اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۷، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص ۳۹۶-۳۸۳

مقایسهٔ توزیع بارش در تیپ‌های جنگلی بلوط، اوجا و انجیلی

سید حمیدرضا صادقی[1*]، بهروز چوگان[2]، امیر سوادکوهی[2]، مرتضی اسماعیل‌زاده[2]، عاطفه جعفرپور[3]، مهین کله‌هوئی[3]

۱. استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

۲. دانشجوی دکترای عمران و بهره‌برداری جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

۳. دانشجوی دکترای علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۱۱/۱، تاریخ تصویب ۱۳۹۹/۰۲/۰۶)

چکیده

در بوم‌سازگان‌های جنگلی، ویژگی‌های پوشش گیاهی همراه با متغیرهای اقلیمی تأثیر زیادی بر توزیع اجزای بارش و چرخهٔ آب می‌گذارد. از طرفی، چرخهٔ آب کارکرد بسیار زیادی در روابط بین خاک، پوشش گیاهی و محیط در سطوح مختلف به عهده دارد. این چرخه یکی از پدیده‌های مهم اکولوژیکی در جامعه‌های زیستی به‌خصوص در بوم‌سازگان جنگلی است. پژوهش حاضر با هدف اندازه‌گیری مقادیر بارش، هدررفت رباییشی، میان‌گذر، ساقاب در توده‌های بلوط، اوجا و انجیلی در محل دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس شهرستان نور به‌عنوان نمایندگان توده‌های جنگل‌های هیرکانی کشور انجام شده است. اندازه‌گیری اجزای بارش توسط ۲۳ ظرف جمع‌آوری‌کننده طی دورهٔ یک‌ساله از تاریخ ۱۳۹۷/۰۸/۱۵ تا ۱۳۹۸/۰۸/۱۵ با ثبت ۳۴ رگبار انجام شد. نتایج نشان داد بیشترین میزان ساقاب به‌ترتیب در تیپ‌های بلوط، انجیلی و اوجا با مقدار ۰/۹۷، ۰/۵۶ و ۰/۳۴ درصد بود. بین ساقاب و بارندگی کل یک رابطهٔ افزاینده و قوی در تیپ انجیلی (R^2=۰/۷۰) به‌دست آمد. بیشترین میزان هدررفت رباییشی به‌ترتیب در گونه‌های بلوط، اوجا و انجیلی با مقدار ۱۹، ۱۷ و ۸ درصد بوده است. تحلیل رگرسیون بین میزان بارندگی کل و میانگین هدررفت رباییشی در گونهٔ بلوط (R^2=۰/۶۱) در اوجا (R^2=۰/۶۲) و در گونهٔ انجیلی (R^2=۰/۴۶) مشاهده شد. نتیجهٔ آزمون ANOVA نیز مؤید نبود اختلاف معنادار بین هدررفت رباییشی (P=۰/۷۹۰) و میان‌گذر (P=۰/۸۹۴) بین سه تیپ مطالعاتی بوده است. در حالی که اختلاف بین میزان رطوبت موجود در لاش‌برگ‌های بلوط نسبت به دو تیپ اوجا و انجیلی (P=۰/۰۱۵) و همچنین، بین مقادیر ساقاب تیپ‌های بلوط و اوجا (P=۰/۰۰۹) معنادار بوده است.

کلیدواژگان: اکوهیدرولوژی، چرخهٔ آب، مدیریت جنگل، هدررفت رباییشی، هیدرولوژی جنگل.

[*] نویسندهٔ مسئول

Email: sadeghi@modares.ac.ir

مقدمه

بارندگی از مهم‌ترین عوامل بررسی‌شده در چرخهٔ آبی در هر بوم‌سازگان و از جمله آبخیزهای جنگلی است [۱]. اجزای بارش در بوم‌سازگان جنگلی توسط پوشش جنگل به هدررفت رایشی[1]، میان‌گذر[2] و ساقاب[3] تقسیم شده است. این اجزا بخش مهمی از دانش اکوهیدرولوژی در بوم‌سازگان جنگلی را تشکیل می‌دهند. به این تقسیم‌بندی نیز توزیع مجدد باران گفته می‌شود [۲ و ۳]. رایش به مقدار و سهمی از بارش گفته می‌شود که توسط تاج پوشش جذب می‌شود و بر اثر تبخیر، دوباره به هواسپهر برمی‌گردد و دیگر به کف جنگل نمی‌رسد [۴ و ۵]. میان‌گذر بخشی از بارش است که تحت تأثیر نیروی جاذبهٔ زمین [۶] به‌صورت مستقیم از تاج پوشش عبور کرده، یا به‌صورت غیر مستقیم به تاج پوشش برخورد می‌کند و سپس، به کف جنگل می‌رسد [۷ــ ۹]. ساقاب نیز بخش دیگری از اجزای بارش است که توسط شاخه‌ها دریافت و از طریق تنهٔ درخت به کف جنگل هدایت می‌شود [۱۰]. مقدار ساقاب تولیدی علاوه بر اهمیت آن در میزان منابع آب رسیده به کف جنگل، از نظر ژئواکولوژیک، بیولوژیک و هیدرولوژیک نیز مهم است، زیرا مواد محلول در ساقاب تأثیر زیادی بر شیمی خاک، رطوبت خاک و اشکوب علفی کف جنگل دارد [۶ و ۱۱]. به‌طور کلی، ویژگی‌های بیوفیزیکی پوست درخت تأثیر زیادی بر تولید ساقاب دارد. بر اساس بررسی‌های انجام‌شده ظرفیت نگه‌داری آب پوست درخت، تولید ساقاب را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد و عامل محدودکننده و یا افزایش‌دهندهٔ ساقاب است [۵ و ۱۲]. همچنین، مطالعات نشان می‌دهد ظرفیت نگه‌داری پوست درخت در بین گونه‌های مختلف تفاوت چشم‌گیری دارد [۱۳]. محاسبهٔ مقدار هدررفت رایشی به‌طور غیرمستقیم از تفاوت بین باران، مجموع ساقاب و برگاب (باران خالص) به‌دست می‌آید [۲ و ۱۴] و در هدررفت آب در بوم‌سازگان جنگلی سهم چشم‌گیری دارد.

هدررفت رایشی یک جزء مهم در تعادل آب آبخیز محسوب می‌شود و تأثیر درخور توجهی بر تعادل آبی در نواحی جنگلی، چرخهٔ هیدرولوژی و مواد غذایی در بوم‌سازگان زمینی دارد [۱۵]، که متأثر از ساختار جنگل، رژیم بارش و مشخصه‌های اقلیمی هنگام و بعد از بارش است [۱۶]. به این‌منظور، برای محاسبهٔ هدررفت رایشی باید مقدار بارش، میان‌گذر و ساقاب اندازه‌گیری شود. مقدار بارش با استفاده از بارش‌سنج و مطابق با استانداردهای موجود اندازه‌گیری می‌شود [۱۷]. برای جمع‌آوری میان‌گذر در مناطق جنگلی مختلف و با توجه به اهداف مطالعه از روش‌های متفاوتی استفاده می‌شود، در مطالعاتی که محدودیت زمان و امکانات مطرح است، از روش نمونه‌برداری استفاده می‌شود و معمول‌ترین روش نمونه‌برداری، استفاده از روش‌های نقطه‌ای و سطحی است که با استقرار ظروف مختلف زیر تاج درختان میان‌گذر را جمع‌آوری و اندازه‌گیری می‌کنند [۱۸]. ساقاب نیز با استفاده از ناودان‌های پلاستیکی انعطاف‌پذیر که بر تنهٔ درخت نصب شده است و در انتها به یک مخزن جمع‌آوری‌کننده می‌رسد، قابل اندازه‌گیری است. سهم هریک از مقادیر هدررفت رایشی، میان‌گذر و ساقاب از کل بارش به‌شدت [۱۹]، مدت بارش و عوامل اقلیمی مثل تبخیر و ساختمان تاج بستگی دارد [۱۷]. به‌طور کلی، ویژگی‌های بارش، شاخص سطح برگ [۲۰]، ویژگی تودهٔ درختان و تغییرات فنولوژی درختان [۲۱] بر هدررفت رایشی مؤثر است، که این مقدار در گونه‌های مختلف به‌علت تفاوت در تاج و ساختمان زه‌کشی آنها متفاوت است [۲۲]. معمولاً، میزان هدررفت رایشی در سوزنی‌برگان به‌مراتب بیشتر از پهن‌برگان است [۲۳]. از پیامدهای جنگل‌کاری، کاهش باران رسیده به کف جنگل (باران خالص) از طریق جذب، تبخیر از پوشش گیاهی و تعرق[4] درختان است [۲۴]. بنابراین، آگاهی از مقدار هدررفت رایشی، میان‌گذر و ساقاب گونه‌های درختی مناسب و تراکم کاشت آنها ضروری است [۲۵]. بر همین اساس، می‌توان از گونه‌هایی که مقدار هدررفت رایشی بیشتر با هدف مبارزه با فرسایش خاک و یا هدررفت رایشی کمتر با هدف افزایش باران خالص دارند، استفاده کرد. رویکرد یادشده زمینه‌ساز مدیریت صحیح منابع آب در حوضه‌های آبخیز جنگلی و یا دست‌کاشت خواهد بود. به هر حال، هر یک از تأثیرات مدیریتی در بوم‌سازگان‌های جنگلی به تغییر در توزیع بارش روی آن منجر می‌شود. در دهه‌های اخیر، پژوهش‌های مختلفی در ارتباط با چرخهٔ آب در جنگل‌ها و همچنین اجزای بارش در یک یا چند تیپ

1. Interception Loss
2. Throughfall
3. Stemflow
4. Transpiration

پوششی انجام شده است [۱، ۲، ۶ و ۷]. بررسی پیشینه‌های مرتبط نشان می‌دهد تمرکز پژوهش‌های صورت‌گرفته با توجه به فراوانی تیپ‌ها در مناطق مختلف بوده است. بنابراین، با توجه به گستردگی طولی جنگل‌های شمال کشور و تغییرات درخور توجه بارندگی از متوسط سالانه ۹۶۰ میلی‌متر برای استان گیلان تا ۴۸۴ میلی‌متر برای استان گلستان و به طبع، شکل‌گیری تیپ‌های مختلف جنگلی، به‌نظر می‌رسد زمینه برای پژوهش‌های بیشتر در این منطقه همچنان وجود دارد. حال با توجه به غالب بودن گونه‌های مهم درختی بلوط بلند مازو (*Quercus castaneifolia*)، اوجا (*Ulmus minor*) و انجیلی (*Parotica persica*) در مناطق جلگه‌ای شمال کشور، تهیه و تکمیل اطلاعات تخصصی در زمینهٔ رفتار اکوهیدرولوژیک گونه‌های یادشده و البته سایر گونه‌های باارزش جنگل‌های هیرکانی در تبیین و دست‌یابی به اهداف مدیریت جنگل جلگه‌های شمالی کشور بااهمیت است. به همین منظور، مطالعهٔ حاضر با هدف برآورد مقدار بارش و اجزای آن در سه تیپ اشاره‌شده در محوطهٔ دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مطالعه‌شده

پژوهش حاضر در محوطهٔ دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس واقع در شهرستان نور با طول جغرافیایی ″۵۲°۰۲′۲۵ تا ″۵۲°۰۲′۲۹ و عرض جغرافیایی ″۵۲°۰۲′۲۵ تا ″۵۲°۰۲′۲۵ با ارتفاع متوسط ۱۸ متر پایین‌تر از سطح دریا انجام شد. این منطقه به‌عنوان بخشی از مناطق جلگه‌ای باقی‌مانده از جنگل‌های هیرکانی شمال است که در آن هیچ‌گونه پستی و بلندی وجود ندارد و شیب عمومی آن کمتر از ۳ درصد بوده و سطح آن تقریباً هموار است. برای انجام پژوهش فعلی، سه تیپ گیاهی نزدیک به همدیگر با ویژگی‌های مندرج در جدول ۱، به‌عنوان نمایندهٔ تیپ‌های غالب بوم‌سازگان جنگلی جلگه‌ای دامنهٔ شمالی البرز در مساحت تقریبی ۶ هزار مترمربع انتخاب شدند. نمایی کلی از منطقهٔ مطالعه‌شده و جایگاه تیپ‌های انتخابی در شکل ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های ریخت‌شناسی تیپ‌های مختلف مطالعاتی در محوطهٔ دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

نام گونه	شکل برگ	شکل تنه	تاج پوشش
بلوط	بیضی با انتهای تیز و کشیده دارای دندانه و قاعدهٔ گوه‌ای	شیاردار و ضخیم	گسترده و انبوه
اوجا	تخم‌مرغی شکل و نامتقارن	شیاردار و ضخیم	مخروطی و فاصله‌دار
انجیلی	بیضی‌شکل، کشیده، تخم‌مرغی، موج‌دار و بدون تقارن	تنهٔ نامنظم تقریباً صاف با فرورفتگی‌ها و برجستگی‌های زیاد	مواج و تو در تو

شکل ۱. نمایی کلی موقعیت تیپ‌های جنگلی مطالعه‌شده واقع در استان مازندران (بالا)، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس (پایین و چپ) و الگوی پراکنش و نمای کلی شرایط مطالعه (پایین و راست)

روش کار

در ابتدای پژوهش، وضعیت اقلیمی منطقهٔ مطالعه شده با استفاده از اطلاعات هواشناسی دو ایستگاه سینوپتیک بابلسر (واقع در ۵۰ کیلومتری شرق) و نوشهر (واقع در ۵۰ کیلومتر غرب) منطقهٔ مطالعه‌شده مربوط به دورهٔ آماری ۱۳۵۶ تا ۱۳۹۳ تعیین شد. با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده از ایستگاه‌های هواشناسی، متوسط دما و بارندگی سالانهٔ منطقه به‌ترتیب ۱۶/۹ درجهٔ سانتی‌گراد و ۱۰۸۹ میلی‌متر برآورد شد.

اندازه‌گیری روی سه تیپ مختلف پوششی از گونه‌های بلوط بلند مازو، اوجا و انجیلی با قطر برابر سینه‌ای بین ۲۵ تا ۴۰ سانتی‌متر انجام شد. بلوط بلند مازو مخصوص جنگل‌های قفقاز و خزر بوده و در شمال از جلگه‌های ساحلی دریای خزر تا ارتفاعات فوقانی و از جنگل‌های گیلداغی و گلستان تا آستارا کشیده شده است و در بعضی مناطق (ارتفاعات مینودشت) تا ارتفاع ۲۱۰۰ از سطح دریا بالا می‌رود. اوجا گونه‌ای است که در مناطق معتدلهٔ نیم‌کرهٔ شمالی و بخش‌های کوهستانی مناطق گرمسیری پراکنده شده است. پراکنش این گونه در ایران از گرگان تا جنگل‌های ارسباران بوده و از لحاظ ارتفاعی نیز در بخش متوسط تا نسبتاً بالا در جنگل‌های شمال واقع شده است. گونهٔ انجیلی نیز بومی ایران است و در جنگل‌های مناطق ساحلی تا ارتفاعات میان‌بند در بعضی از مناطق (کلاردشت) با ارتفاع حدود ۱۴۰۰ متر گسترش یافته است [۲۶].

اندازه‌گیری مؤلفه‌های بارش

عملیات میدانی پژوهش حاضر طی ۱۲ ماه (۱۳۹۷/۰۸/۱۵ تا ۱۳۹۸/۰۸/۱۵) انجام شد. در این مدت ۳۴ رگبار ثبت و مؤلفه‌های بارش‌کل، هدررفت رباییشی، میان‌گذر و ساقاب اندازه‌گیری شده است. برای اندازه‌گیری مؤلفه‌های یادشده از ۲۳ ظرف جمع‌آوری‌کننده استفاده شد. دو ظرف برای اندازه‌گیری بارش در فضای باز، سه ظرف برای اندازه‌گیری ساقاب هر درخت و ۱۸ ظرف برای اندازه‌گیری میان‌گذر سه تیپ پوششی (برای هر تیپ ۶ ظرف) مد نظر مستقر شدند. در مجموع، تعداد نمونه‌های جمع‌آوری‌شده طی دوران مطالعه برای فضای باز ۶۸، ساقاب ۱۰۲ و برگاب ۶۱۲ مورد بوده است، میانگین ارتفاع بارش ظرف‌های جمع‌آوری‌کننده در فضای باز به‌عنوان بارش مستقیم ناخالص و میانگین ارتفاع شش ظرف جمع‌آوری‌کننده میان‌گذر هر تیپ، به عنوان میانگین نمونهٔ ارتفاع میان‌گذر برای هر تیپ در نظر گرفته شد.

بارندگی کل

اندازه‌گیری مقدار بارندگی کل با استفاده از دو ظرف جمع‌آوری‌کنندهٔ پلاستیکی استوانه‌ای‌شکل، با قطر دهانه و ارتفاع به‌ترتیب ۱۶ و ۳۰ سانتی‌متر و مستقر در فضای کاملاً باز و در فاصلهٔ ۲۰۰ متری از محل نصب نمونه‌های دیگر صورت گرفت. تمام ظروف اندازه‌گیری با استفاده از میله‌های فلزی با ارتفاع ۸۰ سانتی‌متری و به‌منظور تثبیت ظروف در مقابل وزش باد، برخورد حیوانات و به‌ویژه ثبات محل اندازه‌گیری درون زمین ثابت شدند [۲۷]. بعد از هر رگبار، حجم باران ذخیره‌شده در هر ظرف با استفاده از استوانهٔ مدرج تعیین شد. سپس، سطح ورودی هریک از جمع‌آوری‌کننده‌ها و عمق بارندگی برای هر یک از ظروف نیز تعیین شد. میانگین عمق بارندگی کل جمع‌آوری‌شده توسط ظروف به‌عنوان بارندگی کل در هر رگبار در نظر گرفته شد [۶].

هدررفت رباییشی

مقدار هدررفت رباییشی تاج پوشش از تفاوت باران اندازه‌گیری‌شده در بالای تاج پوشش یا فضای آزاد (بارش ناخالص) و مجموع میان‌گذر و ساقاب در زیر تاج‌پوشش (بارش خالص) بر اساس روابط ۱ و ۲ محاسبه شد.

$$I=GR-NR \quad (۱)$$

$$NR=TF+SF \quad (۲)$$

که در آنها، I هدررفت رباییشی، GR بارش ناخالص، NR بارش خالص، SF ساقاب و TF میان‌گذر تولیدی است [۱۷]. تمام نمونه‌های مطالعه شده با یک واحد مشابه (میلی‌متر) ارزیابی شدند.

میان‌گذر

به منظور اندازه‌گیری میان‌گذر از ۱۸ ظرف جمع‌آوری‌کننده برای سه تیپ پوششی و به‌صورت نمایش داده‌شده در شکل ۲ استفاده شد. به این منظور، در اطراف یک پایهٔ درختی در مرکز هر تیپ شش ظرف به‌طور منظم و به‌صورت شعاعی نصب و استفاده شد. زمان اندازه‌گیری

میان‌گذر از زمان شروع تا پایان رگبار با مشاهدهٔ کامل قطع میان‌گذر ثبت شدند. هر یک از جمع‌آوری‌کننده‌های یادشده به‌طور مجزا تخلیه شده و حجم آنها با استوانهٔ مدرج اندازه‌گیری شد. میانگین حجم جمع‌آوری‌کننده‌های مستقر در زیر تاج‌پوشش هر درخت، به‌عنوان حجم مربوط به آن برآورد شد. ارتفاع میان‌گذر نیز با تقسیم حجم نمونهٔ میان‌گذر به سطح مقطع ورودی ظرف جمع‌آوری‌کننده محاسبه شد. حجم کل میان‌گذر هر درخت نیز از حاصل ضرب ارتفاع میان‌گذر کل در مساحت تاج آن درخت تعیین شد [۱۶ و ۱۷].

شکل ۲. نمایی از شیوهٔ اندازه‌گیری میان‌گذر و نصب ظروف جمع‌آوری نمونه در تیپ‌های مطالعاتی بلوط (راست)، اوجا (وسط) و انجیلی (چپ)

ساقاب

در پژوهش حاضر برای اندازه‌گیری ساقاب، در هر تیپ پوششی یک درخت به‌عنوان نمایندهٔ تیپ انتخاب شد. سپس، با استفاده از ناودان‌های لاستیکی به قطر ۳ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۳۰ سانتی‌متری نصف شده و به‌صورت مارپیچی و مورب توسط میخ‌های کوچک و چسب‌های عایق بر تنه درختان نصب شد [۱، ۸، ۱۷ و ۲۵] در انتهای ناودان هریک از درختان مطالعه‌شده، ساقاب تولیدی توسط دبه‌های ۱۰ لیتری جمع‌آوری شد. وضعیت و نمای کلی فرایند اندازه‌گیری ساقاب در شکل ۳ نشان داده شده است. برای محاسبهٔ حجم ساقاب تولیدی پس از پایان هر بارش و با اتمام جریان ساقاب، حجم آب جمع‌آوری‌شدهٔ درون ظرف‌ها به‌وسیلهٔ استوانهٔ مدرج اندازه‌گیری شده و با تقسیم بر سطح تاج آن درخت عمق ساقاب تعیین شد [۷ و ۲۸]. سطح تاج درخت نمونهٔ ساقاب نیز با استفاده از اندازه‌گیری شعاع درخت در چهار طرف با استفاده از متر نواری و بر اساس فرمول دایره تعیین شد [۲ و ۱۱]. با توجه به اهمیت نوع، شکل، وضعیت ظاهری و ویژگی‌های توزیع و فراوانی زبری و علائم در خصوص بررسی اجمالی تعداد و عمق شیارهای روی پوست درختان در تیپ مد نظر صورت پذیرفت. به این منظور، ابتدا با استفاده از خط‌کش نسبت اندازه‌گیری تعداد شیار در هر سانتی‌متر به دست آمد و سپس، عمق شیارها اندازه‌گیری شد. همچنین، از رابطهٔ ۳ برای محاسبهٔ ضریب زبری پوست درختان مطالعه شده استفاده شد [۱۲].

$$BRI = Fn \times Df \qquad (۳)$$

در رابطهٔ یادشده BRI ضریب زبری پوست درختان، Fn تعداد شیارهای پوست در ارتفاع برابر سینه ۱/۳۰ متر درخت در هر سانتی‌متر طول و Df عمق متوسط شیارها به سانتی‌متر است. نمایی از فرایند اندازه‌گیری عمق و فراوانی شیارها نیز در شکل ۴ نشان داده شده است.

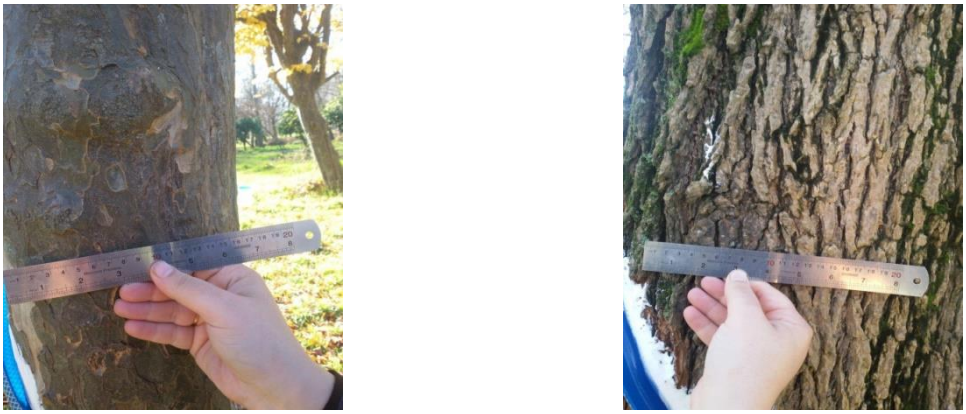
کیفیت آب

به‌منظور بررسی کیفیت آب جمع‌آوری از میان‌گذر و بعد از هر رگبار، نمونه‌هایی از شش ظرف جمع‌آوری‌کننده برای هر تیپ پوششی تهیه شده و به آزمایشگاه فرستاده شد. سپس، مقدار اسیدیته (pH)، و هدایت الکتریکی (EC) با pH متر و EC متر و فسفر با کمک دستگاه اسپکتروفوتومتر (SQ-2800,US) و عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فوتومتر (Jenway pf7, UK) اندازه‌گیری شد [۲۹].

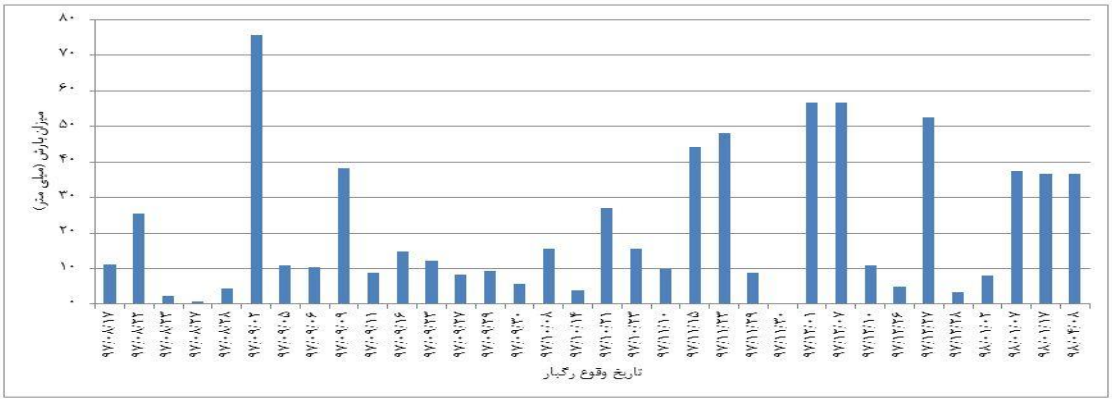
نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان بارش در شکل ۵ نشان داده شده است. بیشترین مقدار بارش در فصل پاییز با ۷۵/۶۶ میلی‌متر و کمترین مقدار آن در فصل زمستان با ۰/۰۲ میلی‌متر بوده است. البته، به‌دلیل عدم بارش در مرداد، شهریور و همچنین مهر، هیچ مقداری ثبت نشده است.

شکل ۳. نمایی از فرایند جمع‌آوری ساقاب در درخت بلوط (راست)، اوجا (وسط) و انجیلی (چپ)



شکل ۴. اندازه‌گیری عمق و تعداد شیارها روی پوست درختان تیپ‌های مختلف مطالعاتی در محوطهٔ دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس



شکل ۵. مقدار بارندگی طی رگبارهای مختلف در دورهٔ مطالعاتی واقع در دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

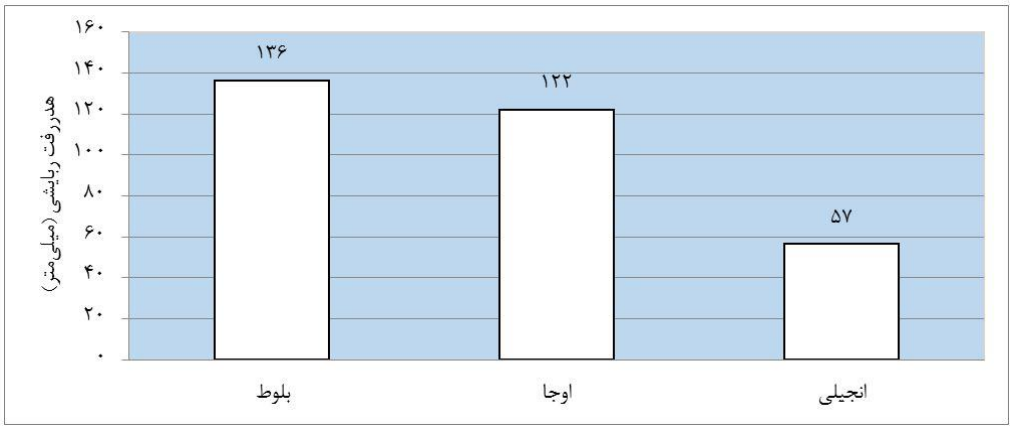
نتایج آزمون تجزیه‌وتحلیل واریانس یک‌طرفهٔ هدررفت رباشی سه تیپ مطالعاتی مندرج در جدول ۲، نشان‌دهندهٔ عدم اختلاف معنادار (P=۰/۷۹۰) است. نتایج حاصل از هدررفت رباشی تیپ‌های مختلف در شکل ۶ خلاصه شده است. با توجه به مقدار بارش سهم هدررفت رباشی برای سه تیپ پوششی بلوط، اوجا و انجیلی به‌ترتیب مقدار ۱۹، ۱۷ و ۸ درصد بوده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار هدررفت رباشی مربوط به تیپ بلوط بوده است و این می‌تواند به‌دلیل وضعیت قرارگیری شاخه‌ها و برگ‌های این گونه و سطح درخور توجه نگه‌داری آب در آن باشد.

زمانی که ظرفیت ذخیرهٔ رباییشی تکمیل نشود، هیچ‌گونه میان‌گذر ایجاد نمی‌شود و هرچه تاج پوشش انبوه‌تر و کامل‌تر باشد، از مقدار میان‌گذر کاسته و هرچه فضای تاج خالی‌تر باشد بر مقدار میان‌گذر افزوده شده است [۱۷]. بر همین اساس، در بررسی نتایج ارائه‌شده در شکل ۷ درختان انجیلی و بلوط به‌ترتیب بیشترین و کمترین سهم میان‌گذر تولیدی را با مقدار ۹۲ و ۸۰ درصد داشته‌اند.

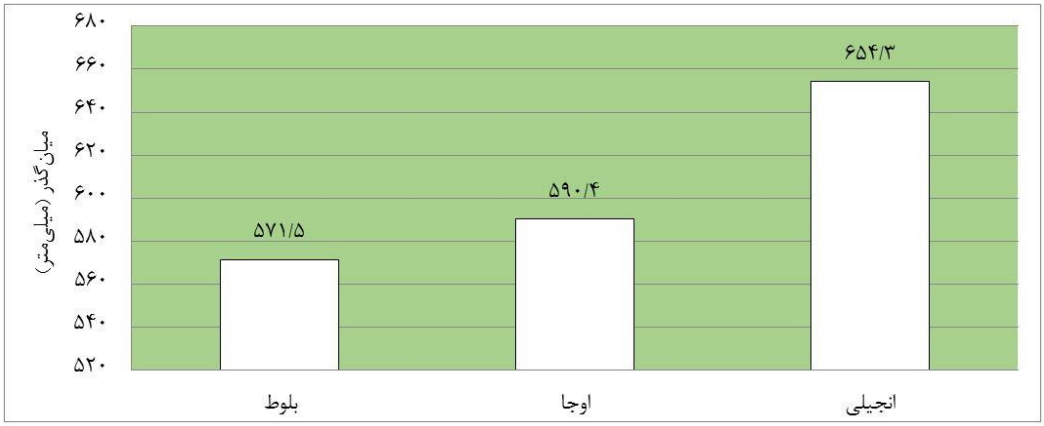
در گونهٔ بلوط به‌دلیل تاج پوشش انبوه و تاج گسترده، میزان میان‌گذر تولیدی کمتر از دو گروه قبل بوده و این در حالی است که در گونهٔ انجیلی میزان میان‌گذر درخور توجه بوده است. به گونه‌ای که بین میزان بارندگی کل و میانگین میان‌گذر تولیدی در گونه‌های بلوط، اوجا و انجیلی همبستگی خطی قوی و تقریباً معناداری با ضریب تبیین به‌ترتیب ۰/۶۱، ۰/۶۲ و ۰/۴۶ به‌صورت ارائه‌شده در شکل ۸ مشاهده شد.

جدول ۲. نتایج آزمون تجزیه‌وتحلیل واریانس چندگانه بین و درون گروه‌ها برای مقایسهٔ هدررفت رباییشی تیپ‌های مختلف مطالعاتی در محوطهٔ دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

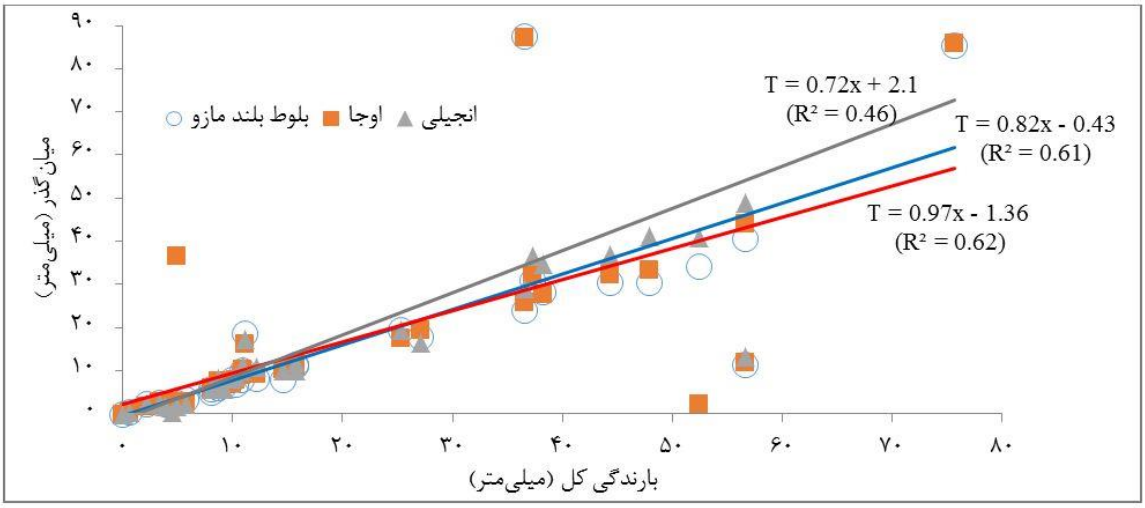
منبع	جمع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	آمارهٔ F	سطح معناداری
بین گروه‌ها	۱۰۶/۴۴۶	۲	۵۳/۲۲۳	۰/۲۳۶	۰/۷۹۰
درون گروه‌ها	۲۲۲۸۶/۷۰۸	۹۹	۲۲۵/۱۱۸		
جمع	۲۲۳۹۳/۱۵۵	۱۰۱			



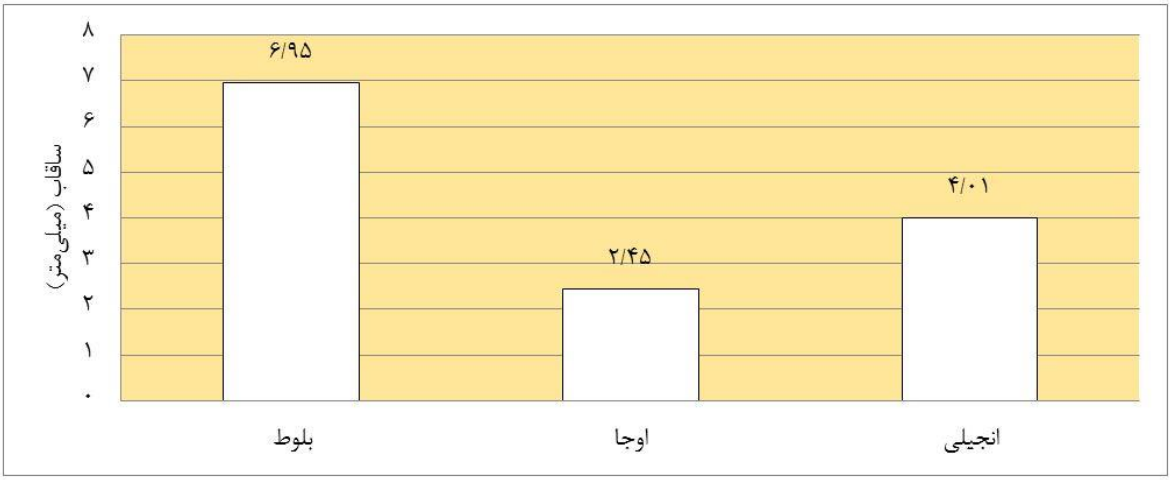
شکل ۶. هدررفت رباییشی تاجی سه تیپ مطالعاتی بلوط، اوجا و انجیلی در محوطهٔ دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس



شکل ۷. میان‌گذر در سه تیپ مطالعاتی بلوط، اوجا و انجیلی در محوطهٔ دانشکدهٔ منابع طبیعی تربیت مدرس



شکل ۸. ارتباط بین میان‌گذر و بارندگی کل در سه تیپ مطالعاتی بلوط، اوجا و انجیلی در محوطهٔ دانشکدهٔ منابع طبیعی تربیت مدرس



شکل ۹. میزان ساقاب در سه تیپ مطالعاتی بلوط، اوجا و انجیلی در محوطهٔ دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

در هر بارش مقدار ساقاب برای هر درخت اندازه‌گیری شد. میانگین ارتفاع ساقاب سالانهٔ تودهٔ طبیعی برای تیپ بلوط ۰/۲، تیپ اوجا ۰/۰۷ و برای تیپ انجیلی ۰/۱۱ میلی‌متر و به‌ترتیب برابر ۰/۹۷، ۰/۳۴ و ۰/۵۶ درصد از کل بارش بود. تغییرات ارتفاع ساقاب تیپ‌های مطالعه‌شده در پژوهش حاضر طی دورهٔ مطالعاتی نیز در شکل ۹ نشان داده شده است.

مطالعه روی ضریب زبری و نتایج مندرج در جدول ۳ نشان داد بیشترین و کمترین ضریب زبری برای درختان اوجا و انجیلی به‌ترتیب با مقدار ۰/۱۲ و ۰/۰۰۱ و برای تیپ بلوط ۰/۰۴۸ بوده است. در واقع، ضریب زبری انجیلی ۴۸ برابر کمتر از تیپ بلوط و ۱۲۰ برابر کمتر از تیپ اوجاست.

بر اساس ضریب زبری، درخت اوجا و انجیلی باید کمترین و بیشترین درصد تولید ساقاب را داشته باشند در حالی که در مطالعهٔ انجام‌شده درخت اوجا با ۰/۳۴ درصد، کمترین سهم و گونهٔ بلوط با ۰/۹۷ درصد، دارای بیشترین سهم در تولید ساقاب بوده است. همچنین، نتایج آزمون تجزیه‌وتحلیل واریانس داده‌های ساقاب سه تیپ مطالعه‌شده نشان‌دهندهٔ اختلاف معنادار (P=۰/۰۰۹) بین تیپ بلوط و اوجا به شرح ارائه‌شده در جدول ۴ است. وجود اختلاف در میزان ساقاب این گونه‌ها می‌تواند ناشی از ویژگی‌های بارندگی مانند زمان وقوع بارش، شدت بارندگی، اختلاف در سرعت و جهت باد، دما، رطوبت نسبی و متغیرهای پوشش گیاهی مانند سن، تراکم و ترکیب گونه‌ها باشد. علاوه بر این، وجود شکاف یا

روزنه در تاج درختان تأثیر درخور توجهی در میزان تولید ساقاب داشته است. به رغم وجود روزنهٔ تاجی، میزان ساقاب در گونهٔ اوجا نسبت به سایر گونه‌ها کمتر است. همبستگی بین میزان بارندگی و ساقاب نشان‌دهندهٔ رابطهٔ معناداری بوده، به‌طوری که با افزایش میزان بارندگی، میزان ساقاب تولیدی نیز افزایش یافته است. علاوه بر موارد یادشده ویژگی‌های اصلی کیفیت آب اندازه‌گیری‌شده نیز در جدول ۵ ارائه شده است.

تجزیه‌وتحلیل واریانس یک‌طرفهٔ انجام‌شده نیز تأییدکنندهٔ نبود اختلاف معنادار (P=۰/۸۹۴) بین مقادیر میان‌گذرها در تیپ‌های مطالعاتی بوده در جدول ۶ آمده است. اما نتایج این آزمون روی محتوای رطوبتی لاشبرگ‌های بستر تیپ‌های مختلف (جدول ۷) نشان‌دهندهٔ اختلاف معنادار میزان رطوبت موجود، پس از هر رگبار با گزارش بیشترین مقدار روی بستر تیپ بلوط بوده است.

جدول ۳. عمق شیار و ضریب زبری در سه تیپ مطالعاتی بلوط، اوجا و انجیلی در محوطهٔ دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

تیپ مطالعاتی	عمق شیار (سانتی‌متر)	تعداد شیار در هر ۱۰ سانتی‌متر	ضریب زبری (درصد)
بلوط	۰/۶	۸	۰/۰۴۸
اوجا	۲	۶	۰/۱۲
انجیلی	۰/۱	۱	۰/۰۰۱

جدول ۴. نتایج آزمون تجزیه‌وتحلیل واریانس چندگانه بین و درون گروه‌ها برای مقایسهٔ ساقاب تیپ‌های مختلف مطالعاتی در محوطهٔ دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

منبع	جمع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	آمارهٔ F	سطح معناداری
بین گروه‌ها	۰/۳۰۲	۲	۰/۱۵۱	۴/۹۵۱	۰/۰۰۹
درون گروه‌ها	۳/۰۱۶	۹۹	۰/۰۳۰		
جمع	۳/۳۱۷	۱۰۱			

جدول ۵. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اجزای بارش در تیپ‌های مختلف مطالعاتی در محوطهٔ دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

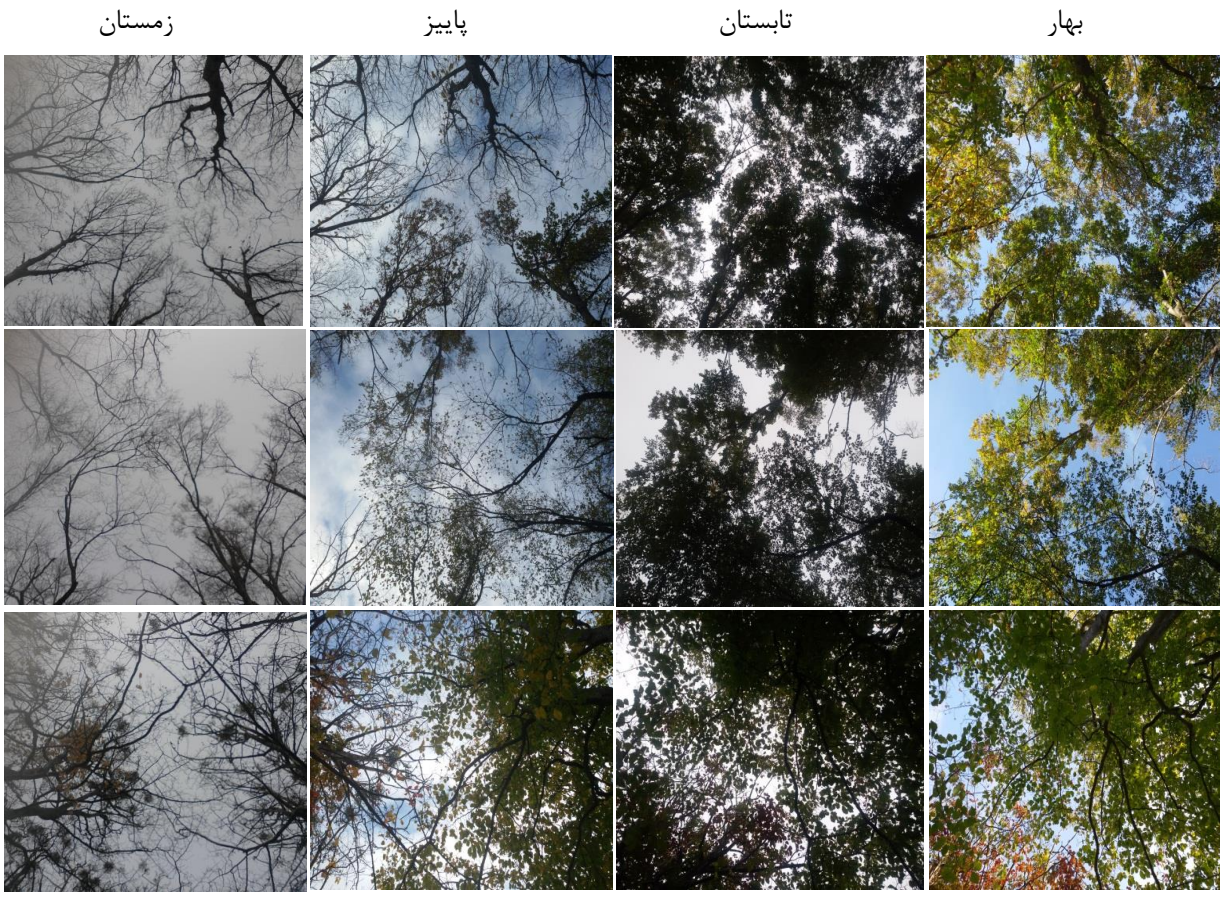
عناصر اندازه‌گیری‌شده	بلوط	اوجا	انجیلی	فضای باز
مواد محلول در ساقاب (میلی‌گرم بر لیتر)	۶۱/۵	۵۸	۵۳/۵۱	۱۸/۵۲
مواد محلول در میان‌گذر (میلی‌گرم بر لیتر)	۴۰/۳	۴۹/۷۳	۴۳/۳۰	
هدایت الکتریکی املاح در ساقاب (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)	۸۳/۵	۹۴/۷۲	۸۱/۶۹	۲۶/۶۷
هدایت الکتریکی املاح در میان‌گذر (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)	۶۲/۲	۵۷/۱۵	۵۹/۲۴	
دمای آب در ساقاب (درجهٔ سانتی‌گراد)	۲۶/۳	۲۵/۶۰	۲۶	۲۵/۴۰
دمای آب در میان‌گذر (درجهٔ سانتی‌گراد)	۲۵/۴	۲۵/۵۴	۲۵/۸۵	
pH ساقاب	۵/۸	۶/۲	۵/۹	۵/۹
pH میان‌گذر	۶/۰	۶/۰	۵/۹	

جدول ۶. نتایج آزمون تجزیه‌وتحلیل واریانس چندگانه بین و درون گروه‌ها برای مقایسهٔ میان‌گذر تیپ‌های مختلف مطالعاتی در محوطهٔ دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

منبع	جمع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	آمارهٔ F	سطح معناداری
بین گروه‌ها	۱۱۰/۶۵۰	۲	۵۵/۳۲۵	۰/۱۱۳	۰/۸۹۴
درون گروه‌ها	۴۸۵۹۳/۴۱۴	۹۹	۴۹۰/۸۴۳		
جمع	۴۸۷۰۴/۰۶۵	۱۰۱			

جدول ۷. نتایج آزمون تجزیه‌وتحلیل واریانس چندگانه بین و درون گروه‌ها برای مقایسهٔ محتوای رطوبتی لاشبرگ‌های بستر تیپ‌های مختلف مطالعاتی در محوطهٔ دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

منبع	جمع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	آمارهٔ F	سطح معناداری
بین گروه‌ها	۲۳۶/۹۲۱	۲	۱۱۸/۴۶۰	۴/۳۵۵	۰/۰۱۵
درون گروه‌ها	۲۶۹۲/۸۲۷	۹۹	۲۷/۲۰۰		
جمع	۲۹۲۹/۷۴۸	۱۰۱			



شکل ۱۰. وضعیت تاج پوشش درختان طی دورهٔ مطالعاتی در سه تیپ بلوط (بالا)، اوجا (وسط) و انجیلی (پایین)

بحث و نتیجه‌گیری

تمامی رخدادهای بارش طی ۱۲ ماه در منطقهٔ مطالعه‌شده اندازه‌گیری شده و در مجموع، ۳۴ رگبار ثبت شد. مقدار بارش در این مدت ۷۱۴/۸۷ میلی‌متر بوده و حداقل و حداکثر آن در رگبارهای ثبت‌شده به‌ترتیب ۱/۶ و ۱۷۴ میلی‌متر برآورد شده است. نوسان‌های بارندگی طی دورهٔ مطالعه در شکل ۵ نمایش داده شده است. با توجه به اهمیت تاج پوشش در توزیع اجزای بارش، وضعیت پوشش تاجی محل‌های مطالعاتی طی دورهٔ یک‌ساله برای هر فصل از طریق نصب پایهٔ چوبی ثابت به ارتفاع تقریبی ۱/۳۰ سانتی‌متر و سطح افقی مناسب برای استقرار دوربین دیجیتال مدل Huawei mate10 lite، عکس‌برداری و تحلیل شد. سیمای عمومی وضعیت تاج پوشش در شکل ۱۰ گزارش شده است.

طی سال‌های اخیر مطالعات مختلفی در زمینهٔ چرخهٔ آب در جنگل و تأثیر تاج پوشش بر مقدار بارش صورت گرفته است و نتایج هر پژوهش نسبت به دیگری اختلاف داشته است. می‌توان گفت که انتخاب گونه و محل اندازه‌گیری برای هر پژوهش تا حدود بسیار سلیقه‌ای بوده و کمبود آگاهی در زمینهٔ بارش و توزیع اجزای آن در

جنگل یکی از موضوعاتی است که گاه سبب افزایش هزینه در پروژه‌های جنگل‌داری می‌شود. از سوی دیگر، اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی معمولاً مربوط به سال‌های گذشته است و دریافت اطلاعات به‌روز پرهزینه است و یا امکان‌پذیر نیست. این موضوع سبب شده به دست آوردن ارتفاع بارش در بسیاری نقاط دقت خوبی نداشته باشد.

اطلاع از میزان هدررفت ربایش در بسیاری از مواقع در تعیین و یا به‌کارگیری گونه‌ها در شرایط مختلف اقلیمی بااهمیت است. این مهم در مورد ساقاب تولیدی هم به‌رغم سهم اندک آن نسبت به بارندگی کل مورد توجه خواهد بود. مقدار ساقاب تولیدی تابع نوع تیپ پوششی، زاویهٔ شاخه‌ها، شکل برگ‌ها، اندازهٔ تاج درخت، ظرفیت نگه‌داری آب در پوست درخت، شرایط اقلیمی و فصلی است [۳۰]. بر اساس بررسی‌های به‌عمل‌آمده یکی از عواملی مؤثر بر مقدار ساقاب، ظرفیت نگه‌داری آب در پوست درخت است [۵] که این ظرفیت در بین گونه‌های مختلف متفاوت است [۱۲]. معمولاً در گونه‌هایی که پوست ضخیم و زبر، جذب و نگه‌داری آب بیشتر بوده و تولید ساقاب کمتر صورت گرفته است [۳۰]. اگرچه به‌نظر می‌رسد درختانی که پوست نازک و صاف دارند سهم بیشتر در تولید ساقاب دارند [۳۱]، ولی این موضوع الزامی نیست، زیرا گاهی خطی شدن جریان در مسیر شیارهای طولی روی پوست، انتقال سریع بارش به پایین‌دست را زمینه‌سازی می‌کند. همچنین، وجود عواملی همچون خزه روی درخت، پوسیدگی در درختان، قطور بودن و زبری سطحی پوست، تاج پوشش باز و غیر انبوه و نیز وضعیت قرارگیری شاخه‌ها می‌تواند در کاهش یا افزایش میزان ساقاب نیز مؤثر باشد. در مطالعهٔ انجام‌شده میزان ساقاب تولیدی گونهٔ بلوط ۰/۹۷ درصد از کل بارندگی ولی در انجیلی ۰/۵۶ درصد از کل بارندگی بود، در حالی که انتظار می‌رفت ساقاب تولیدی انجیلی به‌دلیل داشتن پوست صاف بیشتر باشد. این نتیجه به‌خوبی نمایان‌گر آن است که داشتن تاج باز و غیر انبوه (شکل ۱۰) و شکل تنه درختان می‌تواند در میزان ساقاب تولیدی گونه‌ها مؤثر باشد. از جمله عوامل دیگری که می‌تواند در افزایش یا کاهش ساقاب مؤثر باشد، سن درخت است، به‌طوری که در مطالعه‌های پیشین [۳۲] میزان ساقاب در تودهٔ میان‌سال کاج بیشتر از تودهٔ جوان و مسن گزارش شده است. وضعیت قرار گرفتن شاخه‌ها روی تنهٔ درختان نیز از جمله عوامل تعیین‌کننده در افزایش یا کاهش ساقاب است. در مطالعه‌های گذشته [۳۳] در گونهٔ بلوط بیشترین مقدار ساقاب و در گونهٔ کاج به علت قرار گرفتن شاخه‌ها به صورت افقی کمترین مقدار ساقاب به‌دست آمده است. در مطالعهٔ انجام‌شده مقادیر ساقاب و میان‌گذر با بارندگی کل همبستگی مثبت و معناداری داشت به‌طوری که مدل به‌دست‌آمده با نتایج پژوهش‌های گزارش‌شده [۲۵ و ۳۴] تقریباً مشابه بوده است. البته، می‌توان به این نکته توجه داشت نه تنها در پژوهش حاضر بلکه در پژوهش‌های مشابه انجام شده، ساقاب سهم اندکی از بارندگی کل را به‌خود اختصاص می‌دهد. از این‌رو، برای جلوگیری از هدررفت زمان و هزینهٔ پیشنهادشده که مقدار آن حدود دو درصد از کل بارندگی در نظر گرفته شود [۳۵]. البته، باید یادآور شد این موضوع همیشه مورد قبول نیست، چرا که همان‌گونه که اشاره شد، مقدار ساقاب تابع عوامل مختلف است. برای نمونه، در پژوهش دیگر مشخص شد که افزایش قطر تنهٔ درختان سبب جذب آب در طول تنه شده و در نهایت، میزان ساقاب تولیدی کمتری تولید شده بود [۱۷ و ۳۶].

از آنجا که سطح تاج پوشش به‌عنوان یک عامل مهم در کاهش میزان آب ورودی به سطح زمین است، عدم انتخاب گونهٔ مناسب در پروژه‌های جنگل‌کاری می‌تواند به‌عنوان یک عامل مهم در کاهش معنادار آب سالانه در یک منطقه باشد. در نتیجه، انتخاب گونه با هدررفت ربایشی کمتر می‌تواند تا حدود زیادی به افزایش حجم آب ذخیره‌شده کمک کند [۳۷]. میزان هدررفت ربایشی در پژوهش حاضر برای تیپ‌های بلوط ۱۹، اوجا ۱۷ و برای انجیلی ۸ درصد بوده است که نتایج با مقادیر گزارش‌شده در بعضی از پژوهش‌ها هم‌خوانی دارد. برای مثال، مقدار هدررفت ربایشی در یک تودهٔ ۱۰۰ سالهٔ راش ۱۹، ۱۶ و ۲۲/۱ درصد [۳۸ــ ۴۰] گزارش شده است. عامل سن هم می‌تواند به‌عنوان یک عوامل تأثیرگذار در افزایش یا کاهش میزان هدررفت ربایشی باشد. در مطالعه‌های گذشته [۳۲] نشان داده شده که با افزایش سن در تودهٔ کاج، میزان هدررفت ربایشی افزایش یافته است. در پژوهش دیگر، میزان هدررفت ربایشی در سوزنی‌برگان بیشتر از پهن‌برگان به دست آمده است [۴۱]. هدررفت ربایشی شایان توجه در گونه‌های سوزنی‌برگ به‌دلیل مقدار

مقاومت آیرودینامیکی و ظرفیت نگه‌داری چشم‌گیر تاج است [۳۷ و ۴۲]. در برخی دیگر از مطالعات [۴۳]، ظرفیت نگه‌داری آب در برگ سوزنی‌برگان را دو برابر پهن‌برگان به‌دست آورد. البته، باید یادآور شد که شاخص سطح برگ[1] از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر هدررفت رهایشی است، که با افزایش مقدار آن، ظرفیت ذخیره و میزان هدررفت رهایشی نیز افزایش می‌یابد [۲۰]. در مطالعاتی که در اروپا انجام شده، شاخص سطح برگ بین ۱/۸ تا ۵/۳ متغیر بوده است [۱۸ و ۲۲]، که این شاخص در جنگل‌های هیرکانی ۷/۵ گزارش شده است. با توجه به این موارد به‌نظر می‌رسد این مقدار هدررفت رهایشی منطقی است. در واقع، در باران‌های با شدت کم، میزان هدررفت رهایشی بیشتر می‌شود، به‌دلیل آنکه برای شروع میان‌گذر و ساقاب باید ابتدا ظرفیت نگه‌داری آب تاج‌پوشش تکمیل شود و در باران‌های با شدت کم، سهم بیشتری از هر باران صرف خیس شدن و تکمیل ظرفیت نگه‌داری آب تاج‌پوشش شده و بر میزان هدررفت رهایشی افزوده شده است [۴۴ و ۴۵]. بارش‌های با شدت زیاد هدررفت رهایشی اندکی دارد. هدررفت رهایشی عامل کنترل‌کنندهٔ مقدار باران خالص ورودی به مناطق جنگل‌کاری‌شده به‌حساب می‌آید. بنابراین، در صورت عدم انتخاب گونه‌های مناسب برای جنگل‌کاری، ممکن است شرایط هدررفت رهایشی بیشتر و میزان میان‌گذر کمتر فراهم شود. از این‌رو، به همان نسبت می‌توانند در کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی مؤثر باشد [۴۶]. این موضوع حتی در پژوهش‌هایی که در مورد گیاهان زراعی صورت گرفته نیز قابل مشاهده بوده است. برای مثال، در یکی از مطالعه‌های گذشته [۴۷]، تأثیر میزان هدررفت رهایشی بر گیاهان ذرت در کاهش میزان آب ورودی به سفره‌های زیرزمینی بسیار درخور توجه بوده است. در پژوهش پیش رو، درختان انجیلی و بلوط بیشترین و کمترین سهم میان‌گذر تولیدی را با مقدار ۹۲ و ۸۰ درصد داشته‌اند. از طرف دیگر، رطوبت درخور توجه در سطوح برگ‌های اندازه‌گیری‌شدهٔ بلوط (۷۱ درصد)، اوجا (۵۶ درصد) و انجیلی (۵۷ درصد) در کف پوشش نشان می‌دهد به خلاف گونه‌های سوزنی‌برگ، گونه‌های پهن‌برگ در توزیع اجزای بارش شرایط بهتری را دارند و در نتیجه، در حاصل‌خیزی خاک و رشد گونه‌های کف جنگلی تأثیر زیادی خواهند داشت.

1. Leaf Area Index (LAI)

جمع‌بندی

با توجه به تنوع موضوعات در مباحث مربوط به هیدرولوژی و عدم لحاظ آن در طرح‌های جنگل‌داری و حفاظتی، به‌نظر می‌رسد شناسایی نیازهای اکولوژیک گونه‌های جنگلی و مطالعه در مورد مباحث اکوهیدرولوژیک جنگل از جمله اندازه‌گیری اجزای بارش در تیپ‌های مختلف نه‌تنها می‌تواند تا حدود زیادی در تصمیم‌گیری‌های زیربنایی طرح‌های جنگل‌داری مفید باشد، بلکه در کاهش هزینه‌های جنگل‌داری، بهره‌برداری و راه‌سازی نیز کمک شایان توجهی خواهد داشت.

قدردانی

نویسندگان از آقای مهندس صادق‌پور، آقای مهندس منوچهر نائیجی، خانم مهندس حق‌دوست و همچنین، خانم مهندس زهرا بور دانشجوی مقطع ارشد رشتهٔ علوم زیستی جنگل که در تهیهٔ لوازم و تجهیزات و مراحل انجام پژوهش حاضر با ایشان نهایت همکاری را داشتند، کمال تشکر و قدردانی را دارند. از مساعدت‌های ارزندهٔ معاونان محترم پژوهشی و آموزشی دانشکده به‌واسطهٔ حمایت‌های مالی نیز قدردانی می‌شود.

منابع

[1]. Gomez J.A, Giraldez J.V, Fereres E. Rainfall Interception by Olive trees in relation to leaf area. Journal of Agriculture Water Management. 2001; 49(1):65-76.

[2]. Ahmadi M.T, Attarod P, Mohadjer M.R.M, Rahmani R, Fathi J. 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 Forest. 2009; 33(6):557-568.

[3]. Marin C.T, Bouten W, Sevink J. Gross rainfall and its partitioning into throughfall, stemflow and evaporation of intercepted water in four forest ecosystems in western Amazonia. Journal of Hydrology. 2000; 237(1–2):40–57.

[4]. Deguchi A, Hattori S, Park H. The influence of seasonal change of canopy structure in interception loss: Application of the revised Gash model. Journal of Hydrology. 2006; 319(1):80-102.

[5]. Crockford R.H, Richardson D.P. Partitioning of rainfall in to throughfall, stemflow and interception: effect of Forest type, ground cover and climate, Hydrological Processes. 2000; 14(16-17):2903-2920.

[6]. Hosseini Ghaleh Bahmani S, Attarod P, Bayramzadeh V, Ahmadi M, Radmehr A. 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. 2012; 55(*2): 197-206.

[7]. Shachnovich Y, Berniler P, Bar P. Rainfall interception and spatial distribution of troughfall in a pine forest planted in an arid zone. Journal of Hydrology. 2008; 349(1-2):168– 177.

[8]. Levia D.F, Germer S. A review of stemflow generation dynamics and stemflow-environment interactions in forests and shrublands. Reviews of Geophysics. 2015; 53(3): 673–714.

[9]. Carlyle-Moses D.E, Iida S, Germer S, Llorens P, Michalzik B, Nanko K, et al. Expressing stemflow commensurate with its cohydrological importance. Advances in Water Resources. 2018; 121:472–479.

[10]. Hanchi A, Rapp M. Stemflow determination in forest stants, Journal of Forest Ecology and Management. 1997; 97(3):231-235.

[11]. Delphis F, Levia J. Differential winter stemflow generation under contrasting storm conditions in a southern New England broad-leaved deciduous forest. Hydrological Processes. 2004; 18(6):1105–1112.

[12]. Levia D.F, Herwitz S.R. Interspecific variation of bark water storage capacity of three deciduous tree species in relation to stemflow yield and solute flux to forest soils. Journal of Catena. 2005; 64(1):117–137.

[13]. Valova M and Bieleszova S. Interspecific variations of barks water storage capacity of chosen types of trees and the dependence on occurrence of epiphytic mosses, GeoScience Engineering. 2008; 4: 45–51.

[14]. Zhang G, Zeng G.M, Huang G.H, Jiang Y.M, Yao J.M, Du C.Y, et al. Deposition pattern of precipitation and throughfall in a subtropical evergreen forest in south-central China. Journal of Forest Research. 2006; 11(6)389–396.

[15]. Herbst M, Roberts J.M, Rosier P.T, Gowing D.J. Measuring and modelling the rainfall interception loss by hedgerows in southern England. Agricultural and Forest Meteorology. 2006; 141(2-4): 244-256.

[16]. Godarzi S, Mataji A, Veisanloo F. Rainfall components distribution in needle-leaved and broadleaved plantations in a semiarid climate zone (Case study: Shahid-Beheshti Forest Park in Broujerd). Iranian Journal of Forest. 2015; 6(3):339-350. [Persian]

[17]. Ghorbani S, Rahmani R. Estimating of interception loss, stemflow and throughfall in a natural stand of oriental Beech (Shastkalateh forest). Iranian Journal of Forest. 2006; 16(4):638-648. [Persian]

[18]. Llorens, P, Domingo F. Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean conditions. A review of studies in Europe. Journal of Hydrology. 2007; 335(1–2): 37–54.

[19]. Anzhi W, Jinzhong L, Jianmei L, Tiefan P, Changjie J. A semi-theoretical model of canopy rainfall interception for *Pinus Koraiensis* Nakai. Ecological Modelling. 2005; 184(2): 355–361.

[20]. Aston A.R. Rainfall interception by eight small trees. Journal of Hydrology. 1997; 42(3-4): 383-396.

[21]. Pypker T.G, Bond B.J, Link T.E, Marks D, Unsworth M.H. 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. 2005; 130(1–2): 113–129.

[22]. Domingo F, Sanchez G, Moro M.J, Brenner A.J, Puigdefabregas J. Measurement and modelling of rainfall interception by three semiarid canopies. Agricultural and Forest Meteorology. 1998; 91(3-4): 275-292.

[23]. Loshali D.C, Singh R.P. Partitioning of rainfall by three Central Himalayan forests. Forest Ecology and Management. 1992; 53(1-4): 99–105.

[24]. Buttle J.M, Farnsworth A.G. Measurement and modeling of canopy water partitioning in a reforested landscape: The Ganaraska Forest, southern Ontario, Canada. Journal of Hydrology. 2012; 466-467:103-114.

[25]. Carlyle-Moses D.E. Throughfall, stemflow, and canopy interception loss fluxes in a semi-arid Sierra Madre Oriental mattoral community. Journal of Arid Environments. 2004; 58(2):181-202.

[26]. Sabeti H. Forests, Trees and Shrubs of Iran. 3nd ed. Iran University of Science and Technology: Tehran; 1999.

[27]. Rahmani R, Sadoddin A, Ghorbani S. Measuring and modelling precipitation components in an Oriental beech stand of the

Hyrcanian region,Iran. Journal of Hydrology. 2011; 404(3): 294–303.

[28]. Toba T, Ohta T. An observational study of the factors that influence interception loss in boreal and temperate forests. Journal of Hydrology. 2005; 313(3):208-220

[29]. Fanaei HR, Galavi M, Kafi M, Shiranirad AH. Interaction of Water Deficit Stress and Potassium Application on Potassium, Calcium, Magnesium Concentration and Oil of Two Species of Canola (*Brassica napus*) and Mustard (*Brassica juncea*), Water and Soil Science. 2013; 23(3):261-275. [Persian]

[30]. Levia D.F, Vanstan J.T, Mage S.M, Kelley-Hauske P.W. Temporal variability of stemflow volum in a beechyellow poplar forest in relation to tree species and size. Journal of Hydrology. 2010; 380(1/2):112-120.

[31]. Sraj M, Brilly M, Mikos M. Rainfall interception by two deciduous Mediterranean forests of contrasting stature in Slovenia. Agricultural and Forest Meteorology. 2008; 148(1):121-134.

[32]. Han H, Dong L, Kang F, Cheng X, Zhao J, Song X. Rainfall Partitioning in Chinese Pine (*Pinus tabuliformis Carr*.) Stands at Three Different Ages, Journal of Forests. 2020; 11(2):243.

[33]. Butle J.M, Snelgrove J.R, Tetzlaff D. Importance of rainfall partitioning in a northern mixed forest canopy for soil water isotopic signatures in ecohydrological studies, Journal of Hydrology Processes. 2019; 34(2):244-302.

[34]. Iida Sh, Tanaka T, Sugita M. Change of interception process due to the succession from Japanese red pine to evergreen oak. Journal of Hydrology. 2005; 315(1):154-166.

[35]. Rowe L.K. Rainfall interception by an evergreen beech forest, Nelson, Newzealand. Journal of Hydrology. 1983; 66(1-4):143-158.

[36]. Ahmadi M.T, Attarod P, Mohadjer M.R.M, Rahmani R, Fathi J. Canopy interception loss in a pure oriental beech (Fagus orientalis Lipsky) stand during the summer season. Iranian Journal of Forest. 2009; 2(1):175-185. [Persian]

[37]. Sadeghi S.M.M, Attarod P, Abbasian P, Vabston J, Hojjati M. Throughfall nutrients in a degraded indigenous Fagus orientalis forest and a *Picea abies* plantation in the North of Iran. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. 2015; 24(3):0-10.

[38]. Hormann G, Branding A, Clemen T, Herbst M, Hinrichs A, Thamm F. Calculation and simulation of wind controlled canopy interception of a beech forest in northern Germany. Agricultural and Forest Meteorology. 1996; 79(3): 131–148.

[39]. Neal C, Robson C.L, Bhardwaj C.L, Conway T, Jeffery H.A, Neal M, et al.Relationships between precipitation, stemflow and throughfall for a lowland beech plantation, BlackWood, Hampshire, southern England: Findings on interception at a forest edge and the effects of storm damage. Journal of Hydrology. 1993; 146: 221–233

[40]. Vertessy R.A, Watson F.G.R, Sullivan S.K. Factors determining relations between stand age and catchment water balance in mountain ash forests. Forest Ecology and Management. 2001; 143:13- 26.

[41]. Loshali D.C, Singh R.P. Partitioning of rainfall by three Central Himalayan forests. Forest Ecology and Management. 1992; 53(1-4): 99–105.

[42]. Sadeghi S.M.M, Attarod P, Van Stan J.T, Pypker T.G, Dunkerley D. Is canopy interception increased in semiarid tree plantations? Evidence from a field investigation in Tehran, Iran, Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2014; 38(6): 792-806.

[43]. Ford C.R, Hubbard R.M, Vose J.M. Quantifying structural and physiological controls on variation in canopy transpiration among planted pine and hardwood species in the southern Appalachians, Ecohydrology. 2011; 4(2):183–195.

[44]. Staelens J, De Schrijver A, Verheyen K. Seasonal variation in throughfall and stemflow chemistry beneath a European beech (Fagus sylvatica) tree in relation to canopy phenology. Canadian Journal of Forest Research. 2007; 37(8):1359–1372.

[45]. Owens M.K, Lyons K.R, Alegandro C.L. Rainfall partitioning with in semiarid juniper communities: effects of event size and canopy cover, Hydrological Processes. 2006; 20:3179-3189.

[46]. Allison G.B, Hughes M.W. Comparison of recharge to groundwater under pasture and forest using environmental tritium, Journal of Hydrology. 1972; 17(1-2):81-95.

[47]. Sadeghi S.M.M, Nazari M, Van Stan J.T, Chaichi M.R. Rainfall interception and redistribution by maize farmland in Centeral Iran, Journal of Hydrology. 2020; 27:100656.