

تغییرپذیری فصلی و دوره‌ای ساقاب، تاج‌بارش و اتلاف تاجی توده راش شرقی در جنگل آموزشی پژوهشی شصت‌کلاته

سمیه قربانی^۱ و رامین رحمانی^{۲*}

^۱استادیار پژوهش، جهاد دانشگاهی، تهران

^۲دانشیار گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۴/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۲)

چکیده

تغییرات فنولوژی برگ، مشخصه‌های بارش و شرایط آب‌وهوا موجب تغییر فصلی در کمیت و کیفیت توزیع اجزای بارش (ساقاب، تاج‌بارش و اتلاف تاجی) در توده‌های پهن‌برگ خزان‌کننده می‌شوند. این پژوهش در توده راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) واقع در جنگل شصت‌کلاته با اقلیم نیمه‌مرطوب اجرا شد. برای تعیین مقدار اتلاف تاجی، ۳۱ درخت راش به‌طور تصادفی انتخاب شدند. بارش، ساقاب و تاج‌بارش به مدت یک سال، از ۲۲ آبان ۱۳۸۴ تا ۲۲ آبان ۱۳۸۵، اندازه‌گیری شدند. مقدار بارش ۸۲۷/۱ میلی‌متر بود. میانگین سهم اتلاف تاجی بهار ۵۲/۴ درصد، تابستان ۶۶/۱ درصد، پاییز ۵۸/۲ درصد، زمستان ۵۳/۵ درصد، دوره برگ‌دار ۵۶/۵ درصد و دوره بی‌برگی ۵۶/۷ درصد به‌دست آمدند. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که بین سهم اجزای بارش در فصل‌های سال تفاوت وجود دارد، ولی سهم اجزای بارش در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی مشابه بود ($p < 0.05$). تغییرات فصلی سبب تفاوت در سهم توزیع اجزای باران در فصل‌های سال شده است، به‌طوری‌که بیشینه سهم ساقاب و تاج‌بارش در بهار و کمینه آنها در تابستان حاصل شد. علاوه بر این، بیشینه و کمینه سهم اتلاف تاجی به ترتیب در تابستان و بهار به‌دست آمد. کمینه مقدار آب واردشده به کف جنگل در تابستان و بیشینه آن در بهار و زمستان بود. با توجه به نتایج این پژوهش، اجرای عملیات پرورشی برای افزایش ورودی آب به کف جنگل در فصل تابستان ضروری است.

واژه‌های کلیدی: اجزای بارش، اکوهیدرولوژی جنگل، بارش خالص، فنولوژی برگ، ناحیه هیرکانی.

مقدمه

تاج‌پوشش می‌نامند (Levia & Germer, 2015). بارش خالص از مجموع ساقاب و تاج‌بارش به‌دست می‌آید (Pypker et al., 2012). اتلاف تاجی، مقدار آبی است که از سطح شاخه‌ها، برگ‌ها و تنه درختان تبخیر می‌شود (Sun et al., 2013) و در دسترس پوشش گیاهی کف جنگل قرار نمی‌گیرد (Gerrits et al., 2010). تغییر توزیع اجزای بارش بر پویایی رطوبت خاک (Germer, 2013;

اتلاف تاجی بخشی از بارش است که از طریق تاج‌پوشش نگهداری می‌شود، سپس تبخیر می‌شود و به هواسپهر باز می‌گردد (Carlyle-Moses & Gash, 2011). آب حاصل از بارش، پس از ریزش به روی تاج‌پوشش جنگل به سه بخش ساقاب، تاج‌بارش و اتلاف تاجی تقسیم می‌شود که آنها را توزیع اجزای بارش هنگام برخورد با

Gerrits et al., 2010;) توزیع اجزای بارش می‌شوند (Herbst et al., 2008; Oyarzún et al., 2011; Sadeghi et al., 2017, 2015; Salehi et al., 2016; Šraj et al., 2008; Stealens et al., 2007).

تغییرات فصلی توزیع اجزای بارش، ورود آب به کف جنگل را کنترل می‌کند (Germer, 2013;) و می‌تواند در تغییرات ذخیره آب در خاک نقش چشمگیری داشته باشد. در جنگل راش اروپایی، سهم ساقاب در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی به ترتیب ۱ و ۱۶ درصد، سهم تاج‌بارش ۵۹/۸ و ۸۳ درصد و سهم اتلاف تاجی ۱۰ و ۳۶ درصد گزارش شد (Neal et al., 1993; Staelens et al., 2008). پژوهش‌های منتشرشده درباره توزیع اجزای بارش در جنگل‌های راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) در ناحیه هیرکانی محدودند (جدول ۱). در این پژوهش‌ها، مقدار توزیع اجزای بارش در یک سال یا یک فصل اندازه‌گیری شد و با اینکه سهم تاج‌بارش، ساقاب و اتلاف تاجی به مقدار زیاد تحت تأثیر تغییر فصل قرار دارد (Gerrits et al., 2010; Salehi et al., 2016;) ولی تغییرپذیری آن در جنگل‌های هیرکانی کمتر بررسی شده است.

(Gerrits et al., 2010) و غلظت عناصر غذایی (Abbasian et al., 2015; Salehi et al., 2016) تأثیر می‌گذارد. از اتلاف تاجی برای ارزیابی نقش جنگل در تراز آبی حوضه آبریز استفاده می‌شود (Klamerus-Iwan, 2014).

توزیع اجزای بارش در درختان پهن‌برگ به مقدار زیاد تحت تأثیر فنولوژی برگ قرار دارد (Oyarzún et al., 2011; Sadeghi et al., 2017, 2015;) مساحت برگ‌ها و ویژگی‌های سطح آنها از فصلی به فصل دیگر تغییر می‌کند و از طریق تغییر دادن مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک وابسته به مساحت برگ‌های تاج‌پوشش (ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش، تبخیر از تاج‌پوشش اشباع‌شده و نسبت تبخیر به سرعت بارش در تاج‌پوشش اشباع‌شده) (Sadeghi et al., 2017, 2015;) سبب تغییر فصلی توزیع اجزای بارش در درختان پهن‌برگ می‌شوند. علاوه بر این، مقدار توزیع اجزای بارش به مشخصه‌های بارش (شدت، زمان و مقدار) بستگی دارد که در طول زمان تغییر می‌کند (Ahmadi et al., 2011; Gerrits et al., 2010). این عوامل در طول زمان به‌طور مستمر تغییر می‌کنند، در نتیجه موجب تغییر فصلی و دوره‌ای

جدول ۱- مرور مطالعات انجام‌گرفته در مورد مقدار بارش و سهم اجزای بارش در جنگل‌های راش شرقی در ناحیه هیرکانی

منبع	سهم اجزای بارش (درصد)				بارش کل (میلی‌متر)	دوره اندازه‌گیری
	اتلاف تاجی	بارش خالص	تاج‌بارش	ساقاب		
Ghorbani & Rahmani, 2009	۵۹/۸	۴۰/۳	۴۰/۰	۰/۳	۸۲۷/۱	یک سال
Moslehi et al., 2011	۲۶/۹	-	۷۳/۱	-	۹۷۰/۰	یک سال
Hemati et al., 2012	۵۱/۳	-	۴۷/۵	۱/۲	۱۴۹۷/۰	یک سال
Salehi et al., 2016	۲۲/۵-۲۵/۹	-	۷۴/۱-۷۷/۸	-	۱۰۰۹	یک سال
Ahmadi et al., 2009	۳۲/۵	۶۷/۵	۶۵/۵	۲/۰	۲۰۶/۸	فصل تابستان
Hosseini Ghaleh Bahmani et al., 2011	۲۶/۰	۷۴/۰	۷۱/۳	۲/۷	۲۷۰/۰	فصل رویش
Ahmadi et al., 2011	۲۴/۱	۷۵/۹	۷۲/۷	۳/۲	۱۰۰۱/۵	دو فصل رویش
Abbasian et al., 2015	۳۰/۰	-	۷۰/۰	-	۳۸۰/۰	هشت ماه

- اندازه‌گیری نشد.

شامل ممرز، انجیلی، پلت، شیردار، توسکا بیلاقی و خرمندی، توده آمیخته و ناهمسال را به وجود آورده‌اند. این توده دارای تاج پوشش بسته است. تراکم درختان قطورتر از ۱۰ سانتی‌متر ۱۶۶ اصله در هکتار است. موجودی سرپای توده ۴۵۹ متر مکعب در هکتار است که درختان راش ۶۳ درصد از آن را تشکیل می‌دهند (Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 2008).

روش اجرای پژوهش

برای اندازه‌گیری ساقاب و تاج‌بارش، ۳۱ درخت راش با قطرهای بین ۳۰ تا ۱۳۰ سانتی‌متر با وضعیت سالم و شاداب و دارای تاج متقارن و تنه استوانه‌ای به‌طور تصادفی انتخاب شدند. درختان نمونه با درختان مجاور تداخل تاجی نداشتند. بارش (باران و برف) با استفاده از باران‌سنج دستی با قطر ۲۰ و ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر که بر فراز تاج یک درخت انجیلی نصب شده بود، اندازه‌گیری شد. ساقاب به‌وسیله یک ناودان لاستیکی که به‌صورت مارپیچ به دور تنه درخت نمونه متصل شده بود، جمع‌آوری و به مخزن ۲۲ لیتری هدایت شد (Gerrits et al., 2010). فاصله بین ناودان و پوست درخت با چسب سیلیکونی درزبندی شد. تاج‌بارش با استفاده از ظرف‌های پلاستیکی استوانه‌ای (Llorens & Domingo, 2007) با قطر ۱۰ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر جمع‌آوری شد. زیر هر درخت نمونه، چهار جمع‌آوری‌کننده تاج‌بارش در چهار جهت جغرافیایی نصب شد. فاصله جمع‌آوری‌کننده‌ها از مرکز تنه درخت به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ برابر قطر تاج هر درخت بود. پس از پایان یافتن بارش و توقف کامل جریان تاج‌بارش و ساقاب، حجم آب جمع‌آوری‌شده توسط باران‌سنج و جمع‌آوری‌کننده‌های ساقاب و تاج‌بارش اندازه‌گیری شد.

تمامی اندازه‌گیری‌های مربوط به بارش و اجزای بارش از ۲۲ آبان ۱۳۸۴ به مدت یک سال انجام گرفت.

براساس نظر اکوهیدرولوژیست‌های جنگل، مقایسه مقادیر توزیع اجزای بارش در یک گونه به‌سبب تنوع روش و همچنین تفاوت در رویشگاه‌های بررسی‌شده و زمان‌های اندازه‌گیری، بسیار دشوار است (Crockford & Richardson, 2000; De Jong & Jetten, 2007). در جدول ۱، سهم اجزای بارش در یک سال، یک فصل یا بخشی از سال به‌طور دقیق ارائه شده است، ولی شناخت چگونگی تأثیر تغییر فصل بر سهم اجزای بارش نیازمند اندازه‌گیری و مقایسه اجزای بارش در فصل‌های مختلف در یک توده و در یک منطقه مشخص است.

جنگل‌های ناحیه رویشی هیرکانی به مساحت ۱/۹ میلیون هکتار (Sagheb Talebi et al., 2014)، در شمال کشورند. تغییرات فصلی توزیع اجزای بارش از عوامل اثرگذار بر اکوهیدرولوژی این جنگل‌هاست و شناخت آن به درک بهتر نحوه انتقال آب حاصل از بارش، از تاج پوشش به هوا سپهر و کف جنگل کمک می‌کند. با توجه به تأثیر تغییر فصل بر مقدار ساقاب، تاج‌بارش، و اتلاف تاجی و به دلیل نبود داده‌های این توزیع در فصل‌های مختلف، لازم است تغییرات فصلی توزیع اجزای بارش در جنگل راش شرقی بررسی شود. این پژوهش با اهداف تعیین و مقایسه مقادیر فصلی (بهار، تابستان، پاییز و زمستان) و دوره‌ای (برگ‌دار و بی‌برگی) ساقاب، تاج‌بارش و اتلاف تاجی به مدت یک سال در توده راش شرقی شصت‌کلاته انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

این پژوهش در ۱۶ هکتار از پارسل ۳۲ واقع در بخش یک طرح جنگلداری شصت‌کلاته با مساحت ۱۷۱۳ هکتار، بین عرض‌های جغرافیایی شمالی ۳۶°۴۳' تا ۳۶°۴۵' و طول‌های جغرافیایی شرقی ۵۴°۲۱' تا ۵۴°۲۴' انجام گرفت. این پارسل به‌طور میانگین در ارتفاع ۹۲۰ متر از سطح دریا قرار دارد که در آن گونه راش همراه با دیگر گونه‌های درختی

آزمون تی مستقل در سطح احتمال ۵ درصد انجام پذیرفت.

نتایج

در طول مدت اجرای پژوهش، ۳۳ رخداد بارش ثبت و ۸۲۷/۱ میلی‌متر بارش اندازه‌گیری شد. میانگین بارش در یک رخداد ۲۵ میلی‌متر (کمینه ۱/۱ و بیشینه ۷۸/۶ میلی‌متر) بود. توزیع بارش در فصل‌های سال (بهار ۳۴/۲، تابستان ۱۷/۷، پاییز ۲۵ و زمستان ۲۳/۱ درصد) و در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی (به ترتیب ۶۸/۸ و ۳۱/۲ درصد) نابرابر بود. در جدول ۲، مشخصه‌های بارش در فصل‌های سال و دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی در توده بررسی و برخی مشخصه‌های آب‌وهوای ایستگاه هاشم‌آباد ارائه شده است. کمترین و بیشترین تعداد بارش به ترتیب در تابستان (۶ رخداد) و بهار (۱۲ رخداد) رخ داد. طول دوره برگ‌دار در حدود ۱/۶ برابر طول دوره بی‌برگی بود، ولی تعداد و مقدار بارش در دوره برگ‌دار به ترتیب ۲/۳ و ۲/۲ برابر دوره بی‌برگی بود.

برای بررسی تغییرپذیری، داده‌ها براساس فصل‌های سال شامل بهار، تابستان، پاییز و زمستان و همچنین براساس دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی طبقه‌بندی شدند. از ۲۲ آبان ۱۳۹۴ تا ۱۵ فروردین ۱۳۹۵، به مدت ۱۴۲ روز به‌عنوان دوره بی‌برگی و از ۱۵ فروردین ۱۳۹۵ تا ۲۲ آبان ۱۳۹۵ به مدت ۲۲۳ روز به‌عنوان دوره برگ‌دار مشخص شدند. دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی با مشاهده هفتگی فنولوژی برگ درختان راش تعیین شدند. از داده‌های ایستگاه هواشناسی هاشم‌آباد واقع در پنج کیلومتری محل پژوهش برای محاسبه میانگین‌های دما، رطوبت، پتانسیل تبخیر و سرعت باد در فصل‌های سال و دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی استفاده شد.

روش تحلیل

مقایسه مقادیر بارش و اجزای بارش در فصل‌های بهار، تابستان، پاییز و زمستان با استفاده از آنالیز واریانس و در صورت معنی‌دار بودن، توسط آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. این مقایسه‌ها در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی توسط

جدول ۲- ویژگی‌های فصلی بارش در توده راش شرقی در جنگل آموزشی پژوهشی شصت‌کلاته و مشخصه‌های آب‌وهوای ایستگاه هاشم‌آباد

فصل یا دوره	مدت (روز)	تعداد بارش	میانگین مشخصه‌های آب‌وهوا (۸۵-۱۳۸۴)*				
			بارش (میلی‌متر)	دما (سانتی‌گراد)	رطوبت هوا (درصد)	پتانسیل تبخیر (میلی‌متر)	سرعت باد (متر بر ثانیه)
بهار	۹۳	۱۲	۲۸۳/۳	۲۰/۰	۷۲	۳۷۱/۹	۲/۵
تابستان	۹۳	۶	۱۴۶/۵	۲۸/۴	۶۳	۵۸۳/۵	۲/۹
پاییز	۹۰	۷	۲۰۶/۶	۱۸/۱	۷۰	۲۲۰/۲	۲/۰
زمستان	۸۹	۸	۱۹۰/۸	۸/۹	۷۴	۱۰۶/۱	۲/۰
برگ‌دار	۲۲۳	۲۳	۵۶۹/۲	۲۴/۵	۶۷	۱۰۷۳/۷	۲/۷
بی‌برگی	۱۴۲	۱۰	۲۵۷/۹	۱۰/۳	۷۴	۲۰۸/۰	۱/۹

* (Islamic Republic of Iran Meteorological Organization, 2017)

ساقاب، تاج‌بارش، بارش خالص و اتلاف تاجی در بهار اندازه‌گیری شد که تفاوت آنها با مقادیر اجزای بارش

در جدول ۳، مقادیر بارش و اجزای بارش در فصل‌های سال مقایسه شده‌اند. بیشترین مقدار

مقادیر بارش و اجزای بارش در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی درختان نیز در جدول ۳ آورده شده است. مقدار بارش در دوره برگ‌دار ۲/۲ برابر مقدار بارش در دوره بی‌برگی بود. مقایسه دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی درختان نشان می‌دهد که میانگین اجزای بارش در دوره برگ‌دار بیشتر از دوره بی‌برگی بود و تفاوت آنها معنی‌دار است ($p < 0/05$).

در دیگر فصل‌های سال معنی‌دار است ($p < 0/05$). کمترین مقدار اجزای بارش در تابستان ثبت شد که از نظر مقدار ساقاب با پاییز و زمستان شباهت دارد ($p < 0/05$). تفاوت تابستان با پاییز و زمستان از نظر مقدار تاج‌بارش و بارش خالص معنی‌دار است ($p < 0/05$). مقدار اتلاف تاجی تابستان با زمستان مشابه است ($p < 0/05$).

جدول ۳- میانگین فصلی و دوره‌ای توزیع اجزای بارش در توده راش شرقی در جنگل آموزشی پژوهشی شصت‌کلاته

میانگین (میلی‌متر)					فصل یا دوره
اتلاف تاجی	بارش خالص	تاج‌بارش	ساقاب	بارش	
۱۴۸/۶ ^a (۵)	۱۳۴/۷ ^a (۵)	۱۳۳/۷ ^a (۵)	۱/۰ ^a (۳۲)	۲۸۳/۳	بهار
۹۶/۹ ^c (۴)	۴۹/۶ ^c (۸)	۴۹/۳ ^c (۸)	۰/۳ ^b (۲۵)	۱۴۶/۵	تابستان
۱۲۰/۲ ^b (۳)	۸۶/۴ ^b (۴)	۸۵/۹ ^b (۴)	۰/۵ ^b (۳۲)	۲۰۶/۶	پاییز
۱۰۲/۱ ^c (۳)	۸۸/۷ ^b (۴)	۸۸/۱ ^b (۴)	۰/۶ ^b (۲۸)	۱۹۰/۸	زمستان
۳۲۱/۴ ^A (۴)	۲۴۷/۸ ^A (۵)	۲۴۶/۱ ^A (۵)	۱/۶ ^A (۳۰)	۵۶۹/۲	برگ‌دار
۱۴۶/۳ ^B (۳)	۱۱۱/۶ ^B (۳)	۱۱۰/۹ ^B (۳)	۰/۷ ^B (۲۹)	۲۵۷/۹	بی‌برگی

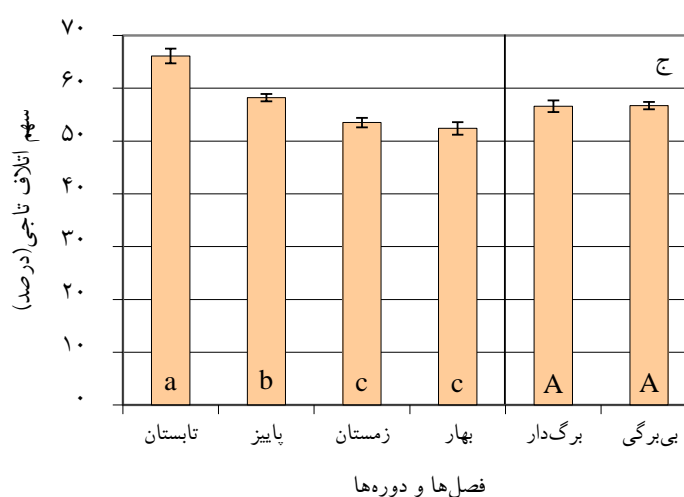
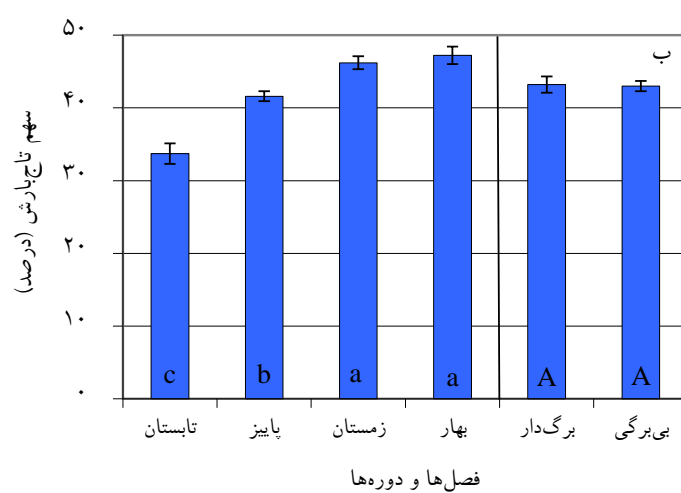
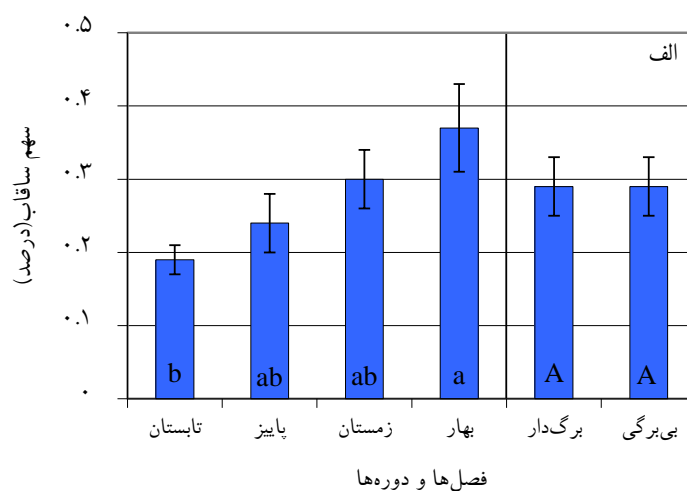
حروف لاتین، اختلاف معنی‌دار ($p < 0/05$) بین فصل‌های سال (حروف کوچک، آزمون توکی) یا دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی (حروف بزرگ، آزمون تی) را نشان می‌دهند. اعداد داخل پرانتز، درصد خطای میانگین هستند.

از آنجا که طول فصل‌های سال برابر بودند، با محاسبه میانگین ماهانه و سهم اجزای بارش و انجام آنالیز واریانس و آزمون چنددامنه توکی، نتایجی کاملاً مشابه نتایج جدول ۳ و شکل ۱ (بخش فصل‌های سال) به دست آمد.

نتایج جدول ۴ نمایان‌گر مقادیر بارش و اجزای بارش در طول دوره‌های فعالیت زیستی درختان است. به سبب برابر نبودن طول دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی، از میانگین ماهانه بارش و اجزای بارش برای مقایسه این دوره‌ها استفاده شد. مقایسه میانگین ماهانه اجزای بارش در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی نشان می‌دهد که میانگین‌های ساقاب در این دوره‌ها مشابه‌اند ($p < 0/05$)، ولی بین میانگین‌های تاج‌بارش، بارش خالص و اتلاف تاجی تفاوت وجود دارد ($p < 0/05$).

شکل ۱، سهم اجزای بارش را در فصل‌ها و دوره‌های مختلف نشان می‌دهد. سهم ساقاب در بهار بیشترین (۰/۴ درصد) و در تابستان و پاییز کمترین (۰/۲ درصد) بود (شکل ۱-الف). سهم تاج‌بارش و بارش خالص در بهار و زمستان بیشترین (۴۷/۲ و ۴۷/۶ درصد) و در تابستان کمترین (۳۳/۷ و ۳۳/۹ درصد) بود (شکل ۱-ب). سهم اتلاف تاجی در تابستان بیشترین (۶۶/۱ درصد) و در بهار و زمستان کمترین (۵۲/۴ و ۵۳/۵ درصد) بود (شکل ۱-ج). شکل ۱ نشان می‌دهد که سهم ساقاب و تاج‌بارش در فصل‌های سال روند افزایشی و سهم اتلاف تاجی روند کاهشی دارد. سهم اجزای بارش در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی با همدیگر شباهت دارند.

با استفاده از مقادیر فصلی بارش و اجزای بارش (جدول ۳)، میانگین ماهانه محاسبه شد (جدول ۴).



شکل ۱- مقایسه فصلی و دوره‌ای سهم اجزای بارش در توده راش شرقی در جنگل آموزشی پژوهشی شصت‌کلاته (الف) ساقاب، (ب) تاج‌بارش، (ج) اتلاف تاجی. حروف لاتین اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) بین فصل‌های سال (حروف کوچک، آزمون توکی) و دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی (حروف بزرگ، آزمون تی) را نشان می‌دهند. خط‌های عمودی در بخش بالایی ستون‌ها نمایان‌گر خطای استاندارد هستند.

جدول ۴- میانگین ماهانه توزیع اجزای بارش در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی درختان توده راش شرقی در جنگل آموزشی و پژوهشی شصت کلاته

دوره	میانگین تعداد					میانگین ماهانه (میلی‌متر)
	بارش ماهانه	بارش	ساقاب	تاج‌بارش	بارش خالص	
برگ‌دار	۳/۱	۷۷/۶	۰/۲۲ ^A (۳۰)	۳۳/۶ ^A (۵)	۳۳/۸ ^A (۵)	۴۳/۸ ^A (۴)
بی‌برگی	۱/۲	۵۵/۲	۰/۱۶ ^A (۲۹)	۲۳/۸ ^B (۳)	۲۳/۹ ^B (۳)	۳۱/۳ ^B (۳)

حروف لاتین، اختلاف معنی‌دار ($p < 0/05$ ، آزمون تی) بین دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی را نشان می‌دهند. اعداد داخل پرانتز، درصد خطای میانگین هستند.

بحث

(2007) Stealens et al. مغایر است. از طرف دیگر، نتایج (2013) Fathizadeh et al.، (2012) Muzylo et al. و (2011) Pypker et al. نمایان‌گر متفاوت بودن توزیع اجزای بارش در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی است. دوره برگ‌دار را می‌توان به سه مرحله شامل خروج برگ از جوانه و رویش، برگ کامل و ریزش برگ و خزان کامل تفکیک کرد (Šraj et al., 2008; Stealens et al., 2007). از آنجا که در این پژوهش، فراوانی فضاهای خالی تاج‌پوشش در بخشی از مراحل رویش و خزان برگ بسیار شایان توجه بود، احتمال می‌رود که تفکیک نشدن مرحله برگ‌دار موجب کاهش سهم اتلاف تاجی و افزایش سهم ساقاب و تاج بارش شده باشد. در نتیجه، تفاوت اجزای بارش در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی آشکار نشد. چنانچه مراحل پیش‌گفته تعیین و بر مبنای آن، اجزای بارش برای مرحله برگ کامل محاسبه می‌شد، نتیجه به‌دست آمده ممکن بود با اجزای بارش فصل تابستان شباهت داشته باشد.

تغییرات فصلی مقدار اجزای بارش در توده راش شرقی جنگل شصت کلاته، نمایان‌گر روند افزایشی از تابستان تا بهار است (جدول ۳). نتایج این پژوهش، با یافته‌های (2016) Salehi et al. مبنی بر وقوع کمینه مقدار بارش و تاج‌بارش در تابستان انطباق دارد، ولی در پژوهش اخیر، بیشینه بارش و تاج‌بارش به‌جای بهار در پاییز بود. کاهش مقدار اتلاف تاجی در زمستان، با این روند هماهنگی ندارد و از طریق

از آنجا که توزیع اجزای بارش به‌مقدار چشمگیری با فنولوژی برگ، مشخصه‌های بارش و شرایط آب‌وهوا ارتباط دارد (Gerrits et al., 2010; Herbst et al., 2008; Oyarzún et al., 2011; Sadeghi et al., 2017, 2015; Staelens et al., 2008, 2007)، انتظار می‌رفت که تغییرپذیری توزیع اجزای بارش توده راش شرقی جنگل شصت کلاته در طول فصل‌های سال و دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی نیز از طریق این عامل‌ها کنترل شوند. نتایج پژوهش در این توده نشان داد که توزیع اجزای بارش در فصل‌های سال بسیار متفاوت‌اند ($p < 0/05$). علاوه بر این، مشخص شد که مقدار اجزای بارش در دوره برگ‌دار به مراتب بیشتر از دوره بی‌برگی است ($p < 0/05$). تغییرات فصلی و دوره‌ای توزیع اجزای بارش در این پژوهش با نتایج دیگر پژوهشگران، شباهت دارد (Gerrits et al., 2010; Herbst et al., 2008; Oyarzún et al., 2011; Sadeghi et al., 2017, 2015; Salehi et al., 2016; Šraj et al., 2008; Stealens et al., 2007). از طرف دیگر، نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که در توده راش شرقی، توزیع اجزای بارش در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی مشابه‌اند ($p < 0/05$). شباهت سهم ساقاب در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی با یافته‌های (2008) Šraj et al. و (2007) Stealens et al. انطباق دارد. ولی یکسان بودن سهم تاج‌بارش و اتلاف تاجی در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی با یافته‌های (2015) Sadeghi et al.، (2008) Šraj et al. و

فنولوژی برگ و برخی مشخصه‌های آب‌وهوا در تابستان از طریق افزایش اتلاف تاجی سبب کاهش ورود آب به کف جنگل می‌شود. یافته‌های Sadeghi et al. (2015) و Staelens et al. (2007) مؤید این نتیجه‌گیری است. در مقابل، Šraj et al. (2008) بیشینه تاج‌بارش را در تابستان گزارش کردند که علت آن رگبارهای فصلی ذکر شد.

با تغییر فصل از تابستان به پاییز، سهم اتلاف تاجی ۷/۹ درصد کاهش و سهم ساقاب و تاج‌بارش به ترتیب ۰/۰۵ و ۷/۹ درصد افزایش ($p < 0/05$) یافتند (شکل ۱). اگرچه، زبر و اسفنجی شدن برگ‌های پاییزی، ظرفیت آنها را برای نگهداری و تبخیر بارش افزایش داد (Klamerus-Iwan, 2014)، از طرف دیگر، خزان تدریجی با کاهش مساحت برگ‌ها و افزایش فضاهای خالی در تاج‌پوشش موجب (Muzylo et al., 2012; Šraj et al., 2008) کاهش اتلاف تاجی شد (Sadeghi et al., 2015). در نتیجه می‌توان احتمال داد که در فصل پاییز، مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک وابسته به مساحت برگ‌های تاج‌پوشش برای کاهش نگهداری و تبخیر بارش تغییر می‌کنند (Pypker et al., 2011; Sadeghi et al., 2017; Šraj et al., 2008) و ورود بارش خالص به کف جنگل افزایش می‌یابد (Chang, 2013; Šraj et al., 2008).

در جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌کننده، بیشینه فضاهای خالی تاج‌پوشش در زمستان (دوره بی‌برگی) مشاهده می‌شود (Sadeghi et al., 2015; Šraj et al., 2008). در این شرایط، تاج‌پوشش بی‌برگ می‌تواند توزیع اجزای بارش را به نفع ساقاب و تاج‌بارش هدایت کند (Goebes et al., 2015; Sadeghi et al., 2017; Šraj et al., 2008). در توده راش شرقی جنگل شصت‌کلاته، ۳۵/۵ درصد بارش زمستان از روی تاج‌پوشش بی‌برگ تبخیر شد (شکل ۱)، ولی برای راش اروپایی سهم اتلاف تاجی در دوره بی‌برگی بین ۱۰ تا ۱۴ درصد گزارش شد (Neal et al., 1993;)

کاهش مقدار بارش در این فصل توجیه‌پذیر است، زیرا مقدار اجزای بارش، تابعی از مقدار بارش است (Ahmadi et al., 2011) و تحت تأثیر نوسان فصلی مقدار بارش قرار می‌گیرد.

براساس نتایج پژوهش پیش‌رو، سهم ساقاب و تاج‌بارش از تابستان تا بهار، روند افزایشی (تابستان > پاییز > زمستان > بهار) داشته است (شکل ۱- الف و ب). در حالی که سهم اتلاف تاجی، روند کاهشی (تابستان < پاییز < زمستان < بهار) دارد (شکل ۱- ج). با توجه به اینکه توزیع اجزای بارش به مقدار زیاد به مساحت برگ و مشخصه‌های آن وابسته‌اند (Diaz et al., 2007; Goebes et al., 2015)، ارتباط توزیع اجزای بارش با فنولوژی برگ روندهای مزبور را توجیه می‌کند. براساس نتایج پژوهش‌های Sadeghi et al. (2015) و Šraj et al. (2008) فنولوژی برگ بر مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک تاج‌پوشش تأثیر چشمگیری دارد و از این طریق موجب وقوع تغییرات معنی‌دار در توزیع اجزای بارش می‌شود.

بیشینه فصلی سهم اتلاف تاجی (۶۶/۱ درصد) و کمینه سهم ساقاب و تاج‌بارش (به ترتیب ۰/۱۹ و ۳۳/۷ درصد) در تابستان اندازه‌گیری شد (شکل ۱). بیشینه پوشش سطح برگ نیز در این فصل مشاهده شد که می‌تواند مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک وابسته به مساحت برگ‌های تاج‌پوشش (ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش، تبخیر از تاج پوشش اشباع‌شده و نسبت تبخیر به سرعت بارش در تاج‌پوشش اشباع‌شده) را به نسبت افزایش دهد و مقدار اتلاف تاجی را کنترل کند (Sadeghi et al., 2017, 2015; Šraj et al., 2008). همچنین، بررسی آمار نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی نشان می‌دهد که در تابستان، دما، رطوبت هوا، پتانسیل تبخیر و سرعت باد (جدول ۲) برای هدایت و توزیع بارش به سمت اتلاف تاجی مناسب‌تر از دیگر فصل‌ها بود (Gerrits et al., 2010; Sadeghi et al., 2015). بنابراین، در توده راش شرقی جنگل شصت‌کلاته،

جنگل (۴۷/۶ درصد) است (شکل ۱). همچنین افزایش معنی‌دار سهم ساقاب در فصل بهار ($p < 0/05$) (شکل ۱) بر مبنای شرایط اختصاصی پیش‌گفته و نیز با توجه به تأثیر شاخه‌های تاج‌پوشش در هدایت بارش‌ها (پرتعداد و پرحجم در فصل بهار) به سمت تنه، در شرایط کامل نشدن مساحت برگ‌ها و وجود فضاهای خالی فراوان در تاج‌پوشش قابل توجه است (Sadeghi et al., 2017).

اگرچه در بهار سهم بارش واردشده به کف جنگل بیشتر از تابستان و پاییز بود، با زمستان تفاوت بسیار اندکی داشت ($p < 0/05$) (شکل ۱). در طول زمستان و بهار ۲۲۳/۴ میلی‌متر از بارش به کف جنگل وارد شد (جدول ۳). این مقدار معادل ۶۲/۲ درصد از آب واردشده به کف جنگل در طول سال است که می‌تواند رطوبت خاک را به مقدار چشمگیری کنترل کند (Chang, 2013) و احتمالاً از این طریق در تأمین نیاز آبی درختان توده راش شرقی جنگل شصت‌کلاته در بهار و تابستان نقش مؤثری داشته باشد. شایان توجه این‌که، سهم بارش واردشده به کف جنگل راش اروپایی به مراتب بیشتر از راش شرقی است. در پژوهش‌های منتشرشده، سهم بارش خالص در دوره برگ‌دار بین ۶۴ تا ۹۶ درصد و در دوره بی‌برگی بین ۷۴ تا ۸۹ درصد گزارش شد (Sadeghi et al., 2017; Šraj et al., 2008; Staelens et al., 2007). در توده راش شرقی جنگل شصت‌کلاته، سهم بارش خالص در دوره برگ‌دار و بی‌برگی به ترتیب ۴۳/۴ و ۴۳/۳ اندازه‌گیری شد (شکل ۱). در پژوهش پیش‌رو، سهم ساقاب در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی مشابه بود (۳/۰ درصد). در حالی که ساقاب بخش شایان توجهی از آب واردشده به کف جنگل راش اروپایی را شامل می‌شود و سهم آن در دوره برگ‌دار بین ۲/۵ تا ۷ درصد در دوره بی‌برگی بین ۳ تا ۱۰ درصد است (Sadeghi et al., 2017; Šraj et al., 2008). با توجه به پژوهش‌های منتشرشده، می‌توان استنباط کرد که بلندی شاخه‌ها و تنه درختان راش شرقی (میانگین شعاع

Staelens et al., 2008, 2007) که به مراتب کمتر است. افزایش اتلاف تاجی در زمستان می‌تواند با توجه به سه رخداد بارش برف و تأثیر آن در افزایش شایان توجه اتلاف تاجی (Gerrits et al., 2010) و افزایش نور و جریان هوا در توده بررسی شده توجیه شود. به همین ترتیب، ۴۶/۵ درصد از بارش زمستان به کف توده راش شرقی جنگل شصت‌کلاته وارد شد (شکل ۱). مقدار گزارش شده برای راش اروپایی (۸۶-۹۰ درصد) به مراتب بیشتر است (Neal et al., 1993; Staelens et al., 2008, 2007).

ظهور برگ‌های نورسته در سومین هفته بهار مشاهده شد که افزایش تدریجی مساحت برگ‌ها و کاهش فضاهای خالی تاج‌پوشش را در پی داشت (Sadeghi et al., 2015). براساس پژوهش‌های منتشرشده، تغییرات تدریجی مزبور با افزایش مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک تاج‌پوشش که نگهداری و تبخیر بارش را کنترل می‌کنند، سبب افزایش اتلاف تاجی می‌شود (Sadeghi et al., 2017, 2015; Šraj et al., 2008). در توده راش شرقی جنگل شصت‌کلاته، اتلاف تاجی بهار در مقایسه با زمستان به مقدار ناچیزی (۱/۱ درصد) افزایش یافت (شکل ۱) که با یافته‌های پیش‌گفته منطبق نیست. احتمال می‌رود شرایط اختصاصی توده بررسی شده در بهار، شامل کم بودن ظرفیت نگهداری برگ‌های نورسته (نرم و صاف)، فراوانی فضاهای خالی تاج‌پوشش در ماه‌های فروردین و اردیبهشت و ریزش ۸۲ درصد از بارش‌های بهار در همین زمان، مرطوب بودن سطح برگ‌ها، تاج و تنه درختان در اغلب اوقات به سبب مه‌آلود بودن هوا (Oyarzún et al., 2011)، وقوع بیشترین تعداد و مقدار بارش (۱۲ رخداد بارش، ۲۸۳/۳ میلی‌متر)، موجب افزایش سرعت اشباع شدن ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش نسبت به دیگر فصل‌ها شده باشد. به این ترتیب، به دست آمدن کمینه فصلی سهم اتلاف تاجی (۵۲/۴ درصد) در فصل بهار توجیه می‌شود که پیامد آن، بیشینه فصلی ورود آب به کف

متفاوت بودن مقدار آب واردشده به کف جنگل در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی و پیامدهای آن، نیازمند بررسی بیشتر است، زیرا می‌تواند ذخیره آب در خاک (Chang, 2013; Sadeghi et al., 2017) را کنترل کند. برخلاف تفاوت‌های مذکور، میانگین ماهانه ساقاب در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی هم‌اندازه بودند ($p < 0/05$) که ممکن است به سبب وجود خطای شایان توجه در برآورد میانگین ماهانه ساقاب در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی (به ترتیب ۳۰ و ۲۹ درصد) باشد (جدول ۴).

نتیجه‌گیری

تغییرپذیری فصلی و دوره‌ای توزیع اجزای بارش در توده راش شرقی جنگل شصت‌کلاته، به مقدار چشمگیری توسط فنولوژی برگ کنترل می‌شود که پیامد آن تغییر مقدار ورود آب به کف جنگل است. هرچند، توزیع اجزای بارش در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی مشابه است، تغییرات توزیع اجزای بارش که به وسیله تأثیرپذیری مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک تاج‌پوشش از فنولوژی برگ کنترل می‌شود، نمایان‌گر روند فصلی مشخص از تابستان تا بهار است. در این روند، بیشینه مساحت برگ که در تابستان مشاهده شد، با افزایش دما، پتانسیل تبخیر و سرعت باد و احتمالاً افزایش ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش، تبخیر از تاج‌پوشش اشباع شده و نسبت تبخیر به سرعت بارش در تاج‌پوشش اشباع شده همراه است. در نتیجه، بیشینه سهم اتلاف تاجی (۶۶/۱ درصد) و کمینه سهم ساقاب و تاج‌بارش و آب واردشده به کف جنگل (۳۳/۹ درصد) را پدید می‌آورد. از طرف دیگر، به سبب عامل‌های مزبور، حدود دوسوم بارش خالص سالانه (۲۲۳/۴ میلی‌متر) در زمستان و بهار به کف جنگل وارد شد که می‌تواند در ذخیره آب در خاک و در نتیجه تأمین نیاز آبی درختان در بهار و تابستان مؤثر باشد. در این پژوهش، تغییر توزیع اجزای بارش به نفع اتلاف تاجی که ورود آب به کف جنگل را به

تاج و ارتفاع کامل به ترتیب ۷/۷ و ۳۶ متر) و پوشش خزّه روی تنه آنها (Houber & Iroume, 2001; Oyarzún et al., 2011) در کاهش سهم ساقاب نقش دارند، زیرا جریان خروجی ساقاب را کند می‌کنند که موجب افزایش زمان نگهداری آب و افزایش ظرفیت نگهداری آب روی تنه می‌شود (Šraj et al., 2008).

در توده راش شرقی جنگل شصت‌کلاته، مقدار اجزای بارش در دوره برگ‌دار بیشتر از دو برابر دوره بی‌برگی بودند ($p < 0/05$). ولی براساس یافته‌های Šraj et al. (2008) مقدار اجزای بارش در دوره بی‌برگی حدود ۲ برابر دوره برگ‌دار است. این افزایش، با توجه به تأثیرپذیری مقدار اجزای بارش از مقدار بارش (Ahmadi et al., 2011) قابل توجیه است. شایان توجه اینکه مقدار بارش در دوره برگ‌دار ۲/۲ برابر دوره بی‌برگی بود که علت آن طولانی‌تر بودن دوره برگ‌دار (۱/۶ برابر) است (جدول ۳). درحالی که در پژوهش Šraj et al. (2008) مقدار بارش دوره بی‌برگی ۲ برابر دوره برگ‌دار ولی طول آن تقریباً ۰/۶ طول دوره برگ‌دار بود. در پژوهش‌های مزبور، متفاوت بودن توزیع اجزای بارش در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی، علاوه بر مقدار بارش، به مقدار چشمگیری با رژیم بارندگی مرتبط است. علاوه بر این، میانگین ماهانه اجزای بارش (به جز ساقاب) نیز در دوره برگ‌دار به مقدار شایان توجهی بیشتر از دوره بی‌برگی بود ($p < 0/05$). تفاوت دیگر، ۱/۴ برابر بودن میانگین بارش ماهانه در دوره برگ‌دار نسبت به دوره بی‌برگی است (جدول ۴). مقایسه این نتیجه با یافته Staelens et al. (2007) نشان می‌دهد که طی یک بازه زمانی ثابت، مقدار آب واردشده به کف جنگل راش شرقی در دوره برگ‌دار ۱/۴ برابر دوره بی‌برگی است، درحالی که در جنگل راش اروپایی بلژیک این مقدار ۰/۶ برابر دوره بی‌برگی است. این تفاوت به وسیله نابرابر بودن طول دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی و یکسان نبودن مشخصه‌های بارش، شرایط آب‌وهوا و ساختار جنگل (Muzylo et al., 2012; Oyarzún et al., 2011) قابل توجیه است. با وجود این،

نمایان می‌کند. با توجه به تأثیر مراحل فنولوژیک پیش از کامل شدن رشد برگ و کامل شدن خزان بر دقت برآورد اجزای بارش در دوره‌های برگ‌دار، باید در پژوهش‌های بعدی، دوره برگ‌دار به مراحل خروج برگ از جوانه و رشد برگ، برگ کامل و ریزش برگ و خزان کامل تفکیک شود. همچنین پیشنهاد می‌شود بررسی تغییرات فصلی توزیع اجزای بارش توده راش شرقی در دوره‌های طولانی‌تر (دست‌کم سه‌ساله) انجام گیرد تا علاوه بر برآورد دقیق‌تر اجزای بارش، امکان بررسی تغییرپذیری آنها در سال‌های مختلف فراهم آید.

مقدار چشمگیری کاهش می‌دهد، می‌تواند مفهوم مهمی در گسترش جغرافیایی و دامنه پراکنش توده‌های راش شرقی محسوب شود. احتمال می‌رود تشدید این وضعیت، مانع گسترش راش شرقی در شرق دره زیارت شود. تا جایی که نویسندگان مقاله اطلاع دارند، تاکنون پژوهشی درباره تغییرپذیری فصلی و دوره‌های اجزای بارش راش شرقی در مناطقی که افزایش دما و پتانسیل تبخیر، دامنه پراکنش این گونه را محدود کرده‌اند، منتشر نشده است. دانش محدود درباره ارتباط بین این تغییرات و مشخصه‌های اکوهیدرولوژیک تاج‌پوشش و نیز مشخصه‌های آب‌وهوا، ضرورت پژوهش‌های آتی در این موضوع را

References

- Abbasian, P., Attarod, P., Sadeghi, S.M.M., Van Stan II, J.T., & Hojjati, S.M. (2015). Throughfall nutrients in a degraded indigenous *Fagus orientalis* forest and a *Picea abies* plantation in the North of Iran. *Forest Systems*, 24(3), 10p.
- Ahmadi, M.T., Attarod, P., Marvi Mohadjer, M.R., Rahmani, R., & Fathi, J. (2009). Canopy interception loss in a pure Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stand during the summer season. *Iranian Journal of Forest*, 1(2), 175–185.
- Ahmadi, M.T., Attarod, P., & Bayramzadeh, V. (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, 1105–1125.
- Carlyle-Moses, D.E. (2004). Throughfall, stemflow, and canopy interception lossfluxes in a semi-arid Sierra Madre Oriental matorral community. *Journal of arid environments*, 58(2), 181–202.
- Carlyle-Moses, D.E., & Gash, J.H.C. (2011). Rainfall interception loss by forest canopies. In D. Levia, D. Carlyle-Moses & T. Tanaka (Eds.), *Forest hydrology and biogeochemistry* (pp. 407–423). Dordrecht: Springer.
- Chang, M. (2013). *Forest hydrology: an introduction to water and forests*. Boca Raton: Taylor and Francis.
- Crockford, R.H., & Richardson, D.P. (2000). Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate. *Hydrological Processes*, 14, 2903–2920.
- De Jong, S.M., & Jetten, V.G. (2007). Estimating spatial patterns of rainfall interception from remotely sensed vegetation indices and spectral mixture analysis. *International Journal of Geographical Information Science*, 21(5), 529–545.
- Diaz, M.F., Bigelow, S., & Armesto, J. (2007). Alteration of the hydrologic cycle due to forest clearing and its consequences for rainforest succession. *Forest Ecology and Management*, 244(1–3), 32–40.

- Fathizadeh, O., Attarod, P., Pypker, T.G., Darvishsefat, A.A., & Zahedi Amiri, G. (2013). Seasonal variability of rainfall interception and canopy storage capacity measured under individual Oak (*Quercus brantii*) trees in Western Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15(1), 175-188.
- Germer, S. (2013). Development of near-surface perched water tables during naturaland artificial stemflow generation by babassu palms. *Journal of Hydrology*, 507, 262-272.
- Gerrits, A.M.J., Pfister, L., & Savenije, H.H.G. (2010). Spatial and temporal variability of canopy and forest floor interception in a beech forest. *Hydrological Processes*, 24(21), 3011-3025.
- Ghorbani, S., & Rahmani, R. (2009). Estimating of interception loss, stemflow and throughfall in a natural stand of Oriental Beech (Shastkalateh forest). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16(4), 638-648.
- Goebes, P., Bruelheide, H., Härdtle, W., Kröber, W., Kühn, P., Li, Y., Seitz, S., von Oheimb, G., & Scholten, T. (2015). Species-specific effects on throughfall kinetic energy in subtropical forest plantations are related to leaf traits and tree architecture. *PLoS One*, 10(6), e0128084.
- Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, (2008). *Forestry plan of Shast-Kalate (10-year period 2008-17)*, 2nd revised. Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
- Hemati, V., Payam, H., Mattaji, A., Akef, M., Babaei Kafaki, S., & Fallahchai, M. (2012). Interception, throughfall and stemflow of the Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) trees in the Caspian region (Siyahkal Shenrood frests). *Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources*, 6(4), 39-52.
- Herbst, M., Rosier, P.T.W., McNeil, D.D., Harding, R.J., & Gowing, D.J. (2008). Seasonal variability of interception evaporation from the canopy of a mixed deciduous forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148, 1655-1667.
- Hoseini Ghaleh Bahmani, S.M., Attarod, P., & Ahmadi, M.T. (2011). Rainfall redistribution in natural pure stands of *Quercus castaneifolia* C.A.M. and *Fagus orientalis* L. in Caspian forests (Case study: Kheyroud forest). *Iranian Journal of Forest*, 3(3), 253-264.
- Huber, A., & Iroumé, A. (2001). Variability of annual rainfall partitioning for different sites and forest cover in Chile. *Journal of Hydrology*, 248(1-4), 78-92.
- Islamic Republic of Iran Meteorological Organization, (2017). *Atmospheric parameters of Hashemabad synoptic station*. <http://www.irimo.ir>, Specialized products and services weather.
- Klamerus-Iwan, A. (2014). Different views on tree interception process and its determinants. *Leśne Prace Badawcze (Forest Research Papers)*, 75(3), 291-300.
- Levia, D.F., & Germer, S. (2015). A review of stemflow generation dynamics and stemflow-environment interactions in forests and shrublands. *Reviews of Geophysics*, 53, 673-714.
- Llorens, P., & Domingo, F. (2007). Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean conditions: a review of studies in Europe. *Journal of Hydrology*, 335, 37-54.
- Moslehi, M., Habashi, H., & Khormali, F. (2011). Evaluation of throughfall and rainfall interception of Beech in Hyrcanian forests (Iran-Shastkolate forest). *Journal of Forest and Wood Products*, 64(3), 319-330.
- Muzylo, A., Llorens, P., & Domingo, F. (2012). Rainfall partitioning in a deciduousforest plot in leafed and leafless periods. *Ecohydrology*, 5(6), 759-767.
- Neal, C., Robson, A.J., Bhardwaj, C.L., Conway, T., Jefery, H.A., Neal, M., Ryland, G.P., Smith, C.J., & Walls, J. (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.

- Oyarzún, C.E., Godoy, R., Staelens, J., Donoso, P.J., & Verhoest, N.E.C. (2011). Seasonal and annual throughfall and stemflow in Andean temperate rainforests. *Hydrological Process*, 25(4), 623–633.
- Pypker, T.G., Levia, D.F., Staelens, J., & Van Stan II, J.T. (2011). Canopy structure in relation to hydrological and biogeochemical fluxes. In D.F. Levia, D.E. Carlyle-Moses & T. Tanaka (Eds.), *Forest hydrology and biogeochemistry: synthesis of past research and future directions* (pp. 371–388). Heidelberg: Springer.
- Pypker, T.G., Tarasoff, C.S., & Hong-Suk, K. (2012). Assessing the efficacy of two indirect methods for quantifying canopy variables associated with the interception loss of rainfall in temperate hardwood forests. *Open Journal of Modern Hydrology*, 2, 29–40.
- Sadeghi, S.M.M., Attarod, P., & Pypker, T.G. (2015). Differences in rainfall interception during the growing and non-growing seasons in a *Fraxinus rotundifolia* Mill. plantation located in a semiarid climate. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17(1), 145–156.
- Sadeghi, S.M.M., Van Stan II, J.T., Pypker, T.G., & Friesen, J. (2017). Canopy hydrometeorological dynamics across a chronosequence of aglobally invasive species, *Ailanthus altissima* (Mill., tree of heaven). *Agricultural and Forest Meteorology*, 240–241, 10–17.
- Sagheb Talebi, Kh., Sajedi, T., & Pourhashemi, M. (2014). *Forests of Iran: a treasure from the past, a hope for the future*. Dordrecht: Springer.
- Salehi, M., Zahedi Amiri, Gh., Attarod, P., Salehi, A., Brunner, I., Schleppe, P., & Thimonier, A. (2016). Seasonal variations of throughfall chemistry in pure and mixed stands of Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in Hyrcanian forests (Iran). *Annals of Forest Science*, 73, 371–380.
- Šraj, M., Brilly, M., & Mikos, M. (2008). Rainfall interception by two deciduous Mediterranean forests of contrasting stature in Slovenia. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148, 121–134.
- Staelens, J., De Schrijver, A., & Verheyen, K. (2007). Seasonal variation in throughfall and stemflow chemistry beneath a European beech (*Fagus sylvatica*) tree in relation to canopy phenology. *Canadian journal of forest research*, 37(8), 1359–1372.
- Staelens, J., De Schrijver, A., Verheyen, K., & Verhoest, N.E.C. (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(1), 33–45.
- Sun, X., Wang, G., Lin, Y., Liu, L., & Gao, Y. (2013). Intercepted rainfall in *Abies fabri* forest with different-aged stands in southwestern China. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37, 495–504.



Seasonal and periodic variability of stemflow, throughfall, and interception loss of Oriental beech stands in Shast-Kalate forest

S. Ghorbani¹, and R. Rahmani^{2*}

¹Assistant Prof., Academic Center for Education, Culture and Research, Tehran, I. R. Iran

²Associate Prof., Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran

(Received: 12 July 2017; Accepted: 24 October 2017)

Abstract

Variations in leaf phenology, precipitation characteristics, and meteorological conditions may cause the seasonal change in the quantity and quality of precipitation components (including stemflow, S_F ; throughfall, T_F ; and interception loss, I) of deciduous stands. This study was conducted in an Oriental beech stand located at Shast-Kalate forest, with semi-humid climate. In order to measure I , a total of 31 trees were randomly selected. Field measurements of gross precipitation (P_G), S_F , and T_F were made over a period of one year from November 2005 to November 2006. Total P_G was 827.1 mm. Mean proportion of I ($I:P_G$) were obtained during spring (52.4%), summer (66.1%), autumn (58.2%), winter (53.5%), and the leafed (56.5%) and leafless (56.7%) periods. ANOVA revealed a significant difference of $S_F:P_G$, $T_F:P_G$, and $I:P_G$ ($p < 0.05$) across different seasons. These proportions were statistically identical ($p < 0.05$) during the leafed and leafless periods. Because of seasonal variations, the proportion of the precipitation components has been altered across different seasons. Therefore, maximum of $S_F:P_G$ and $T_F:P_G$ were in spring and their minimum were in summer. Besides, the maximum and minimum of $I:P_G$ were in summer and spring, respectively. The minimum amount of water input to the forest floor was in summer and its maximum was in spring and winter. It was concluded that silvicultural practices are required to increase the water input to the forest floor during summer.

Keywords: Forest ecohydrology, Hyrcanian region, leaf phenology, net precipitation, precipitation components.