

بررسی تغییرات کاتیون‌های بازی در آبشویی تاج و لاشریزه گونه افراپلت در جنگل‌های هیرکانی

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

۱. دانشیار گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۳۰، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۲۴

چکیده

هدف این تحقیق، بررسی تغییرات ماهانه آبشویی کاتیون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم در تاج و لاشریزه گونه افراپلت (*Acer velutinum Boiss*) در طول سال و همچنین مقایسه عناصر غذایی موجود در آب باران با تاج‌بارش و لاشریزه در توده آمیخته، در سری یک جنگل شصت‌کلاته استان گلستان است. بعد از انتخاب ۳ درخت شاخص افراپلت در یک توده نیم‌هکتاری، نمونه‌های حاصل از آبشویی تاج (۴۰۵ نمونه) و لاشریزه (۲۴۳ نمونه) از بهمن ۱۳۹۰ تا بهمن ۱۳۹۱، بعد از هر بارندگی جمع‌آوری و بررسی شد. برای مقایسه مقدار عناصر آبشویی شده در تاج و لاشریزه با آب باران و همچنین تغییرات ماهانه عناصر آبشویی شده، به ترتیب از آنالیز آماری تی تست و آنالیز واریانس یکطرفه در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده شد. نتایج نشان داد که مقادیر پتاسیم و کلسیم در تاج‌بارش به ترتیب ۱۳۴/۸۳ و ۰/۱۹ کیلوگرم در هکتار در سال بیشتر از مقدار آنها در آب باران بود، ولی سدیم ۵۲/۲۷ کیلوگرم در هکتار کمتر بود. همچنین مقادیر سدیم و کلسیم در آبشویی لاشریزه ۹۱/۹ و ۱/۶۸ کیلوگرم در هکتار در سال کمتر از مقدار آنها در آب باران و پتاسیم ۲۷/۷۹ کیلوگرم در هکتار بیشتر از آب باران بود. مقدار آبشویی عناصر در آبشویی تاج و لاشریزه در ماه‌های مختلف، به‌طور معنی‌داری متفاوت بودند. براساس نتایج می‌توان از گونه افراپلت برای بهبود خاک‌های دچار کمبود پتاسیم استفاده کرد. به‌منظور انتخاب گونه مناسب برای جنگلکاری، بهبود حاصلخیزی خاک و مدیریت بهینه جنگل، اطلاعات آبشویی در کنار ویژگی‌های دیگر درختان مورد نیاز است.

واژه‌های کلیدی: آبشویی لاشریزه، تاج‌بارش، تغییرات زمانی، کاتیون‌های بازی.

مقدمه

در سال ۲۰۱۱ مصلحی و همکاران کاتیون‌های موجود در تاج‌بارش و لاشریزه را با آب باران گونه راش شرقی (*Fagus orientalis*) در جنگل‌های هیرکانی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که مقدار عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در تاج‌بارش بیشتر از آب باران است، ولی در آبشویی لاشریزه، مقدار کلسیم و پتاسیم به‌طور معنی‌داری کمتر از آب باران است [۴]. مصلحی و همکاران در سال ۲۰۱۲ نیز در بررسی تغییرات کاتیون‌های آبشویی تاج و لاشریزه در جنگل‌های

خصوصیات شیمیایی آب باران حین عبور از تاج و لاشریزه، تحت تأثیر مبادله کاتیون‌ها در تاج [۱]، خصوصیات فیزیولوژیک تاج [۲]، رسوبات اتمسفری [۱] و تغییرات آب‌وهوایی در طول زمان [۳] تغییر خواهد کرد که برای بسیاری از عناصر غذایی، این تغییر افزایشی است.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۳۲۳۹۶۸۰

است [۹]. در سال ۲۰۱۶، Salehi و همکاران، با بررسی خصوصیات شیمیایی تاج‌بارش و آب باران در توده خالص و آمیخته راش شرقی گزارش کردند که مقدار عناصر غذایی در تاج‌بارش به‌جز نیترات و آمونیم، بیشتر از مقادیر آنها در آب باران است [۱۰].

در اکوسیستم جنگلی، رابطه مهمی بین چرخه هیدرولوژیک و مواد غذایی وجود دارد. بعضی از عناصر غذایی موجود در آب باران، حین عبور از بخش‌های مختلف گیاهی افزایش می‌یابند و پس از عبور از پوشش کف وارد خاک می‌شوند؛ بنابراین می‌توان گفت پوشش گیاهی در جنگل اهمیت زیادی در کنترل غلظت کاتیون‌ها در خاک، اصلاح خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌ها، بهبود فرایند تجزیه، افزایش حاصلخیزی خاک و در نهایت حاصلخیزی رویشگاه در سطوح وسیع در کوتاه‌مدت و پایداری چرخه عناصر غذایی و اکوسیستم جنگل در بلندمدت دارد. در فرایند آبشویی عناصر، انتقال کاتیون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم از طریق آبشویی تاج و لاشریزه، اهمیت چشمگیرتری در چرخه بیوژئوشیمیایی و پایداری جنگل دارد؛ زیرا عامل مؤثری در تغذیه پوشش گیاهی، فتوسنتز و جبران کمبود منابع یونی خاک است. کیفیت و کمیت این انتقال، تحت تأثیر خصوصیات تاج و لاشریزه، بارش، عوامل اقلیمی و شرایط اتمسفری در بُعد زمان تغییر می‌کند. با داشتن اطلاعات در این زمینه می‌توان از مدیریت صحیح با برنامه‌ریزی دقیق‌تر (بهره‌برداری و جنگلکاری) بهره برد و با استفاده از ویژگی خودتنظیمی طبیعت، بازسازی آن را تسریع کرد؛ بنابراین در این تحقیق آبشویی کاتیون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم تاج و لاشریزه گونه افراپلت در توده آمیخته با آب باران مقایسه می‌شود و همچنین تغییرات ماهانه آبشویی کاتیون‌های تاج و لاشریزه نیز بررسی خواهد شد.

راش شمال ایران نتیجه گرفتند که آبشویی کاتیون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در تاج‌بارش و لاشریزه، طی ماه‌های مختلف نمونه‌برداری، دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد است [۱]. Staelens و همکاران در تحقیقی در سال ۲۰۰۳، مبادله کاتیون‌ها توسط تاج را از طریق تاج‌بارش در زیر دو گونه راش جنگلی (*Fagus sylvatica*) در فنلاند و نوتوفاغوس (*Nothofagus oblique*) در شیلی در ماه‌های مختلف گزارش کردند. آبشویی کاتیون‌ها در ماه‌های مختلف با توجه به رسوبات اتمسفری و تبادل کاتیونی تاج متغیر است [۵]. Tobon و همکاران در سال ۲۰۰۴ در بررسی خصوصیات شیمیایی آبشویی لاشریزه در اکوسیستم جنگلی آمازون گزارش کردند که روند آبشویی در لاشریزه از همان روند آبشویی در تاج‌بارش پیروی می‌کند، ضمن اینکه با وجود اضافه شدن عناصر ناشی از تجزیه، مقدار عناصر ورودی به خاک کمتر از ورودی خالص عناصر از طریق آبشویی بود که نشان می‌دهد لایه لاشریزه به‌عنوان ذخیره‌گاه عناصر غذایی عمل می‌کند [۶]. Fujinum و همکاران در سال ۲۰۰۵ چرخه کاتیون‌های بازی در جنگل‌های میشیگان را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که مقدار آبشویی عناصر در تاج‌بارش نمدار بیشتر از افرا و در افرا بیشتر از تسوگا است (تسوگا > افرا-نمدار) و همچنین پتاسیم، بیشترین مقدار آبشویی را دارد [۷]. Adriaenssens و همکاران در سال ۲۰۱۲ در تحقیق خود به تعیین سهم مبادله تاج و رسوبات اتمسفری در کاتیون‌های آبشویی‌شده در تاج پرداختند و گزارش کردند که در فصول رویش و استراحت، سهم رسوبات اتمسفری در آبشویی سدیم بیشتر است؛ ولی آبشویی کلسیم، منیزیم و پتاسیم در فصل رویش بیشتر از طریق مبادله تاج و در فصل استراحت بیشتر از طریق رسوبات اتمسفری است [۸]. Dubova در سال ۲۰۱۴، با بررسی مقدار آبشویی سدیم در تاج‌بارش توده‌های جنگلی راش و اراضی جنگلی با قطع یکسره در اسپانیا، گزارش کردند مقدار سدیمی که در پلات‌های با قطع یکسره به خاک وارد شده بیشتر از سدیمی است که از طریق تاج‌بارش توده‌های جنگلی به خاک رسیده

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه پژوهش

جنگل آموزشی و پژوهشی شصت‌کلاته متشکل از دو سری، در دامنه شمالی رشته‌کوه البرز، در ارتفاع ۲۱۰ تا ۲۱۶۸ متر از سطح دریا، 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 با اقلیم مرطوب معتدل و بارندگی متوسط سالیانه ۶۴۹ میلی‌متر (براساس اطلاعات ایستگاه سینوپتیک هاشم‌آباد در فاصله ۵ کیلومتری شمال منطقه طرح در جلگه از سال ۱۳۸۴-۱۳۵۴)، در فاصله ۸ کیلومتری جنوب غربی شهرستان گرگان قرار دارد. منطقه پژوهش در سری ۱ طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا واقع شده است [۱۱]. قطعه مورد بررسی به مساحت نیم هکتار در ارتفاع ۲۶۵ متر از سطح دریا و شیب متوسط صفر درصد، در پارسل یک انتخاب شد. تراکم توده مورد نظر ۱۵۶ درخت در هکتار بود. درختان موجود، جوان تا میانسال، دانه‌زاد و دوآشکوبه بودند و وضعیت مناسبی داشتند. پوشش گیاهی همراه انواع گرامینه، کوله‌خاس، کارکس و ولیک و رستنی‌های مزاحم تمشک بود. تیپ خاک اوتریک فلاویسول تا کرومیک کامبی سول، بافت خاک سیلنتی کلی (Si-C) تا سیلنتی رسی لوم (Si-C-L) و تیپ توده مورد نظر با توجه به سطح مقطع، تیپ آمیخته متشکل از گونه‌های ممرز (۳۵/۴۳ متر مربع)، انجیلی (۳۱/۳۸ متر مربع)، افراپلت (۲۲/۲ متر مربع) و بلوط (۱۰/۹۹ متر مربع) بود.

روش پژوهش

پس از جنگل‌گردشی و جدا کردن قطعه نیم‌هکتاری، سه درخت افرا با تاج کاملاً آزاد، سالم و در آشکوب برین انتخاب شدند، به نحوی که موقعیت به نسبت مشابهی از لحاظ سنگ بستر و بافت خاک داشته باشند تا اطمینان حاصل شود که هر گونه تغییر در مقدار آبشویی کاتیون‌های مورد نظر تحت تأثیر گونه افرا است. درختان مذکور دارای ارتفاع ۲۹/۱، ۲۶/۱ و

۲۸/۵ متر، قطر برابر سینه ۷۰، ۵۰ و ۶۰ سانتی‌متر و مساحت تاج (۱۵۵/۲۹، ۷۶/۶۲ و ۲۳/۳۹ متر مربع) بودند. سپس ظروف جمع‌آوری نمونه در زیر تاج و پوشش کف آنها با روش نقطه‌ای و سطحی [۱۲] تعبیه و بعد از هر بارندگی نمونه‌ها جمع‌آوری شد. برای حذف اثرهای حاشیه‌ای، فاصله جمع‌آوری‌کننده‌ها از تنه درخت و حاشیه تاج یک متر در نظر گرفته شد و جمع‌آوری‌کننده‌ها در زیر تاج به صورت تصادفی پراکنده شدند. برای جمع‌آوری تاج‌بارش ظروف پلاستیکی با ابعاد ۸/۵×۲۲/۵ سانتی‌متری با پنج تکرار به صورت تصادفی در زیر تاج هر درخت تعبیه شد. 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 پوشانده شد و با ۹ تکرار به صورت تصادفی در زیر لاشریزه در داخل خاک نصب شد؛ به صورتی که دهانه ظرف روی سطح خاک و زیر لاشریزه قرار گرفت. شایان ذکر است که ضخامت لاشریزه قبل از استقرار ظروف اندازه‌گیری شد و بعد از جاگذاری، با همان ضخامت بر روی ظروف قرار گرفت. برای جمع‌آوری آب باران و تعیین مقدار بارندگی، ظرف استوانه‌ای ضدزنگ با ابعاد ۵۰×۲۰ سانتی‌متر در حفره‌ای با مساحت ۹۰۰ متر مربع در نزدیکی محل تحقیق تعبیه شد. نمونه‌ها پس از ۲۷ واقعه بارندگی از تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۱۴ تا ۱۳۹۱/۱۱/۱۴ جمع‌آوری و نمونه هر ماه به صورت مستقل آزمایش شد (ظروف نمونه‌برداری بعد از هر بارش با آب دوبار تقطیر، شست‌وشو داده شده و از نو 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 دو لایه به روش سوزاندن از طریق دستگاه فلیم فوتومتر مدل Jenway pfp7 و اندازه‌گیری کلسیم موجود در آنها توسط دستگاه فلیم فوتومتر مدل Biotech engineering management Afp100 براساس واحد ppm انجام گرفت [۱۳].

تحلیل آماری داده‌ها

داده‌های حاصل از تحقیق، پس از ذخیره در نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۳ با استفاده از نرم‌افزار SPSS20 آنالیز شد. برای مقایسه تغییرات کاتیون‌های آبشویی تاج و لاشریزه گونه افراپلت با آب باران از روش آماری تی تست استفاده شد. مقایسه تغییرات کاتیون‌های آبشویی تاج و لاشریزه گونه افراپلت در ماه‌های مختلف با استفاده 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 و همگنی واریانس‌ها نیز توسط آزمون لون بررسی شد.

نتایج و بحث

در طول یک سال ۲۷ واقعه بارندگی و در مجموع ۱۱۶۲/۱ میلی‌متر بارندگی ثبت شد. سهم تاج‌بارش ۸۰۰/۲۴ میلی‌متر (۶۸/۸۶ درصد از باران) بود. حجم آبشویی لاشریزه ۴۷۸/۳ میلی‌متر بود که به ترتیب ۴۱/۱۵ و ۵۹/۷۶ درصد از باران و تاج‌بارش را به خود اختصاص داد.

محتوای کاتیونی باران، تاج‌بارش و آبشویی لاشریزه

نتایج نشان داد که مقدار آبشویی عناصر پتاسیم و کلسیم در تاج‌بارش (۳۵۲/۵۵ و ۱۱/۱۶ کیلوگرم در هکتار در سال) به طور معنی‌داری بیشتر از مقادیر آنها در آب باران (۲۱۷/۷۲ و ۱۰/۹۷ کیلوگرم در هکتار در سال) بود (شکل ۱- الف) که با یافته‌های مصلحی و همکاران (۲۰۱۱)، Chuyong و همکاران (۲۰۰۴) و Salehi و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت داشت [۴، ۱۰، ۱۴]. بافت برگ منشأ عناصر غذایی است که با مبادله این عناصر در تاج حین بارش (به‌عنوان مهم‌ترین مسیر انتقال عناصر به خاک)، مقدار بعضی از عناصر در تاج‌بارش افزایش می‌یابد [۴]. آبشویی بیشتر پتاسیم نسبت به کلسیم و سدیم در تاج بارش را می‌توان به غلظت و تحرک زیاد پتاسیم در باران و بافت گیاهی [۱۵]، حساسیت بیشتر آن به آبشویی تاج

نسبت به سدیم و کلسیم [۵]، فراوانی، تحرک و حلالیت زیاد آن در سطح برگ [۱۵] و حضور فراوان در ترکیبات آنزیم‌ها [۱۶] نسبت داد. به‌علت حضور وافر پتاسیم در برگ، بافت‌های چوبی و پیوند ضعیف آن در بافت و ترکیبات آنزیمی [۱۵]، پیوندها به‌راحتی شکسته می‌شوند و به‌دلیل تحرک زیادی که دارند، به‌سرعت به خارج از بافت انتشار می‌یابد و شسته می‌شوند و تاج‌بارش را غنی می‌کنند [۱۶]. غلظت و تمرکز کلسیم جذب‌شده در شاخ‌وبرگ بسیار بیشتر از ریشه است. از آنجا که غلظت عناصر در اندام‌های گیاهی با آبشویی رابطه نزدیک دارد، می‌توان افزایش کلسیم در تاج‌بارش را به فراوانی این عنصر در اندام‌های هوایی به‌ویژه تاج و دسترسی آسان به ذخایر یونی در سطح تاج، و آبشویی کمتر آن نسبت به عنصر پتاسیم را به تحرک بسیار کم آن نسبت داد [۴، ۱۶]. عامل دیگر افزایش پتاسیم و کلسیم در تاج‌بارش ممکن است نشست رسوبات اتمسفری و ذرات گردوغبار روی تاج و اندام‌های گیاهی باشد [۴، ۵] که هنگام بارندگی به‌همراه کاتیون‌های مبادله‌شده در سطح تاج و یون‌های حاصل از شکسته شدن پیوندهای یونی، از سطح تاج شسته شده و سبب غنای تاج‌بارش می‌شوند.

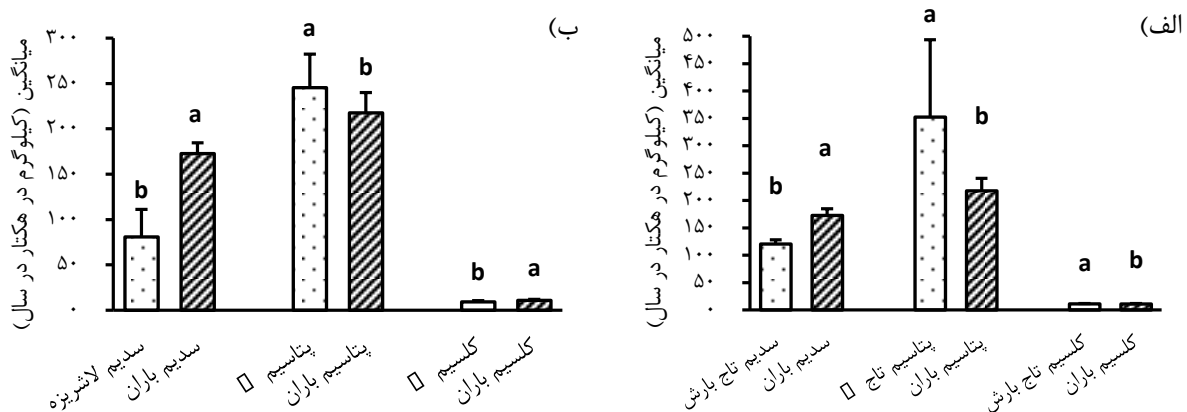
بسیاری از تحقیقات افزایش مقدار عناصر در تاج‌بارش را نشان داده‌اند، ولی در بعضی از تحقیقات، جذب عناصر و کاهش آنها در تاج‌بارش گزارش شده است [۱۷-۱۹]. مقدار سدیم در تاج‌بارش (۱۲۰/۵۵ کیلوگرم در هکتار در سال) کمتر از آب باران (۱۷۲/۸۲ کیلوگرم در هکتار در سال) بود (شکل ۱- الف) که همسو با تحقیق Dubova (۲۰۱۴) و مغایر با تحقیقات مصلحی و همکاران (۲۰۱۱) و Lu و همکاران (۲۰۱۶) بود [۹، ۲۰]. مقدار سدیم حاصل از شست‌وشو، انحلال و آبشویی تاج، به ترکیب توده، شرایط آب‌وهوایی، فصل و مقدار بارش ورودی به اکوسیستم جنگل [۲۱] و مورفولوژی و آناتومی برگ [۱۷] بستگی دارد که می‌تواند تفاوت آبشویی این عنصر و

کووالانسی، در یکی دو سال اولیه [۱۶، ۲۳]، بسیار کند است، بنابراین عنصر کلسیم در کوتاه‌مدت به سختی آزاد می‌شود که ممکن است دلیل کاهش آن باشد.

کاهش رسوبات اتمسفری در لایه لاشریزه [۴] و نمک‌های دریایی معلق در آب باران (بخشی از سدیم موجود در آب باران از نمک دریایی نشأت می‌گیرد که در مسیر عبور از تاج به لاشریزه کاهش می‌یابد، چراکه بیشتر در دسترس تاج قرار می‌گیرد) [۹]. کاهش حجم آبشویی لاشریزه نسبت به باران، جذب آب و رطوبت توسط لاشبرگ‌ها و فعالیت میکروارگانیسم‌ها ممکن است از عوامل کاهش آبشویی عناصر در لاشریزه باشد [۴]. میکروارگانیسم‌ها با جذب رطوبت و عناصر در این لایه قادر به فعالیت خواهند بود که می‌تواند دلیلی دیگر بر کاهش آبشویی عناصر در این لایه باشد [۴]. آبشویی بیشتر پتاسیم در پوشش کف با فراوانی آن مرتبط است. ۸۰ درصد پتاسیم در ماه اول ریزش برگ در اثر تجزیه آزاد می‌شود [۱۴]، زیرا اغلب به صورت نمک قابل حل در پروتوپلاسم سلول‌های گیاهی وجود دارد؛ بنابراین در صورت تخریب دیواره خارجی سلول و با توجه تحرک و انحلال زیاد، به آسانی از لاشبرگ شسته می‌شود و آبشویی حاصل از لاشریزه را غنی می‌کند [۴].

مغایرت آن با تحقیقات دیگر را توجیه کند. تمایل شدید به جذب یون سدیم توسط سطح خارجی برگ و سلول‌های بافت درونی برگ (به صورت محلول) از دلایل احتمالی کاهش سدیم است [۹]. آبشویی عناصر در تاج در ارتباط با فیزیولوژی برگ و فرایندهای شیمیایی است که در برگ رخ می‌دهد؛ بنابراین عامل دیگر کاهش سدیم در تاج بارش را می‌توان سازوکار تبدلی یون‌های سدیم و پتاسیم دانست [۹، ۲۲]. سازوکارهای مولکولی که سبب جذب پتاسیم و سدیم می‌شود به شدت با هم در ارتباط است، بدین علت است که سدیم به راحتی جایگزین پتاسیم در سلول‌های گیاهی شده و سبب آزاد شدن پتاسیم از بافت گیاهی و آبشویی آن می‌شود [۹، ۲۲].

مقادیر عناصر سدیم و کلسیم (۱۵۸/۴۵ و ۹/۲۹ کیلوگرم در هکتار در سال) در آبشویی لاشریزه به طور معنی‌داری کمتر از آب باران بود (شکل ۱-ب)؛ ولی پتاسیم ۲۷/۷۹ کیلوگرم در هکتار بیشتر از مقدار آن در آب باران بود که با یافته‌های مصلحی و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت داشت [۴]. تغییرات فیزیکی و شیمیایی در لاشریزه که سبب آزاد شدن عناصر می‌شود، به کندی صورت می‌پذیرد. این فرایند به ویژه برای عناصری مانند کلسیم به علت تحرک نداشتن و حضور در لایه‌های میانی دیواره سلول‌های لاشبرگ با پیوند



شکل ۱. مقایسه میانگین کاتیون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم در آبشویی تاج و لاشریزه گونه‌افراپلت با آب باران با استفاده از آزمون تی در سطح احتمال ۹۵ درصد (حروف انگلیسی متفاوت، اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد).

شدت کم، زمان مبادله عناصر بین تاج‌بارش و شاخ‌ویرگ را افزایش می‌دهد [۲۴]. همچنین تغییرات فصلی و ماهیانه در ترکیبات شیمیایی باران می‌تواند تأثیر معنی‌داری در آبشویی کاتیون‌ها در تاج بگذارد، به طوری که آبشویی پتاسیم به واسطه کیفیت آب باران کنترل می‌شود [۲]. عامل مؤثر دیگر ممکن است رسوبات اتمسفری باشد که به شدت تحت تأثیر زمان تغییر می‌کند [۵]. علت آبشویی بیشتر در ماه‌های سرد سال را می‌توان بیشتر بودن رسوبات اتمسفری در ماه‌های استراحت نسبت به رویش [۸] و کارایی و توانایی زیاد پوست و شاخه‌ها در جذب و نگهداری رسوبات در ماه‌های سرد و بی‌برگ سال [۲۵] دانست که در نتیجه آن آبشویی افزایش خواهد یافت.

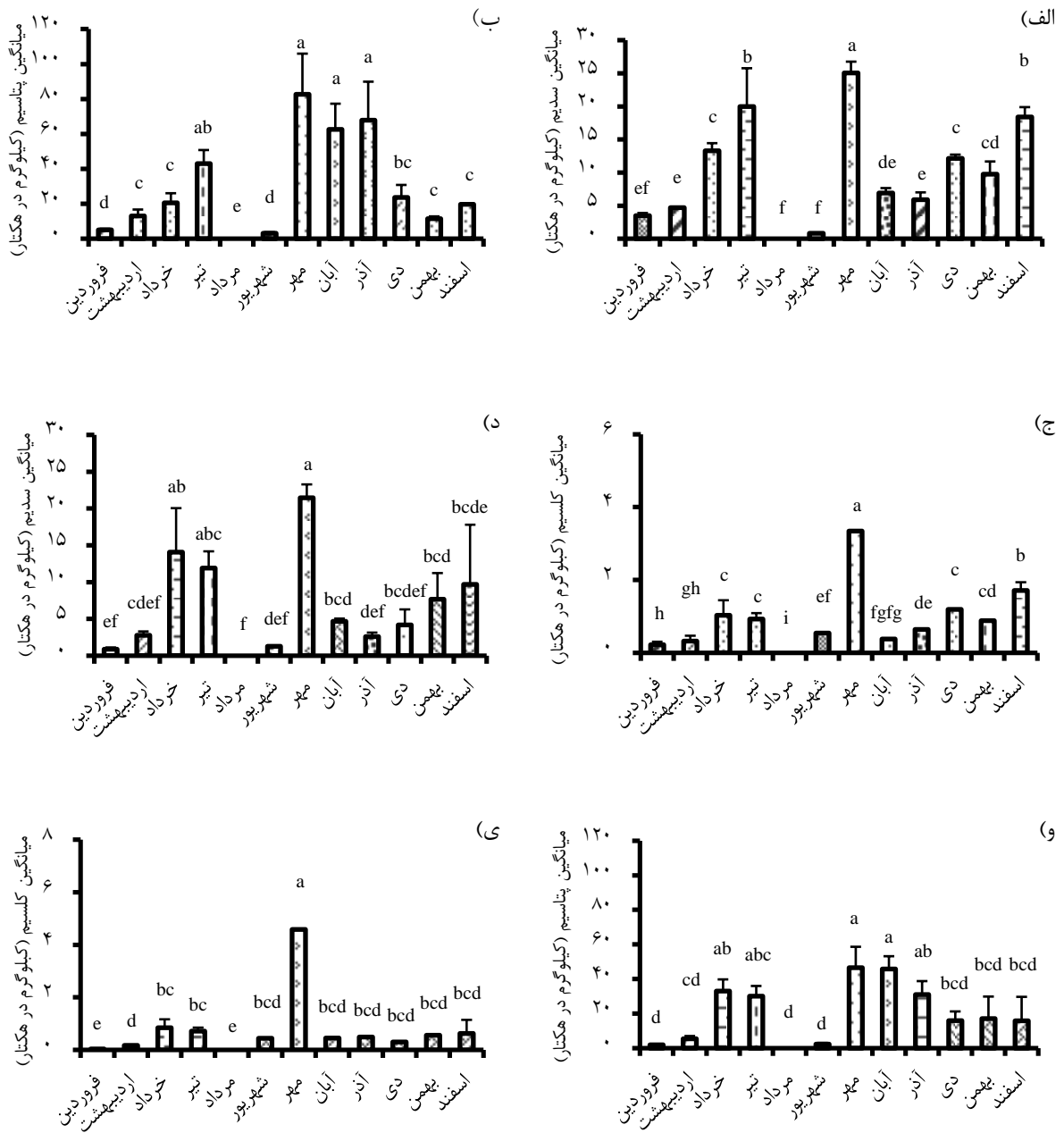
نتایج آنالیز واریانس یکطرفه نشان داد آبشویی عناصر لاشریزه در طول زمان متغیر بوده و دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد است (شکل ۲-د، و، ی) که با یافته‌های مصلحی و همکاران (۲۰۱۲) و Yavitt و Fahey (۱۹۸۶) مطابقت داشت [۱، ۲۳]. مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن نشان داد که بیشترین آبشویی عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم در ماه مهر با مقادیر ۲۱/۴۴، ۴۶/۶۰ و ۴/۵۹ کیلوگرم در هکتار است (شکل ۲). روند آبشویی در آبشویی لاشریزه همانند آبشویی در تاج بود و بیشترین مقدار آبشویی عناصر سدیم و پتاسیم در نیمه دوم سال رخ داد، درحالی که در خصوص عنصر کلسیم تفاوتی در نیمه‌های اول و دوم سال مشاهده نشد (شکل ۲). ورود آب و عناصر غذایی به پوشش کف از طریق تاج‌بارش و ساقاب است؛ بنابراین همه عوامل ذکر شده (تغییرات آب و هوایی، دما، رطوبت، شدت، مدت، توزیع و فراوانی بارش، سرعت و جهت باد، آشفته‌گی آب‌وهوایی، دوره، شدت، اندازه و ترکیبات شیمیایی بارش) از دلایل تغییرات ماهانه آبشویی لاشریزه است. از عوامل مهم تغییرات ماهانه آبشویی لاشریزه آبشویی بیشتر در ماه‌های سرد سال، تفاوت تجزیه لاشریزه

کاتیون‌های پتاسیم و کلسیم کمترین و بیشترین آبشویی را در لایه تاج‌بارش [۴، ۷، ۱۷] و لاشریزه به خود اختصاص دادند که با یافته‌های مصلحی و همکاران (۲۰۱۱) و Fujinum و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت داشت [۴، ۷]. فراوانی پتاسیم در برگ، آنزیم و بافت‌های چوبی همراه با پیوند ضعیف و قدرت انحلال و تحرک زیاد [۱۶] از دلایل آبشویی بیشتر پتاسیم است. حضور کلسیم در دیواره سلولی و کوتیکول و آزادسازی کند و تحرک بسیار کم آن در بافت‌های گیاهی [۴، ۱۶] سبب شده این عنصر کمترین آبشویی را داشته باشد.

تغییرات آبشویی کاتیون‌ها در تاج بارش و لاشریزه در طول زمان

نتایج نشان داد همه عناصر در فصول مختلف سال تغییرات معنی‌داری دارند و مقدار آبشویی آنها در ماه‌های مختلف، متغیر است که با یافته‌های مصلحی و همکاران (۲۰۱۲)، Staelens و همکاران (۲۰۰۳)، Salehi و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت داشت [۱، ۵، ۱۰]. بیشترین و کمترین مقدار آبشویی در تاج‌بارش در ماه‌های مهر و شهریور مشاهده شد (شکل ۲ الف، ب و ج). براساس نتایج مقدار آبشویی تا ماه تیر تقریباً روند افزایشی داشت و سپس کاهش یافت و دوباره در ماه مهر شروع به افزایش و سپس کاهش کرد. به‌طور کلی مقدار آبشویی عناصر در ماه‌های سرد سال بیشتر بود.

تغییر معنی‌دار آبشویی عناصر غذایی در ماه‌های مختلف ممکن است به دلایل زیر باشد که به شدت تحت تأثیر گذر زمان است. در جنگل‌های معتدله، یکی از عوامل مؤثر بر آبشویی، تغییرات آب‌وهوایی در طول زمان شامل دما، رطوبت، شدت، مدت، توزیع و فراوانی بارش، سرعت و جهت باد و آشفته‌گی آب‌وهوایی است [۲، ۳]. مبادله عناصر بین تاج و آب باران مرتبط با یون‌های ذخیره‌شده در شاخ و برگ و جوانه‌هاست که به شدت تحت تأثیر خصوصیات فیزیولوژیکی تاج [۲] و ویژگی باران (دوره، شدت، اندازه و ترکیبات شیمیایی آن) است [۲، ۲۴]. در حقیقت بارندگی با



شکل ۲. مقایسه میانگین سدیم، پتاسیم و کلسیم در تاج بارش (الف، ب، ج) و آبشویی لاشریزه (د، و، ی) در ماه‌های مختلف با استفاده از آزمون چندگانه دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد (حروف انگلیسی متفاوت اختلاف، معنی‌داری را نشان می‌دهد).

غنی می‌کنند [۲۶]. این مرحله برای عناصری مانند پتاسیم که به‌طور کلی پیوند بسیار ضعیفی در بافت‌های گیاهی دارند [۱۲] با سرعت بیشتری انجام می‌پذیرد [۱] که دلیل آبشویی بیشتر پتاسیم نسبت به عناصر دیگر است. بنابراین در ماه‌های ابتدایی ریزش برگ، تجزیه سریع‌تر بوده و بیشتر شامل

در ماه‌های مختلف است. تجزیه، حاصل روابط متقابل فرایندهای شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی است که دست‌کم دارای دو فاز است. فاز اول تجزیه، آبشویی لاشریزه‌های مسن تازه‌ریخته‌شده‌ای است که پیوند عناصر غذایی در آن سست‌تر است و راحت‌تر آزاد می‌شوند و آبشویی لاشریزه را

داد که تاج‌بارش گونه افراپلت عاملی مهم در ورود پتاسیم و کلسیم به خاک است و می‌تواند کمبود عناصر غذایی سدیم را از طریق اتمسفر و برقراری تعادل در چرخه عناصر غذایی جبران کند. همچنین نتایج نشان داد که تاج‌بارش و لاشریزه این گونه در ماه‌های سرد سال منبع غذایی برای فون (میکروارگانسیم‌ها ساکن در لاشریزه) و فلور موجود در جنگل آمیخته است و با بهبود میکروکلیمای محیط زیست این موجودات، چرخه عناصر غذایی را بهبود می‌بخشد. از نتایج آبخویی گونه‌های درختی می‌توان برای قطع، جنگلکاری، افزایش تولید و بهبود حاصلخیزی خاک استفاده کرد. یافته‌ها نشان داد که غنای عنصر پتاسیم در آبخویی گونه افراپلت مانند گونه راش، بیشتر از عناصر دیگر است. بدین ترتیب می‌توان گفت کمبود این عنصر در خاک را می‌توان با این گونه تا حدودی جبران کرد. همچنین در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی برای نشانه‌گذاری نیز باید به توانایی این گونه در بهبود و حاصلخیزی خاک توجه کرد.

قندهای ساده، اسیدهای آمینه و نشاسته است، درحالی که تجزیه ترکیبات پیچیده تر به‌کندی [۲۷] و بیشتر در نیمه دوم ریزش انجام می‌گیرد؛ بنابراین در مراحل ابتدایی ریزش به‌علت سرعت بیشتر تجزیه و گردش سریع‌تر عناصر غذایی، انتظار می‌رود آبخویی بیشتر باشد. از طرفی، با توجه به وفور کلسیم در دیواره سلولی و کوتیکول، دلیل آبخویی کمتر کلسیم نسبت به عناصر دیگر، ممکن است شدت و سرعت تجزیه باشد.

نتیجه‌گیری کلی

سدیم، پتاسیم و کلسیم از عناصر ضروری و مورد نیاز گیاه است که از طریق آبخویی به‌واسطه محلول بودن به‌سرعت قابل جذب‌اند و قادر به رفع آبی نیاز گیاه خواهند بود؛ بنابراین تحقیق در زمینه تأثیر درختان در چرخه عناصر غذایی از طریق تاج‌بارش و آبخویی لاشریزه ضروری به‌نظر می‌رسد؛ چراکه با استفاده از این نتایج می‌توان در جنگلکاری‌ها، و نیز برای اصلاح و بهبود خاک، افزایش تولید و مدیریت پایدار جنگل بهره برد. نتایج تحقیق نشان

References

- [1]. Moslehi, Habashi, H., Khormali, F., Rahmani, R., and Pourmalekshah, A. (2012). Effect of time variation on base-cation dynamic of throughfall and forest floor in the Beech forest. 3th International Symposium of Climate Change and Dendrochronology in Caspian Ecosystems, May 17-18, Sari, Iran,
- [2]. 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.
- [3]. 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.
- [4]. Moslehi, M., Habashi, H., and Khormali, F. (2011). Effect of throughfal and forest floor leachate of beech on base cation dynamics in mixed stand. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19 (143): 83-93.
- [5]. Staelens, J., Shrijverl, A., Oyarzun, C., and Lustl, N. (2003). Comparison of dry deposition and canopy exchange of base cations in temperate hardwood forest. *Gayana Botanica*, 60(1): 9-16.
- [6]. Tobon, C., Sevink, J., and Verstraten, J. M. (2004). Litterflow chemistry and nutrient uptake from the forest floor in northwest Amazonian forest ecosystems. *Biogeochemistry*, 69 (3):315-339.
- [7]. Fujinum R, Bockheim J, and Blaster, N. (2005). Base-cation cycling by individual tree species in old-growth forests of Upper Michigan, USA. *Biogeochemistry*, 74 (3): 357-376.
- [8]. Adriaenssens, S., Hansen. K., Staelens, J., Wuyts, K., De Schrijver, A., Baeten, L., Boeckx, P., Samson, R., and Verheyen, K. (2012). Throughfall deposition and canopy exchange processes along a vertical gradient

- within the canopy of beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst). *Science of the Total Environment*, 420: 168-182.
- [9]. Dubova, M. (2014). Sodium in precipitation in a beech forest ecosystem in the Kremnické Verchý MTS (Western Carpathians). *Ekologia*, 33 (1): 36-47.
- [10]. Salehi, M., Zahedi Amiri, Gh., Attarod, P., Salehi, A., Brunner, I., Schleppe, 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 (2): 371-380
- [11]. Anonymous. Revised forestry plan. (2007). Faculty of Forestry, GUASNR.
- [12]. Liorens, P., and Domingo, F. (2007). Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean rainfall: Examples from a young and an old-growth Dougl-fir forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 130: 113-129.
- [13]. Smith, J. L., and Doran, J. W. (1996). Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. In: Doran, J. W. and Jones, A. J. (Eds.), *Methods for Assessing soil quality*. SSSA Species Publication. 49. Madison, WI.
- [14]. Chuyong, G. B., Newbery, D. M., and Songwe, N. C. (2004). Rainfall input, throughfall and stemflow of nutrients in a central African rain forest dominated by ectomycorrhizal trees. *Biogeochemistry*, 67 (1): 73-91.
- [15]. Tukey, H. B. Jr. (1970). The leaching of substance from plants, *Annual Review of Plant Physiology*, 21 (1): 305-324.
- [16]. Lovett, G. M., and Schaeffer, D. A. (1992). Canopy interactions of Ca, Mg and K In: *Atmospheric deposition and forest nutrient cycling* (eds, Johnson, D. W. and Lindberg, S. E), Springer Verlag, New York.
- [17]. Abbasian, P., Pedram A., Sadeghi, M.M., T. 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 Systems*, 24 (3): 1-10.
- [18]. Abrahamsen, G., Bjor, K., Horntvedt, R., and Tveite, B. (1976). Effects of acid precipitation on coniferous forest. Impact of acid precipitation on forest and freshwater ecosystems in Norway, Ed. By Braekke, F. H., pp. 36-63. Sur Nedbors Virking P and Skog Fish Project Report 6/76, Oslo.
- [19]. Vigot, G. K., 1960. Alternation of the composition of rain water by trees. *American Midland Naturalist*, 63: 321-326.
- [20]. Lu, J., Zhang, S.X., Fang, J.P., and Zheng, W. L. (2016). Nutrient characteristics of throughfall and stemflow in the natural forest of *Pinus densata* in the Tibetan plateau. *International Journal of Experimental Botany*, 85:142-148.
- [21]. Parker, G. G. (1983). Throughfall and stemflow in the forest nutrient cycle, *Advance in Ecological Research*, 13: 57-133.
- [22]. Reinap, A., Wiman, B.L.B., Gunnarsson, S., and Svenning B. (2010). Dry deposition of NaCl aerosols: theory and method for a modified leaf-washing technique. *Atmospheric Measurement Techniques, Discussion*, 3: 3851-3876.
- [23]. Yavitt, J. B., and Fahey, T. J. (1986). Litter decay and leaching from the forest floor in *Pinus contorta* (Lodgepole pine) ecosystems. *Journal of Ecology*, 74 (2): 525-245
- [24]. 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.
- [25]. 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. *Journal of Hydrology*, 274 (1-4): 1-29.
- [26]. Magee, A. P. (1993). *Detrital Accumulation and Processing in Wetlands*. Water Management Hand Book, Published by university of Nebraska.
- [27]. Bot, A., and Benites, J. (2012). *The Importance of Soil Organic Matter*. Asgari, H.R. 1st Edition. Published by Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources, Gorgan.

Investigation on the base cation variations in throughfall and litterflow of *Acer velutinum* in the Caspian forest

H. Habashi; Assoc. Prof., Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, I.R. Iran

E. Shabani; M.Sc. Graduated of Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, I.R. Iran

M. Moslehi*; Assist. Prof., Research Division of Natural Resources, Hormozgan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bandarabbas, I.R. Iran

(Received: 20 May 2018, Accepted: 13 February 2018)

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the changes of chemical (calcium, (Ca²⁺), sodium (Na⁺) and potassium (K⁺)) of the canopy and litter leaching of Velvet maple (*Acer velutinum* Boiss) during a year against those nutrients in rainfall (RF). Measurements were carried out in mixed stands, located in district one of forest research station of Gorgan University, the eastern Caspian forests of Iran. In order to perform the research, three Velvet maple trees were selected in 0.5 ha stand and throughfall (TF) (405 samples) and litterflow (LF) (243 samples) were sampled after each RF within a year from (2012/02/03) to (2013/02/03). The nutrients amounts in TF, LF and RF as well as monthly nutrient dynamics of TF and LF, were compared using t-test analysis and one way variance analysis at the 95 of confidence level. Results showed that the amounts of K⁺ and Ca²⁺ in TF were 134.83 and 0.19 kg ha⁻¹ year⁻¹, respectively, significantly higher than those in RF, however, the amount of Na⁺ was 52.27 kg ha⁻¹ year⁻¹, significantly lower than RF (p<0.05). Also, amounts of Na⁺ and Ca²⁺ in LF were 91.9 and 1.68 kg ha⁻¹ year⁻¹, respectively, significantly lower than those in RF. We found out that nutrient leaching of TF and LF was significantly different in several months. Velvet maple trees can usefully improve the potassium contained in the soils. In order to select suitable species for afforestation, soil fertility improvement and forest management, we need to know more about leaching process information along with other characteristics of trees.

Keywords: Base cations, Litter flow, Throughfall, Time variations.

* Corresponding Author, Email: m.moslehi@areeo.ac.ir, Tel: +989113239680