



برآورد مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک تاج‌پوشش توده‌های راش شرقی و بلندمازو در ناحیه ریشی هیرکانی

طوبی پناهنده^۱، پدرام عطارد^{۲*}، منوچهر نمیرانیان^۳، ویلما بایرام‌زاده^۴ و سید محمدمعین صادقی^۴

^۱ کارشناسی ارشد علوم زیستی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

^۲ استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

^۳ دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج

^۴ دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، گروه مهندسی جنگل، برنامه‌ریزی مدیریت جنگل و اندازه‌گیری‌های زمینی، دانشکده جنگل‌شناسی و مهندسی جنگل، دانشگاه ترانسیلوانیای براشوو، براشوو، رومانی

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۳)

چکیده

محاسبه مقدار مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک تاج‌پوشش درختان، گام اصلی در مدل‌سازی توزیع اجزای باران در هنگام برخورد با تاج‌پوشش است. با این کار می‌توان مقادیر تاج‌بارش، ساقاب و باران‌ربایی را در هر رخداد باران پیش‌بینی کرد. هدف این پژوهش، بررسی اکوهیدرولوژی تاج‌پوشش درختان سه توده راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) و سه توده بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) در ناحیه ریشی هیرکانی در مقیاس زمانی سالانه بود. مشخصه‌های بررسی شده شامل نقطه اشباع آب تاج‌پوشش، ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش، ضریب تاج‌بارش مستقیم و نسبت تبخیر به شدت باران در زمان بارندگی بود. میانگین نقطه اشباع آب تاج‌پوشش در بلندمازو ۵/۳۷ میلی‌متر و در راش شرقی ۶/۲۹ میلی‌متر بود. همچنین به‌طور متوسط، ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش راش شرقی با مقدار ۲/۰۸ میلی‌متر بیشتر از بلندمازو (۱/۱۵ میلی‌متر) بود. متوسط مقدار باران در توده‌های بلندمازو و راش شرقی به ترتیب ۲۰/۰ و ۱۶/۲ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. میانگین باران‌ربایی نسبی در راش شرقی (۳۶/۹ درصد) اندکی بیشتر از بلندمازو (۳۳/۵ درصد) حاصل شد. میانگین ضریب تاج‌بارش مستقیم و نسبت تبخیر در زمان بارندگی به شدت باران در راش شرقی ۰/۵۰ و ۰/۲۵ و در بلندمازو ۰/۷۱ و ۰/۳۶ محاسبه شد. با دانستن مقادیر مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک تاج‌پوشش می‌توان در توده‌های با مقدار زیاد ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش و مقدار کم ضریب تاج‌بارش، تیمارهای جنگل‌شناسی تنک کردن و هرس کردن را اعمال کرد و از این طریق مقدار باران‌ربایی را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: اکوهیدرولوژی جنگل، ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش، ضریب تاج‌بارش مستقیم، نقطه اشباع آب تاج‌پوشش.

مقدمه

مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک تاج‌پوشش و تنه کنترل می‌شود. در واقع محاسبه مقدار مشخصه‌های اکوهیدرولوژی تاج‌پوشش و تنه درختان، گام اصلی در مدل‌سازی توزیع اجزای باران در برخورد با تاج‌پوشش است و از طریق آن می‌توان مقدار تاج‌بارش، ساقاب و باران‌ربایی را در هر رخداد باران پیش‌بینی کرد

یکی از فرایندهای اصلی در اکوهیدرولوژی جنگل، توزیع اجزای باران در هنگام برخورد به تاج‌پوشش و تقسیم آن به اجزای باران‌ربایی، ساقاب و تاج‌بارش است (Sadeghi et al., 2016, 2020). فرایند توزیع اجزای باران هنگام برخورد به تاج‌پوشش توسط

al., 2012; Abbasian et al., 2015; Nezamdoost et al., 2017; Fathizadeh et al., 2020).

از آنجا که تحقیقات درباره مشخصه‌های اکوهیدرولوژی جنگل در داخل کشور تنها به صورت گزارش در یک منطقه (مطالعه موردی) معطوف شده است و از سوی دیگر اطلاعات در جنگل‌های ناحیه ریشی هیرکانی اندک است، پژوهش درباره مشخصه‌های اکوهیدرولوژی یک گونه در مناطق مختلف این ناحیه بسیار بااهمیت است. در جنگل‌های هیرکانی، گونه‌های راش شرقی و بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) مساحت وسیعی را در بر می‌گیرند، اما اطلاعات درباره رفتار اکوهیدرولوژی آنها بسیار محدود است. از سوی دیگر باید توجه داشت که تعیین دقیق اجزای چرخه‌های اکوهیدرولوژی جنگل در سطوح کوچک (مانند همه مطالعات داخل کشور و بیشتر پژوهش‌های خارج کشور) و بزرگ‌مقیاس (مانند این پژوهش)، به فرایند برنامه ریزی و مدیریت منابع آبی در عرصه‌های جنگلی کمک می‌کند؛ از این‌رو هدف این پژوهش، بررسی مشخصه‌های اکوهیدرولوژی تاج پوشش درختان شش توده جنگلی راش شرقی و بلندمازو واقع در پنج ناحیه ریشی هیرکانی در مقیاس زمانی سالانه است.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

این پژوهش در پنج منطقه ناحیه ریشی هیرکانی واقع در استان‌های گلستان (کوهمیان) و مازندران (ساری، نوشهر، لاجیم و کلاردشت) در شش توده جنگلی (سه توده بلندمازو و سه توده راش شرقی) انجام گرفت (جدول ۱) (Ahmadi et al., 2009, 2016; Hosseini Ghaleh Bahmani et al., 2012; Abbasian et al., 2015; Tafazoli et al., 2015; Tahmasebi, 2015).

(Sadeghi et al., 2017). از آنجا که در مدل‌سازی توزیع اجزای باران، وزن و نقش مشخصه‌های اکوهیدرولوژی تاج پوشش نسبت به مشخصه‌های اکوهیدرولوژی تنه بسیار بیشتر است (Muzylo et al., 2009; Sadeghi et al., 2019)، در بیشتر پژوهش‌ها مقادیر مشخصه‌های اکوهیدرولوژی تاج پوشش درختان بیان می‌شود. مشخصه‌های اکوهیدرولوژی تاج پوشش شامل نقطه اشباع آب تاج پوشش ($P'G$)، ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش (S)، ضریب تاج بارش مستقیم (p) و نسبت تبخیر به شدت باران در زمان بارندگی (\bar{E}/\bar{R}) است که بیانگر کارکرد اکوهیدرولوژی تاج پوشش درختان در هنگام وقوع بارش است.

در داخل کشور، اطلاعات در زمینه مشخصه‌های اکوهیدرولوژی درختان (چه بومی و چه غیربومی) اندک است و در زمینه تعیین مشخصه‌های اکوهیدرولوژی درختان، بیشترین پژوهش‌ها بر مشخصه‌های اکوهیدرولوژی تاج پوشش متمرکزند. پژوهش‌های انجام گرفته در مورد مشخصه‌های اکوهیدرولوژی تاج پوشش و تنه درختان اغلب در پارک جنگلی چیتگر تهران (حدود ۲۰ پژوهش) صورت گرفته است (برای نمونه: Sadeghi & Attarod, 2014, 2015; Sadeghi et al., 2015a, b; 2017, 2018, 2019) که نتایج آنها تنها در اقلیم‌های نیمه خشک و خشک کاربرد دارد و نمی‌تواند راهنمای مناسبی برای بوم‌سازگان‌های جنگلی در ناحیه ریشی هیرکانی باشد. در ناحیه ریشی هیرکانی نیز تنها در دو پژوهش به بررسی مقادیر مشخصه‌های اکوهیدرولوژی تاج پوشش در گونه‌های نوئل (*Picea abies* (L.) Karst. (Ahmadi et al., 2016; Sefidi et al., 2020) و راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) پرداخته شده است (Sefidi et al., 2020)؛ هرچند در این ناحیه تحقیقات زیادی درباره فرایند توزیع اجزای باران انجام گرفته است (Ahmadi et al., 2009, 2016; Hosseini Ghaleh Bahmani et

جدول ۱- مختصات و مشخصات پوشش گیاهی، هواشناسی و اقلیمی توده‌های راش شرقی و بلندمازو در ناحیهٔ رویشی هیرکانی

| مشخصه | کوهمیان | ساری | نوشهر | میانگین | نوشهر | لاجیم | کلاردشت | میانگین |
|-------------------------------------|------------|----------|----------|---------|----------|----------|-------------|---------|
| عرض جغرافیایی (شمالی) | ۳۷ ۵۶' | ۳۶ ۲۸' | ۳۶ ۳۹' | - | ۳۶ ۳۹' | ۳۶ ۱۵' | ۳۶ ۳۰' | - |
| طول جغرافیایی (شرقی) | ۵۵ ۱۴' | ۵۲ ۱۴' | ۵۱ ۳۹' | - | ۵۱ ۳۹' | ۵۳ ۱۰' | ۵۱ ۹' | - |
| ارتفاع از سطح دریا (متر) | ۱۵۰ | ۸۰۰ | ۱۴۱۰ | ۷۸۷ | ۱۴۱۰ | ۱۰۰۰ | ۱۳۲۰ | ۱۲۴۳ |
| گونه | بلندمازو | بلندمازو | بلندمازو | - | بلندمازو | راش شرقی | راش شرقی | - |
| متوسط قطر توده (سانتی‌متر) | ۶۵ | ۲۱ | ۳۶ | ۴۱ | ۴۹/۵ | ۴۴/۵ | ۹۳ | ۶۲/۳ |
| متوسط ارتفاع توده (متر) | ۲۱ | ۱۸ | ۲۸ | ۲۲ | ۳۱/۵ | ۲۹/۵ | ۹/۵ | ۲۳/۵ |
| متوسط تاج‌پوشش (درصد) | ۵۵ | ۷۰ | ۸۰ | ۶۸ | ۹۰ | ۹۰ | ۸۳ | ۸۷/۷ |
| متوسط مقدار باران (میلی‌متر در سال) | ۷۰۰ | ۷۲۸ | ۱۳۰۳ | ۹۱۰ | ۱۳۰۳ | ۸۸۰ | ۴۶۹ | ۸۸۴ |
| متوسط دمای هوا (درجهٔ سانتی‌گراد) | ۱۶/۸ | ۱۶ | ۱۶/۲ | ۱۶/۳ | ۱۶/۲ | ۱۶/۵ | ۱۳/۲ | ۱۵/۳ |
| نوع اقلیم (براساس نمایهٔ دومارتن) | نیمه مرطوب | مرطوب | مرطوب | - | مرطوب | مرطوب | مدیترانه‌ای | - |

شیوهٔ اجرای پژوهش

متوسط مقدار باران (P_g) اندازه‌گیری شده در توده‌های مورد بررسی از ۱۱/۵ میلی‌متر (تودهٔ راش شرقی کلاردشت) تا ۲۳/۳ میلی‌متر (تودهٔ بلندمازوی نوشهر) در نوسان بود و به‌طور متوسط، مقدار باران در توده‌های بلندمازو ۲۰/۰ میلی‌متر و در توده‌های راش شرقی ۱۶/۲ میلی‌متر حاصل شد (جدول ۲).

در این پژوهش از داده‌های تاج‌بارش و مقدار باران اندازه‌گیری شده در کوهمیان (Tahmasebi, 2015)، ساری (Tafazoli et al., 2015)، نوشهر (Ahmadi et al., 2009; Hosseini Ghaleh Bahmani et al., 2012)، لاجیم (Ahmadi et al., 2016) و کلاردشت (Abbasian et al., 2015) بهره گرفته شد (جدول ۲).

جدول ۲- مشخصات باران و تاج‌بارش در توده‌های راش شرقی و بلندمازو در ناحیهٔ هیرکانی

| مشخصه | کوهمیان | ساری | نوشهر | میانگین | نوشهر | لاجیم | کلاردشت | میانگین |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | بلندمازو | بلندمازو | بلندمازو | بلندمازو | بلندمازو | راش شرقی | راش شرقی | راش شرقی |
| طول دورهٔ پژوهش (ماه) | ۱۲ | ۷ | ۶ | ۸ | ۱۲ | ۵ | ۸ | ۸ |
| تعداد رخداد باران اندازه‌گیری شده | ۲۴ | ۲۰ | ۲۸ | ۲۴ | ۵۳ | ۳۸ | ۲۱ | ۳۷ |
| کمترین مقدار باران اندازه‌گیری شده (میلی‌متر) | ۰/۵ | ۱/۱ | ۳/۶ | ۱/۷ | ۲/۸ | ۳/۱ | ۵/۲ | ۳/۷ |
| بیشترین مقدار باران اندازه‌گیری شده (میلی‌متر) | ۵۴/۷ | ۳۵/۰ | ۵۰/۹ | ۴۶/۹ | ۴۸/۶ | ۳۹/۴ | ۶۰/۲ | ۴۹/۴ |
| متوسط مقدار باران (میلی‌متر) | ۱۹/۵ | ۱۷/۳ | ۲۳/۳ | ۲۰/۰ | ۱۸/۹ | ۱۱/۵ | ۱۸/۱ | ۱۶/۲ |
| متوسط مقدار تاج‌بارش (میلی‌متر) | ۱۲/۰ | ۱۱/۹ | ۱۷/۸ | ۱۳/۹ | ۱۳/۷ | ۷/۷ | ۱۲/۷ | ۱۱/۴ |
| متوسط باران‌رایی نسبی (درصد) | ۴۱/۶ | ۳۳/۶ | ۲۵/۴ | ۳۳/۵ | ۳۰/۶ | ۴۰/۶ | ۳۹/۴ | ۳۶/۹ |

مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک تاج پوشش

مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک مدنظر برای این پژوهش، شامل نقطه اشباع آب تاج پوشش محاسباتی (P'_G)، ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش (S)، ضریب تاج بارش مستقیم (p) و نسبت تبخیر به شدت باران در زمان بارندگی (\bar{E}/\bar{R}) است که در ادامه، تعریف و چگونگی محاسبه آنها تشریح شده است.

برای محاسبه مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک تاج پوشش، در ابتدا باید باران‌های اندازه‌گیری شده را به دو دسته باران‌های کافی و باران‌های ناکافی برای اشباع آب تاج پوشش تقسیم کرد که این عمل از طریق نمودار پراکنش مقادیر در هر بارش (محور x) و تاج بارش (محور y) به‌طور چشمی تعیین می‌شود. در واقع با تعیین این نقطه، مقدار نقطه اشباع آب تاج پوشش برآوردی به دست می‌آید. نقطه‌ای از نمودار که شیب منحنی ابر نقاط افزایش می‌یابد، مقدار بارانی را نشان می‌دهد که برای اشباع تاج پوشش کافی است و در باران‌های بیش از این مقدار، سهم بیشتری از باران به تاج بارش اختصاص می‌یابد. کمتر از این حد را باران ناکافی برای اشباع تاج پوشش و مقادیر برابر یا بیشتر از آن را باران‌های کافی برای اشباع تاج پوشش در نظر می‌گیرند.

برای به دست آوردن نقطه اشباع آب تاج پوشش محاسباتی، از رابطه Licata et al. (2011) بهره گرفته شد (رابطه ۱).

$$P'_G = \frac{b_2}{|a_1 - a_2|} \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه، b_2 و a_2 به ترتیب عرض از مبدأ و شیب خط رگرسیون خطی باران‌های کافی و a_1 شیب خط رگرسیون باران‌های ناکافی برای اشباع تاج پوشش است. ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش (S) که بیانگر کمینه مقدار آب لازم برای اشباع تاج پوشش در زمان بارندگی است، از روش Mean تعیین شد، زیرا روش Mean متداول‌ترین روش رگرسیونی محاسبه S در

جهان محسوب می‌شود (Friesen et al., 2015). براساس این روش، از تفاوت بین تاج بارش و بارندگی در هر بارش در محل برخورد دو خط رگرسیون باران‌های کافی و باران‌های ناکافی برای اشباع آب تاج پوشش، می‌توان مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش را محاسبه کرد (Pypker et al., 2005).

نسبت تبخیر در زمان بارندگی به شدت بارندگی (\bar{E}/\bar{R}) از تفاضل شیب رگرسیون باران‌های کافی برای اشباع آب تاج پوشش از مقدار ۱ حاصل می‌شود (Pypker et al., 2005).

ضریب تاج بارش مستقیم (p) نشان‌دهنده این است که چه سهمی از تاج بارش بدون برخورد به تاج پوشش به پوشش کف جنگل می‌رسد. مقدار این ضریب برابر با عدد شیب رگرسیون خطی نمودار بین تاج بارش و بارندگی، در رخدادهای باران ناکافی برای اشباع آب تاج پوشش، می‌باشد (Pypker et al., 2005).

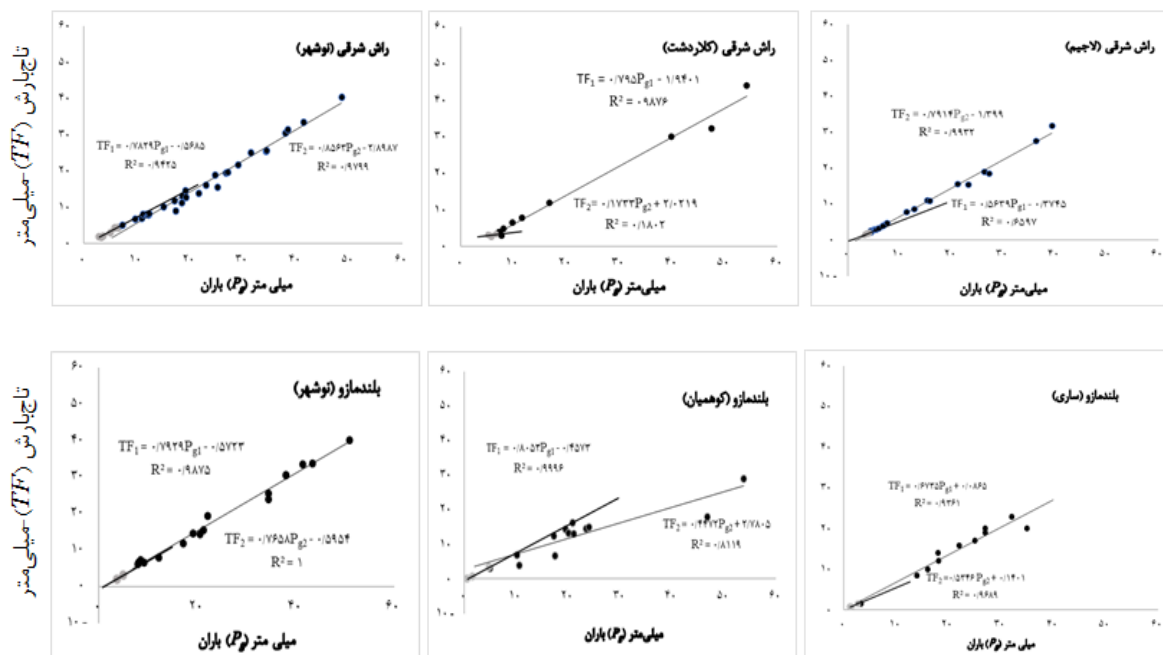
نتایج

شکل ۱ رابطه خطی بین باران (P_g) و تاج بارش (TF) برای باران‌های بیشتر از نقطه اشباع آب تاج پوشش (P'_G) (خط R_2) و کمتر از این نقطه (خط R_1) برای شش توده پهن‌برگ تحت بررسی را نشان می‌دهد. براساس این نمودارها با افزایش مقدار باران، مقدار تاج بارش به صورت خطی افزایش می‌یابد.

جدول ۳ مقادیر مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک تاج پوشش را برای شش توده پهن‌برگ مورد مطالعه نشان می‌دهد. بیشترین و کمترین مقدار نقطه اشباع آب تاج پوشش به ترتیب در توده‌های بلندمازو نوشهر (۷/۸۷ میلی‌متر) و بلندمازو ساری (۳/۳۰ میلی‌متر) حاصل شد و به‌طور میانگین، مقدار نقطه اشباع آب تاج پوشش در بلندمازو ۰/۹۲ میلی‌متر بیشتر از توده راش شرقی حاصل شد (جدول ۳). مقدار مشخصه ظرفیت نگهداری آب تاج پوشش بین ۰/۰۹ میلی‌متر (توده بلندمازو ساری) تا ۲/۹۰ میلی‌متر (توده راش شرقی نوشهر) در نوسان است. به‌طور میانگین مقدار

(جدول ۱). کمترین مقدار مشخصهٔ نسبت تبخیر در زمان بارندگی به شدت باران ۰/۱۴ در تودهٔ راش شرقی نوشهر محاسبه شد، در حالی که بیشترین مقدار این مشخصه در تودهٔ بلندمازوی کوهمیان با مقدار عددی ۰/۵۵ به دست آمد و میانگین این ضریب در بلندمازو ۴۴ درصد بیشتر از راش شرقی است (جدول ۳).

این مشخصه در گونهٔ راش شرقی حدود ۸۱ درصد بیشتر از گونه بلندمازو است (جدول ۳). دامنهٔ مقادیر به‌دست‌آمده از ضریب تاج‌بارش مستقیم بین ۰/۱۷ در تودهٔ راش شرقی کلاردشت تا ۰/۸۱ در تودهٔ بلندمازو کوهمیان در نوسان است. میانگین این ضریب در بلندمازو ۰/۷۱ و در راش شرقی ۰/۵۰ به‌دست آمد



شکل ۱- رابطهٔ خطی بین باران (P_g) و تاج‌بارش (TF) برای باران‌های بیشتر از نقطهٔ اشباع آب تاج‌پوشش برآوردی (خط R_2 - دایره‌های مشکی) و کمتر از این نقطه (خط R_1 - دایره‌های طوسی) برای شش تودهٔ تحت بررسی است

جدول ۳- مقادیر مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک تاج‌پوشش توده‌های راش شرقی و بلندمازو

| میانگین راش شرقی (میلی‌متر) | کلاردشت راش شرقی | لاجیم راش شرقی | نوشهر راش شرقی | میانگین بلندمازو (میلی‌متر) | نوشهر بلندمازو | ساری بلندمازو | کوهمیان بلندمازو | مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک تاج‌پوشش |
|-----------------------------|------------------|----------------|----------------|-----------------------------|----------------|---------------|------------------|---|
| ۶/۲۹ | ۷/۲۱ | ۴/۴۱ | ۷/۲۴ | ۵/۳۷ | ۷/۸۷ | ۳/۳۰ | ۴/۹۳ | نقطهٔ اشباع آب تاج‌پوشش (P_g' ، میلی‌متر) |
| ۲/۰۸ | ۱/۹۴ | ۱/۴۰ | ۲/۹۰ | ۱/۱۵ | ۰/۵۷ | ۰/۰۹ | ۲/۷۸ | ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش (S ، میلی‌متر) |
| ۰/۵۰ | ۰/۱۷ | ۰/۵۶ | ۰/۷۸ | ۰/۷۱ | ۰/۷۷ | ۰/۵۴ | ۰/۸۱ | ضریب تاج‌بارش مستقیم (p) |
| ۰/۲۵ | ۰/۲۰ | ۰/۲۱ | ۰/۱۴ | ۰/۳۶ | ۰/۲۱ | ۰/۳۳ | ۰/۵۵ | نسبت تبخیر در زمان بارندگی به شدت باران (\bar{E}/\bar{R}) |

بحث

به‌طور متوسط، مقدار نقطه اشباع آب تاج‌پوشش در گونه راش شرقی بیشتر از گونه بلندمازو حاصل شد. نقطه اشباع تاج‌پوشش، در واقع بیشینه مقداری از آب باران است که برای اشباع تاج‌پوشش لازم است و اگر ضریب تاج‌بارش مستقیم را برابر صفر در نظر بگیریم، مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش با این نقطه برابر است، هرچند که در بیشتر مواقع، مقدار عددی این نقطه از مقدار عددی ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش بیشتر است (Sadeghi & Attarod, 2014, 2015; Sadeghi et al., 2015a, b). شایان ذکر است که قبل از نقطه اشباع تاج‌پوشش، کل مقدار تاج‌بارش رسیده به کف جنگل به‌صورت تاج‌بارش مستقیم است و مقدار ریزش‌های تاجی برابر صفر در نظر گرفته می‌شود (Sadeghi & Attarod, 2014, 2015; Attarod & Sadeghi, 2018). مشخصه نقطه اشباع آب تاج‌پوشش نشان می‌دهد که در صورت اینکه تاج‌پوشش در حالت کاملاً بسته قرار گرفته باشد، چقدر آب باران برای اشباع تاج‌پوشش لازم است (Sadeghi & Attarod, 2015; Attarod & Sadeghi, 2018). بر اساس این یافته، در صورت ۱۰۰ درصد بودن تاج‌پوشش (بسته بودن کامل تاج‌پوشش)، مقدار آب باران بیشتری در توده راش شرقی نسبت به توده بلندمازو نیاز است تا شاهد ریزش تاج‌بارش در کف جنگل باشیم. به‌طور میانگین، مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش در توده راش شرقی بیشتر از توده بلندمازو حاصل شد. این یافته نشان می‌دهد که با مشخصات مورفولوژیکی فعلی دو توده (جدول ۱)، کمینه آب لازم در توده راش شرقی به مقدار ۰/۹۳ میلی‌متر بیشتر از توده بلندمازو است. مهم‌ترین مشخصه در کنترل مقدار باران‌ربایی و متداول‌ترین مشخصه اکوهیدرولوژیک در مدل‌سازی‌های توزیع اجزای باران، مشخصه ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش است (Muzyllo et al., 2009; Sadeghi et al., 2015a, b; Nazari et al., 2020). یکی

از دلایل اصلی بیشتر بودن مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش در راش شرقی نسبت به بلندمازو، کمتر بودن درصد تاج‌پوشش در بلندمازو نسبت به راش شرقی است (جدول ۱). بیشتر بودن درصد تاج‌پوشش در توده راش شرقی نسبت به بلندمازو بر اساس یافته‌های جدول ۳ نیز تأیید می‌شود، زیرا براساس این جدول، ضریب تاج‌بارش مستقیم در توده راش شرقی ۰/۵۰ و در توده بلندمازو ۰/۷۹ است و از آنجا که درصد تاج‌پوشش برابر با یک منهای عدد ضریب تاج‌بارش مستقیم است (Gash et al., 1995; Sadeghi et al., 2017)، درصد تاج‌پوشش در توده‌های راش شرقی و بلندمازو به ترتیب ۰/۵۰ و ۰/۲۱ حاصل شد.

ضریب تاج‌بارش مستقیم از جمله عوامل مهم در پژوهش‌های اکوهیدرولوژی جنگل در زمینه تنک کردن و هرس کردن درختان است (Hakimi et al., 2018) که هرچه توده یا تاج درخت تنک‌تر باشد، مقدار آن بیشتر است (Sadeghi et al., 2018). هرچه مقدار این مشخصه بیشتر باشد، نشان می‌دهد که سهم زیادتری از تاج‌بارش بدون برخورد به تاج‌پوشش (از فضای بین تاج درختان یا فضای بین درختان) به پوشش کف جنگل می‌رسد (Wullaert et al., 2009; Attarod et al., 2015; Attarod & Sadeghi, 2018). در ناحیه رویشی هیرکانی، در جایی که توده جنگلی با کمبود آب مواجه است، انجام دادن تیمارهای جنگل‌شناسی (مانند تنک کردن و هرس کردن) موجب افزایش ضریب تاج‌بارش مستقیم و در نتیجه مقدار تاج‌بارش رسیده به پوشش کف جنگل می‌شود. در واقع با کمی‌سازی این ضریب می‌توان مقدار فضای خالی تاج یا تاج‌پوشش درختان را به‌دست آورد (Pypker et al., 2005). یکی از دلایل اصلی بیشتر بودن مقادیر نقطه اشباع آب تاج‌پوشش و ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش در راش شرقی نسبت به بلندمازو این است که مقدار عددی ضریب تاج‌بارش در راش شرقی نسبت به بلندمازو کمتر است و در نتیجه مقدار تاج‌پوشش (سطح جذب‌کننده آب باران) در راش شرقی بیشتر از بلندمازو است.

در اکوسیستم‌های جنگلی، شناخت مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک توده‌های مختلف جنگلی است که این پژوهش نخستین بار در سطح کلان و در شش تودهٔ جنگلی از دو گونهٔ اصلی جنگل‌های ناحیهٔ رویشی هیرکانی (گونه‌های بلندمازو و راش شرقی) انجام گرفت. از آنجا که تعیین مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک درختان، زمان بر، هزینه بر و نیازمند ادوات پیشرفته است و از سوی دیگر، در کشورهای جهان سوم امکانات ثبت داده‌های اقلیمی خودکار در اکوسیستم‌های جنگلی به ندرت وجود دارد، برآورد مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک می‌تواند به مدیران جنگل در انتخاب گونه‌های مناسب و اعمال تیمارهای جنگل‌شناسی از نظر هیدرولوژی جنگل، کمک‌رسان باشد. همچنین گام اول در مدل‌سازی توزیع اجزای باران به باران‌رایی، تاج‌بارش و ساقاب در اکوسیستم‌های جنگلی، تعیین مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک درختان است و با تعیین این مشخصه‌ها، می‌توان به کمی‌سازی مؤلفه‌های یادشده و در نتیجه مدیریت بهتر منابع آبی کشور پرداخت. در پایان شایان ذکر است که یافته‌های این پژوهش فقط بر مبنای پارامترهای اکوهیدرولوژیک تاج‌پوشش است و برای درک بهتر رفتار گونه‌های راش شرقی و بلندمازو از نظر چرخهٔ هیدرولوژیک باید پارامترهای اکوهیدرولوژیک تنه، باران‌رایی لاشبرگ، ورود عناصر غذایی از تاج‌بارش و ساقاب، آب‌شویی لاشبرگ‌ها، تعرق گونه‌های درختی، نفوذ آب باران به داخل خاک و ضریب رواناب در هر گونه بررسی شوند.

مقدار متوسط مشخصهٔ نسبت تبخیر در زمان بارندگی به شدت باران در تودهٔ بلندمازو بیشتر از راش شرقی حاصل شد. این مشخصه کنترل‌کنندهٔ مقدار باران‌رایی در زمان وقوع بارندگی است (Nazari et al., 2020). یکی از دلایل بیشتر بودن این مقدار در بلندمازو نسبت به راش شرقی، بیشتر بودن دمای هوا در توده‌های بلندمازو است (جدول ۱). بیشتر بودن مقدار متوسط باران در تودهٔ بلندمازو نسبت به راش شرقی (جدول ۲) نیز از دیگر دلایل این یافته است. (Pypker et al. 2005) نیز اذعان داشتند که در رخداد‌های باران با مقدار زیاد، این ضریب بزرگ خواهد بود.

در تنها تحقیق انجام گرفته دربارهٔ مشخصه‌های اکوهیدرولوژی تاج‌پوشش درختان پهن‌برگ در ناحیهٔ رویشی هیرکانی، (Sefidi et al. 2020) با بررسی مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک راش شرقی در منطقهٔ سیاهکل استان گیلان، مقدار ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش را $0/44$ میلی‌متر، نسبت تبخیر به شدت باران در زمان بارندگی (\bar{E}/\bar{R}) را $0/16$ ، ضریب تاج‌بارش مستقیم را $0/57$ و نقطهٔ اشباع آب تاج‌پوشش را $1/63$ میلی‌متر گزارش کردند. دلیل تفاوت یافته‌های بین پژوهش حاضر و تحقیق Sefidi et al. (2020) ممکن است تفاوت ویژگی‌های پوشش گیاهی، خصوصیات اقلیم و ویژگی‌های بارندگی باشد (Attarod & Sadeghi, 2018).

نتیجه‌گیری

یکی از راهکارهای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب

References

- Abbasian, P., Attarod, P., Sadeghi, S.M.M., Van Stan, J.T., & Hojjati, S.M. (2015). Throughfall nutrients in a degraded indigenous *Fagus orientalis* forest and a *Picea abies* plantation in the of North of Iran. *Forest Systems*, 24(3), 1-10.
- Ahmadi M.T., Attarod, P., Marvi Mohadjer, M.R., Rahmani, R., & Fathi J. (2009). Partitioning rainfall into throughfall, stemflow, and interception loss in an oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest during the growing season. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33, 557-568.
- Ahmadi, M.T., Attarod, P., Zahedi Amiri, G., Sadeghi, S.M.M., & Hojjati, S.M. (2016). Estimating canopy ecohydrological parameters of a *Picea abies* stand in the Caspian forests, North of Iran. *Iranian Journal of Forest*, 7(4), 459-469.

- Attarod, P., & Sadeghi, S.M.M. (2018). *Forest Ecohydrology*, Tehran: Jahad Daneshgahi.
- Attarod, P., Sadeghi, S.M.M., Pypker, T.G., Bagheri, H., Bagheri, H., & Bayramzadeh, V. (2015). Needle-leaved trees impacts on rainfall interception and canopy storage capacity in an arid environment. *New Forests*, 46, 339-355.
- Fathizadeh, O., Sadeghi, S.M.M., Holder, C.D., & Su, L. (2020). Leaf phenology drives spatio-temporal patterns of throughfall under a single *Quercus castaneifolia* C.A.Mey. *Forests*, 11, 688.
- Friesen, J., Lundquist, J., & Van Stan, J.T. (2015). Evolution of forest precipitation water storage measurement methods. *Hydrological Processes*, 29(11), 2504-2520.
- Gash, J.H.C., Lloyd, C.R., & Lachaud, G. (1995). Estimating sparse forest rainfall interception with an analytical model. *Journal of Hydrology*, 170, 79-86.
- Hakimi, L., Sadeghi, S.M.M., Van Stan, J.T., Pypker, T.G., & Khosropour, E. (2018). Management of pomegranate (*Punica granatum*) orchards alters the supply and pathway of rain water reaching soils in an arid agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 259, 77-85.
- Hosseini Ghaleh Bahmani, S.M., Attarod, P., Bayramzadeh, V., Ahmadi, M.T., & Radmehr, A. (2012). Throughfall, stemflow, and rainfall interception in a natural pure forest of chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* C.A. Mey.) in the Caspian Forest of Iran. *Annals of Forest Research*, 55(22), 197-206.
- Licata, J.A., Pypker, T.G., Weigandt, M., Unsworth, M.H., Gyenge, J.E., Fernández, M.E., Schichter, M., & Bond, B.J. (2011). Decreased rainfall interception balances increased transpiration in exotic ponderosa pine plantations compared with native cypress stands in Patagonia, Argentina. *Ecohydrology*, 4, 83-93.
- Muzylo, A., Llorens, P., Valente, F., Keizer, J.J., Domingo, F., & Gash, J.H.C. (2009). Review of rainfall interception modelling. *Journal of Hydrology*, 370, 191-206.
- Nazari, M., Sadeghi, S.M.M., Van Stan II, J.T., & Chaichi, M.R. (2020). Rainfall interception and redistribution by maize farmland in central Iran. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 27, 100656.
- Nezamdoost, H., Sefidi, K., Rasoulzadeh, A., & Sadeghi, S.M.M. (2017). Quantifying throughfall, stemflow, and rainfall interception in a *Fagus orientalis* forest and a *Picea abies* plantation in Siahkal, Gilan. *Iranian Journal of Forest*, 9(3), 385-397.
- Pypker, T.G., Bond, B.J., Link, T.E., Marks, D., & Unsworth, M.H. (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.
- Sadeghi, S.M.M., & Attarod, P. (2014). Estimation of canopy ecohydrological parameters of *Pinus eldarica* trees in a semiarid climate. *Iranian Journal of Forest*, 6(2), 167-182.
- Sadeghi, S.M.M., & Attarod, P. (2015). Estimation of the canopy storage capacity and free throughfall coefficient by a *Pinus eldarica* afforestation using the regression-based methods. *Iranian Journal of Forest*, 7(1), 1-16.
- Sadeghi, S.M.M., Attarod, P., Van Stan II, J.T., Pypker, T.G., & Dunkerley, D. (2015a). Efficiency of the reformulated Gash's interception model in semiarid afforestations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 201, 76-85.
- Sadeghi, S.M.M., Attarod, P., & Pypker, T.G. (2015b). Differences in rainfall interception during the growing and non-growing seasons in a *Fraxinus rotundifolia* plantation located in a semiarid climate. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17, 145-156.
- Sadeghi, S.M.M., Attarod, P., Van Stan, J.T., & Pypker, T.G. (2016). The importance of considering rainfall partitioning in afforestation initiatives in semiarid climates: A comparison of common planted tree species in Tehran, Iran. *Science of the Total Environment*, 568, 845-855.

- Sadeghi, S.M.M., Van Stan II, J.T., Pypker, T.G., & Friesen, J. (2017). Canopy hydrometeorological dynamics across a chronosequence of a globally invasive species, *Ailanthus altissima* (Mill., tree of heaven). *Agricultural and Forest Meteorology*, 240, 10-17.
- Sadeghi, S.M.M., Van Stan, J.T., Pypker, T.G., Tamjidi, J., Friesen, J., & Farahnaklangroudi, M. (2018). Importance of transitional leaf states in canopy rainfall partitioning dynamics. *European Journal of Forest Research*, 137(1), 121-130.
- Sadeghi, S.M.M., Attarod, P., Bozorg-Haddad, O., Van Stan, J.T., & Pypker, T. (2019). Comparison of different Gash physically-based models for estimating stemflow in an elder pine stand in the Chitgar forest park. *Iranian Journal of Forest*, 10(4), 461-473.
- Sadeghi, S.M.M., Gordon, D.A., & Van Stan II, J.T. (2020). A Global Synthesis of Throughfall and Stemflow Hydrometeorology. In *Precipitation Partitioning by Vegetation*, Springer, Cham.
- Sefidi, K., Sadeghi, S.M.M., Fathizadeh, O., Rasoulzadeh, A., & Nazamdoost, H. (2020). Estimation of canopy and trunk ecohydrological parameters of *Fagus orientalis* and *Picea abies* stands (Siahkal, Gilan province). *Journal of Forest Research and Development*, 5, 11-17.
- Tafazoli, M., Attarod, P., Hojjati, S.M., & Tafazoli, M. (2015). Rainfall interception by *Quercus castaneifolia*, *Acer velutium*, and *Pinus brutia* plantations within the growing season in Darabkola Forest of Mazandaran Province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(1), 1-12.
- Tahmasebi, A. (2015). Rainfall interception in a man-made plantation of *Cupressus sempervirens* var. *horizontalis* and a natural stand of *Quercus castaneifolia* in Kuhmian Forest Management Plan, Golestan Province, North of Iran. MSc Thesis, University of Tehran.
- Wullaert, H., Pohlert, T., Boy, J., Valarezo, T., & Wilcke, W. (2009). Spatial throughfall heterogeneity in a montane rain forest in Ecuador: Extent, temporal stability and drivers. *Journal of Hydrology*, 377, 71-79.



Research Article

Estimation of canopy ecohydrological parameters of oriental beech and chestnut-leaved oak stands in the Hyrcanian vegetation region

T. Panahandeh¹, P. Attarod^{2*}, M. Namiranian², V. Bayramzadeh³, and S.M.M. Sadeghi⁴

¹M.Sc. Graduated of Forest Biology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran

²Prof., Dept. of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran

³Associate Prof., Dept. of Wood Sciences, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

⁴Ph.D. of Silviculture and Forest Ecology, Dept. of Forest Engineering, Forest Management Planning and Terrestrial Measurements, Faculty of Silviculture and Forest Engineering, Transilvania University of Brasov, Brasov, Romania

(Received: 10 May 2021; Accepted: 25 August 2021)

Abstract

Calculating the amount of canopy ecohydrological parameters is the main step in rainfall partitioning modeling, and by calculating the amount of ecohydrological parameters, it is possible to predict the amount of throughfall, stemflow, and rainfall interception per rain storm. Therefore, this study aimed to evaluate the canopy ecohydrological parameters of three oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands and three chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) located in the Hyrcanian vegetation region in the annual-based time scale. They studied ecohydrological parameters were canopy saturation point, canopy water storage capacity, free throughfall coefficient, and the ratio of mean evaporation rate from canopy to the mean rainfall intensity. On average, the canopy saturation point was 5.37 mm in the chestnut-leaved oak and 6.29 mm in the oriental beech. Also, on average, the canopy water storage capacity of the oriental beech (2.08 mm) was higher than that of the chestnut-leaved oak (1.15 mm). The mean rainfall magnitudes in the chestnut-leaved oak and oriental beech stands were 20.0 and 16.2 mm, respectively. The average relative interception in the oriental beech (36.9%) was slightly higher than the chestnut-leaved oak (33.5%). The average free throughfall coefficient and the ratio of mean evaporation rate from canopy to the mean rainfall intensity were calculated to be 0.50 and 0.25 for the oriental beech and 0.71 and 0.36 for the chestnut-leaved oak. By knowing the values of canopy ecohydrological parameters, thinning and pruning silvicultural treatments can be applied in stands with high water storage capacity and low free throughfall coefficient to reduce rainfall interception.

Keywords: Canopy saturation point, canopy water storage capacity, free throughfall coefficient, forest ecohydrology.