

Comparison of Rainfall Interception among Tree Species in Urban Green Space of Hashtgerd Watershed

Seyed Mehdi Sadat Rasoul | Ebrahim Omidvar*^{ORCID} | Reza Ghazavi^{ORCID}

Nature Engineering Department, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran
E-mail: ebrahimomidvar@kashanu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 24 Jul. 2022
Revised: 9 Jun. 2023
Accepted: 08 Jul. 2023
Published online: 19 Feb. 2024

Keywords:
*Urban Runoff,
Throughfall,
Canopy Cover,
Statistical Analysis,
Alborz Province.*

Abstract

In the recent years, science and technology in urban green space have largely focused on technologies that facilitate infiltration and reduce runoff (such as rain gardens and permeable sidewalks). Trees in urban green space reduce the net rainfall by interception, and on the other hand, their extensive root systems allow them to store and direct significant amounts of water into the soil. The present study investigates the effect of rainfall amount and tree species on rainfall interception in Hashtgerd city of Alborz province during two seasons of winter 2017 and spring 2018. For this purpose, during seven rainfall events, the amount of throughfall was measured by the number of five rain gauges installed under each tree. In order to record rainfall events, a rain gage container was installed in a location that was sufficiently distant from buildings and trees, and rainfall events ranging from 2.1 to 6.8 mm were recorded. The results showed that the percentages of rainfall interception for spruce, apricot, fig, willow, walnut, and oak species were 44.6, 42.6, 36.4, 35.1, 33.6 and 30.4 percent, respectively. The results of statistical analysis showed that there is a significant difference among the values of rainfall interception in different tree species ($P < 0.01$). Also, there is a significant difference among the rainfall interception in the rainfall classes (low (lower than 4 mm), medium (4-6 mm), and high (higher than 6 mm)) ($P < 0.01$). Among the studied species, sparrow and apricot species have the highest rainfall interception, which it is possible to make more use of these two types in the control of runoff with urban planning.

Cite this article: Sadat Rasoul, S.M., Omidvar, E., Ghazavi, R. (2024). Comparison of Rainfall Interception among Tree Species in Urban Green Space of Hashtgerd Watershed. *Journal of Range & Watershed Management*, 76 (4), 321-334. DOI: <http://doi.org/10.22059/jrwm.2023.346226.1675>



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

مقایسه باران‌ربایی گونه‌های درختی در فضای سبز شهری حوزه آبخیز هشتگرد

سید مهدی سادات رسول | ابراهیم امیدوار* | رضا قضاوی ID

گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
رایانامه: ebrahimomidvar@kashanu.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۰۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰

درختان موجود در فضاهای سبز شهری از یک سو به وسیله باران‌ربایی، باعث کاهش بارش رسیده به زیر درخت شده و از سوی دیگر سیستم‌های ریشه‌های گسترده آن‌ها موجب ذخیره و هدایت مقادیر قابل توجهی آب در داخل خاک می‌شوند. مطالعه حاضر به بررسی تاثیر میزان بارندگی و گونه درختی (زردآلو، زبان گنجشک، بید، انجیر، گردو و بلوط) بر باران‌ربایی در شهر هشتگرد استان البرز طی دو فصل زمستان ۱۳۹۷ و بهار ۱۳۹۸ می‌پردازد. بدین منظور طی هفت رخداد بارش، میزان تاج‌بارش توسط پنج باران‌سنج دستی نصب شده در زیر هر درخت، اندازه‌گیری شد. به منظور ثبت وقایع بارندگی در محلی که از عوارض ساختمانی و درختان فاصله کافی داشته یک ظرف به عنوان باران‌سنج نصب گردیده و رخدادهای بارندگی از ۲/۱ تا ۶/۸ میلی‌متر ثبت گردید. نتایج نشان داد که مقادیر درصد باران‌ربایی گونه‌های زبان گنجشک، زردآلو، انجیر، بید، گردو و بلوط به ترتیب ۴۴/۶، ۴۲/۶، ۳۶/۴، ۳۵/۱، ۳۳/۶ و ۳۰/۴ درصد بود. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد، بین مقادیر باران‌ربایی گونه‌های درختی اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد ($P < 0.01$). همچنین بین میزان باران‌ربایی کل گونه‌ها در طبقات مقدار بارندگی (بارندگی کم (۴ میلی‌متر <)، بارندگی متوسط (۴-۶ میلی‌متر)، بارندگی زیاد (> ۶ میلی‌متر) نیز اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت ($P < 0.01$). در بین گونه‌های مورد بررسی، زبان گنجشک و زردآلو بیش‌ترین درصد باران‌ربایی را به خود اختصاص داده‌اند که می‌توان با برنامه‌ریزی‌های شهری نقش از این دو گونه در کنترل رواناب استفاده بیشتری نمود.

کلیدواژه‌ها:

رواناب شهری،

تاج بارش،

تاج پوشش،

تحلیل آماری،

استان البرز.

استناد: سادات رسول، سید مهدی؛ امیدوار، ابراهیم؛ قضاوی، رضا (۱۴۰۲). مقایسه باران‌ربایی گونه‌های درختی در فضای سبز شهری حوزه آبخیز هشتگرد. نشریه مرتع و آبخیزداری، ۷۶(۴)، ۳۳۴-۳۲۱.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jrwm.2023.346226.1675>

© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

بر اساس بررسی انجام شده تعداد و شدت سیل در دهه‌های اخیر نسبت به گذشته افزایش چشم‌گیری داشته است. بر اساس برخی مطالعات تعداد سیلاب‌ها در غرب اروپا از ۱۹۷۰ تا سال ۲۰۰۶، شش برابر شده است (کاسانکو^۱ و همکاران، ۲۰۰۶). این روند در ایران نیز با شدت بیشتری مشاهده می‌شود، به گونه‌ای که از آمار ۲۸۷۱ مورد سیل که از سال ۱۳۳۱ تا ۱۳۷۵ در کشور به وقوع پیوسته، ۱۱۰۸ مورد (۳۸/۶ درصد) آن‌ها بین سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۵ گزارش شده است.

امروزه یکی از مطالعات مهم در زمینه‌ی اکوهیدرولوژی، اندازه‌گیری توزیع اجزای باران در درختان است که به مدیران در جهت انتخاب گونه مناسب و انجام تیمارهایی مانند تنک کردن و هرس کردن و همچنین تعیین فاصله کاشت مناسب درختان کمک می‌نماید (بندیکت و مک ماهون^۲، ۲۰۱۲). باران‌ریایی پوشش‌های گیاهی یکی از اجزا چرخه هیدرولوژی می‌باشد که افزودن این مولفه به مولفه‌های دیگر چرخه هیدرولوژی از جمله به بارش، نفوذ، رواناب و تبخیر و تعرق در بیلان آبی می‌تولند محاسبات و مدل‌سازی‌ها را دقیق‌تر نموده و در مدیریت بهینه و کارآمد منابع آب بارویکرد کاهش هزینه و بهره‌وری بالا کاربرد داشته باشد (اسماعیل‌پور زرمهری و همکاران، ۲۰۱۹). درختان موجود در مناطق شهری می‌توانند باعث کاهش حجم رواناب، کاهش خطر جاری شدن سیل و در نهایت کاهش هزینه‌های لازم برای کنترل رواناب‌های شهری شوند (بندیکت و مک ماه، ۲۰۱۲). با بررسی مقدار باران‌ریایی درختان و گونه‌های مختلف، می‌توان با کاشت بهترین گونه که باران‌ریایی تاج پوشش بیشتری دارد، باعث کاهش فرسایش خاک شد. در واقع درختان در فرآیند باران‌ریایی، باعث کاهش انرژی جنبشی قطرات باران شده و مقدار فرسایش خاک را به حداقل می‌رسانند و باعث حفظ خاک و کنترل ظرفیت نفوذ آب به خاک خواهند شد (حکیمی و همکاران، ۲۰۱۸). در سیستم‌های شهری که حجم رواناب بالا برای مدیریت چالش برانگیز است، درخت‌ها به عنوان زیرساخت سبز با استفاده از باران‌ریایی به روش‌های مختلف در چرخه هیدرولوژیکی عمل می‌کنند. بنابراین استفاده از گونه‌های مختلف درختی در مناطق شهری می‌تواند به نتایجی هم‌چون کنترل رواناب شهری و جلوگیری از آب‌گرفتگی معابر منجر شود (روی و همکاران، ۲۰۱۲).

تحقیقات در مورد روابط بین درختان شهری و رواناب‌های سطحی نسبت به موضوعات دیگری مانند کیفیت هوا و مزایای ترسیب کربن نسبتاً ناچیز بوده است (ژیانو و مک فرسون^۳، ۲۰۱۶). آرمسون^۴ و همکاران (۲۰۱۳)، تحقیقات خود را در مورد تاثیر درختان روی رواناب شهری در شهر منچستر انگلستان انجام دادند. نتایج نشان داد درختان موجب ۵۸ تا ۶۲ درصد کاهش در رواناب در قسمت آسفالت شدند. اسدیان و وایلر^۵ (۲۰۰۹) نیز میزان باران‌ریایی تاج درختان را در طول ساحل شمالی بریتیش کلمبیا (ونکوور) اندازه‌گیری کردند. نتایج آن‌ها حاکی از آن بود که براساس تغییرپذیری مقدار، شدت و مدت بارش، میزان باران‌ریایی درختان مخروطی از ۵ تا ۹۸ درصد (۱/۵ تا ۲۴/۳ میلی‌متر) متغیر است. نتیج^۶ و همکاران (۲۰۱۹) طی مطالعه‌ای میزان باران‌ریایی را در شهر ساحلی کارائیب در ۱۳ رخداد باران انجام دادند. میزان بارش از ۲/۹ تا ۷۲/۴ میلی‌متر و زمان اندازه‌گیری بارش از یک ساعت تا چند روز متفاوت بود. نویسندگان متوسط باران‌ریایی برای هردو گونه درخت را به طور متوسط ۱۹/۷ درصد گزارش کردند.

در کشور ایران با وجود این‌که محققینی مانند باقری و همکاران (۲۰۱۱)، جوکار و همکاران (۲۰۱۹)، حکیمی و همکاران (۲۰۱۸) و ... تحقیقات گسترده‌ای در زمینه باران‌ریایی گونه‌های درختی در محیط جنگل‌های طبیعی انجام داده‌اند اما تحقیقات زیادی در مورد تاثیر پوشش‌های گیاهی بر اجزای بیلان آبی مناطق شهری انجام نشده است (فتحی زاده و همکاران، ۲۰۱۱). باقری و همکاران (۲۰۱۱)،

1. Kasanko
2. Benedict & McMahon
3. Xiao & McPherson
4. Armson
5. Wiler
6. Nythch

اندازه‌گیری اجزاء بارش (تاج بارش و باران‌ریایی) را برای تک درختان کاج تهران و سرو نقره‌ای در بیارجمند اندازه‌گیری کردند. نتایج آن‌ها حاکی از آن بود که ۴۵/۴ درصد از بارندگی دوره مطالعه سهم باران‌ریایی کاج تهران و ۳۲/۴ درصد از بارندگی سهم باران‌ریایی کاج نقره‌ای بود. با توجه به اهمیت موضوع باران‌ریایی و از آنجایی که تاکنون در کشور مطالعات کمی در مورد اثر باران‌ریایی درختان شهری انجام شده، انجام تحقیقات در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد. بدین منظور شهر هشتگرد در استان البرز که دارای گونه‌های درختی متنوع در فضای شهری خود بود، به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید. بنابراین با توجه به این نکته که تاکنون پژوهش‌های محدودی روی درختان شهری در کشور انجام شده، هدف از این پژوهش بررسی تاثیر گونه‌های مختلف درختی موجود در منطقه شهری هشتگرد بر میزان باران‌ریایی در تاثیر آن بر رواناب خواهد بود.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در محدوده شهر هشتگرد در فاصله ۶۸ کیلومتری از تهران قرارانجام شد. ارتفاع متوسط این شهر از سطح دریا ۱۲۰۰ متر است. منطقه مورد مطالعه، از توابع شهرستان ساوجبلاغ (از شهرستان‌های استان البرز) است. این منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک با زمستان نسبتاً سرد و تابستان نسبتاً معتدل می‌باشد. طبق محاسبات انجام شده توسط نگارندگان بر اساس آمار ۲۰ ساله (سال ۱۳۸۱ تا ۱۴۰۰)، متوسط بارندگی سالانه هشتگرد ۳۶۲ میلی‌متر می‌باشد. همچنین گرم‌ترین ماه سال، تیرماه با متوسط دمای حداکثر ۳۹ درجه سانتی‌گراد و سردترین ماه سال، دی‌ماه با متوسط دمای حداقل ۱۰- درجه سانتی‌گراد است.

به منظور برقرار نمودن شرایط یکسان از نظر دریافت بارندگی ورودی، تاثیر وزش باد بر درختان مورد اندازه‌گیری، یک زیرحوضه شهری در بخش غربی محدوده شهر هشتگرد انتخاب و مراحل اندازه‌گیری در آن انجام شد (شکل ۱). این زیرحوضه در بخشی از شهر انتخاب شد که از لحاظ توپوگرافیک مسطح و هموار بوده و موانعی مانند ساختمان‌های بلند نیز در منطقه وجود نداشته باشد. این زیرحوضه در محدوده طول جغرافیایی ۳۲° ۰۲' شرقی تا ۴۱° ۰۸' شرقی و عرض جغرافیایی ۴۸' ۳۵° تا ۳۳' ۳۵° شمالی و همچنین ارتفاع متوسط ۱۱۹۵ متر از سطح دریا قرار گرفته است.

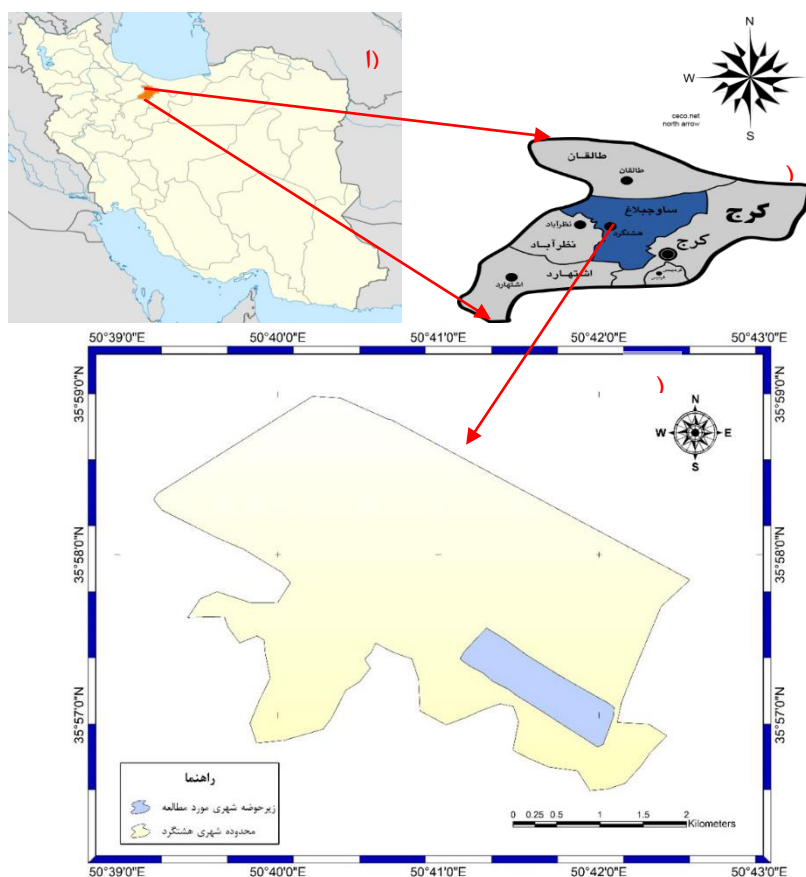
۲-۲. روش تحقیق

۲-۲-۱. انتخاب گونه‌های درختی

طبق اطلاعات شهرداری هشتگرد گونه‌های غالب موجود در منطقه مورد مطالعه شامل کاج فناری (*Pinus ponderosa*)، بید (*Salix babylonica*)، زبان‌گنجشک (*Fraxinus excelsior*)، زردآلو (*Prunus armeniaca*)، بیدمجنون (*Salix babylonica*)، توت (*Morus Alba*)، اقایا (*Robinia Pseudoacacia*) و کاج تهران (*Pinus eldarica*)، کاج کاشفی (*Pinus longifolia*)، کاج چتری (*Pinus pinea*)، چنار (*Platanus orientalis*)، نارون چتری (*Ulmus umbraculifera*)، افرای شبه‌چناری (*Acer pseudoplatanus*)، عرعر (*Ailanthus alitissima*)، گردوی ایرانی (*Juglans regia*)، انجیر (*Ficus carica*) و بلوط (*Quercus brantii*) می‌باشند. انتخاب گونه‌های درختی منطقه با توجه به شرایط ذیل انجام پذیرفت:

۱- گونه‌های مورد نظر به تعداد کافی و در تمامی سطح شهر کاشته شده باشند. ۲- برای هر گونه بتوان مکان‌هایی را پیدا نمود که اندازه‌گیرهای مورد نظر مقدر باشد (امنیت استقرار باران‌سنگ‌ها) و متوجه مسائلی از قبیل جابه‌جاشدن وسایل اندازه‌گیری توسط عوامل انسانی و یا از بین رفتن آن‌ها نباشد. ۳- شرایط حاکم از نظر بارش دریافتی تا جای ممکن یکسان بوده و ریزش باران تحت تاثیر ارتفاع ناشی از ابنیه‌های اطراف درختان نباشد. بنابراین سعی شد درختانی انتخاب شوند که در فاصله‌ای حداقل برابر با ارتفاع درخت، دیوار و یا

ساختمانی وجود نداشته باشد.



شکل ۱. موقعیت شهر هشنگرد در ایران (الف)، استان البرز (ب) و همچنین موقعیت زیرحوضه نمونه انتخاب شده در حوزه آبخیز شهری هشنگرد (مرز زرد رنگ) (ج)

با توجه به شروط مورد اشاره، گونه‌های زردآلو، بیدمجنون، زبان گنجشک، گردوی ایرانی، انجیر و بلوط انتخاب شدند. مشخصات آلومتریک درختان نظیر ارتفاع، قطر برابر سینه، شعاع سایه‌انداز، مساحت سایه‌انداز بر اساس روش‌های تشریح شده توسط نمیرانیان (۲۰۱۰) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و در نهایت تعداد سه درخت از هر گونه با اندازه قطر برابر سینه، ارتفاع و مساحت سایه‌انداز تقریباً یکسان انتخاب شد.

۲-۲-۲. نصب و جای‌گذاری باران‌سنج‌ها

در این تحقیق، برای اندازه‌گیری تاج بارش، در زیر هر درخت، پنج ظرف جمع‌آوری کننده (استوانه‌ای شکل از جنس پلاستیک با قطر دهانه ۲۵ و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر) نصب شد. این ظروف در زیر تاج پوشش درختان به صورت خطی در جهت بلندترین قطر تاج پوشش نصب شدند (شکل ۲).

موقعیت قرارگیری جمع‌آوری کننده‌ها بدین صورت بود که یک ظرف در مرکز تاج پوشش (نزدیک تنه درخت) قرار داده شد و در هر طرف درخت نیز در جهات مقابل هم، دو ظرف که با هم یک متر فاصله داشتند، نصب شدند (شکل ۲). تعداد پنج باران‌سنج مورد اشاره

برای اندازه گیری تاج بارش، یک باران سنج دیگر نیز برای اندازه گیری میزان بارش در فضای باز در خارج از تاج پوشش هر درخت با فاصله ده متر، جای گذاری شد.



شکل ۲. موقعیت استقرار ظروف اندازه گیری تاج بارش در زیر تاج پوشش یک درخت

۲-۲-۳. تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده ها در محیط نرم افزاری Excel و SPSS 21 صورت گرفت. برای محاسبه ارتفاع باران ریبایی (I) از تفاوت بین باران (P_g) و باران خالص (P_{net}) به صورت روابط زیر استفاده شد (کارلیل موزس و گاش، ۲۰۱۱):

$$I = P_g - P_{net} \quad (1)$$

$$I = P_g - (TF + SF) \quad (2)$$

که در این جا T_F میزان تاج بارش و S_F میزان ساقاب می باشد. با توجه به این که غالباً تاج بارش سهم بالایی از باران ریبایی را در مقایسه با ساقاب در برمی گیرد (گاش، ۱۹۹۹) در این مطالعه از مقدار ساقاب صرف نظر گردید. بنابراین در این جا میزان P_g همان ارتفاع باران اندازه گیری شده در باران سنج نصب شده با فاصله خارج از تاج پوشش (mm) و P_{net} ارتفاع آب رسیده به محدوده زیر تاج پوشش (mm) می باشد. بدین منظور باران خالص از میانگین گیری ارتفاع آب اندازه گیری شده در ظروف پنج گانه نصب شده در محدوده تحت تأثیر تاج پوشش درخت به دست آمد (حجتی، ۲۰۰۸؛ جانسون، ۱۹۹۰).

با توجه به این که باران ریبایی گونه های درختی در بارندگی های با مقادیر مختلف، متفاوت است، به منظور بررسی تأثیر مقدار بارندگی

بر میزان باران‌ربایی، باتوجه به تغییرات مقادیر باران‌ربایی حاصل از وقایع مختلف ثبت شده، این رخدادها به سه دسته بارندگی کم (کمتر از ۴ میلی‌متر)، متوسط (۴-۶ میلی‌متر) و زیاد (بیشتر از ۶ میلی‌متر) طبقه‌بندی شدند. در ادامه شرط نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی و از نرمال بودن داده‌ها اطمینان حاصل گشت. در ادامه برای تجزیه و تحلیل اثر هم‌زمان گونه‌های درختی و شدت بارندگی از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه، به منظور بررسی پاسخ باران‌ربایی گونه‌ها در طبقات مختلف بارندگی، از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه و همچنین برای مقایسه میانگین‌ها در گروه‌های مختلف گونه‌ها، از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD^1) استفاده شد.

۳. یافته‌های پژوهش

۳-۱. مشخصات بارندگی‌های ثبت شده

در این تحقیق تعداد هفت رخداد بارندگی در فاصله زمانی اسفندماه ۱۳۹۷ تا اردیبهشت ماه ۱۳۹۸ و اندازه‌گیری شد. بیشترین میزان بارندگی در ۸ اسفند ۱۳۹۷ و بیشترین شدت بارندگی (مقدار بارندگی رخداد تقسیم بر زمان) طی رخداد ۱۴ اردیبهشت ۱۳۹۸ به ثبت رسید. جدول ۱ مقدار و شدت مربوط به رخدادهای بارندگی ثبت شده را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مشخصات بارندگی‌های ثبت شده طی دوره اندازه‌گیری

وقایع بارندگی	مقدار (میلی‌متر)	شدت (میلی‌متر بر ساعت)
۱۳۹۷/۱۲/۸	۶/۸۳	۳/۴۱
۱۳۹۷/۱۲/۲۴	۶/۳۶	۲/۱۲
۱۳۹۸/۱/۱۱	۶/۰۵	۱/۰۱
۱۳۹۸/۱/۱۸	۴/۸۱	۲/۴۱
۱۳۹۸/۲/۲	۳/۹۵	۲/۶۴
۱۳۹۸/۲/۱۴	۲/۹۶	۴/۹۳
۱۳۹۸/۲/۶	۲/۱۶	۲/۱۶

۳-۲. تأثیر هم‌زمان مقدار بارندگی و گونه‌های درختی بر میزان باران‌ربایی

به‌منظور بررسی تأثیر هم‌زمان مقدار بارندگی و نوع گونه بر میزان باران‌ربایی، از آزمون تجزیه واریانس دو طرفه استفاده شد (جدول ۲). تجزیه و تحلیل آماری حاصل از این آزمون نشان داد بین گونه‌های مختلف درختی (زردآلو، زبان‌گنجشک، بید، انجیر، گردو و بلوط) اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد ($P < 0/01$). همچنین بین طبقات مقدار بارندگی (کم، متوسط و زیاد) نیز اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد ($P < 0/01$). سایر نتایج نشان داد که بین متغیرهای نوع گونه و مقدار بارندگی نیز اثر متقابل معنی‌داری وجود دارد. با توجه به معنی‌داری نتایج آزمون تجزیه واریانس دو طرفه، اقدام به مقایسه میانگین باران‌ربایی در بین گونه‌ها و طبقات مختلف بارندگی شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های در صد باران‌ربایی گونه‌های مختلف به روش LSD در شکل (۳) ارائه شده است. این نتایج نشان داد که گونه زبان‌گنجشک با ۴۷/۱ درصد بیش‌ترین میانگین باران‌ربایی را به خود اختصاص داده و نسبت به دیگر گونه‌ها در یک گروه متفاوت جای گرفته است. پس از آن، گونه‌های زردآلو و انجیر به ترتیب با میانگین باران‌ربایی ۴۳/۵ و ۳۸/۴ درصد هر کدام در یک گروه جداگانه و گونه‌های بید و گردو نیز در گروهی جداگانه قرار گرفتند. در رده انتهایی نیز بلوط با باران‌ربایی ۳۲/۸، درصد کم‌ترین باران‌ربایی را به خود اختصاص داده و در یک گروه مستقل دیگری جای گرفت.

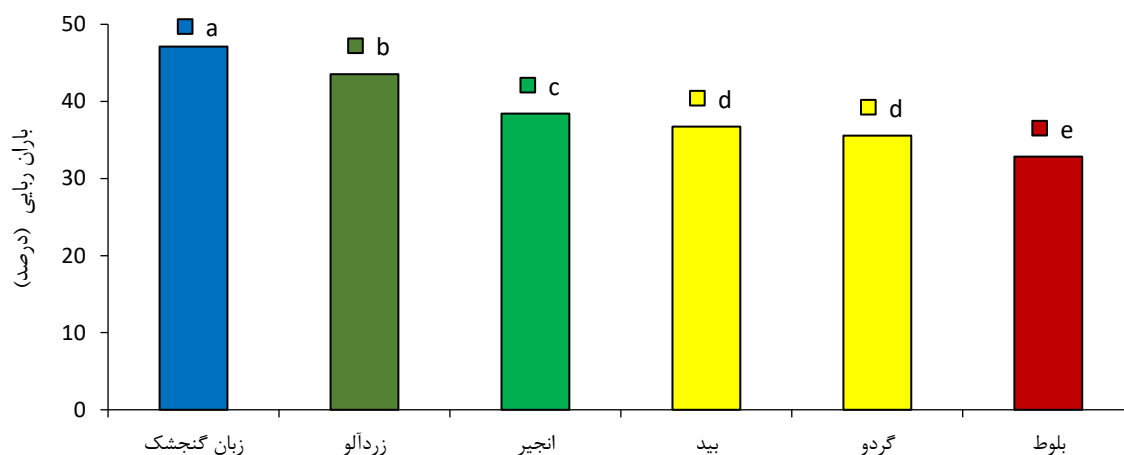
1. Least Significant Difference

نتایج حاصل از مقایسه مقادیر باران‌ریایی در طبقات مختلف بارندگی فارغ از نوع گونه با استفاده از آزمون LSD بیان‌گر این امر بود که بیشترین مقادیر باران‌ریایی، ۵۳ درصد در طبقه بارندگی کم مشاهده شد که با دو طبقه دیگر دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد بود. پس از آن طبقه بارندگی متوسط با متوسط گیرش ۳۸/۳ درصد با اختلاف معنی‌دار در یک گروه جداگانه قرار گرفت. همچنین کمترین مقادیر متوسط گیرش ۲۵/۷ درصد نیز در طبقه بارندگی با مقدار زیاد مشاهده گردید که این طبقه نیز در یک گروه جداگانه جای گرفت (شکل ۴).

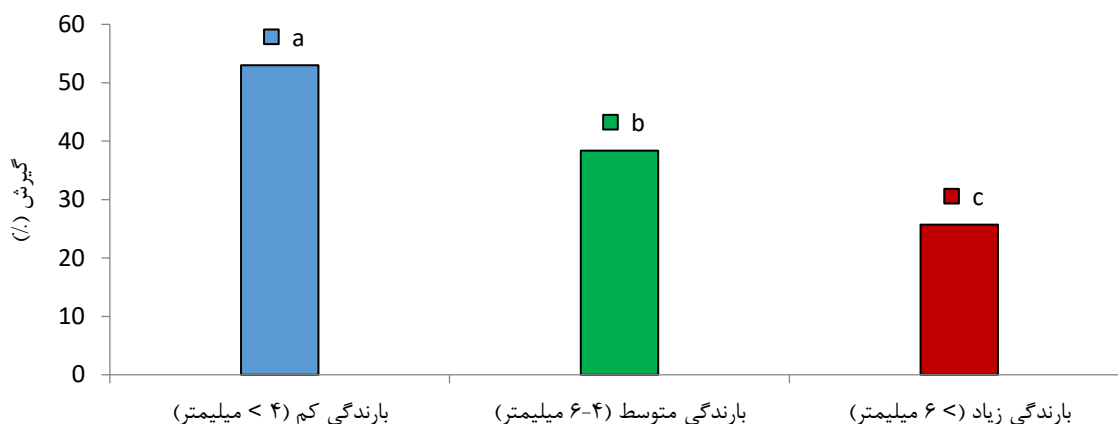
جدول ۲. نتایج آزمون تجزیه واریانس دوطرفه باران‌ریایی تحت تاثیر مقدار بارندگی و نوع گونه

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
مدل تصحیح شده	۸۹۳۰/۹۹	۱۷	۵۲۵/۳۵	۲۶۱/۱۴	۰/۰۰۰
Intercept	۸۲۲۶۴/۳۱	۱	۸۲۲۶۴/۳۱	۴۰۸۹۲/۷۸	۰/۰۰۰
گونه	۱۲۷۲/۹۴	۵	۲۵۴/۵۸	۱۲۶/۵۵	۰/۰۰۰
طبقات بارندگی	۶۷۱۴/۸۷	۲	۳۳۵۷/۴۳	۱۶۶۸/۹۵	۰/۰۰۰
گونه * بارندگی	۹۴۳/۱۶	۱۰	۹۴/۳۱	۴۶/۸۸	۰/۰۰۰
خطا	۷۲/۴۲	۳۶	۲/۰۱		
کل	۹۱۲۶۷/۷۲	۵۴			
کل اصلاح شده	۹۰۰۳/۴۱	۵۳			

a. R Squared = 0.992 (Adjusted R Squared = 0.988)



شکل ۳. مقایسه میانگین باران‌ریایی گونه‌های درختی به روش LSD



شکل ۴. مقایسه مقادیر میانگین باران‌ریایی طبقات بارندگی به روش LSD

۳-۳. بررسی پاسخ باران‌ریایی گونه‌ها در طبقات بارندگی

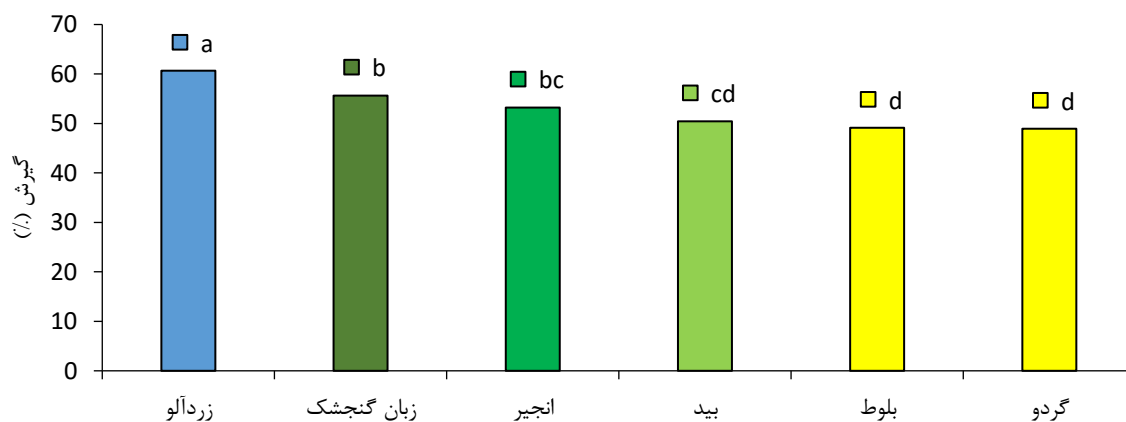
۳-۳-۱. بارندگی کم (< ۴ میلی‌متر)

یافته‌های حاصل از تجزیه واریانس یک‌طرفه برای مقادیر باران‌ریایی در طبقه بارش‌های کمتر از ۴ میلی‌متر نشان داد که بین مقادیر میانگین باران‌ریایی در گونه‌های مختلف درختی، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه برای مقادیر باران‌ریایی گونه‌های مختلف در طبقه بارندگی کمتر از ۴ میلی‌متر

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آزمون آنالیز واریانس	معنی‌داری
بین گروه‌ها	۳۱۱/۴۱	۵	۶۲/۲۸	۲۳/۲۵	۰/۰۰۰
درون گروه‌ها	۳۲/۱۳	۱۲	۲/۶۷		
کل	۳۴۳/۵۵	۱۷			

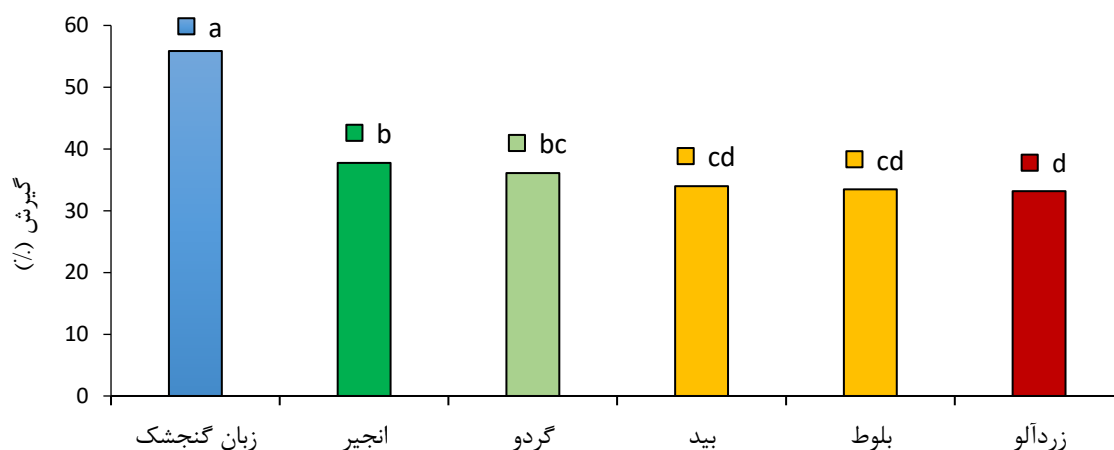
با توجه به وجود اختلاف معنی‌دار بین گونه‌های مختلف، مقادیر میانگین باران‌ریایی بین گونه‌ها با استفاده از روش LSD مورد مقایسه قرار گرفت (شکل ۵). نتایج حاصل نشان داد که طی وقوع بارندگی‌های با مقدار کمتر از ۴ میلی‌متر، گونه زردآلو با میزان ۶۰/۶ درصد بیشترین میزان باران‌ریایی و گونه گردو با ۴۸/۹ درصد کمترین باران‌ریایی را داشته‌اند. گونه‌های زبان گنجشک، انجیر و بید در یک گروه قرار داشته و با یکدیگر اختلاف معنی‌داری از نظر باران‌ریایی ندارند. همچنین بین باران‌ریایی گونه گردو با انجیر و زبان گنجشک در گروه دوم و زردآلو در گروه اول اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید بنابراین در هر دو گروه جای گرفتند. گروه دوم دارای بیشترین میزان باران‌ریایی بود. بلوط نیز در گروه سوم جای گرفت.



شکل ۵. مقایسه مقادیر میانگین باران‌ربایی گونه‌های درختی طی بارندگی‌های با مقدار کمتر از ۴ میلی‌متر و با روش LSD

۳-۳-۲. بارندگی متوسط (۴-۶ میلی‌متر)

نتایج آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه برای مقادیر باران‌ربایی گونه‌های مختلف درختی برای بارش‌های متوسط در دوره اندازه‌گیری نشان داد که بین میانگین درصد باران‌ربایی گونه‌های مختلف اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۱ درصد وجود دارد (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها با روش LSD نشان داد که طی وقوع بارندگی‌های متوسط (۴-۶ میلی‌متری)، گونه زبان گنجشک با میزان ۵۵/۸ درصد بیشترین باران‌ربایی را داشته و با اختلاف معنی‌داری در یک گروه جداگانه قرار گرفت. همچنین گونه زردآلو با میزان ۳۳/۱ درصد کمترین باران‌ربایی را طی وقوع بارندگی‌های متوسط داشت و در یک گروه دیگر دسته‌بندی شد. گونه‌های انجیر، گردو در گروه دوم و گونه‌های گردو، بید و همچنین بلوط در گروه سوم قرار گرفتند. گونه‌های بید و بلوط علاوه بر گروه سوم با میانگین درصد گیرش گونه زردآلو نیز اختلاف معنی‌داری نداشتند، بنابراین علاوه بر گروه سوم در گروه چهارم نیز جای گرفتند (شکل ۶).



شکل ۶. مقایسه مقادیر میانگین باران‌ربایی گونه‌های درختی طی بارندگی‌های با مقدار ۴-۶ میلی‌متر و به روش LSD

جدول ۴. نتایج آزمون آنالیز واریانس یک طرفه برای مقادیر باران‌ربایی گونه‌های مختلف در طبقه مقدار بارندگی ۴-۶ میلی‌متر

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آزمون آنالیز واریانس	معنی‌داری
بین گروه‌ها	۱۱۴۵/۷۹	۵	۲۲۹/۱۵	۱۰۳/۷۶	۰/۰۰۰
درون گروه‌ها	۲۶/۵۰	۱۲	۲/۲۰۸		
کل	۱۱۷۲/۲۹	۱۷			

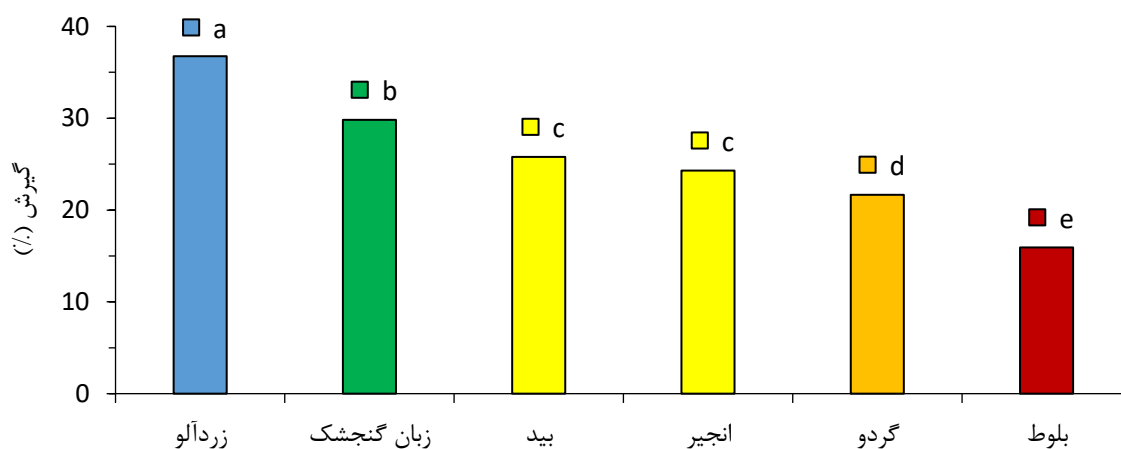
۳-۳-۲. بارندگی زیاد (< ۶ میلی‌متر)

نتایج آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه برای مقادیر باران‌ربایی گونه‌ها برای بارش‌های زیاد طی دوره اندازه‌گیری بدون در نظر گرفتن شرایط برگ‌داری در جدول ۵ ارائه شده است. یافته‌های حاصل از این آزمون نشان داد که بین مقادیر میانگین باران‌ربایی در گونه‌های مختلف درختی اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد.

جدول ۵. نتایج آزمون آنالیز واریانس یک طرفه برای مقادیر باران‌ربایی گونه‌های مختلف در طبقه بارندگی با مقدار زیاد

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آزمون آنالیز واریانس	معنی‌داری
بین گروه‌ها	۷۵۹/۱۷	۵	۱۵۱/۸۳	۱۳۱/۳۸	۰/۰۰۰
درون گروه‌ها	۱۳/۸۶	۱۲	۱/۱۵		
کل	۷۷۳/۰۴	۱۷			

با توجه به وجود اختلاف معنی‌دار بین گونه‌های مختلف، در مقادیر باران‌ربایی در بارش زیاد با استفاده از روش LSD مورد مقایسه قرار گرفت و نتایج آن در شکل ۷ ارائه شد. با توجه به نمودار مشاهده گردید که در این‌جا نیز گونه زردآلو با ۳۶/۷ درصد بیش‌ترین گیرش را داشته و با اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد نسبت به میانگین گیرش سایر گونه‌ها در گروه اول قرار گرفت. در گروه دوم زبان گنجشک با میانگین گیرش ۲۹/۸ درصد در گروه سوم گونه‌های بید و انجیر به ترتیب با ۲۵/۷ و ۲۴/۲ درصد و در گروه چهارم گونه گردو با میانگین گیرش ۲۱/۶ درصد جای گرفتند. همچنین گونه بلوط با کمترین میزان باران‌ربایی (۱۵/۹ درصد) با اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد در گروه پنجم جای گرفت.



شکل ۷. نمودار مقادیر میانگین باران‌ربایی گونه‌های مختلف درختی طی بارندگی‌های با مقدار زیاد و مقایسه آن‌ها به روش LSD

۳. بحث و نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر، دولت‌ها و شهرداری‌ها با حذف بخشی از درختان در بعضی مناطق برای رفع مشکلات و کاهش مناطق حادثه‌خیز باعث ایجاد یکی دیگر از مشکلات برجسته شهرهای مدرن، یعنی افزایش رواناب در طول رخدادهای باران و بعد از آن هستند پائول و مایر^۱، (۲۰۰۱). به دلیل توسعه شهری و استفاده از مواد مقاوم مانند بتن و آسفالت، چرخه هیدرولوژیکی تغییر کرده و فرآیندهای طبیعی مانند نفوذ و باران‌ریایی کاهش یافته‌اند. این اعمال منجر به افزایش رواناب شده و در نهایت باعث خسارت‌های اقتصادی قابل توجهی به ویژه در طول رویدادهای بارش سنگین می‌شود.

یافته‌های این تحقیق نشان داد که گونه زبان‌گنجشک بیش‌ترین میانگین باران‌ریایی را داشته و پس از آن گونه‌های زردآلو، انجیر، بید، گردو در رده‌های بعدی قرار گرفتند. در رده انتهایی نیز گونه بلوط با گیرش ۳۲/۸ درصد کم‌ترین باران‌ریایی را به خود اختصاص داد. ژیاو^۲ و همکاران (۲۰۰۰)، در مطالعه‌ای میزان باران‌ریایی گونه بلوط را ۲۷ درصد برآورد نمودند. اسدیان و وایلر^۳ (۲۰۰۹) تغییرات باران‌ریایی در درختان و گونه‌های مختلف را به ویژگی‌های تاج‌پوشش درخت نسبت داده‌اند. ژیاو و مک پرسون^۴ (۲۰۱۶) نیز بیان داشتند که میزان بارندگی سالانه بین گونه‌ها و اندازه‌های درختان مختلف، متفاوت بوده و دلیل این تفاوت‌ها را به طول دوره شاخه‌سازی، سطح برگ نسبت داده‌اند. لذا تفاوت در مقادیر باران‌ریایی گونه‌های مورد بررسی در این تحقیق را نیز می‌توان به این ویژگی‌ها مرتبط دانست. محققینی مانند ژیاو و مک پرسون (۲۰۱۶) و همچنین نیچ و همکاران (۲۰۱۹) به‌طور کلی باران‌ریایی درختان سوزنی‌برگ مخروطی را از درختان خزان‌شونده بیشتر می‌دانند. هرچند که گودرزی و همکاران (۲۰۱۵) دریافتند که تاج‌بارش گونه‌های پهن‌برگ بیشتر از گونه‌های سوزنی‌برگ است. با توجه به این‌که درختان غالب شهر هشتگرد از نوع خزان‌شونده بودند، لذا نتایج این تحقیق در مورد این نوع درختان قابل تعمیم خواهد بود و لازم است تحقیقی در مورد مقایسه نتایج درختان خزان‌شونده با درختان سوزنی‌برگ مخروطی انجام شود.

نتایج حاصل از محاسبه باران‌ریایی گونه‌ها طی بارندگی‌های مختلف نشان داد که هرگونه در هر دسته بارندگی (کم، متوسط و زیاد)، باران‌ریایی خاص خود را داشته و از الگوی خاصی پیروی می‌کند. همچنین در بارندگی‌های با مقدار بالاتر به دلیل اشباع‌شدن سریع تاج‌پوشش درصد باران‌ریایی کاهش یافته است و در بارندگی‌هایی با مقدار کم به دلیل ظرفیت بالای تاج‌پوشش، میزان درصد باران‌ریایی در درختان افزایش نشان داد. دیگر یافته‌های این تحقیق حاکی از آن بود که مقادیر باران‌ریایی در بارندگی‌های زیاد ($6 <$ میلی‌متر) کاهش پیدا نموده است. این نتایج مطابق با یافته‌های جوکار و همکاران (۲۰۱۹) و همچنین گودرزی و همکاران (۲۰۱۵) بوده که بیان داشته‌اند با افزایش مقدار باران، درصد باران‌ریایی کاهش می‌یابد. این کاهش می‌تواند بدین علت باشد که درخت یک ظرفیت خاصی برای باران‌ریایی دارد و مازاد بر آن ظرفیت، هر چه بارندگی ادامه پیدا کند باران‌ریایی دیگری صورت نمی‌گیرد و درخت باران مازاد را به زیر سایه‌انداز خود هدایت می‌کند. بنابراین بارندگی‌های با مقادیر زیاد، میزان بارش مازاد نیز بالاتر است و لذا درصد باران‌ریایی کمتر می‌شود. در مورد بارندگی با مقدار کم نیز چون درصد کمی از بارندگی مازاد بر باران‌ریایی اولیه درخت است، بنابراین درصد باران‌ریایی در بارندگی کم ($4 <$ میلی‌متر) افزایش پیدا می‌کند در بارندگی‌های با مقدار متوسط (۴/۸، ۳/۹ و ۲/۹ میلی‌متری) میزان باران‌ریایی در تمامی گونه‌ها کمتر شده است. مقادیر باران‌ریایی گونه‌ها در هر بارندگی نشان دادند که مقدار و شدت بارندگی عوامل غالب تأثیرگذار بودند. این نتایج با یافته‌های نیچ و همکاران (۲۰۱۹) که بیان نموده بودند که تأثیر نوع درخت بر باران‌ریایی، برخلاف بارندگی‌های شدید، در رگبارهای با شدت کم و متوسط معنی‌دار است، مطابقت دارد. مرور نتایج پژوهش‌های ژیاو و همکاران (۲۰۰۰)، گووارا اسکوبار^۵ و همکاران (۲۰۰۷)،

1. Paul & Meyer
2. Xiao
3. Wiler
4. Mac Person
1. Guevara-Escobar

عطارد (۲۰۱۶) و جوکار (۲۰۱۹) نیز حاکی از آن است که باران‌ریایی گونه‌ها طی وقایع با مقدار و شدت بارندگی متفاوت، تغییر نموده است. همچنین فتحی‌زاده و همکاران (۲۰۱۱) نیز با تحقیق روی تک درختان بلوط ایرانی و همچنین احمدی و همکاران (۲۰۰۹) با تحقیق روی گونه جنگلی راش به این نتیجه رسیدند که با افزایش عمق بارش، نسبت باران‌ریایی به بارندگی کل کاهش می‌یابد. با توجه به این که باران‌ریایی گیاهان یکی از اجزای چرخه هیدرولوژی در مناطق شهری محسوب شده و درختان نیز اصلی‌ترین پوشش گیاهی این مناطق هستند، در این مطالعه به ارزیابی تاثیر مقدار باران و همچنین گونه‌های درختی مختلف روی باران‌ریایی در حوزه آبخیز شهری هشتگرد پرداخته شد. در یک نتیجه‌گیری کلی از این تحقیق می‌توان بیان نمود که نوع گونه درختی تأثیر معنی‌داری روی میزان باران‌ریایی دارد. به طوری که گونه‌های زردآلو و زبان‌گنجشک بیشترین باران‌ریایی را طی رخدادهای مختلف داشته‌اند. بنابراین از دیدگاه کاهش تولید رواناب، این دو گونه را می‌توان برای توسعه فضای سبز شهری در نواحی مشابه با شرایط منطقه مورد مطالعه، پیشنهاد داد.

در یک نتیجه‌گیری دیگر نیز می‌توان بیان نمود که به‌طور کلی و بدون احتساب نوع گونه درختی، میزان بارندگی روی سهم باران‌ریایی از کل مقدار باران تأثیر معنی‌داری دارد. به‌نحوی که در رخدادهای بارندگی با مقدار بالاتر میزان سهم باران‌ریایی کاهش داشته و بالعکس در مقادیر کم‌تر بارندگی، مقادیر سهم باران‌ریایی از کل باران افزایش داشته است. این امر بدین دلیل است که باران‌ریایی درختان، سهم ثابتی از تلفات را داشته و هر چه مقدار کل باران بیشتر از این سهم باشد، باران‌ریایی دیگر نقشی در تلفات اضافی نخواهد گذاشت، لذا در باران‌های با مقادیر بالاتر باران‌ریایی درختان، اثر معنی‌داری ندارد. همچنین دیگر یافته‌ها حاکی از این بود که عملکرد باران‌ریایی گونه‌های درختی می‌تواند در بارندگی‌های با مقادیر مختلف، متفاوت باشد. بر اساس این نتایج، پیشنهاد می‌شود برای انتخاب گونه‌های درختی از نقطه نظر کنترل رواناب شهری، ضمن شناسایی میزان باران و تیپ رگبارهای منطقه، پاسخ گونه‌های نسبت به بارندگی‌های با شدت و مقدار مختلف مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت گونه‌های مناسب انتخاب گردند. به طور کلی نتایج این تحقیق می‌تواند درک اهمیت نوع گونه‌های درختی شهری و میزان بارندگی منطقه در باران‌ریایی و تبع آن کاهش رواناب شهری، حین برنامه‌ریزی فضاهای سبز در حوزه‌های آبخیز شهری کمک کند.

References

- Ahmadi, M. T., Attarod, P., Marvi Mohadjer, M. R., Rahmani, R., & Fathi J. (2009). Canopy interception loss in a pure oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stand during the summer season. *Iranian Journal of Forest*, 1(2), 175-185. (In Persian)
- Armson, D., Stringer, P., & Ennos, A. R. (2013). The effect of street trees and amenity grass on urban surface water runoff in Manchester, UK. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12(3), 282-286.
- Asadian, Y., & Weiler, M. (2009). A new approach in measuring rainfall interception by urban trees in coastal British Columbia. *Water Quality Research Journal*, 44(1), 16-25.
- Attarod, P. (2016). Seasonal Variability of Rainfall Interception under Individual Ash Trees Afforested in a Semiarid Climate, Chitgar Forest Park, Tehran. *Forest and Wood Products*, 69(1), pp. 1-13. (In Persian)
- Bagheri, H., Attarod, P., Etemad, V., Sharafieh, H., Ahmadi, M., & Bagheri, M. (2011). Rainfall interception loss by *Cupressus arizonica* and *Pinus eldarica* in an arid zone afforestation of Iran (Biyarjomand, Shahroud). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(2), 325-314. (In Persian)
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2012). *Green infrastructure: linking landscapes and communities*. Island press.
- Carlyle-Moses, D.E. and Gash, J.H., 2011. Rainfall interception loss by forest canopies. *Forest hydrology and biogeochemistry: Synthesis of past research and future directions*, pp.407-423.
- Esmailpoor Zarmehri, A., Dastorani, M.T., Farzam, M., 2019. *Evaluation of precipitation losses due to crown cover abstraction in some plant species under the climatic conditions of Mashhad*. 7th National Conference on Rainwater Catchment Systems, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Fathi Zadeh, O., Attarod P., Dervish Sefat A. A., & Zahedi Amiri Q. (2011). The effect of rain amount on the interception of the canopy of Persian oak trees (*Quercus brantii*) in the Zagros vegetation area. *Journal of Natural Ecosystems of Iran*, 2(2), 45-52. (In Persian)
- Gash, J. H. C., Valente, F., & David, J. S. (1999). Estimates and measurements of evaporation from wet, sparse pine forest in Portugal. *Agricultural and Forest Meteorology*, 94(2), 149-158.
- Godarzi, S. Mataji, A. Veisanloo, F. (2015). 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*, 6(3), 339-350. (In Persian)
- Guevara-Escobar, A., González-Sosa, E., Véliz-Chávez, C., Ventura-Ramos, E., & Ramos-Salinas, M. (2007). Rainfall interception and distribution patterns of gross precipitation around an isolated *Ficus benjamina* tree in an urban area. *Journal of Hydrology*, 333(2-4), 532-541.
- Hakimi, L., Sadeghi, M., & khosropour, E. (2018). Rainfall Partitioning into Throughfall, Stemflow, and Interception of Pomegranate and its Importance in Ecohydrology. *Iran-Water Resources Research*, 14(1), 71-79. (In Persian)
- Hojjati, S. M. (2008). *The impact of canopy composition on the nutritional status of an admixed spruce and beech forest at Solling, central Germany* (Doctoral dissertation, Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen).
- Johnson, R. C. (1990). The interception, throughfall and stemflow in a forest in highland Scotland and the comparison with other upland forests in the UK. *Journal of Hydrology*, 118(1-4), 281-287.
- Joukar, Z., Moradi, M., Basiri, R. (2019). Distribution of rain fall in pure *Tamarix arceuthoides* stand in the riparian forests. *Forest Research and Development*, 4(4), 501-513. (In Persian)
- Kasanko, M., Barredo, J. I., Lavalle, C., McCormick, N., Demicheli, L., Sagris, V., & Brezger, A. (2006). Are European cities becoming dispersed?: A comparative analysis of 15 European urban areas. *Landscape and urban planning*, 77(1-2), 111-130.
- Namiranian. M. (2010). *Tree Measurement and Forest Bioinventory*. University of Tehran Press. 574p. (In Persian)

- Nytch, C. J., Meléndez-Ackerman, E. J., Pérez, M. E., & Ortiz-Zayas, J. R. (2019). Rainfall interception by six urban trees in San Juan, Puerto Rico. *Urban ecosystems*, 22(1), 103-115.
- Paul, M. J., & Meyer, J. L. (2001). Streams in the urban landscape. *Annual review of Ecology and Systematics*, 32(1), 333-365.
- Roy, A. H., Wenger, S. J., Fletcher, T. D., Walsh, C. J., Ladson, A. R., Shuster, W. D., ... & Brown, R. R. (2008). Impediments and solutions to sustainable, watershed-scale urban stormwater management: lessons from Australia and the United States. *Environmental management*, 42(2), 344-359.
- Xiao, Q., & McPherson, E. G. (2002). Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. *Urban ecosystems*, 6, 291-302.
- Xiao, Q., & McPherson, E. G. (2016). Surface water storage capacity of twenty tree species in Davis, California. *Journal of environmental quality*, 45(1), 188-198.
- Xiao, Q., McPherson, E. G., Ustin, S. L., Grismer, M. E., & Simpson, J. R. (2000). Winter rainfall interception by two mature open-grown trees in Davis, California. *Hydrological processes*, 14(4), 763-784.