

بررسی مقدار ربایش و اهمیت آن در مطالعات اکوهیدرولوژی در گیاهان مرتعی

نسرین کلاهچی^{۱*}، محسن محسنی ساروی^۲، علی طویلی^۳، قاسم اسدیان^۴

۱. مربی گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان
۲. استاد گروه احیا و اصلاح مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۳. دانشیار گروه احیا و اصلاح مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۴. مربی پژوهشی گروه مرتعداری مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان

(تاریخ دریافت ۱۳۹۳/۰۱/۲۵ - تاریخ تصویب ۱۳۹۳/۰۵/۲۸)

چکیده

در این تحقیق، مقدار ربایش در برخی از گیاهان غالب بوته‌ای و پهن‌برگ در حوضه آبخیز گنبد واقع در استان همدان با روش وزنی بررسی و اندازه‌گیری شد و در هر گروه مطالعاتی، روابط میان فاکتورهای مورفولوژی گیاه (ارتفاع، قطر بزرگ، قطر کوچک، حجم و سطح تاج‌پوشش) و فاکتورهای فیزیوگرافی حوضه آبخیز (ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب و جهت شیب) با مقدار ربایش در قالب مدل‌های رگرسیونی ساده خطی، غیرخطی و چندمتغیره در نرم‌افزار آماری مینی‌تب ارائه شد. نتایج بیانگر تأثیر معنادار خصوصیات مورفولوژی گیاهان (سطح تاج‌پوشش، حجم گیاه، قطر بزرگ و کوچک گیاه، ارتفاع متوسط گیاه از یقه) بر مقدار ربایش است. به طوری که در سطح معنادار ۱ درصد و ۵ درصد مقدار ربایش در گیاهان بررسی شده، همبستگی قوی با فاکتورهای مورفولوژیکی نشان داد. مقدار ربایش در گیاهان بررسی شده به صورت زیر است: گیاه هزارخار (۰/۳۲۲ درصد)، چوبک (۰/۹۳۹ درصد)، گل ماهور (۱/۰۹۲ درصد)، تلخه‌بیان (۱/۴۷۶ درصد)، گون زرد با حجم بزرگ (۱/۸۵ درصد)، کلاه میرحسن (۲/۵۲ درصد)، گون زرد با حجم کوچک (۴/۴۲ درصد).

کلیدواژگان: اکوسیستم‌های مرتعی، اکوهیدرولوژی، ربایش، گیاهان مرتعی بوته‌ای و پهن‌برگ، مورفولوژی گیاهان.

مقدمه

پوشش گیاهی اولین مانع در برابر قطره‌های باران است و از طریق ربایش، سبب هدررفت بارش و عدم نفوذ آن در خاک می‌شود. ربایش به‌عنوان یکی از اجزای اصلی معادله اکوهیدرولوژی، نقش مهمی در بیلان آبی حوضه‌های آبخیز مراتع دارد. با وجود این، مطالعات کمی در مرتع در زمینه ربایش گیاهان مرتعی صورت گرفته است. بررسی وضعیت اکوهیدرولوژی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، از جدیدترین روش‌های مدیریت منابع آبی در دسترس به‌شمار می‌رود. در این علم کلیه اجزای اکولوژی سیستم‌ها که بر معادله بیلان آبی تأثیرگذارند، بررسی می‌شوند. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، ارتباطی قوی بین فرایندهای اکولوژی و هیدرولوژی، دیده می‌شود. در این مناطق گذشته از کمبود بارش، پراکنش نامنظم و پیش‌بینی‌ناپذیر بارش نیز مشکل‌ساز است. مطالعات اکوهیدرولوژیکی در این نواحی به پوشش گیاهی و تأثیر آن بر بیلان آب‌های سطحی و زیرزمینی توجهی خاص دارد [۱]. مهم‌ترین معادله اکوهیدرولوژی، معادله بالانس یا تعادل آب است.

$$Nz_r(ds(t)/dt) = R(t) - I(t) - Qe(s(t)) - L(s(t)) \quad (1)$$

سمت چپ معادله بیان‌کننده کل آب موجود در عمق ریشه‌دهی گیاه (به‌طور متوسط تا ۳۰ سانتی‌متر از سطح خاک)، فضای خالی موجود در خاک (n)، عمق ریشه‌دهی گیاه یا عمق فعال خاک (Zf)، تغییرات رطوبتی خاک اشباع در طول زمان ds(t)/(dt) و سمت راست معادله شامل بارش R(t)، ربایش I(t)، تبخیر و تعرق (E)، رواناب (Q)، محتوای رطوبتی خاک s(t) و میزان آن (0 ≤ s(t) ≤ 1)، و مقدار هدررفت آب از لایه سطحی و زیرسطحی (دسترسی ریشه گیاه) L(s(t)) است.

در این معادله فاکتورهای تأثیرگذار بر وضعیت اکوهیدرولوژی مناطق با پوشش گیاهی مختلف مطرح است و چارچوب اصلی و متغیرهای مختلف در مطالعات اکوهیدرولوژی را مشخص می‌کند.

ربایش پوشش تاجی گیاهان به‌عنوان اولین واکنش اکولوژیکی بر فرایندهای هیدرولوژیکی در معادله بیلان آبی اهمیت دارد و کمی کردن آن در گیاهان مختلف مورد توجه است. نخستین مطالعات در جنگل‌های ایالات متحده آمریکا، مقدار ربایش از تاج پوشش جنگل‌های سوزنی‌برگ را ۱۰ تا ۳۵ درصد از کل بارش سالانه تخمین زد [۲، ۳].

در جنگل‌های سوزنی‌برگ واقع در شمال غربی اقیانوس آرام، مقدار ربایش، همبستگی قوی و منفی با افزایش قطر قطره‌های باران نشان داد، به‌گونه‌ای که با افزایش قطر باران مقدار ربایش کاهش یافت [۴]. ارتفاع درختان نیز بر ربایش تأثیرگذار است، به‌گونه‌ای که در جنگل‌های فرم درختی کم‌ارتفاع، مقدار ربایش از ۸ تا ۶۰ درصد متغیر است [۵]. در تحقیق شیائو و همکاران در منطقه ساکرامنتو کالیفرنیا متوسط مقدار ربایش سالانه در فصل تابستان در ارتباط با شاخص سطح برگ به‌دست آمد [۶]. برای تخمین مقدار ربایش درختان جنگلی از معادله هورتون [۲] و مدل‌هایی چون مدل آنالیز گش (مدلی برمبنای رگرسیون خطی در جنگل‌های کم‌تراکم) استفاده می‌شود [۷]. در مراتع، اندازه‌گیری مقدار ربایش در فرم‌های رویشی مختلف گیاهان به مهارت و زمان طولانی‌تری نیاز دارد و تغییرات مقدار ربایش در طول فصل رویشی زیاد است. در تحقیق جمعی از محققان دانشگاه رجینا نیز به این نکته اشاره شده و نوسان‌های زیادی در مقدار ربایش در طول فصل رویشی در پهن‌برگان و گندمیان موجود در مرتع گزارش شده است. برای مثال در گیاه گندم بهاره نوسان‌های مقدار ربایش در طول دوره رویشی گیاه از ۱۱ تا ۱۹ درصد متغیر بوده است. در تحقیق کوربت در مراتع سان‌دیماس در جنوب کالیفرنیا، مقدار ربایش در جامعه بوته‌ای چاپارل بیش از ۱۲/۸ درصد و در گراس یکساله ۷/۹ درصد از بارش کل را به خود اختصاص داد که در صورت تبدیل جامعه چاپارل به گراس حدود ۱/۳ اینچ از کل ربایش سالانه ذخیره می‌شود [۸]. وود و همکاران در تحقیقی در منطقه بیابانی چی‌هوهان چین، در بررسی مقدار ربایش از ۱۰ گونه غالب مرتعی با فرم رویشی گراس، بوته و پهن‌برگ به‌روش غوطه‌وری دریافتند که همبستگی قوی بین فاکتورهای ساختاری گیاهان و ربایش وجود دارد [۹]. در تحقیق وانگ و همکاران در منطقه بیابانی شابوتو در چین، مقدار ربایش در جوامع بوته‌ای درمنه^۱ و کاراگانا^۲، در طول بارش‌های منفرد اندازه‌گیری و روابط میان فاکتورهای مورفولوژی گیاهان و فیزیوگرافی حوضه به‌صورت مدل‌های رگرسیونی بیان شد. به‌طوری‌که در بارش با شدت ۲ میلی‌متر بر ساعت، مقدار ربایش در جامعه درمنه با درصد پوشش ۳۰ درصد و فضای خالی بیشتر در تاج پوشش هوایی، کمتر از

1. *Artemisia ordosica*Krasch
2. *Caraganakorshinskii*Kom

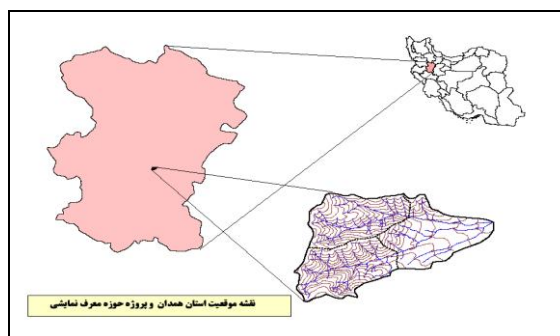
روش تحقیق

اندازه‌گیری مقدار ربایش در گیاهان مرتعی به‌ندرت صورت گرفته و اغلب از روش غیرمستقیم و معادلاتی چون معادله هورتون استفاده شده است [۱۱]. در مطالعه پیش رو به اندازه‌گیری مستقیم مقدار ربایش در گیاه چوبک، کلاه میرحسن، گون زرد، هزارخار، تلخه‌بیان و گل ماهور پرداخته شد. علت انتخاب این گیاهان، درصد پوشش و تراکم زیاد آنها در منطقه است، به‌طوری‌که در تمام تیپ‌های گیاهی منطقه، حضور گیاهان یادشده به‌عنوان گیاه غالب یا گیاه اول در فهرست گیاهان همراه، حائز اهمیت است. گیاه کلاه میرحسن از تیره گل بهمن و دارای ۸۳ گونه خاردار و اغلب پشته‌ای است و بیشتر گونه‌های آن انحصاری ایران است. این گیاه در مناطق استپی تا ارتفاعات کوهستانی می‌روید و از عناصر منطقه ایران‌تورانی محسوب می‌شود [۱۲]. گیاه چوبک، از تیره میخک و دارای ۳۲ گونه بوته‌ای در مناطق کوهستانی و بیابانی است. ۹ گونه این گیاه انحصاری ایران هستند. گیاه هزارخار یا کوزل از تیره کاسنی و دارای ۲۱۰ گونه خشبی یکساله و چندساله و اغلب خاردار است که همگی یا انحصاری ایران‌اند یا در محدوده فلور ایرانیکا می‌رویند. گیاه تلخه‌بیان از تیره پروانه‌آسیان و دارای سه گونه علفی چندساله و درختچه‌ای در ایران است. گیاه گل ماهور یا خرگوشک از تیره اسکروفولاریاسه و در ایران ۴۱ گونه علفی چندساله و اغلب پرشاخه و بلند دارد که بیشتر در دشت‌ها و دامنه‌های کوهستانی می‌روید [۱۲]. گون زرد گیاهی از تیره پروانه‌آسیان و دارای گونه‌های درختچه‌ای و علفی متعددی است، اغلب به‌حالت خودرو و خاردار در نواحی کوهستانی دیده می‌شود و بیش از ۸۰۴ گونه آن در نقاط مختلف ایران می‌روید [۱۳]. محققان مختلف، مطالعاتی را در خصوص ویژگی‌های ساختاری و به‌ویژه کتیرای حاصل از برخی گونه‌های گون صورت داده‌اند و معادلات رگرسیونی مختلفی در این زمینه معرفی شده است [۱۴]. تاکنون در ایران مطالعاتی در خصوص مقدار ربایش در گیاهان مذکور و اهمیت اکوهیدرولوژیکی آنها صورت نگرفته است. این گیاه از طریق ربایش تاجی، در بیلان آبی حوضه‌های آبخیز مراتع نیز نقش مهمی دارند. برای تعیین مقدار ربایش در گیاهان، در هریک از واحدهای کاری که از طریق عکس هوایی، نقشه توپوگرافی و تلفیق آنها در نرم‌افزار Arc GIS به‌دست آمده است، در ابتدا از ۶۵ کلاس کاری به‌دست‌آمده در منطقه مطالعاتی،

جامعه کاراگانا به‌دست آمد [۱۰]. بر این اساس، در حوضه آبخیز مراتع گنبد واقع در استان همدان به بررسی مقدار ربایش در برخی گیاهان بوته‌ای و پهن‌برگ غالب پرداخته می‌شود تا اهمیت گیاهان در کاهش یا افزایش بارش مؤثر و در نهایت تأثیر گیاهان در وضعیت اکوهیدرولوژی حوضه‌های آبخیز مشخص شود.

مواد و روش‌ها

حوضه آبخیز گنبد با مساحت ۳۰۰ هکتار، در ۲۸ کیلومتری شهر همدان با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه ۵ و ثانیه تا ۴۸ درجه و ۴۳ دقیقه و ۱۷ ثانیه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۴۱ دقیقه و ۳۴ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۴۲ دقیقه و ۱۶ ثانیه عرض شمالی و در حوضه آبخیز قره‌چای قرار دارد (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت حوضه مطالعاتی گنبد

حداقل ارتفاع حوضه ۲۰۸۰ متر و حداکثر ارتفاع آن ۲۴۴۰ متر از سطح دریا و درصد شیب حوضه ۵ تا ۴۲ درصد است. میانگین بارش سالانه ۳۰۴/۲ میلی‌متر است و شدت بارش در طول سال از ۰/۱ تا ۷/۹ میلی‌متر در ساعت متغیر است. پراکنش بارش نامنظم و طول دوره آن از اواسط آبان تا اواسط فروردین است. متوسط درجه حرارت سالانه ۵/۸۹ درجه سانتی‌گراد، متوسط رطوبت نسبی سالانه ۵۸/۷ درصد و مقدار تبخیر و تعرق سالانه بیشتر از بارش است. با استفاده از روش دومارتن، اقلیم منطقه خشک و براساس روش کوپن، اقلیم منطقه استپی است. بافت خاک از متوسط تا سنگین متغیر است و از نظر زمین‌ساخت در ناحیه دگرگونی سنندج- سیرجان قرار دارد. بر پایه مشاهدات صحرایی و فتوژئولوژی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، سه واحد فیزیوگرافی کوهستان، تپه‌ماهور و فلات در منطقه مشخص است.

خشک گیاهان بررسی شده، به دست آمد و بر سطح تاج پوشش گیاه تقسیم شد.

نتایج

به منظور تعیین مقدار ربایش در گیاهان تحت بررسی، از روش مستقیم (تفاوت وزن تر و خشک) استفاده شد، بدین صورت که تاج پوشش هوایی گیاهان بلافاصله پس از بارش جمع آوری و در چند مرحله توزین شد و مقدار ربایش براساس سه عدد به دست آمد. عدد اول نشان دهنده تغییرات وزن تاج پوشش جمع آوری شده در حالت های مرطوب و خشک بر حسب گرم است و عدد دوم از تقسیم عدد اول بر سطح تاج پوشش گیاهان بر حسب سانتی متر به دست می آید؛ عدد سوم نیز بیانگر درصد ربایش از کل بارش (۲۸ میلی متر) است. سایر خصوصیات مورفولوژی گیاهان از جمله قطر بزرگ، قطر کوچک، حداکثر و متوسط ارتفاع گیاه، همگی بر حسب سانتی متر، و سطح تاج پوشش هوایی بر حسب سانتی متر مربع و حجم هر پایه گیاهی بر حسب سانتی متر مکعب که حاصل ضرب قطر بزرگ و کوچک گیاه و ارتفاع متوسط گیاه است، مشخص شد. خصوصیات فیزیوگرافی هر نقطه نمونه برداری شامل ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت شیب نیز بررسی شد. در ۵۴ بارش مصنوعی ایجاد شده از طریق دستگاه شبیه ساز بارش، گیاهان موجود در پلات جمع آوری و توزین شد. داده های به دست آمده، برای آنالیز به نرم افزار Minitab معرفی شد و روابط همبستگی آنها به دست آمد. از طریق آزمون stepwise و مدل backward نیز داده ها آنالیز شد و معادلات چندمتغیره بر مبنای بیشترین ضرایب همبستگی به دست آمد. همبستگی پیرسون بین عوامل مختلف محیطی و مورفولوژیکی گیاهان و مقدار ربایش بررسی و از مقادیر احتمال ($P < 0/05$, $P < 0/01$) برای معنادار بودن همبستگی ها استفاده شد و برای تعیین دامنه اطمینان میانگین های به دست آمده از آزمون تی استیودنت بهره گرفته شد.

ربایش در گیاه *Astragalus parrowianus*

برای تعیین مقدار ربایش در گیاه گون زرد به علت پراکنندگی زیاد در ابعاد حجمی گیاه، نمونه های جمع آوری شده در دو کلاس حجمی قرار گرفتند: کلاس اول با دامنه حجمی ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۰۲ متر مکعب و کلاس دوم با دامنه حجمی ۰/۰۲ تا ۰/۰۸۷ متر مکعب. داده های

واحدهای کاری با مساحت کم و دامنه های سنگلاخی حذف شدند و در نهایت براساس بیشترین فراوانی کلاس ها در منطقه، ۹ کلاس کاری مجزا انتخاب شد و در هر واحد کاری، شبیه سازی بارش در شش تکرار انجام گرفت. استقرار دستگاه شبیه ساز بارش در کلاس های نه گانه در اواسط هر دامنه و با فاصله تقریبی ۱۰ تا ۲۰ متر در تیمارهای یک و دو اجرا شد. درصد پوشش گیاهی و لاشبرگ در گروه اول یا پلات های دارای پوشش گیاهی، ۹۰ تا ۱۰۰ درصد و متوسط لاشبرگ در گروه دوم یا پلات های فاقد پوشش گیاهی، ۱ تا ۲ درصد و متوسط خاک لخت ۸۵ تا ۹۰ درصد بود. اجرای بارش با شدت ثابت ۵ میلی متر در ساعت در تمام پلات ها و تا شروع رواناب در مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه صورت گرفت. به طور متوسط زمان شروع رواناب در پلات ها از ۵ تا ۶۰ دقیقه از شروع بارش، متغیر بود. خصوصیات مورفولوژیکی گیاهان شامل حداکثر ارتفاع گیاه، ارتفاع متوسط گیاه، قطرهای کوچک و بزرگ گیاه، درصد پوشش گیاهی، لاشبرگ، سنگ و سنگریزه در هر پلات ثبت شد. پس از پایان بارش نیز ربایش تاجی به روش وزنی (تفاضل وزن تر و خشک) محاسبه شد. در دامنه های سنگی و سنگریزه ای با مقدار نفوذ زیاد و در دامنه هایی با شیب زیاد که امکان تراز کردن دستگاه وجود نداشت، از اجرای بارش چشم پوشی شد.

مراحل اجرای بارش با دستگاه شبیه ساز بارش

دستگاه شبیه ساز بارش قابل حمل مراتع قادر است بارشی از ارتفاع ۱۰۵ سانتی متری از سطح زمین، به مقدار ۲۸ میلی متر را با شدتی معادل ۵ میلی متر بر ساعت از طریق ۳۶ نازل با قطر ۰/۵ میلی متر ایجاد کند. در طول بارش، قطره های باران به صورت یکنواخت در کل پلات توزیع شد و تمام گیاهان به یک اندازه از بارش برخوردار شدند. بلافاصله پس از پایان بارش، گیاهان قطع و در کیسه های نایلونی ضخیم به صورت مجزا قرار گرفتند. نمونه های جمع آوری شده از هر پلات پس از توزین به حالت تر، در هوای آزاد قرار گرفتند و در مدت چند ساعت، رطوبت سطحی خود را از دست دادند و توزین آنها در حالت خشک در چند مرحله تا ثابت شدن وزن انجام گرفت. در نهایت از تفاوت وزن تر و خشک، مقدار ربایش گیاهان بر حسب گرم و در نهایت بر حسب درصد از کل بارش به دست آمد. برای محاسبه مقدار ربایش، تفاوت وزن تر و

وزنی، پیشنهاد شد. در جدول ۱، مناسبترین مدل‌های رگرسیونی برای تخمین مقدار ربایش در گیاه گون زرد گروه اول، ارائه شده است.

جمع‌آوری شده به نرم‌افزار اکسل معرفی شد و در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار مینی‌تب صورت گرفت و مدل‌های رگرسیونی بر مبنای بیشترین ضرایب همبستگی، برای تخمین مقدار ربایش بدون نیاز به روش مستقیم

جدول ۱. مناسب‌ترین مدل‌های رگرسیونی ساده خطی ربایش در گیاه *Astragalus parrowianus* (گروه اول)

معادله	R	P-value	Y	X
$y = 0.0036x + 0.22$	0.729	**0.00	درصد ربایش	قطر بزرگ
$y = 0.118x + 7.2$	0.796	**0.00	مقدار آب ربوده شده به گرم	قطر کوچک
$y = 152.3x - 639$	0.825	**0.00	مقدار آب ربوده شده به گرم	حجم گیاه
$y = 7/3x + 126/9$	0.707	**0.001	مقدار آب ربوده شده به گرم	سطح تاج پوشش

ns در سطح ۵ درصد معنادار نیست. ** معنادار در سطح ۱ درصد؛ * معنادار در سطح ۵ درصد.

همبستگی منفی دارد. مقدار آب ربوده شده نیز با ارتفاع، قطر کوچک، حجم و سطح تاج پوشش همبستگی منفی نشان داد.

در جدول ۲ مناسب‌ترین مدل‌های رگرسیونی برای تخمین مقدار ربایش در گون زرد گروه دوم، ارائه شده است. بر این اساس در سطح معنادار ۱ درصد، مقدار ربایش با حجم، سطح تاج پوشش و قطرهای بزرگ و کوچک گیاه

جدول ۲. مناسب‌ترین مدل‌های رگرسیونی ساده خطی ربایش در گیاه *Astragalus parrowianus* (گروه دوم)

معادله	R	P-value	Y	X
$y = -9e - 0.7x + 0.8$	0.83	**0.00	درصد ربایش	ابعاد گیاه
$y = -5e - 0.5x + 0.12$	0.929	**0.00	درصد ربایش	سطح تاج پوشش
$y = 0.0026x + 0.14$	0.874	**0.00	درصد ربایش	قطر کوچک
$y = -0.003x + 0.19$	0.76	**0.002	درصد ربایش	قطر بزرگ
$y = -0.2x + 46/6$	0.681	**0.003	مقدار آب ربوده شده	ارتفاع متوسط گیاه
$y = -949x + 110797$	0.815	**0.00	مقدار آب ربوده شده	ابعاد گیاه

ns در سطح ۵ درصد معنادار نیست. ** معنادار در سطح ۱ درصد؛ * معنادار در سطح ۵ درصد.

ربایش در گیاه کلاه میرحسن ارائه شده است. بر اساس معادلات در سطح معنادار ۵ درصد، مقدار ربایش با ارتفاع از سطح دریا، قطر بزرگ، قطر کوچک و سطح تاج پوشش گیاه ارتباط منفی دارد. با افزایش ارتفاع استقرار گیاه در طبیعت، ربایش کاهش می‌یابد که نکته‌ای مثبت در وضعیت اکوهیدرولوژی حوضه محسوب می‌شود.

در گروه اول با دامنه حجمی ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۲ مترمکعب، معادله چندمتغیره زیر پیشنهاد می‌شود:

$$y = 0.0157 - 0.0059lad - 0.01area + 0.00024smd$$

در این معادله به ترتیب قطر بزرگ، سطح تاج پوشش و قطر کوچک متغیرهای مستقل و تأثیرگذارند.

ربایش در گیاه *Acantholimon olivieri*

در جدول ۳، مناسب‌ترین مدل‌های رگرسیونی برای برآورد

جدول ۳. مناسب‌ترین مدل‌های رگرسیونی ساده خطی ربایش در گیاه *Acantholimon olivieri*

معادله	R	P-value	Y	X
$y = -1/0.4x + 50$	0.761	ns 0.078	مقدار آب ربوده شده	قطر بزرگ (سانتی‌متر)
$y = 70.2x + 24481$	0.806	ns 0.058	مقدار آب ربوده شده	حجم (سانتی‌متر مکعب)
$y = 0/42x + 20$	0.86	*0.028	مقدار آب ربوده شده	ارتفاع متوسط گیاه (سانتی‌متر)
$y = -44/4x + 1693$	0.733	ns 0.097	مقدار آب ربوده شده	سطح تاج پوشش (سانتی‌متر مربع)

ادامه جدول ۳

$y = -72x + 22/6$	۰/۸۶	*۰/۰۲۸	ربایش (سانتی متر)	قطر بزرگ (سانتی متر)
$y = -69x + 27/7$	۰/۸۵	*۰/۰۳۲	ربایش (سانتی متر)	قطر کوچک (سانتی متر)
$y = -3076x + 931$	۰/۸۲	*۰/۰۴۳	ربایش (سانتی متر)	سطح تاج پوشش (سانتی متر مربع)

ns در سطح ۵ درصد معنادار نیست. ** معنادار در سطح ۱ درصد؛ * معنادار در سطح ۵ درصد.

ربایش در گیاه چوبک ارائه شده است. در این گیاه، مقدار آب ربوده شده بر حسب گرم در سطح معناداری ۵ درصد با قطر کوچک، حجم و سطح تاج پوشش همبستگی مثبت دارد.

بر اساس نتایج به دست آمده مقدار آب ربوده شده در این گیاه با ارتفاع متوسط، قطرهای بزرگ و کوچک و سطح تاج پوشش بیشترین همبستگی را نشان می دهد.

ربایش در گیاه *Acanthophyllum icrocephalum*
در جدول ۴ مناسب ترین مدل های رگرسیونی برآورد مقدار

جدول ۴. مناسب ترین مدل های رگرسیونی برای برآورد ربایش در گیاه *Acanthophyllum microcephalum*

معادله	R	P-value	Y	X
$y = 1/77x - 2/7$	۰/۹۷۹	*۰/۰۲	مقدار آب ربوده شده	قطر کوچک (سانتی متر)
$y = 2128x - 10925$	۰/۹۵	*۰/۰۴۹	مقدار آب ربوده شده	حجم (سانتی متر مکعب)
$y = 96/9x - 566$	۰/۹۸	*۰/۰۱۹	مقدار آب ربوده شده	سطح تاج پوشش

ns در سطح ۵ درصد معنادار نیست. ** معنادار در سطح ۱ درصد * معنادار در سطح ۵ درصد.

ارتباط منفی و در سطح ۵ درصد نیز با حجم و ارتفاع متوسط گیاه ارتباط منفی دارد. بر اساس نتایج به دست آمده مقدار ربایش در این گیاه با قطر بزرگ و ارتفاع همبستگی قوی دارد.

ربایش در گیاه *Cousinia nujianensis*

در جدول ۵ مناسب ترین مدل های رگرسیونی برای برآورد مقدار ربایش در گیاه هزارخار ارائه شده است. بر این اساس در سطح معنادار ۱ درصد، مقدار ربایش با قطر بزرگ گیاه

جدول ۵. مناسب ترین مدل های رگرسیونی برای برآورد مقدار ربایش در گیاه *Cousinia nujianensis*

معادله	R	P-value	Y	X
$y = 56/6x + 46$	۰/۹۶۵	**۰/۰۰۸	ربایش (درصد)	قطر بزرگ (سانتی متر)
$y = 34/6x + 27/9$	۰/۹۰۵	*۰/۰۳۴	ربایش (درصد)	ارتفاع متوسط گیاه (سانتی متر)
$y = 49913x + 27728$	۰/۸۸۳	*۰/۰۴۷	ربایش (درصد)	حجم (سانتی متر مکعب)
$y = -1791x + 1229/9$	۰/۸۷۵	ns۰/۰۵۲	ربایش (درصد)	سطح تاج پوشش

ns در سطح ۵ درصد معنادار نیست. ** معنادار در سطح ۱ درصد * معنادار در سطح ۵ درصد.

با حجم و ارتفاع رابطه مثبت دارد. در سطح ۵ درصد مقدار ربایش با قطر بزرگ و سطح تاج پوشش گیاه همبستگی مثبت نشان داد.

ربایش در گیاه *Verbascum speciosum*

در جدول ۶، مناسب ترین مدل های رگرسیونی برای برآورد مقدار ربایش در گیاه گل ماهور ارائه شده است. در این گیاه مقدار آب ربوده شده بر حسب گرم در سطح معنادار ۱ درصد

جدول ۶. مناسب ترین مدل های رگرسیونی برای برآورد مقدار ربایش در گیاه *Verbascum speciosum*

معادله	R	P-value	Y	X
$y = 1/6x + 6/07$	۰/۹۵۶	*۰/۰۴۴	مقدار آب ربوده شده	قطر بزرگ (سانتی متر)
$y = 3621x - 43312$	۰/۹۹۱	**۰/۰۰۹	مقدار آب ربوده شده	حجم (سانتی متر مکعب)
$y = 2x - 16/4$	۰/۹۹۲	**۰/۰۰۷	مقدار آب ربوده شده	ارتفاع متوسط گیاه
$y = 279/2x - 3704$	۰/۹۶۶	*۰/۰۳۳	مقدار آب ربوده شده	سطح تاج پوشش

ns در سطح ۵ درصد معنادار نیست. ** معنادار در سطح ۱ درصد * معنادار در سطح ۵ درصد.

ربایش در گیاه *Sophora alopecuroides*

در این گیاه شکل ظاهری و فضاهای خالی موجود در تاج پوشش، با افزایش ابعاد گیاه به کاهش ربایش منجر می شود. بنابراین، وجود پایه های بزرگ در ارتفاعات در وضعیت اکوهیدرولوژی حوضه ها مفید است.

در جدول ۷، مناسب ترین مدل های رگرسیونی برای برآورد مقدار ربایش در گیاه تلخه بیان ارائه شده است. در سطح ۱ درصد ربایش با سطح تاج پوشش، و در سطح ۵ درصد نیز با سطح تاج پوشش و قطر کوچک گیاه همبستگی منفی نشان داد.

جدول ۷. مناسب ترین مدل های رگرسیونی برای برآورد مقدار ربایش در گیاه *Sophora alopecuroides*

معادله	R	P-value	Y	X
$y = -27/6x + 40.5/9$	۰/۹۶۴	*۰/۰۳۶	مقدار آب روده شده	سطح تاج پوشش (سانتی متر مربع)
$y = -1/4x + 20/9$	۰/۹۸۳	*۰/۰۱۷	مقدار آب روده شده	قطر بزرگ (سانتی متر)
$y = 0/0005x + 0/14$	۰/۹۹۲	**۰/۰۰۸	ربایش (سانتی متر)	سطح تاج پوشش (سانتی متر مربع)

ns در سطح ۵ درصد معنادار نیست. * معنادار در سطح ۱ درصد؛ * معنادار در سطح ۵ درصد.

جدول ۸. میانگین فاکتورهای بررسی شده در گیاهان مطالعه شده (قطرها و ارتفاع به سانتی متر؛ سطح تاج پوشش به سانتی متر مربع)

گیاه	قطر بزرگ گیاه	قطر کوچک	ارتفاع متوسط	سطح تاج پوشش	ربایش درصد
<i>Astragalus sp</i>	۳۰/۹۴±۷/۴۹	۲۰/۳۱±۶/۲۸	۱۵/۵۲±۴/۱۰۱	۶۴۲	۴/۱۷±۱/۳۸۹
<i>Astragalus sp</i>	۴۴/۵۲±۵/۴۲	۳۶/۳۵±۷/۸۴	۲۶/۱۱۸±۷/۴۹	۱۶۴۰	۱/۶۳±۰/۸۵
<i>Acantholimon sp</i>	۲۲±۳/۴۵	۱۷/۵±۲/۳۲	۸/۳±۰/۸۷	۴۷۷/۵	۲/۵۲±۰/۵۶
<i>Acanthophyllum sp</i>	۳۲/۲±۴/۵	۲۳/۵±۵/۳	۲۳/۷±۳/۲	۸۶۴/۵	۰/۹۳۹±۰/۰۴۵
<i>Cousinia sp</i>	۲۸/۴±۶/۵	۲۲/۶±۴/۳	۱۶/۸±۵/۷	۶۵۲/۸	۰/۳۲۲±۰/۰۶۵
<i>Sophora sp</i>	۱۹±۳/۴	۱۱/۵±۲/۲	۳۷±۳/۴	۲۱۹/۲	۱/۴۷۶±۰/۰۳۴
<i>Verbascum sp</i>	۳۱/۷±۴/۳	۳۰/۱±۴/۸	۱۵/۶±۴/۵	۷۷۶/۷	۱/۰۹۲±۰/۰۶۵

کاهش ربایش در این اراضی، فاکتوری مثبت در اکوهیدرولوژی حوضه به حساب می آید. یکی از فواید قرق مراتع، اجازه افزایش حجم به پایه های گون زرد به ویژه در ارتفاعات است که از طریق افزایش فضای خالی در گیاه به کاهش ربایش منجر می شود. در گروه اول مقدار ربایش ۴/۱۷ درصد و در گروه دوم ۱/۶۳ درصد از بارش تولید شده توسط شبیه ساز بارش را دربر گرفته است. براساس مدل های رگرسیونی ارائه شده در گیاه گون زرد با حجم ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۲ متر مکعب و متوسط سطح تاج پوشش ۰/۰۶۴۲ متر مربع (۶۴۲ سانتی متر مربع) و شاخص سطح برگ ۰/۵۱۶، از کل مقدار بارش، ۴/۴۲۲ درصد را جذب می کنند و گیاه گون زرد با حجم ۰/۰۲ تا ۰/۰۸۷ متر مکعب، شاخص سطح برگ ۰/۴۷۷ و متوسط سطح تاج پوشش ۰/۱۶۳۹ متر مربع (۱۶۳۹ سانتی متر مربع)، ۱/۸۵ درصد از کل بارش را جذب می کند. بر این اساس فاکتورهای ساختاری گیاه گون زرد از جمله قطر کوچک و بزرگ، سطح تاج پوشش و حجم گیاه گون زرد تأثیر معناداری بر مقدار ربایش دارند، اما

بحث و نتیجه گیری

ربایش به عنوان اولین واکنش اکولوژیکی بر فرایندهای هیدرولوژیکی از اهمیت زیادی برخوردار است. بسیاری از محققان بر این عقیده اند که باید از ربایش خالص نام برد، چراکه مقادیری از آب روده شده توسط گیاهان در طول زمان و با در نظر گرفتن وضعیت فیزیوگرافی منطقه، درجه حرارت، زاویه تابش خورشید، و جهت و شدت وزش باد به رطوبت خاک اضافه می شود. در بررسی وضعیت اکوهیدرولوژی مراتع و مدلسازی بیلان آبی، باید همه اجزای معادله بیلان آبی از جمله ربایش کمی شوند [۹]. براساس جدول های ۱ و ۲ مقدار ربایش تاجی کل در گیاه گون زرد با افزایش ابعاد گیاه کاهش یافته است و این نکته در هر دو گروه حجمی دیده می شود. بنابراین حضور گون های بزرگ در میانگین ارتفاعی ۲۲۴۷ متر از سطح دریا، در جهت بهبود وضعیت اکوهیدرولوژی منطقه مؤثر است. ارتفاعات مهم ترین مناطق تغذیه به شمار می آیند و

بر ربايش تأثیرگذارند. حضور پایه‌های بزرگ این گیاه در ارتفاعات، فاکتور مثبتی در وضعیت اکوهیدرولوژی حوضه محسوب می‌شود، چراکه سبب کاهش ربايش در ارتفاعات می‌شود. مقدار ربايش در این گیاه ۰/۲۹۶ درصد از کل بارش است. براساس جدول ۶، مقدار ربايش در گیاه گل ماهور با برگ‌های بزرگ کردار از وضعیتی که در مقدار ربايش پدید می‌آورد تبعیت می‌کند. به عبارتی با افزایش حجم گیاه، ربايش افزایش می‌یابد. قرارگیری افقی برگ‌ها در برابر قطره‌های باران مهم‌ترین عامل در افزایش ربايش در این گیاه است. بنابراین استقرار پایه‌های بزرگ این گیاه در ارتفاعات، فاکتوری منفی در وضعیت اکوهیدرولوژی منطقه است. مقدار ربايش در این گیاه ۱/۰۹۲ درصد از کل بارش ایجادشده توسط شبیه‌ساز بارش است. براساس جدول ۷، مقدار ربايش در گیاه تلخه‌بیان با افزایش حجم و ابعاد گیاه کاهش می‌یابد، به عبارتی در این گیاه نیز با افزایش ابعاد، فضای خالی افزایش پیدا می‌کند. بنابراین استقرار پایه‌های بزرگ این گیاه در ارتفاعات فاکتوری مثبت در وضعیت اکوهیدرولوژی مناطق است. مقدار ربايش در این گیاه ۱/۱۴۴ درصد از کل بارش است. براساس جدول ۸، مقدار ربايش در گیاهان مطالعه‌شده در منطقه ۹/۱۷ درصد و در گیاهان پهن‌برگ ۲/۸۱ درصد از کل بارش را به خود اختصاص داده‌اند. در مراتع مرکزی ایالت کالیفرنیا با اجرای بارش‌هایی با شدت متفاوت از طریق دستگاه شبیه‌ساز بارش، از کل بارش ۳۸ سانتی‌متری با شدت کم، ۱۶ درصد توسط بوته‌ها و ۱۳ درصد توسط گراس‌ها روده شد و از کل بارش ۶۰ سانتی‌متری با شدت زیاد، در بوته‌ها ۱۰ درصد، و در گراس‌ها ۵ درصد ربايش دیده شد. در بررسی مقدار ربايش سه فرم رویشی بوته‌ای، نیمه‌بوته‌ای و پهن‌برگ، تأثیر ابعاد گیاه و میزان فضای خالی در میان تاج‌پوشش، چشمگیر است. به طوری که در گیاهان مطالعه‌شده با افزایش ابعاد گیاه که همزمان با افزایش فضای خالی در میان تاج‌پوشش است، ربايش کاهش می‌یابد. مطالعات بوچت در دو جامعه بوته‌ای و گراس به اهمیت فضای خالی در تاج‌پوشش گیاهی و تأثیر آن در کاهش ربايش و افزایش رواناب اشاره دارد. به طوری که در بوته *Anthylis* که از تاج‌پوشش باز با فضای خالی برخوردار است نسبت به *Tussock grass*, *Stipa*، *Rosmarinus* تأثیر کمتری در کاهش مقدار رواناب و هدررفت خاک دیده می‌شود. به عبارتی مورفولوژی گیاهان بر مقدار ذخیره بارش در تاج‌پوشش گیاهان تأثیرگذار است

فاکتورهای فیزیوگرافی حوضه تأثیر معناداری بر مقدار ربايش نشان ندادند. به عبارتی ارتفاع، شیب و جهت شیب در مقدار ربايش در گیاه گون زرد تأثیر غیرمستقیم دارد، به طوری که بر ترکیب گونه‌ای و درصد پوشش گیاهی تأثیرگذار است. کمتر بودن درصد پوشش و تراکم پایه‌های گیاه گون زرد در شیب‌های جنوبی نسبت به شیب‌های شمالی مؤید این نکته است. گیاه گون زرد با ساختار ظاهری نامنظم و متمایل به کروی تا بیضوی و فضاهای خالی زیاد در هر پایه و شاخص سطح برگ کم، با افزایش ابعاد و حجم گیاه سبب کاهش مقدار ربايش می‌شود، به گونه‌ای که در دو کلاس حجمی گیاه، فاکتورهای ساختاری با ربايش همبستگی قوی اما معکوسی نشان دادند. از طرفی با افزایش ابعاد گیاه گون زرد، شاخص سطح برگ نیز کاهش پیدا کرد و بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که شاخص سطح برگ و ربايش نیز با هم رابطه مستقیم دارند. کاهش شاخص سطح برگ با افزایش حجم گون به ویژه در ارتفاعات، به کاهش مقدار تعرق و حفظ آب در گیاه منجر می‌شود. براساس جدول ۳ مقدار ربايش در گیاه کلاه میرحسن با ارتفاع استقرار گیاه رابطه عکس دارد. به عبارتی با افزایش ارتفاع از سطح دریا، مقدار ربايش در این گیاه کاهش می‌یابد. بنابراین در ارتفاعات که مناطق تغذیه محسوب می‌شوند، حضور این گیاه با ابعاد بزرگ حجمی در وضعیت اکوهیدرولوژی حوضه مؤثر است. در این گیاه نیز افزایش فضای خالی در تاج‌پوشش گیاه عاملی در جهت کاهش ربايش محسوب می‌گردد. مقدار ربايش در گیاه کلاه میرحسن ۲/۶۴ درصد از کل بارش است. براساس جدول ۴ مقدار ربايش در گیاه چوبک با ساختار ظاهری نامنظمی که دارد، نشان‌دهنده رابطه مثبت میان ربايش، حجم و سطح تاج‌پوشش گیاه است. به عبارتی در این گیاه با افزایش حجم مقدار ربايش افزایش می‌یابد. وضعیت قرارگیری برگچه‌های سوزنی و سه‌تایی با زاویه تقریبی ۹۰ درجه، عاملی برای توجیه این موضوع است. این حالت سوزنی در برگ‌ها و تأثیر آن بر افزایش ربايش بی‌شباهت به تأثیر برگ‌ها در سوزنی‌برگان نیست. در این گیاه ۰/۷۲۴ درصد از بارش ایجادشده از شبیه‌ساز به ربايش اختصاص یافته است. براساس جدول ۵، مقدار ربايش در گیاه پهن‌برگ هزارخار با افزایش ابعاد حجمی گیاه، کاهش می‌یابد. به عبارتی پهن بودن یا باریک بودن برگ‌ها در گیاهان مرتعی، تنها عامل تأثیرگذار بر مقدار ربايش نیست و مورفولوژی گیاهان و میزان فضای خالی در تاج‌پوشش نیز

پهن‌برگان نیز به این نکته اشاره شده است، به‌طوری‌که مقدار ربایش با کاهش زیتوده‌ه‌وایی در گیاهان علفی یکساله و چندساله یا با برداشت و چرای آنها توسط دام کاهش یافته است [۱۸]. بنابراین در رگبارهای منفرد خارج از فصل بارش، تأثیر شاخص‌های ساختاری گیاه و شاخص سطح برگ در مقدار ربایش شایان توجه است و با کاهش زیتوده‌ه‌وایی این تأثیر کمتر می‌شود. در اراضی خشک و نیمه‌خشک، گیاهان رابطه‌ بسیار قوی‌تری با وضعیت هیدرولوژی منطقه دارند و بارش ۱۲۰ میلی‌متری مرز بیابان و استپ شناخته می‌شود. در این مناطق رابطه‌ مثبتی میان ابعاد گیاه و سطح تاج‌پوشش با مقدار بارش وجود دارد [۱۹]. از مهم‌ترین خصوصیات گیاهان در این اراضی، تاج‌پوشش تنک و بیوماس زیاد در ساقه است که به تجمع مواد آلی در زیر گیاهان منجر می‌شود [۲۰]. در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان ۸۵-۹۵ درصد بارش سالانه صرف تبخیر و تعرق و ربایش یا فعالیت‌های متابولیکی گیاهان می‌شود و تنها ۵-۱۵ درصد بارش برای تغذیهٔ آبخوان‌های زیرزمینی یا ایجاد جریان آبراهه‌ای باقی می‌ماند. در مراتع خشک و نیمه‌خشک به‌طور معمول، به‌دلیل کمتر بودن تراکم تاج‌پوشش، تلفات برگاب سالانه نسبت به مناطق معتدل مرطوب یا جنگل‌های حاره‌ای مرطوب، کمتر است. با این حال، در این مناطق حتی مقادیر کم تلفات آب ممکن است مهم باشد [۲۱]. بر این اساس بررسی مقدار ربایش تاجی در گیاهان مرتعی، برای تعیین مقدار بارش مؤثر و بررسی مقدار هدررفت بارش در اکوسیستم‌های مرتعی، از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به مقدار ربایش در گیاهان مختلف، می‌توان از گونه‌های گیاهی مناسب با مقدار ربایش کم، برای بهبود وضعیت اکوهیدرولوژی مراتع استفاده کرد.

[۱۵]. مارتینز در بررسی مقدار آب میان‌گذر و جریان ساقاب در سه جامعهٔ بوته‌ای و درختچه‌ای در استرالیا، بیشترین مقدار آب میان‌گذر را در جامعهٔ کریئوزوت (۵۶ درصد) به‌دست آورد و به رابطه‌ای مثبت میان زاویهٔ ساقه، طول ساقه و ابعاد گیاه و میزان فضای خالی در تاج‌پوشش با جریان ساقاب رسید. از طرفی بیان شد که در جامعهٔ کریئوزوت، تاج‌پوشش بیش از ۱ متر مربعی و در جامعهٔ کهور تاج‌پوشش بیش از ۱۰ متر مربع به افزایش سازگاری گیاه در برابر تغییرات کوتاه‌مدت آب‌وهوایی منجر می‌شود [۱۶]. پینگ و همکاران در منطقهٔ بیابانی شابوتو در چین، به مدل رگرسیونی خطی و مثبتی در زمینهٔ مقدار ربایش و سطح تاج‌پوشش در دو جامعهٔ گیاهی درمنه و کاراگانا رسیدند. بنابر تحقیق آنان، مقدار ربایش در جامعهٔ درمنه با ۳۰ درصد پوشش و متوسط سطح تاج‌پوشش ۰/۸ متر مربع در طول فصل رویش به‌طور متوسط ۵/۹ درصد و در جامعهٔ کاراگانا با ۴۶ درصد پوشش و متوسط سطح تاج‌پوشش ۳/۸ متر مربع، به‌طور متوسط ۱۱/۷ درصد بود. البته این مطالعه به مقایسهٔ دو جامعهٔ بوته‌ای و نیمه‌بوته‌ای متفاوت می‌پردازد و مقایسهٔ درون‌گروهی صورت نگرفته است [۱۷]. شیائو و همکاران در منطقهٔ ساکرامنتوی کالیفرنیا به بررسی مقدار ربایش در دو جامعهٔ سوزنی‌برگ و پهن‌برگ پرداختند. نتایج نشان داد که مقدار ربایش در فصل تابستان از سوزنی‌برگان با حجم بزرگ‌تر و با شاخص سطح برگ ۵/۱، برابر با ۳۶ درصد و در سوزنی‌برگان با حجم متوسط و شاخص سطح برگ ۳/۷، برابر ۱۸/۱ درصد است [۱۶]. در گیاهان بررسی‌شده در حوضهٔ گنبد، کل مقدار ربایش ۱۵ درصد بود و همبستگی متوسطی میان وزن تر و مقدار ربایش به‌دست آمد. در تحقیق وود و همکاران در منطقهٔ بیابانی چی‌هوهان چین نیز در بوته‌ها و پهن‌برگان موجود، وزن تر و خشک همبستگی قوی با مقدار ربایش نشان داد [۹]. در پژوهش محققان دانشگاه رجینا دربارهٔ گراس‌ها و

منابع

1. Newman Brent D, Wilcox, Bradford P. , Steve Archer, David D. Breshears, Clifford N. Dahm, Christopher J. Duffy, Nathan G. McDowell, Fred M. Philips, Bridget R. Scanlon, Enrique R. Vivoni , 2002., The ecohydrology of Arid and semiarid Environments: A scientific vision.
2. Kittedge, J. 1948. Forest influence. 394pp., illus. New York: McGraw-Hill Book Co., Inc.
3. Zinke, P. J. 1967. Forest interception studies in the United States, pp. 137-161. In W. E. Sopper and H. W. Lull, International Symposium on Forest Hydrology. New York: Pergamon Press, Inc.
4. Rothacher, J. 1963. Net precipitation under a Douglas- fir forest. For. Sci. 9:423-429.
5. David, J.S., Valente, F. and Gash, J.H.C., 2005. Evaporation of intercepted rainfall, Ch

- 43, Encyclopedia of Hydrological Sciences, (Ed: MG Anderson), John Wiley, Chichester: 627-634.
6. Xiao ,Qingfu. McPherson , Gregory. Simpson , James R. Ustin , Susan L. 1998. RAINFALL INTERCEPTION BY SACRAMENTO'S URBAN FORES. Journal of Arboriculture 24(4): July 1998 235.
7. Gash, J.H.C., 1979. An analytical model of rainfall interception by forests. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 105: 43-55.
8. Corbett, Edward S.; Crouse, Robert P. 1968. Rainfall interception by annual grass and chaparral losses compared. Res. Paper PSW-RP-48. Berkeley, CA: Pacific Southwest Forest & Range Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture; 12 p.
9. Wood , M.K. Jones , T.L. Vera-Cruz , M.T. 1998. Rainfall interception by selected plants in the Chihuahuan Deser. Journal of Range management. Volume 51: 91-96.
10. Wang, Xin-Ping. Xin-Rong Li; Jing-Guang Zhang; Zhi-Shan Zhang; Ronny Berndtsson. 2005. Measurement of rainfall interception by xerophytic shrubs in re-vegetated sand dunes / Mesure de l'interception de la pluie par des arbustes xerophiles sur des dunes de sable replantees Hydrological Sciences Journal, Volume 50, Issue 5 October 2005 , pages 1 – 910.
11. Horton, R. E. 1919. Rainfall interception. Monthly Weather Rev. U7:603-623.
۱۲. مظفریان، و. ۱۳۷۷. فرهنگ نامهای گیاهان ایران. انتشارات فرهنگ معاصر. چاپ دوم.
۱۳. رمک معصومی، علی اصغر. ۱۳۸۴. گونهای ایران. جلد ۵ (جلد پایانی). انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور.
۱۴. اسدیان، قاسم. نسرین، کلاهیچی و محمدرضا صادقی منش. ۱۳۸۶. بررسی اثر و نحوه تیغزنی در زمانهای مختلف بر میزان کتیرای گون زرد. فصلنامه پژوهش و سازندگی، جلد ۲۱ شماره ۴: ۱۷۵-۱۷۰.
15. Bochet E, Poesen J, Rubio, JL. 2006. Runoff and soil loss under individual plants of a semiarid Mediterranean shrubland: influence of plant morphology and rainfall intensity. Earth Surface Processes and Landforms 31: 536–549.
16. Baird, Andrew J. Wilby, Robert L. 2005. book of ECO-HYDROLOGY Plants and water interrestrial and aquatic environments.
17. -Ping, xin., et al. 2005. Measurement of Rainfall interception by Xerophytic shrubs in re-vegetation sand dune/Measure.
18. www.<http://uregina.ca>.
19. Beatley, J.C. 1976. Vascular plants of the Nevada test site and central-southern Nevada: ecology and geographical distribution, National Technical Information Service TID-26881, Springfield, Va.: US Department of Commerce, 306 pp.
20. Puigdefábrigas, J. and Sánchez, G. 1996. Geomorphological implications of vegetation patchiness on semi-arid slopes, in M.G. Anderson and S.M. Brooks (eds).
۲۱. بروکس، کی، ان. پ، اف، فولیت. اچ، ام، گرگوسن. ۱۹۹۱. ترجمه حبیب نظر نژاد، محسن محسنی ساروی، مهدی وفاخواه. هیدرولوژی و مدیریت آبخیزها. در دست چاپ.