



Rainfall Partitioning into Throughfall, Stemflow, and Interception for Pomegranate Trees and its Importance in Ecohydrology

L. Hakimi^{1*}, S.M.M. Sadeghi² and E. Khosropour³

Abstract

Rainfall partitioning into throughfall, stemflow, and interception are amongst the new discourses in ecohydrology and water resources studies of horticulture. The aim of this research was to compute the throughfall, stemflow, and interception of Malas-e-Torsh-e-Saveh 6-years old pomegranate trees (with plant spacing of 2.5×3 m) during January 2015 to December 2015 in Saveh city with an arid climate. To measure gross rainfall and throughfall respectively 10 and 50 manual rain-gauges (in a plot with an area of 500 m²) were used. The stemflow measured using average of 9 individual trees was assumed equal to the stemflow of the trees. A total of 46 rainfall events were measured over the study period (cumulative: 159.1 mm) for which the rainfall magnitude varied from 0.5 to 11.8 mm with an average value of 3.5 mm. Over the measurement period, the cumulative percentage of throughfall, stemflow, and interception were 65.4, 4.7, and 29.0 percent, respectively. During the leafed period (21 April to 21 November), the corresponding values were 62.1, 2.9, and 35.0 percent vs. 67.5, 5.8, and 26.7 percent during the leafless period. In the overall time scale, the most suitable relationship between gross rainfall and rational throughfall percentage, rational stemflow percentage, and rational interception percentage were respectively observed as positive logarithmic, positive polynomial, and negative power. Since in the arid and semiarid climates, the most economical and significant way to supply water to plants are gross rainfall, therefore, it is necessary to have the highest possible efficiency from rain water.

Keywords: Arid Climate, Leafed Period, Leafless Period, Malas-e-Torsh-e-Saveh Pomegranate, Saveh.

Received: May 16, 2017
Accepted: August 10, 2017

توزیع اجزای باران به تاج‌بارش، ساقاب و باران‌گیری در درختان انار و اهمیت آن در مطالعات اکوهیدرولوژی

لیلا حکیمی^{۱*}، سید محمد معین صادقی^۲
و اسماعیل خسروپور^۳

چکیده

محاسبه‌ی مقادیر توزیع اجزای بارندگی در هنگام برخورد با تاج‌پوشش درختان به سه قسمت تاج‌بارش، ساقاب و باران‌گیری از مباحث نوین در مطالعات اکوهیدرولوژی و منابع آب به‌شمار می‌آید. هدف از این پژوهش، محاسبه تاج‌بارش، ساقاب و باران‌گیری درختان انار شش ساله (فاصله کاشت ۲/۵×۳ متر) رقم ملس ترش ساوه، در شهرستان ساوه با اقلیم خشک از دی ماه ۱۳۹۳ لغایت دی ماه ۱۳۹۴ بود. برای اندازه‌گیری مقدار باران، از ۱۰ باران‌سنج و برای اندازه‌گیری تاج‌بارش ۵۰ باران‌سنج (در یک قطعه نمونه ۵۰۰ متر مربعی) استفاده شد و متوسط ساقاب ۹ درخت به‌عنوان متوسط ساقاب درختان در نظر گرفته شد. در این مطالعه ۴۶ رخداد بارندگی با مقدار تجمعی ۱۵۹/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد که بیشترین، کمترین و متوسط بارندگی به ترتیب ۱۱/۸، ۰/۵ و ۳/۵ میلی‌متر ثبت شد. در کل دوره‌ی پژوهش، سهم هر یک از مقادیر تاج‌بارش، ساقاب و باران‌گیری از بارش به ترتیب ۴/۷، ۶۵/۴ و ۲۹/۹ درصد بدست آمد. در دوره‌ی برگ‌دار (۱ اردیبهشت تا ۳۰ آبان) این اعداد به ترتیب ۶۲/۱، ۲/۹ و ۳۵/۰ درصد و در دوره‌ی بی‌برگی به ترتیب ۶۷/۵، ۵/۸ و ۲۶/۷ درصد حاصل شدند. در کلیه‌ی سنجه‌های زمانی مورد بررسی، بهترین رابطه‌ی برازش داده شده بین مقدار باران و درصد نسبی تاج‌بارش: لگاریتمی مثبت، درصد نسبی ساقاب: چندجمله‌ای مثبت و درصد نسبی باران‌گیری: توانی منفی مشاهده شد. از آنجایی که در اقلیم خشک و نیمه‌خشک، اصلی‌ترین و اقتصادی‌ترین راه تأمین آب مورد نیاز گیاهان، باران است، بنابراین لازم است بیش‌ترین بهره‌وری ممکن را از آب باران داشته باشیم.

کلمات کلیدی: اقلیم خشک، انار ملس ترش ساوه، دوره برگ‌دار، دوره بی‌برگی، ساوه.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۲/۲۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۵/۱۹

1- Assistant Professor of Horticulture, College of Agriculture, Saveh Branch, Islamic Azad University, Saveh, Iran. E-mail: hakimi_l@yahoo.com

2- PhD Candidate, Forest Ecohydrology, Department of Forestry and Forest Economics, University of Tehran, Iran.

3- PhD, Department of Forestry and Forest Economics, University of Tehran, Iran.

*- Corresponding Author

۱- استادیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ساوه، ایران.

۲- دانشجوی دکتری اکوهیدرولوژی جنگل، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران.

۳- دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران.

*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان تابستان ۱۳۹۷ امکان‌پذیر است.

(Aboal et al., 1999). در اکوسیستم‌های درختی، تاج و تنه درختان با تأثیری که بر توزیع مجدد باران می‌گذارند، نقش مهمی را در چرخه آب در سطح محلی و حتی حوضه آبریز ایفا می‌نمایند. 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. برای نمونه، با بررسی مقدار باران‌گیرش درختان و گونه‌های مختلف ما این توانایی را خواهیم داشت که با کاشت بهترین گونه که مقدار باران‌گیرش تاج‌پوشش بیشتری دارد، باعث کاهش فرسایش خاک شویم (Nanko et al., 2011). در واقع درختان در غالب فرآیند باران‌گیرش باعث کاهش انرژی ذرات جنبشی قطرات باران شده و مقدار انرژی ذرات و قطراتی را که در اثر بارش ایجاد می‌گردند را کاهش داده و مقدار فرسایش خاک را به حداقل می‌رساند و باعث حفظ خاک و کنترل ظرفیت نفوذ آب به خاک خواهد شد (Sadeghi et al., 2016). همچنین در جایی که نیاز است آب بیشتری به اکوسیستم از طریق بارش وارد شود، با انتخاب درختانی که باران‌گیرش کمتری دارند می‌توان سبب افزایش مقدار آب در لایه‌های زیرین خاک و حتی تأمین سفره‌های آب زیرزمینی در منطقه شد (Murray, 2014; Sadeghi et al., 2017). به بیان دیگر، در اقلیم خشک و نیمه‌خشک (یا مناطقی که قادر به آبیاری زیادی نیستیم)، باید با اعمال روش‌های مدیریتی سبب افزایش مقدار ساقاب و تاج‌بارش در منطقه شد.

تاکنون در داخل کشور مطالعات زیادی در مورد تبخیر-تعرق، به‌عنوان یکی از بخش‌های معادلات اکوهیدرولوژیک در اکوسیستم‌های گیاهی (Attarod et al., 2015a)، انجام شده است (Attarod et al., 2016; Bakhtiari et al., 2016; Farsadnia et al., 2016; Asadzadeh et al., 2017; Ghamarnia et al., 2017; Shabani et al., 2017). یکی دیگر از اجزای معادلات اکوهیدرولوژیک در اکوسیستم‌های گیاهی، چگونگی توزیع اجزای باران به تاج‌بارش، ساقاب و باران‌گیرش است و در داخل کشور تاکنون مطالعه‌ای در این زمینه در اکوسیستم‌های باغی انجام نشده است و توزیع اجزای باران در دانش اکوهیدرولوژی باغبانی مورد توجه پژوهشگران داخلی قرار نگرفته است. در خارج کشور، تقریباً از سه دهه پیش، مطالعات اکوهیدرولوژی باغبانی در زمینه توزیع اجزای باران در مورد محصولات باغی همچون درختان زیتون (Gómez et al., 2001; Castro et al., 2006)، سیب (De Miranda et al., 1986)، عناب آفریقایی و انار (Khan, 1999)، گریپ‌فروت و دو هیبرید پرتقال (Li et al., 1997)، پرتقال

آب نیاز اولیه و اساسی برای حفظ بقا، توسعه صنایع و رونق اقتصادی می‌باشد. به بیان دیگر، کلید توسعه کشور در گرو گسترش منابع آب و استفاده بهینه از آن می‌باشد (Shamsai and Forghani, 2011). برای رسیدن به این مهم، آگاهی از وضعیت اکوهیدرولوژیک یک منطقه ضروری به‌نظر می‌رسد. تقریباً از دو دهه پیش دانشمندان واژه اکوهیدرولوژی را در مورد اکوسیستم‌ها به کار می‌برند که این اصطلاح به معنای فهم ارتباط متقابل بین چرخه‌های هیدرولوژیک با اکوسیستم‌ها می‌باشد (Sadeghi, 2016). اکوهیدرولوژی، به‌عنوان دانش بین‌رشته‌ای، برای تشریح و کمی‌سازی روابط هیدرولوژی و اکولوژی، ارزیابی همه‌جانبه منابع آبی، چرخه هیدرولوژی، تأثیرپذیری و تأثیرگذاری اجزا زنده و غیر زنده روی چرخه‌های آبی استفاده می‌شود و در حال حاضر در مطالعات منابع آب، جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است (Sadeghi, 2016). در اکوسیستم‌های درختی، پوشش گیاهی به‌عنوان اولین مانع در برابر قطره‌های باران شناخته می‌شود. از نظر اکوهیدرولوژی، باران هنگام برخورد با پوشش گیاهی به اجزای باران‌گیرش (ربایش تاجی یا باران‌ربایی)، تاج‌بارش و ساقاب (رواناب تنه) تقسیم می‌شود. باران‌گیرش، سهمی از باران است که بر روی برگ‌ها/سوزن‌ها، شاخه‌ها (باران‌گیرش تاج‌پوشش) و ساقه (باران‌گیرش ساقه) پوشش گیاهی ذخیره شده و در زمان پس از بارندگی تبخیر شده و از دسترس گیاهان خارج می‌شود. تاج‌بارش بخشی از باران است که یا با عبور از روشنه‌های تاج‌پوشش یا با برخورد به آن به سطح خاک می‌رسد (Dunkerley, 2000; Sadeghi et al., 2014). ساقاب نیز بخشی از باران است که از طریق ساقه به سمت پایین پوشش گیاهی جریان یافته و سپس به سطح خاک می‌رسد (Dunkerley, 2000). بنابراین باران خالص، یعنی باران رسیده به سطح خاک، از جمع مقادیر تاج‌بارش و ساقاب به دست می‌آید. همچنین، مقدار باران‌گیرش، از تفاوت بین باران و باران خالص برآورد می‌شود (روابط ۱ و ۲):

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

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

در روابط بالا، I مقدار باران‌گیرش، P_g مقدار باران، P_{net} مقدار باران خالص، TF مقدار تاج‌بارش و SF مقدار ساقاب است. غالباً تاج‌بارش سهم بیشتری را نسبت به ساقاب و باران‌گیرش در بر می‌گیرد و در واقع بیش‌ترین سهم از بارندگی می‌باشد که به سطح خاک می‌رسد (Levia and Frost, 2003).

برهم‌کنش‌های بین پوشش گیاهی و بارندگی دارای اهمیت بسیاری از نقطه‌نظرهای اکوهیدرولوژیک و زمین‌شناسی می‌باشد

دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۱۰۸)، میانگین بارندگی سالانه ۲۱۴ میلی‌متر می‌باشد. پر باران‌ترین ماه سال، دی ماه (میانگین: ۳۷ میلی‌متر) و کم باران‌ترین ماه سال، مرداد ماه (میانگین: ۰/۵ میلی‌متر) است (شکل ۱). میانگین دمای هوا در این منطقه ۱۸/۱ درجه سانتی‌گراد بدست آمد و گرم‌ترین ماه سال مرداد (میانگین: ۳۰/۷ درجه سانتی‌گراد) و سردترین ماه سال دی (۴/۸ درجه سانتی‌گراد) بدست آمد. هم‌چنین میانگین سرعت باد در این منطقه ۲/۴۸ متر بر ثانیه حاصل شد. بر اساس نمایه اقلیمی دومارتن (Baltas, 2007)، اقلیم این منطقه با مقدار ۷/۶، خشک حاصل شد. هم‌چنین بر اساس نمودار آمپروترمیک (شکل ۱)، منطقه مورد مطالعه دارای تقریباً هفت ماه خشک در سال است.

۲-۲- اندازه‌گیری باران، تاج‌بارش و ساقاب و محاسبه‌ی باران‌گیری

این مطالعه به مدت یک‌سال (دی ماه ۱۳۹۳ لغایت دی ماه ۱۳۹۴ خورشیدی) انجام گرفت. برای اندازه‌گیری مقدار باران در هر رخداد، از ۱۰ باران‌سنج دستی (قطر دهانه هشت سانتی‌متر و عمق ۲۲ سانتی‌متر) در نزدیک‌ترین فضای باز به منطقه مورد مطالعه، استفاده شد (فاصله ۲۵ متر).

محل استقرار باران‌سنج‌های باران، به گونه‌ای انتخاب گردید که در زاویه ۴۵ درجه از سطح آن‌ها، هیچ گونه تداخل با تاج درختان وجود نداشته باشد. برای اندازه‌گیری تاج‌بارش، بر اساس طرحی تصادفی، ۵۰ باران‌سنج دستی، در زیر تاج‌پوشش درختان انار نصب شدند. بعد از هر پنج رخداد باران، نیمی از باران‌سنج‌ها جابجا و در مکان‌های دیگر در

و کاکائو (Alva et al., 1999; Cao et al., 2007) و کاکائو (De Oliveira Leite and Valle, 1990) انجام شده است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، که حدود ۷۰ درصد سطح کشور را در بر می‌گیرد، مباحث اکوهیدرولوژی اهمیت دوچندانی می‌یابند. در این مناطق گذشته از کمبود بارش، پراکنش نامنظم و پیش‌بینی‌ناپذیر بارش نیز مشکل‌ساز است. مطالعات اکوهیدرولوژیک در این نواحی به پوشش گیاهی و تأثیر آن بر بیلان آب‌های سطحی و زیرزمینی توجهی خاص دارد (Ludwig et al., 2005; Sadeghi et al., 2014). همان‌طور که یاد شد، کمی کردن توزیع اجزای باران در معادله‌ی بیلان آبی اهمیت دارد و در گیاهان مختلف، این امر مورد توجه بوده است. بنابراین هدف از این پژوهش، محاسبه تاج‌بارش، ساقاب و باران‌گیری درختان انار رقم ملس ترش ساوه به عنوان یکی از رقم‌های تجارتي و صادراتی ایران، در شهرستان ساوه بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در یکی از باغ‌های انار شهرستان ساوه (استان مرکزی)، با سن کاشت ۶ سال (در زمان انجام مطالعه) انجام گرفت. ارتفاع از سطح دریا منطقه مورد مطالعه ۱۱۰۰ متر بود. میانگین قطر برابر سینه درختان ۱۰ سانتی‌متر، ارتفاع درختان ۲/۳ متر، ارتفاع تاج ۱/۸ متر، قطر تاج ۲/۵ متر، فاصله درختان در هر ردیف ۲/۵ متر و فاصله هر ردیف ۳ متر بود.

بر اساس داده‌های اقلیمی (۱۳۷۳-۱۳۹۴) ایستگاه هواشناسی همدیدی ساوه (عرض شمالی ۳۵ درجه و ۳ دقیقه، طول شرقی ۵۰ درجه و ۲۰

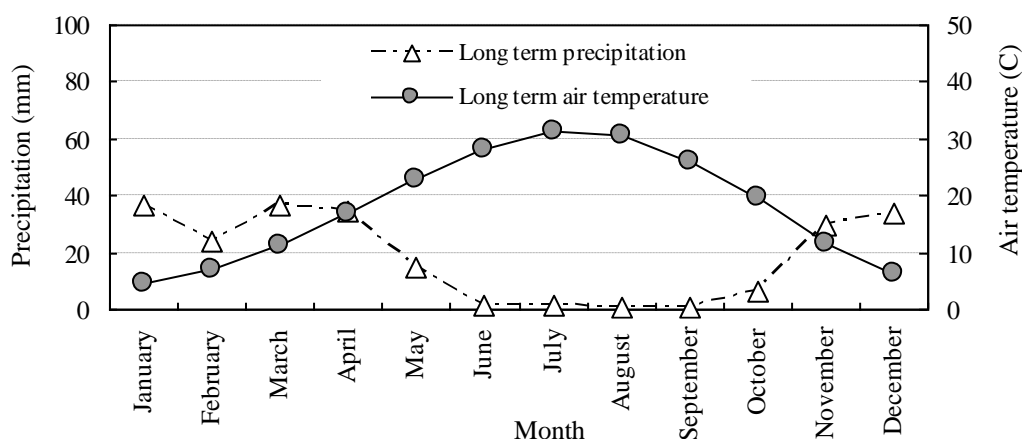


Fig. 1- Ombrothermic diagram for Saveh district

شکل ۱- نمودار آمپروترمیک شهرستان ساوه

اندازه‌گیری شد که بیشترین، کمترین و متوسط بارندگی به ترتیب ۱۱/۸، ۰/۵ و ۳/۵ میلی‌متر ثبت شد. در منطقه مورد مطالعه، دوره‌ی برگ‌دار از یک اردیبهشت تا ۳۰ آبان و دوره‌ی بی‌برگی از ۱ آذر تا ۳۰ فروردین را در بر گرفت. ۱۸ رخدادهای باران در دوره‌ی برگ‌دار (میانگین ۳/۵۲ میلی‌متر در هر رخداد) و ۲۸ رخدادهای بی‌برگی (میانگین ۳/۴۲ میلی‌متر در هر رخداد) جمع‌آوری شد. اساس شکل ۲، بیشترین فراوانی رخدادهای باران در کل دوره‌ی پژوهش و دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی متعلق به باران‌هایی با مقدار خیلی کم (کلاسه‌ی ۰/۱-۲/۵ میلی‌متری) است. پس از باران‌هایی با مقدار خیلی کم، بیشترین فراوانی متعلق به کلاسه‌های باران‌های با مقدار کم (کلاسه‌ی ۲/۶-۵/۰ میلی‌متری) است (شکل ۲).

درصد نسبی تاج‌بارش (مقدار تاج‌بارش در هر رخداد باران، (%TF) در کل دوره‌ی مورد مطالعه و دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی به ترتیب ۶۵/۴ درصد، ۶۲/۱ درصد و ۶۷/۵ درصد بدست آمد (شکل ۳). درصد نسبی ساقاب (%SF) نیز در دوره‌های یاد شده به ترتیب ۴/۷ درصد، ۲/۹ درصد و ۵/۸ درصد حاصل شد. همچنین، بیشترین اختلاف بین دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی در درصد نسبی باران‌گیری (%I) مشاهده شد (اختلاف ۸/۵ درصدی) و درصد باران‌گیری نسبی در کل دوره مورد مطالعه ۲۹/۹ درصد حاصل شد. بین مقادیر درصد‌های تاج‌بارش نسبی، ساقاب نسبی و باران‌گیری نسبی در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P < 0.05$).

در زمینه‌ی توزیع اجزای باران در باغات مناطق خشک و نیمه‌خشک در دنیا مطالعات اندکی انجام شده است. برای نمونه در باغات زیتون در اسپانیا، Gómez et al. (2001) در سنجه زمانی سالانه درصد نسبی تاج‌بارش را ۶۹ تا ۹۱ درصد، درصد نسبی ساقاب را ۲ تا ۶ درصد و درصد نسبی باران‌گیری را بین ۷ تا ۲۵ درصد بدست آوردند. بیشتر بودن مقدار تاج‌بارش و کم‌تر بودن مقدار باران‌گیری در باغ زیتون اسپانیا نسبت به باغ انار ساوه را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که میانگین بارندگی در منطقه‌ی مورد مطالعه در اسپانیا حدود ۳ برابر بیشتر از باغ انار ساوه است (۶۰۶ میلی‌متر در مقابل ۲۱۴ میلی‌متر در ساوه) و هرچه مقدار بارندگی بیشتر شود، درصد باران‌گیری نسبی کاهش و درصد تاج‌بارش نسبی افزایش می‌یابد (Attarod et al., 2015b; Sadeghi et al., 2016).

از سوی دیگر، تحت تأثیر پدیده‌ی تغییر اقلیم، در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مقدار باران تغییر چندانی نیافته است، ولی تعداد رخدادهای باران با مقادیر خیلی کم و کم (یعنی زیر پنج میلی‌متر) افزایش یافته

سطح منطقه مورد مطالعه به طور تصادفی نصب شده و نیمی از باران‌سنج‌ها نیز در کل دوره پژوهش در مکان ثابت در سطح منطقه قرار داشتند (Sadeghi et al., 2015a, b, 2016). ساقاب به‌وسیله لوله‌های لاستیکی/پلاستیکی که به صورت مارپیچی به دور تنه درخت، نصب می‌شوند، بر روی ۹ درخت اندازه‌گیری شد. به این منظور، از ناودان‌های لاستیکی با قطر پنج سانتی‌متر استفاده شد. فاصله‌ی بین ناودان‌های لاستیکی جمع‌آوری ساقاب و پوست درختان، توسط چسب سیلیکونی عایق‌بندی و درزگیری می‌شوند. هدف از این کار، جلوگیری از عبور آب از فاصله‌ی بین ناودان‌ها و پوست درختان است. این ناودان‌های لاستیکی در ارتفاع برابر سینه نصب و خروجی آن‌ها به ظرف‌های جمع‌آوری کننده ۲۰ لیتری، توسط یک شلنگ (قطر شش سانتی‌متر و طول تقریباً ۷۰ سانتی‌متر)، متصل شد. اندازه‌گیری میزان بارندگی، تاج‌بارش و ساقاب در هر رخداد بارندگی، به طور هم‌زمان صورت گرفت. در نهایت، باران‌گیری از اختلاف بین باران و مجموع تاج‌بارش و ساقاب (باران خالص)، محاسبه شد (روابط ۱ و ۲؛ Van Stan et al., 2016).

۳-۲- کلاسه‌های باران و دوره‌های مورد مطالعه

برای تبیین بهتر نتایج، رخدادهای باران به پنج کلاسه مقدار باران شامل کلاسه‌های باران با مقدار خیلی کم (۰/۱-۲/۵ میلی‌متر)، کم (۲/۶-۵/۰ میلی‌متر)، متوسط (۵/۱-۷/۵ میلی‌متر)، زیاد (۱۰/۰-۷/۶ میلی‌متر) و خیلی زیاد (> 10.0 میلی‌متر) تقسیم‌بندی شدند (Sadeghi et al., 2016). همچنین، برای مقایسه صحیح‌تر خصوصیات اکوهیدرولوژیک درختان انار، توزیع اجزای بارندگی در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی (خزان) انجام گرفت (Muzylo et al., 2012).

۴-۲- مقایسه‌های آماری

از آزمون t جفتی برای مقایسه توزیع اجزای باران بین دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی استفاده شد (سطوح معنی‌دار ۹۵ و ۹۹ درصد). از ضریب همبستگی پیرسون برای بررسی ارتباط بین مقادیر توزیع نسبی اجزای باران با مقدار باران (به‌عنوان مهم‌ترین عامل اثرگذار بر این فرآیند (Sadeghi et al., 2016)) بهره گرفته شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- توزیع اجزای بارش

در این مطالعه ۴۶ رخدادهای بارندگی با مقدار تجمعی ۱۵۹ میلی‌متر

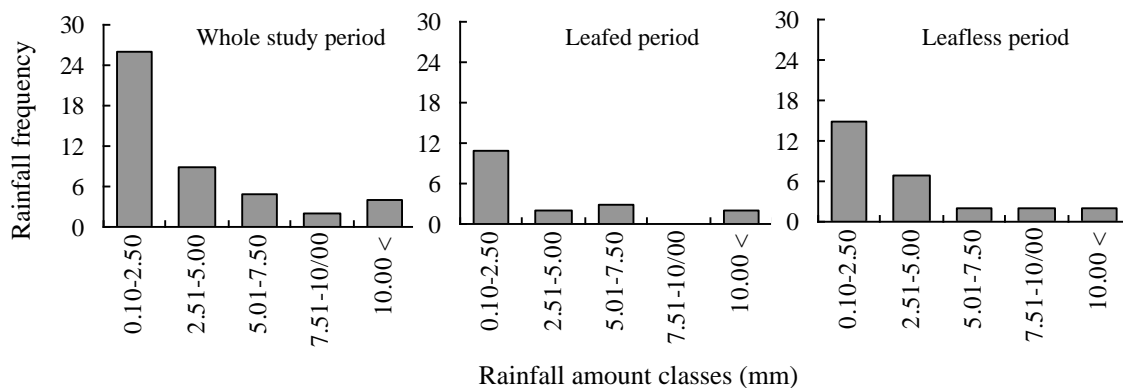


Fig. 2- Frequency distribution of rainfall amount into 2.5 mm rainfall classes over the study period as well as leafed and leafless period

شکل ۲- فراوانی رخدادهای باران در کلاسه‌های مقدار باران ۲/۵ میلی‌متری در کل سال و دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی

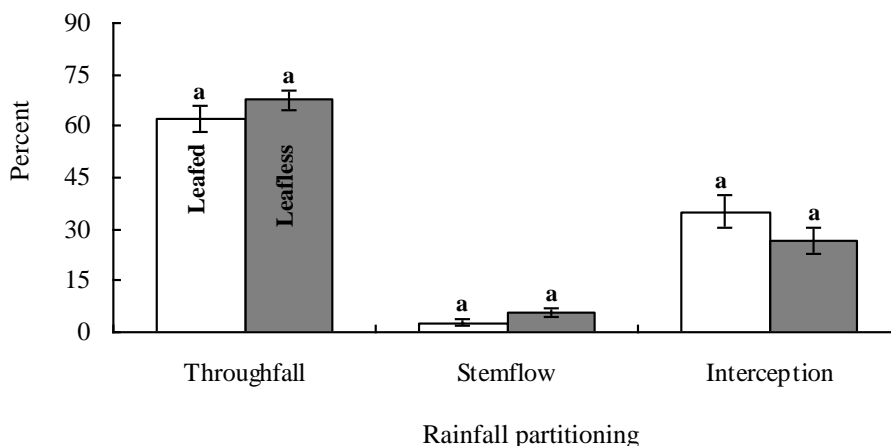


Fig. 3- Relative rainfall partitioning during leafed and leafless periods

شکل ۳- توزیع نسبی اجزای باران در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی

پهن‌برگ اقاچیا (قطر برابر سینه: ۱۹ سانتی‌متر) تنها دو درصد بدست آوردند. نتایج این پژوهش نشان داد که درصد تاج‌بارش و ساقاب در دوره برگ‌دار، بیش‌تر از دوره بی‌برگی است و درصد باران‌گیرش در دوره بی‌برگی کمتر از دوره برگ‌دار است (شکل ۳) که همسو با دیگر مطالعات در زمینه توزیع اجزای بارندگی در درختان پهن‌برگ خزان‌کننده است (Herbst et al., 2008). درختان خزان‌کننده برگ‌های خود را در فصل خواب از دست می‌دهند که موجب کاهش شدیدی در مقدار باران‌گیرش می‌شود. به بیان دیگر، باران‌گیرش در پهن‌برگان خزان‌کننده بین دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی اختلاف زیادی دارد و همیشه در دوره برگ‌دار بیشتر از دوره خزان که ریزش برگ‌ها صورت می‌گیرد، گزارش شده است (Agusto et al., 2002; Herbst et al., 2008; Xiao and McPherson, 2011; Sadeghi et al., 2015a; Van Stan et al., 2016). برای نمونه،

است (Sadeghi et al., 2014, 2015a, b) و از آنجایی که نقش پوشش گیاهی در باران‌گیرش تنها در باران‌هایی با مقادیر خیلی کم و کم می‌تواند چشمگیر باشد (به دلیل ظرفیت نگهداری آب تاج‌پوشش)، بنابراین، یافته‌های این پژوهش می‌تواند قابل توجیه باشد. در سنجه زمانی سالانه، ساقاب سهم ۴/۷ درصد از باران را به خود تخصیص می‌داد که حدود ۲/۵ درصد بیشتر از مقادیر گزارش شده در داخل کشور در مورد درختان جنگلی است. از آنجایی که مقدار ساقاب بسیار تحت تأثیر قطر برابر سینه درختان است (Van Stan et al., 2016; Sadeghi et al., 2017) و غالباً هرچه قطر درختان افزایش یابد، سهم ساقاب کاهش می‌یابد (Sadeghi et al., 2016, 2016)، بنابراین یافته‌ها این پژوهش قابل توجیه است، زیرا که قطر درختان انار در سواه (۱۰ سانتی‌متر) کمتر از درختان مطالعات انجام گرفته در داخل کشور است. برای نمونه، Sadeghi et al. (2016) سهم ساقاب را در درختان

مقدار باران و درصد نسبی باران گیرش، به صورت توانی منفی مشاهده شد که مشابه با تحقیقات قبلی می باشد (Tafazoli et al., 2015).

بر اساس جدول ۱، غالباً با افزایش مقدار باران، درصد نسبی تاج بارش و ساقاب در دوره های برگ دار و بی برگی افزایش می یابد و درصد نسبی باران گیرش، کاهش می یابد. برای نمونه، درصد نسبی باران گیرش در دوره ی برگ دار در باران های با مقدار خیلی کم (۲/۵-۰/۱ میلی متر)، ۴۷/۳ درصد حاصل شد و در باران هایی با مقدار خیلی زیاد (بیشتر از ۱۰ میلی متر)، این مقدار ۹/۸ درصد بدست آمد. همچنین، مقادیر زیاد شده در دوره ی بی برگی ۴۱/۶ درصد و ۵/۸ درصد حاصل شدند. در هر دو دوره پژوهش، تنها در کلاسه ی باران با مقدار کم، ساقاب به جریان نیافتاد و در نتیجه مقدار آن صفر حاصل شد.

Sadeghi et al. (2015a) در درختان زبان گنجشک، درصد نسبی تاج بارش در دوره ی بی برگی را ۶/۸ درصد بیشتر از دوره ی برگ دار به دست آوردند.

روابط رگرسیونی قوی بین مقدار باران و درصد های نسبی تاج بارش (TF)، ساقاب (SF) و باران گیرش (I) مشاهده شد (شکل ۴). بهترین رابطه ی برازش داده شده بین مقدار باران و درصد تاج بارش نسبی در کلیه ی سنجه های زمانی مورد بررسی، به صورت لگاریتمی مثبت به دست آمد که همسو با یافته های دیگر پژوهشگران است (Sadeghi and Attarod, 2015). در پژوهش حاضر، مانند پژوهش Livesley et al. (2014)، بهترین رابطه ی برازش داده شده ی رگرسیونی بین مقدار باران با درصد نسبی ساقاب، رابطه ی چند جمله ای مثبت حاصل شد. همچنین، مناسب ترین رابطه ی برازش داده شده بین

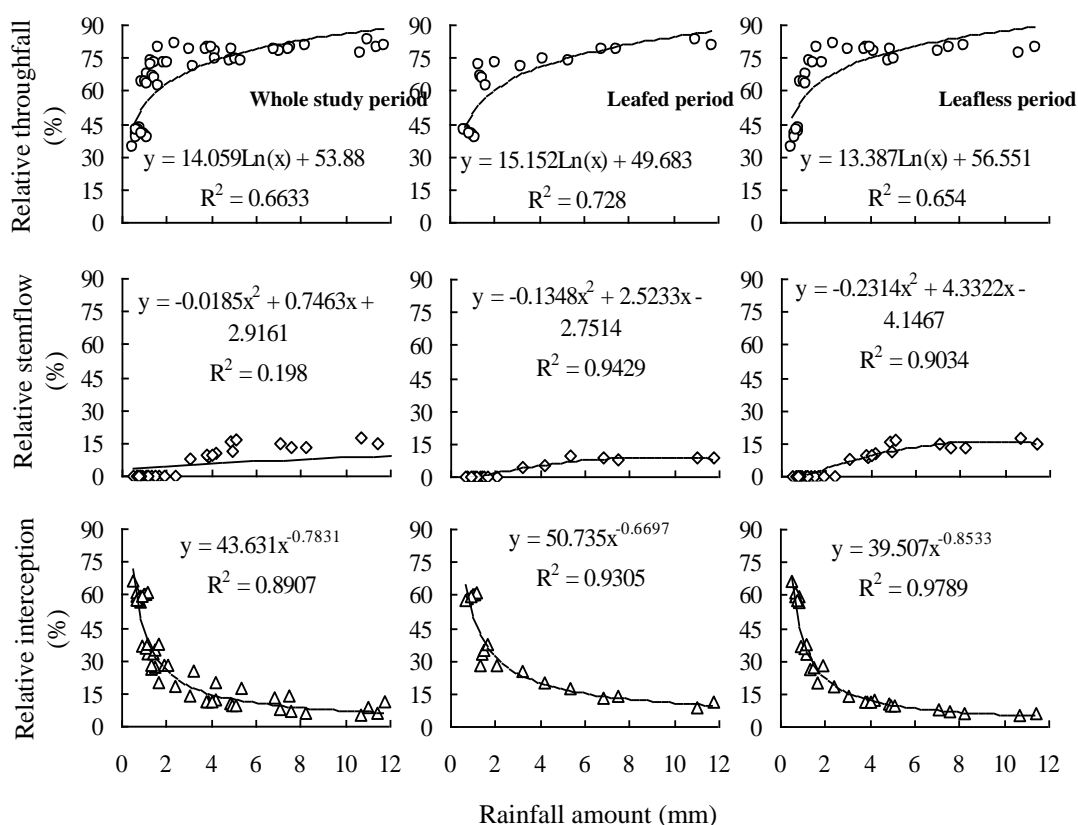


Fig. 4- Relationship between rainfall amount and relative throughfall, stemflow, and interception over the study period (left figures), leafed (center figures), and leafless (right figures) periods

شکل ۴- رابطه ی بین مقدار باران و درصد توزیع نسبی تاج بارش، ساقاب و باران گیرش در کل سال (نمودارهای سمت چپ)، دوره های برگ دار (نمودارهای وسط) و بی برگی (نمودارهای سمت راست)

Table 1- Percentage of the rainfall partitioning into throughfall, stemflow, and interception in different rainfall amount classes during the leafed and leafless periods

جدول ۱- درصد توزیع اجزای باران به تاج بارش، ساقاب و باران گیرش در کلاسه‌های مختلف مقدار باران طی دوره‌های برگ‌دار

و بی‌برگی

Period	Rainfall		Rainfall partitioning (%)		
	Classes (mm)	Frequency	Throughfall	Stemflow	Interception
Leafed	0.01-2.50	11	52.7	0	47.3
	2.51-5.00	2	72.5	4.6	22.9
	5.01-7.50	3	75.8	8.8	15.4
	7.51-10.00	0	-	-	-
	10.00 <	2	81.7	8.5	9.8
Leafless	0.01-2.50	15	58.4	0	41.6
	2.51-5.00	7	78.1	10.5	11.4
	5.01-7.50	1	77.7	14.4	7.9
	7.51-10.00	2	80.1	13.1	6.8
	10.00 <	2	78.1	16.1	5.8

۴- نتیجه‌گیری

خشکی و کمبود بارش در ایران یک واقعیت اقلیمی است و باید خود را با آن سازگار کنیم. یکی از راهکارهای سازگاری با کم‌آبی، استفاده بهینه از منابع آب و افزایش بهره‌وری آب است. با شناخت درست اجزای چرخه‌های اکوهیدرولوژیک در سطوح کوچک و بزرگ مقیاس، می‌توان شاهد مدیریت صحیح‌تر بر منابع آبی بود. از مهم‌ترین مباحث نوین در مورد مدیریت منابع آب، میزان توزیع اجزای باران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک، از جمله باغات انار در کشور است. اکوهیدرولوژیست‌ها، خشکی را در واقع کاهش آب قابل دسترس خاک نام‌گذاری می‌کنند (Versules et al., 2006)، بنابراین از آن‌جایی که در مناطق خشک و نیمه‌خشک، اصلی‌ترین و اقتصادی‌ترین راه تأمین آب مورد نیاز گیاهان، باران است، بنابراین لازم است بیش‌ترین بهره‌وری ممکن را از آب باران داشته باشیم. گام اول در این مسیر، شناخت و دستیابی به مقادیر توزیع اجزای باران در گونه‌های مختلف، با خصوصیات متفاوت است. براساس نتایج این پژوهش، در کل دوره‌ی پژوهش، سهم هر یک از مقادیر تاج بارش، ساقاب و باران‌گیرش از بارش به ترتیب ۶۵/۴، ۴/۷ و ۲۹/۹ درصد بدست آمد. در دوره‌ی برگ‌دار این اعداد به ترتیب ۶۲/۱، ۲/۹ و ۳۵/۰ درصد و در دوره‌ی بی‌برگی به ترتیب ۶۷/۵، ۵/۸ و ۲۶/۷ درصد حاصل شدند. به‌طور تقریبی، یک‌سوم از بارش سالانه در این منطقه از طریق باران‌گیرش به سطح خاک نمی‌رسد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که با اعمال

روش‌های مدیریتی هم‌چون تنک کردن و هرس کردن، سبب کاهش باران‌گیرش در توده‌های یاد شده گردد. هم‌چنین پیشنهاد می‌شود در مطالعات آبی به اثر فاصله کاشت بر مقادیر توزیع اجزای باران درختان انار پرداخته شود تا بتوان فاصله کاشت مناسب از دیدگاه اکوهیدرولوژیک بدست آورد.

۵- مراجع

- Aboal JR, Jiménez MS, Morales D, Hernández M (1999) Rainfall interception in laurel forest in the Canary Islands. *Agricultural and Forest Meteorology*, 97:73-86
- Agusto L, Ranger J, Binkley D, Rothe A (2002) Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of Forest Science*, 59:233-253
- Alva AK, Prakash O, Fares A, Hornsby AG (1999) Distribution of rainfall and soil moisture content in the soil profile under citrus tree canopy and the dripline. *Irrigation Science*, 18(3):109-115
- Asadzadeh F, Kaki M, Shakiba S (2017) Trends analysis of reference evapotranspiration in the synoptic sites of Kurdistan province Using Spearman's test. *Iran-Water Resources Research*, 13(1):216-222 (In Persian)
- Attarod P, Kheirkhah F, Khalighi Sigaroodi S, Sadeghi SMM (2015a) Sensitivity of reference

- Gómez JA, Giraldez JV, Feres E (2001) Rainfall interception by olive trees in relation to leaf area. *Agricultural Water Management*, 49:65-76
- Herbst M, Rosier PTW, McNeil DD, Harding RJ, Gowing DJ (2008) Seasonal variability of interception evaporation from the canopy of a mixed deciduous forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148:1655-1667
- Khan MA (1999) The hydrological response and nutrient loss of certain horticultural ecosystems. *Journal of Arid Environments*, 42(4):281-289
- Levia DF, Frost EE (2003) A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems. *Journal of Hydrology*, 274:1-29
- Li YC, Alva AK, Calvert DV, Zhang M (1997) Stem flow, throughfall, and canopy interception of rainfall by citrus tree canopies. *Hortscience*, 32(6):1059-1060
- Livesley SJ, Baudinette B, Glover D (2014) Rainfall interception and stem flow by eucalypt street trees – The impacts of canopy density and bark type. *Urban Forestry and Urban Greening*, 13:192-197
- Ludwig JA, Wilcox BP, Breshears DD, Tongway DJ, Imeson AC (2005) Vegetation patches and runoff-erosion as interacting ecohydrological processes in semiarid landscapes. *Ecology*, 86(2):288-297
- Murray SJ (2014) Trends in 20th century global rainfall interception as simulated by a dynamic global vegetation model: implications for global water resources. *Ecohydrology*, 7(1):102-114
- Muzylo F, Llorens P, Domingo F (2012) Rainfall partitioning in a deciduous forest plot in leafed and leafless periods. *Ecohydrology*, 5:759-767
- Nanko K, Onda Y, Ito A, Moriwaki H (2011) Spatial variability of throughfall under a single tree: Experimental study of rainfall amount, raindrops, and kinetic energy. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151:1173-1182
- Sadeghi SMM (2016) Sustainable management of water resources in forest ecosystems with the Ecohydrology knowledge. *Sonbole*, 248:96-97 (In Persian)
- Sadeghi SMM, Attarod P (2015) Estimation of the canopy storage capacity and free throughfall coefficient by a *Pinus eldarica* afforestation using the regression-based methods. *Iranian Journal of Forest*, 7(1):1-16 (In Persian)
- Attarod P, Sadeghi SMM, Pypker TG, Bagheri H, Bagheri M, Bayramzadeh V (2015b) Needle-leaved trees impacts on rainfall interception and canopy storage capacity in an arid environment. *New Forests*, 46:339-355
- Attarod P, Rostami F, Dolatshahi A, Sadeghi SMM, Zahedi Amiri G, Bayramzadeh V (2016) Do changes in meteorological parameters and evapotranspiration affect declining oak forests of Iran? *Journal of Forest Science*, 62(12):553-561
- Bakhtiari B, Mohebi Dehghani A, Qaderi K (2016) Estimation of daily reference evapotranspiration with limited meteorological data in selected Iran's semi-arid climates. *Iran-Water Resources Research*, 11(3):131-144 (In Persian)
- Baltas E (2007) Spatial distribution of climatic indices in northern Greece. *Meteorological Applications*, 14:69-78
- Cao Y, Huang ZG, Zheng H, Ouyang ZY (2007) Variation characteristics of throughfall in citrus orchard. *Advance in Water Science*, 18(6):853
- Castro G, Romero P, Gómez JA, Fereres E (2006) Rainfall redistribution beneath an olive orchard. *Agricultural Water Management*, 86(3):249-258
- De Miranda R, Calheiros A, Butler DR (1986) Interception of rainfall in a hedgerow apple orchard. *Journal of Hydrology*, 87(3-4):245-253
- De Oliveira Leite J, Valle RR (1990) Nutrient cycling in the cacao ecosystem: rain and throughfall as nutrient sources for the soil and the cacao tree. *Agriculture, Ecosystems, and Environment*, 32(1-2):143-154
- Dunkerley D (2000) Measuring interception loss and canopy storage in dryland vegetation: a brief review and evaluation of available research strategies. *Hydrological Processes* 14:669-678
- Farsadnia F, Zahmati S, Ghahreman B, Moghaddam Nia A (2016) Using unsupervised estimator technique to predict reference crop evapotranspiration. *Iran-Water Resources Research*, 11(3):31-42 (In Persian)
- Ghamarnia H, Ghoamian SM, Kamali N (2017) Estimating of crop coefficient and actual evapotranspiration of corn using Landsat8 images (case study: Sarab Nilufar Plain in Kermanshah). *Iran-Water Resources Research*, 12(4):93-107 (In Persian)

- network and computational methods to estimate the reference evapotranspiration. *Iran-Water Resources Research*, 13(1):152-162 (In Persian)
- Shamsai A, Forghani A (2011) Conjunctive use of surface and ground water resources in arid regions. *Iran-Water Resources Research*, 7(2):26-36 (In Persian)
- Tafazoli M, Attarod P, Hojjati SM, Tafazoli M (2015) Rainfall interception by *Quercus castaneifolia*, *Acer velutum*, and *Pinus brutia* plantations within the growing season in Darabkola Forest of Mazandaran Province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(1):1-12 (In Persian)
- Van Stan JT, Sadeghi SMM, Pypker TG, Friesen J (2016) Chronological changes in canopy ecohydrological dynamics may aid invasion of a globally invasive species (*Ailanthus altissima* Mill. tree of heaven). In: Proc. American Geophysical Union, Fall General Assembly (AGU-2016), 12-16 December, San Francisco, USA, 1
- Verslues PE, Agarwal M, Katiyar-Agarwal S, Zhu J, Zhu JK (2006) Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stress that affect plant water status. *Plant Journal*, 45:523-539
- Xiao Q, McPherson EG (2011) Rainfall interception of three trees in Oakland, California. *Urban Ecosystems*, 14:755-769
- Sadeghi SMM, Attarod P, Pypker TG, Dunkerley D (2014) Is canopy interception increased in semiarid tree plantations? Evidence from a field investigation in Tehran, Iran. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38:792-806
- Sadeghi SMM, Attarod P, Pypker TG (2015a) Differences in rainfall interception during the growing and non-growing seasons in a *Fraxinus rotundifolia* Mill. plantation located in a semiarid climate. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17:145-156
- Sadeghi SMM, Attarod P, Van Stan JT, Pypker TG, Dunkerley D (2015b) Efficiency of the reformulated Gash's interception model in semiarid afforestations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 201:76-85
- Sadeghi SMM, Attarod P, Van Stan JT, Pypker TG (2016) The importance of considering rainfall partitioning in afforestation initiatives in semiarid climates: A comparison of common planted tree species in Tehran, Iran. *Science of the Total Environment*, 568:845-855
- Sadeghi SMM, Van Stan JT, Pypker TG, Friesen J (2017) Canopy hydrometeorological dynamics across a chronosequence of a globally invasive species, *Ailanthus altissima* (Mill., tree of heaven). *Agricultural and Forest Meteorology*, 240:10-17
- Shabani A, Sepaskhah AR, Bahrami M, Razzaghi F (2017) Combined application of artificial neural