

## تأثیر سطح تاج پوشش الدروک و پرند در تولید جریان ساقه‌ای در مناطق خشک

سعید یوسفی<sup>۱</sup>، سید حمید متین خواه<sup>۲\*</sup>، فرزاد روحانی<sup>۳</sup>، محسن نائل<sup>۴</sup>

۱. کارشناس ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

۲. استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

۳. مربی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

۴. استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه همدان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۲۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۰۸/۲۲)

### چکیده

جریان ساقه‌ای بخشی از بارش است که از شاخه‌ها و ساقه‌ها جریان می‌یابد و وارد خاک می‌شود. در این مطالعه، ویژگی‌های جریان ساقه‌ای دو گونه بوته‌ای الدروک و درختچه‌ای پرند در بوته‌زارهای شمال غرب اصفهان بررسی شد. در طی فصول بارش در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ تولید جریان ساقه‌ای و بعد از آن تأثیر سطح تاج پوشش در تولید این جریان بررسی شد. برای بررسی تأثیر سطح تاج پوشش در تولید جریان ساقه‌ای از یک شبیه‌ساز باران استفاده شد. بدین جهت از هر کدام از گونه‌ها سه پایه با سطح پوشش مختلف انتخاب شد و پایه‌ها تحت بارش‌های مختلف قرار داده شدند. نتایج نشان داد که مقدار جریان ساقه‌ای در الدروک به‌طور متوسط ۱۳/۴ درصد بارش ناخالص است، در حالی که در پرند جریان ساقه‌ای به‌طور متوسط ۱۸/۵ درصد از بارش ناخالص بود. متوسط مقادیر نسبت انتقال برای الدروک ۲۹، و برای پرند ۴۰ بود که نشان می‌دهد شاخه‌ها و ساقه‌ها به‌طور کامل به تولید جریان ساقه‌ای کمک می‌کنند. مقادیر جریان ساقه‌ای در هر دو گونه گیاهی بین کمترین و بیشترین سطح تاج اختلاف معنی‌داری داشت که نشان‌دهنده تأثیر سطح تاج پوشش در تولید جریان ساقه‌ای است. این مطالعه در مقیاس بوته و درختچه اثبات می‌کند که جریان ساقه‌ای بین و درون انواع فرم‌های رویشی با سطح تاج پوشش مختلف، متفاوت است.

**واژه‌های کلیدی:** الدروک، پرند، جریان ساقه‌ای، سطح تاج پوشش، شبیه‌ساز باران.

## مقدمه

جریان ساقه‌ای بخشی از بارش است که از شاخه‌ها و ساقه‌ها جریان می‌یابد و وارد خاک می‌شود [۳، ۵، ۲۱]. مقدار جریان ساقه‌ای به‌طور معمول کمتر از ۵ درصد بارش سالانه است، اما در برخی موارد ممکن است به ۲۲ تا ۴۰ درصد نیز برسد [۲۹-۲۷، ۳].

لویا و فراست گزارش دادند که حداکثر میانگین مقدار جریان ساقه‌ای به‌ترتیب حدود ۳/۵، ۱۱/۳ و ۱۹ درصد برای مناطق حاره‌ای، معتدله و نیمه‌خشک است. مقدار جریان ساقه‌ای بین گونه‌های گیاهی و انواع پوشش گیاهی به‌علت تفاوت‌های مورفولوژیکی بسیار متغیر است [۲۸، ۲۳، ۳]. موجهامپ و ژانوا یافتند که *Flourensia cernua* قادر خواهد بود حدود ۵۰ درصد از بارش ناخالص را به ساقه هدایت کند. مارتینز-مزا و وایتفورد درصد جریان ساقه‌ای برای درختچه‌های *Prosopis glandulosa*، *Larrea tridentata* و *Flourensia cernua* را به‌ترتیب ۵/۴، ۱۰ و ۱۰/۵ درصد از رویداد بارش ناخالص به‌دست آورد. همچنین سراتو و دیاز مشاهده کردند که درصد جریان ساقه‌ای در درختچه‌های *Juniperus oxycedrus*، *Rosmarinus officinalis* و *Thymus vulgaris* به‌ترتیب ۱۸/۶، ۴۳/۳ و ۲۹/۸ است. اکثر اندازه‌گیری‌های جریان ساقه‌ای بر روی گونه‌های درختی و درختچه‌ای انجام گرفته و مطالعات کمی درباره‌ی گونه‌های بوته‌ای سازگار با مناطق خشک صورت گرفته است.

اکثر مطالعاتی که تأثیر ساختار تاج پوشش بر تولید جریان ساقه‌ای را بررسی کرده‌اند بر زاویه شاخه‌ها متمرکز شده‌اند [۱۱، ۲۴، ۲۶، ۳۱]. هرویتز دریافت که شاخه‌های با زاویه تند نسبت به شاخه‌های با زاویه کم ساقاب بیشتری تولید می‌کنند. در باران‌های یکسان شاخه‌های با زاویه بیشتر از ۶۰ درجه، بازده جریان شاخه‌ها بیشتر از ۸۰ درصد بود [۱۱]. مارتینز-مزا و وایتفورد مشاهده کردند که بیشترین بازده جریان ساقه‌ای در درختچه *Flourensia cernua* از شاخه‌های با زاویه بیشتر از ۴۵ درجه بود.

متغیرهای دیگری از ساختار تاج پوشش که بر تولید جریان ساقه‌ای تأثیرگذارند، تعداد شاخه‌ها [۲۶]، حضور گپ‌های تاج پوشش [۵]، و موانع مسیر جریان [۵] هستند. ناوار دریافت که تعداد و موقعیت شاخه‌ها در درون

تاج پوشش کنترل‌کننده‌های اصلی تولید جریان ساقه‌ای هستند.

برخی دیگر از مطالعات همبستگی مثبتی بین تولید جریان ساقه‌ای و سطح مقطع گیاه [۴، ۵] و ارتفاع ساقه نشان داده‌اند [۲۴]. احتمالاً گونه‌هایی با ارتفاع بیشتر پتانسیل بیشتری برای تولید جریان ساقه‌ای دارند، زیرا سطح تاج آنها وسیع‌تر است [۷]. با این حال، ناوار با تحقیق درباره‌ی سه درختچه نیمه‌خشک دریافت که سطح کل شاخه در بازده جریان ساقه‌ای تأثیر ناچیزی دارد. حتی با وجود تاج پوشش بزرگ، بازده جریان ساقه‌ای با سن گیاه و زبری پوست و افزایش ظرفیت ذخیره تاج کاهش می‌یابد [۱۹، ۱۵، ۸]. برای فهم بهتر رابطه بین تولید جریان ساقه‌ای و سطح تاج پوشش باید مطالعات بیشتری صورت گیرد، بنابراین هدف از این مطالعه بررسی جریان ساقه‌ای گونه‌های بوته‌ای و درختچه‌ای و بررسی تأثیر فاکتور سطح تاج پوشش در تولید جریان ساقه‌ای است. یافته‌های این مطالعه می‌تواند به مدیران و مسئولان در برنامه‌ریزی و همچنین استقرار و ایجاد یک پوشش گیاهی پایدار به‌خصوص در مناطق خشک کمک فراوانی کند.

## مواد و روش‌ها

## منطقه تحقیق

منطقه تحقیق در بوته‌زارهای شمال غرب اصفهان در بخش مرکزی ایران (۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و ۳۲ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی، ۱۵۷۰ متر ارتفاع از سطح زمین) واقع شده است. اقلیم این منطقه نیمه‌خشک معتدل و دارای پوشش گیاهی استپی است. میانگین بارش سالانه ۱۲۰ میلی‌متر و اوج آن در اسفند و فروردین است. میانگین دمای سالانه ۱۶ درجه سانتی‌گراد است و این درحالی است که حداکثر مطلق دما ۳۷/۱ درجه سانتی‌گراد در تیر ماه و حداقل مطلق آن ۱۸/۴- درجه سانتی‌گراد در دی ماه گزارش شده است. جوامع بوته‌ای *Artemisia sieberi* و *Anabasis aphylla* و درختچه *Pteropyrum aucheri* گونه‌های غالب این منطقه‌اند. گونه‌های الدروک (*Anabasis aphylla*) و پرند (*Pteropyrum aucheri*) بومی این منطقه و به‌ترتیب دارای فرم‌های رویشی بوته‌ای و درختچه‌ای‌اند. این گونه‌ها

پنج پایه از گونه‌ی درووک صورت گرفت. به دلیل کاهش خطا و دقت اندازه‌گیری‌ها تعداد پایه‌های هر کدام از گونه‌ها به صورتی انتخاب شد که از لحاظ ارتفاع، سطح تاج پوشش، زاویه شاخه‌ها و سطح مقطع تقریباً برابر باشند [۲۸، ۲۲، ۱۰، ۹]. مقادیر جریان ساقه‌ای برای هر یک از رویدادهای بارش در دو فصل بارش در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ اندازه‌گیری شد. زهکشی جریان ساقه‌ای با استفاده از قیف‌های پلاستیکی در دور ساقه و چسب‌های محکم‌کننده صورت گرفت. قیف‌ها با لوله‌های پلاستیکی به یک بطری که جریان ساقه‌ای را ذخیره می‌کرد وصل شدند (شکل ۱). جریان ساقه‌ای به صورت دستی بعد از هر رویداد بارش روزانه با استفاده از استوانه‌ی مدرج اندازه‌گیری شد. سپس حجم جریان ساقه‌ای که توسط هر پایه تولید شده بود بر سطح آن تقسیم شد تا به عمق جریان ساقه‌ای بر حسب میلی‌متر تبدیل شود. سپس میانگین عمق جریان ساقه‌ای تولیدی توسط پنج پایه از هر گونه به عنوان جریان ساقه‌ای تولیدی هر بارندگی برای آن گونه در نظر گرفته شد. تمام رویدادهای بارش با استفاده از یک باران‌سنج ساده که ۲۰ متر دورتر از محدوده‌ی تحقیق و در یک منطقه‌ی باز واقع شده بود اندازه‌گیری شد.

به دلیل سازگاری با شرایط خشکی و اهمیت آب در بقای آنها، برای بررسی ویژگی‌های جریان ساقه‌ای انتخاب شدند.

#### مورفولوژی گونه‌های بررسی شده

با استفاده از روش مارتینز-مزا و وایتفورد متغیرهای تاج پوشش شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌ها، زاویه شاخه‌ها، ارتفاع تاج پوشش، سطح مقطع و مساحت تاج پوشش (جدول ۱) برای هر گونه اندازه‌گیری شد. ارتفاع گونه‌های گیاهی در مرکز تاج پوشش و سطح مقطع با قطر یقه در پایه برآورد شد.

جدول ۱. مقادیر متوسط ( $\pm$  خطای استاندارد) پارامترهای مورفولوژیکی برای دو گونه مورد مطالعه

	درووک	پرنده
ارتفاع (cm)	$5/38 \pm 45$	$11/9 \pm 82$
زاویه شاخه‌ها ( $^{\circ}$ )	$4/1 \pm 36$	$6/5 \pm 69$
مساحت تاج پوشش ( $m^2$ )	$0/28 \pm 0/15$	$0/07 \pm 0/37$
سطح مقطع ( $cm^2$ )	$1/2 \pm 7/1$	$4 \pm 17/36$

#### اندازه‌گیری جریان ساقه‌ای

برای بررسی ویژگی‌های جریان ساقه‌ای پرنده و درووک، اندازه‌گیری جریان ساقه‌ای بر روی پنج پایه از گونه پرنده و



شکل ۱. نمونه‌گیری جریان ساقه‌ای در دو گونه درووک (A) و پرنده (B)

## نسبت انتقال

برای تعیین اینکه شاخه‌های درختچه و بوته تا چه حد به‌طور فضایی جریان ساقه‌ای داخلی را متمرکز می‌کنند و به‌صورت یک جمع‌کننده بارش عمل می‌کنند، نسبت انتقال هرویتز به این صورت محاسبه شد [۹]:

$$F = \frac{V}{B \times P} \quad (1)$$

که در آن  $V$  حجم جریان ساقه‌ای ( $L$ );  $B$  سطح مقطع ساقه ( $cm^2$ ); و  $P$  عمق بارش ( $mm$ ) است. حاصل ضرب  $B \times P$  حجمی از آب گرفته‌شده به‌وسیله باران‌سنجی را که دهانه‌ای برابر با مساحت پایه ساقه دارد، به ما می‌دهد. بنابراین  $F$  نسبت مقدار بارش تحویل‌داده‌شده به پایه بوته به بارشی است که در جایی که بوته نیست به زمین رسیده است [۲۲]. برای اندازه‌گیری نسبت انتقال در هر گونه گیاهی، حجمی از جریان ساقه‌ای که از هر رویداد بارش به‌دست می‌آید، بر سطح مقطع ساقه و عمق بارش تقسیم شد؛ به این ترتیب نسبت انتقال برای هر بارش به‌دست آمد.

## اندازه‌گیری مصنوعی جریان ساقه‌ای

به‌منظور مقایسه داده‌های طبیعی با داده‌های مصنوعی جریان ساقه‌ای و همچنین بررسی تأثیر سطح تاج‌پوشش در تولید جریان ساقه‌ای از یک شبیه‌ساز باران استفاده شد. بدین جهت از هر کدام از گونه‌ها سه پایه با ویژگی‌های مساحتی مختلف انتخاب شد (جدول ۲) (سه تیمار مساحتی کم، متوسط و زیاد). سپس هر کدام از آنها درون سطلی که در درون آن یک قیف و ظرف کوچک‌تر قرار داشت گذاشته شد، به‌گونه‌ای که ساقه گیاه در مرکز قیف قرار گرفت. سطح تماس شاخه‌ها با سطلی به حداقل رسید تا از ایجاد خطا جلوگیری شود.

جدول ۲. مقادیر سطح تاج‌پوشش پایه‌های مطالعاتی هر یک از گونه‌های پرند و الدرک برای اندازه‌گیری جریان ساقه‌ای شبیه‌سازی‌شده

گونه گیاهی	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳
	سطح تاج‌پوشش ( $m^2$ )	سطح تاج‌پوشش ( $m^2$ )	سطح تاج‌پوشش ( $m^2$ )
پرند	۰/۶۴	۰/۴۸	۰/۳۳
الدرک	۰/۳۴	۰/۲۲	۰/۱۲

باران‌سنج به‌کاررفته، استوانه‌ای از نوع پلاستیک به قطر ۷ و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر بود که همزمان با گونه‌های مورد نظر در زیر شبیه‌ساز باران قرار گرفت. با افزایش هر ۱۰ میلی‌متر مکعب در حجم بارش جریان ساقه‌ای اندازه‌گیری شد. آخرین حجم اندازه‌گیری‌شده بارش ۱۶۰ میلی‌متر مکعب بود.

جریان ساقه‌ای در هر حجم بارش سه بار اندازه‌گیری و میانگین آنها ثبت شد. هدف از افزایش حجم بارش، مشاهده واکنش جریان ساقه‌ای در مقابل افزایش عمق بارش بود. هر حجم بارش با تقسیم بر سطح استوانه به عمق بارش تبدیل شد و حجم جریان ساقه‌ای تولیدشده نیز با تقسیم بر سطح تاج‌پوشش به عمق جریان ساقه‌ای تبدیل شد. کمترین حجم بارش (۱۰ میلی‌متر مکعب) دارای عمق ۲/۶ میلی‌متر و بیشترین حجم بارش (۱۶۰ میلی‌متر مکعب) دارای عمق ۴۱/۶ میلی‌متر بود. هدف این بود که عمق بارش‌های شبیه‌سازی‌شده با عمق بارش‌های طبیعی تقریباً در یک محدوده باشند. همه بارش‌ها در یک شدت ۱۰ میلی‌متر بر ساعت اندازه‌گیری شدند.

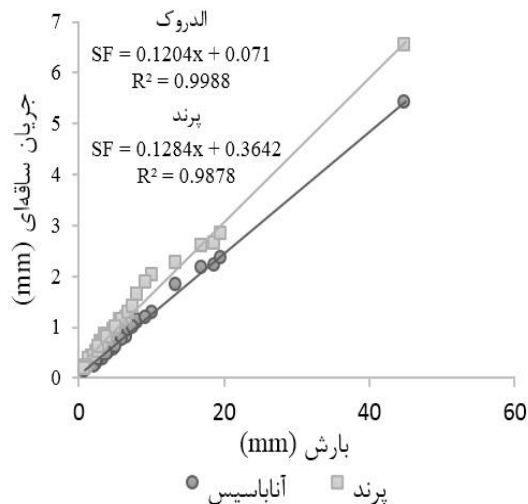
## آنالیز داده‌ها

بعد از آزمایش گونه‌های گیاهی، داده‌ها به‌صورت جداگانه در نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل شد. نمودار هر یک از پارامترها جداگانه در Excel ترسیم شد. برای آنالیز داده‌های جریان ساقه‌ای تولیدی تحت بارش طبیعی و شبیه‌سازی‌شده و نیز نسبت انتقال در دو گونه پرند و الدرک از آزمون همبستگی اسپیرمن با سطح اعتماد ۹۹ درصد استفاده شد (به‌دلیل نرمال نبودن داده‌ها). همچنین برای مقایسه جریان ساقه‌ای تولیدی در تیمارهای دو گونه گیاهی در بارش شبیه‌سازی‌شده از آزمون یکطرفه ANOVA و مقایسه میانگین توکی استفاده شد.

## یافته‌ها و بحث

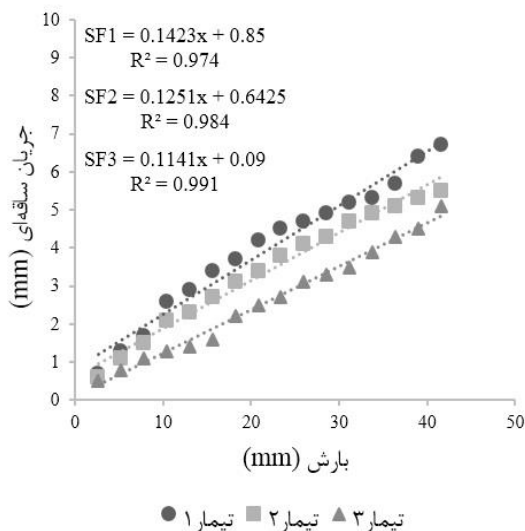
## بارش و ساقاب

در طول دو فصل بارش در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در مجموع ۴۷ رویداد باران با مقادیر ۰/۰۱ تا ۰/۴۵ میلی‌متر تا ۴۵ میلی‌متر ثبت شد که جریان ساقه‌ای تنها در ۳۴ رویداد بارش قابل اندازه‌گیری بود. ۵۳ درصد از این باران‌ها کمتر از ۵ میلی‌متر و ۲۹ درصد بین ۵ تا ۱۰ میلی‌متر و تنها ۱۸



شکل ۲. نمودار ارتباط بین ساقاب و مقدار بارش روزانه

تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد که مقادیر جریان ساقه‌ای در هر دو گونه گیاهی بین تیمار ۱ (کمترین سطح تاج) و تیمار ۳ (بیشترین سطح تاج) اختلاف معنی‌داری دارند (جدول ۴). تیمار ۲ (سطح تاج متوسط) اختلاف معنی‌داری با تیمارهای ۱ و ۲ نداشت. با تغییر سطح تاج، جریان ساقه‌ای تولیدی در هر یک از تیمارها تغییر می‌کرد. سطح تاج پوشش وسیع، سطح بیشتری را برای باران‌رایی فراهم می‌کرد که به تولید جریان ساقه‌ای بیشتری منجر می‌شد [۲۴، ۲۱، ۷].



شکل ۳. مقادیر جریان ساقه‌ای در عمق‌های مختلف بارش مصنوعی در سه تیمار سطح تاج پوشش در گونه پرند

درصد آنها بیشتر از ۱۰ میلی‌متر بود. جریان ساقه‌ای در بارش ۰/۸ میلی‌متر برای درووک و پرند قابل اندازه‌گیری بود؛ که این مقدار، بارش آستانه برای شروع جریان ساقه‌ای در این دو گونه را نشان می‌دهد. این مقدار آستانه قابل مقایسه با بارش آستانه گزارش شده توسط پریسلند [۲۸]، انزایت [۶]، مارتینز-مزا و وایتفورد [۲۴]، ناوار [۲۶]، و لی و همکاران [۲۱، ۲۲] بود (جدول ۳).

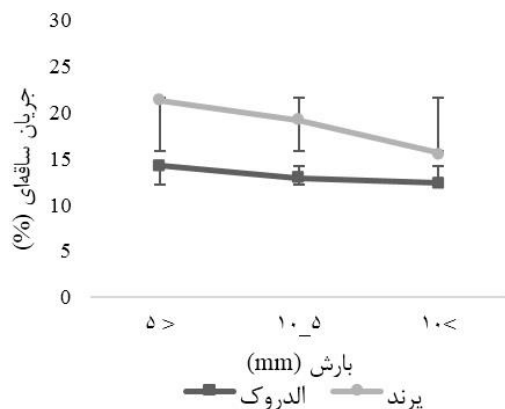
جدول ۳. مقادیر آستانه بارش برای شروع جریان ساقه‌ای گزارش شده در گونه‌های مختلف

منبع	آستانه بارش	گونه‌های گیاهی
Pressland (1973)	۱/۵	<i>Acacia aneura</i>
Enright (1987)	۱-۲	<i>Rhopalostylis sapida</i>
Navar (1993)	۲	<i>Acacia farnesiana-Proso- pispis laevigata tridentata Larrea</i>
Martinez-Meza and Whitford (1996)	۱/۳-۱/۸	<i>Prosopis glandulosa Flourensia cernua Caragana korshinskii</i>
Li et al. (2008)	۱/۹	<i>Reaumuria soongorica Tamarix ramosissima</i>
Li et al. (2009)	۱/۱	<i>Salix psammophila</i>
	۱/۲	<i>Hedysarum scoparium</i>

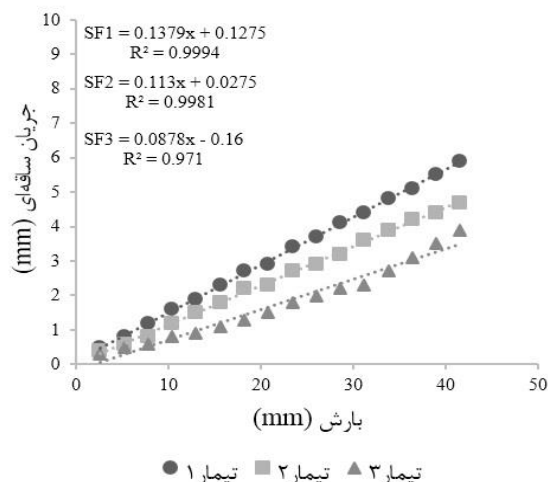
نتایج نشان داد که بین مقادیر بارش طبیعی و شبیه‌سازی شده و جریان ساقه‌ای پرند و درووک، همبستگی قوی (α=۰/۰۱) وجود دارد. با افزایش عمق بارش، مقدار جریان ساقه‌ای افزایش می‌یافت و از رابطه خطی مثبتی پیروی می‌کرد (شکل ۲). تحت بارش شبیه‌سازی شده، گونه‌های گیاهی با تغییر سطح تاج پوشش، جریان ساقه‌ای متفاوتی را تولید می‌کردند. با افزایش بارش، جریان ساقه‌ای هر یک از تیمارها افزایش می‌یافت (شکل‌های ۳ و ۴). این یافته‌ها با نتایج زی یانگ و همکاران [۳۲] در دو گونه درختچه‌ای بیابانی *Salix psammophila* و *Artemisia sphaerocephala*، لی و همکاران [۲۲] در دو درختچه بیابانی *Salix psammophila* و *Hedysarum scoparium* و همکاران [۱۴] در دو گونه نیمه‌خشک *Caragana korshinskii* و *Hippophae rhamnoides* هماهنگی کامل دارد.

همه مطالعاتی که تأثیر ساختار تاج پوشش بر تولید جریان ساقه‌ای را بررسی می‌کنند بر زاویه شاخه‌ها متمرکز شده‌اند [۳۱، ۲۶، ۱۰، ۳]. هرویتز دریافت که شاخه‌های با زاویه تند نسبت به شاخه‌های با زاویه کم جریان ساقه‌ای بیشتری تولید می‌کنند و بیان کرد که در باران‌های یکسان، در شاخه‌های با زاویه بیشتر از ۶۰ درجه، بازده جریان شاخه‌ها بیشتر از ۸۰ درصد بود [۱۱]. مارتینز-مزا و وایتفورد با آزمایش بر روی درختچه نیمه‌خشک *Flourensia cernua* دریافتند که بیشترین بازده جریان ساقه‌ای مربوط به شاخه‌های با شیب بیشتر از ۴۵ درجه بود [۲۴]. لویا و هرویتز بیان کردند که جریان ساقه‌ای و مواد مغذی ورودی به خاک به وسیله زاویه شاخه‌ها کنترل می‌شود و شاخه‌های با زاویه ملایم جریان ساقه‌ای بیشتری وارد خاک می‌کنند [۱۷]. همچنین ژی یانگ و همکاران [۳۲] اشاره کردند که درختچه‌های با شاخه‌های زیاد، سطح تاج وسیع و شاخه‌های با زاویه تند جریان ساقه‌ای بیشتری تولید می‌کنند.

مقادیر جریان ساقه‌ای در پرند به طور متوسط ۱۸/۵ درصد بارش طبیعی، با دامنه ۱۱-۲۴ درصد است، در حالی که در الدروک جریان ساقه‌ای به طور متوسط ۱۳/۴ درصد بارش طبیعی با دامنه ۱۲-۲۳ درصد بود (شکل ۵). جریان ساقه‌ای تیمارهای ۱، ۲ و ۳ برای گونه پرند به ترتیب ۲۰، ۱۷ و ۱۲ درصد بارش شبیه‌سازی شده و برای گونه الدروک به ترتیب ۱۵، ۱۲ و ۸ درصد بارش شبیه‌سازی شده بود (شکل‌های ۶ و ۷). درصد جریان ساقه‌ای سه تیمار در هر دو گونه با افزایش حجم بارش کاهش یافت.



شکل ۵. نمودار ارتباط بین جریان ساقه‌ای و مقدار بارش روزانه در دو گونه پرند و الدروک تحت بارش طبیعی



شکل ۴. مقادیر جریان ساقه‌ای در عمق‌های مختلف بارش مصنوعی در سه تیمار سطح تاج پوشش در گونه الدروک

جریان ساقه‌ای تولیدشده در گونه پرند در بارش طبیعی ۱/۲ برابر جریان ساقه‌ای تولیدشده در گونه الدروک بود، در حالی که سطح تاج پوشش پرند تقریباً ۲/۵ برابر بزرگ‌تر بود.

جدول ۴. نتایج آزمون ANOVA برای مقادیر میانگین جریان ساقه‌ای شبیه‌سازی شده‌ها در ارتفاع و سطح‌های تاج مختلف در دو گونه پرند و الدروک

میانگین عمق جریان ساقه‌ای	سطح تاج (m <sup>2</sup> )	تیمار	گونه
a <sub>۲.۳</sub>	۰.۳۴	تیمار ۱	پرند
ab <sub>۵.۲</sub>	۰.۲۲	تیمار ۲	
b <sub>۸.۱</sub>	۰.۱۲	تیمار ۳	
a <sub>۴</sub>	۰.۶۴	تیمار ۱	الدروک
ab <sub>۴.۳</sub>	۰.۴۸	تیمار ۲	
b <sub>۶.۲</sub>	۰.۳۳	تیمار ۳	

سطح تاج پوشش گونه پرند در تیمارهای ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۱/۹، ۲/۲ و ۲/۷ برابر گونه الدروک بود، اما مقادیر جریان ساقه‌ای تولیدی به ترتیب ۱/۲، ۱/۳ و ۱/۵ برابر بیشتر بود. این نشان می‌دهد که علاوه بر سطح تاج پوشش، عوامل دیگری از جمله زاویه شاخه‌ها [۲۴، ۱۷، ۱۳، ۱۱]، سطح مقطع [۲۸، ۵، ۱] و ضریب زبری پوست [۱۸، ۱۶، ۱۵] در تولید جریان ساقه‌ای تأثیر گذارند.

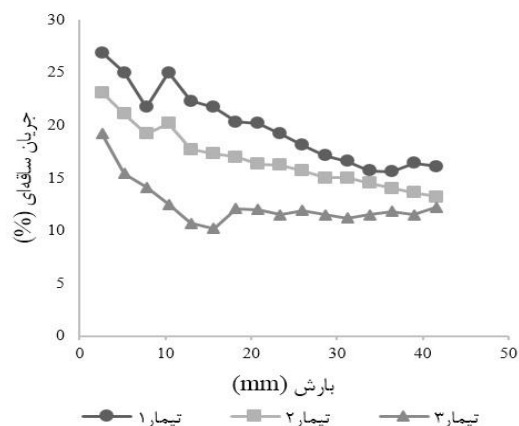
پایه‌هایی از درختچه پرند و درووک که تحت شرایط طبیعی، جریان ساقه‌ای آنها جمع‌آوری شد تقریباً سطح تاج پوشش آنها مشابه تیمارهای ۳ آنها تحت بارش شبیه‌سازی شده بود. درصد جریان ساقه‌ای تیمار ۳ در هر یک از گونه‌های بوته‌ای درووک و درختچه‌ای پرند کمتر از مقدار به‌دست‌آمده تحت بارش طبیعی بود. علت این اختلاف احتمالاً حذف عوامل مؤثر در تولید جریان ساقه‌ای مثل شدت بارش بود [۲۲، ۳]. تمامی بارش‌های شبیه‌سازی شده با شدت یکسان صورت گرفت. با وجود در نظر نگرفتن شدت مختلف برای تیمارها، نتایج به‌دست‌آمده تحت بارش‌های طبیعی و شبیه‌سازی شده اختلاف زیادی نداشتند. درصد جریان ساقه‌ای تحت بارش طبیعی و شبیه‌سازی شده در بارش‌های بیشتر از ۱۰ میلی‌متر تقریباً ثابت بود.

محدوده مقادیر به‌دست‌آمده توسط سراتو و دیاز برای درختچه‌های *Thymus vulgaris*, *Juniperus oxycedrus* و *Rosmarinus officinalis* به ترتیب ۱۸/۶، ۲۹/۸ و ۴۳/۳ بود [۲]. مطالعات گذشته نشان داده است که مقدار جریان ساقه‌ای برای درختچه‌ها و درخت‌ها بسیار متنوع است. زینک با بررسی داده‌ها در جنگل‌های آمریکای شمالی، نشان داد که جریان ساقه‌ای برای درخت‌ها به‌طور معمول کمتر از ۵ درصد است، اما در دو نمونه درختچه مقدار جریان ساقه‌ای ۱۴/۶ و ۳۰ درصد به‌دست آمد [۳۳]. موشام و ژانوا اشاره کردند که این تفاوت‌ها احتمالاً ناشی از اندازه و ساختار گیاه است [۲۵].

#### نسبت انتقال

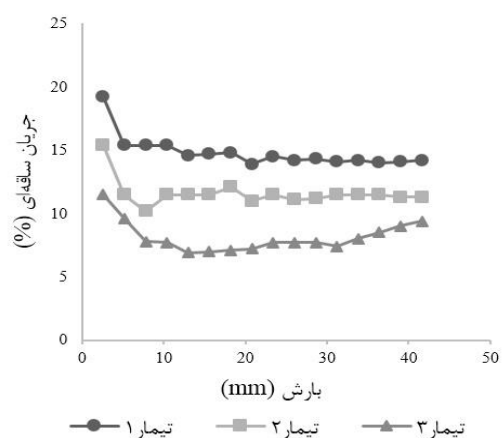
متوسط مقادیر نسبت انتقال برای درووک ۲۹ با دامنه ۲۳-۴۲ بود، درحالی که متوسط مقادیر نسبت انتقال برای پرند ۴۰ با دامنه ۲۶-۴۹ بود (شکل ۸). پرند بیشترین تغییرات را در F داشت و بیشترین مقدار F، ۴۹ بود که در رویدادهای بارش ۱، ۱/۶ و ۱/۸ میلی‌متری به‌دست آمد. در مقابل، درووک تغییرات کمی در F نشان داد و بیشترین مقدار F، ۴۲ بود که در رویداد بارش ۱/۶ میلی‌متری به‌دست آمد. نسبت انتقال در تیمارهای ۱، ۲ و ۳ گونه پرند به ترتیب ۴۲، ۳۶ و ۲۶ (شکل ۹) و در گونه درووک به ترتیب ۳۱، ۲۴ و ۱۷ بود (شکل ۱۰).

همه مقادیر F بیشتر از ۱/۰ بود که نشان می‌دهد

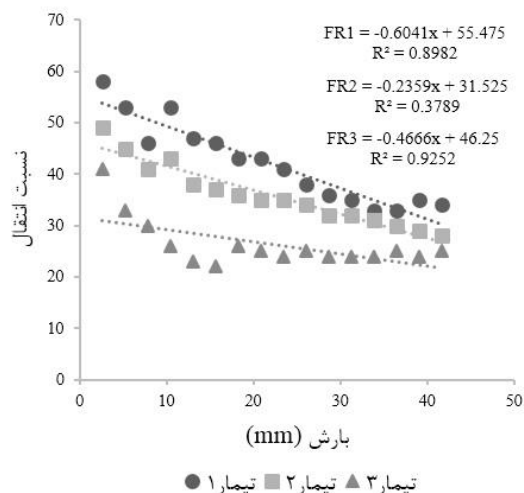


شکل ۶. نمودار ارتباط بین جریان ساقه‌ای و مقدار بارش روزانه در تیمارهای گونه پرند تحت بارش شبیه‌سازی شده

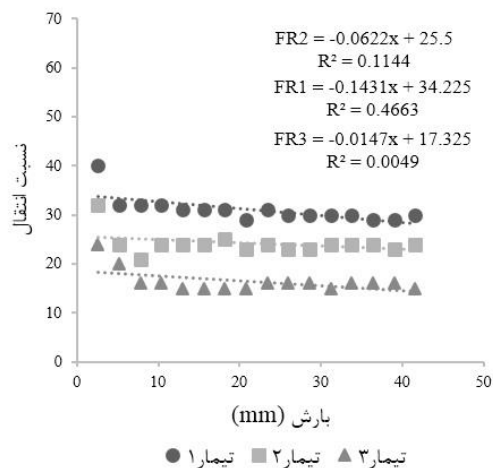
درصد جریان ساقه‌ای در تیمارهای درووک نسبت به پرند تغییرات کمتری داشت و در بارش‌های بیشتر از ۱۰ میلی‌متر تقریباً ثابت بود. تیمارهای درووک دارای سطح تاج غیریکسان بودند، اما به دلیل داشتن شاخه‌های با زاویه تند، هر سه تیمار تغییرات یکسانی را نشان دادند. درختچه پرند به دلیل داشتن شاخه‌های با زاویه ملایم در بارش‌های سنگین دچار خمیدگی می‌شود و تمایل شاخه‌ها برای تولید جریان ساقه‌ای از بین می‌رود [۱۹]. شاخه‌های با زاویه ملایم، گرایش بیشتری به تولید تاج بارش دارند [۲۴]. ناوار بیان کرد که تعداد شاخه‌ها و موقعیت قرارگیری آنها در تولید جریان ساقه‌ای عامل مهمی است [۲۶]. درختچه پرند دارای سطح تاج وسیع‌تر و شاخه‌های خمیده بیشتری بود و از تیمار ۱ تا تیمار ۳ تغییرات جریان ساقه‌ای بیشتر شد.



شکل ۷. نمودار ارتباط بین جریان ساقه‌ای و مقدار بارش روزانه در تیمارهای گونه درووک تحت بارش شبیه‌سازی شده



شکل ۹. نسبت انتقال در تیمارهای گونه‌های پرنده نسبت به تغییرات عمق بارش



شکل ۱۰. نسبت انتقال در تیمارهای گونه‌های دروکه نسبت به تغییرات عمق بارش

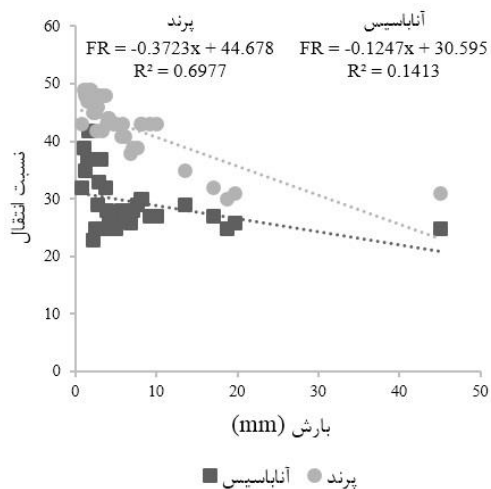
نسبت انتقال پرنده و دروکه به‌طور نسبی در محدوده مقادیر ۷-۱۱۲ قرار می‌گیرند که توسط هرویتز [۹] برای جنگل‌های بارانی استرالیا به‌دست آمد. در تحقیقات گذشته مقادیر F برای گیاهان مختلف در محیط‌های متفاوت گزارش شده است. برای مثال، ناوار گزارش کرد که نسبت انتقال درختچه‌های *Prosopis laevigata* (کهپور) و *Acacia farnesiana* (اقایا) به‌طور متوسط ۱۱ بود، در حالی که این نسبت برای *Diospyros texana* به‌طور متوسط ۵۸ بود [۲۶].

هرویتز و لویا در یک جنگل برگریز در ماساچوست دریافتند که به‌طور متوسط نسبت انتقال زمستانه پنج

شاخه‌ها و ساقه‌ها به‌طور کامل به تولید جریان ساقه‌ای کمک می‌کنند و در نتیجه مقدار زیادی آب را به پایه گیاه هدایت می‌کنند [۲۶]. با کاهش سطح تاج در دو گونه، همکاری شاخه‌ها در تولید جریان ساقه‌ای کاهش یافت. تغییرات نسبت انتقال در پرنده تحت هر دو بارش طبیعی و شبیه‌سازی شده بیشتر از دروکه بود. دو گونه بوته‌ای و درختچه‌ای تحت شرایط بارش طبیعی و شبیه‌سازی شده تغییرات مشابهی داشتند.

تیمار ۳ در بوته دروکه در بارندگی‌های بیشتر از ۱۰ میلی‌متر تقریباً روند ثابتی داشت و مشابه نسبت انتقال این گونه تحت بارش طبیعی بود. به‌طور کلی نتایج تحت هر دو شرایط از لحاظ کیفی مشابه بود، اما از لحاظ کمی اختلاف داشت.

بین مقادیر نسبت انتقال و بارش (تحت هر دو شرایط طبیعی و شبیه‌سازی شده) در پرنده و دروکه، رابطه‌ای معکوس وجود داشت، به‌طوری که با افزایش عمق بارش نسبت انتقال کاهش می‌یافت [۱۶، ۲۰-۲۲، ۳۰]. آنها گزارش کردند که مقدار جریان ساقه‌ای به‌طور معناداری با بیشتر شدن مقدار بارش کاهش می‌یابد. کارلایل - موزس و پرایس شرح دادند که با افزایش ورود بارش، بخش بیشتری از درخت اشباع می‌شود و بنابراین سطح سهیم در تولید جریان ساقه‌ای تا یک آستانه ورود که همه سطوح گیاه اشباع شده و قادر به تولید جریان ساقه‌ای است، افزایش می‌یابد و وقتی که از این آستانه بیشتر شود مقدار F شروع به کاهش می‌کند [۳].



شکل ۸. نسبت انتقال در هر یک از بارش‌های روزانه در گونه‌های پرنده و دروکه



## منابع

1. Aboal, J., et al., 1999, The measurement and modelling of the variation of stemflow in a laurel forest in Tenerife, Canary Islands, Journal of Hydrology, vol. 221, pp. 161-175.
2. Belmonte Serrato, F., et al., 1998, simple technique for measuring rainfall interception by small shrub: interception flow collection box, Hydrological Processes, vol. 12, pp. 471-481.
3. Carlyle-Moses, D. and Price, A., 2006, Growing-season stemflow production within a deciduous forest of southern Ontario, Hydrological processes, vol. 20, pp. 3651-3663.
4. Crockford, R. and Richardson, D., 1990, Partitioning of rainfall in a eucalypt forest and pine plantation in southeastern Australia: IV The relationship of interception and canopy storage capacity, the interception of these forests, and the effect on interception of thinning the pine plantation, Hydrological Processes, vol. 4, pp. 169-188.
5. Crockford, R. and Richardson, D., 2000, Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate, Hydrological processes, vol. 14, pp. 2903-2920.
6. Enright, N., 1987, Stemflow as a nutrient source for nikau palm (*Rhopalostylis sapida*) in a New Zealand forest, Australian Journal of Ecology, vol. 12, pp. 17-24.
7. Ford, E. and Deans, J., 1978, The effects of canopy structure on stemflow, throughfall and interception loss in a young Sitka spruce plantation, Journal of Applied Ecology, vol. 15, pp. 905-917.
8. Helvey, J. and Patric, J., 1965, Canopy and litter interception of rainfall by hardwoods of eastern United States, Water Resour, Water Resources Research, vol. 1, pp. 193-206.
9. Herwitz, SR, 1986, Infiltration-excess caused by Stemflow in a cyclone-prone tropical rainforest, Earth Surface Processes and Landforms, vol. 11, pp. 401-412.
10. Herwitz, SR, 1986, Episodic stemflow inputs of magnesium and potassium to a tropical forest floor during heavy rainfall events, Oecologia, vol. 70, pp. 423-425.
11. Herwitz, SR, 1987, Raindrop impact and water flow on the vegetative surfaces of trees and the effects on stemflow and throughfall generation, Earth Surface Processes and Landforms, vol. 12, pp. 425-432.

نمونه سپیدار (*Populus grandidentata*) در محدوده ۵/۲ تا ۱۴/۷ است [۱۲]. کارلایل - موزس و پرایس گزارش دادند که نسبت انتقال *sugar maple red oak* و *American beech* به ترتیب ۷/۳، ۲۰/۶ و ۲۶/۳ است [۳]. لی و همکاران گزارش کردند که متوسط نسبت انتقال درختچه‌های *Caragana korshinskii*، *Reaumuria soongorica* و *Tamarix ramosissima* در مناطق لسی نیمه خشک چین به ترتیب ۶۶/۲ ± ۱۵۳/۵، ۲۵/۷ ± ۵۳/۲ و ۱۵/۳ ± ۲۴/۸ است [۲۲].

## نتیجه‌گیری

این تحقیق، جریان ساقه‌ای دو گونه پرند و درودک را تحت دو بارش طبیعی و شبیه‌سازی شده نشان داد. مقادیر جریان ساقه‌ای دو گونه پرند و درودک در شرایط طبیعی و سه تیمار از هر دو گونه گیاهی تحت شرایط شبیه‌سازی شده، با بارش همبستگی قوی داشتند. جریان ساقه‌ای هر دو گونه گیاهی در تیمارهای ۱ و ۳ تفاوت معناداری داشت که نشان‌دهنده تأثیر سطح تاج پوشش در تولید جریان ساقه‌ای است. جریان ساقه‌ای درودک اختلاف کمی با جریان ساقه‌ای پرند داشت که احتمالاً ناشی از زاویه‌های تند درودک بود. نتایج نشان می‌دهد مقادیر جریان ساقه‌ای در پرند به‌طور متوسط ۱۸/۵ درصد بارش طبیعی است، در حالی که در درودک جریان ساقه‌ای به‌طور متوسط ۱۳/۴ درصد بارش طبیعی است. جریان ساقه‌ای تیمارهای دو گونه گیاهی در هر دو شرایط بارشی نشان داد که افزایش سطح تاج موجب افزایش حجم جریان ساقه‌ای می‌شود. همچنین با افزایش عمق بارش، درصد جریان ساقه‌ای کاهش می‌یابد. مقادیر نسبت انتقال بوته درودک و درختچه پرند در شرایط طبیعی و تیمارهای آنها در شرایط شبیه‌سازی شده، اثبات کرد که با بارش یک رابطه معکوس وجود دارد. درصد جریان ساقه‌ای و نسبت انتقال تیمارهای بوته درودک به دلیل وجود شاخه‌های با زاویه تند در بارش‌های بیشتر از ۱۰ میلی‌متر ثابت بود، در حالی که روند کاهشی در تیمارهای پرند به دلیل وجود شاخه‌های با زاویه ملایم تداوم داشت. این مطالعه در مقیاس بوته و درختچه اثبات می‌کند که جریان ساقه‌ای بین و درون انواع فرم‌های رویشی با سطح تاج پوشش مختلف، متفاوت است.

12. Herwitz, SR and Levia, DF, 1997, Mid-winter stemflow drainage from bigtooth aspen (*Populus grandidentata* Michx.) in central Massachusetts, *Hydrological Processes*, vol. 11, pp. 169-175.
13. Hutchison, B., et al., 1986, The architecture of a deciduous forest canopy in eastern Tennessee, USA, *Journal of Ecology*, vol. 74, pp. 635-646.
14. Jian, S., et al., 2013, Characteristics of *Caragana korshinskii* and *Hippophae rhamnoides* stemflow and their significance in soil moisture enhancement in Loess Plateau, China, *Journal of Arid Land*, vol. 6, pp. 105-116.
15. Johnson, R., 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*, vol. 118, pp. 281-287.
16. Levia, DF., et al., 2010, Temporal variability of stemflow volume in a beech-yellow poplar forest in relation to tree species and size, *Journal of hydrology*, vol. 380, pp. 112-120.
17. Levia, DF. and Herwitz, SR., 2002, Winter chemical leaching from deciduous tree branches as a function of branch inclination angle in central Massachusetts, *Hydrological Processes*, vol. 16, pp. 2867-2879.
18. Levia, DF. and Herwitz, SR., 2005, Interspecific variation of bark water storage capacity of three deciduous tree species in relation to stemflow yield and solute flux to forest soils, *CATENA*, vol. 64, pp. 117-137.
19. Levia, DF. and Frost, EE., 2003, A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems, *Journal of Hydrology*, vol. 274, pp. 1-29.
20. Levia, DF. and Herwitz, SR., 2000, Physical properties of water in relation to stemflow leachate dynamics: implications for nutrient cycling, *Canadian journal of forest research*, vol. 30, pp. 662-666.
21. Li, X.-Y., et al., 2008, Stemflow in three shrubs and its effect on soil water enhancement in semiarid loess region of China, *Agricultural and forest meteorology*, vol. 148, pp. 1501-1507.
22. Li, X.-Y., et al., 2009, Connecting ecohydrology and hydrogeology in desert shrubs: stemflow as a source of preferential flow in soils, *Hydrology & Earth System Sciences*, vol. 13, pp. 1133-1144.
23. Llorens, P. and Domingo, F., 2007, Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean conditions. A review of studies in Europe, *Journal of Hydrology*, vol. 335, pp. 37-54.
24. Martinez-Meza, E. and Whitford, WG., 1996, Stemflow, throughfall and channelization of stemflow by roots in three Chihuahuan desert shrubs, *Journal of Arid Environments*, vol. 32, pp. 271-287.
25. Mauchamp, A. and Janeau, JL., 1993, Water funnelling by the crown of *Flourensia cernua*, a Chihuahuan Desert shrub, *Journal of Arid Environments*, vol. 25, pp. 299-306.
26. Návar, J., 1993, The causes of stemflow variation in three semi-arid growing species of northeastern Mexico, *Journal of hydrology*, vol. 145, pp. 175-190.
27. Navar, J. and Bryan, R., 1990, Interception loss and rainfall redistribution by three semi-arid growing shrubs in northeastern Mexico, *Journal of Hydrology*, vol. 115, pp. 51-63.
28. Pressland, A., 1973, Rainfall partitioning by an arid woodland (*Acacia aneura* F. Muell.) in south-western Queensland, *Australian Journal of Botany*, vol. 21, pp. 235-245.
29. Slatyer, R., 1965, Measurements of precipitation interception by an arid zone plant community (*Acacia aneura* F. MUELL), *Unesco Arid Zone Research*, vol. 25, pp. 181-192.
30. Staelens, J., et al., 2008, Rainfall partitioning into throughfall, stemflow, and interception within a single beech (*Fagus sylvatica* L.) canopy: influence of foliation, rain event characteristics, and meteorology, *Hydrological Processes*, vol. 22, pp. 33-45.
31. Van Elewijck, L., 1989, Influence of leaf and branch slope on stemflow amount, *Catena*, vol. 16, pp. 525-533.
32. Yang, Z., et al., 2008, Characteristics of stemflow for sand-fixed shrubs in Mu Us sandy land, Northwest China, *Chinese Science Bulletin*, vol. 53, pp. 2207-2214.
33. Zinke, P., Forest interception studies in the United States, *Forest Hydrology*, Pergamon Press, 1967, pp. 137-161.