اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۶، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص ۸۱۹-۸۰۹

بررسی وضعیت ربایش تاجی بارش در تعدادی از گونه‌های بوته‌ای (مطالعهٔ موردی: پردیس دانشگاه فردوسی مشهد)

امیر اسماعیل‌پور زرمهری[۱]، محمدتقی دستورانی[۱*]، محمد فرزام[۲]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. استاد دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت ۱۳۹۷/۱۲/۲۰؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۸/۰۵/۲۰)

چکیده

به بخشی از بارندگی که توسط شاخ و برگ گیاهان گرفته می‌شود، برگاب گفته می‌شود. این بخش از بارندگی تبخیر می‌شود و به سطح زمین نمی‌رسد، بنابراین تأثیر زیادی بر بیلان آبی مناطق دارای پوشش گیاهی می‌گذارد. پژوهش حاضر در پردیس دانشگاه فردوسی مشهد طی مهرماه ۱۳۹۶ تا خرداد ۱۳۹۷ به منظور بررسی وضعیت ربایش تاجی بارش برای گونه‌های درمنهٔ جارویی، ورک و اسپند انجام شد. هدف از تحقیق حاضر، بررسی میزان ربایش تاجی و نیز تأثیر مقدار و شدت بارش و درصد تراکم تاج پوشش گونه‌های درمنهٔ جارویی، ورک و اسپند بر مقدار و درصد برگاب آنها طی دورهٔ زمانی یادشده است. مقدار بارندگی در فضای باز و زیر بوته‌ها در گونه‌های یادشده پس از هر رویداد بارش اندازه‌گیری شد. همچنین، تراکم گونه‌ها طی فصل پاییز تا بهار به صورت عمودی از سطح تاج پوشش آنها تصویربرداری شده و با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 10.3 محاسبه شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، طی وقایع بارشی اندازه‌گیری‌شده بیشترین درصد برگاب برابر با ۷۹/۵۷ درصد در آذرماه برای گونهٔ اسپند و کمترین درصد برگاب برابر ۷/۰۹ درصد در بهمن‌ماه مربوط به گونهٔ ورک است. مقدار کل برگاب سالانه برای گونه‌های درمنهٔ جارویی، ورک و اسپند به‌ترتیب برابر ۳۷/۹۹ ، ۳۰/۸۳ و ۵۴/۳۲ میلی‌متر به دست آمد که به‌ترتیب معادل ۳۵/ ۲۷، ۲۲/۱۹ و ۳۹/۱۱ درصد بارش است. نتایج آنالیز رگرسیونی با استفاده از نرم‌افزار Spss 16.0 نشان داد بین مقدار بارش با مقدار برگاب گونه‌های درمنهٔ جارویی، ورک و اسپند و نیز فصل رشد گونهٔ ورک با درصد برگاب آن در سطح ۱ درصد، تداوم بارش با مقدار برگاب گونه‌های درمنهٔ جارویی و اسپند و همچنین فرم رویشی گونه‌های مطالعه‌شده با مقدار برگاب آنها در سطح ۵ درصد تفاوت معنادار وجود دارد.

کلیدواژگان: اسپند، درمنهٔ جارویی، ربایش تاجی بارش، ورک، مشهد.

* نویسندهٔ مسئول

Email: dastorani@um.ac.ir

مقدمه

آب یکی از نیازهای مهم برای زندگی جوامع بوده و اصلی‌ترین منبع آن، بارندگی است. هنگام بارندگی روی تاج پوشش یک درخت قسمتی از بارش توسط تاج پوشش آن گرفته می‌شود و به‌تدریج تبخیر شده و به سطح زمین نمی‌رسد، به این بخش برگاب گفته می‌شود [۱]. بخشی دیگر به صورت جریان از شاخ و برگ و ساقهٔ درختان به سمت زمین حرکت می‌کند که به آن ساقاب گفته می‌شود. سهم دیگری از بارندگی بدون مانع از بین درختان و فضاهای خالی بین برگ‌ها وارد زمین می‌شود که میان‌بارش نام دارد [۲]. مقدار برگاب به عوامل اقلیمی (رطوبت هوا، دما، تبخیر و تعرق و سرعت باد)، مشخصات بارش (مقدار، شکل، تداوم و شدت بارش)، نوع گیاه (از نظر بوته‌ای و درختی)، سن و تراکم گیاه و فصل سال بستگی دارد. استفاده از رابیش تاجی بارش در مدل‌های هیدرولوژیکی به عنوان یکی از مؤلفه‌های اصلی در چرخهٔ هیدرولوژی و بیلان آبی سبب دقیق‌تر شدن مدل‌سازی‌های هیدرولوژی در برآورد مقادیر و مؤلفه‌های منابع آب و نیز هزینه‌های مورد نیاز ناشی از آن به منظور طراحی و اجرای راه‌کارهای مدیریت منابع آب می‌شود. البته، لازمهٔ در نظر گرفتن رابیش تاجی در مدل‌سازی‌ها و محاسبه‌های هیدرولوژیکی، اطلاع از فرایند و مقدار آن با توجه به شرایط اقلیمی و پوشش گیاهی هر منطقه است. تا کنون در خصوص رابیش تاجی بارش تحقیقات و مطالعاتی صورت گرفته است که خلاصه‌ای از مهم‌ترین آنها به شرح زیر است:

طی تحقیقی مقدار تلفات بارشی و مقدار جریان ساقه‌ای برای جامعهٔ درختچه‌های خاردار تامالیپان در شمال شرقی مکزیک طی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۱۹۹۸ در شش قطعه که به فاصلهٔ ۱۰ متر از یکدیگر قرار داشتند با استفاده از مدل Gash اندازه‌گیری شد. نتایج پژوهش یادشده نشان داد مقدار متوسط جریان ساقه‌ای در قطعه‌ها برابر با ۱۴/۷ میلی‌متر و مقدار تلفات رابیشی از ۱۶/۱ درصد در قطعه ۵ تا ۲۵/۸ درصد در قطعه ۶ متغیر است [۳]. مقادیر میان‌بارش، برگاب و ساقاب برای گونه‌های آویشن، ارس و رزماری در منطقهٔ La Rambla de Pere اسپانیا طی سال‌های ۱۹۹۴-۱۹۹۵ بررسی شد. نتایج پژوهش یادشده نشان داد بیشترین درصد میان‌بارش و درصد برگاب متعلق به گونهٔ ارس و بیشترین درصد ساقاب مربوط به گونهٔ رزماری است [۴]. مقدار برگاب و مقدار تلفات رابیشی برای گونه‌های Caragana korshinskii و Artemisia ordosica طی سال‌های ۲۰۰۳ــ ۲۰۰۵ در بیابان شاپوتوی چین اندازه‌گیری شد. نتایج پژوهش یادشده نشان داد متوسط درصد برگاب طی این سه سال برای گونهٔ Caragana korshinskii ۱۱/۷ درصد و گونهٔ Artemisia ordosica ۶ درصد بود [۵]. در تحقیقی دیگر، مقدار میان‌بارش و جریان ساقه‌ای برای گونهٔ اکالیپتوس اندازه‌گیری شد. همچنین، این مقادیر با استفاده از مدل Rutter در منطقهٔ شهری بیلوی برزیل طی سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ برآورد شد. سپس، مقدار برگاب با استفاده از اختلاف مقدار کل بارش از مجموع مقدار میان‌بارش و جریان ساقه‌ای تعیین شد. نتایج پژوهش یادشده نشان داد بیشترین مقدار میان‌بارش برای روش برآوردشده ۸۹/۲ درصد، بیشترین میزان جریان ساقه‌ای، ۲ درصد و مقدار برگاب ۱۱ درصد مربوط به روش اندازه‌گیری‌شده بود [۶]. مقدار تلفات رابیشی برای جنگل‌های استوایی با سن زیاد با استفاده از ظرف جمع‌آوری طی ژوئن ۲۰۰۲ تا ژوئیه ۲۰۰۳ در حوضهٔ آمازون شرقی اندازه‌گیری شد. نتایج پژوهش یادشده نشان داد مقدار متوسط تلفات رابیشی سالانه برابر با ۱۱/۶درصد است [۷]. مقدار برگاب گونه‌های Douglas-fir و western redcedar همچنین تلفات رابیشی برای گونه‌های Prunus، Quercus alba، Acer platanoides و Fraxinus pennsylvanica طی فصول مختلف سال‌های ۲۰۰۷ــ ۲۰۰۸ در شمال ونکوور کانادا با استفاده از مدل تحلیلی برآورد شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، بیشترین مقدار برگاب کل برآوردشده مربوط به گونهٔ western redcedar بوده و مقدار متوسط تلفات رابیشی برآوردشده طی فصل بهار و اوایل تابستان برای هر گونه در این دو فصل یکسان بود [۸]. مقدار میان‌بارش، جریان ساقه‌ای و تلفات رابیشی برای گونه‌های Chamaecyparis obtusa (Hinoki) و Cryptomeria japonica (Sugi) در منطقهٔ فاکوکای ژاپن طی ژوئن ۲۰۱۰ تا دسامبر ۲۰۱۱ با استفاده از مدل Gash برآورد و مقایسه شد. نتایج پژوهش یادشده نشان داد بیشترین مقدار میان‌بارش و تلفات رابیشی به‌ترتیب معادل ۶۷/۵ درصد و ۲۵/۵ درصد برای گونهٔ Sugi، بیشترین میزان جریان ساقه‌ای ۹/۱ درصد برای گونهٔ Hinoki است [۹]. همچنین، طی پژوهشی مقدار میان‌بارش، ساقاب و باران‌ربایی در گونه‌های سوزنی‌برگ کاج بروسیا و سرو نقره‌ای و نیز برای گونه‌های پهن‌برگ زبان‌گنجشک و چنار در پارک جنگلی شهید بهشتی بروجرد از اوایل آبان ۱۳۹۱ تا

اواخر اردیبهشت ۱۳۹۲ بررسی شد. نتایج پژوهش یادشده نشان داد بیشترین مقدار ساقاب سالانه برای گونهٔ کاج بروسیا ۱ درصد، میانگین میان‌بارش سالانه برای گونهٔ چنار، ۶۱/۱ درصد و میانگین باران‌ربایی سالانه برای گونهٔ سرو نقره‌ای، ۵۰/۳ درصد بارش بوده است [۱۰].

همان‌گونه که ملاحظه شد، عمدهٔ تحقیقات روی گونه‌های درختی بوده و کمتر به بررسی میزان ربایش تاجی در گونه‌های بوته‌ای پرداخته شده است. این در حالی است که بخش درخور توجهی از سطح کشور ما توسط مناطق مرتعی با گونه‌های بوته‌ای و علفی پوشانده شده است. بنابراین، در تحقیق حاضر برآورد مناسبی از مقدار ربایش تاجی بارش در برخی گونه‌های بوته‌ای خواهد شد. همچنین، تأثیر خصوصیات بارش و نیز گونه‌های گیاهی استفاده‌شده بر مقدار ربایش تاجی بارش بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقهٔ مطالعه‌شده

تحقیق حاضر طی فصول بارش یک سال آبی (مهر ۱۳۹۶ تا خرداد ۱۳۹۷) در پردیس دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. این منطقه در ۵۹ درجه و ۳۱ دقیقه و ۱۲ ثانیه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۱۸ دقیقه و ۱۲ ثانیهٔ عرض شمالی بوده و در سمت جنوب غربی پردیس دانشگاه فردوسی مشهد واقع شده است. میانگین بارش سالانه در مشهد برابر با ۲۵۱/۹ میلی‌متر، میانگین دمای سالانه برابر ۱۴/۵ درجهٔ سانتی‌گراد، تعداد روزهای یخبندان ۸۵ روز و تعداد ساعت‌های آفتابی سالانه ۲۸۵۷ ساعت است. براساس طبقه‌بندی دو مارتن گسترش‌یافته جزء مناطق با اقلیم خشک بیابانی سرد است و از ویژگی‌های عمدهٔ این اقلیم، بارندگی سالانهٔ کم و بارش‌های کوتاه‌مدت و رگباری است.

روش پژوهش

تحقیق حاضر به منظور تعیین مقدار برگاب در گونه‌های درمنهٔ جارویی، ورک و اسپند انجام شده است. سه گونهٔ یادشده به این علت انتخاب شده‌اند که بیشتر در اراضی تخریب‌شده می‌رویند و هر چند ارزش علوفه‌ای زیادی ندارند، چون در اراضی تخریب‌شده فرایند تولید رواناب و به تبع آن، فرسایش خاک شدت می‌گیرد، می‌توانند بر کاهش رواناب و فرسایش خاک تأثیر داشته باشند. این سه گونه از نظر فرم رویشی و عملکرد ربایش تاجی نیز با هم متفاوت‌اند. دو گونهٔ اسپند و درمنه ساقهٔ افراشته دارند، اسپند معمولاً طی فصل خزان نیز برگ‌های خود را (هر چند خشک شده) حفظ می‌کند، ولی درمنهٔ جارویی برگ‌های خود را از دست می‌دهد، بنابراین می‌توانند میزان برگاب متفاوتی داشته باشند. گونهٔ ورک نیز به عکس دو گونهٔ قبلی، یک بوته با فرم خوابیده است. در تحقیق حاضر شش تکرار از هریک از گونه‌های یادشده با تراکم کم تا زیاد به منظور اندازه‌گیری مقدار برگاب بررسی شد. به این منظور، از سه ظرف با ابعاد ۲۲×۲۲ سانتی‌متر (شکل‌های ۱ـ ۳) به عنوان ظرف شاهد برای اندازه‌گیری مقدار بارش در منطقهٔ مطالعه‌شده در فضای باز در نظر گرفته شد (شکل ۴). شایان یادآوری است چون گونه‌های استفاده‌شده در تحقیق حاضر بوته بودند و از نظر اندازه چندان بزرگ نبودند، ابعاد یادشده برای ظروف نیز با توجه به ابعاد بوته‌ها در نظر گرفته شد تا بتواند در زیر بوته‌ها جا بگیرد و خطای زیادی ایجاد نشود. پس از هر رویداد بارش، مقدار آب جمع‌شده از بارش در زیر گونه‌ها و مقدار بارش در ظروف شاهد اندازه‌گیری شدند. به منظور محاسبهٔ مساحت مؤثر تاج پوشش گونه‌ها طی فصل‌های پاییز، زمستان و بهار به صورت عمودی از سطح تاج پوشش گونه‌ها عکس گرفته شد. سپس، برای هر تکرار و برای هریک از گونه‌های درمنهٔ جارویی (*Artemisia scoparia*)، ورک (*Rosa persica*) و اسپند (*Peganum harmala*) این تصاویر در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.3 ابتدا با استفاده از چهار نقطهٔ فرضی ژئورفرنس شدند. پس از آن، مساحت نقاط فاقد پوشش گیاهی با دستور Dissolve محاسبه شدند. با کسر این مساحت از مساحت کل سینی، مساحت مؤثر تاج پوشش برای گونه‌ها به دست می‌آید و با تقسیم مساحت به‌دست‌آمده به مقدار مساحت کل سینی، درصد تراکم گونه‌ها مشخص می‌شود. برای محاسبهٔ مقدار برگاب از روابط ۱ـ ۴ و به منظور تعیین درصد برگاب گونه‌ها نیز از رابطهٔ ۵ استفاده شد. سپس، همبستگی مقادیر و درصد برگاب به‌وجودآمده از هریک از گونه‌ها در Excel (شکل‌های ۱۰ـ ۱۳) و آنالیز رگرسیونی مربوط به پارامترهای مقدار و تداوم بارش، فصل رشد گونه‌ها و فرم رویشی گونه‌ها با مقدار برگاب آنها درSpss بررسی شد (جدول ۲).

مشخصات گونه‌های گیاهی مطالعه‌شده در تحقیق حاضر در جدول ۱ آمده است. همچنین، تصاویری از چگونگی قرارگیری ظروف اندازه‌گیری مقدار بارش در زیر بوته‌ها در گونه‌های بررسی‌شده در شکل‌های ۱ تا ۳ آمده است.

(۱) حجم آب فضای خالی (ml) = مساحت فضای خالی ✕ (۱۰÷ ارتفاع میانگین شاهدها)

(۲) حجم آب در قسمت پوشش‌دار (ml)= حجم آب فضای خالی- حجم‌کل باقی‌مانده در ظروف

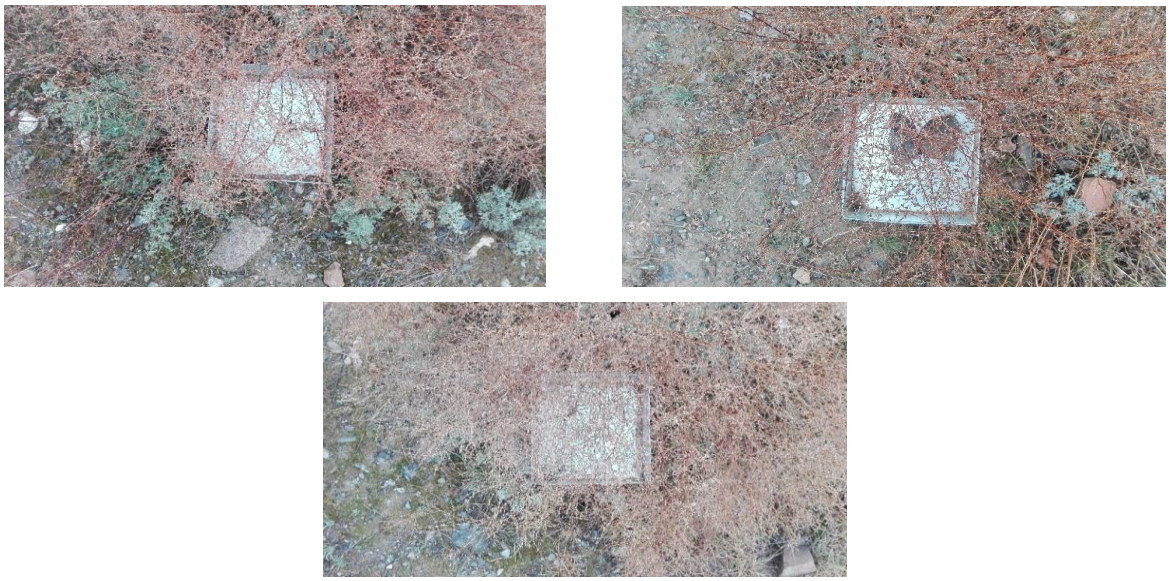
(۳) ارتفاع بارش در قسمت پوشش‌دار (ml/cm^2) = مساحت قسمت پوشش‌دار÷ حجم آب در قسمت پوشش‌دار

(۴) برگاب (mm) = ارتفاع میانگین شاهدها – (ارتفاع بارش در قسمت پوشش‌دار ✕۱۰)

(۴) ۱۰۰ × مقدار کل بارش / مقدار کل برگاب= درصد برگاب

جدول ۱. مشخصات گونه‌های گیاهی مطالعه‌شده

نام علمی	نام فارسی	تیره	فرم رویشی	فرم زیستی
Peganum harmala	اسپند	zygophyllaceae	علفی چندساله	همی‌کریپتوفیت
Artemisia scoparia	درمنهٔ جارویی	Asteraceae	نیمه‌بوته‌ای دوساله	همی‌کریپتوفیت
Rosa persica	ورک	Rosaceae	درختچه‌ای چوبی خاردار	کریپتوفیت



شکل ۱. ظروف اندازه‌گیری مقدار بارش در زیر بوته‌ها در تعدادی از تکرارهای درمنهٔ جارویی در فروردین‌ماه

شکل ۲. ظروف اندازه‌گیری مقدار بارش در زیر بوته‌ها در تعدادی از تکرارهای ورک در فروردین‌ماه

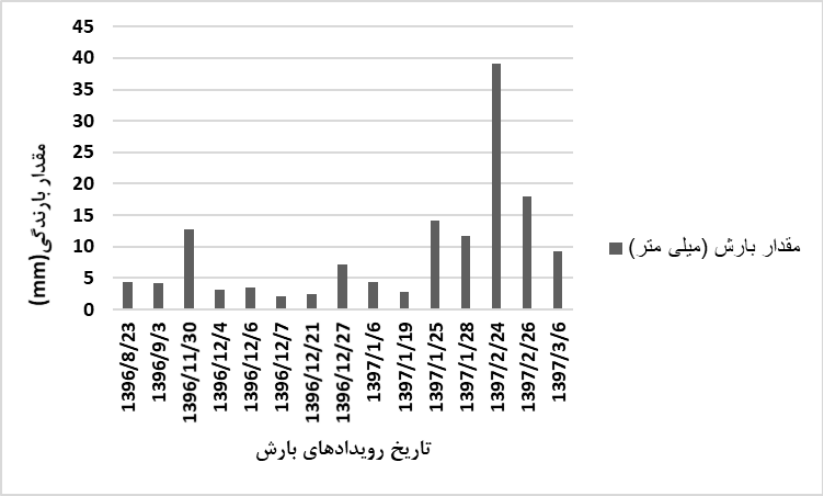
شکل ۳. ظروف اندازه‌گیری مقدار بارش در زیر بوته‌ها در تعدادی از تکرارهای اسپند در فروردین‌ماه

شکل ۴. ظروف شاهد برای اندازه‌گیری بارش در منطقهٔ مطالعه‌شده (بدون وجود پوشش گیاهی)

یافته‌ها

مقادیر بارش، برگاب و میان‌بارش پس از هر رویداد بارش طی دورهٔ تحقیق (مهر ۱۳۹۶ تا خرداد ۱۳۹۷) برای گونه‌های درمنهٔ جارویی، ورک و اسپند در پردیس دانشگاه فردوسی مشهد اندازه‌گیری شد. شایان یادآوری است که متوسط مقادیر برگاب، مقادیر میان‌بارش و درصد برگاب تکرارهای گونه‌های درمنهٔ جارویی، ورک و اسپند در تحقیق حاضر در جدول و نمودارهای مرتبط با پارامترهای یادشده درج شده

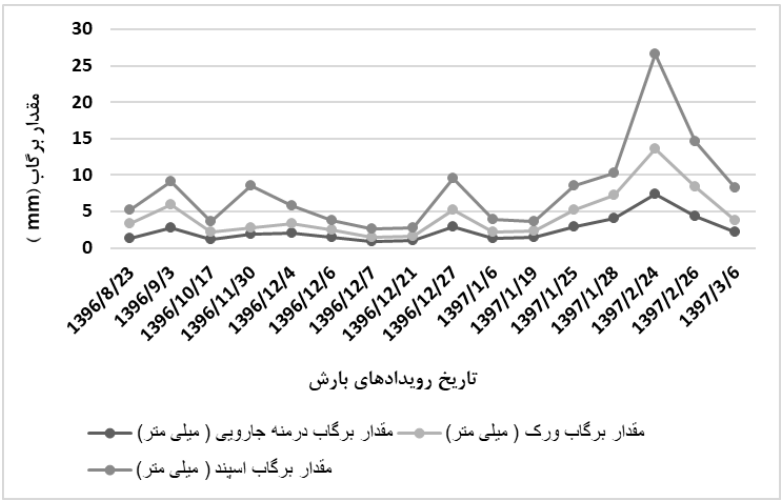
است. جدول ۲ مقادیر بارش و شدت آن در تحقیق حاضر را به همراه مقادیر و درصد برگاب و میان‌بارش و همچنین درصد تراکم گونه‌ها طی فصول مختلف سال نشان می‌دهد. شکل ۵ مقادیر بارش طی رویدادهای بارشی اندازه‌گیری‌شده در منطقهٔ مطالعه‌شده را نشان می‌دهد. شکل‌های ۶ و ۷ به‌ترتیب مقدار برگاب و درصد برگاب گونه‌های درمنهٔ جارویی، ورک و اسپند در وقایع بارشی اندازه‌گیری‌شده در تحقیق حاضر را به صورت مقایسه‌ای نشان می‌دهند. در شکل ۸ مقدار تجمعی برگاب (مجموع مقادیر برگاب اندازه‌گیری‌شدهٔ ماهانه) و مقدار تجمعی بارش (مجموع مقادیر بارش اندازه‌گیری‌شدهٔ ماهانه) نشان داده شده است. شکل‌های ۹ و ۱۰ به‌ترتیب رابطهٔ همبستگی بین مقدار بارش و مقدار برگاب و نیز رابطهٔ همبستگی بین مقدار بارش و درصد برگاب برای گونه‌های مطالعه‌شده را نشان می‌دهند. شکل‌های ۱۱ و ۱۲ به‌ترتیب رابطهٔ همبستگی بین شدت بارش و مقدار برگاب و رابطهٔ همبستگی بین شدت بارش و درصد برگاب برای گونه‌های مطالعه‌شده را نشان می‌دهند. جدول ۳ نتایج آنالیز رگرسیونی بین پارامترهای مختلف با مقادیر و درصد برگاب گونه‌های درمنهٔ جارویی، ورک و اسپند با استفاده از نرم‌افزار Spss 16.0 را نشان می‌دهد.



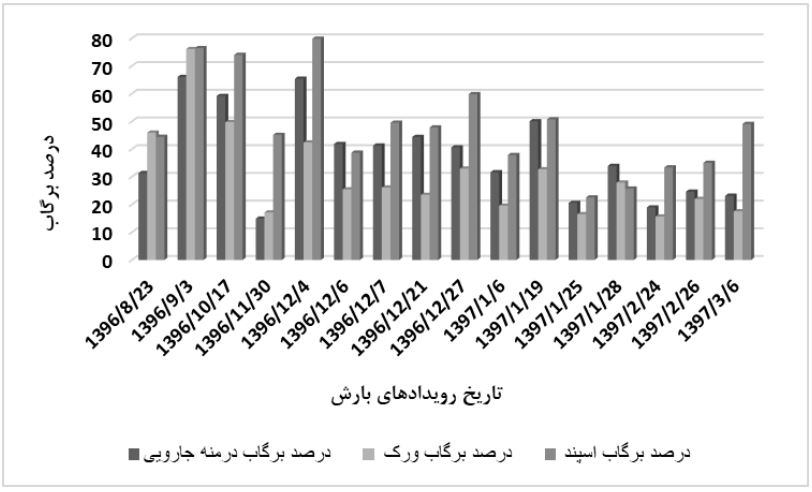
شکل ۵. مقادیر بارش در وقایع بارشی اندازه‌گیری‌شده در منطقهٔ مطالعه‌شده

جدول ۲. مقادیر و درصد برگاب و میان‌بارش برای گونه‌های ورک و اسپند در وقایع بارشی اندازه‌گیری‌شده در تحقیق حاضر

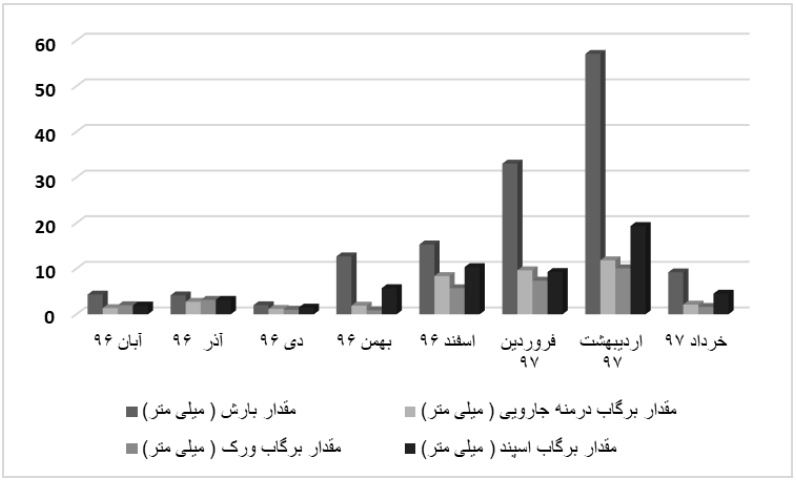
تاریخ بارش	فصل	مقدار بارش (mm)	شدت بارش (mm/h)	گونهٔ ورک				گونهٔ اسپند				گونهٔ درمنهٔ جارویی			
				درصد تراکم گونه	میان‌بارش (mm)	مقدار برگاب (mm)	درصد برگاب	درصد تراکم گونه	میان‌بارش (mm)	مقدار برگاب (mm)	درصد برگاب	درصد تراکم گونه	میان‌بارش (mm)	مقدار برگاب (mm)	درصد برگاب
۱۳۹۶/۸/۲۳	پاییز	۴/۳۳	۲/۴	۵۸/۹۱	۳/۱۸	۱/۹۸	۴۵/۹۱	۷۳/۵۳	۳	۱/۹۲	۴۴/۴۳	۹۳/۷	۳/۰۴	۱/۳۶	۳۱/۳۴
۱۳۹۶/۹/۳	پاییز	۴/۱۵	۰/۱۳	۵۸/۹۱	۳/۰۹	۲/۰۲	۷۶/۱۱	۷۳/۵۳	۱/۶۶	۳/۱۷	۷۶/۴۴	۹۳/۷	۱/۶۲	۲/۷۴	۶۶/۰۳
۱۳۹۶/۱۱/۳۰	زمستان	۱۲/۷۰	۲	۷۷/۶۶	۱۱/۹۶	۰/۹۰	۷/۰۹	۴۷/۵۳	۱۰/۲۹	۵/۴۶	۴۳/۰۴	۹۰/۵۱	۱۰/۷۰	۱/۹	۱۴/۹۱
۱۳۹۶/۱۲/۴	زمستان	۳/۰۹	۰/۴	۷۸/۴۶	۲/۷۰	۱/۳۰	۴۲/۲۱	۵۴/۶۸	۱/۷۷	۲/۴۵	۷۹/۵۷	۶۸/۳۸	۱/۲۰	۲/۰۲	۶۵/۴۱
۱۳۹۶/۱۲/۶	زمستان	۳/۵۷	۰/۴۸	۷۸/۴۶	۲/۸۶	۰/۹۱	۲۵/۴۳	۵۴/۶۸	۲/۸۲	۱/۳۸	۳۸/۷۱	۶۸/۳۸	۲/۱۸	۱/۵۰	۴۱/۸۳
۱۳۹۶/۱۲/۷	زمستان	۲/۱۸	۳/۲	۷۸/۴۶	۱/۷۲	۰/۵۷	۲۶/۴۶	۵۴/۶۸	۱/۶۰	۱/۰۸	۴۹/۹۸	۶۸/۳۸	۱/۳۳	۰/۸۹	۴۱/۲۹
۱۳۹۶/۱۲/۲۱	زمستان	۲/۴۰	۰/۳۳	۷۸/۴۶	۱/۹۵	۰/۵۶	۲۳/۴۸	۵۴/۶۸	۱/۷۸	۱/۱۳	۴۷/۴۲	۶۸/۳۸	۱/۴۰	۱/۰۶	۴۴/۳۹
۱۳۹۶/۱۲/۲۷	زمستان	۷/۱۷	۳/۲۵	۷۸/۴۶	۵/۳۳	۲/۳۶	۳۲/۹۵	۵۴/۶۸	۴/۷۸	۴/۲۹	۵۹/۸۴	۶۸/۳۸	۴/۴۲	۲/۹۱	۴۰/۶۳
۱۳۹۷/۱/۶	بهار	۴/۳۳	۱/۹۵	۸۴/۰۶	۳/۶۲	۰/۸۴	۱۹/۵۸	۷۴/۵۶	۳/۱۳	۱/۶۳	۳۷/۸۶	۹۰/۳۷	۲/۹۸	۱/۳۷	۳۱/۶۴
۱۳۹۷/۱/۱۹	بهار	۲/۷۶	۰/۶۵	۸۴/۰۶	۱/۹۹	۰/۹۰	۳۲/۷۲	۷۴/۵۶	۱/۷۳	۱/۴۰	۵۰/۷۲	۹۰/۳۷	۱/۴۰	۱/۳۸	۵۰/۰۵
۱۳۹۷/۱/۲۵	بهار	۱۴/۲۱	۱/۴۲	۸۴/۰۶	۱۲/۲۵	۲/۳۴	۱۶/۵۰	۷۴/۵۶	۱۱/۸۵	۳/۲۰	۲۲/۵۶	۹۰/۳۷	۱۱/۳۴	۲/۹۲	۲۰/۵۵
۱۳۹۷/۱/۲۸	بهار	۱۱/۷۴	۰/۵۰	۸۴/۰۶	۹	۳/۲۷	۲۷/۹۰	۷۴/۵۶	۹/۵۱	۳/۰۲	۲۵/۷۶	۹۰/۳۷	۷/۸۱	۳/۹۸	۳۳/۹۲
۱۳۹۷/۲/۲۴	بهار	۳۹/۱۷	۱/۰۶	۸۵/۱۰	۳۳/۹۳	۶/۱۴	۱۵/۶۸	۷۸/۹۱	۳۰/۰۶	۱۳/۰۷	۳۳/۳۸	۸۷/۳۸	۳۱/۹۵	۷/۴۲	۱۸/۹۴
۱۳۹۷/۲/۲۶	بهار	۱۷/۹۱	۰/۴۳	۸۵/۱۰	۱۴/۵۱	۳/۹۴	۲۱/۹۹	۷۸/۹۱	۱۳/۵۳	۶/۲۸	۳۵/۰۵	۸۷/۳۸	۱۳/۵۶	۴/۴۱	۲۴/۶۲
۱۳۹۷/۳/۶	بهار	۹/۲۰	۲/۶	۸۸/۹۲	۷/۷۷	۱/۶۱	۱۷/۵۷	۶۳/۲۸	۶/۴۷	۴/۵۱	۴۹/۰۷	۷۷/۹۷	۷/۱۰	۲/۱۳	۲۳/۱۶
مقدار کل		۱۳۸/۸۹			۱۱۵/۴۸۷	۳۰/۸۳			۱۰۴/۲۸۳	۵۴/۳۲			۱۰۲/۰۱۳	۳۸	
میانگین							۲۹/۴۳				۴۶/۴۱				۳۶/۵۸



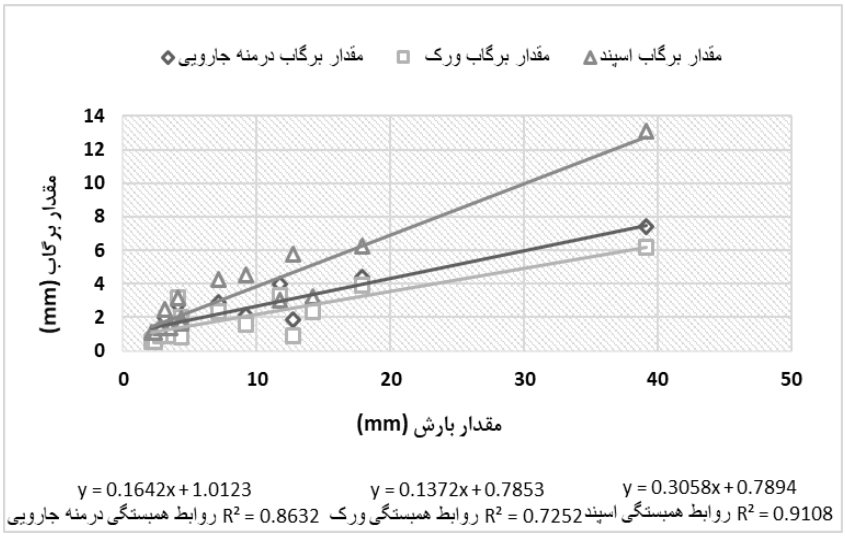
شکل ۶. مقدار متوسط برگاب برای گونه‌های درمنهٔ جارویی، ورک و اسپند در وقایع بارشی اتفاق‌افتاده طی سال



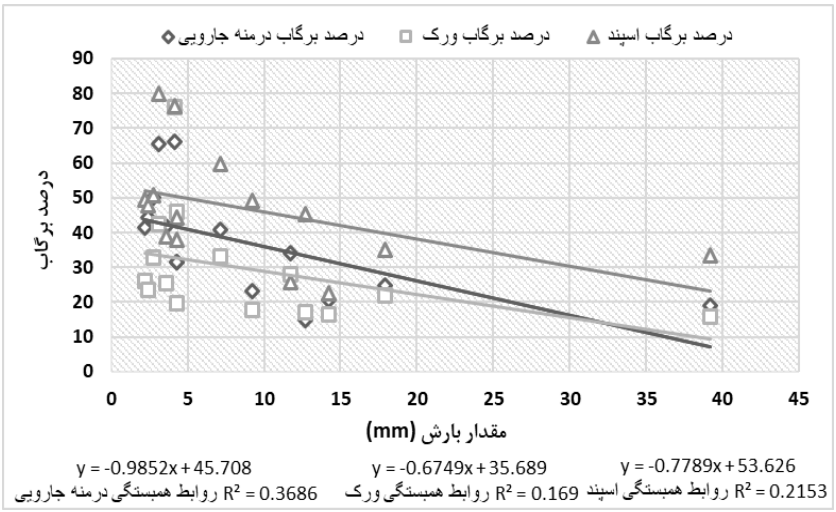
شکل ۷. متوسط درصد برگاب برای گونه‌های درمنهٔ جارویی، ورک و اسپند در وقایع بارشی اتفاق‌افتاده طی سال



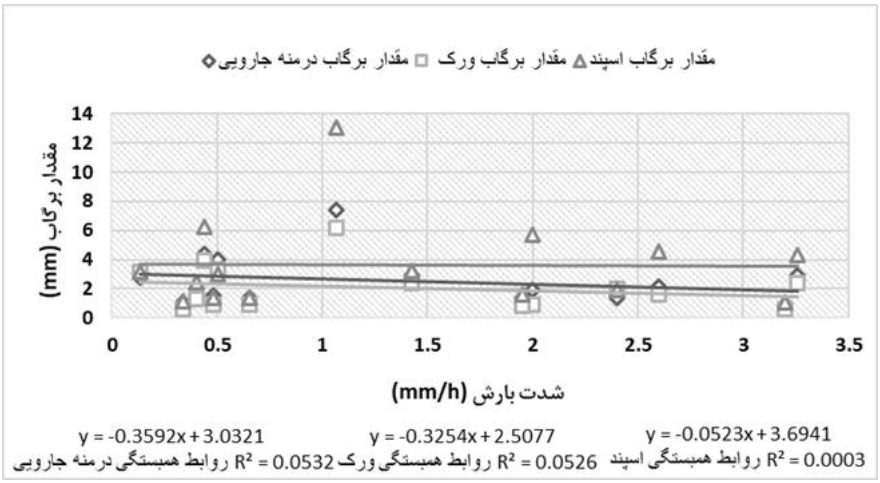
شکل ۸. مقدار تجمعی برگاب نسبت به مقدار تجمعی بارش برای گونه‌های مطالعه‌شده طی ماه‌های مختلف سال



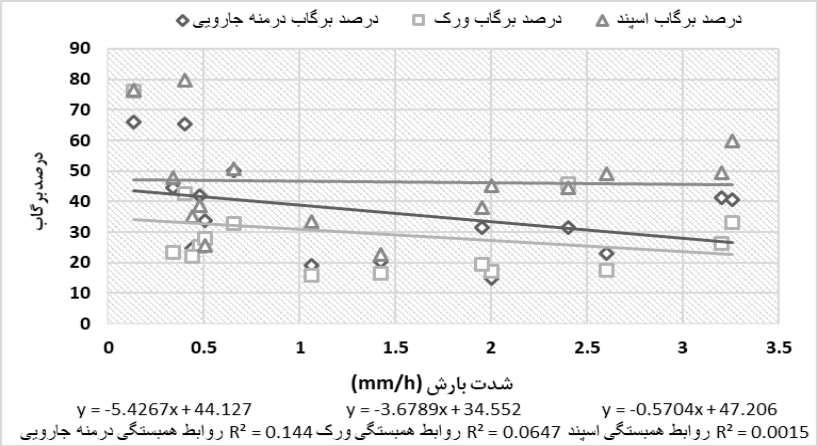
شکل ۹. رابطهٔ همبستگی بین مقدار برگاب و مقدار بارش گونه‌های مطالعه‌شده طی فصول مختلف سال



شکل ۱۰. همبستگی بین مقدار بارش و درصد برگاب گونه‌های مطالعه‌شده طی فصول مختلف سال



شکل ۱۱. همبستگی بین شدت بارش و مقدار برگاب گونه‌های مطالعه‌شده طی فصول مختلف سال



شکل ۱۲. همبستگی بین شدت بارش و درصد برگاب گونه‌های مطالعه‌شده طی فصول مختلف سال

جدول ۳. آنالیز رگرسیونی پارامترهای مختلف با مقدار و درصد برگاب گونه‌ها طی فصول مختلف سال

متغیر مستقل	متغیر وابسته	مجموع مربعات[4]	درجهٔ آزادی[3]	میانگین مربعات[2]	نتایج آزمون F	سطح معناداری[1]
مقدار بارش	مقدار برگاب گونهٔ درمنهٔ جارویی	۳۵/۰۹۵	۱	۳۵/۰۹۵	۸۲/۰۳۴	۰**
تداوم بارش	مقدار برگاب گونهٔ درمنهٔ جارویی	۱۳/۱۸۰	۱	۱۳/۱۸۰	۶/۲۳۶	۰/۰۲۷*
مقدار بارش	مقدار برگاب گونهٔ ورک	۲۴/۴۸۸	۱	۲۴/۴۸۸	۳۴/۳۱۴	۰**
فصل رشد گونهٔ ورک	درصد برگاب گونهٔ ورک	۲۴۲۶/۰۲۴	۲	۱۲۱۳/۰۱۲	۱۳/۴۵۹	۰/۰۰۱**
مقدار بارش	مقدار برگاب گونهٔ اسپند	۱۲۱/۷۲۸	۱	۱۲۱/۷۲۸	۱۳۲/۶۶۰	۰**
تداوم بارش	مقدار برگاب گونهٔ اسپند	۳۹/۰۷۲	۱	۳۹/۰۷۲	۵/۳۷۰	۰/۰۳۷*
فرم رویشی گونه‌ها	مقدار برگاب گونه‌ها	۲۳۸۵/۳۶۵	۲	۱۱۹۲ /۶۸۳	۴/۶۴۹	۰/۰۱۵*

* در سطح ۵٪ معنادار

** در سطح ۱٪ معنادار

طی دورهٔ تحقیق مقدار کل بارندگی برای ۱۵ رویداد بارش (که در تحقیق حاضر اندازه‌گیری شده) برابر ۱۳۸/۸۹ میلی‌متر بوده است و بیشترین مقدار بارش ثبت‌شده در یک واقعهٔ بارندگی در اردیبهشت‌ماه برابر ۳۹/۱۷ میلی‌متر اندازه‌گیری شد (جدول ۲). شایان یادآوری است که تمامی وقایع به شکل باران بوده‌اند. براساس جدول ۲، بیشترین درصد برگاب بین فصول مختلف، مربوط به فصل پاییز در واقعهٔ بارشی ۱۳۹۶/۹/۳ برای گونهٔ اسپند با مقدار ۷۶/۴۴ درصد و کمترین درصد برگاب برای گونهٔ ورک در فصل بهار برای واقعهٔ بارشی ۱۳۹۷/۱/۱۹ با مقدار ۳۲/۷۲ درصد است. همچنین، بیشترین مقدار برگاب بین گونه‌های مطالعه‌شده مربوط به گونهٔ اسپند در واقعهٔ بارشی ۱۳۹۷/۲/۲۴ با ۱۳/۰۷میلی‌متر است که می‌تواند ناشی از ساقه‌های دسته‌ای، سطح تاج پوشش و ارتفاع بیشتر این گونه در مقایسه با سایر گونه‌ها باشد. براساس جدول ۲، بیشترین مقدار کل میان‌بارش مربوط به گونهٔ ورک با ۱۱۵/۴۸۷ میلی‌متر است. در شکل ۷ مقدار برگاب گونهٔ اسپند بیش از سایر گونه‌ها بوده و نیز حداکثر مقدار برگاب طی وقایع بارشی اندازه‌گیری‌شده برای تمامی گونه‌ها مربوط به واقعهٔ بارشی ۱۳۹۷/۲/۲۴ است. همان گونه که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، حداکثر درصد برگاب مربوط به گونهٔ اسپند در واقعهٔ بارشی ۱۳۹۶/۱۲/۴ است. براساس شکل ۹، بیشترین مقدار تجمعی بارش (مجموع مقادیر بارشی اندازه‌گیری‌شدهٔ ماهانه) و مقدار تجمعی برگاب (مجموع مقادیر برگاب اندازه‌گیری‌شدهٔ ماهانه) گونه‌ها مربوط به اردیبهشت ۱۳۹۷ و کمترین مقدار تجمعی بارش در دی ۱۳۹۶ بوده است. بیشترین مقدار تجمعی برگاب متعلق به گونهٔ اسپند در اردیبهشت ۱۳۹۷ و کمترین مقدار تجمعی برگاب مربوط به گونهٔ ورک در دی ۱۳۹۶ است. براساس

1. Sig
2. Mean square
3. df
4. Sum of squares

شکل ۱۰، مقدار بارش با مقدار برگاب گونه‌ها رابطهٔ مستقیم دارد. مقدار برگاب گونهٔ اسپند در مقایسه با سایر گونه‌ها ضریب همبستگی بیشتری با مقدار بارش داشته است که می‌تواند ناشی از ارتفاع و تراکم بیشتر تاج پوشش گونهٔ اسپند باشد. براساس شکل ۱۰، مقدار بارش با درصد برگاب گونه‌ها رابطهٔ معکوس دارد و درصد برگاب گونهٔ درمنهٔ جارویی، در مقایسه با سایر گونه‌ها بیشترین ضریب همبستگی را با مقدار بارش دارد که می‌تواند ناشی از شکل تاج پوشش و شاخص سطح برگ باشد. براساس شکل ۱۱، بین شدت بارش و مقدار برگاب گونه‌ها رابطهٔ معکوسی وجود دارد یعنی با افزایش شدت بارش، مقدار برگاب گونه‌های بررسی‌شده کاهش می‌یابد. مقدار برگاب گونهٔ درمنهٔ جارویی، در مقایسه با سایر گونه‌ها بیشترین ضریب همبستگی را با شدت بارش دارد، هرچند از نظر آماری در سطح ۵ درصد همبستگی بین مقدار برگاب با شدت بارندگی گونه‌ها معنادار نیست. براساس شکل ۱۲، درصد برگاب گونه‌ها نیز با شدت بارش رابطهٔ معکوس دارد که گونهٔ درمنهٔ جارویی، در مقایسه با سایر گونه‌ها بیشترین ضریب همبستگی را با شدت بارش دارد. البته، از نظر آماری در سطح ۵ درصد همبستگی بین درصد برگاب گونه‌ها با شدت بارندگی معنادار نیست. جدول ۳ نشان می‌دهد بین مقدار بارش با مقدار برگاب گونه‌های درمنهٔ جارویی، ورک و اسپند و نیز فصل رشد گونهٔ ورک با درصد برگاب آن در سطح ۱ درصد و تداوم بارش با مقدار برگاب گونه‌های درمنهٔ جارویی و اسپند و فرم رویشی گونه‌ها با مقدار برگاب آنها در سطح ۵ درصد تفاوت معناداری وجود دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر مقدار و درصد برگاب و میان‌بارش برای گونه‌های درمنهٔ جارویی، ورک و اسپند در پردیس دانشگاه فردوسی مشهد طی مهر ۱۳۹۶ تا خرداد ۱۳۹۷ بررسی شد. براساس نتایج، مقدار بارش با میزان برگاب گونه‌های بررسی‌شده در تحقیق حاضر رابطهٔ مستقیم و مقدار بارش با درصد برگاب گونه‌ها رابطهٔ معکوس داشتند و از نظر آماری نیز این همبستگی‌ها قوی بودند. مقدار و درصد برگاب گونه‌ها با شدت بارندگی رابطهٔ معکوس و ضعیفی داشتند. مقدار کل میان‌بارش برای گونه‌های درمنهٔ جارویی، ورک و اسپند به‌ترتیب برابر ۱۱۲/۰۱۳ ، ۱۱۵/۴۸۷ و ۱۰۴/۲۸۳ میلی‌متر است. شایان یادآوری است که هنگام بارندگی تاج پوشش گیاهان به عنوان یک مانع عمل می‌کند و انرژی جنبشی قطرات باران را هنگام رسیدن به سطح زمین کاهش می‌دهد. همچنین، گیاهان بر حفاظت خاک به وسیلهٔ ریشه و تاج پوشش گیاهی تأثیر می‌گذارند و با جذب آب باران و تأخیر در ورود آب به سطح زمین، تأثیر زیادی در جلوگیری از ایجاد سیل و رواناب دارند. در فصول زمستان و پاییز به دلیل تحلیل رفتن برگ‌ها، مقدار برگاب حداقل و در فصل بهار با آغاز فصل رشد گیاهان، این مقدار حداکثر است. بیش از ۹۰ درصد آب ربوده‌شده از سطح گیاه، بدون کاهش دادن میزان تعرق، تبخیر می‌شود. میزان تبخیر آب ربوده‌شده به طور متوسط، حدود ۴ برابر بیشتر از تعرق از سطح برگ‌ها تحت شرایط محیطی مشابه است [۱۱]. در تحقیق حاضر متوسط درصد برگاب سالانه برای گونه‌های درمنهٔ جارویی، ورک و اسپند به‌ترتیب برابر با ۳۶/۵۸ ، ۲۹/۴۳ و ۴۶/۴۱ درصد اندازه‌گیری شد. سراتو و دیاز (۱۹۹۷) متوسط درصد برگاب گونه‌های ارس و رزماری در اسپانیا را از مقدار ۲۵/۲ درصد برای گونهٔ رزماری تا ۳۶/۵ درصد برای گونهٔ ارس برآورد کردند که درصد برگاب گونهٔ رزماری به درصد برگاب گونهٔ درمنهٔ جارویی نزدیک است و درصد برگاب گونهٔ ارس از درصد برگاب گونهٔ ورک کمتر و نیز درصد برگاب گونه‌های ارس و رزماری هر دو از درصد برگاب گونهٔ اسپند کمتر هستند. این اختلاف می‌تواند ناشی از نوع گونه و تراکم تاج پوشش و همچنین شرایط اقلیمی مناطق بررسی‌شده باشد. همچنین، ژانگ و همکاران (۲۰۱۷) متوسط درصد برگاب سالانه برای گونه‌های Hippophae rhamnoides و Spiraea pubescensvhv را به‌ترتیب ۲۵ و ۲۰ درصد اندازه‌گیری کردند که از درصد برگاب گونه‌های تحقیق حاضر کمتر است [۱۲]. این تفاوت می‌تواند ناشی از زاویهٔ شاخه‌ها نسبت به تنه و نسبت تبخیر طی زمان، شکل برگ‌ها و همچنین شرایط محیطی باشد. مقدار کل برگاب در تحقیق حاضر برای گونه‌های درمنهٔ جارویی، ورک و اسپند به‌ترتیب برابر ۳۸، ۳۰/۸۳ و ۵۴/۳۲ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. حسینی قلعه‌بهمنی و همکاران (۱۳۹۰) مقدار کل باران ربایی برای گونه‌های بلند مازو و راش شرقی را به‌ترتیب ۷۲/۲۲ و ۷۰/۲۰ میلی‌متر اندازه‌گیری کردند که از مقدار کل برگاب کلیهٔ گونه‌های بررسی‌شده در تحقیق حاضر بیشتر است [۱۳]. این تفاوت می‌تواند به علت مرتفع‌تر بودن درخت و زیاد بودن

درصد تاج پوشش و مقدار ظرفیت نگهداری تاج پوشش و شرایط محیطی در گونه‌های بلند مازو و راش شرقی باشد. لیانگ و دینگ (۲۰۱۳) مقدار کل برگاب گونهٔ Pinus tabulaeformis را ۱۰۲ میلی‌متر اندازه‌گیری کردند که از مقدار کل برگاب گونه‌های بررسی‌شده در تحقیق حاضر بیشتر است [۱۴]. این تفاوت می‌تواند به علت آرایش شاخه‌ها، سن توده و حجم تاج پوشش و البته شرایط محیطی باشد. عموماً مناطق خشک به عنوان دارندهٔ اقلیم خشک با بارندگی کم یا بدون بارندگی، رطوبت خیلی کم و میزان تبخیر سالانهٔ زیاد تعریف می‌شود که از بارش سالانه بیشتر است (سیگارودی و همکاران، ۱۳۹۵). منابع آب و خاک در این مناطق اغلب در تعادلی حساس و شکننده قرار دارند [۱۵]. از سویی به دلیل افزایش جمعیت، افزایش تقاضای آب و محدودیت منابع آب، این مناطق به شدت تحت فشار و افزایش بحران‌های آب هستند. بارندگی سالانه در این مناطق قادر به تأمین رطوبت خاک نیست و رطوبت کم خاک امکان کشت دیم را میسر نمی‌سازد (سیگارودی و همکاران، ۱۳۹۵). تبخیر و تعرق بیشتر از مقدار بارندگی در این مناطق کمبود رطوبت خاک را به صورت فصلی یا دائمی سبب می‌شود که شرایط محیطی را برای رشد گیاهان سخت‌تر می‌کند. در این حالت قسمت زیادی از برگاب که می‌تواند توسط گیاه جذب شود، از دسترس گیاه خارج می‌شود و این منطقه را با کم‌آبی بیشتر مواجه می‌کند. بنابراین، برگاب زیادتر به‌ویژه در مناطق خشک، معادل تشدید تلفات و در نهایت تشدید کم‌آبی است.

منابع

[1]. Wullaert H, Pohlert T, Boy J, Valarezo C, Wilcke W. Spatial throughfall heterogeneity in a montane rain forest in Ecuador: Extent, temporal stability and drivers. Journal of Hydrology. 2009: 377: 71-79.

[2]. Alizadeh A. Principles of Appled Hydrology. 7^{th} ed. Imam Reza International University. 2015.p.20-937. [Persian]

[3]. Návar J, Charles F, Jurado E. Spatial variations of interception loss components by Tamaulipan thornscrub in northeastern Mexico. Forest Ecology and Management. 1999; 124(2-3):231-239.

[4]. Serrato F, Diaz A. A simple technique for measuring rainfall interception by small shrub: interception flow collection box. Hydrological Processes. 1997;12(13):471– 481.

[5]. Wang XP, Li XR, Zhang JG, Zhang ZS, Berntsson R. Measurement of rainfall interception by xerophytic shrubs in re-vegetated sand dunes. Journal of Hydrological Sciences. 2005; 50(5): 897- 910.

[6]. Neto AJS, Ribeiro A, Lopes DDC, Neto OBDS, Souza WG, Santana MO. Simulation of Rainfall Interception of Canopy and Litter in Eucalyptus Plantation in Tropical Climate. Society of American Foresters. 2011;58 (1):54-60.

[7]. Czikowsky MJ, Fitzjarrald DR. Detecting rainfall interception in an Amazonian rain forest with eddy flux measurements. Journal of Hydrology. 2009; 377 (1-2): 92-105.

[8]. Huang JY, Black TA, Jassal RS, Lavkulich LM. Modelling rainfall interception by urban trees. Canadian Water Resources Journal. 2017;42(4):336-348.

[9]. Saito T, Matsuda H, Komatsu M, Xiang Y, Takahashi A, Shinohara Y, et al. Forest canopy interception loss exceeds wet canopy evaporation in Japanese cypress (Hinoki) and Japanese cedar (Sugi) plantations. Journal of Hydrology. 2013;507:287–299.

[10]. 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. 2014;6(3):339-350. [Persian]

[11]. Rutter J. Evaporation in forest. Endeavour. 1967;26(77):39-43.

[12]. Zhang Y, Li XY, Li W, Wu XC, Shi FZ, Fang WW, et al. Modeling rainfall interception loss by two xerophytic shrubs in the Loess Plateau. Hydrological Processes. 2017;31(10):1926-1937.

[13]. Hoseini Ghaleh Bahmani SM, Attarod P, Ahmadi MT. Rainfall redistribution in natural pure stands of Quercus castaneifolia C.A.M. and Fagus orientalis L. in Caspian forests (Case study: Kheyrud forest). Iranian Journal of Forest. 2011;3(3):253-264. [Persian]

[14]. Liang, W, Ding G. Simulation of rainfall interception in a Pinus tabulaeformis plantation in North China. Journal of Food Agriculture and Environment. 2013;11(1):976-981.

[15]. Khaligi Sigaroudi Sh, maliekian A, Tali Khoshk S, Farzin M. Wadi hydrology. Univerversity of Tehran press. 2016.p. 1-419. [Persian]