

تغییرات ماهانه کمیت تاج بارش و آب نفوذی به لاشریزه در توده‌های جنگلی هیرکانی

هاشم حبشی^{۱*}، رامین رحمانی^۲، خسرو ثاقب‌طالبی^۳ و الهام شبانی^۴

^{۱*} - نویسنده مسئول، دانشیار گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

پست الکترونیک: habashi@gau.ac.ir

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

^۳ - دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

^۴ - کارشناس ارشد جنگل‌داری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۲۳

چکیده

معماری خاص تاج پوشش درختان جنگلی از یک سو منجر به ربایش تاجی متفاوت شده و از سوی دیگر کمیت و کیفیت لاشریزه را تغییر خواهد داد که با توجه به شرایط مختلف تجزیه رویشگاه منجر به تفاوت ضخامت لایه آلی لاشریزه و پتانسیل نگهداری آب یا رواناب متفاوت می‌شود. مقدار تاج بارش و آب نفوذی به لاشریزه در یک قلمرو جغرافیایی نیز به دلیل تغییر در پتانسیل تبخیر و تعرق، شاخص سطح برگ، درصد تاج پوشش، قطر درختان، اشکوب‌بندی و عامل‌های دیگر طی زمان متفاوت است. هدف از این پژوهش بررسی تغییرات تاج بارش و آب نفوذی به لاشریزه بین سه گونه مهم جنگل‌های هیرکانی طی یک سال بود. ابتدا تک‌درختانی از گونه‌های ممرز (*Carpinus betulus* L.)، پلت (*Acer velutinum* Boiss.) و بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) در توده‌های آمیخته سری یک جنگل شصت‌کلاته انتخاب شدند. سپس، توسط ۹ و ۱۸ جمع‌آوری‌کننده به ترتیب تاج بارش و آب نفوذی به لاشریزه برای هر تک‌درخت پس از هر واقعه بارش طی یک سال اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که گونه و زمان دو عامل مهم در تغییر کمیت آب عبوری از اشکوب تاج هستند. بیشترین تاج بارش مربوط به ممرز (۷۱/۱ درصد) و بیشترین ربایش آبی لاشریزه مربوط به پلت (۴۰/۵ درصد) بود. در فصل بی‌برگی، ربایش آبی لاشریزه ممرز و پلت بیشتر از فصل دارای برگ بود، اما تاج بارش سه گونه با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشت. نتایج این پژوهش می‌تواند مدیران جنگل را در مقابله با بحران آب از طریق تنظیم ترکیب توده یاری رساند.

واژه‌های کلیدی: بلندمازو، پلت، پوشش کف جنگل، جنگل شصت‌کلاته، ممرز.

مقدمه

برخورد با تاج و تنه از دسترس پوشش گیاهی خارج و به هواسپهر برمی‌گردد که اغلب کسری از ۱۰ تا ۴۰ درصد مقدار باران را ایجاد می‌کند و ربایش تاجی یا باران‌ریایی

برخورد بارش با تاج پوشش باعث توزیع آن به بخش‌های مختلفی می‌شود. بخشی از بارش در زمان

سبب افزایش درصد ربایش تاجی نمی تواند باشد (Sadeghi & Attarod, 2016).

ضخامت و ترکیب لاشریزه طی فصول سال متغیر بوده و دارای تغییرات مکانی در یک جنگل است که وابسته به چرخه متفاوت لاشریزی و تجزیه در جنگل می باشد. در پژوهشی که توسط قربانی و رحمانی (۲۰۰۹) برای بررسی سهم ربایش تاجی راش در جنگل شصت کلاته گرگان انجام شد، سهم ربایش تاجی ۶۰ درصد گزارش شد (Ghorbani, 2009). درختان مورد بررسی همگی در دامنه قطری ۱۳۰-۳۰ سانتی متر و ارتفاع از سطح دریا حدود ۹۰۰ متر بودند و طی بررسی در سال ۱۳۸۴ مقدار بارش سالانه ۸۲۷ میلی متر ثبت شد. در همین جنگل و زیر درختان راش در دامنه قطری ۱۰۵-۷۰ سانتی متر و ارتفاع از سطح دریا ۵۵۰ متر در سال ۱۳۸۸، سهم ربایش تاجی ۲۷ درصد (Moslehi *et al.*, 2012) و مقدار بارش ۹۶۹/۹ میلی متر ثبت شد. با توجه به شباهت روش بررسی به نظر می رسد این تفاوت ناشی از تغییرات شرایط اقلیمی، تغییر زمان بررسی و ویژگی های متفاوت پوشش گیاهی باشد، بنابراین در یک جنگل و در یک گونه یکسان، مقادیر توزیع اجزای باران متفاوت است. در پژوهش دیگری در جنگل آمیخته پهن برگ طی فصل رویش، سهم ربایش تاجی ۲۹ درصد و طی فصل خزان ۲۰ درصد حجم بارش گزارش شد که نشان دهنده تغییرات فصلی ربایش تاجی است (Sadeghi *et al.*, 2015). در جنگل شن رود سیاهکل لاهیجان در دامنه قطری درختان راش ۶۷-۲۴ سانتی متر و با مقدار بارش سالانه ۱۵۰۰ میلی متر که در سال ۱۳۸۸ اندازه گیری شد، سهم ربایش تاجی ۵۱ درصد گزارش شد (Hemmati *et al.*, 2012). در پژوهشی دیگر که در مورد درختان بلوط ایرانی در دامنه قطری ۷۵-۵۸ سانتی متر طی فصل بی برگی انجام شد، از مجموع ۳۰۲ میلی متر بارش، ۱۴ درصد صرف ربایش تاجی شد که نشان دهنده تأثیر این گونه بر تغییرات سهم توزیع اجزای بارش است (Fathizadeh *et al.*, 2015).

(Rainfall interception) نامیده می شود. کسری از باران که پس از عبور از تاج پوشش، به سطح زمین می رسد، تاج بارش (Throughfall) نامیده می شود. بخشی ناچیزی از بارش نیز پس از عبور از تاج پوشش، روی ساقه درختان جریان یافته (ساقاب / Stem flow) و به پوشش کف جنگل یا خاک می رسد (Ford & Deans, 1978). بخشی از بارش نیز در زمان عبور از لایه لاشریزه (کاملاً آلی) جذب یا تبخیر می شود که آن را باران ربایی لاشریزه (Litter interception) می نامند. مقدار آبی که از لایه لاشریزه خارج می شود، آب نفوذی به لاشریزه یا پوشش کف جنگل (Forest floor infiltrated) نامیده می شود (Gerrits *et al.*, 2010). آب نفوذی به لاشریزه یا به شکل رواناب در جنگل جریان پیدا کرده یا در خاک نفوذ کرده و وارد چرخه آب زیرزمینی می شود (Neris *et al.*, 2013).

سه عامل کلی بر توزیع اجزای باران در جنگل اثرگذار است که عبارتند از: ۱) عامل های اقلیمی (مانند سرعت باد، تابش خالص خورشیدی و دمای هوا)؛ ۲) عامل های پوشش گیاهی (مانند شاخص سطح برگ، شاخص قسمت های جویی، نوع آرایش شاخه ها در قسمت های بالایی تاج، قطر درختان و تراکم توده) و ۳) ویژگی های باران (مانند مقدار باران، شدت باران و قطر ذرات باران) (Bulcock & Jewitt, 2012). این در حالی است که ربایش آبی لاشریزه تابعی از زی توده لاشریزه ها در واحد سطح، ضخامت و ترکیب لاشریزه ها، فواصل زمانی بین دوره های تر و خشک شدن لاشریزه (Bulcock & Jewitt, 2012; Zagyvaine-*et al.*, 2014)، نوع گونه درختی و شرایط اقلیمی است (Gerrits *et al.*, 2010). به هر حال، فصل یا ماه سال نیز از طریق تغییر دو عامل حجم بارش (Attarod *et al.*, 2015) و پتانسیل تبخیر و تعرق باعث ایجاد تغییرات مهمی در ربایش تاجی و ربایش آبی لاشریزه می شود؛ چنانکه در بیشتر مطالعات، در فصل خشک سهم ربایش تاجی بیشتر از فصل مرطوب بوده است، هرچند تنها خشک تر بودن هوا

مقارن و در اشکوب برین انتخاب شدند، به نحوی که تاج آن‌ها تداخلی با تاج درختان مجاور نداشته باشند. پس از انتخاب درختان، نه ظرف پلاستیکی استوانه‌ای به ارتفاع ۲۳ و قطر دهانه ۸ سانتی‌متر در زیر تاج هر درخت به نحوی که حداقل یک متر از لبه بیرونی تاج و از تنه درخت فاصله داشته باشد (Llorens & Domingo, 2007) تا اثرات حاشیه‌ای حذف و یا حداقل شود، به شکل تصادفی پراکنش یافته و نصب شد. در مجموع، ۸۱ ظرف جمع‌آوری تاج‌بارش در زیر تاج نه درخت تعبیه شد. همچنین، برای تعیین بارش، باران‌سنجی استوانه‌ای با ارتفاع ۵۰ و قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر در فضای باز مجاور نصب شد. برای جمع‌آوری آب نفوذی به لاشریزه، ابتدا ضخامت پوشش کف در ۱۰ نقطه اطراف تاج هر درخت با خط‌کش اندازه‌گیری شد تا پس از تعبیه ظروف با همان ضخامت، لاشریزه روی آن‌ها قرار گیرد. متوسط ضخامت پوشش کف در انتهای فصل خزان برگ $0.2 \pm 3/8$ سانتی‌متر بود (میانگین ۵۴ اندازه‌گیری از طریق فروکردن کاردک تیز به صورت عمودی در پوشش کف جنگل و سنجش فاصله تا ابتدای لایه‌های معدنی خاک به دست آمد) که در زمان نصب ظروف، معادل آن لاشریزه روی توری ریخته شد. برای جمع‌آوری آب نفوذی به لاشریزه، ۱۸ ظرف پلاستیکی استوانه‌ای زیر هر درخت با ارتفاع ۱۸/۵ سانتی‌متر و قطر دهانه ۷/۵ سانتی‌متر که دهانه آن با توری آلومینیومی با منافذ دو میلی‌متر پوشانیده شده بود، با رعایت اصل حذف اثرات حاشیه‌ای روی سطح خاک و زیر پوشش کف قرار گرفت (Zagyvaine-Kiss et al., 2014). شکل ۱ ظروف جمع‌آوری کننده آب نفوذی به لاشریزه را نشان می‌دهد. در کل دوره پژوهش، ظروف جمع‌آوری کننده در تقاطعی ثابت مستقر بودند و نمونه‌های بارش، تاج‌بارش و آب نفوذی به لاشریزه پس از هر رخداد بارش بلافاصله جمع‌آوری و اندازه‌گیری شد. ظروف دوباره تمیز شده و در محل خود نصب شدند. از کسر تاج‌بارش و آب نفوذی به لاشریزه، ربایش آبی لاشریزه محاسبه شد (Bulcock & Jewitt, 2012).

در پژوهش‌های فوق تغییرات زیادی در اجزای بارش یک گونه در مناطق مختلف و زمان بررسی متفاوت مشاهده می‌شود و برای دو گونه بلوط و راش نیز مقادیری بسیار متفاوت گزارش شده است که اثر گونه را بر تاج‌بارش نشان می‌دهد. از سوی دیگر، در خصوص ربایش آبی لاشریزه جنگل‌های هیرکانی که می‌تواند پتانسیل رواناب و فرسایش خاک را نشان دهد، گزارشی مشاهده نمی‌شود، بنابراین پژوهش پیش‌رو با هدف بررسی تأثیر نوع گونه (سه گونه مهم جنگل‌های هیرکانی) و زمان (تغییرات ماهانه) بر تغییرات تاج‌بارش و ربایش آبی لاشریزه انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، جنگل آموزشی-پژوهشی شصت‌کلاته، در سری یک طرح جنگل‌داری دکتر بهرام‌نیا، حوضه آبخیز ۸۵ طرح جامع جنگل‌های شمال کشور، در فاصله هشت کیلومتری جنوب غربی شهرستان گرگان بود و سه گونه بلندمازو (*Quercus cataneifolia* C. A. Mey.)، پلت (*Acer velutinum* Boiss.) و ممرز (*Carpinus betulus* L.) برای این پژوهش در نظر گرفته شدند. این جنگل در عرض‌های جغرافیایی $36^{\circ}43'$ تا $36^{\circ}45'$ شمالی و طول‌های جغرافیایی $54^{\circ}21'$ تا $54^{\circ}24'$ شرقی قرار گرفته و از نظر طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه دارای اقلیم مرطوب معتدل است (Moayeri et al., 2014). بر اساس آمار ۳۰ ساله ایستگاه هواشناسی هاشم‌آباد گرگان که در هشت کیلومتری شمال غرب شهر گرگان در ارتفاع از سطح دریای ۱۳ متری واقع شده، دارای بارندگی متوسط سالانه ۶۴۹ میلی‌متر است که بین ۵۲۸ تا ۸۱۷ میلی‌متر در سال تغییر می‌کند. پارسل یک با ارتفاع حدود ۴۰۰ متر از سطح دریا با شیب متوسط ۱۵ درصد و جهت شمال دارای سنگ مادر ماسه‌ای مربوط به دوران ژوراسیک است. تیپ کلی پوشش گیاهی آن انجیلی-بلندمازو ممرز است. در سال ۱۳۹۱ در پارسل مذکور، نه درخت بلندمازو، پلت و ممرز (هرکدام سه پایه) با تاجی کاملاً آزاد، سالم،



شکل ۱- ظرف‌های جمع‌آوری‌کننده آب نفوذی به لاشریزه

داشتند. درختان بلندمازو کوچک‌ترین مساحت تاج را بین سه گونه دارا بودند، در حالی‌که میانگین قطر برابر سینه آن‌ها همراه پلت بیشترین مقدار را داشت.

در طول دوره پژوهش، طی ۲۷ رخداد بارش ۱۱۶۲ میلی‌متر بارش اتفاق افتاد. بین سه گونه مورد بررسی، بیشترین درصد تاج بارش مربوط به ممرز و کمترین آن مربوط به بلندمازو (تاج بارش ممرز ۲/۳ درصد بیشتر از بلندمازو) بود. بیشترین ربایش آبی لاشریزه مربوط به پلت و کمترین متعلق به بلندمازو (ربایش آبی لاشریزه پلت ۱۵/۲ درصد بیشتر از بلندمازو) بود (جدول ۲).

برای تعیین مشخصات توصیفی درختان و رخدادهای بارش از آمار توصیفی استفاده شد. روند تغییرات تاج بارش و آب نفوذی به لاشریزه از طریق هیستوگرام نشان داده شد و مقایسه آماری تاج بارش و آب نفوذی به لاشریزه طی فصول بایرگی و بی‌برگی بین سه گونه از طریق آزمون t غیرجفتی انجام شد.

نتایج

مشخصات توصیفی درختان نمونه در جدول ۱ ارائه شده است. درختان ممرز کمترین میانگین قطر برابر سینه، بیشترین میانگین ارتفاع کل و میانگین مساحت تاج را

جدول ۱- مشخصات توصیفی درختان نمونه (انحراف معیار \pm میانگین)

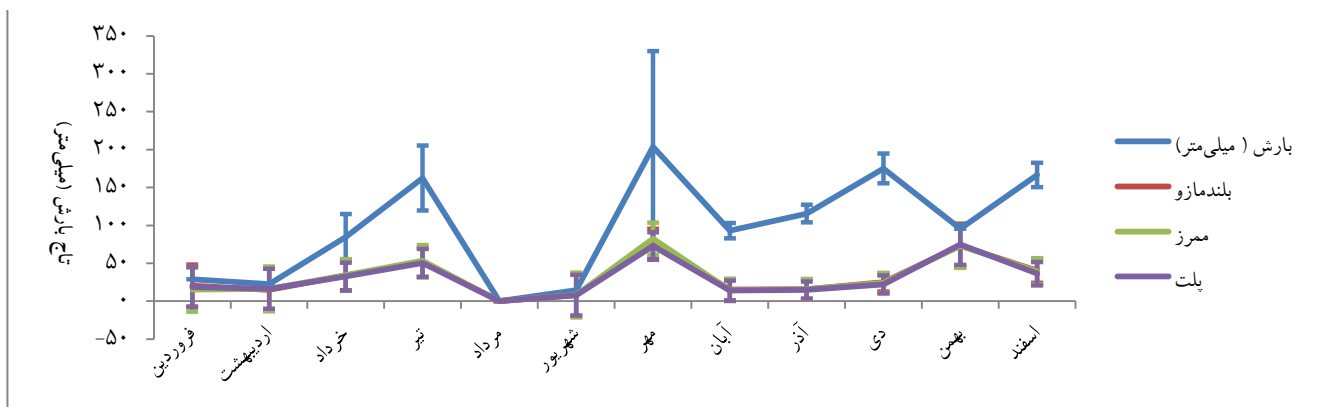
گونه	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	ارتفاع (متر)	مساحت تاج (متر مربع)	حجم (متر مکعب)
ممرز	۵۱/۷ \pm ۳/۵	۳۰/۵ \pm ۰/۵	۱۵۵/۳ \pm ۷۶/۶	۴/۶ \pm ۲/۸
پلت	۶۱/۷ \pm ۷/۶	۲۷/۹ \pm ۱/۶	۱۱۸/۴ \pm ۳۹/۶	۳/۶ \pm ۰/۹
بلندمازو	۶۱/۷ \pm ۱۶/۱	۲۹/۳ \pm ۰/۲	۸۲/۳ \pm ۵۰/۸	۴/۰ \pm ۲/۰

جدول ۲- مشخصات توصیفی تاج بارش، آب نفوذی به لاشریزه و ربایش آبی لاشریزه سالانه بین گونه‌های ممرز، پلت و بلندمازو

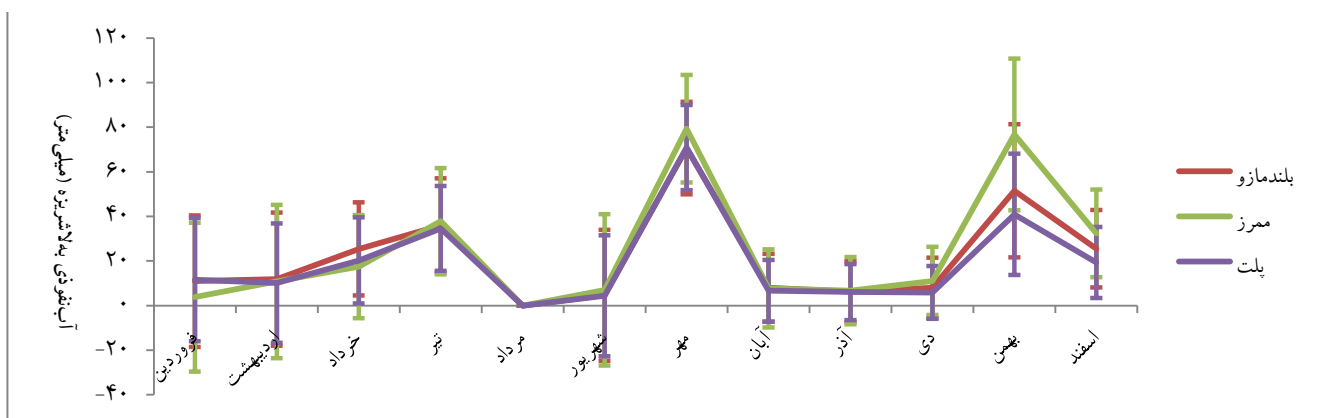
گونه	تاج بارش (میلی‌متر)	تاج بارش (درصد)	آب نفوذی به لاشریزه (میلی‌متر)	ربایش آبی لاشریزه (درصد)
ممرز	۸۲۶/۶	۷۱/۱	۴۹۲/۸	۴۰/۴
پلت	۸۰۴/۲	۶۹/۲	۴۷۸/۳	۴۰/۵
بلندمازو	۷۹۹/۶	۶۸/۸	۵۹۷/۴	۲۵/۳

گونه داشت. روند تغییرات آب نفوذی به لاشریزه در ماه‌های مختلف سال بین سه گونه در شکل ۲ نشان داده شده است. ممرز در تمام فصول به جز بهار بیشترین آب نفوذی به لاشریزه را داشت و در فصل بهار جای خود را به بلندمازو داد. روند تغییرات درصد تاج‌بارش و آب نفوذی به لاشریزه بین سه گونه طی ۲۷ رخداد بارش در شکل ۳ نشان داده شده است. میانگین آب نفوذی به لاشریزه طی فصول بی‌برگی (پاییز و زمستان) بیشتر از فصول برگ‌دار بود (بهار و تابستان) بود.

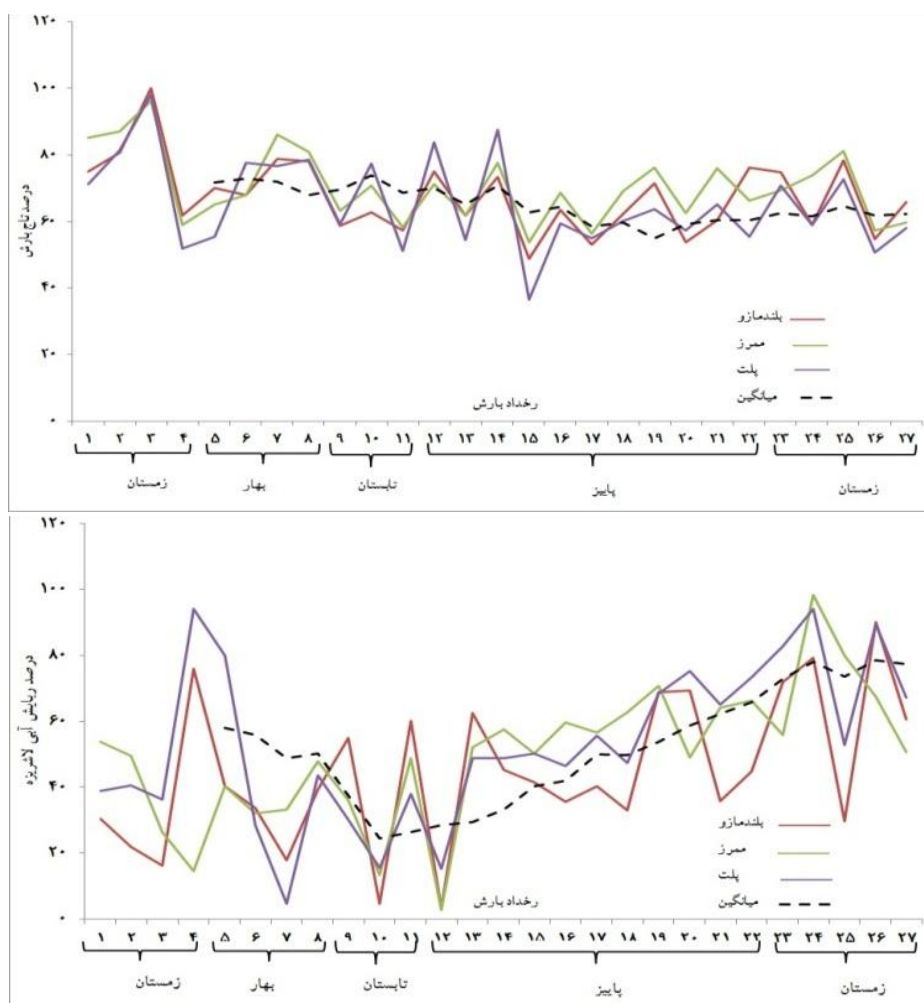
روند تغییرات تاج‌بارش و آب نفوذی به لاشریزه مشابه بارش بود، هرچند در گونه‌های مختلف تغییراتی مشاهده شد. بین ماه‌های مختلف، میانگین تاج‌بارش ممرز در اغلب ماه‌ها بیشتر از دو گونه دیگر بود و در بین سه گونه بیشترین درصد تاج‌بارش را داشت. شکل ۱ روند تغییرات تاج‌بارش بین سه گونه در مقایسه با بارش کل را نشان می‌دهد. به جز ماه فروردین، آبان، دی و اسفند که بلندمازو بیشترین تاج‌بارش را داشت و ماه بهمن که پلت تاج‌بارش حداکثر را داشت، در سایر ماه‌ها ممرز بیشترین تاج‌بارش را بین سه



شکل ۱- مقایسه تاج‌بارش بین سه گونه طی ۱۲ ماه (میله‌های خطا نشان‌دهنده انحراف معیار است).



شکل ۲- مقایسه آب نفوذی به لاشریزه بین سه گونه طی ۱۲ ماه (میله‌های خطا نشان‌دهنده انحراف معیار است).



شکل ۳- تغییرات درصد تاج بارش (بالا) و آب نفوذی به لاشریزه (پایین) سه گونه طی ۲۷ رخداد بارش طی یک سال (خط چین میانگین سه گونه را نشان می دهد).

مقایسه آماری تاج بارش و آب نفوذی به لاشریزه طی فصول بابرگی و بی برگی بین سه گونه در جدول ۳ ارائه شده است. گونه های ممرز و پلت در فصول بی برگی دارای آب نفوذی به لاشریزه بیشتری بودند.

جدول ۳- مقایسه آماری تاج بارش و آب نفوذی به لاشریزه طی فصول بابرگی و بی برگی بین گونه های ممرز، پلت و بلندمازو

گونه	میانگین تاج بارش (میلی متر)		میانگین آب نفوذی به لاشریزه (میلی متر)	
	فصول بابرگی	فصول بی برگی	فصول بابرگی	فصول بی برگی
ممرز	۷۰/۴	۷۰/۴	۳۶/۰	۵۴/۴
پلت	۶۸/۰	۶۴/۶	۳۴/۴	۵۹/۵
بلندمازو	۶۷/۷	۶۷/۴	۳۵/۹	۴۷/۸

* معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ns غیر معنی دار

بحث

مهم‌ترین عامل مؤثر بر تاج‌بارش مشخصات بارندگی از جمله مقدار، شدت و طول مدت بارش است (Toba & Ohta, 2005). در پژوهشی در مورد بلوط ایرانی در جنگل‌های ایلام، رابطه افزایش مقدار تاج‌بارش با افزایش بارندگی به صورت لگاریتمی به دست آمد (Fathizadeh et al., 2015). پارامترهای اقلیمی مانند تبخیر، دما و رطوبت نسبی (Iroume & Huber, 2001) و مشخصات پوشش گیاهی مانند گونه، ترکیب، سن و تراکم رویشگاه و اشکوب‌بندی جنگل (Muzylo et al., 2009) نیز بر مقدار تاج‌بارش تأثیر دارند که در پژوهش‌های مختلف، تفاوت در اجزای بارندگی پس از عبور از تاج‌پوشش به آن‌ها نسبت داده شده است. برخلاف اغلب نتایج پژوهش‌های مذکور، مقدار تاج‌بارش هیچ‌کدام از سه گونه مورد بررسی در پژوهش پیش‌رو متأثر از فصول برگ‌دار و بی‌برگی درختان نبود، اما ربایش آبی لاشریزه ممرز و پلت در فصول بی‌برگی به‌طور معنی‌داری بیشتر بود که با نتیجه پژوهش Brantley و همکاران (۲۰۱۵) متفاوت است. این موضوع احتمالاً مرتبط با تجزیه سریع لاشریزه این دو گونه نسبت به بلوط است که با داشتن نسبت کربن به نیتروژن کمتر قابل توجیه است.

در شرایط یکسان اقلیمی، تغییرات تاج‌بارش بین گونه‌های مختلف وابسته به شکل و ساختار برگ و تاج درختان است. ظرفیت ذخیره آب در پوشش گیاهی بستگی به شکل، جهت کشیدگی، تراکم برگ (شاخص سطح برگ) و میزان آب‌گریزی برگ‌ها و شاخه‌ها دارد (David et al., 2005). ریخت‌شناسی برگ (شکل، اندازه، شیب و وضعیت کرک‌ها) می‌تواند تأثیر زیادی بر هدایت آب زیر تاج و تاج‌بارش داشته باشد. به‌طور معمول، برگ‌های پهن ربایش بیشتری نسبت به برگ‌های نازک و نوک‌تیز دارند. هرچه برگ‌ها دارای کرک‌های بیشتری باشند، ربایش تاجی بیشتر شده و هدایت آبی کمتری از سطح برگ به زیر تاج انجام می‌گیرد. ریخت‌شناسی درختان (زاویه شاخه نسبت به تنه، شکل تاج، شاخص سطح برگ، مساحت و ارتفاع تاج) نیز

در تاج‌بارش تأثیر دارد (Crockford & Richardson, 2000). بین سه گونه مورد بررسی، شکل برگ پلت پهن‌ترین بود. برگ‌های ممرز کوچک‌ترین ابعاد و برگ‌های بلندمازو باریک‌ترین برگ‌ها را بین سه گونه داشت. با توجه به شکل و ساختار برگ انتظار می‌رود کمترین تاج‌بارش مربوط به پلت (به دلیل پهن بودن) و بیشترین آن مربوط به بلندمازو (به دلیل باریک بودن) باشد. در پژوهشی مشخص شد که برگ‌های *Acer saccharinum* آب‌گریزی بیشتری نسبت به *Quercus gambeli* داشتند (زاویه آب‌گریزی افرا ۱۲۰/۳۸ و بلوط ۱۱۶/۴۳ درجه بود و هر چه زاویه از ۹۰ درجه بیشتر باشد، برگ آب‌گریزتر است) (Holder, 2012). همچنین، رابطه رگرسیونی قوی بین سطح تاج و ظرفیت نگهداری تاج محاسبه شد. سطح برگ‌های افرا ۰/۴۵ و بلوط ۰/۵۶ متر مربع بود و ظرفیت نگهداری تاج افرا ۲۸/۴ و بلوط ۴۲/۲ گرم بود (Holder, 2013). با توجه به آب‌گریزی برگ و سطح تاج انتظار می‌رود بلوط تاج‌بارش کمتری از افرا داشته باشد.

ساختار تاج درختان به‌خصوص در مناطق مه‌گیر بر درصد تاج‌بارش تأثیر دارد. در هنگام زیاد بودن رطوبت نسبی هواسپهر و مه‌آلود بودن، قطرات ریز بخار آب موجود در هواسپهر به آهستگی بر روی تاج‌پوشش متراکم درختان جمع می‌شود که در نهایت، با پیوستن آن‌ها به یکدیگر موجب ریزش قطرات تاج‌بارش می‌شود (Crockford & Richardson, 2000). بنابراین، در مناطق مه‌گیر درختان با تاجی گسترده‌تر در جنگل‌های متراکم برخلاف انتظار تاج‌بارش بیشتری خواهند داشت و با توجه به آنکه در این پژوهش تک‌درختان گونه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت، نمی‌توان تغییرات تاج‌بارش را به آن نسبت داد. سن جنگل، تراکم توده و شیوه مدیریت جنگل نیز بر ربایش تاجی تأثیرگذار است (Bulcock & Jewitt, 2012). با افزایش سن جنگل باران‌ربایی تاج به سرعت افزایش می‌یابد (Brantley et al., 2015). در مورد گونه نراد در سنین مختلف، مشخص شد که تاج‌بارش ۷۱/۲٪، ۷۴/۵٪ و

مورد مطالعه، شرایط تجزیه لاشریزه طی سال متفاوت بود که در جذب و نگهداری آب و در نتیجه ربایش آبی لاشریزه در طول سال تأثیر داشت. گزارش‌های متناقضی در خصوص تأثیر سن توده بر ربایش آبی لاشریزه وجود دارد، چنانکه در پژوهش Sun و همکاران (۲۰۱۳) مشخص شد که ربایش آبی لاشریزه در سن جوانی، میان‌سالی و مسنی توده نراد به ترتیب ۷/۷-۲/۲، ۶/۸-۳/۳ و ۴/۸-۱/۳ درصد بود، اما در پژوهش Brantley و همکاران (۲۰۱۵)، سن توده تأثیری بر ربایش آبی لاشریزه نداشت.

تاج بارش و ربایش آبی لاشریزه دو فرایندی هستند که هر دو وابسته به اشباع شدن ظرفیت تاج و پوشش کف جنگل هستند، با این تفاوت که خشک شدن تاج درختان سریع‌تر از پوشش کف جنگل است. زیرا برگ درخت تنها در سطح مرطوب می‌شود، اما برگ‌های موجود در پوشش کف جنگل از هر دو طرف آب را ذخیره می‌کنند. بنابراین، ظرفیت اشباع تاج کمتر از پوشش کف است. نکته دیگر آن‌که در تاج فقط سطح برگ‌های خیس می‌شوند، اما در پوشش کف جنگل علاوه بر خیس شدن دو طرف برگ‌ها، مقداری آب در داخل خلل و فرج پوشش کف (به‌ویژه در خلل و فرج موئین) نفوذ می‌کند که به‌ندرت در فاصله بین دو بارش به‌طور کامل خشک می‌شود، بنابراین حجم آب ذخیره‌شده در پوشش کف جنگل هیچ‌گاه صفر نخواهد بود (Brantley et al., 2015).

لاشریزه کف جنگل به دلیل داشتن حالت اسفنجی مقدار قابل توجهی آب را در خود نگه می‌دارد و مقدار رواناب را کاهش می‌دهد، بنابراین از یک سو فرسایش خاک به‌مراتب کمتر خواهد شد و از سوی دیگر، آب موجود در لایه کف جنگل به‌مرور و آهستگی در اختیار خاکریان قرار خواهد گرفت که توانایی آن‌ها را در جذب آب افزایش خواهد داد. سه گونه مورد بررسی و مهم جنگل‌های هیرکانی در این پژوهش، بیشینه ۴۰/۵ درصد تغییر در ربایش آبی لاشریزه داشتند که نشان می‌دهد عدم قطعیت در اثرات لاشریزه گونه‌ها در چرخه آب بیشتر از لایه تاج پوشش است،

۶۸/۷٪ به‌ترتیب در سنین جوانی، میان‌سالی و مسن بود (Sun et al., 2013) که تأثیر هم‌زمان قطر برابر سینه، مساحت تاج و ارتفاع درختان را در ربایش تاجی نشان می‌دهد. در پژوهش پیش‌رو، قطر برابر سینه درختان ممرز ۴۸-۵۵، پلت ۵۵-۷۰ و بلندمازو ۸۰-۵۰ سانتی‌متر بود. بنابراین، انتظار می‌رود ممرز بیشترین و بلندمازو کمترین تاج بارش را داشته باشند که نتایج نیز این‌گونه بود، هرچند رویش قطری گونه‌ها با یکدیگر تفاوت داشت و باید با دقت بیشتری مطالعه شود.

در مورد آب‌نفوذی به لاشریزه و ربایش آبی لاشریزه، عامل‌های مهم اثرگذار شامل فرم و ضخامت هوموس، ترکیب، تراکم و زی‌توده لاشریزه است (Bulcock & Jewitt, 2012). میانگین زی‌توده برگ یک درخت ممرز، پلت و بلندمازو به ترتیب ۴/۷، ۵/۱ و ۶/۵ کیلوگرم و سطح ویژه برگ آن‌ها به ترتیب ۲۱۰/۷، ۱۶۱/۲ و ۱۵۱/۱ سانتی‌متر مربع بر گرم است (Panahi et al., 2012; Rahmani et al., 2014). با توجه به شاخص سطح برگ ویژه انتظار می‌رود ممرز که دارای ضخامت برگ بیشتری است (هر سانتی‌متر مربع برگ ممرز ۳۹/۴ درصد وزن بیشتری از برگ بلندمازو دارد)، ربایش آبی لاشریزه بیشتر و بلندمازو کمترین ربایش آبی لاشریزه را داشته باشد که نتایج این پژوهش موضوع فوق را تأیید کرد. باید توجه داشت که گرچه در این پژوهش ربایش آبی لاشریزه زیر تک‌درخت اندازه‌گیری و محاسبه شد، لیکن توده‌های مورد بررسی توده‌های آمیخته بودند و در نتیجه امکان لاش‌ریزی سایر گونه‌های زیر تک‌درختان اندازه‌گیری شده وجود داشت که در نتیجه نوعی لاشریزه آمیخته به وجود می‌آید و شرایط آب‌نفوذی به لاشریزه را نسبت به حالت توده خالص تغییر خواهد داد. نکته دوم آنکه هوموس از مجموعه لاش‌ریزی امساله و لاشریزه تجزیه‌نشده سال‌های پیشین تشکیل شده است، بنابراین گرچه ضخامت هوموس ریخته شده روی ظروف جمع‌آوری آب نفوذی به لاشریزه مشابه وضعیت توده بود، لیکن به دلیل شیمی لاشریزه متفاوت گونه‌های

- Anderson, M.G., John Wiley & Sons, Ltd, West Sussex, England, chapter 43: 627-634.
- Fathizadeh, O., Attarod, P., Zahedi-Amiri, Gh. and Darvishdefat, A.A., 2015. Temporal stability of spatial pattern of throughfall of individual Persian Oak in the Zagros growing area (Case study: forests around Ilam). *Journal of Forest and Wood Products (Iranian Journal of Natural Resources)*, 67(3): 397-409 (In Persian).
 - Ford, E.D. and Deans, J.D., 1978. The effect of canopy structure on stem flow, throughfall and interception loss in a young Sitka spruce plantation. *Journal of Applied Ecology*, 15: 905-917.
 - Gerrits, A.M.J., Pfister, L. and Savenije, H.H.G., 2010. Spatial and temporal variability of canopy and forest floor interception in a beech forest. *Hydrological Processes*, 24: 3011-3025.
 - Ghamghami, M., Ghahreman, N. and Hejabi, S., 2015. Detection of climate change effect on meteorological droughts in northwest of Iran. *Journal of Earth and Space Physics*, 1: 167-184 (In Persian).
 - Ghorbani, S., 2009. Estimation of interception, throughfall and stemflow in natural oriental beech stand (Shastkalateh forest). M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, 103p (In Persian).
 - Hemmati, V., Payam, H., Mattaji, A., Akef, M., Babaii-Kafaii, S. and Fallahchaayi, M.M., 2012. Interception, throughfall and stem flow of the oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in Caspian area (Siahkal- Shenroud forests). *Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources*, 6(4): 39-52 (In Persian).
 - Holder, C.D., 2012. The relationship between leaf hydrophobicity, water droplet retention, and leaf angle of common species in a semi-arid region of the western United States. *Agricultural and Forest Meteorology*, 152: 11-16.
 - Holder, C.D., 2013. Effects of leaf hydrophobicity and water droplet retention on canopy storage capacity. *Ecohydrology*, 6(3): 483-490.
 - Iroume, A. and Huber, A., 2001. Comparison of interception losses in a broadleaved native forest and a *Pseudotsuga menziesii* (Douglas fir) plantation in the Andes Mountains of southern Chile. *Hydrological Processes*, 16: 2347-2361.
 - Llorens, P. and Domingo, F., 2007. Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean rainfall: Examples from a young and an old-growth Dougl-fir forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 130: 113-129.

بنابراین چرخه اکوهیدرولوژی جنگل‌های هیرکانی باید بیش از پیش مورد توجه و بررسی قرار گیرد. همان‌طور که پیشتر اشاره شد، ممرز ربایش آبی لاشریزه بیشتری نسبت به پلت و بلندمازو داشت که این موضوع می‌تواند در انتخاب گونه مناسب از منظر اکوهیدرولوژی برای جنگل‌های هیرکانی مورد توجه قرار گیرد. اغلب سناریوهای اقلیمی کاهش مقدار بارش و افزایش دما را در سال‌های آینده در جنگل‌های هیرکانی پیش‌بینی کرده‌اند (Ghamghami *et al.*, 2015) که این موضوع اهمیت انتخاب گونه مناسب برای کاهش رواناب و افزایش نشت آب به خاک از پوشش کف جنگل (هوموس) را افزایش می‌دهد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده رابطه تغییرات ماهانه تاج‌بارش و ربایش آبی لاشریزه با ویژگی‌های تاج (مانند شاخص سطح برگ، ارتفاع تاج، آرایش شاخه‌ها در قسمت‌های بالایی تاج) و قطر برابر سینه گونه‌های مهم این پژوهش بررسی شود تا بهتر بتوان نتایج را تفسیر کرد.

References

- Attarod, P., Sadeghi, S.M.M., Pypker, T.G., Bagheri, H., Bagheri, M. and Bayramzadeh, V., 2015. Needle-leaved trees impacts on rainfall interception and canopy storage capacity in an arid environment. *New Forests*, 46: 339-355.
- Brantley, S.T., Bolstad, P.V., Sobek, C., Laseter, S., Novick, K.A., Vose, J.M. and Miniati, C.F., 2015. Variation in canopy and litter interception across a forest chronosequence in the southern Appalachian Mountains. *Proceedings of the 5th Interagency Conference on Research in the Watersheds North Charleston*. South Carolina, 2-6 March. 2008: 284-285.
- Bulcock, H.H. and Jewitt, G.P., 2012. Field data collection and analysis of canopy and litter interception in commercial forest plantations in the KwaZulu-Natal Midlands, South Africa. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16: 3717-3728.
- Crockford, R.H. and 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.
- David, J., Valente, F. and Gash, J.H.C., 2005. Evaporation of Intercepted Rainfall, in: *Encyclopedia of Hydrological Science*, edited by:

- leaf area index using allometry in a Beech-Hornbeam stand in the mid-elevation of the Hyrcanian region, Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 22(4): 687-701 (In Persian).
- Sadeghi, S.M.M., Attarod, P. and Pypker, T.G., 2015. 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. and Attarod, P., 2016. Effect of *Pinus eldarica* and *Cupressus arizonica* plantation on interception loss in semiarid climate. *Journal of Forest and Wood Products (Iranian Journal of Natural Resources)*, 68(3): 641-653 (In Persian).
 - Sun, X., Wang, G., Lin, Y., Liu, L. and 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.
 - Toba, T. and Ohta, T., 2005. An observational study of the factors that influence interception loss in boreal and temperate forests. *Journal of Hydrology*, 313: 208-220.
 - Zagyvaine-Kiss, K.A., Kalicz, P., Csafordi, P. and Gribovczki, Z., 2014. Forest litter interception model for a Sessile Oak forest. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 10(1): 91-101.
 - Moayeri, M.H., Hatami, N. and Gholami, Gh.A., 2014. Comparison of estimating methods the allowable cut in the district one of Dr. Bahramnia forest management plan. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 21(3): 93-111 (In Persian).
 - Moslehi, M., Habashi, H., Khormali, F. and Rahani, R., 2012. Evaluation of throughfall and interception in eastern Hyrcanian beech forest. *Journal of Forest and Wood Products (Iranian Journal of Natural Resources)*, 64(3): 319-330 (In Persian).
 - Muzylo, A., Llorens, P., Valente, F., Keizer, J.J., Domingo, F. and Gash, J.H.C., 2009. Review of rainfall interception modeling. *Journal of Hydrology*, 370: 191-206.
 - Neris, J., Tejedor, M., Rodríguez, M., Fuentes, J. and Jiménez, C., 2013. Effect of forest floor characteristics on water repellency, infiltration, runoff and soil loss in Andisols of Tenerife (Canary Islands, Spain). *Catena*, 108: 50-57.
 - Panahi, P., Pourhashemi, M. and Hasaninejad, M., 2012. Estimation of leaf ecological indices of tree species in Hyrcanian collection of National Botanical Garden of Iran. *Proceedings of the 2nd Conference on Design and Environmental Planning and Management*. University of Tehran, Iran, 15-16 May 2012: 9p (In Persian).
 - Rahmani, R., Ghorbani, S. and Naghash Zargarani, M., 2014. Measurement and modeling litter biomass and

Monthly changes in the quantity of throughfall and water infiltration of litter in Hyrcanian forest stands

H. Habashi^{1*}, R. Rahmani², Kh. Sagheb-Talebi³ and E. Shabani⁴

^{1*} - Corresponding author, Associate Prof., Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: habashi@gau.ac.ir

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

³ - Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

⁴ - M.Sc. Forestry, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 13.08.2016

Accepted: 12.01.2017

Abstract

The canopy architecture of different forest trees results in different species interception, quantity and quality of litterfall. Litterfall characteristics affect thickness of organic layer, water storage potential and runoff due to different decomposition rate in habitat conditions. Furthermore, throughfall content and water infiltration of litter are different through time as a result of differences in the evapotranspiration potential, leaf area index (LAI), canopy coverage, tree diameter, stand stages and other geographic factors. This paper was aimed to examine throughfall and water infiltrated of litter changes amongst three important species of Hyrcanian forest over a year. For this purpose, individual hornbeam (*Carpinus betulus* L.), velvet maple (*Acer velutinum* Boiss.) and chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) species were selected in a mixed stand in Shast-Kalateh Forest, and quantity of water passing through the canopy of individual tree and organic litter layer beneath them were investigated with 9 throughfall collectors and 18 forest floor infiltration collectors after each rainfall event over a year. The results showed that species and times are two important factors in changing water balance. The hornbeam and maple species have the most throughfall and litter water contents, respectively (hornbeam with 71.1 % of throughfall and maple with 40.5 % of water infiltration of litter). The litter water infiltration of hornbeam and velvet maple in non-growing season were higher compared to the growing season, while throughfall showed no significant difference. The results of this study are concluded to be helpful for managers to regulate the stand composition as a reaction to the increasing water crisis.

Keywords: *Acer velutinum*, *Carpinus betulus*, forest floor, *Quercus castaneifolia*, Shast-Kalateh Forest.