



دانشگاه گوارش و منابع طبیعی گرگان

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و ششم، شماره سوم، ۱۳۹۸

۹۷-۱۰۸

<http://jwfst.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwfst.2019.15973.1783

پویایی عناصر غذایی در باران، تاج‌بارش و لاشریزه درختان ممرز در جنگل‌های خزری شمال ایران (مطالعه موردی: جنگل شصت‌کلاته گرگان)

هاشم حبشی^۱، *مریم مصلحی^۲ و الهام شبانی^۳

^۱دانشیار گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،

^۲استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران.

^۳دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱/۲۹

چکیده

سابقه و هدف: چرخه عناصر غذایی در جنگل، ارتباط تنگاتنگی با چرخه هیدرولوژیکی دارد زیرا آب به‌عنوان حلال اصلی و انتقال عناصر غذایی از تاج و لاشریزه به خاک می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی تغییرات ماهانه و سالانه سدیم، پتاسیم و کلسیم در آبشویی تاج و لاشریزه گونه ممرز (*Carpinus betulus* L.) در طول سال و مقایسه آن با عناصر غذایی موجود در آب باران در توده آمیخته می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش از تاریخ بهمن ۱۳۹۰ تا تاریخ بهمن ۱۳۹۱ در توده آمیخته‌ای در جنگل شصت‌کلاته (جنگل پژوهشی دانشگاه گرگان) انجام گرفت. در منطقه مورد مطالعه در یک مساحت ۵۰۰۰ مترمربعی، ۳ درخت نمونه سالم، با تاجی متقارن و آزاد و تنه‌ای متقارن، برای بررسی مشخصه‌های شیمیایی تاج‌بارش و آبشویی لاشریزه، انتخاب شد. نمونه‌های باران، آبشویی تاج و لاشریزه، به‌مدت یک سال، بعد از هر بارندگی جمع‌آوری شد. ظروف جمع‌آوری بعد از هر باران بلافاصله خالی و قبل از جایگذاری، با آب دوبار تقطیر شستشو شد. برای تجزیه محتوی شیمیایی آبشویی تاج، لاشریزه و باران، نمونه‌ها به آزمایشگاه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. غلظت عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فوتومتري اندازه‌گیری شد. جهت بررسی مقدار عناصر آبشویی شده در تاج و لاشریزه در مقایسه با آب باران و همچنین بررسی تغییرات ماهانه عناصر آبشویی شده در طول سال، به‌ترتیب از آنالیز آماری تی تست و آنالیز واریانس یک‌طرفه در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد میزان آبشویی عنصر سدیم در تاج‌بارش (با مقدار ۱۱۶/۳۷ کیلوگرم در هکتار در سال) و عناصر سدیم و پتاسیم در آبشویی لاشریزه (۷۸/۷۹ و ۱۵۸/۴۵ کیلوگرم در هکتار در سال) به‌طور معنی‌داری کم‌تر از مقادیر سدیم و پتاسیم در آب باران با مقادیر ۱۷۲/۸۲ و ۲۱۷/۷۲ کیلوگرم در هکتار در سال بود. همچنین میزان آبشویی عناصر در آبشویی تاج و لاشریزه در ماه‌های مختلف در طول سال، به‌طور معنی‌داری متفاوت بود. بیش‌ترین مقدار آبشویی عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم در تاج

* مسئول مکاتبه: m.moslehi@areeo.ac.ir

بارش با مقادیر به ترتیب ۲۴/۵۱، ۵۸/۳۰، ۳/۱۴ کیلوگرم در هکتار و سدیم (۱۹/۹۳ کیلوگرم در هکتار) و کلسیم (۴/۱۷ کیلوگرم در هکتار) در آبشویی لاشریزه در ماه مهر بود. همچنین کمترین میزان آبشویی عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم در دو لایه تاج (۰/۸۴، ۳/۲۲ و ۰/۱۵ کیلوگرم در هکتار) و لاشریزه (۰/۴۵، ۰/۵۲ و ۰/۰۳ کیلوگرم در هکتار) در ماه شهریور مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: در طول این فرایند پیچیده مشخص شد در مبادله عناصر در تاج حین بارش، تاج گونه مرمر بر خلاف انتظار تمایل کمتری به انتشار عناصر از بافت‌های شاخ و برگ خود و آبشویی آن دارد و بیش‌تر تمایل دارند عناصر را از آب باران جذب نموده و بخشی از نیاز غذایی خود را از این طریق برطرف نمایند.

واژه‌های کلیدی: آبشویی تاج، آبشویی لاشریزه، تغییرات ماهانه کاتیون‌ها، گونه مرمر

مقدمه

گونه مرمر (*Carpinus betulus* L.) یکی از گونه‌های مهم جنگل‌های هیرکانی (حدود ۳۱ درصد از پوشش جنگل‌های شمال) (۲) واقع در اراضی جلگه‌ای و میان‌بند در زیر آشکوب بلوط و راش، در خاک‌های غنی با زهکشی مناسب است (۲۳) که به‌واسطه تولید هوموس مرغوب و اصلاح خاک، به‌عنوان گونه اصلاح‌کننده خاک از نظر جنگل‌شناسی مورد توجه مدیران جنگل قرار دارد. میزان باروری و حاصلخیزی خاک به مقدار عناصر پرمصرف و کم‌مصرف موجود در آن بستگی دارد که از جمله کاتیون‌های مهم در این رابطه می‌توان به سدیم، پتاسیم و کلسیم اشاره نمود (۲۳). پتاسیم در فتوسنتز، جذب آب، حفظ و مقاومت گیاه در مقابل پژمردگی، خشکی و یخبندان، کلسیم در بهبود جذب عناصر از خاک توسط گیاه و تنظیم رویش اعضای مختلف گیاه (۱۴) و در نهایت سدیم در پتانسیل اسمزی و قابلیت هدایت الکتریکی در فرآیندهای متابولسمی نقش عمده و مؤثری دارند (۱۵). این عناصر از مهم‌ترین عناصر غذایی مورد نیاز جامعه گیاهی می‌باشد که به طرق متفاوت از جمله تجزیه کانی‌ها، تجزیه بقایای گیاهی و همچنین آبشویی بخش‌های مختلف گیاهان توسط باران به خاک وارد می‌شود (۱۱). میزان عناصر

موجود در خاک (۴)، کیفیت لاشبرگ (۱۰)، وجود جوانه و برگ (۹)، تغییرات آب و هوایی و بارش در طول سال می‌تواند روی چرخه عناصر غذایی به‌صورت‌های متفاوتی تأثیرگذار باشد (۲۴). در پژوهش مصلحی و همکاران (۲۰۱۱) اهمیت و سهم تاج‌بارش، لاشریزه و آب باران در توده راش شرقی (*Fagus orientalis* L.) نشان داده شد. در این پژوهش مشخص شد سهم تاج درختان راش در چرخه عناصر غذایی بیش‌تر از آب باران است. میزان عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در تاج‌بارش با مقادیر ۵/۵۳، ۱۲/۴۲، ۳/۰۱ و ۱/۰۶ کیلوگرم در هکتار در هر ماه، بیش‌تر از آب باران است ولی در آبشویی لاشریزه میزان کلسیم (۰/۸۷ کیلوگرم در هکتار در هر ماه) و پتاسیم (۵/۰۱ کیلوگرم در هکتار در ماه) به‌طور معنی‌داری کم‌تر از مقدار آن‌ها در آب باران بود (۲۳). تغییرات ماهانه کاتیون‌های آبشویی تاج و لاشریزه در طول سال در جنگل‌های راش شمال ایران توسط مصلحی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش شد. ایشان نشان دادند آن‌چه سبب تغییرات آبشویی می‌شود شرایط تاج، تغییرات آب و هوا و بارش است (۲۶). هونگو و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی ترکیبات شیمیایی باران عبوری از برگ‌های موجود در پوشش کف چند گونه سوزنی و پهن‌برگ در جنگل‌های نروژ گزارش نمودند

و همکاران (۲۰۱۵) نیز مشخص کرد غلظت عناصر کلسیم و پتاسیم در تاج بارش گونه پهن برگ راش شرقی (۰/۵ و ۶/۸ میلی گرم در لیتر)، اختلاف معنی داری را با غلظت این عناصر در آب باران (۰/۳۷ و ۳/۲ میلی گرم در لیتر) ندارد (۱) در حالی که در پژوهش صالحی و همکاران (۲۰۱۶) میزان پتاسیم و کلسیم در تاج بارش (۳۶/۳ و ۳/۳ کیلوگرم در هکتار در توده خالص راش شرقی و ۴۲/۸ و ۴/۱ کیلوگرم در هکتار در سال در توده آمیخته راش شرقی)، بیش تر از مقادیر آن‌ها در آب باران (پتاسیم: ۲/۳ و کلسیم: ۳/۲ کیلوگرم در هکتار در سال) بود؛ بنابراین می توان گفت شرایط آبشویی در یک گونه در شرایط رویشگاهی مختلف نیز تحت تأثیر عوامل مؤثر بر آبشویی مانند ویژگی های تاج (۴۰) و شرایط بارش (۱۶) تغییر می کند. در پژوهش حبشی و همکاران (۲۰۱۹) نیز مشخص شد نوع گونه و فصل دو عامل مؤثر در تغییرات آبشویی عناصر غذایی است. طبق نتایج این پژوهش، با کاشت درختان مناسب می توان عناصر غذایی خاک را از طریق آبشویی بهبود بخشید (۱۳). مدیریت بر منابع طبیعی، نیازمند شناخت همه جانبه ویژگی های منابع تحت مدیریت می باشد (۳۲). چرخه عناصر غذایی، فرایندی پایدار در عملکرد اکوسیستم های جنگلی می باشد (۳۱). آبشویی بخش مهمی از چرخه عناصر غذایی را تشکیل داده که قابلیت دسترسی گیاهان به عناصر و یا خروج مواد غذایی از اکوسیستم را در کنار فرایند تجزیه کنترل می نماید (۲۳). اگرچه پویایی عناصر محلول در آبشویی، در جنگل ها و گونه های مختلف، متفاوت است (۷) ولی اطلاعات ما در کشور در این زمینه فقط محدود به گونه راش است بنابراین در این پژوهش تغییرات عناصر غذایی (سدیم، پتاسیم و کلسیم) در آبشویی تاج و لاشریزه گونه ممرز در

عناصر آبشویی شده تحت تأثیر شرایط آب و هوایی مختلف در طول سال، متغیر می باشد (۱۷). بازگشت عناصر غذایی به خاک از طریق لاشریزه و تاج بارش در جنگل های راش اسپانیا نیز توسط رجینا و تارازونا (۲۰۰۰) بررسی شد. در این پژوهش آبشویی عناصر غذایی پتاسیم (۳/۹ کیلوگرم در هکتار) و کلسیم (۵ کیلوگرم در هکتار) در تاج بارش گونه راش نسبت به آب باران (پتاسیم: ۵/۴ و کلسیم: ۵/۴ کیلوگرم در هکتار) کاهش داشت (۲۹). این نتایج نشان داد گونه های درختی در شرایط رویشگاهی و آب و هوایی متفاوت می تواند تأثیرات متفاوتی بر آبشویی عناصر داشته باشد. در پژوهش استانیلیس و همکاران (۲۰۰۳) تغییرات ماهانه آبشویی عناصر در تاج راش جنگلی (*Fagus sylvatica* L.) در فنلاند و نوتوفاغوس (*Nothofagus oblique* Mirb) در شیلی گزارش شد. در این پژوهش تبادل کاتیونی تاج و رسوبات اتمسفری به عنوان عوامل تغییر آبشویی شناسایی شد (۳۳). در پژوهش ناوار و همکاران (۲۰۰۹) در جنگل های مکزیک، نشان داده شد ترکیبات تاج بارش تحت تأثیر تاج پوشش و نوع گونه قرار دارد و به همین دلیل آبشویی عناصر موجود در تاج بارش متفاوت شده است. در این پژوهش در همه گونه ها به طور متوسط میزان عناصر غذایی آبشویی شده در تاج بارش (۳۷/۸ کیلوگرم در هکتار) بیش تر از آب باران (۲۴/۱ کیلوگرم در هکتار) بود (۲۷). نتایج پژوهش دوبوا (۲۰۱۴) نیز نشان داد در پلات های با قطع یکسره میزان سدیمی که به خاک وارد می شود (۱/۲ کیلوگرم در هکتار در سال) بیش تر از سدیمی است که از طریق تاج بارش (۰/۹ کیلوگرم در هکتار در سال) توده های جنگلی به خاک وارد شد (۸) بنابراین می توان گفت در منطقه پژوهش باران سهم عمده ای در تأمین سدیم دارد. نتایج پژوهش عباسیان

طول سال و همچنین در مقایسه با آب باران بررسی خواهد شد.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه: جنگل آموزشی و پژوهشی شصت‌کلاته متشکل از دو سری، در دامنه شمالی رشته‌کوه‌های البرز، در فاصله ۸ کیلومتری جنوب‌غربی شهرستان گرگان قرار دارد که منطقه مورد مطالعه در سری ۱ طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا واقع شده است. این جنگل‌ها بین عرض‌های جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۲۴ دقیقه شرقی قرار گرفته است. جنگل آموزشی و پژوهشی شصت‌کلاته از لحاظ طبقه‌بندی اقلیمی آمبرزه دارای اقلیم مرطوب معتدل است و دارای بارندگی متوسط سالیانه ۶۴۹ میلی‌متر است که بین ۵۲۸ الی ۸۱۷ میلی‌متر در سال (بر اساس اطلاعات ایستگاه سینوپتیک هاشم‌آباد در فاصله ۵ کیلومتری شمال منطقه طرح در جلگه از سال ۱۳۸۴-۱۳۵۴) تغییر می‌کند. قطعه مورد بررسی به مساحت ۰/۵ هکتار در ارتفاع ۲۶۵ متر از سطح دریا و شیب متوسط صفر درصد، در پارسل یک انتخاب شد. تراکم توده موردنظر ۱۵۶ درخت در هکتار می‌باشد. درختان موجود در آن جوان تا میانسال، دانه‌زاد و ۲ اشکوبه بوده و از وضعیت مناسبی برخوردار بودند. سنگ‌بستر آهکی و بافت خاک سیلتی-رسی-لومی است (۳۰). پوشش گیاهی همراه انواع گرامینه، کوله‌خاس، کارکس و ولیک و رستنی‌های مزاحم تمشک بود (۳۰). تیپ توده موردنظر با توجه به سطح مقطع، تیپ آمیخته متشکل از ممرز (۳۵/۴۳ مترمربع)، انجیلی (۳۱/۳۸ مترمربع)، پلت (۲۲/۲۰ مترمربع) و بلوط بلندمازو (۱۰/۹۹ مترمربع) می‌باشد.

روش پژوهش: پس از جنگل‌گردشی و جدا کردن قطعه نیم هکتاری، ۳ درخت ممرز با تاجی کاملاً آزاد، سالم و در اشکوب برین انتخاب شدند به‌نحوی که موقعیت تقریباً مشابهی از لحاظ سنگ بستر و بافت خاک داشته باشند تا اطمینان حاصل گردد که هر گونه تغییر در میزان آبشویی کاتیون‌های موردنظر تحت‌تأثیر گونه ممرز می‌باشد. بعد از انتخاب درختان با فاصله تقریباً ۲۰ متر از یکدیگر، ارتفاع و قطر با استفاده از سونتو و کالیپر و تاج با اندازه‌گیری دو قطر عمود برهم محاسبه شد. سپس ظروف جمع‌آوری نمونه در زیر تاج و لاشریزه آن‌ها تعبیه شد. جمع‌آوری آبشویی تاج (۵ ظرف جمع‌آوری‌کننده در زیر هر درخت) و لاشریزه (۳ ظرف جمع‌آوری‌کننده در زیر لاشریزه هر درخت) بعد از هر بارندگی انجام گرفت. برای حذف اثرات حاشیه‌ای فاصله جمع‌آوری‌کننده‌ها از تنه درخت و حاشیه تاج یک متر بود و جمع‌آوری‌کننده‌ها در زیر تاج به‌صورت تصادفی پراکنده شدند. برای جمع‌آوری تاج بارش ظروف پلاستیکی با ابعاد ۲۲/۵×۸/۵ سانتی‌متری با ۵ تکرار به‌صورت تصادفی (۱۵ ظرف در مجموع) در زیر تاج تعبیه گردید (۲۱). ظروف جمع‌آوری محلول لاشریزه استوانه‌ای پلاستیکی با ارتفاع ۱۱/۵ و قطر دهانه ۸ سانتی‌متر بود که دهانه آن‌ها برای ممانعت از ورود لاشریزه با تورهای آلومینیومی پوشانیده شد و با ۳ تکرار به‌صورت تصادفی در زیر لاشریزه (در مجموع ۹ ظرف) نصب گردید (۶) به‌صورتی که دهانه ظرف روی سطح خاک و زیر لاشریزه قرار گرفت. ضخامت لاشریزه در محل‌های تعبیه ظروف نیز اندازه‌گیری گردید تا بعد از جایگذاری ظروف به همان ضخامت بر روی ظرف قرار گیرد. برای تعیین میزان تغییرات کاتیون‌ها در زیر تاج و لاشریزه نسبت به آب باران و همچنین تعیین میزان بارندگی ظرف استوانه‌ای شکل ضدزنگ با ابعاد ۲۰×۵۰ سانتی‌متر در حفره‌ای با مساحت ۹۰۰ مترمربع در نزدیکی محل مطالعه تعبیه شدند. نمونه‌ها

باران از روش آماری تی-تست استفاده شد. مقایسه تغییرات کاتیون‌های آبشویی تاج و لاشریزه گونه ممرز در ماه‌های مختلف از روش آماری آنالیز واریانس یک‌طرفه و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چندگانه دانکن انجام گرفت. نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد و همگنی واریانس‌ها نیز توسط آزمون لون انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

مشخصه‌های آلومتریک درختان: خصوصیات آلومتریک درختان ممرز انتخاب شده در جدول ۱ آورده شده است. در طول یک سال ۲۷ واقعه بارندگی و در مجموع ۱۱۶۲/۱۰ میلی‌متر بارندگی ثبت شد که سهم تاج‌بارش و لاشریزه به ترتیب ۸۳۱/۰۵ و ۴۹۲/۸۴ میلی‌متر بود (۷۱/۵۱ و ۴۲/۴۰ درصد از کل بارش).

پس از ۲۷ رخداد بارندگی از تاریخ ۹۰/۱۱/۱۴ تا ۹۱/۱۱/۱۴ جمع‌آوری شد و نمونه هر ماه به صورت مستقل آزمایش شد (ظروف نمونه‌برداری بعد از هر بارش با آب دوبار تقطیر، شستشو و مجدد جاگذاری شدند). تجزیه و تحلیل داده‌ها شامل دو بخش آزمایشگاهی و نرم‌افزاری بود که در بخش آزمایشگاهی اندازه‌گیری عناصر سدیم و پتاسیم موجود در آبشویی دولایه به روش سوزاندن از طریق دستگاه فلیم فوتومتری مدل Jenway pfp7 بر اساس واحد قسمت در میلیون (۳۷) و کلسیم موجود در آن‌ها توسط دستگاه فلیم فوتومتر مدل Biotech engineering management Afp100 بر اساس واحد قسمت در میلیون انجام گرفت.

تحلیل آماری داده‌ها: داده‌های حاصل از پژوهش بعد از ذخیره در نرم‌افزار Excel2013 با استفاده از نرم‌افزار SPSS20 آنالیز شد. به منظور مقایسه تغییرات کاتیون‌های آبشویی تاج و لاشریزه گونه ممرز با آب

جدول ۱- مشخصه‌های آلومتریک درختان ممرز.

Table 1. Allometric characteristics of *Carpinus betulus* trees.

شماره	ارتفاع (متر)	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	مساحت تاج (مترمربع)
Number	Height (m)	Diameter at breast height (cm)	Crown area (m ²)
1	30	48	46.53
2	30.60	52	43.73
3	30.90	55	63.50

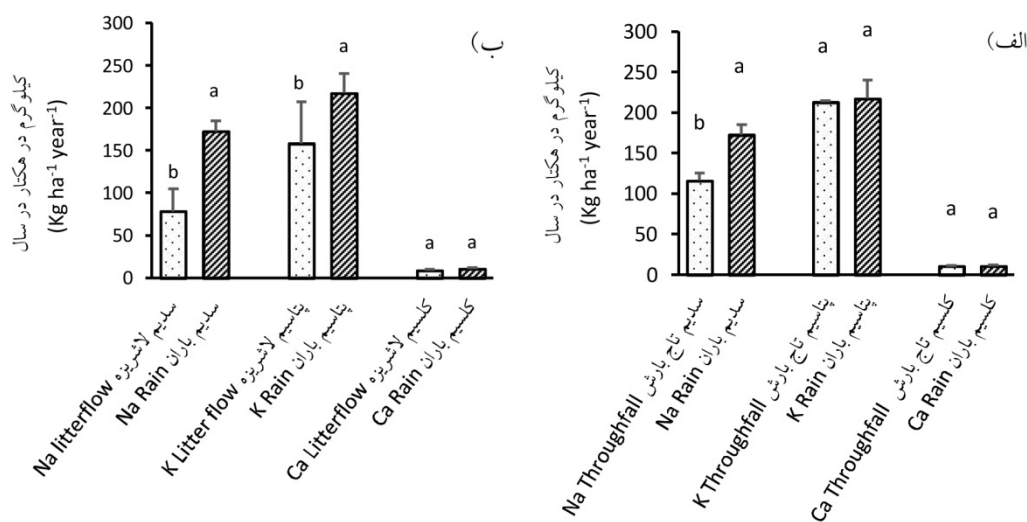
عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم تشکیل دهنده بخش قابل توجهی از رسوبات هستند که از طریق اتمسفر به سطح زمین انتقال می‌یابد (۲۹). انتقال عناصر غذایی به دو طریق رسوبات مرطوب (محلول در آب باران، برف و قطرات مه) و خشک (ذرات ریز و درشت گرد و غبار پراکنده در اتمسفر) است (۲۸)؛ بنابراین حجم بالای این عناصر در داخل آب باران را می‌توان به دلیل وجود این عناصر در اتمسفر و انحلال آن‌ها در آب باران حین بارندگی دانست.

محتوای کاتیونی باران، تاج‌بارش و آبشویی لاشریزه: نتایج نشان داد میانگین کاتیون‌های سدیم در تاج بارش (۱۱۶/۳۷) کیلوگرم در هکتار در سال) به طور معنی‌داری از مقدار آن در آب باران (۱۷۲/۸۲) کیلوگرم در هکتار در سال) کم‌تر است (شکل ۱- الف) که این نتیجه با نتایج دوبوا (۲۰۰۴) مطابقت داشت (۸). میزان عناصر پتاسیم و کلسیم در تاج‌بارش نیز بر خلاف انتظار اختلاف معنی‌داری با مقادیر آن‌ها در آب باران نشان نداد (شکل ۱، الف). رجینا و تارازونا (۲۰۰۰) نیز در پژوهش خود به نتیجه مشابهی دست یافته بودند.

آن‌ها در آب باران بود (شکل ۱-ب)؛ که نتایج سدیم با نتایج مصلحی و همکاران (۲۰۱۱) همسو بود (۲۳). یکی از دلایل کاهش عناصر در آبهوشی لاشریزه نسبت به آب باران، کاهش حجم آبهوشی در لاشریزه است که به دلیل حالت اسفنجی لاشریزه و جذب و نگهداری مقادیر بالای آب توسط لاشریزه رخ می‌دهد (۲۳). عامل دیگر می‌تواند حضور و فعالیت میکروارگانیسم‌ها در پوشش کف جنگل باشد که با جذب رطوبت و عناصر غذایی، کاهش آبهوشی عناصر را در این لایه تشدید می‌کند (۲۳). عناصر آب شویی شده از مواد آلی تجزیه شده در لاشریزه، راحت‌تر توسط ریشه‌های سطحی نازک موجود در پوشش کف جذب می‌گردد (۳۶) که می‌تواند دلیل دیگر کاهش عناصر در آبهوشی باشد.

یکی از دلایل کاهش عناصر در تاج‌بارش را می‌توان به جذب آن توسط تاج نسبت داد. یون سدیم تمایل شدیدی به جذب در سطح یا بافت برگ دارد (۸) که کاهش شدید آن در تاج‌بارش نسبت به آب باران راه، می‌تواند توجیه کند. حاصلخیزی خاک و غنای آن از عناصر غذایی سبب جذب آن‌ها توسط ریشه و انتقال آن‌ها به بافت‌های گیاهی و در نهایت افزایش آبهوشی می‌شود (۳۵). عامل دیگر کاهش عناصر غذایی را می‌توان به جذب عناصر توسط اپیفیت‌های روی پوست درختان (خزه‌ها) نسبت داد (۳).

همچنین میزان آبهوشی عناصر سدیم و پتاسیم در لاشریزه با مقادیر به ترتیب ۷۸/۷۹ و ۱۵۸/۴۵ کیلوگرم در هکتار و ۷۲/۷۷ و ۴۵/۵۶ درصد از مقادیر عناصر مذکور در آب باران) به طور معنی‌داری کم‌تر از مقادیر



شکل ۱- مقایسه میانگین کاتیون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم در آبهوشی تاج و لاشریزه با آب باران با استفاده از آزمون تی- تست در سطح احتمال ۹۵ درصد.

Figure 1. Comparison of Na^+ , K^+ and Ca^{2+} in throughfall and litter flow with rainfall using t-test ($P < 0.05$).

همکاران (۲۰۰۰)، استائیلین و همکاران (۲۰۰۳) همسو بود (۱۷ و ۳۳). یکی از عوامل مؤثر در میزان آبهوشی عناصر، حجم و ویژگی بارش است (۴۰). ۲۷ واقعه بارشی که در منطقه مورد مطالعه اندازه‌گیری و جمع‌آوری شد،

تغییرات آبهوشی کاتیون‌ها در تاج بارش و آبهوشی لاشریزه در طول زمان: نتایج نشان داد آبهوشی همه عناصر در ماه‌های مختلف سال از اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد برخوردار است (شکل ۲) که با نتایج مصلحی و همکاران (۲۶)، هونگو و

نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد آبهوشی عناصر در طول زمان متغیر بوده و دارای اختلاف معنی‌داری است (شکل ۲). مصلحی و همکاران (۲۰۱۲) نیز در پژوهش خود به نتایج مشابهی دست یافته بودند (۲۶). شدت آبهوشی عناصر در لاشریزه در ماه‌های متفاوت، تحت تأثیر حجم بارش، خصوصیات و ویژگی‌های بارش، تغییر شرایط آب و هوایی در طول سال، تغییرات میزان رسوبات اتمسفری در طول زمان، کیفیت یون‌ها در بیومس روزمینی و تغییر ترکیب شیمیایی تاج‌بارش در ماه‌های مختلف، تغییر می‌کند (۲۶). فاکتورهای محیطی به‌ویژه دما و رطوبت که از عوامل مؤثر بر فعالیت میکروارگانیسم‌ها و در نتیجه سرعت فرایند تجزیه (آبهوشی عناصر حاصل از تجزیه) می‌باشند در طول زمان یکسان نیست (۲۰). کیفیت لاشبرگ‌های داخل لاشریزه و آب و هوا نیز در آبهوشی در ماه‌های مختلف بسیار مهم است. یخ‌زدگی و ذوب شدن برگ‌ها و تکرار آن سبب تخریب سلول‌های داخل برگ و متلاشی شدن آن شده و محتوی داخل برگ به‌سرعت آزاد و شسته می‌شود (۵) که دلیل دیگری بر تغییرات آبهوشی لاشریزه در طول زمان است.

بیش‌ترین میزان آبهوشی همانند روند آبهوشی عناصر در تاج، در ماه مهر (به‌جز پتاسیم) و کم‌ترین میزان آبهوشی عناصر در ماه شهریور مشاهده شد (شکل ۲، د، و و ی). روند آبهوشی پتاسیم در لاشریزه تغییر کرد و بیش‌ترین میزان آبهوشی آن در ماه اسفند با مقدار ۲۴ کیلوگرم در هکتار رخ داد (شکل ۲- و). مقادیر آبهوشی عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم در ماه شهریور به‌ترتیب ۰/۴۵، ۰/۵۲ و ۰/۰۳ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۲، د، و و ی).

آبهوشی کاتیون‌ها در ارتباط با مقدار تولید لاشریزه و کیفیت آن نیز می‌باشد (۳۹). در هنگام جمع‌آوری نمونه در محل پژوهش مشاهده شد ریزش

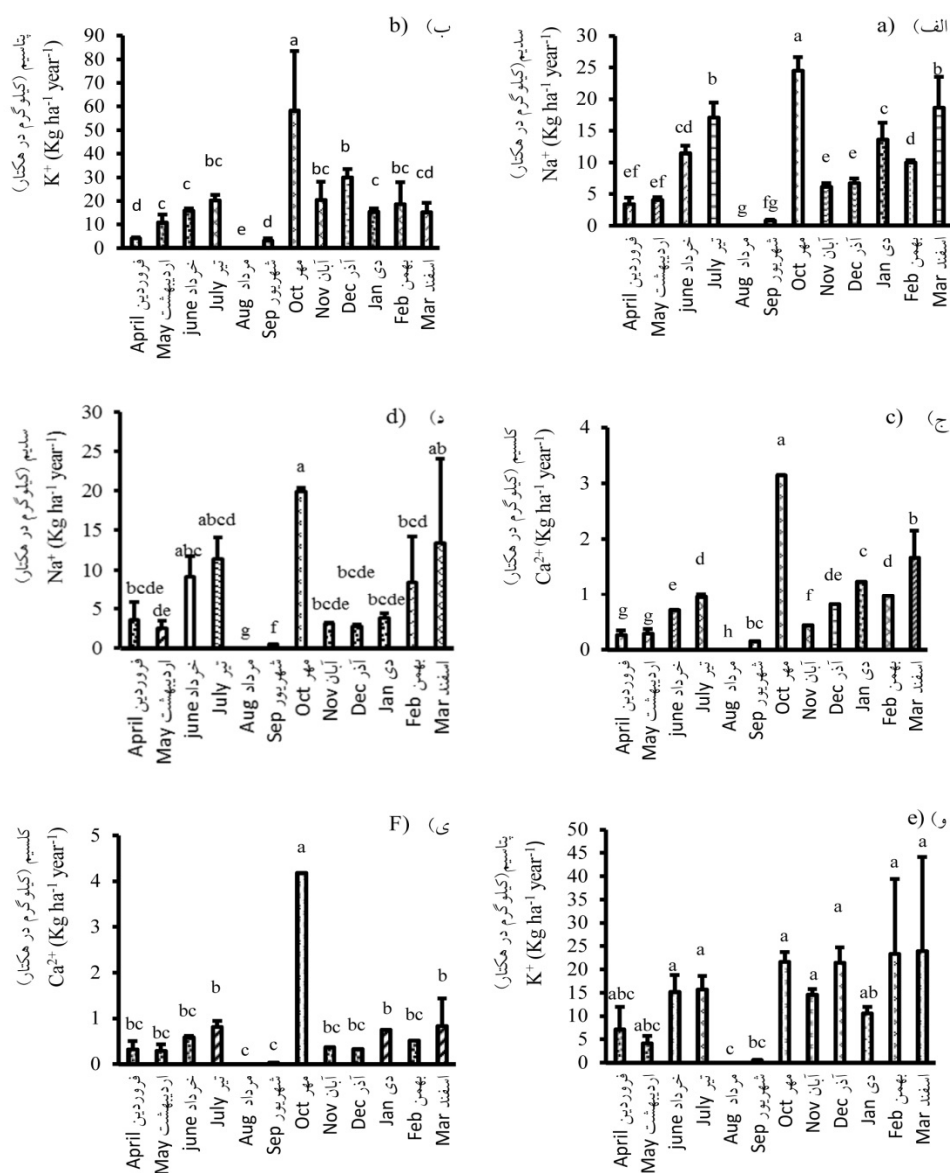
از لحاظ شدت و طول مدت بارش متفاوت بود که می‌تواند یکی از عوامل مهم تغییر آبهوشی در ماه‌های مختلف باشد (۹). قابل ذکر است در بارندگی با شدت کم، تاج و شاخ و برگ درختان فرصت بیش‌تری برای تبادل یونی با آب باران دارند (۱۶) با توجه به تفاوت شدت باران در طول سال در محل اندازه‌گیری یکی دیگر از عوامل تغییر در طول سال را می‌توان به‌میزان مبادله عناصر در تاج با آب باران ذکر نمود. عنصر پتاسیم از جمله عناصری است که به‌وسیله کیفیت بارش کنترل می‌شود بنابراین یکی دیگر از دلایل تغییر ماهانه آبهوشی را می‌توان به تفاوت عناصر موجود در آب باران نسبت داد (۴۰). خصوصیات فیزیولوژیکی تاج (۴۰) و تغییر فعالیت فیزیولوژیکی برگ‌ها در طول سال متغیر است (۳۸) که همین امر می‌تواند منجر به تغییر در کیفیت عناصر مبادله‌شده در تاج و در نتیجه آبهوشی گردد.

مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن نشان داد بیش‌ترین میزان آبهوشی عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم در ماه مهر با مقادیر ۲۴/۵۱، ۵۸/۳۰ و ۳/۱۴ کیلوگرم در هکتار است. همچنین کم‌ترین میزان آبهوشی عناصر فوق نیز در ماه شهریور (سدیم: ۰/۸۴، پتاسیم: ۳/۲۲ و کلسیم: ۰/۱۵ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (شکل ۲، الف، ب و ج).

بیش‌ترین میزان آبهوشی عناصر در تاج‌بارش در ماه‌های سرد سال مشاهده شد که علت آن می‌تواند وجود رسوبات اتمسفری بیش‌تر در ماه‌های سرد سال نسبت به ماه‌های رویش باشد (۱۸). تلاطم بیش‌تر آب و هوایی در دوره استراحت، منجر به پراکنش حجم بیش‌تری از رسوبات اتمسفری و ذرات معلق گردوغبار در محیط می‌شود (۳۴). بافت زبر پوست در دوره استراحت (۱۹)، شاخه‌ها و جوانه‌های کوچک موجود در بالای تاج در هنگام برگ‌ریزان (۱۲)، کارایی و توانایی بیش‌تری در جذب و نگهداری رسوبات اتمسفری دارد (۱۲) که می‌تواند در هنگام بارش غنای عناصر غذایی در تاج بارش را سبب گردد.

نیمه اول و دوم سال به ترتیب (۱۱۰/۸۵ و ۲۳۹/۱۲ کیلوگرم در هکتار)، (۱۶۴/۲۶ و ۴۷۵/۱۵ کیلوگرم در هکتار) و (۶/۹۵ و ۲۳/۴۲ کیلوگرم در هکتار) نیز می‌تواند دلیل دیگر افزایش آب شویی لاشریزه در این دوره باشد زیرا تاج بارش یکی از مسیرهای انتقال عناصر به لاشریزه است (۲۵).

شاخ و برگ از اواخر شهریور شروع و تا بهمن ادامه داشت بنابراین با توجه به ریزش شاخ و برگ و تولید بیش‌تر لاشریزه در دوره استراحت، آب‌شویی بیش‌تر کاتیون‌ها در لاشریزه در این دوره انتظار می‌رود. همچنین آب‌شویی بیش‌تر عناصر در دوره سرد سال در تاج (آب‌شویی تجمعی سدیم، پتاسیم و کلسیم در



شکل ۲- میانگین تغییرات \pm (انحراف معیار) کاتیون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم در آبشویی تاج (الف، ب، ج) و لاشریزه (د، و، ی) با استفاده از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه در سطح اعتماد ۹۵ درصد.

Figure 2. Mean variation \pm (Std) of Na⁺, K⁺ and Ca²⁺ in TF (a, b, c) and LF (d, e, f) using one way analysis at 95% confidence level.

ماه‌های سرد سال رخ داده است بنابراین ضرورت دارد در هنگام برنامه‌ریزی قطع به این مسأله توجه ویژه گردد. بر طبق این نتایج می‌توان گفت، درختان همیشه منجر به افزایش عناصر غذایی در آبنمایی نمی‌شوند بلکه بر اساس نیاز و شرایط خود واکنش نشان می‌دهند و در صورتی‌که نتوانند با استفاده از منابع غذایی خاک، رفع نیاز کنند طی یک واکنش پیچیده اتمسفری- هیدرولوژیکی، از اتمسفر و آب باران نیاز خود را برطرف می‌کنند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد باران سهم عمده‌ای در انتقال عناصر غذایی، جبران کمبود منابع یونی خاک جنگل و چرخه عناصر غذایی دارد. در طول این فرایند پیچیده، در تبادل کاتیونی تاج با آب باران، تاج گونه ممرز برخلاف انتظار تمایل کم‌تری به انتشار عناصر از بافت‌های شاخ و برگ خود و آبنمایی آن دارد و بیش‌تر تمایل دارند عناصر را از آب باران جذب نمایند. همچنین روند تغییرات آبنمایی عناصر نیز نشان داد بیش‌ترین میزان آبنمایی عناصر در

منابع

1. Abbasian, P., Attarod, P., Sadeghi, M., Van Stan, J., and Hojjati, M. 2015. Throughfall nutrients in a degraded indigenous *Fagus orientalis* forest and a *Picea abies* plantation in the north of Iran. *Forest System*. 24: 3. 1-10.
2. Alizade, A. 1997. *Climatology*. Ferdowsi Univ. Mashhad Press, 398p. (In Persian)
3. Alcock, M.R., and Morton, A.J. 1985. Throughfall and stemflow in woodland recently established on nutrient content of heathland. *J. of Ecology*. 73: 625-663.
4. Baribault, T.W., Kobe, R.K., and Rothstein, D. 2010. Soil calcium, nitrogen, and water are correlated with aboveground net primary production in northern hardwood forests. *Forest Ecology and Management*. 260: 5. 723-733.
5. Barlocher, F. 1992. Effects of drying and freezing autumn leaves on leaching and colonization hyphomycetes. *Freshwater Biology*. 28: 1-7.
6. Brady, N.C., and Weil, R.R. 2002. *The nature and properties of soils*, Prentice Hall edition, NJ, 960p.
7. Dezzo, N., and Chacon, N. 2006. Nutrient fluxes in incident rainfall, throughfall and in stemflow adjacent primary and secondary forests of the garansabana, Southern Venezuela, *Forest Ecology and Management*. 234: 218-226.
8. Dubova, M. 2014. Sodium in precipitation in a beech forest ecosystem in the Kremnicke Verchy MTS (Western Carpathians). *Ecology*. 33: 1. 36-47.
9. Duchesne, L., and Houle, D. 2006. Base cation cycling in a pristine watershed of the Canadian boreal forest. *Biochemistry*. 78: 2. 195-216.
10. Duivenvoorden, J.M., and Lips, J.M. 1995. A land-ecological study of soils, vegetation and plant diversity in Colombian Amazonia. Ph.D. Dissertation, landscape and environmental research group. Faculty of environmental sciences, University of Amsterdam. Tropenbos Series 12, Wageningen, 438p.
11. Eaton, J.S., Likens, G.E., and Bormann, F.H. 1973. Throughfall and stemflow chemistry in a northern hardwood forest. *J. of Ecology*. 61: 498-508.
12. Freer-Smith, P.H., El-Khatib, A.A., and Taylor, G. 2004. Capture of particulate pollution by trees: a comparison of species typical of semi-arid area with European and North American species. *Water Air Soil Pollution*. 155: 173-187.
13. Habashi, H., Moslehi, M., Shabani, E., Pypker, T., and Rahmani, R. 2019. Chemical content and seasonal variation of throughfall and litterflow under individual trees in the Hyrcanian forests of Iran. *J. of Sustainable Forestry*. 38: 183-197.

14. Habibi Kaseb, H. 1992. Fundamentals of forest soil science. Tehran Univ. Press, 424p. (In Persian)
15. Haghparast, M.R. 1992. Nutrition and metabolism of plants. Azad Univ. of Rasht Press, 527p. (Translated in Persian)
16. Hansen, K., Draaijers, G.P.J., and Ivens, W.M.P.F. 1994. Concentration variations in rain and canopy throughfall collected sequentially during individual rain events, Atmospheric Environment. 28: 3195-3205.
17. Hongove, D., Van Hees, P.A.W., and Lundstrom, U.S. 2000. Dissolved components in precipitation water percolated through forest litter. European J. of Soil Science. 51: 667-677.
18. Houle, D., Quimet, R., Paquin, R., and Laflamme, J.G. 1999. Interaction of atmospheric deposition with a mixed hardwood and coniferous forest canopy at the Lake Clair watershed (Duchesney, Quebec). Canadian J. of Forest Research. 29: 1944-1957.
19. Levia, D.F., and Frost, E.E. 2003. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems. J. of Hydrology. 274: 1-29.
20. Lin, T.C., Humburg, S.P., Hsia, Y.J.T., King, H.B., Wang, L.J., and Lin, K.Ch. 2001. Base cation leaching from the canopy of Subtropical rain forest northeastern Taiwan. Canadian J. Forest Research. 31: 7. 1150-1163.
21. Liorens, P., and Domingo, F. 2007. Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean rainfall: Examples from a young and an old-growth Douglas-fir forest. Agriculture and Forest Meteorology. 130: 113-129.
22. Metzger, F.T. 1990. *Carpinus Caroliniana* walt. P 179-185, In: R.M. Burns and B.H. Honkala (eds), *Silvics of North America. Volume 2. Hardwoods*. USDA, Forest Service Agric. Washington, D.C.
23. Moslehi, M., Habashi, H., and Khormali, F. 2011. Effect of throughfall and forest floor leachate of beech on base cation dynamics in mixed stand. Iranian J. of Forest and Poplar Research. 19: 83-93. (In Persian)
24. Moslehi, M., Habashi, H., Khormali, F., and Rahmani, R. 2014. Seasonal effects of leaching on chemical characteristic of water in the soil of Mixed Hyrcanian Beech forest (Iran-Shastkolate Forest). J. of Forest and Wood Product. 67: 1. 1-11. (In Persian)
25. Moslehi, M., Habashi, H., Khormali, F., Rahmani, R., and Pourmalekshah, A. 2015. Chemical characteristics of throughfall and forest floor leaching of beech species in growth and dormant period in the Beech-Hornbeam stand, Iranian J. of Forest and Poplar. 23: 1. 25-36. (In Persian)
26. Moslehi, M., Habashi, H., Khormali, F., Rahmani, R., and Pourmalekshah, A. 2012. Effect of time variation on base-cation dynamic of throughfall and forestfloor in the Beech forest. Third international of climate change, May 17-19, Sari, Iran. (In Persian)
27. Navar, J., Gonzales, J.M., and Gonzales, H. 2009. Gross precipitation and throughfall chemistry in legume species planted in Northeastern Mexico. Plant Soil. 318: 15-26.
28. Ragsdale, H.L., Lindberg, S.E., Lovett, G.M., and Schaeffer, D.A. 1992. Atmospheric deposition and throughfall fluxes of base cations. P 235-253, In: D.W. Johnson and S.E. Lindberg (eds), *Atmospheric deposition and forest nutrient cycling*. Ecological Studies 91. Springer-Verlag, New York.
29. Regina, I.S., and Tarazona, T. 2000. Nutrient return to the soil through litterfall and throughfall under beech and pine stands of Sierra de la Demanda, Spain. Arid Soil Research and Rehabilitation. 14: 239-0252.
30. Revised forestry plan. 2007. Gorgan university of agricultural sciences and natural resources, Forestry division, Gorgan, 481p. (In Persian)
31. Salehi, M., Zahedi Amiri, Gh., Attarod, P., Salehi, A., Brunner, I., Schleppei, P., and Thimonier, A. 2016. Seasonal variation of TF chemistry in pure

- and mixed stands of Oriental beech (*Fagus orientalis Lipsky*) in Hyrcanian forests (Iran). *Annals of Forest Science*. 73: 371-380.
32. Staelens, J., Herbst, M., Holscher, D., and Schrijver, A.D. 2011. Seasonality of hydrological and biogeochemical fluxes. P 521-539, In: D.F. Levia, D.E. Carlyle-Moses and T. Tanaka (eds), *Forest hydrology and biochemistry: Synthesis of past research and future directions*. Ecological Studies 216, Springer-Verlag Heidelberg, Germany.
33. Staelens, J., Schrijver, A., Oyarzun, C., and Lustl, N. 2003. Comparison of dry deposition and canopy exchange of base cations in temperate hardwood forest. *Gayana Botany*. 60: 1. 9-16.
34. Staelens, J., Schrijver, A.D., Verheyen, K., and Verhoest, N.E.C. 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*. 22: 1. 33-45.
35. Stevens, P.A., Reynolds, B., Hughes, S., Norris, D.A., and Dickinson, A.L. 1997. Relationship between spruce plantation age, solute and soil chemistry in Hafran forest. *Hydrology and Earth System Science*. 1: 3. 627-637.
36. Swift, M.J., and Anderson, J.M. 1989. Decomposition. 714p. In: H. Lieth and M.J.A. Werger (eds), *Tropical Rain Forest Ecosystems - Biogeographical and Ecological Studies*, Ecosystems of the World 14B. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands.
37. Smith, J.L., and Doran, J.W. 1996. Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. P 11-43, In: J.W. Doran and A.J. Jones (eds), *Methods for assessing soil quality*. SSSA Species Publication. Madison, WI.
38. Tukey, H.B.Jr., Mecklenburg, R.A., and Morgan, J.V. 1965. A mechanism for the leaching of metabolites foliage. Radiation and isotopes in soil-plant nutrition studies. *Proceedings of I.A.E.A./F.A.O. Austria*, 610p.
39. Van Nevel, L., Mertens, J., De Schrijver, A., Baeten, L., De Neve, S., Tack, F., Merrs, E., and Verheyen, K. 2013. Forest floor leachate fluxes under six different tree species on a metal contaminated site. *Science of the Total Environment*. 447: 99-107.
40. Zhang, G., Zeng, G., Jiang, Y., Yan Du, C., Huang, G., Yao, J., Zeng, M., Zahng, X., and Tan, W. 2006. Seasonal dry deposition and canopy leaching of base cations in a sub-tropical evergreen mixed forest. *China. Salvia Fennica*. 40: 3. 417-428.



Nutrient dynamics in rainfall, throughfall and litterfall of Hornbeam trees in the Caspian forests of northern Iran (Case study: Shastkalateh forest)

H. Habashi¹, *M. Moslehi² and E. Shabani³

¹Associate Prof., Dept. of Forestry and Forest Ecology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran,

²Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bandar-e Abbas, Iran,

³M.Sc. Graduated, Dept. of Forestry and Forest Ecology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 11.29.2018; Accepted: 04.18.2019

Abstract

Background and Objectives: Nutrient cycles in forests are tightly linked to the hydrological cycle because water acts as the main solvent and transporting agent for nutrient from the aboveground tree canopy to the underlying soil. The aim of this research was to evaluate the monthly and annual changes in chemical properties (calcium, sodium and potassium) of the canopy and litter leaching of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) trees during a year compared to nutrients in rainfall (RF).

Materials and Methods: This study occurred from January 2012 to February 2013 in a mixed natural stand at Shastkalate Forest Research Station of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. In a 5000 m² area in the study site 3 healthy trees with free and symmetrical crown and stem were selected for sampling of RF, throughfall (TF) and litterfall (LF) chemistry. RF, TF and LF were sampled after each rainfall within a year. The collectors were emptied after each rainfall (as soon as rain ceased) and were thoroughly rinsed with deionized water and dried before being replaced. To analyze the chemical content of RF, TF and LF, samples were transported to the laboratory of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources and stored at 4 °C. The concentrations of sodium (Na⁺), potassium (K⁺) and calcium (Ca²⁺) were determined using flame photometer. In order to compare amount of nutrients in TF and LF with RF and to investigate monthly nutrient dynamics of TF and LF, t-test analysis and the one way variance analysis were used.

Results: Results showed that Na⁺ amount in TF (116.37 kg ha⁻¹year⁻¹), and K⁺ and Na⁺ amounts in LF (158.45 and 78.79 kg ha⁻¹year⁻¹ respectively), were significantly lower than K⁺ and Na⁺ (217.72 and 172.82 kg ha⁻¹year⁻¹) in RF (P<0.05). Also amounts of nutrient leaching of TF and LF in various months were different significantly. The highest leaching amounts of Na⁺, K⁺ and Ca²⁺ were observed for TF, 24.51, 58.30 and 3.14 kg. ha⁻¹, respectively. However highest amounts of Na⁺ and Ca²⁺ were measured in October for LF; 19.93 and 4.17 kg. ha⁻¹, respectively. Also the lowest leaching of Na⁺, K⁺ and Ca²⁺ of TF (0.84, 3.22 and 0.15 kg ha⁻¹ respectively) and LF (0.45, 0.52 and 0.03 kg ha⁻¹ respectively) were measured in September.

Conclusion: In this complex process, in crown cation exchange, the absorption tendency of hornbeam crown was higher than its cation diffusion from leaf and branch tissues, so hornbeam crown tends to absorb nutrition from RF to meet its nutrient need.

Keywords: Crown leaching, Litter leaching, Monthly dynamics of base cations, Hornbeam species

*Corresponding author: m.moslehi@areeo.ac.ir