از جمع‌آوری‌کننده‌ها، به‌طور هم‌زمان با اندازه‌گیری بارش کل و با استفاده از استوانهٔ مدرج اندازه‌گیری شد، سپس میانگین تاج بارش جمع‌آوری‌شده توسط ۳۶ جمع‌آوری‌کننده به‌عنوان تاج بارش طی هر بارندگی در نظر گرفته شد.

به‌منظور اندازه‌گیری ساقاب، ابتدا همهٔ درختان راش موجود در تودهٔ مورد بررسی که قطر برابر سینهٔ بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر داشتند، در سه طبقهٔ قطری کمتر از ۳۰ ، ۳۰ تا ۶۰ و بیش از ۶۰ سانتی‌متر طبقه‌بندی شدند و سپس از هر طبقهٔ قطری، ۲ اصله درخت راش به‌صورت تصادفی انتخاب شد (Hanchi & Rapp, 1997; Lewis, 2003). ساقاب حاصل از هر یک از شش درخت نمونهٔ ساقاب با استفاده از ناودان‌های پلاستیکی جمع‌آوری ساقاب[3] که به‌صورت مارپیچ بر روی تنهٔ درختان راش و در ارتفاع برابر سینه نصب شده بودند، جمع‌آوری شد (Carlyle-Moses & Price, 2006).

گفتنی است که اندازه‌گیری مقادیر بارش کل، ساقاب و تاج بارش حداکثر ۳ ساعت بعد از پایان هر بارندگی و در صورت بارندگی در شب، قبل از طلوع خورشید صورت گرفت (Carlyle-Moses *et al*., 2004). به‌منظور محاسبهٔ عمق ساقاب تولیدی هر یک از درختان نمونهٔ ساقاب، حجم ساقاب جمع‌آوری شده در طی هر بارندگی، بر سطح تاج درخت[4] مربوطه تقسیم شد (Shachnovich *et al*., 2008). برای اندازه‌گیری مساحت تاج درختان راش نمونهٔ ساقاب، شعاع تاج هر یک از درختان در چهار جهت اصلی با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری و مساحت تاج درختان بر اساس فرمول مساحت دایره محاسبه شد (Delphis & Levia, 2004). پس از اندازه‌گیری عمق ساقاب برای هر یک از درختان نمونهٔ ساقاب، برای محاسبهٔ متوسط ساقاب طی هر بارندگی از میانگین عمق ساقاب تولیدی توسط شش درخت نمونه استفاده شد (Shachnovich *et al*., 2008). در نهایت برای محاسبهٔ مقدار باران‌ربایی طی هر بارندگی و همچنین مقدار باران‌ربایی در طول فصل تابستان از فرمول ۱ استفاده شد.

نتایج

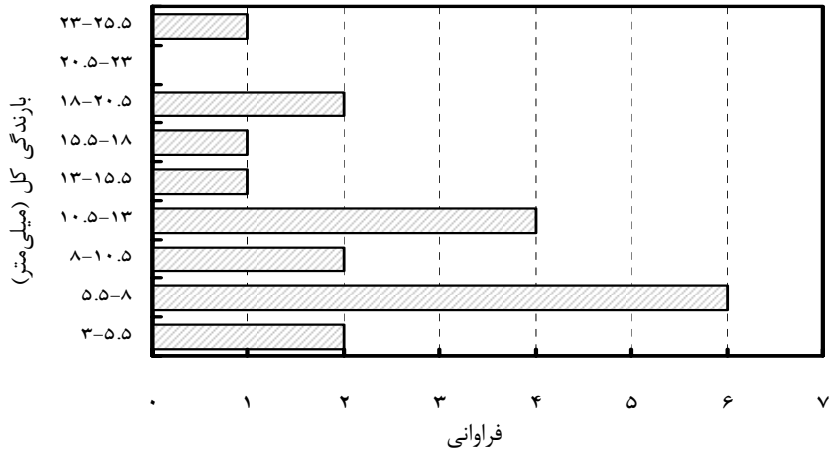
طی فصل تابستان ۱۹ مورد بارندگی ثبت شد. مجموع عمق بارندگی کل طی فصل تابستان ۲۰۶/۸ میلی‌متر بود. بیشترین مقدار بارندگی کل، کمترین مقدار بارندگی کل و متوسط بارندگی کل طی دورهٔ بررسی به‌ترتیب ۲۵/۲، ۳/۳ و ۱۰/۹ میلی‌متر اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

شکل ۳ فراوانی بارندگی کل را در طبقه‌های ۲/۵ میلی‌متری در طی دورهٔ بررسی نشان می‌دهد. بیشترین فراوانی بارندگی کل مربوط به طبقهٔ ۸-۵/۵ میلی‌متر (۶ مورد بارندگی) و کمترین فراوانی بارندگی کل مربوط به طبقهٔ ۲۳-۲۰/۵ (بدون بارندگی) بود.

1- Rainfall Collector
2- Throughfall Collector
3- Stemflow Collector
4- Crown Projected Area (CPA)

جدول ۱- میانگین، انحراف معیار، حداکثر، حداقل و مجموع عمق بارندگی کل طی فصل تابستان در تودهٔ راش خالص و تقسیم آن به بارندگی خالص (مجموع تاج بارش و ساقاب) و باران‌ربایی

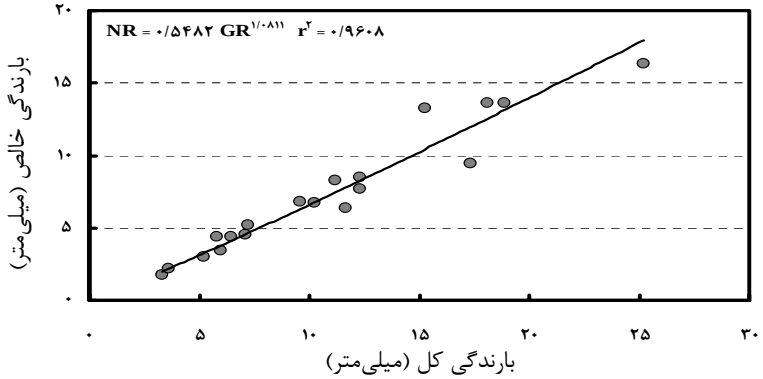
	بارندگی کل		تاج بارش		ساقاب		باران‌ربایی		بارندگی خالص	
	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm
میانگین	۱۰۰	۱۰/۹	۶۴/۷	۷/۱	۱/۶	۰/۲۲	۳۳/۷	۳/۵	۶۶/۳	۷/۴
انحراف معیار	-	±۵/۹	±۸/۷	۴±	۰/۲±	۰/۸±	±۸/۸	۲/۱±	±۸/۸	۴/۲±
حداکثر	۱۰۰	۲۵/۲	۸۵	۱۵/۵	۳/۴	۰/۹	۴۶/۱	۸/۸	۸۷	۱۶/۴
حداقل	۱۰۰	۳/۳	۵۲/۱	۱/۷	۰/۸	۰/۰۳	۱۳	۱/۴	۵۳/۹	۲/۲
مجموع	۱۰۰	۲۰۶/۸	۶۵/۵	۱۳۵/۵	۲	۴/۲	۳۲/۵	۶۷/۱	۶۷/۵	۱۳۹/۷



شکل ۳- فراوانی بارندگی کل در طبقه‌های ۲/۵ میلیمتری در فصل تابستان در تودهٔ خالص راش

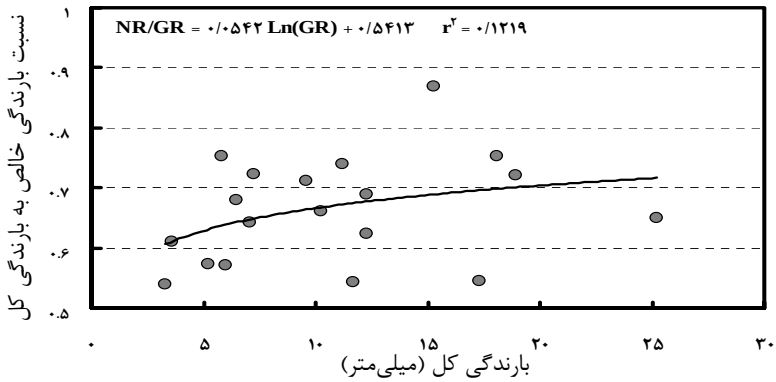
مجموع عمق تاج بارش و مجموع عمق ساقاب در فصل تابستان به‌ترتیب ۱۳۵/۵ میلی‌متر (۶۵/۵ درصد از بارندگی کل) و ۴/۲ میلی‌متر (۲ درصد از بارندگی کل) بود. همچنین متوسط عمق تاج بارش و متوسط عمق ساقاب طی هر بارندگی، به‌ترتیب ۷/۱ میلی‌متر (۶۴/۷ درصد از بارندگی کل) و ۰/۲۲ میلی‌متر (۱/۶ درصد از بارندگی کل) به‌دست آمد. مقدار بارندگی خالص طی فصل تابستان، ۱۳۹/۷ میلی‌متر (۶۷/۵ درصد از بارندگی کل) بود و به‌طور متوسط، در طی هر بارندگی ۷/۴ میلی‌متر (۶۶/۳ درصد از بارندگی کل) از بارندگی کل به کف جنگل رسید. مقدار باران‌ربایی در طی دورهٔ بررسی، ۶۷/۱ میلی‌متر (۳۲/۵ درصد از بارندگی کل) محاسبه شد. متوسط باران‌ربایی ۳/۵ میلی‌متر یا ۳۳/۷ درصد از بارندگی کل به‌دست آمد که مقدار آن از ۱/۴ میلی‌متر (۱۳ درصد از بارندگی کل) تا ۸/۸ میلی‌متر (۴۶/۱ درصد از بارندگی کل) متغیر بود (جدول ۱).

این بررسی نشان داد که بین بارندگی خالص و بارندگی کل همبستگی مثبت و قوی وجود دارد (r^2= ۰/۹۶۰۸) (شکل ۴)؛ یعنی با افزایش بارندگی کل، مقدار بارندگی خالص نیز افزایش نشان می‌دهد.



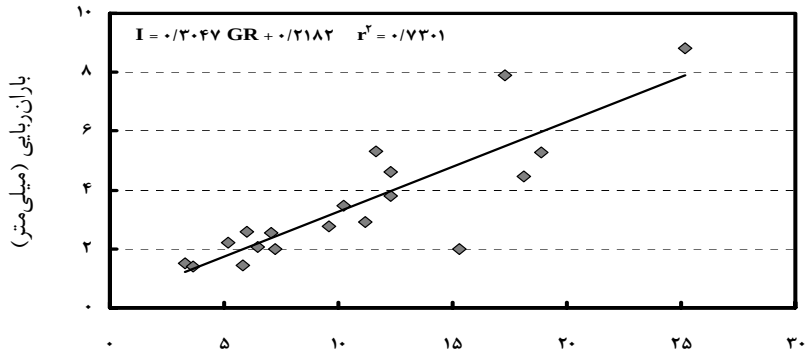
شکل ۴- رابطهٔ بین بارندگی خالص (*NR*) و بارندگی کل (*GR*) در فصل تابستان در تودهٔ راش خالص

در طول فصل تابستان با افزایش مقدار بارندگی کل، نسبت بارندگی خالص به بارندگی کل به‌صورت لگاریتمی، روند افزایشی ضعیفی را نشان داد (r^2=۰/۱۲۱۹) (شکل ۵).



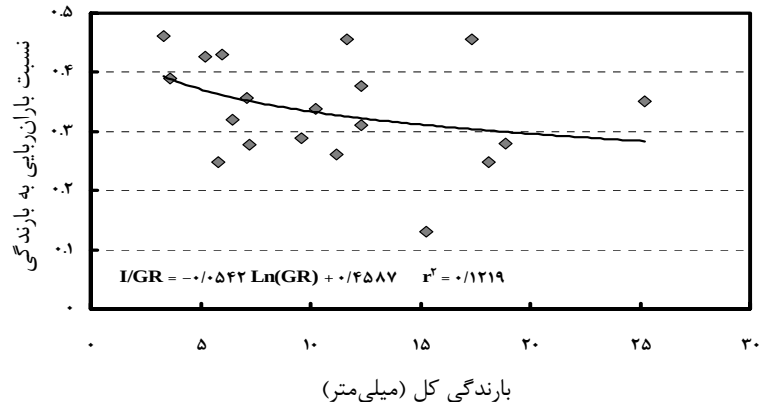
شکل ۵- رابطهٔ بین نسبت بارندگی خالص به بارندگی کل (*NR/GR*) و بارندگی کل (*GR*) در تودهٔ راش خالص

بر اساس نتایج این بررسی، بین باران‌ربایی و بارندگی کل در فصل تابستان همبستگی خطی مثبت و به‌نسبت قوی وجود دارد (r^2= ۰/۷۳۰۱) (شکل ۶).



شکل ۶- رابطهٔ بین باران‌ربایی (*CIL*) و بارندگی کل (*GR*) در فصل تابستان در تودهٔ راش خالص

بین نسبت باران‌ربایی به بارندگی کل و بارندگی کل در تودهٔ راش مورد بررسی، رابطهٔ لگاریتمی کاهنده و ضعیفی مشاهده شد (r^2= ۰/۱۲۱۹) (شکل ۷).



شکل ۷- رابطهٔ بین نسبت باران‌ربایی به بارندگی کل (*CIL/GR*) و بارندگی کل (*GR*) در تودهٔ راش خالص

بحث

تقسیم‌بندی بارندگی کل به اجزای بارش (تاج بارش، ساقاب و باران‌ربایی) طی فصل تابستان در تودهٔ راش خالص در جنگل خیرود بررسی شد. به‌طور متوسط در طی هر بارش، مقدار تاج بارش، ساقاب و باران‌ربایی به‌ترتیب ۶۴/۷، ۱/۶ و ۳۳/۷ درصد از بارندگی کل به‌دست آمد. همچنین متوسط بارندگی خالص، ۶۶/۳ درصد از بارندگی کل بود (جدول ۱).

به‌طور کلی متوسط باران‌ربایی تابستانهٔ محاسبه‌شده در تودهٔ مورد بررسی، نسبت به مقدار باران‌ربایی گزارش شده برای دیگر جنگل‌های راش، تا حدی بیشتر است. Neal *et al.* (1993) مقدار تاج بارش، ساقاب و باران‌ربایی را در یک تودهٔ راش اروپایی در بخش جنوبی انگلستان به‌ترتیب ۸۳-۸۲، ۲-۱ و ۱۶ درصد از بارندگی کل طی فصل رویش عنوان کردند. Granier *et al.* (2000) نیز مقدار تاج بارش، ساقاب و باران‌ربایی را در یک تودهٔ راش اروپایی در جنوب فرانسه، به‌ترتیب ۶۹، ۵ و ۲۶ درصد از بارندگی کل در طول فصل رویش گزارش کردند. همچنین Rowe (1983) مقدار باران‌ربایی یک تودهٔ راش همیشه‌سبز را طی فصل تابستان، ۳۵ درصد از بارندگی کل اندازه‌گیری کرد. Staelens *et al.* (2008) مقدار باران‌ربایی را به‌طور متوسط در یک تودهٔ خالص راش اروپایی ۲۱ درصد بارندگی کل عنوان کردند. این مقدار از ۱۰ درصد تا ۳۱ درصد بارندگی کل در طی دورهٔ خزان تا دوره برگ‌دار بودن درختان متفاوت بود. همچنین مقدار ساقاب و تاج بارش در طی فصل رویش به‌ترتیب ۵۹/۸ و ۹/۲ و در فصل خزان ۷۹/۴ و ۱۰/۶ درصد از بارندگی کل به‌دست آمد. مقدار تاج بارش، ساقاب و باران‌ربایی طی فصل رشد در یک تودهٔ راش اروپایی در ایتالیا به‌ترتیب ۶۱/۶، ۱۳/۶ و ۲۴/۸ درصد از بارندگی کل گزارش شد (Giacomin & Trucchi,1992).

اختلاف در مقادیر اجزای بارش و به‌ویژه باران‌ربایی در تودهٔ راش مورد بررسی با دیگر توده‌های راش را می‌توان ناشی از اختلاف در خصوصیات بارندگی مانند مقدار بارندگی، شدت بارندگی، مدت زمان بارندگی و زمان وقوع بارش، اختلاف در شرایط آب و هوایی مانند درجهٔ حرارت هوا، مقدار رطوبت نسبی و سرعت و جهت باد و در نهایت اختلاف در ویژگی‌های مربوط به پوشش گیاهی توده‌های مورد بررسی مانند ترکیب و ساختار توده، سن توده، تراکم درختان و مورفولوژی تاج درختان دانست (Marin *et al.*, 2000; Hall, 2003; Deguchi *et al.*, 2006; Toba & Ohta, 2005; Staelens *et al.*, 2008). همچنین مقدار باران‌ربایی به-

دست آمده در تودهٔ مورد بررسی از متوسط ذکرشده در جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌کننده (۱۵ تا ۲۵ درصد بارندگی کل) بیشتر بود (Dolman, 1987; Bruijnzeel, 2000; Cantu-Silva & Gonzalez Rodriguez., 2001).

این بررسی نشان داد که تقسیم‌بندی بارندگی کل به بارندگی خالص و باران‌ربایی، به‌شدت تحت تأثیر اندازهٔ بارش قرار دارد. در واقع با زیاد شدن مقدار بارندگی کل، مقدار بارندگی خالص و مقدار باران‌ربایی روند افزایشی نشان می‌دهد. همچنین با افزایش مقدار بارندگی کل، نسبت بارندگی خالص به بارندگی کل افزایش می‌یابد، اما نسبت باران‌ربایی به بارندگی کل کاهش نشان می‌دهد (شکل‌های ۵ و ۷). دلیل این حالت را می‌توان چنین بیان کرد که برای تولید تاج بارش و ساقاب باید ابتدا ظرفیت نگهداری آب تاج تکمیل شود. طی بارندگی‌های کم، بخش زیادی از بارندگی صرف اشباع تاج می‌شود، سپس این مقدار آب باران به‌واسطهٔ تبخیر و به‌صورت باران‌ربایی از دسترس جنگل خارج می‌شود، اما با توجه به اینکه ظرفیت نگهداری آب تاج محدود است، طی بارندگی‌های زیاد، سهم بیشتری از بارندگی کل صرف تولید تاج بارش و ساقاب می‌شود و در نتیجه نسبت باران‌ربایی به بارندگی کل کاهش می‌یابد (Rowe, 1983; Keith Owens *et al*., 2006; Deguchi *et al*., 2006; Staelens *et al*., 2008; Sraj *et al*., 2008). با توجه به اینکه مقدار بیشتر بارندگی‌های رخداده در طول فصل تابستان کم بوده است (شکل ۳)، یکی از دلایل زیاد بودن متوسط نسبت باران‌ربایی به بارندگی کل را می‌توان به این عامل نسبت داد.

به‌طور کلی این بررسی نشان داد که سهم زیادی از بارندگی تابستانه در تودهٔ راش مورد بررسی به‌صورت باران‌ربایی، تبخیر می‌شود. از این رو محاسبهٔ مقدار باران‌ربایی در تحقیقات آیندهٔ چرخهٔ آبی در این جنگل-ها، ضروری است.

منابع

بی‌نام، ۱۳۸۷. آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک نوشهر، ادارهٔ کل هواشناسی استان مازندران، ص ۵۰.

قربانی، سمیه، ۱۳۸۶. برآورد اتلاف تاجی، ساقاب و تاج بارش تودهٔ راش (سری یک جنگل شصت‌کلاته)، پایان-نامهٔ کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ص ۱۰۰.

Andr´e, F., J. Mathieu & Q. Ponette, 2008. Spatial and temporal pattern of throughfall chemistry within a temperate mixed oak-beech stand, *Sci. Total Environ*, 397: 215-228.

Bruijnzeel, L.A, 2000. Forest Hydrology, In The Forests Handbook, Vol 1. (Ed. J.C. Evans). Blackwell Scientific, Oxford, pp, 301-343.

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

Cantu-Silva, I. & H. Gonzalez Rodriguez, 2001. Interception loss throughfall and stemflow chemistry in pine and oak forests in northeastern Mexico, *Tree Physiol*, 21: 1009-1013.

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, *J. Hydrol*, 297: 124-135.

Carlyle-Moses, D.E. & A.G. Price, 2006. Growing season stemflow production within a deciduous forest of southern Ontario, *Hydrol. Process*, 20: 3651-3663.

Deguchi, A., S. Hattori & H. Park, 2006. The influence of seasonal changes in canopy structure on interception loss: application of the revised Gash model, *J. Hydrol*, 319: 80-102.

Delphis, F. & J. Levia, 2004. Differential winter stemflow generation under contrasting storm conditions in a southern New England broad-leaved deciduous forest, *Hydrol. Process*, 18: 1105-112.

Didon-Lescot, J.F., 1998. The importance of throughfall in evaluating hydrological and biogeochemical fluxes: example of a catchment (Mont-Loze`re, France). In: Conference on Catchment Hydrological and Biochemical Processes in Changing Environment, pp. 17-20.

Dolman, A.J., 1987. Summer and winter rainfall interception in an oak forest: Predictions with an analytical and a numerical simulation model, *J. Hydrol*, 90: 1-9.

Giacomin, A. & P. Trucchi, 1992. Rainfall interception in a beech coppice (Acquerino, Italy), *J. Hydrol*, 137: 141–147.

Granier, A., P. Biron & D. Lemoine, 2000. Water balance, transpiration and canopy conductance in two beech stands, *Agric. For. Meteorol*, 100: 291–308.

Hall, R.L., 2003. Interception loss as a function of rainfall and forest types: stochastic modeling for tropical canopies revisited, *J. Hydrol*, 280: 1-12.

Hanchi A. & M. Rapp, 1997. Stemflow determination in forest stands, *For. Ecol. Manag*, 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, *Agric. For. Meteorol*, 141: 244-256.

Herbst, M., J.M. Roberts, T.W. Rosier, M. Taylor & D.J. Gowing, 2007. Edge effects and forest water use: A field study in a mixed deciduous woodland, *For. Ecol. Manag*, 250: 176-186.

Keith Owens, M., R.K. Lyons & C.L. Alejandro, 2006. Rainfall partitioning within semiarid juniper communities: effects of event size and canopy cover, *Hydrol. Process*, 20: 3179-3189.

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, *J. Hydrol*, 274: 1-29.

Lewis, J., 2003. Stemflow estimation in a redwood forest using model-based stratified random sampling, *Environmetrics*, 14: 559-571.

Loustau, D., P. Berbigier., A. Granier & F. El-Hadj Moussa, 1992. Interception loss, throughfall and stemflow in a maritime pine stand. I: Variability of throughfall and stemflow beneath the pine canopy, *J. Hydrol*, 138: 449-467.

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, *J. Hydrol*, 237: 40-57.

Michopoulos, P.P., G.G. Baloutsos, G.G. Nakos & A.A. Economou, 2001. Effects of bulk precipitation pH and growth period on cation enrichment in precipitation beneath the canopy of a beech (*Fagus moesiaca*) forest stand, Scil. *Total Environ*, 281: 79-85.

Murakami, S.H., 2005. A proposal for a new forest canopy interception mechanism: Splash droplet evaporation, *J. Hydrol*, 319: 72-82.

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, *J. Hydrol*, 146: 221-233.

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, *For. Ecol. Manag*, 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, *Agric. For. Meteorol*, 130: 113-129.

Rowe, L.K., 1983. Rainfall interception by an evergreen beech forest, Nelson, New Zealand, *J. Hydrol*, 66: 143-258.

Shachnovich, Y., P. Berniler & P. Bar, 2008. Rainfall interception and spatial distribution of troughfall in a pine forest planted in an arid zone, *J. Hydrol*, 349: 168-177.

Sraj, M., M. Brilly & M. Mikos, 2008. Rainfall interception by two deciduous Mediterranean forests of contrasting stature in Slovenia, *Agric. For. Meteorol*, 148: 121-134.

Staelens, J., A.D. Schrijver, K. Verheyen1 & 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, *Hydrol. Process*, 22: 33-45.

Tarazona, T., I. Santa Regina & R. Calvo, 1996. Interception, throughfall and stemflow in two forest of the ‘‘Sierra de la Demanda’’ in the province of Burgos, *Pirineos*, 147: 27-40.

Toba T. & T. Ohta, 2005. An observational study of the factors that influence interception loss in boreal and temperate forests, *J. Hydrol*, 313: 208-220.

Canopy interception loss in a pure oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stand during the summer season

M. T. Ahmadi[1], P. Attarod[*2], M. R. Marvi Mohadjer[3], R. Rahmani[4] and J. Fathi[5]
[1]M.Sc. Student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[2]Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran , I. R. Iran
[3]Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[4]Associate Prof., Agricultural Sciences and Natural Rescores University of Gorgan, I. R. Iran
[5]Expert of Kheyrud Forest Research Station, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
(Received: 18 Jaunuary 2009, Accepted: 14 July 2009)

Abstract
At forest ecosystems, gross rainfall (*GR*) is partitioned into throughfall (*TF*), stemflow (*SF*) and results in canopy interception loss (*CIL*). In the present research, *CIL*, which is considered a major component of the water balance, was measured at the midland of the central Caspian forests, Kheyrud forest research station of University of Tehran. Measurements were carried out in a sample plot of pure oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stand with an area of 5625 m^2. *GR* was collected using three manual collectors in an open area approximately 160 m apart from the study plot. Thirty six TF manual gauges were randomly placed beneath the beech canopies and *SF* was collected from six beech trees with different diameters by means of the spiral type *SF* collection collars installed at diameter at breast height. *GR*, *TF* and *SF* were collected on an event basis using a graduated cylinder during the summer season of 2008. The amount of cumulative GR depth of 19 events was 206.8 mm allocated to *TF*, *SF* and *CIL*, 135.5, 4.2 and 67.1 mm, respectively. At the event scale, the mean values of *TF*, *SF* and *CIL* were accounted 64.7, 1.6 and 33.7% of *GR*, respectively. Regression analysis suggested a strong positive relationship between *CIL* and *GR.* There was also observed a fairly weak negative relationship between *CIL*/*GR* and GR. We concluded that *CIL* contributes a remarkable amount of incident rainfall in the pure oriental beech forest of the study site and therefore should be considered in assessment of water balance.

Key words: Interception loss, Throughfall, Stemflow, Oriental beech stand.

[*]Corresponding author Tel: +98 261 2249312 Email: attarod@ut.ac.ir