

باران‌ربایی تک‌درختان زبان‌گنجشک در فصول رویش و خزان در اقلیم نیمه‌خشک (مطالعه موردی: پارک جنگلی چیتگر)

- ❖ سید محمدمعین صادقی؛ دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ پدرام عطارد*؛ دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ توماس گرانت بیپکر؛ استادیار دانشکده علوم منابع طبیعی، دانشگاه تامسون ریورز، کمپوس، کانادا
- ❖ ویلما بایرام‌زاده؛ استادیار گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران

چکیده

هدف از اجرای پژوهش حاضر، مقایسه باران‌ربایی (I) تک‌درختان جنگل‌کاری شده زبان‌گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill.) در فصول رویش و خزان در پارک جنگلی چیتگر در اقلیم نیمه‌خشک بود. مقدار باران (GR) و تاج‌بارش (TF) طی یک سال اندازه‌گیری به ترتیب در فضای باز و زیر تاج درختان، با استفاده از ۶ و ۱۲ باران‌سنج اندازه‌گیری شد. مقدار I از تفاضل مقادیر TF و GR برآورد شد. در مجموع ۵۰ رخدادهای GR با عمق تجمعی ۱۵۶/۰ میلی‌متر اندازه‌گیری شد که مقدار I تجمعی در کل دوره پژوهش و در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگ به ترتیب ۱۹/۴ درصد، ۲۳/۰ درصد و ۱۶/۲ درصد به دست آمد. بین I و GR در کل دوره پژوهش ($r^2=0/743$) و در دوره‌های برگ‌دار ($r^2=0/743$) و بی‌برگ ($r^2=0/903$)، همبستگی‌های مثبت معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد مشاهده شد. میانگین درصد I نسبی ($I:GR$) در کل دوره پژوهش و در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگ به ترتیب ۴۶/۶، ۴۹/۳ و ۴۱/۶ درصد به دست آمد و میانگین درصد $I:GR$ دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگ، اختلاف معنی‌داری را نشان دادند ($P<0/01$). انتخاب گونه‌هایی با مقدار I کم، سبب افزایش آب رسیده به سطح خاک جنگل می‌شود و این امر به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک که به کمبود آب دچارند، بسیار مهم است. در این زمینه، توجه به میزان تعرق گونه‌های منتخب نیز باید مدنظر باشد.

واژگان کلیدی: اقلیم نیمه‌خشک، باران‌ربایی، تغییرات فصلی، زبان‌گنجشک.

مقدمه

میانگین بارندگی سالانه در ایران ۲۴۰ میلی‌متر است که کمتر از یک‌سوم مقدار جهانی (۸۶۰ میلی‌متر در سال) است [۱]؛ بنابراین خشکی 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 هیدرولوژیکی در سطوح کوچک و بزرگ مقیاس، می‌توان شاهد مدیریت صحیح‌تر منابع آبی بود. از مهم‌ترین مباحث امروزی در مورد مدیریت منابع آب، میزان اجزای باران در اکوسیستم‌های جنگلکاری و فضای سبز شهری است.

جنگلکاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند به کاهش فرسایش خاک، افزایش ترسیب کربن، ایجاد چشم‌انداز، بادشکن، امکانات تفریحی و کاهش فشار بر پوشش‌های طبیعی کمک کند [۲، ۳]، اما پیامدهایی منفی نیز دارد؛ از جمله اینکه تمام باران (GR)^۱، به سطح زمین و آب‌های زیرزمینی نمی‌رسد و مقداری از آن طی فرایند باران‌ربایی (I)^۲ از دسترس پوشش گیاهی خارج می‌شود [۴].

GR با برخورد به تاج پوشش درختان به اجزای تاج بارش (TF)^۳، ساقاب (SF)^۴ و I تقسیم می‌شود. TF بخشی از GR است که یا بدون برخورد به تاج درخت و از میان حفره‌های تاج پوشش به کف جنگل می‌رسد که به آن تاج بارش مستقیم^۵ گفته می‌شود؛ یا

پس از برخورد به شاخ و برگ درختان (ریزش تاجی)^۶ به سطح زمین می‌رسد. بخشی از GR هم پس از جاری شدن بر روی تنه و شاخه‌های درختان با عنوان SF به کف جنگل می‌رسد. مجموع SF و TF را باران خالص (NR)^۷، یعنی مقدار GR رسیده به کف جنگل می‌گویند. I بخشی از GR است که از طریق شاخه‌ها، برگ‌ها/سوزن‌ها و تنه درختان گرفته می‌شود و به سطح کف جنگل نمی‌رسد [۵]. یکی از عامل‌های کنترل‌کننده مقدار I ، ظرفیت نگهداری تاج (S)^۸ است که کمینه مقداری از GR است که برای پر کردن تاج پوشش در زمان بارندگی لازم است [۶].

نسبت I در بین گونه‌های مختلف، متفاوت بوده و از هر رخداد GR ، برای پهن‌برگان بین ۱۰ تا ۵۵ درصد متغیر است [۷، ۸]؛ بنابراین جزء مهمی از بیلان آبی در اکوسیستم‌های جنگلی به‌شمار می‌رود. مرور منابع نشان می‌دهد که مقدار I درختان به عوامل زیادی بستگی دارد (جدول ۱). ارزیابی مقدار I در مناطق خشک و نیمه‌خشک که رطوبت خاک از عوامل محدودکننده تولیدات گیاهی است و رواناب و تغذیه آب‌های زیرزمینی برای بخش‌های کشاورزی، فضای سبز، صنعت و تقاضای آب مسکونی بسیار ضروری‌اند، مهم است [۹].

مقدار I در سوزنی‌برگان، اغلب بیشتر از پهن‌برگان خزان‌کننده است [۱۰، ۶۱، ۶۲]. هرچند کوماتسو و همکاران (۲۰۰۷) در طی پژوهش خود در ژاپن به این نتیجه رسیدند که مقدار I در جنگل‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ تقریباً یکسان است [۶۳]. همچنین مقدار I در پهن‌برگان خزان‌کننده بین

1. Gross Rainfall (GR)
2. Rainfall Interception (I)
3. Throughfall (TF)
4. Stemflow (SF)
5. Free Throughfall/Direct Throughfall (p)

6. Crown Drip/Canopy Drip
7. Net Rainfall (NR)
8. Canopy Storage Capacity (S)

جدول ۱. عوامل تأثیرگذار بر باران‌ریایی (*I*) درختان

منابع	عامل
[۱۹-۱۰]	نوع گونه (سوزنی‌برگ/پهن‌برگ)
[۲۰]	توپوگرافی منطقه
[۲۱]	ابعاد درختان
[۲۳، ۲۲، ۱۸، ۹]	ساختار تاج
[۲۵، ۲۴]	ارتفاع تاج
[۱۳، ۵]	آرایش شاخه‌ها
[۱۷]	سن درختان
[۲۶، ۱۳]	درصد تاج‌پوشش
[۹، ۵]	شکل برگ
[۲۷، ۵]	ضخامت برگ
[۳۲، ۳۱، ۳۰، ۲۹، ۲۸، ۲۵، ۵]	شاخص سطح برگ
[۴۱، ۴۰، ۳۹، ۳۸، ۳۷، ۳۶، ۳۵، ۳۴، ۳۳، ۳۲، ۳۱، ۵]	ظرفیت نگهداری تاج‌پوشش (<i>S</i>)
[۴۹، ۴۸، ۴۷، ۴۶، ۴۵، ۴۴، ۴۳، ۴۲، ۴۰، ۱۰، ۵]	تغییرات فصلی
[۵۳، ۵۲، ۵۱، ۵۰، ۴۰، ۲۱، ۱۳]	شدت باران
[۴۰، ۲۲، ۱۳، ۵]	مقدار باران
[۵۴، ۵۰، ۲۳، ۱۳]	زمان و دوره بارندگی
[۵۷، ۵۶، ۵۵، ۳۲، ۳۱]	تأخیر در زمان بارندگی
[۶۰، ۵۹، ۵۸، ۵۶، ۵۰، ۲۲، ۱]	پارامترهای اقلیمی (دما، رطوبت نسبی، فشار بخار اشباع هوا، سرعت و جهت باد)

در سطح تک‌درختان انجام گرفته است [۶۶، ۶۵]. در ایران نیز تنها مطالعه انجام گرفته در مورد مقایسه *I* تک‌درختان سوزنی‌برگ کاج تهران و سرو نقره‌ای در اقلیم خشک بوده است [۱]. از طرفی با مطالعه درباره تک‌درختان، بهتر می‌توان اثر کل پوشش جنگلی را به وسیله عملکرد این تک‌درختان بیان کرد [۶۶، ۱۷]؛ بنابراین پژوهش پیش‌روی با هدف اندازه‌گیری و مقایسه مقادیر *I* تک‌درختان زبان‌گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill.) در فصول رویش و خزان در اقلیم نیمه‌خشک انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق

این پژوهش در پارک جنگلی چیتگر (عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی) بر روی ۹

دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی تغییر می‌کند و اغلب در دوره برگ‌دار بیشتر از دوره بی‌برگی گزارش شده است [۴۹، ۴۱، ۱۰]. هرچند در ابتدا تصور می‌شد که درختان خزان‌کننده آب بیشتری را در برگ‌های سطل‌مانند خود نگه می‌دارند، تحقیقات نشان داد که سوزنی‌برگان می‌توانند آب بیشتری را به کمک نیروی چسبندگی^۱ سطح برگ‌های خود جذب کنند [۵].

تغییرات فصلی بر خصوصیات پوشش گیاهی و در نتیجه مقدار *I* آنها بسیار اثرگذار است؛ زیرا درخت خزان‌کننده در فصل غیررویش، برگ‌های خود را از دست می‌دهد که سبب می‌شود مقدار *I* و در نتیجه *I* آنها کاهش یابد. در سوزنی‌برگان و گونه‌های همیشه‌سبز، در فصول مختلف سال، اختلاف چندانی در مقدار *I* وجود ندارد [۶۴].

در جهان تاکنون مطالعات اندکی در مورد برآورد *I*

1. Adhesion

پنج کیلومتری پارک جنگلی چیتگر قرار دارد، طی یک دوره ۱۶ ساله (۱۳۹۱-۱۳۷۶)، استفاده شد. میانگین بارندگی سالانه براساس آمار به دست آمده ۲۷۲ میلی‌متر (خطای معیار $\pm ۱۵/۳$) است. میانگین دمای سالانه ۱۷ درجه سانتی‌گراد (خطای معیار $\pm ۰/۱$) گزارش شده است (جدول ۳). دوره خشکی در این منطقه شش ماه از سال (از اواسط اردیبهشت تا اواسط آبان) است و بر مبنای نمایه دومارتن، این منطقه با نمایه خشکی ۱۰/۱، در طبقه اقلیمی نیمه خشک قرار می‌گیرد. جهت اصلی باد در فصول پاییز و زمستان، از غرب به شرق و در فصول گرم از جنوب به شمال و جنوب غربی به شمال شرقی است.

تک‌درخت زبان‌گنجشک با سن تقریبی ۴۰ سال، در ارتفاع یکسان از سطح دریا (۱۲۵۰ متری) انجام گرفت (جدول ۲). این پارک را سازمان جنگل‌ها و مراتع در سال ۱۳۴۴ احداث کرد و امروزه با وسعت تقریبی ۱۴۵۰ هکتار، از مهم‌ترین پارک‌های تهران به شمار می‌آید. این گونه ۱۲ درصد از درختان پارک جنگلی چیتگر را شامل می‌شود.

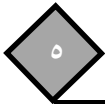
برای تعیین وضعیت اقلیمی منطقه از داده‌های اقلیمی ثبت شده از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی، یعنی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک چیتگر (طول و عرض جغرافیایی ۵۱ درجه و هشت دقیقه شرقی و ۳۵ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی، ارتفاع ۱۲۱۵ متر از سطح دریا) که در

جدول ۲. مشخصات کمی تک‌درختان زبان‌گنجشک در پارک جنگلی چیتگر. علائم F_1 ، F_2 و... به ترتیب به درخت زبان‌گنجشک شماره یک، دو و ... اشاره دارند.

گونه	ارتفاع درخت (متر)	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	ارتفاع تاج (متر)	قطر تاج (متر)	سطح تاج (متر مربع)
F_1	۵/۶	۱۶	۲/۱	۳/۳	۸/۶
F_2	۵/۹	۱۴	۲/۲	۳/۵	۹/۶
F_3	۶/۵	۱۸	۲/۰	۳/۹	۱۱/۹
F_4	۶/۰	۱۷	۲/۱	۴/۰	۱۲/۶
F_5	۶/۲	۱۷	۲/۵	۴/۰	۱۲/۶
F_6	۵/۸	۱۹	۲/۶	۴/۲	۱۳/۹
F_7	۶/۴	۱۸	۳/۰	۴/۴	۱۵/۲
F_8	۵/۹	۱۷	۲/۸	۴/۶	۱۶/۶
F_9	۵/۸	۲۱	۲/۹	۴/۹	۱۸/۹
میانگین (\pm خطای معیار)	۶/۰ ($\pm ۰/۱$)	۱۷/۴ ($\pm ۰/۷$)	۲/۵ ($\pm ۰/۱$)	۴/۱ ($\pm ۰/۲$)	۱۳/۳ ($\pm ۱/۱$)

جدول ۳. میانگین پارامترهای اقلیمی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک چیتگر در دوره‌های برگذار (۱ شهریور ۱۳۹۱ تا ۳۰ آبان ۱۳۹۱ و ۲۵ اسفند ۱۳۹۱ تا ۱ شهریور ۱۳۹۲) و بی‌برگی (۱ آذر ۱۳۹۱ تا ۲۴ اسفند ۱۳۹۱)، دوره پژوهش (۱ شهریور ۱۳۹۱ تا ۱ شهریور ۱۳۹۲) و درازمدت (۱۳۹۱-۱۳۷۶)

میانگین بارندگی (میلی‌متر) (\pm خطای معیار)	میانگین دما (درجه سانتی‌گراد) (\pm خطای معیار)	میانگین رطوبت نسبی (درصد) (\pm خطای معیار)	میانگین حداکثر سرعت باد (متر مربع بر ثانیه) (\pm خطای معیار)
دوره برگذار	۲۳/۰ ($\pm ۲/۵$)	۳۵/۱ ($\pm ۴/۵$)	۲۰/۱ ($\pm ۲/۱$)
دوره بی‌برگی	۶/۸ ($\pm ۱/۳$)	۵۳/۵ ($\pm ۳/۳$)	۱۸/۶ ($\pm ۱/۷$)
دوره پژوهش	۱۷/۶ ($\pm ۲/۹$)	۴۱/۳ ($\pm ۴/۱$)	۱۹/۶ ($\pm ۱/۷$)
درازمدت	۱۷/۰ ($\pm ۰/۱$)	۴۰/۱ ($\pm ۰/۹$)	۱۸/۴ ($\pm ۰/۸$)



روش پژوهش

مقدار GR و TF از ۱ شهریور ۱۳۹۱ تا ۱ شهریور ۱۳۹۲، اندازه‌گیری شد. مقدار GR با استفاده از ۶ باران‌سنج دستی در نزدیک‌ترین فضای باز به درختان مورد پژوهش (تقریباً ۴۰ متر)، به صورت دستی جمع‌آوری شد و حجم GR با کمک استوانه مدرج (دقت ۱ میلی‌لیتر) اندازه‌گیری شد. میانگین ۶ باران‌سنج، مقدار GR در هر بارندگی در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری مقدار TF ، ۱۲ باران‌سنج دستی، مشابه با باران‌سنج‌های GR ، براساس طرحی تصادفی در زیر تاج هر یک از درختان نصب شد [۴۹]، به طوری که سطح تاج هر درخت به طور یکنواخت پوشیده شد. اندازه‌گیری حجم TF هم‌زمان با اندازه‌گیری حجم GR انجام گرفت و میانگین TF ۱۲ باران‌سنج به عنوان TF هر درخت در هر رخداد GR در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری‌های مقادیر GR و TF حداکثر پنج ساعت پس از اتمام هر رخداد بارندگی و در صورت وقوع بارندگی در شب، قبل از طلوع خورشید انجام گرفت. حداقل زمان ده ساعت بدون بارندگی برای تفکیک GR ها از یکدیگر در نظر گرفته شد، با این فرض که در این مدت تاج پوشش می‌تواند کاملاً خشک شود.

مرور منابع نشان می‌دهد که با توجه به فراوانی زیاد مقدارهای کم GR در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک [۶۷]، ساقاب (SF)، اغلب سهم بسیار کوچکی از هر GR را در این مناطق به خود تخصیص می‌دهد و اندازه‌گیری آن نسبت به این سهم اندک، بسیار وقتگیر و پرهزینه است [۱، ۴۰، ۶۸، ۶۹]؛ بنابراین در این پژوهش

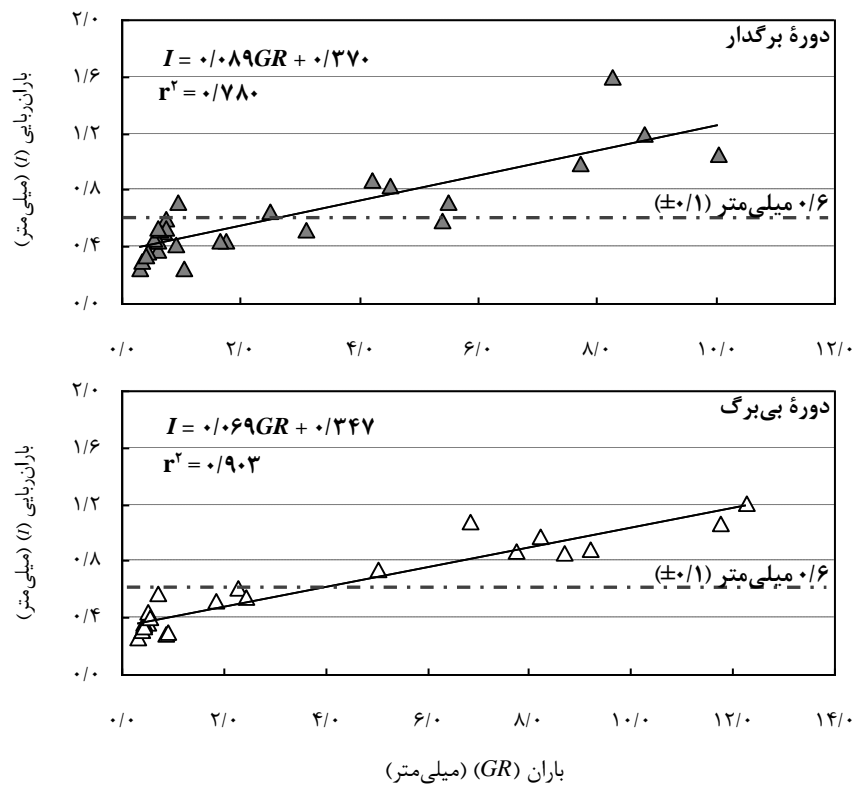
از اندازه‌گیری آن صرف‌نظر و مقدار I در هر رخداد بارندگی، از تفاضل مقدار TF از مقدار GR محاسبه شد. در این پژوهش، GR ها به دو دوره برگدار (۱ شهریور ۱۳۹۱ تا ۳۰ آبان ۱۳۹۱ و ۲۵ اسفند ۱۳۹۱ تا ۱ شهریور ۱۳۹۲) و بی‌برگی (۱ آذر ۱۳۹۱ تا ۲۴ اسفند ۱۳۹۱) تقسیم شدند. شناسایی دوره‌های فنولوژیک تاج پوشش به صورت چشمی صورت گرفت.

نتایج و بحث

در طول دوره اندازه‌گیری، ۵۰ رخداد GR با عمق تجمعی ۱۵۶۷۰ میلی‌متر ثبت شد که در دوره برگدار ۲۸ رخداد با عمق ۷۳/۶ میلی‌متر و در دوره بی‌برگی ۲۲ رخداد با عمق تجمعی ۸۲/۴ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. میانگین، کمترین و بیشترین GR ، در کل دوره (\pm خطای معیار) به ترتیب ۳/۱ (۵/۰)، ۰/۳ و ۱۲/۳ میلی‌متر بود. همچنین شاخص‌های یادشده در مورد مقادیر GR ، در دوره برگدار به ترتیب ۲/۶ (۱/۰)، ۰/۳ و ۱۰/۱ میلی‌متر و در دوره بی‌برگی به ترتیب ۳/۸ (۲/۰)، ۰/۳ و ۱۲/۳ میلی‌متر بود.

مقدار I تجمعی تک‌درختان زبان‌گنجشک در کل دوره پژوهش و در دوره‌های برگدار و بی‌برگی به ترتیب ۳۰/۳ میلی‌متر (۱۹/۴ درصد)، ۱۷/۰ میلی‌متر (۲۳/۰ درصد) و ۱۳/۳ میلی‌متر (۱۶/۲ درصد) به دست آمد. I پهن‌برگان خزان‌کننده بین ۱۰ تا ۵۵ درصد از GR سالانه را تشکیل می‌دهد [۷، ۸]. یافته‌های این پژوهش همسو با مطالعات متعدد دیگر است که نشان می‌دهند I پهن‌برگان خزان‌کننده در دوره برگدار بیشتر از دوره بی‌برگی است [۴۰-۴۷].

بین I و GR تک‌درختان زبان‌گنجشک در کل دوره همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد



شکل ۱. رابطه بین باران‌ریایی (I) و باران (GR) (میلی‌متر) در تک‌درختان زبان‌گنجشک در دوره‌های برگدار (۲۸ رخداد GR) و بی‌برگی (۲۲ رخداد GR) در پارک جنگلی چیتگر، تهران. هر مثلث به یک رخداد GR اشاره دارد. خط چین میانگین مقدار I و عدد داخل پرانتز، خطای معیار میانگین را نشان می‌دهند.

انجام گرفته بر روی پهن‌برگان خزان‌کننده در جهان است. برای نمونه، دیوید و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهش خود بر روی تک‌درختان *Quercus ilex*، مقدار سالانه $I:GR$ را ۲۱/۷ درصد بیان کردند [۶۹]. فتوحی‌زاده و همکاران (۲۰۱۳) درصد $I:GR$ در تک‌درختان *Q. brantii* var. *persica* را در دوره برگدار و بی‌برگی به ترتیب ۳۱ و ۱۴ درصد به دست آوردند [۴۰]. اختلاف مقادیر درصد I تجمعی و نسبی در پژوهش حاضر و سایر مطالعات در این زمینه را می‌توان به اختلاف در عوامل تأثیرگذار بر I ارتباط داد که در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین اختلاف این مقادیر در دوره‌های برگدار و بی‌برگی به دلیل اختلاف در مقادیر

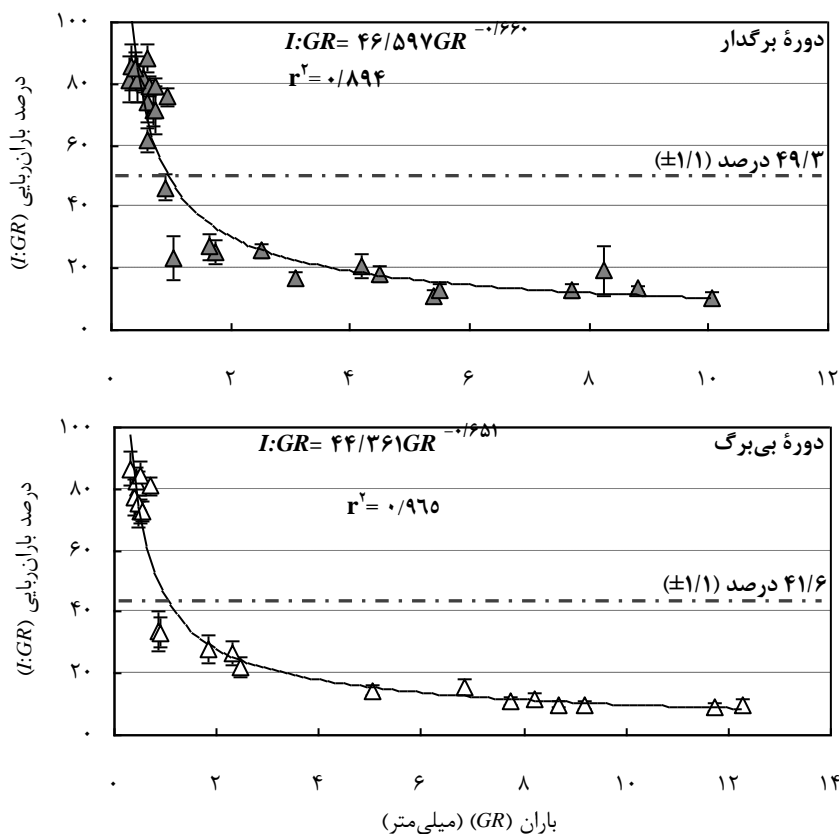
همچنین دیده شد. $(I = 0.075GR + 0.371; r^2 = 0.743)$ در دوره‌های برگدار ($r^2 = 0.780$) و بی‌برگ ($r^2 = 0.903$) این همبستگی‌ها به صورت مثبت و معنی‌دار مشاهده شدند ($P < 0.01$) (شکل ۱). میانگین درصد I نسبی ($I:GR$) تک‌درختان زبان‌گنجشک در کل دوره و در دوره‌های برگدار و بی‌برگی به ترتیب ۶۷/۶ درصد ($\pm 4/4$)، ۴۹/۳ درصد ($\pm 1/1$) و ۴۱/۶ درصد ($\pm 1/1$) به دست آمد. مقایسه میانگین درصد $I:GR$ در بین دوره‌های برگدار و بی‌برگی با استفاده از آزمون t نشان داد که بین درصد $I:GR$ در این دو دوره اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($P < 0.01$). میانگین درصد $I:GR$ در کل دوره پژوهش، دوره برگدار و دوره بی‌برگ، تقریباً مشابه دیگر مطالعات

همچنین با استفاده از آزمون توکی، بین درصد $I:GR$ و باران‌ها در کلاسه خیلی کم (۲/۵-۰/۱ میلی‌متر) با دیگر کلاسه‌ها، اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد دیده شد. در رخدادهای باران با مقدار کم، بخش زیادی از بارندگی صرف اشباع تاج می‌شود و با توجه به اینکه مقدار S پهن‌برگان تا ۲/۷ میلی‌متر [۶۵] گزارش شده است، در GR های با مقدار کم، سهم بیشتری از هر GR صرف I می‌شود و در نتیجه درصد $I:GR$ افزایش می‌یابد [۴۰، ۴۵، ۴۶].

GR ، ریزش برگ‌ها و تفاوت در مقدار پارامترهای اقلیمی در این دو دوره است.

بین درصد $I:GR$ و GR در دوره‌های برگ‌دار و بی‌برگی، روابط معنی‌دار توانی کاهشی با ضرایب تعیین (r^2) به ترتیب ۰/۸۹۴ و ۰/۹۶۵ دیده شد (شکل ۲).

نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش مقدار GR ، درصد $I:GR$ کاهش می‌یابد (جدول ۴) که مطالعات دیگر نیز این یافته را تأیید می‌کنند [۱۷، ۴۰].



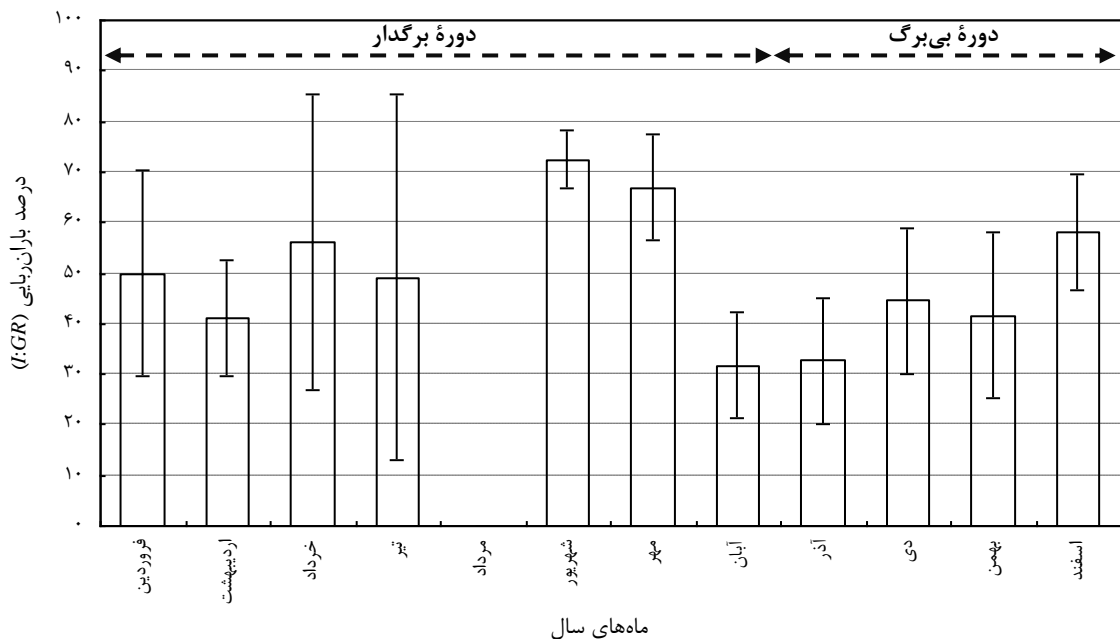
شکل ۲. رابطه بین درصد باران‌ریایی $(I:GR)\%$ و باران (GR) در تک‌درختان زبان‌گنجشک در دوره‌های برگ‌دار (۲۸ رخداد GR) و بی‌برگ (۲۲ رخداد GR) در پارک جنگلی چیتگر، تهران. هر مثلث به یک رخداد GR اشاره دارد. بارها نشان‌دهنده خطای معیار است. خط چین میانگین درصد $I:GR$ در هر رخداد و عدد داخل پیرانتز خطای معیار میانگین را نشان می‌دهند.

جدول ۴. تعداد رخداد و مقدار بارندگی (GR)، درصد باران‌رایی تجمعی و باران‌رایی نسبی ($I:GR$) تک‌درختان زبان‌گنجشک در پارک جنگلی چیتگر در ۵۰ رخداد GR ، در پنج کلاسه مقدار GR

I		GR		GR کلاسه
درصد $I:GR$	درصد I تجمعی	مجموع مقادیر (میلی‌متر)	تعداد رخداد	
۶۴/۹	۵۱/۹	۲۶/۲	۳۲	خیلی کم ($>2/5$ میلی‌متر)
۲۰/۴	۲۰/۰	۱۴/۳	۴	کم ($2/5-5/0$ میلی‌متر)
۱۳/۵	۱۳/۷	۲۲/۸	۴	متوسط ($5/1-7/5$ میلی‌متر)
۱۲/۶	۱۲/۶	۵۸/۶	۷	زیاد ($7/6-10/0$ میلی‌متر)
۹/۸	۹/۷	۳۴/۱	۳	خیلی زیاد ($<10/0$ میلی‌متر)

نسبت به ماه‌های دیگر سال بیشتر است (۲۸ درجه سانتی‌گراد) و میزان آب‌دوستی برگ‌ها نسبت به سردترین ماه سال (دی با میانگین ۸ درجه سانتی‌گراد) بیشتر است و انتظار می‌رود که درصد $I:GR$ در ماه‌های تیر و دی به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر را به خود اختصاص دهد، ولی شهریور با میانگین ۴ میلی‌متر GR در هر رخداد بارندگی، بیشترین درصد $I:GR$ ماهانه، و آبان با میانگین ۰/۷ میلی‌متر در هر رخداد GR ، کمترین درصد $I:GR$ را دارا بودند.

براساس شکل ۳، بیشترین درصد $I:GR$ در شهریور (۷۲/۵ درصد) و کمترین آن در آبان (۳۱/۷ درصد) است (مرداد فاقد رخداد GR بود). همچنین در پرباران‌ترین ماه سال (آذر با ۳۸ میلی‌متر)، درصد $I:GR$ برابر با ۳۲/۸ بود. پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که از بین پارامترهای هواشناسی، مقدار GR بیشترین اثرگذاری را بر درصد $I:GR$ دارد [۱]. در پژوهش حاضر مقدار GR بیشترین تأثیر را بر درصد ماهانه $I:GR$ داشت؛ بنابراین اگرچه میانگین دمای هوا در ماه تیر



شکل ۳. تغییرات ماهانه درصد باران‌رایی ($I:GR$) در تک‌درختان زبان‌گنجشک در دوره پژوهش در پارک جنگلی (از تاریخ ۱۳۹۱/۰۶/۰۱ تا ۱۳۹۲/۰۶/۰۱) چیتگر، تهران. بارها نشان‌دهنده خطای معیار است.

نتیجه‌گیری

آگاهی از مقدار I تاج درختان به‌عنوان یک کاهش در مقدار آب ورودی (NR) به مناطق جنگلکاری‌شده در مناطق خشک و نیمه‌خشک ضروری است و با انتخاب گونه مناسب می‌توان شاهد افزایش معنی‌دار سالیانه آب در این مناطق بود. این امر برای مناطق خشک و نیمه‌خشک که مقدار I تأثیر مهمی در تراز آبی دارد، از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به اینکه مقدار I در مطالعات در زمینه تراز آبی در جنگلکاری‌ها در ایران بررسی نشده است، در آینده به توجه بیشتری نیاز دارد. انتخاب گونه‌هایی با مقدار I کم، سبب افزایش آب رسیده به سطح خاک جنگل می‌شود و این امر به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک که به کمبود آب دچارند، بسیار مهم است. عوامل زیادی در انتخاب گونه برای جنگلکاری‌ها مؤثرند و برای انتخاب گونه

باید همه عوامل را در نظر گرفت، آگاهی از میزان I در کنار دیگر عوامل اکوهیدرولوژیکی درختان (مانند تعرق و باران‌ریایی تنه) می‌تواند در انتخاب گونه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که با کمبود آب مواجه‌اند، مؤثر باشد. در این مناطق، مقدار و توزیع آب بر وسعت پوشش گیاهی و الگوهای حضور و ریشه‌دوانی درختان تأثیر می‌گذارد و بنابراین رفتار درختان و زیراشکوب آنها را تعیین می‌کند.

سپاسگزاری

از آقایان مهندس سید غلامرضا صادقی، میثم جبّاری، شجاعت باباپور و حسن نوشادی که هر یک به‌نحوی در مراحل اجرای این پژوهش کمک کردند، صمیمانه تشکر می‌کنیم.



References

- [1]. Bagheri, H., and Attarod, P. (2012). The effect of the meteorological parameters and rainfall size on rainfall interception of *Cupressus arizonica* and *Pinus eldarica* in the arid climate zone (case study: Biarjmand-e Shahroud). *Iranian Journal of Forest*, 3(4): 291-303.
- [2]. Hüttel, R.F., Schneider, B.U., and Farrell, E.P. (2000). Forests of the temperate region: gaps in knowledge and research needs. *Forest Ecology and Management*, 132: 83-96.
- [3]. Chang, M. (2006). *Forest Hydrology: An Introduction to Water and Forests*, Second ed. Taylor and Francis, Boca Raton.
- [4]. 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.
- [5]. Gerrits, A.M.J., Pfister, L., and Savenije, H.H.G. (2010). Spatial and temporal variability of canopy and forest floor interception in a beech forest. *Hydrological Processes*, 24: 3011-3025.
- [6]. Gash, J.H.C., and Morton, A.J. (1978). An application of the Rutter model to the estimation of the interception loss from the Thetford forest. *Journal of Hydrology*, 48: 89-105.
- [7]. McNaughton, K.G., and Jarvis, P.G. (1983). *Predicting effects of vegetation changes on transpiration and evaporation*. In: Kozłowski, T.T. (Ed.), *Water Deficits and Plant Growth*, vol. VII. Academic Press, pp.
- [8]. Calder, I.R. (1990). *Evaporation in the Uplands*. Wiley, New York.
- [9]. Carlyle-Moses, D.E. (2004). Throughfall, stemflow, and canopy interception loss fluxes in a semi-arid Sierra Madre Oriental matorral community. *Journal of Arid Environments*, 58: 181-202.
- [10]. Zinke, P.J. (1967). Forest interception study in the United States. In: International symposium on forest hydrology, W.E. Soper and H.W. Lull, (eds.), Pergamon Press, Oxford, pp. 137-161.
- [11]. Rutter, A.J., Morton, A.J., and Robins, P.C. (1975). A predictive model of rainfall interception in forests. II. Generalization of the model and comparison with observations in some coniferous and hardwood stands. *Journal of Applied Ecology*, 12: 367-380.
- [12]. Ford, E.D., and Deans, J.D. (1978). The effects of canopy structure on stemflow, throughfall, and interception loss in a young Sitka Spruce plantation. *Journal of Applied Ecology*, 15: 905-917.
- [13]. Black, T.A., Tan, C.S., and Nnyamah, J.U., 1980. Transpiration rate of Douglas-fir trees in thinned and un-thinned stands. *Canadian Journal of Soil Science*, 60(4): 625-631.
- [14]. Dingman, S.L. (1994). *Physical Hydrology*, Prentice Hall: New York.
- [15]. Lundberg, A., Eriksson, M., Halldin, S., Kelliner, E., and Seibert, J. (1997). New Approach to the Measurement of Interception Evaporation. *Journal of Atmospheric and Ocean Technology*, 14: 1023-1035.
- [16]. Iroumé, A., and Huber, A. (2002). Comparison of interception losses in a broadleaved native forest and a *Pseudotsuga menziesii* (Douglas fir) plantation in the Andes Mountains of southern Chile. *Hydrological Processes*, 16: 2347-2361.
- [17]. 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.
- [18]. Bryant, M., Bhata, S., and Jacobs, J. (2005). Measurements and Modeling of throughfall variability for five forest communities in the Southeastern US. *Journal of Hydrology*, 312: 95-108.



- [19]. Toba, T., and Ohta, T. (2005). An observational study of the factors that influence interception loss in boreal and temperate forests. *Journal of Hydrology*, 313: 208-220.
- [20]. Raupach, M.R., Finnigan, J.J., and Brunet, Y. 1996. Coherent eddies and turbulence in vegetation canopies: the mixing-layer analogy. *Boundary-Layer Meteorology*, 78: 351-382.
- [21]. Keim, R.F., Skaugest, A.E., and Weiler, M. (2005). Temporal persistence of spatial patterns in throughfall. *Journal of Hydrology*, 314: 263-274.
- [22]. 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.
- [23]. Brooks, K.N, Ffolliott, P.F., Gregersen, H.M., and DeBano, L.F. (2003). *Hydrology and the Management of Watersheds*. Iowa State Press, Iowa.
- [24]. Crockford, R.H., and Richardson, D.P. (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*, 4: 169-188.
- [25]. Germer, S., Elsenbeer, H., and Moraes, J.M. (2005). Throughfall and temporal trends of rainfall redistribution in an open tropical rainforest, south-western Amazonia (Rondonia, Brazil). *Hydrology and Earth System Sciences*, 10(3): 383-393.
- [26]. Gash, J.H.C., Lloyd, C.R., and Lachaud, G. (1995). Estimating sparse forest rainfall interception with an analytical model. *Journal of Hydrology*, 170(1-4): 79-86.
- [27]. Nanko, K., Hotta, N., and Suzuki, M. (2006). Evaluating the influence of canopy species and meteorological factors on throughfall drop size distribution. *Journal of Hydrology*, 329: 422-431.
- [28]. Plamondon, A.P., Prevost, M., and Naud, R.C. (1984). Interception de la pluie dans la sapinière bouleau blanc, Forêt Montmorency. *Canadian Journal of Forest Research*, 14: 722-730.
- [29]. Giles, D.G., Black, T.A., and Spittlehouse, D.L. (1985). Determination of growing season soil water deficits on a forested slope using water balance analysis. *Canadian Journal of Forest Research*, 15: 107-114.
- [30]. Gush, M.B., Scott, D.F., Jewitt, G.P.W., Schulze, R.E., Lumsden, T.G., Hallows, L.A., and Görgens, A.H.M. (2001). Estimation of streamflow reductions resulting from commercial afforestation in South Africa. *Department of Water Affairs and Forestry*. Pretoria, RSA.
- [31]. Pypker, T.G., Baond, B.J., Link, T.E., Marks, D., and Unsworth, M.H. (2005). The importance of canopy structure in controlling the interception loss of rainfall: examples from a young and an old-grown Douglas-fir forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 130: 113-129.
- [32]. Pypker, T.G., Tarasoff, C.S, and Koh, H.S. (2012). Assessing the efficacy of two indirect methods for quantifying canopy variables associated with the interception loss of rainfall in temperate hardwood forests. *Open Journal of Modern Hydrology*, 2: 29-40.
- [33]. Sanders, R.A. (1986). Urban vegetation impacts on the hydrology of Dayton, Ohio. *Urban Ecology*, 9: 361-376.
- [34]. Calder, I.R., Hall, R.L., Rosier, P.T.W., Bastable, H.G., and Prasanna, K.T. (1996). Dependence of rainfall interception on drop size: 2. Experimental determination of the wetting functions and two-layer stochastic model parameters for five tropical tree species. *Journal of Hydrology*, 185: 379-388.
- [35]. Aboal, J.R., Jiménez, M.S. Morales, D., and Hernández, J.M. (1999). Rainfall interception in laurel forest in the Canary Islands. *Agricultural and Forest Meteorology*, 97: 73-86.

- [36]. Llorens, P., and Gallart, F. (2000). A simplified method for forest water storage capacity measurement. *Journal of Hydrology*, 240: 131-144.
- [37]. Xiao, Q.F., and McPherson, E.G. (2002). Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. *Urban Ecosystems*, 6: 291-302.
- [38]. Price, A.G., and Carlyle-Moses, D.E. (2003). Measurement and modelling of growing-season canopy water fluxes in a mature mixed deciduous forest stand, southern Ontario, Canada. *Agricultural and Forest Meteorology*, 119: 69-85.
- [39]. Guevara-Escobar, A., Gonzalez-Sosa, E., Veliz-Chavez, C., Ventura-Ramos, E., and Ramos-Salinas, M. (2007). Rainfall interception and distribution patterns of gross precipitation around an isolated *Ficus benjamina* tree an urban area. *Journal of Hydrology*, 333(2-4): 532-541.
- [40]. Fathizadeh, O., Attarod, P., Pypker, T.G., Darvishsefat, A.A., and Zahedi Amiri, G. (2013). Seasonal variability of rainfall interception and canopy storage capacity measured under individual oak (*Quercus brantii*) trees in Western Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15:175-188.
- [41]. Leyton, L., Reynolds, E.R.C., and Thompson, F.B. (1967). Rainfall interception in forest and moorland. In: Sopper, W.E., Lull, H.W. (Eds.), International Symposium on Forest Hydrology, Pennsylvania State University, Pergamon Press, pp. 163-178.
- [42]. Lindroth, A., and Halldin, S. (1986). Numerical analysis of Pine forest evaporation and surface resistance. *Agricultural and Forest Meteorology*, 38: 59-80.
- [43]. Dolman, A.J. (1987). Summer and winter rainfall interception in an Oak forest. Predictions with an analytical and a numerical simulation model. *Journal of Hydrology*, 90: 1-9.
- [44]. Neal, C., Robson, A.J., Bhardwaj, C.L., Conway, T., Jefery, H.A., Meal, M., Ryland, GP., Smith, C.G., and Walls, J. (1993). Relationship between precipitation, stemflow and throughfall for a lowland beech plantation, Black wood, Hampshire, Southern England: interception at a forest edge and the effects of storm damage. *Journal of Hydrology*, 146: 221-233.
- [45]. Deguchi, A., Hattori, S., and Park, H. (2006). The influence of seasonal changes in canopy structure on interception loss: application of the revised Gash model. *Journal of Hydrology*, 319: 80-102.
- [46]. Herbst, M., Rosier, P.T.W., McNeil, D.D., Harding, R.J., and Gowing, D.J. (2008). Seasonal variability of interception evaporation from the canopy of a mixed deciduous forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148: 1655-1667.
- [47]. Staelens, J., De Schrijver, A.D., Verheyen, K., and Verhoest, N. (2008). Rainfall partitioning into throughfall, stemflow, and interception within a single beech (*Fagus sylvestris* L.) canopy: influence of foliation, rain event characteristics, and meteorology. *Hydrological Processes*, 22: 33-45
- [48]. Asadian, Y., and Weiler, M. (2009). A new approach in measuring rainfall interception by urban trees in Coastal British Columbia. *Water Quality Research Journal of Canada*, 44(1): 16-25.
- [49]. Xiao, Q.F., and McPherson, E.G. (2011). Rainfall interception of three trees in Okland, California. *Urban Ecosystems*, 14: 755-769.
- [50]. Horton, R.E. (1919). Rainfall interception. *Monthly Weather Review*, 47: 608-623.
- [51]. Aston, A. (1979). Rainfall interception by eight small trees. *Journal of Hydrology*, 42: 386-396.
- [52]. Schellekens, J., Scatena, F.N., Bruijnzeel, L.A., and Wickel, A.J. (1999). Modelling rainfall interception by a lowland tropical rain forest in northeastern Puerto Rico. *Journal of Hydrology*, 225: 168-184.

- [53]. Wang, A., Diao, Y., Pei, T., Jin, C., and Zhu, J. (2007). A semi-theoretical model of a canopy rainfall interception for a broad-leaved tree. *Hydrological Processes*, 21(18): 245-2463.
- [54]. Asdask, C., Jarvis, P.G., Van Gardingen, P., and Fraser, A. (1998). Rainfall interception loss in unlogged and logged forest areas of Central Kalimantan, Indonesia. *Journal of Hydrology*, 206: 237-244.
- [55]. Gash, J. (1979). An analytical model of rainfall interception by forest. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 105: 43-55.
- [56]. Loustau, D., Bergigier, P., and Granier, A. (1992). Interception loss, throughfall and stemflow in a maritime pine stand. II. An application of Gash's analytical model of interception. *Journal of Hydrology*, 138: 469-485.
- [57]. Viville, D., Biron, P., Granier, A., and Probst, A. (1993). Interception in a mountainous declining spruce stand in the Strengbach catchment (Vosges, France). *Journal of Hydrology*, 144: 273-282.
- [58]. Hörmann, G., Branding, A., Clemen, T., Herbst, M., Hinrichs, A., and Thamm, F. (1996). Calculation and simulation of wind controlled canopy interception of a beech forest in Northern Germany. *Agricultural and Forest Meteorology*, 79: 131-148.
- [59]. Lankreijer, H., Lundberg, A., Grelle, A., Lindroth, A., and Seibert, J. (1999). Evaporation and storage of intercepted rain analysed by comparing two models applied to a boreal forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 98-99: 595-604.
- [60]. Van Der Tol, C., Gash, J.H.C., Grant, S.J., McNeil, D.D., and Robinson, M. (2003). Average wet canopy evaporation for a Sitka spruce forest derived using the eddy correlation-energy balance technique. *Journal of Hydrology*, 276: 12-19.
- [61]. Aussenac, G., and Boulangeat, C. (1980). Interception des précipitations et évapotranspiration réelle dans des peuplements de feuillus (*Fagus sylvatica* L.) et de résineux (*Pseudotsuga menziessi* (Mirb) Franco). *Annals of Forest Science*, 37: 91-107.
- [62]. Breuer, L., Eckhardt, K., and Frede, H.G. (2003). Plant parameter values for models in temperate climates. *Ecological Modelling*, 169: 237-293.
- [63]. Komatsu, H., Tanaka, N., and Kume, T. (2007). Do coniferous forests evaporate more water than broad-leaved forests in Japan? *Journal of Hydrology*, 336: 361-375.
- [64]. Augusto, L., Ranger, J., Binkley, D., and Rothe, A. (2002). Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of Forest Science*, 59: 233-253.
- [65]. Gomez, J.A., Vanderlinden, K., Giraldez, J.V. and Fereres, E. (2001). Rainfall concentration under olive trees. *Agricultural Water Management*, 55: 53-70.
- [66]. Pereira, F.L., Gash, J.H.C., David, J.S., David, T.S., Monteiro, P.R., and Valente, F. (2009). Modelling interception loss from evergreen Oak Mediterranean savannas: Application of a tree-based modelling approach. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149: 680-688.
- [67]. Lauenroth, W.K., and Bradford, J.B. (2013). Ecohydrology of dry regions of the United States: water balance consequences of small precipitation events. *Ecohydrology*, 5(1): 46-53.
- [68]. Koichiro, K., and Nobuaki, T. (2004). Rainfall Interception studies of tropical forests in Asia, Abstracts of the Joint AOGS 1st annual meeting and 2nd APHW Conference, Singapore, Vol. II, pp.41.
- [69]. 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.