

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۷، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۷/۲۴

ص ۳۹۷-۴۰۹

پایداری زمانی الگوهای مکانی تاج‌بارش تک‌درختان بلوط

ایرانی در ناحیه رویشی زاگرس

(مطالعه موردی: جنگل‌های اطراف شهر ایلام)

- ❖ امید فتحی‌زاده؛ دانشجوی دکتری جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
- ❖ پدram عطارد؛ دانشیار گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ قوام‌الدین زاهدی امیری؛ استاد گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ علی اصغر درویش‌صفت؛ استاد گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

هدف از این مطالعه، بررسی توزیع مکانی و پایداری الگوهای تاج‌بارش پنج تک‌درخت بلوط ایرانی (*Quercus brantii* var. *Persica*) در فصل غیر رویش در جنگل‌های زاگرس نزدیک شهر ایلام بود. تاج‌بارش، به کمک ۱۶ جمع‌آوری‌کننده در هشت جهت زیر تاج‌پوشش هر تک‌درخت، و میزان بارندگی به کمک شش جمع‌آوری‌کننده باران که در فضای بازی در نزدیکی رویشگاه بودند، اندازه‌گیری شد. میزان باران‌رایی به صورت غیر مستقیم از تفاضل بارندگی و تاج‌بارش محاسبه شد. اندازه‌گیری‌ها به مدت سه ماه، از اواخر آذر ۱۳۸۹ تا اوایل فروردین ۱۳۹۰، انجام گرفت. در این دوره، ۲۴ مورد بارندگی با مجموع عمق ۳۰۲/۴ میلی‌متر جمع‌آوری شد که به طور متوسط ۱۴/۳ درصد آن برای تک‌درختان بلوط ایرانی به صورت باران‌رایی تبخیر یا صرف اشباع تاج‌پوشش شد. در نمودارهای پایداری زمانی، کمتر از ۶ درصد از جمع‌آوری‌کننده‌ها تفاوت معنی‌دار ($\alpha=0/05$) نسبت به میانگین نرمال‌شده تاج‌بارش داشتند که بیانگر ناهمگنی کمتر تاج‌بارش در فصل استراحت در مقایسه با سایر مطالعات بر روی توده‌های جنگلی است. ترتیب جمع‌آوری‌کننده‌های تاج‌بارش در پلات‌های پایداری زمانی به طور کلی پایین‌بودن مقدار تاج‌بارش در نزدیکی تنه برای تک‌درختان بلوط ایرانی را تأیید می‌کند. استفاده از نمودارهای پایداری زمانی در این مطالعه، مناسب‌بودن این روش را برای بررسی توزیع تاج‌بارش تک‌درختان بلوط ایرانی در طی زمان نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: بلوط ایرانی، پایداری زمانی، تاج‌بارش، توزیع مکانی، جنگل‌های زاگرس.

مقدمه

تاکنون مطالعات کمی در مورد تغییرات مکانی تاج‌بارش و پایداری الگوهای آن در مقیاس کوچک (تک‌درخت) و در جنگل‌های خزان‌کننده صورت گرفته است [۶]. گومز و همکاران [۸، ۹] در مطالعه‌ای بر روی درختان زیتون در کشور اسپانیا گزارش کردند که تاج‌بارش الگوی مشابهی را در باران‌های با عمق زیاد نشان می‌دهد، ولی در باران‌های با عمق کم این الگوها پایدار نبودند. در مطالعه‌ای بر روی تک‌درختان بلوط همیشه سبز (*Quercus ilex*) در آب‌وهوای مدیترانه‌ای در پرتغال، مقدار باران‌ربایی ۲۸ درصد از بارندگی گزارش شد [۱۰]. همچنین، در این مطالعه، توزیع مکانی بارندگی در سطح زمین به صورت مشخصی غیر تصادفی مشاهده شد که در آن مقادیر باران در زیر تاج‌پوشش در جهت باد بیشتر و در خلاف جهت باد کمتر بود. نانکو و همکاران [۱۱] در مطالعه بر روی تک‌درختان سوزنی‌برگ *Chamaecyparis obtuse*، نشان دادند که توزیع مکانی تاج‌بارش با فاصله از تنه درخت همبستگی دارد. همچنین، گزارش کردند که توزیع مکانی مقادیر تاج‌بارش بیشتر توسط شکل تاج‌پوشش و موقعیت شاخه‌ها در داخل تاج‌پوشش کنترل می‌شود.

در چندین مطالعه نشان داده شده است که دو عامل وضعیت آب‌وهوایی (از جمله سرعت باد، مقدار باران، شدت و طول دوره بارندگی) و عامل‌های تاج‌پوشش (مانند نوع تاج‌پوشش و ظرفیت ذخیره آن) بر ناهمگنی مکانی تاج‌بارش و پایداری الگوهای آن اثر می‌گذارد [۷، ۱۱، ۱۲، ۱۳].

در تقسیم‌بندی جنگل‌های ایران، جنگل‌های زاگرس وسیع‌ترین رویشگاه جنگلی‌اند که از نظر تولید فرآورده‌های چوبی، جزء جنگل‌های تجارتي محسوب نمی‌شوند، ولی از نظر حفاظت از منابع آب

باران‌ربایی تاج‌پوشش مقدار آب بارانی است که بر روی برگ‌ها و شاخه‌های یک درخت ذخیره و متعاقباً تبخیر می‌شود. در حالی که تاج‌بارش (TF)^۱ نسبتی از بارندگی است که به صورت مستقیم از طریق عبور از شکاف‌ها و روشنه‌های تاج‌پوشش یا به صورت غیر مستقیم بعد از برخورد با برگ‌ها به کف جنگل می‌رسد. همچنین، به آن بخش از آب باران که از طریق تنه و ساقه‌ها به سمت پایین جریان می‌یابد و سپس به کف جنگل می‌رسد ساقاب (SF)^۲ گفته می‌شود [۱].

از آثار مهم تاج‌پوشش جنگل بر بارندگی، توزیع مکانی آن است که به وسیله تاج‌بارش و ساقاب رخ می‌دهد [۲]؛ بدین صورت که میزان باران‌ربایی و تاج‌بارش غالباً به علت ناهمگنی تراکم پوشش گیاهی به صورت مکانی دارای تغییر است. در واقع، تاج‌پوشش موجب می‌شود که بعضی قسمت‌ها در سطح زمین آب بیشتر یا کمتری را در مقایسه با سایر قسمت‌ها دریافت کنند؛ به طوری که گاهی تاج‌بارش می‌تواند از بارندگی بیش‌تر باشد. در این نواحی که اصطلاحاً Hot spot گفته می‌شود، درخت به شکل قیف عمل می‌کند [۳، ۴]. چگونگی توزیع آب باران در کف جنگل یا الگوی مکانی تاج‌بارش^۳، الگوهای رطوبت و در نتیجه فرایندهای نفوذ سطحی و نفوذ عمقی را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۵، ۶]. تغییرات مکانی تاج‌بارش بر ناهمگنی فرایندهای هیدرولوژیک، بیوژئوشیمیایی، و اکولوژیک کف جنگل اثر می‌گذارد [۲]. همچنین، اگر الگوهای مکانی تاج‌بارش در مدتی طولانی پایدار باشند، تغییرات آنها تحت شرایطی خاص تغییرات مکانی حاصل‌خیزی خاک را نشان می‌دهند [۷].

1. Throughfall
2. Stemflow
3. Spatial throughfall pattern

الگوی تاج‌بارش در زیر تاج‌پوشش تک‌درختان بلوط ایرانی در فصل استراحت درختان است.

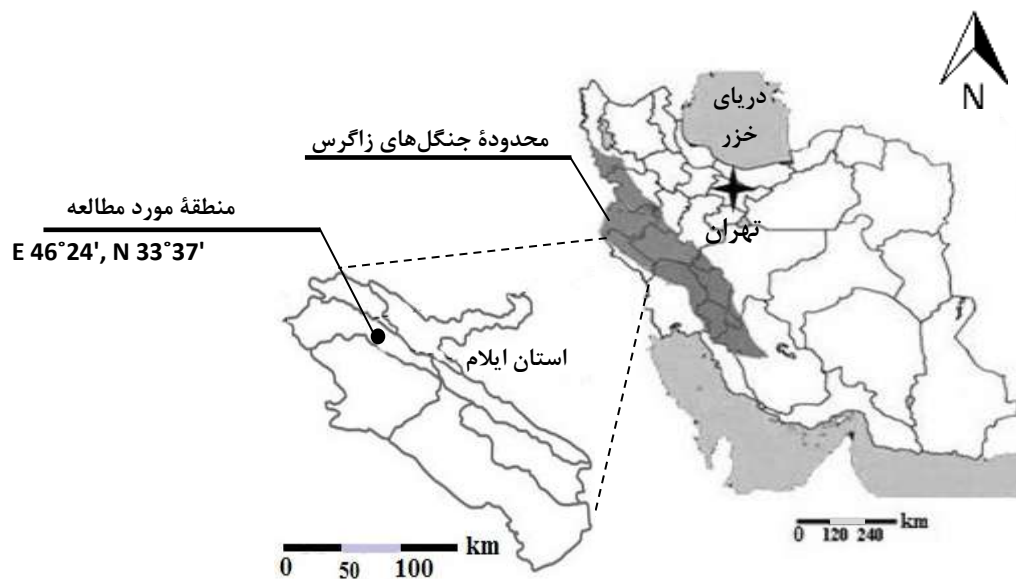
مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های رویشگاه

این مطالعه در فصل استراحت درختان (خزان) و به مدت تقریباً سه ماه از اواخر آذر ۱۳۸۹ تا اوایل فروردین ۱۳۹۰ در منطقه‌ای در نزدیکی شهر ایلام با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۸۳ متر از سطح دریا انجام گرفت (شکل ۱).

اندازه‌گیری‌ها بر روی پنج تک‌درخت بلوط ایرانی دانه‌زاد مسن انجام گرفت که از نظر خصوصیات مورفولوژیکی (قطر، ارتفاع، و مساحت تاج) اختلاف کمی داشتند و اندازه قطر و ارتفاع آن‌ها نزدیک به میانگین قطر و ارتفاع توده در منطقه مورد مطالعه بود (جدول ۱). انتخاب درختان نیز به صورت تصادفی انجام گرفت و درختان انتخاب‌شده سالم بودند. متوسط فاصله درختان از یکدیگر ۳۰-۴۰ متر و پراکنش درختان در رویشگاه به گونه‌ای بود که هیچ‌کدام از درختان با یکدیگر و با درختان دیگر تداخل تاجی نداشتند. برای تعیین وضعیت اقلیمی منطقه از داده‌های اقلیمی ثبت‌شده در طی یک دوره ۲۳ ساله (۱۳۶۵-۱۳۸۸) در ایستگاه هواشناسی شهرستان ایلام که در فاصله کمتر از یک کیلومتر از منطقه مورد مطالعه قرار دارد استفاده شد. بر این اساس، متوسط بارندگی سالیانه (\pm انحراف معیار) ۵۸۹/۲۰ میلی‌متر (۱۵۹/۸ \pm) و متوسط درجه حرارت سالیانه (\pm انحراف معیار) ۱۷ درجه سانتی‌گراد (۱/۵ \pm) ثبت شده است.

و خاک، تولید محصولات فرعی، و ارزش‌های محیط زیستی اهمیت منحصربه‌فردی دارند. کوه‌های زاگرس که از شمال غرب تا جنوب غرب ایران گسترش می‌یابند، به‌علت جذب رطوبت ابرهای باران‌زا از نواحی غربی با مبدأ دریای مدیترانه، شرایط لازم را برای استقرار و گسترش پوشش جنگلی به‌وجود آورده‌اند. جنگل‌های این ناحیه از پیرانشهر در آذربایجان غربی شروع می‌شوند و در امتداد رشته‌جبال زاگرس و بختیاری تا اطراف جهرم و فسا (میان جنگل) در استان فارس ادامه می‌یابند [۱۴]. گونه بلوط در اکثر نقاط غالب است و می‌توان گفت جنس بلوط مشخص‌کننده سیمای ظاهری این جنگل‌هاست. به همین علت، این جنگل‌ها اکثراً به جنگل‌های بلوط مشهورند. بلوط ایرانی (*Quercus brantii* var. *Persica*) در قسمت‌های مرکزی، جنوبی، و جنوب شرقی زاگرس جامعه خالص بلوط ایرانی (*Quercetumpersicae*) را تشکیل می‌دهد و تقریباً ۳/۵ میلیون هکتار از پنج میلیون هکتار جنگل‌های زاگرس را به خود اختصاص می‌دهد [۱۴]. بنابراین، جنگل‌های زاگرس که در محدوده‌ای خشک تا نیمه‌خشک قرار گرفته‌اند نواحی وسیع و بسیار مهمی از منابع خاکی و آبی کشور را شامل می‌شوند که برای حفاظت و مدیریت جنگل ضروری است آگاهی و دانش بیشتری در رابطه با تراز آبی این نواحی کسب کرد. اگر پوشش‌های تاجی درختان فاصله زیادی از هم داشته باشند، اثر کلی پوشش جنگل در این حالت بهتر می‌تواند توسط رفتار تک‌درختان بیان شود [۱۰، ۱۵، ۱۶]. در نتیجه، با توجه به پوشش نسبتاً تنک جنگل‌های زاگرس اهمیت مطالعه تک‌درختان ارجحیت پیدا می‌کند. هدف از این تحقیق، بررسی توزیع باران و ارزیابی پایداری زمانی



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در جنگل‌های زاگرس، واقع در شهر ایلام

جدول ۱. مشخصات تک‌درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) در نزدیکی شهر ایلام

درخت	ارتفاع (متر)	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	مساحت تاج (متر مربع)
A	۱۰	۵۸	۵۲/۸
B	۵/۵	۶۶	۵۸/۱
C	۱۱	۶۷	۷۸/۵
D	۱۰/۷	۷۵	۴۵/۳
E	۸/۴	۶۳	۶۶/۴
میانگین	۹/۱	۶۶	۶۰/۲

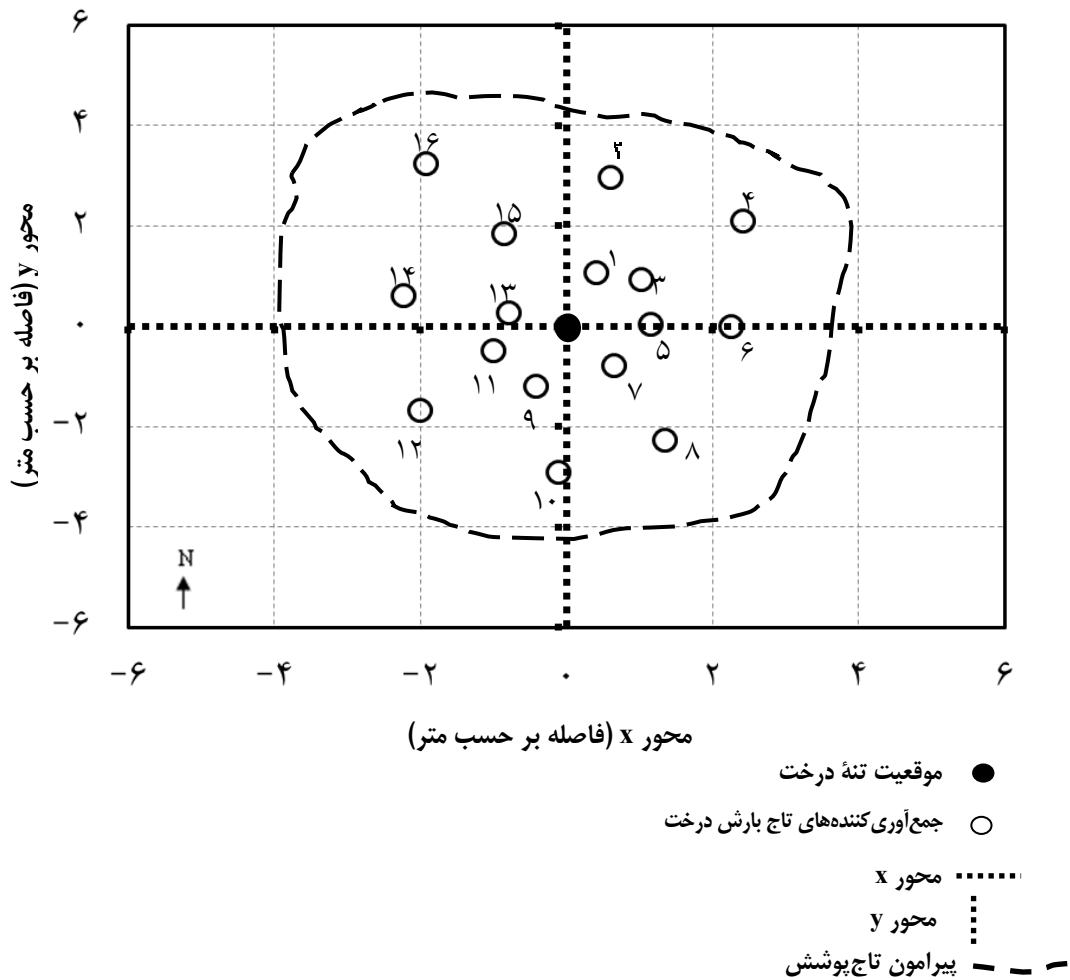
به صورت نزدیک به تنه و دور از تنه قرار داده شد؛ یعنی در مجموع، ۸۰ جمع‌آوری‌کننده تاج‌بارش در زیر پنج درخت بلوط ایرانی نصب شد (شکل ۲). این شبکه نمونه‌برداری و وضع قرارگیری جمع‌آوری‌کننده‌ها تا پایان دوره مطالعه ثابت ماند. از آنجا که ساقاب اغلب سهم بسیار کوچکی از باران را در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک و گونه‌های با پوست زیر و ضخیم و شیاردار به خود اختصاص می‌دهد و اندازه‌گیری آن در مقایسه با این سهم اندک بسیار وقت‌گیر و پرهزینه است، در این مطالعه از اندازه‌گیری آن صرف‌نظر شد.

جمع‌آوری و اندازه‌گیری بارندگی و تاج‌بارش

میزان بارندگی با استفاده از شش جمع‌آوری‌کننده پلاستیکی با دهانه دایره‌ای به قطر ۹ سانتی‌متر در یک فضای باز در نزدیکی رویشگاه مورد مطالعه جمع‌آوری و عمق بارش با استفاده از استوانه مدرج اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان تاج‌بارش، در زیر هر درخت تعداد ۱۶ جمع‌آوری‌کننده تاج‌بارش در فواصل متفاوت و در هشت جهت جغرافیایی اصلی و فرعی (در هر جهت ۲ جمع‌آوری‌کننده)

فرض که در این مدت تاج پوشش می تواند کاملاً خشک شود، در نظر گرفته شد [۱۷، ۱۸]. در صورت وقوع باران در کمتر از فاصله زمانی یادشده، مجموع بارندگی ها در این مدت، یک باران در نظر گرفته شد [۹].

اندازه گیری میزان (حجم) تاج بارش طی هر بارندگی، هم زمان با اندازه گیری بارندگی و به روش مشابه با آن صورت گرفت. شایان ذکر است که در صورت وقوع بارندگی در شب، اندازه گیری ها در روز بعد و قبل از طلوع خورشید انجام شد. حداقل زمان ۴ تا ۵ ساعت بدون بارندگی برای تفکیک باران ها از یکدیگر، با این



شکل ۲. موقعیت جمع آوری کننده های تاج بارش در زیر تاج پوشش تکدرختان بلوط ایرانی (به طور نمونه، برای درخت A). اعداد نمایانگر شماره جمع آوری کننده هاست.

نمودارهای پایداری زمانی بیشتر مورد توجه محققان بوده اند. در روش های مبتنی بر ضرایب همبستگی، بین مقادیر تجمعی تاج بارش در فواصل زمانی گوناگون ضرایب همبستگی پیرسون (برای داده های با توزیع نرمال) یا اسپیرمن (برای داده های با توزیع غیر

پایداری زمانی^۱ الگوهای مکانی تاج بارش

برای بررسی الگوهای مکانی تاج بارش چند روش وجود دارد [۱۹، ۲۰]. از این میان، روش های مبتنی بر ضرایب همبستگی و روش های مبتنی بر

است:

$$\tilde{\delta}_{j,i} = \frac{(TF_{j,i} - \overline{TF}_j)}{SD} \quad (2)$$

که در معادله ۲، $\tilde{\delta}_{j,i}$ تاج‌بارش استاندارد شده در نقطه نمونه i ام از رخداده j ام و SD انحراف معیار تاج‌بارش در آن رخداد است. سپس، میانگین $\tilde{\delta}$ برای کلیه رخدادها و جمع‌آوری‌کننده‌های تاج‌بارش از کوچک به بزرگ ترسیم می‌شود. این نمودارهای پایداری زمانی دو نوع ثبات را نشان می‌دهند: اول، ثبات حداکثر یا شدید^۶ که به انحراف $\tilde{\delta}$ از میانگین در چارک‌های بالاتر و پایین‌تر^۷ از نقاط نمونه که از کوچک به بزرگ منظم شده‌اند ارتباط دارد. دوم، پایداری کلی^۸ که به انحراف $\tilde{\delta}$ از میانگین در محدوده چارک میانی^۹ برمی‌گردد. در داخل این ناحیه نقاط نمونه می‌توانند به صورت پایدار در بالا یا پایین میانگین قرار بگیرند، ولی انحراف آن‌ها از میانگین حداکثر یا شدید نیست. جمع‌آوری‌کننده‌های موجود در چارک بالا و پایین را به علت تفاوت در دریافت تاج‌بارش به ترتیب مرطوب و خشک می‌نامند (شکل ۳) [۲]. محققان زیادی برای مقایسه مقادیر تاج‌بارش یا رطوبت خاک در نواحی خاص و بین دوره‌های زمانی متفاوت از آنالیز همبستگی اسپیرمن استفاده کرده‌اند [۱۹، ۲۰]. در مقایسه با نمودارهای پایداری زمانی، آزمون اسپیرمن قابلیت بررسی پایداری نقاط حداکثر مرطوب یا حداکثر خشک را ندارد؛ به این دلیل که در این روش، تنها تفاوت خط میانگین (در نمودارهای پایداری زمانی) از نظر آماری با نقاط مشاهده شده برآورد می‌شود [۲]. در این مطالعه، از هر دو روش برای بررسی توزیع تاج‌بارش و پایداری آن

نرمال) که به ترتیب مقدار و گستره خطی بودن^۱ و یکنواختی^۲ رابطه بین دو متغیر را نشان می‌دهند محاسبه می‌شود [۶]. در این مطالعه، بعد از آزمون توزیع نرمال داده‌ها با استفاده از روش کولموگروف - اسمیرنوف^۳، ضریب همبستگی اسپیرمن بین تاج‌بارش رخدادهای منفرد^۴ بارندگی محاسبه شد. به عبارت دیگر، برای هر کدام از تک‌درختان بلوط ایرانی، بین مقادیر ۱۶ نقطه نمونه تاج‌بارش یک باران با ۱۶ نقطه نمونه تاج‌بارش باران دیگر به صورت دو به دو ضریب همبستگی اسپیرمن برآورد شد. در این روش، ضریب همبستگی مثبت و بالا بیانگر پایداری بیشتر توزیع مکانی تاج‌بارش، و بالعکس ضریب همبستگی پایین‌تر بیانگر پایداری کمتر توزیع تاج‌بارش در زیر درخت است. همچنین، پایداری زمانی الگوهای مکانی تاج‌بارش با استفاده از نمودارهای پایداری زمانی که روشی کیفی یا بصری^۵ است بررسی شد. رات و همکاران [۱۹] و اشتاینلنز و همکاران [۶] با استفاده از معادله ۱، مقادیر تاج‌بارش را برای تخمین پایداری زمانی الگوهای مکانی آن با استفاده از نمودارهای پایداری زمانی استاندارد کردند:

$$\delta_{j,i} = \frac{TF_{j,i} - \overline{TF}_j}{\overline{TF}_j} \quad (1)$$

که در معادله ۱، $\delta_{j,i}$ تاج‌بارش استاندارد شده در نقطه نمونه i ام از رخداد j ام، $TF_{j,i}$ تاج‌بارش در نقطه نمونه i ام از رخداد j ام، و \overline{TF}_j میانگین TF همه جمع‌آوری‌کننده‌های i ام در زمان j ام است.

کیم و همکاران [۲] برای بررسی پایداری نواحی با مقادیر تاج‌بارش زیاد یا کم در حین رخدادهای معادله ۱ را به صورت معادله ۲ اصلاح کردند که در آن واریانس در هر نقطه نمونه در نظر گرفته شده

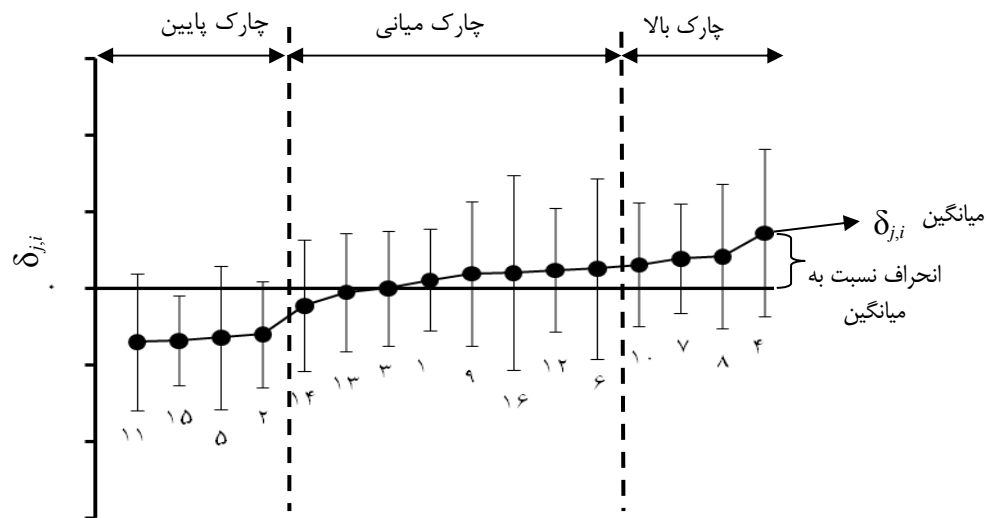
6. Extreme Persistence
7. Lower and upper quartile
8. General Persistence
9. Inter-quartile range

1. Linearity
2. Monotonicity
3. Kolmogorov-Smirnov
4. Individual
5. Visual

نتایج و بحث

در طی دوره مطالعه، ۲۴ مورد بارندگی با مجموع عمق ۳۰۲/۴ میلی متر اندازه گیری شد که میانگین عمق تاج بارش (\pm انحراف معیار) ۲۵۹ میلی متر ($\pm ۶/۸$) (۸۵/۷ درصد از بارندگی) برای درختان بلوط ایرانی محاسبه شد (جدول ۲).

استفاده شد. شایان ذکر است که برای تخمین چگونگی توزیع تاج بارش در زیر تاج پوشش، جمع آوری کننده های نزدیک تنه درخت با اعداد فرد و همین طور جمع آوری کننده های دور از تنه درخت با اعداد زوج نشان داده شدند (شکل ۲).

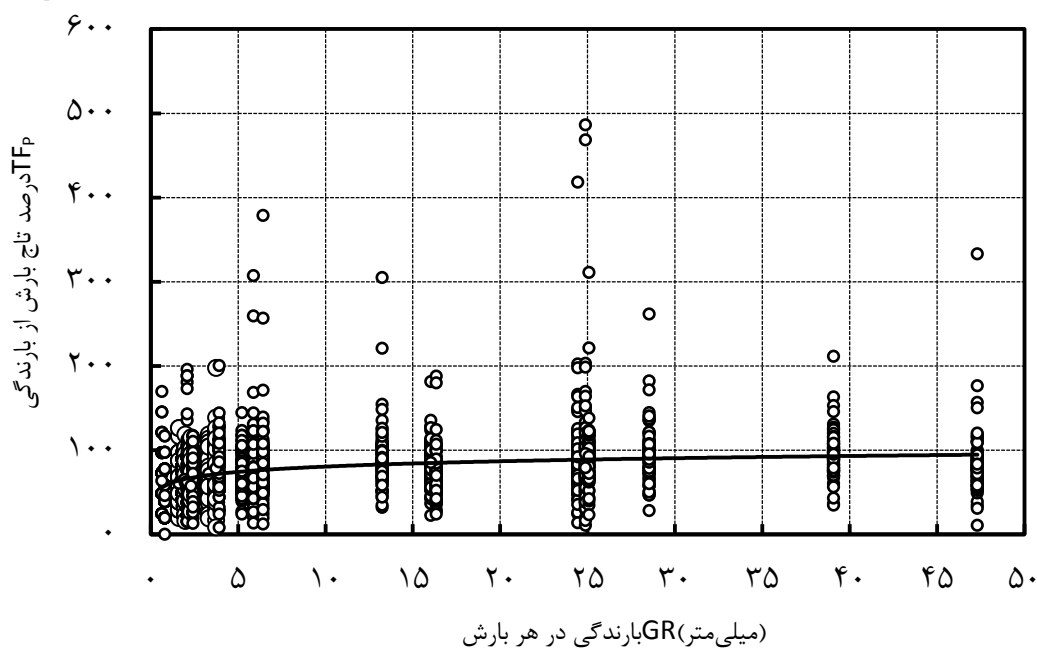


ترتیب جمع آوری کننده های تاج بارش

شکل ۳. ویژگی های نمودار پایداری زمانی به روش کیم و همکاران [۲] (خطوط بار ± 1 انحراف معیار را نشان می دهند. جمع آوری کننده های موجود در چارک بالا، مرطوب، و جمع آوری کننده های موجود در چارک پایین، خشک نامیده می شوند. اعداد نمایانگر شماره جمع آوری کننده هاست).

جدول ۲. مقدار بارندگی و تاج بارش تکدرختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) در فصل استراحت (بی برگی)

تاج بارش تکدرختان بلوط ایرانی										بارندگی		
E	D	C	B	A								
میلی متر درصد	میلی متر درصد	میلی متر درصد	میلی متر درصد	میلی متر درصد								
۸۵/۲	۲۵۷/۶	۸۷	۲۶۳/۱	۸۱/۹	۲۴۷/۷	۸۷/۲	۲۶۳/۶	۸۷	۲۶۳/۱	۱۰۰	۳۰۲/۴	تجمعی
۷۴/۳	۱۰/۷	۷۹	۱۱	۶۸/۷	۱۰/۳	۷۸	۱۱	۷۹	۱۱	۱۰۰	۱۲/۶	میانگین
۸۲/۸	۲۵۰/۵	۸۲/۱	۲۴۸/۴	۸۱/۷	۲۴۶/۹	۷۳/۹	۲۲۳/۵	۸۹/۳	۲۷۰/۲			نزدیک تنه
۸۷/۶	۲۶۴/۸	۹۱/۸	۸۲/۱	۸۲/۲	۲۴۸/۵	۱۰۰/۴	۳۰۳/۶	۹۰/۹	۲۷۴/۸			دور از تنه



شکل ۴. رابطه بین بارندگی (GR) و درصد تاج بارش (TFp) از بارندگی و برازش خط لگاریتمی برای کلیه تک‌درختان بلوط ایرانی (*Quercus rantii*) و جمع‌آوری‌کننده‌های تاج بارش در دوره بی‌برگی

زیر تاج درختان بلوط، بیش از مقدار باران در فضای آزاد در معرض ریزش‌های تاجی قرار داشتند (درصد تاج بارش از بارندگی بیش از ۱۰۰ درصد) که شکل‌های ۳ و ۵ این مسئله را تأیید می‌کنند. در بالای بعضی از این جمع‌آوری‌کننده‌ها شاخه به صورتی به سمت پایین خم شده بود که مانند قیف^۱ عمل می‌کرد و به این ترتیب موجب هدایت تاج بارش بیشتر به داخل جمع‌آوری‌کننده‌ها می‌شد [۱]. اندازه‌گیری و کمی‌کردن این شکل خاص از تاج پوشش آسان نیست، ولی به میزان زیادی بر مقدار تاج بارش جمع‌شده در جمع‌آوری‌کننده‌ها تأثیرگذار است [۱]. در دوره مطالعه وجود مه بارش را نیز می‌توان از عوامل تأثیرگذار در این رابطه دانست [۲۲] و لازم است در تحقیقات بعدی به آن پرداخته شود. در واقع، در هنگام بالابودن رطوبت

این بررسی نشان می‌دهد اگرچه میزان باران‌رایی در فصل غیر رویش (بی‌برگی) در مقایسه با فصل رویش (برگ‌دار) (۳۰ درصد از بارندگی در مطالعه فتیحی‌زاده و همکاران [۲۱]) کاهش می‌یابد، باز هم مقدار چشمگیری (۱۴/۳ درصد از بارندگی) از اتلاف آب باران را شامل می‌شود. در شکل ۴، رابطه تاج بارش به صورت درصدی از بارندگی در برابر بارندگی برای همه جمع‌آوری‌کننده‌های تاج بارش و تک‌درختان بلوط ایرانی در دوره بی‌برگی نشان داده شده است.

برازش خط رگرسیونی نشان‌دهنده افزایش میزان درصد تاج بارش با افزایش بارندگی به صورت لگاریتمی است (شکل ۴). همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، این روند افزایشی در باران‌های با عمق بیشتر کاهش می‌یابد و تقریباً ثابت می‌شود. همچنین، برخی از جمع‌آوری‌کننده‌های تاج بارش در

فاصله از تنه درخت گزارش کرده‌اند. در این مطالعه، میانگین عمق تاج بارش برای جمع‌آوری کننده‌های نزدیک تنه در مقایسه با جمع‌آوری کننده‌های دور از تنه $8/6$ درصد پایین‌تر بود (جدول ۲). در طول دوره مطالعه، تفاوت اندک توزیع مکانی تاج بارش تکدرختان بلوط ایرانی ممکن است به دلیل تفاوت در ویژگی‌های تاج پوشش و معماری آن مانند نحوه قرارگیری شاخه‌ها در تاج پوشش باشد [۲، ۲۲].

محاسبات ضریب همبستگی اسپیرمن بین مقادیر تاج بارش رخدادهای باران در دوره استراحت تکدرختان بلوط ایرانی در جدول ۳ آورده شده است. بر این اساس، میزان تاج بارش برای $30/1 - 58/7$ درصد از جفت باران‌ها (به‌طور متوسط 45 درصد؛ تعداد کل جفت باران‌ها = 276) همبستگی مثبت و معنی‌دار ($P \leq 0.05$) داشت (جدول ۳).

اگرچه در بعضی از درختان بلوط ایرانی، تعداد معدودی از جمع‌آوری کننده‌ها در نمودارهای پایداری زمانی دارای انحراف زیاد (شدید) نسبت به میانگین بودند (مانند جمع‌آوری کننده 16 در درخت B، 15 در درختان A و D، و 5 در درخت C)، جمع‌آوری کننده‌های تاج بارش در نمودارهای پایداری زمانی دارای پایداری کلی با انحرافی ملایم نسبت به میانگین بودند (شکل ۵). به‌طور کلی، بیشترین میزان تجمعی تاج بارش مربوط به جمع‌آوری کننده 5 در درخت C با عمق $781/9$ میلی‌متر ($258/6$ درصد از بارندگی) ثبت شد.

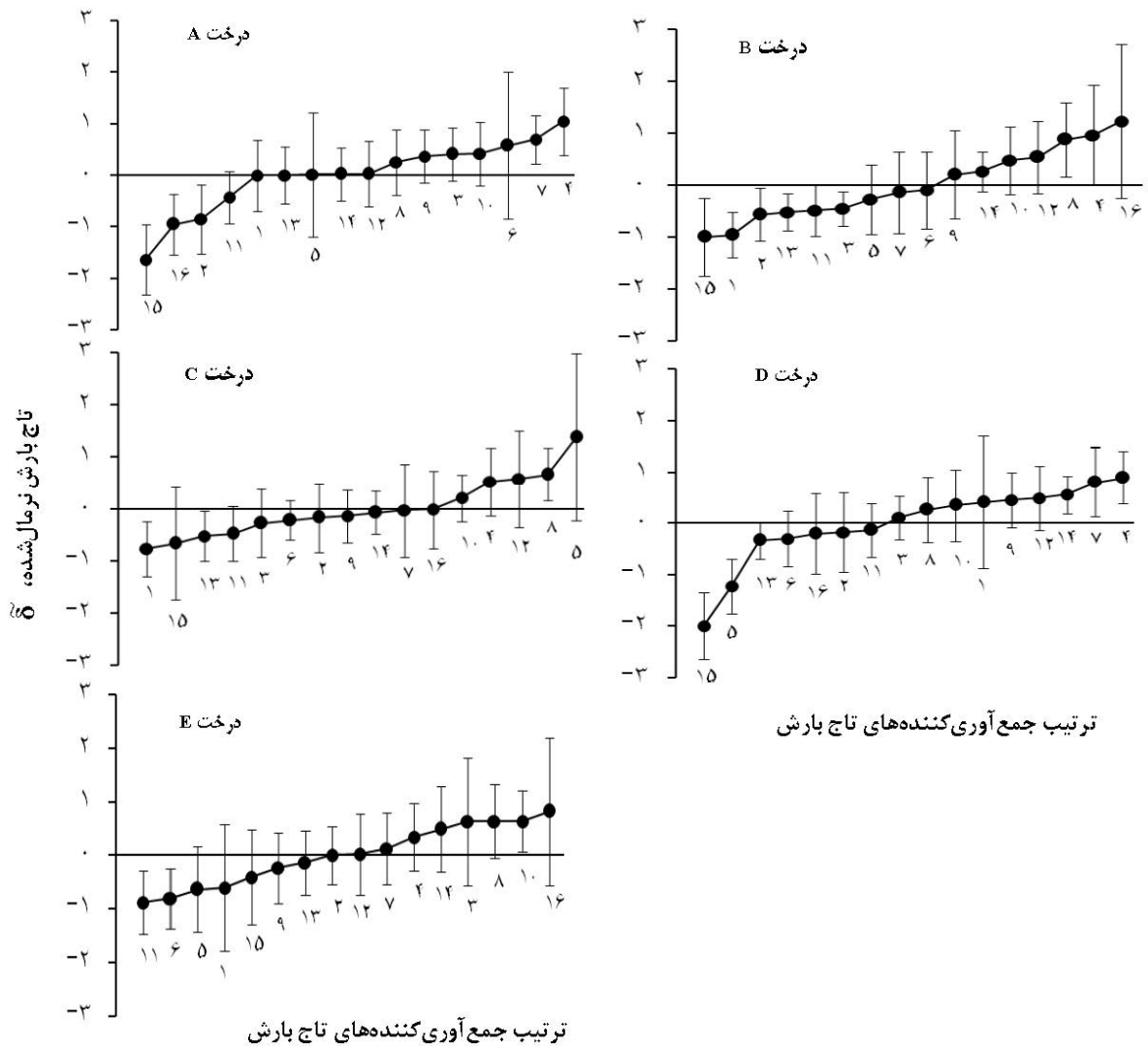
نسبی جو و مه‌آلود بودن آن، قطرات ریز بخار آب موجود در جو به‌آهستگی بر روی تاج پوشش درخت جمع می‌شود که در نهایت، با پیوستن آن‌ها به یکدیگر موجب ریزش قطرات تاج بارش می‌شود. البته، از شرایط به‌وجود آمدن این پدیده نبود فاصله زیاد بین دو رخداد پیاپی بارندگی است که موجب کاهش ظرفیت ذخیره تاج پوشش^۱ و در نتیجه شروع زودهنگام ریزش‌های تاجی می‌شود [۲۲].

میانگین عمق تاج بارش برای جمع‌آوری کننده‌های نزدیک تنه $247/9$ میلی‌متر ($14/8 \pm$) (82 درصد از بارندگی) برآورد شد که در مقایسه با جمع‌آوری کننده‌های دور از تنه با متوسط عمق تاج بارش $273/9$ میلی‌متر ($18/1 \pm$) ($90/6$ درصد از بارندگی)، $8/6$ درصد پایین‌تر بود (جدول ۲). شایان ذکر است که مقدار تاج بارش جمع‌آوری کننده‌های نزدیک تنه در مقایسه با جمع‌آوری کننده‌های دور از تنه، به غیر از درخت B، برای سایر درختان از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت (t -test; $\alpha = 0/05$). در رابطه با تغییر تاج بارش نسبت به فاصله از تنه درخت گزارش‌های متفاوتی وجود دارد. برای مثال، لوستو و همکاران [۲۳]، لاک و همکاران [۲۴]، و شاپنویچ و همکاران [۱] در مطالعات خود هیچ رابطه‌ای بین تغییر تاج بارش نسبت به فاصله از تنه درخت مشاهده نکردند. از طرف دیگر، وارن [۷] و فراست و ادینگر [۲۵] افزایش مقدار تاج بارش را با

جدول ۳. درصد جفت باران‌های پایدار با ضریب همبستگی اسپیرمن مثبت ($P \leq 0.05$) بین مقادیر تاج بارش 24 رخداد باران در دوره استراحت (بی‌برگی) تکدرختان بلوط ایرانی. در تمامی مقایسه‌ها تعداد جمع‌آوری کننده‌ها برابر 16 و تعداد کل جفت باران‌ها برابر 276 بوده است.^۱

تکدرختان بلوط ایرانی				
E	D	C	B	A
30/1	52/9	35/1	58/7	48/2
درصد جفت باران‌های پایدار				
میانگین به درصد (\pm انحراف معیار)				
45 ($\pm 10/8$)				

1. Canopy Storage Capacity



شکل ۵. نمودارهای پایداری زمانی تاج‌بارش استاندارد شده نسبت به میانگین صفر برای تک‌درختان بلوط ایرانی در دوره بی‌برگی. جمع‌آوری‌کننده‌ها بر اساس میانگین استاندارد شده تاج‌بارش، $\bar{\delta}_{j,i}$ ، در امتداد محور افقی مرتب شده‌اند. خطوط بار نشان‌دهنده ± 1 انحراف معیار و اعداد نمایانگر شماره جمع‌آوری‌کننده‌هاست.

داد میانگین تاج‌بارش استاندارد شده برای تک‌درختان بلوط ایرانی در دوره بی‌برگی فقط برای $2/9 - 5/7$ دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد نسبت به صفر (خط میانگین) بود (شکل ۵). بنابراین، به‌طور کلی، کمتر از ۶ درصد از جمع‌آوری‌کننده‌ها دارای تفاوت معنی‌دار ($\alpha = 0/05$)

همان‌طور که در شکل ۵ ملاحظه می‌شود، بیشتر جمع‌آوری‌کننده‌های با شماره فرد (نزدیک تنه) در دوره بی‌برگی تقریباً مقادیر پایین‌تری از تاج‌بارش را دریافت کرده‌اند که نتایج حاصل در جدول ۲ را تأیید می‌کند. خطوط انحراف معیار در شکل ۵ ناپایداری تاج‌بارش جمع‌آوری‌کننده‌ها نسبت به خط میانگین را نشان می‌دهد. نتایج نشان

بلوط ایرانی توزیع آب باران در سطح زمین را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در واقع، از ۱۰۰ درصد میزان بارندگی در دورهٔ بی‌برگی، ۸۵/۷ درصد آن بعد از عبور از تاج‌پوشش به سطح زمین می‌رسد و ۱۴/۳ درصد آن از دسترس خارج و وارد اتمسفر می‌شود. استفاده از نمودارهای پایداری زمانی به‌عنوان ابزاری مناسب برای مطالعهٔ تغییرات توزیع مکانی تاج‌بارش در طول دورهٔ مطالعهٔ معرفی شدند. بر این اساس، توزیع مکانی تاج‌بارش درختان بلوط ایرانی در دورهٔ بی‌برگی در مقایسه با سایر مطالعات انجام‌شده ناهمگنی پایین‌تری داشت.

با توجه به اینکه اکوسیستم جنگل‌های زاگرس اقلیمی نیمه‌خشک دارد، آب مهم‌ترین عامل محدودکنندهٔ رشد گیاه است که مقدار و توزیع آن می‌تواند پراکنش پوشش گیاهی و الگوی گسترش ریشه و نیز ریشه‌دوانی درختان را تعیین کند [۱، ۲۹]. فهم و درک الگوهای مکانی و زمانی تاج‌بارش توده‌های تنک و مسن در جنگل‌های زاگرس، به همراه الگوهای آب و هوایی و توپوگرافی، مدیران را در فهم فرایندهای هیدرولوژیک این اکوسیستم‌ها یاری خواهد کرد.

نسبت به صفر (میانگین نرمال‌شدهٔ تاج‌بارش) در دورهٔ بی‌برگی بودند که نشان‌دهندهٔ ناهمگنی کمتر تاج‌بارش نسبت به سایر مطالعاتی است که دربارهٔ توده‌های جنگلی در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی انجام شده است. فتحی‌زاده و همکاران [۲۶] این مقدار را برای تک‌درختان بلوط ایرانی این مطالعه در فصل برگ‌دار ۵/۲-۱/۴ درصد گزارش کردند. زیمرمن و همکاران [۲۷] در مطالعه‌ای بر روی تودهٔ جنگلی استوایی در جنوب اکوادور این نسبت را ۶۸ درصد گزارش کرده‌اند. همچنین، در مطالعه‌ای دیگر بر روی دو تودهٔ جنگلی سوزنی‌برگ و یک تودهٔ خزان‌کننده (در دورهٔ برگ‌دار و بی‌برگی) در جنوب غربی اقیانوس آرام در ایالت متحدهٔ آمریکا این نسبت ۳۱ درصد تا ۴۶ درصد گزارش شده است [۲]. همان‌طور که قبلاً نیز گفته شد، مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر روی ناهمگنی تاج‌بارش، ساختار تاج‌پوشش و تنوع پوشش گیاهی در توده‌های جنگلی است. بنابراین، علت پایین‌بودن ناهمگنی تاج‌بارش در این مطالعه به احتمال زیاد به‌دلیل وجود شبکهٔ نمونه‌برداری تاج‌بارش در سطح تک‌درخت و عدم تنوع در پوشش گیاهی است [۲۸].

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که تاج‌پوشش درختان

References

- [1]. Shachnovich, Y., Berliner, P.R., and Bar, P. (2008). Rainfall interception and spatial distribution of throughfall in a pine forest planted in an arid zone. *Journal of Hydrology*, 349: 168–177.
- [2]. Keim, R.F., Skaugset, E., and Weiler, M. (2005). Temporal persistence of spatial patterns in throughfall. *Journal of Hydrology*, 314: 263–274.
- [3]. Germer, S., Elsenbeer, H., and Moraes, J.M. (2006). Throughfall and temporal trends of rainfall redistribution in an open tropical rainforest, south-western Amazonia (Rondonia, Brazil). *Hydrology and Earth System Sciences*, 10: 383-393.
- [4]. Ziegler, A.D., Giambelluca, T.W., Nullet, M.A., Sutherland, R.A., Tantasarin, C., Vogler, J.B., and Negishi, J.N. (2009). Throughfall in an evergreen-dominated forest stand in northern Thailand: Comparison of mobile and stationary methods. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149 (2): 373 – 384.
- [5]. Bouten, W., Heimovaara, T., and Tiktak, A. (1992). Spatial pattern of throughfall and soil water dynamics in a Douglas fir stand. *Water Resources Research*, 28: 3227–3233.
- [6]. Staelens, J., Schrijver, A.D., Verheyen, K., and Verhoest, N.E.C. (2006). Spatial variability and temporal stability of throughfall water under a dominant beech (*Fagus sylvatica* L.) tree in relationship to canopy cover. *Journal of Hydrology*, 330: 651–662.
- [7]. Wullaert, H., Pohlert, T., Boy, J., Valarezo, C., and Wilcke, W. (2009). Spatial throughfall heterogeneity in a montane rain forest in Ecuador: Extent, temporal stability and drivers. *Journal of Hydrology*, 377: 71–79.
- [8]. Gomez, J.A., Giraldez, J.V., and Fereres, E. (2001). Rainfall interception by olive trees in relation to leaf area. *Agricultural Water Management*, 15: 65-76.
- [9]. Gomez, J.A., Vanderlinden, K., Giraldez, J. V., and Fereres, E. (2002). Rainfall concentration under olive trees. *Agricultural Water Management*, 55: 53–70.
- [10]. David, T.S., Gash, J.H.C., Valente, F., Pereira, J.S., Ferreira, M.I., and David, J.S. (2006). Rainfall interception by an isolated evergreen oak tree in a Mediterranean savannah. *Hydrological Processes*, 20: 2713–2726.
- [11]. Nanko, K., Onda, Y., Ito, A., and Morikawi, 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.
- [12]. Levia, D.F., and Frost, E.E. (2006). Variability of throughfall volume and solute inputs in wooded ecosystems. *Progress in Physical Geography*, 30: 605–632.
- [13]. Llorens, P., Poch, R., Latron, J., and Gallart, F. (1997). Rainfall interception by a *Pinus sylvestris* forest patch overgrown in a Mediterranean mountainous abandoned area I. Monitoring design and results down to the event scale. *Journal of Hydrology*, 199: 331–345.
- [14]. Marvie-Mohadjer, MR. (2006). *Silviculture*, University of Tehran Press, Tehran.
- [15]. Green, S.R. (1993). Radiation balance, transpiration and photosynthesis of an isolated tree. *Agricultural and Forest Meteorology*, 64: 201 –221.
- [16]. Xiao, Q.F., McPherson, E.G., Ustin, S.L., Grismer, M.E., and Simpson, J.R. (2000). Winter rainfall interception by two mature open-grown trees in Davis, California. *Hydrological Processes*, 14: 763–784.
- [17]. Ahmadi, M.T., Attarod, P., and Bayramzadeh, V. (2011). Rainfall redistribution by an oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest canopy in the Caspian forests, Northern Iran. *Journal of Agriculture Science and Technology*, 13: 1105–1120.
- [18]. Carlyle-Moses, D.E., Fores Laureano, J.S., and Price, A. (2004). Throughfall and throughfall

- spatial variability in Madrean oak forest communities of northeastern Mexico. *Journal of Hydrology*, 297: 124–135.
- [19]. Raat, K.J., Draaijers, G.P.J., Schaap, M.G., Tietema, A., and Verstraten, J.M. (2002). Spatial variability of throughfall water and chemistry and forest floor water content in a Douglas fir forest stand. *Hydrology and Earth System Sciences*, 6: 363–374.
- [20]. Vachaud, G., Silans, A.P.D., Balabanis, P., and Vauclin, M. (1985). Temporal stability of spatially measured soil water probability density function. *Soil Science Society of America Journal*, 49: 822–828.
- [21]. Fathizadeh, O., Attarod, P., Pypker, T.G., Darvishsefat, A.A., and Zahedi Amiri, G.H. (2013). Seasonal variability of rainfall interception and canopy storage capacity under individual oak (*Quercus brantii*) trees of western Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15: 175–188a.
- [22]. Crockford, R.H., and Richardson, D.P. (2000). Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow, and interception: Effect of forest type, ground cover and climate. *Hydrological Processes*, 14: 2903–2920.
- [23]. Loustau, D., Berbigier, P., Granier, A., and Moussa, F.E. (1992). Interception loss, throughfall and stemflow in a maritime pine stand. I. Variability of throughfall and stemflow beneath the pine canopy. *Journal of Hydrology*, 138: 449–467.
- [24]. Vellak, K., Paal, J., and Liira, J. (2003). Diversity and distribution pattern of bryophytes and vascular plants in a boreal spruce forest. *Silva Fennica*, 37 (1): 3–13.
- [25]. Frost, W.E., and Edinger, S. (1991). Effects of tree canopies on soil characteristics of annual rangeland. *Journal of Range Management*, 44 (3): 286–288.
- [26]. Fathizadeh, O., Attarod, P., Keim, R.F., Zahedi Amiri, G.H., and Darvishsefat, A.A. (2014). Spatial heterogeneity and temporal stability of throughfall under individual *Quercus brantii* Trees. *Hydrological Processes*, 28: 1124–1136.
- [27]. Zimmermann, A., Wilcke, W., and Elsenbeer, H. (2007). Spatial and temporal patterns of throughfall quantity and quality in a tropical montane forest in Ecuador. *Journal of Hydrology*, 343: 80–96.
- [28]. Zimmermann, A., Germ er, S., Neill, C.H.V., Krusche, A., and Elsenbeer, H. (2008). Spatio-temporal patterns of throughfall and solute deposition in an open tropical rain forest. *Journal of Hydrology*, 370: 87–102.
- [29]. Hubert, H. (2004). The importance of interception and why we should delete the term evapotranspiration from our vocabulary. *Hydrological Processes*, 18: 1507–1511.