مقاله مروری

فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۶۱، تابستان ۱۴۰۱، صص ۱۵۷-۱۶۹

غنی‌سازی خاک توسط کاتیون‌ها تحت تاثیر آبشویی تاج و لاشریزه

مریم مصلحی جویباری [۱]

اکرم احمدی [۲*]

Ahmadi.1870@gmail.com

امید ذاکری [۳]

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۲۳ **تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۰۳**

چکیده

زمینه و هدف: آب‌شویی از سطح پوشش گیاهی که حاصل رابطه پیچیده خاک و پوشش گیاهی است بخش مهمی از چرخه عناصر غذایی است که قابلیت دسترسی گیاهان به عناصر و یا خروج مواد غذایی از اکوسیستم را در کنار فرآیند تجزیه کنترل می‌نماید. لذا هدف از این تحقیق بررسی اهمیت آبشویی درختان در چرخه عناصر غذایی (کاتیون‌های بازی) و معرفی آن به عنوان یک منبع مغذی فوری بر بهبود حاصلخیزی خاک و پایداری اکوسیستم جنگل می‌باشد.

روش بررسی: این مطالعات به‌صورت مروری بر مطالعات منتشرشده در منابع جامع و معتبر علمی داخلی و بین المللی انجام شده است.

یافته‌ها: آب شویی عناصر غذایی از تاج و پوشش کف درختان با قابلیت جذب سریع، از عوامل مهم حاصلخیزی خاک و پایداری بوم‌سازگان‌ها به شمار می‌رود که بایستی در مدیریت مورد توجه قرار گیرد. اعمال مدیریت در جنگل با تاثیر بر درصد تاج‌پوشش، آبشویی، کیفیت لاشبرگ و مواد آلی، چرخه عناصر غذایی، کیفیت و دسترسی به کاتیون‌ها را در خاک و گیاه تحت‌الشعاع قرار می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری: بنابراین جهت برنامه‌ریزی‌های مدیریتی در طرح‌های جنگلداری و نشانه‌گذاری‌ها، شدت قطع، شدت تنک‌کردن و روشن کردن نیاز به اطلاعات تکمیلی درباره وضعیت، میزان و شدت آبشویی در هر منطقه است تا با یک برنامه‌ریزی جامع از برهم خوردن تعادل اکوسیستم جلوگیری شود. در واقع با داشتن اطلاعات کافی در زمینه عملکرد آبشویی گونه‌های مختلف و بکارگیری آن در بخش اجرا، می‌توان به تعیین ترکیب صحیح در جنگل‌کاری و عملیات پرورشی همراه با حفظ حاصلخیزی خاک و افزایش پتانسیل تولید پرداخت.

کلمات کلیدی: آبشویی درختان، دینامیک کاتیون‌های بازی، چرخه عناصر غذایی، حاصلخیزی خاک.

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندر عباس، ایران

۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

۳- دانشجوی دکتری علوم مرتع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ایران

Human and Environment, No. 61, Summer 2022, pp. 157-169

The Soil Enrichment of Cations under the Influence of Canopy and Litterfal Leaching

Maryam Moslehi Jouybari [1]

Akram Ahmadi[2*]

Ahmadi.1870@gmail.com

Omid Zakeri[3]

Received: March 14, 2018 Accepted: January 23, 2019

Abstract

Background: The leaching from the surface of vegetation resulting from the complex relationship of soil and vegetation is an important part of the nutrition cycle that controls the ability of plants to access elements or the release of food from the ecosystem along with the decomposition process. Therefore, the aim of this study was to investigate the importance of trees leaching in the nutrient cycle (base cations) and introduce it as a vital nutrient source for improving soil fertility and sustainability of forest ecosystems.

Methods: This study is a review on published studies, a library and a comprehensive review of the literature, nationally and internationally.

Results: Leaching of nutrients from the canopy and forest floor with rapid absorption is an important factor of soil fertility and sustainability of ecosystems that should be considered in the forest management. Forest management and forest cover influence the nutrient quality and access in the soil and plants by erosion, litter quality, organic matter and nutrient cycling. For the forest management plan and marking, cut intensity, thinning and lightening intensity, additional information about the status and leaching intensity is required in any area to prevent the imbalance of the ecosystem with a comprehensive plan.

Discussion and Conclusion: In fact, with sufficient information on the leaching function of different species and using in management, we can determine the correct combination in forestry and silviculture operations associated with soil fertility protection and increase of production potential.

Key words: Tree leaching, Base cation dynamics, nutrient cycle, soil fertilities.

1- Assistant prof. Research division of natural Resources, Hormozgan. Agriculture and natural Resources Research and Education Center, AREEO, BandarAbbas, Iran

2- Assistant prof. Research division of natural Resources, Golestan. Agriculture and natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran

3- Ph.D. Student of Rangeland Sciences, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, Iran

مقدمه

خصوصیات شیمیایی آب باران حین عبور از تاج، پوشش کف، افق‌های سطحی و عمقی خاک تحت تاثیر مبادله کاتیون‌ها در تاج، رسوبات اتمسفری و ریشه دوانی درختان تغییر خواهد کرد که برای بسیاری از عناصر غذایی تغییر مذکور به‌صورت افزایشی می‌باشد (۱). در حقیقت بازگشت عناصر از طریق تجزیه تحت تاثیر عوامل بیولوژیک و اقلیم، در زمان بسیار طولانی انجام می‌گیرد (۲) که فقر خاک را در کوتاه مدت در پی دارد در حالی‌که آبشویی درختان، عناصر را بدون دخالت عوامل موثر در تجزیه، در کوتاه مدت و بصورت محلول (قابلیت جذب توسط گیاه در همان لحظه) وارد چرخه عناصرغذایی نموده (۳) و با افزایش مقدار عناصر خاک، بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش محصول (۴) نقش بسیار مهمی را در تغذیه گیاهان در کوتاه مدت بازی می‌کند (۵). بنابراین آبشویی درختان، موجب اصلاح خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌ها، بهبود فرایند تجزیه، افزایش حاصلخیزی خاک و در نهایت حاصلخیزی رویشگاه در سطوح وسیع در کوتاه مدت، پایداری چرخه عناصر غذایی و اکوسیستم جنگل در بلند مدت خواهد شد (۱).

مصلحی و همکاران (۲۰۰۹) در مقایسه آبشویی کاتیون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در فصل بهار با آب باران درتوده آمیخته راش- ممرز جنگل شصت‌کلاته گرگان گزارش کردند میزان کاتیون‌ها در تاج‌بارش بطور معنی‌داری بیشتر از آب باران است. آبشویی تاج در مجموع ۱۰/۴۷، ۲۲/۷۷، ۴/۲۲ و ۱/۷۶ کیلوگرم در هکتار سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در فصل بهار وارد خاک می‌کند که در صورت اعمال جنگلداری توام با زراعت (سیستم اگروفارستری) عملا از هزینه‌های کوددهی به میزان ۱۵/۲۱ درصد خواهد کاست (۶). مصلحی و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی تاثیر آبشویی تاج و لاشریزه گونه راش در جنگل آمیخته راش در شصت‌کلاته گرگان نسبت به آب باران گزارش نمودند عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در تاج‌بارش نسبت به آب باران بطور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم حاصل از آبشویی تاج به‌ترتیب ۳/۵۴، ۷/۴۱ و ۲/۱۴ کیلوگرم در هکتار، بطور معنی‌داری بیشتر از میانگین عناصر مذکور در آبشویی (لاشریزه+ تاج) با مقادیر به‌ترتیب ۱/۹۹، ۵/۰۱ و ۰/۸۷ کیلوگرم در هکتار بوده است (۴). مصلحی و همکاران (۲۰۱۲ الف) دینامیک کاتیون‌های بازی را در ماه‌های مختلف در یک سال بررسی و به این نتیجه رسیدند خصوصیات شیمیایی آب باران پس از عبور از تاج و لاشریزه در ماه‌های مختلف، متغیر می‌باشد و میزان عناصری که طی یک سال وارد خاک می‌شود بطور معنی‌داری متفاوت است (۷). مصلحی و همکاران (۲۰۱۲ب) در بررسی تغییرات فصلی کاتیون های بازی در آبشویی تاج و پوشش کف گونه راش در جنگل شصت کلاته گزارش نمودند میزان عناصر ورودی به خاک از طریق آبشویی تاج و لاشریزه در فصول متفاوت، متغیر بوده بطوری‌که در مجموع ۴ فصل بیشترین میزان آبشویی تاج و پوشش کف مربوط به پتاسیم ۱۱۲/۱۱و ۶۵/۷۵ کیلوگرم در هکتار در سال و منیزیم ۶/۱ و ۴/۵ کیلوگرم در هکتار در سال بود (۸). مصلحی و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی تغییرات آبشویی کاتیون‌ها در توده آمیخته راش در فصول استراحت و رویش گزارش کردند آبشویی عناصر سدیم و پتاسیم در تاج و پوشش کف در دوره استراحت بیشتر از دوره رویش است (۹). پارکر (۱۹۸۳) تاثیر تاج‌بارش را در چرخه مواد غذایی در جنگل بررسی و گزارش کرد کیفیت بارش حین عبور از سطوح مختلف گیاه به‌علت شستشوی عناصر و انتقال آن‌ها از سطح گیاه تغییر می‌کند. پتاسیم و سدیم از جمله عناصری هستند که به میزان زیاد از طریق آبشویی تاج و تاحدودی پوشش کف، سالیانه به خاک برمی‌گردد (۱۰). وینو (۲۰۰۱) تغییرات مواد غذایی در تاج بارش و باران را در جنگل همیشه سبز کوهپایه‌ای در چین مورد

بررسی قرار داده و نشان دادند میزان عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در تاج بارش (۲/۱۶، ۳۲/۹۸، ۱۵/۳۴ و ۸/۰۴ کیلوگرم در هکتار در سال) بیشتر از میزان آنها در آب باران (۱/۷۲، ۲/۹۷، ۷/۹۵ و ۳/۲۳ کیلوگرم در هکتار در سال) است (۱۱). استائلینس و همکاران (۲۰۰۳) مبادله کاتیون‌ها توسط تاج را از طریق تاج‌بارش در زیر دو گونه راش جنگلی (*Fagus sylvitica*) در فنلاند و نوتوفاگوس (*Nohtofagus oblique*) در شیلی در ماه‌های مختلف مقایسه بررسی و گزارش نمودند آبشویی کاتیون‌ها در ماه‌های مختلف با توجه به رسوبات اتمسفری و تبادل کاتیونی تاج متغیر می‌باشد (۱۲). در یک بررسی انجام شده بر روی غلظت عناصر غذایی در تاج‌بارش، آب نفوذی در ۱۰ و ۸۰ سانتی‌متری خاک در جنگل *Nothofagus*، غلظت عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در تاج‌بارش که ۹۴ درصد باران را تشکیل می‌داد (۵۱/۱، ۶۶/۸، ۳۹/۵ و ۸ کیلوگرم در هکتار در سال) بیشتر از آب باران (۲۶/۸، ۱۸/۳، ۱۱/۳ و ۳/۷) بود. همچنین میزان عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در آبشویی خاک بترتیب ۲۶/۸، ۱۸/۳، ۱۱/۳ و ۳/۷ کیلوگرم در هکتار بوده است (۱۳). فیوجی نیوما و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی چرخه کاتیون‌های بازی در بین گونه‌های مختلف گزارش نمودند میزان عناصر آبشویی شده با افزایش عمق خاک معدنی کاهش یافت (۱۴). زنگ و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی آبشویی کاتیون‌ها از تاج جنگل‌های شائوشان چین، نشان دادند بیشترین و کمترین میزان آبشویی کاتیون‌های کلسیم، منیزیم و پتاسیم در زمستان و پاییز بوده و تفاوت بین فصول دارای اختلاف معنی‌داری است (۱۵). استائلینس و همکاران (۲۰۰۷) در اندازه‌گیری خصوصیات شیمیایی تاج‌بارش و ساقاب در جنگل‌های راش اروپایی، گزارش نمودند میزان عناصر غذایی در فصول برگ‌دار بطور معنی‌داری بیش از فصول بی‌برگ بود (۱۶). پرزسوارز و همکاران (۲۰۰۸) مقدار تاج‌بارش و محتوی شیمیایی آن و خاک را در جنگل‌های کاج و نراد بررسی و به این نتیجه رسیدند مقدار تاج‌بارش و محتوی شیمیایی کاتیون‌ها در تاج‌بارش و خاک رویشگاه با تاج‌پوشش انبوه، بیشتر می‌باشد (۱۷). آدیدجی و قابدنسین (۲۰۱۲) در بررسی تغییرات خصوصیات شیمیایی آب باران پس از عبور از تاج گزارش نمودند میزان عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم در تاج‌بارش در مقایسه با آب باران افزایش یافت (۱۸). جونیور و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیق آنالیز شیمیایی باران و تاج بارش در جنگل‌های ملی برزیل، به این نتیجه رسیدند تغییرات فصلی در جریان یون در جنگل‌های آمازون تاثیر قابل توجهی دارد. با تغییرات فصلی در غلظت کاتیون‌های بازی و جریان یون‌ها، در فصول خشک تغییرات بیشتری رخ می‌دهد. همچنین در این جنگل، تاج بارش یکی از مهم‌ترین مسیرهای ورود عناصر غذایی به خاک گزارش شدند که مهم‌ترین فرایند در غنای آبی است که از تاج به لاشریزه می‌رسد (۱۹).

مدیریت بر منابع طبیعی، نیازمند شناخت همه جانبه ویژگی‌های منابع تحت مدیریت می‌باشد. چرخه عناصر غذایی، فرایندی پایدار در عملکرد اکوسیستم‌های جنگلی می‌باشد (۲۰).

با توجه به نقش آب‌شویی در غنی سازی خاک جنگل از عناصر غذایی که عموما با دخالت انسان، مجموعه فرآیندهای اکولوژیک، بیولوژیک، هیدرولوژیک و بیوژئوشیمیایی در جنگل دستخوش تغییر می‌شود، نیاز به بررسی بیشتر در خصوص فرآیند آبشویی در طرحهای جنگلداری می‌باشد که با توجه به تاثیر متقابل فرآیند آبشویی و تجزیه در ورود عناصر غذایی به خاک در جنگل، نقش برنامه‌ریزی مدیریتی بسیار مهم خواهد بود. لذا با توجه به نقش مهم کاتیون‌ها در اکوسیستم، برنامه ریزی درست در خصوص برداشت و نشانه‌گذاری در طرحهای جنگلداری در این خصوص بسیار تاثیرگذار خواهد بود. از طرفی، باوجود اهمیت سهم آبشویی (به عنوان مکمل فرآیند تجزیه) در چرخه عناصر غذایی، قابلیت دسترسی گیاهان به عناصر و خروج مواد غذایی از اکوسیستم، هنوز ناشناخته مانده است و همانند فرآیند تجزیه

مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار نگرفته است تا در مدیریت صحیح اکوسیستم جنگلی و حفاظت از آن بکار رود، لذا در این تحقیق به بررسی اهمیت آبشویی درختان در چرخه عناصر غذایی (کاتیون‌های بازی) و معرفی آن به عنوان یک منبع مغذی فوری بر بهبود حاصلخیزی خاک و پایداری اکوسیستم جنگل پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعات به‌صورت مروری بر آخرین و جدید ترین مطالعات منتشرشده، به‌صورت کتابخانه‌ای و با مرور در منابع جامع و معتبر علمی انجام گرفت. جمع آوری اطلاعات برای انجام این پژوهش، از تحقیقات نگارنده و به روش کتابخانه‌ای انجام گرفته است. برای این کار، ادبیات موضوع و مطالعات موثق انجام شده توسط نگارنده و دیگران در خارج، مورد مطالعه قرار گرفته و سایر اطلاعات مورد نیاز از طریق جستجوی کتابخانه‌ای، اینترنتی و بانک های اطلاعات داخلی و خارجی به دست آمده است.

یافته‌ها

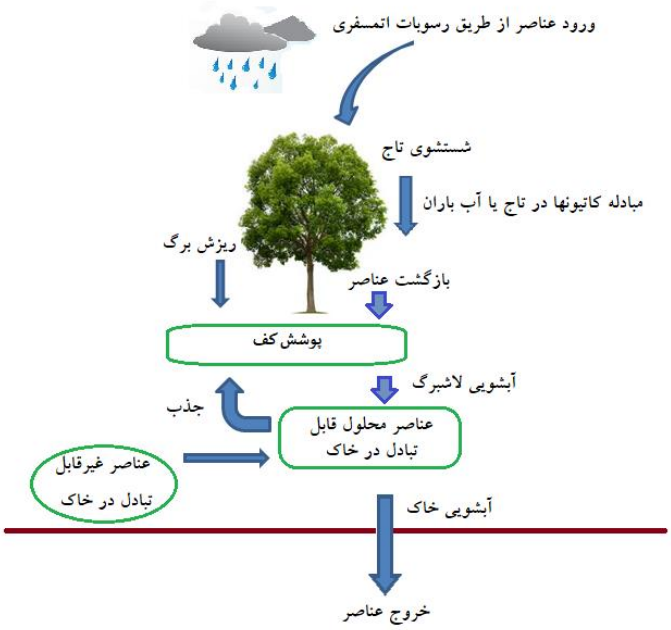
اهمیت کاتیون‌های بازی

کلیه عناصر مورد نیاز موجودات زنده در دو گروه عناصر پرمصرف و کم‌مصرف قرار می‌گیرد که کاتیون‌های پتاسیم، کلسیم و منیزیم در گروه عناصر پرمصرف و ضروری قرار دارد (۲۱). عنصر سدیم از دسته عناصر مفید است که در تسریع نمو بعضی از گیاهان آلی، برقراری بیلان آب از طریق فرایند اسمز به خصوص در کم آبی (۲۲)، پتانسیل اسمزی، پتانسیل الکتریکی و قابلیت هدایت الکتریکی در فرآیندهای متابولیسمی نقش عمده‌ای دارد (۲۳). کلسیم به‌صورت یون آزاد در عصاره گیاهی، ترکیبات آلی و ترکیبات دیرحل (دیواره سلولی)، تنظیم کننده قابلیت نفوذ غشاها و منیزیم در شیره سلولی، ساختمان مواد آلی و کلروفیل حضور و نقش فعال دارند (۲۲). پتاسیم یکی از عناصر مورد نیاز گیاه است. در بین عناصر غذایی، پس از نیتروژن بیشترین جذب مربوط به پتاسیم است (۲۳) که بیش از همه در برگ‌ها و گیاهان جوان حضور دارد. حداکثر پتاسیم مورد نیاز گیاهان در دوران رویشی گیاه (تکامل اصلی برگ‌ها) است. این کاتیون یون مهمی برای افزایش نیروی اسمزی و انبساط (ذخیره آب) سلولی می‌باشد و عامل فعال کننده بسیاری از آنزیم‌ها می‌باشد (۲۲). بنابراین کاتیون‌های بازی عناصری هستند که برای گیاه و درختان جنگلی نیاز بوده و در پایداری جنگل نقش بسزایی دارد (۲۴).

تاثیر تاج درختان بر دینامیک عناصر غذایی

چرخه عناصر غذایی یکی از مهم‌ترین فرایندهای اکوسیستم‌های جنگلی است که با جذب عناصر از خاک توسط ریشه آغاز می‌شود و تا بازگشت آن‌ها به خاک به‌صورت آبشویی و تجزیه ادامه می‌یابد (۲۵). 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 یافته و پس از عبور از پوشش کف وارد خاک خواهد شد. بنابراین می‌توان اظهار نمود پوشش گیاهی در جنگل، نقش کلیدی در کنترل غلظت کاتیون‌ها در خاک را دارد (۱). بخشی از آب باران تبخیر و بخشی دیگر از میان تاج عبور کرده و تمامی عناصر و فلزات موجود در تاج را شسته و با خود به‌صورت مستقیم (تاج‌بارش) یا از طریق ساقاب وارد زمین می‌کند (۲۶). در این مرحله از چرخه عناصر غذایی، میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده دخالت اندکی دارند ولی پس از رسیدن به لایه لاشریزه، میکروارگانیسم ها نقش مهمی در چرخه عناصر غذایی خواهند داشت (۲۷). تاج‌بارش تحت تاثیر ویژگی‌های شیمیایی و هیدرولوژیکی بارش، شستشوی رسوبات موجود در سطح تاج، آبشویی مواد مترشحه از بافت درونی تاج به سطح آن، جذب و آزادسازی مواد به‌وسیله گیاهان و ارتباطات متقابل آن‌ها با ریزگیاهان (قارچ‌ها، باکتری‌ها و اکتینومیست‌ها) حین بارش قرار دارد (۱۰). بدین دلیل است که تاج‌بارش دارای عناصر غذایی غنی‌تری نسبت به بارش است. آبشویی در تاج با شستشوی شاخه‌ها و برگ‌ها انجام می‌گیرد و موادی که از برگ‌ها ترشح شده است را به آرامی شسته و با خود به پوشش‌کف وارد می‌کند (۲۸). آبشویی عناصر مشتق شده از برگ به عنوان یکی از منابع اصلی آبشویی کاتیون‌ها (۲۹) و همچنین راه انتقال عناصر غذایی

دارای تحرک (به‌ویژه پتاسیم)، از تاج به پوشش‌کف معرفی شده است (۱۰). تقریبا ۹۱ درصد از کل پتاسیم، ۵۲ درصد از کلسیم و ۶۷ درصد از منیزیم از آبشویی تاج است (۱۸) حتی میزان عناصر آبشویی شده در آن بیشتر از محتوی آبشویی لاشریزه که دارای لایه‌های آلی در حال تجزیه هستند، می‌باشد (۴). در حقیقت آبشویی تاج در رقابت با متابولسیم سلولی برای عناصر غذایی است چون به نظر می‌رسد آبشویی یک فرایند بیولوژیکی تاثیرپذیری است که در نتیجه کاهش موقت غلظت عناصر در شاخ و برگ رخ می‌دهد (۳۰). آبشویی از طریق افزایش جذب عناصر از ریشه و انتقال یون‌ها به‌جای یون‌های شسته شده ازبافت شاخ و برگ، بر فعالیت‌های انرژی‌زایی گیاه تاثیر گذاشته و بازگشت عناصر غذایی به گیاه را تسریع می‌کند (۲۸) (شکل ۱).



شکل ۱-شماتیکی از آبشویی عناصرغذایی از تاج، لاشریزه و خاک

Figure 1- A schematic of nutrient leaching of the canopy, litter and soil

بنابراین می‌توان گفت مهم‌ترین بخش در آبشویی، تاج است که نتیجه واکنش بسیار پیچیده‌ای از فرایندهای اتمسفریک، هیدرولوژیک و بیوژئوشیمیایی می‌باشد (۳۱) که آبشویی سایر بخش‌ها را تحت الشعاع قرار داده و در چرخه مواد غذایی و همچنین پایداری جنگل نقش مهمی دارد (۳۲).

تاثیر آبشویی پوشش‌کف بر دینامیک عناصر غذایی

بخشی از تاج‌بارش که از پوشش کف (بقایای مرده گیاهی و جانوری) جنگل عبور کرده و غلظت عناصر موجود در آن را حین عبور تغییر و وارد خاک معدنی می‌نماید، آبشویی پوشش کف گویند (۱) (شکل ۱) که تحت تاثیر ویژگی‌های بارش، مقدار برگ در لاشریزه و فعالیت میکروارگانیسم‌ها قرار دارد (۳۳). با افزایش مقدار برگ اتلاف افزایش می‌یابد. همچنین حالت اسفنجی پوشش کف، وزن مخصوص ظاهری پایین، تراکم و ضخامت بالای لاشبرگ عامل مهمی در افزایش اتلاف آب در پوشش کف می‌باشد (۱). میزان عناصر ورودی به خاک از طریق آبشویی پوشش‌کف بیشتر از عناصر موجود در آب باران است (۱) که علت آن حضور کاتیون‌ها در برگ و بافت‌های چوبی گیاه است که حین تجزیه آزاد و شستشو می‌شوند. آبشویی عناصر در پوشش‌کف در ارتباط نزدیک با تجزیه لاشریزه (۳۴)، غلظت آن‌ها در برگ و تاج‌بارش می‌باشد. بنابراین عناصری‌که غلظت آن‌ها در برگ زیادتر است بصورت یون‌های محلول حین تجزیه، در حجم

وسیع‌تری آبشویی شده و وارد خاک می‌گردند (۳۵). در این میان عنصر پتاسیم بیش از سایر عناصر در محلول پوشش‌کف قابل مشاهده است (۳۳، ۸) بطوریکه در تحقیق مصلحی و همکاران (۲۰۱۲ب) میزان آن ۶۵/۷۵ کیلوگرم در هکتار در یک سال بوده است (۸). در حقیقت پتاسیم کاتیونی است که ضمن داشتن تحرک زیاد (۳۳) مدت ماندگاری آن در برگ کوتاه است (۳۴) بدین دلیل است که براحتی از بافت‌های گیاهی زنده و مرده در حجم‌های بالا شسته می‌شود (۳۶).

با وجود افزایش چشمگیر عناصر در آبشویی لاشریزه نسبت به آب باران، کاهش چشمگیر عناصر در آن نسبت به تاج‌بارش وجود دارد (۳۳، ۸) که این کاهش را می‌توان به جذب یا آزادسازی عناصر توسط تجزیه‌کننده‌ها (۳۷) و کاهش حجم آب خروجی از پوشش‌کف در اثر اتلاف و تبخیر زیاد در پوشش‌کف نسبت داد (۳۳). در پوشش‌کف برای جذب بعضی از عناصر (کلسیم و منیزیم) بین ریشه و میکروارگانیسم‌ها رقابتی ایجاد می‌گردد و تجزیه کننده‌ها عناصررا جهت جذب در بیومس میکربی خود بی‌حرکت[1] می‌کنند و بدین ترتیب منجر به کاهش آبشویی آن‌ها می‌گردند (۳۷). همچنین میزان آب خروجی به علت اتلاف و تبخیر زیاد در پوشش‌کف و جذب آن توسط ریشه بسیار کاهش می‌یابد. میزان اتلاف پوشش‌کف در جنگل‌های استوایی ۷ تا ۷۵ درصد (۳۶) و در جنگل‌های آمیخته راش شمال ایران ۶۷/۴۶ درصد بارندگی (۱) گزارش شده است که توجیه‌کننده کاهش حجم آبشویی در پوشش‌کف می‌باشد. بنابراین می‌توان این‌گونه بیان نمود اگرچه میزان عناصر و حجم آب ورودی به پوشش‌کف نسبت به تاج‌بارش کمتر است (۴) با این‌حال آبشویی آن در تامین و ذخیره آب، جذب آب توسط ریشه، تعادل چرخه آب در جنگل و تامین عناصر غذایی برای درختان نقش بسیار مهم و کلیدی دارد (۳۳).

تاثیر بیومس روزمینی در آبشویی عناصرغذایی خاک

روابط متقابل درختان با عوامل محیطی به‌خصوص خاک و آب (مبادله عناصر غذایی با آب باران، چرخه آب در طبیعت، چرخه عناصر غذایی درخاک و حاصلخیزی خاک) در دینامیسم جامعه حائز اهمیت فراوانی است بنابراین به علت حساسیت و اهمیت آبشویی در جنگل و پایداری اکوسیستم، بررسی آن بایستی در کل اکوسیستم جنگل به‌ویژه خاک (بستر رویشگاه و منبع مغذی گیاهان) انجام گیرد. خروج عناصر غذایی به‌صورت محلول از خاک آبشویی خاک گویند (۳۸) که بستگی به شرایط بیومس روزمینی، ماده آلی، بیومس ریشه، تجزیه و فعالیت میکروارگانیسم‌ها دارد. برخلاف انتظار، تحقیقات نشان داده است میزان آبشویی عناصر در داخل جنگل بیشتر از فضای باز است (۱۷، ۱) بطوری‌که در جنگل آمیخته راش در شمال ایران، میزان آبشویی عناصر سدیم، پتاسیم و منیزیم در خاک تقریبا ۲ برابر آبشویی آن‌ها در فضای باز بود (۱). بیومس ریشه در خاک، مواد آلی و تجزیه لاشبرگ‌ها منبع عناصر غذایی در جنگل هستند که با تجزیه و رهاسازی عناصر سبب افزایش آن‌ها در آبشویی خاک جنگل نسبت به فضای باز می‌شوند (۴۰، ۳۹، ۳۴) (شکل ۱). همچنین انتقال کاتیون از طریق آبشویی بیومس روزمینی (تاج و پوشش‌کف) (۱)، هوازدگی و معدنی‌شدن نیز فاکتورهای دیگری هستند که در افزایش آبشویی کاتیون‌ها نقش عمده‌ای دارند (۳۳). بنابراین می‌توان گفت علت آبشویی زیاد در جنگل با وجود جذب عناصر توسط پوشش گیاهی، عوامل تشکیل دهنده جنگل و شرایط ویژه‌ای است که در آن وجود دارد.

اثرات یون $[H^+]$ و کمیت بارش بر روی فرآیند آبشویی تاج

مقدار بارش در دوره ر شد ۷۰ تا ۸۰ در صد بارش باران سالانه را ت شکیل می دهد که ممکن ا ست سطوح تاج پو شش را برای مدت طولانی مرطوب نگه دارد. بنابراین، کاتیون های بازی تاج پو شش اغلب در دوره طولانی ر شد آب شویی می شوند بطوریکه در ف صول ر شد ک اتیون های پایه با ضریب بالایی نمایش داده می شوند. لازم به ذکر ا ست که اثر یون H^+ در فرآیند آب شویی تاج از K^+ در فصـــول رویش و خواب قوی تر اســـت (۴۱). لذا، بارش در فصـول رشـد نقش بسـزایی در میزان کاتیون‌های پایه خاک دارد.

1 - Immobilize

اثرات اقلیم

در فصـــول خواب، در جنگل هایی که بارندگی کمتری دارند و دوره های طولانی خشک را نسبت به فصل رشد تجربه می‌کنند. معمولا درختان برگهای خود را از د ست میدهند و در طی دوره خشک طولانی، مواد خشک در زیر تاج تجمع می یابد. علاوه بر این، ، فعالیت فیزیولوژیکی درختان در فصول خواب نسبتا پایین است و فرآیندهای تبادل داخلی تاج نیز بسیار کاهش می یابد. لین و همکاران (۲۰۰۱) گزارش دادند که شستشوی تاج پوشش درخت از کاتیون های پایه در زمســـتان به اندازه تابســـتان در جنگل بارانی تایوان بالا بود چون در این مناطق به دلیل شرایط هوا شنا سی، زم ستان شبیه به تاب ستان ا ست. با این حال، در جنگل های شاوشان آبشویی تاج از کاتیون های پایه در فصول خواب در مقایسه با فصل رشد کمتر بود. در طی تحقیق ایشان، آبشویی تاج در فصول رشد بالاتر از فصول خواب بود به‌جز عنصر Mg^{2+} که ممکن اســـت به این دلیل باشـــد که رطوبت بالا و باران‌های مکرر به اندازه باران اسـیدی در فصـول رشـد پروسـه آبشویی تاج را تسریع می‌نماید (۴۱، ۴۲، ۴۳).

بحث و نتیجه‌گیری

در جنگل‌های هیرکانی آب و رابطه‌ی آن در خاک مهم‌ترین عامل رویش و تحولات توده در ارتباط با عوامل محیطی است (۲۵) زیرا سریع‌ترین و کوتاه‌ترین راه بازگشت عناصر به خاک بصورت محلول، از طریق آبشویی عناصر می‌باشد که نیاز فوری گیاه را برطرف می‌نماید. خصوصیات شیمیایی آب باران پس از عبور از تاج تغییر نموده و میزان آن به علت مبادله عناصر در تاج و شستشوی رسوبات اتمسفری افزایش چشمگیری دارد که با نتایج مصلحی و همکاران، (۲۰۱۱)؛ وینو، (۲۰۰۱)؛ اویارزن و همکاران، (۲۰۰۴)؛ آدیدجی و قابدنسین ، (۲۰۱۲) مطابقت دارد (۱۸، ۱۳، ۱۱، ۴).

یکی از عوامل مخرب حاصلخیزی و چرخه بیوژئوشیمیایی خاک رسوبات اتمسفری اسیدی‌کننده است (۱۸) که طی بارندگی با آبشویی تاج به خاک انتقال می‌یابد و با افزایش آبشویی کاتیون‌های خاک، شرایط زیست را برای موجودات و گیاهان سخت نموده و ترکیب جنگل را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین آبشویی کاتیون‌های بازی که به ویژه از مبادله بافت‌های شاخ و برگ در تاج با آب باران رخ می‌دهد، نقش موثری در خنثی نمودن رسوبات اسیدی در تاج دارند بطوریکه تاج‌بارش هنگام ورود به سطح جنگل حالت قلیایی خواهد داشت. تحقیقات اندک داخل کشور و همچنین تحقیقات خارج از کشور نشان داده است که آبشویی تاج حجم زیادی کاتیون را از تاج با خود شسته و بیشترین میزان کاتیون‌ها را وارد خاک می‌کند لذا حذف نادرست این بخش، تاثیر منفی فاحشی در پایداری اکوسیستم جنگل خواهد داشت. همچنین میزان آبشویی عناصر در فصول مختلف به علت تغییر شرایط آب و هوایی، ویژگی‌های متغیر رویشگاه و گونه متفاوت می‌باشد (۱۶، ۸). مصلحی و همکاران، (۲۰۱۱) و توبون و همکاران، (۲۰۰۴ب) دریافتند میزان آبشویی عناصر در پوشش‌کف به علت وجود شرایط خاص پوشش‌کف، کمتر از تاج‌بارش است (۳۳، ۴) در حالی‌که انتظار می‌رود به علت ورود تاج‌بارش به لاشریزه میزان عناصر غذایی حالت فزاینده‌ای داشته باشد که به علت حضور میکروارگانیسم‌ها، اتلاف و تبخیر زیاد در پوشش‌کف و جذب آب توسط ریشه‌های ظریف موجود در آن روند نزولی نسبت به تاج‌بارش به خود گرفته است.

قابل ذکر است اگرچه در ظاهر کاهش آبشویی عناصر در پوشش‌کف، از بازگشت عناصر به خاک کاسته است ولی اگر عمیق نگریسته شود، فرآیند خودتنظیمی اکوسیستم جنگل و در نتیجه ایجاد تعادل چرخه عناصر غذایی قابل مشاهده است. در حقیقت عناصر رسیده به پوشش‌کف تعادل چرخه بیوژئوشیمیایی را در پی دارد. مقداری از عناصر قبل از ورود به خاک توسط ریشه‌های ظریف، به گیاه بازپس داده می‌شود و بخش دیگر نیز شرایط لازم را برای فعالیت تجزیه‌کننده‌ها فراهم می‌کند تا هم از بی‌تحرک نمودن عناصر حین تجزیه و هم کاهش سرعت فرایند تجزیه و تعادل چرخه بیوژئوشیمیایی جلوگیری نماید. بدین ترتیب بصورت مستقیم (آبشویی) و غیر مستقیم (ایجاد شرایط مساعد برای فرایند تجزیه) در بازگشت عناصر غذایی به خاک و تعادل اکوسیستم نقش دارد. بعد از آبشویی بیومس روزمینی، آبشویی در بخش زیرزمین و خاک رخ می‌دهد که به علت ایجاد شرایط

مطلوب ناشی از آبشویی تاج و پوشش‌کف و تجزیه ماده‌آلی در سطح خاک، میزان عناصر موجود در آبشویی خاک نسبت به آب باران افزایش می‌یابد (۱۷، ۱). آب باران پس از عبور از تاج و پوشش کف از افق سطحی و عمقی که سرشار از بیومس ریشه هستند، می‌گذرد. بنابراین عناصری که از تنفس، ترشحات و تجزیه بقایای ریشه به آب اضافه می‌شود نباید نادیده گرفت. در داخل جنگل با وجود جذب عناصر توسط ریشه درختان حجم آبشویی در خاک همچنان بالاست که می‌تواند به دلیل حضور وافر ماده آلی در خاک جنگل و در نتیجه افزایش تولید عناصر باشد (۱). بنابراین می‌توان گفت آبشویی زیاد در خاک جنگل نشانه از دست رفتن عناصر غذایی نیست بلکه وفور مواد غذایی در آن است و با افزایش عمق، میزان آبشویی آن کاهش می‌یابد (۱ ،۱۴) که علت آن جذب عناصر غذایی توسط ریشه درختان (۱) و موجودات خاکزی است.

حضور کاتیون‌های بازی هم برای رویش گیاهان ضروری است و هم در خنثی نمودن رسوبات اتمسفری اسیدی‌کننده خاک، نقش کلیدی دارد لذا کاتیون‌های بازی عامل پایداری اکوسیستم جنگل است (۱۸) و هر عاملی که منجر به افزایش آن‌ها در خاک شود عاملی سرنوشت‌ساز در رویش و پایداری اکوسیستم جنگل خواهد بود.

آبشویی تاج پوشش از کاتیون‌های پایه در دوره‌های رشد بسیار بالاتر از آبشویی کاتیون‌های بازی از تاج پوشش در فصل خواب است در حالی‌که شستشوی کاتیون‌های بازی از مواد خشک کف در فصل رشد نسبتا کمتر از فصل خواب درختان است. سهم آبشویی تاج پوشش از کاتیون‌های بازی در جریان روناب خالص بیشتر از مواد خشک کف جنگل در فصل رشد است. احتمالا این مورد به تفاوت فعالیت های فیزیولوژیکی درختان، گونه ها و شـــرایط آب و هوایی محلی یعنی کمیت بارش بر می‌گردد. اگرچه از دســت رفتگی مداوم کاتیون‌های بازی از تاج پوشش‌ها در مطالعات جنگل مشاهده می‌شود اما مکانیسم‌های کنترل چرخه مواد غذایی و تنظیم توســعه جنگل همچنان نامشخص است. بنابراین. چرخه عناصر غذایی در کل اکوسیستم جنگل و اثرات عناصر در بهره وری جنگل برای مشخص کردن این موضوع در مطالعات آینده ضروری است.

مرور تحقیقات انجام شده، روابط متقابل درختان با عوامل محیطی (به‌خصوص خاک و آب) جهت افزایش کاتیون‌ها در خاک را به تصویر کشید. اعمال مدیریت جنگل و جنگل شناسی با تاثیر بر درصد تاج‌پوشش، آبشویی، کیفیت لاشبرگ و مواد آلی، چرخه عناصر غذایی، کیفیت و دسترسی به آن را در خاک و گیاه تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. بنابراین جهت برنامه‌ریزی‌های مدیریتی در طرح‌های جنگلداری و نشانه‌گذاری‌ها، شدت قطع، شدت تنک‌کردن و روشن کردن نیاز به اطلاعات تکمیلی درباره وضعیت، میزان و شدت آبشویی در هر منطقه است تا با یک برنامه‌ریزی جامع و کامل از برهم خوردن تعادل اکوسیستم جلوگیری شود. در واقع با داشتن اطلاعات کافی در زمینه عملکرد آبشویی گونه‌های مختلف و بکارگیری آن در بخش اجرا، می‌توان به تعیین ترکیب صحیح در جنگل‌کاری و عملیات پرورشی همراه با حفظ حاصلخیزی خاک و افزایش پتانسیل تولید پرداخت.

رهیافت‌های ترویجی:

- شدت آب‌شویی بالا در خاک جنگل ناشی از تاثیرات آب‌شویی زی‌توده روزمینی، تجزیه بقایای گیاهی و آب‌شویی آن‌ها، حضور وافر مادهٔ آلی در خاک، فعالیت‌های ریشه، زیست‌توده و ترشحات ریشه و فعالیت میکروارگانسیم‌ها می‌باشد که خاک جنگل را غنی از عناصر غذایی نموده است. با وجود آب‌شویی بالا، گیاهان به رویش خود ادامه داده و خاک جنگل همچنان غنی از عناصر غذایی است که در صورت عدم دخالت انسان، فقر عناصر در آن ایجاد نمی‌شود چرا که مجموعه فرآیندهای اکولوژیک، بیولوژیک، هیدرولوژیک و بیوژئوشیمیایی در جنگل در بهترین شرایط خود بوده و بیشترین بازدهی را ایجاد می‌نماید. لذا مدیریت بر چنین شبکه حیاتی پیچیده‌ای، نیازمند شناخت چرخه عناصر غذایی گونه‌های مختلف از طریق فرآیند آبشویی است تا با اتخاذ روشی صحیح، مانع از آسیب به این شبکه گردد.

- به نظر می‌رسد در جنگل‌های هیرکانی چرخه عناصر غذایی از طریق آبشویی و رابطه‌ی آن با چرخه هیدرولوژیکی و تجزیه یکی از عوامل رویش، پویایی و تحولات توده است. این ارتباط در

ارتفاعات میانبند شمال که گونه راش شرقی، جامعه کلیماکس آن را تشکیل می‌دهد به وضوح نمایان است. بنابراین توجه به تاثیر متقابل فرآیند آبشویی و تجزیه در ورود عناصر غذایی به خاک در توده راش و بکارگیری اطلاعات آن در برنامه‌ریزی مدیریتی (نوع و زمان دخالت، قطع، عملیات پرورشی و نشانه‌گذاری) ضروری است.

- کاتیون‌های بازی کلسیم، منیزیم، پتاسیم و سدیم که از طریق آبشویی درختان، هوازدگی و تجزیه بقایای گیاهی به چرخه عناصر غذایی بازمی‌گردد علاوه بر این‌که منبع اصلی عناصر غذایی خاک و تغذیه گیاه است دارای خاصیت بافری نیز می‌باشد و از اسیدی شدن خاک و یا کاهش بیش از اندازه اسیدیته خاک جلوگیری می‌نماید. جایگاه اصلی این عناصر در تنه، شاخه و برگ درختان است که با برداشت غیراصولی (برداشت بی‌رویه در زمان و مکان نامناسب) و بدون برنامه‌ریزی (نشانه‌گذاری نادرست)، خروجی کاتیون از اکوسیستم بیش از ورودی آن خواهد شد (اسیدی شدن خاک) که بدین ترتیب زیست‌توده جنگلی از حالت تعادل خارج شده و قادر به ترمیم خود در زمان مناسب نخواهد.

- با توجه به تغییرات بارش، فعالیت ریشه، تراکم تاج، ضخامت و کیفیت لاشریزه و مواد آلی، آبشویی کاتیون‌ها در طول زمان تغییر خواهد داشت بنابراین ضرورت دارد در هنگام تعیین شدت برداشت‌ها در عملیات جنگل‌شناسی و بهره‌برداری به این امر توجه گردد تا با برهم خوردن چرخه عناصر غذایی، پایداری بوم‌سازگان در معرض زوال قرار نگیرد.

Reference:

1. Moslehi, M,. 2010. The leaching effect of beech species on the basic cation dynamics in the fagetun forest, Shastkalateh, M.Sc. thesis for Silviculture and forest ecology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Forest Sciences Faculty, 75 p. .
2- Zarrin Kafsh, M,. 2001. Forest Soil", First Edition, Tehran, Publication of Research Institute of Forests and Rangelands, 361 p.
3- Eaton, J. S., Likens, G. E., Bormann, F. H., 1973. Throughfall and stemflow chemistry hardwood forest. Journal of Ecology, Vol. 61, pp. 498-508.
4- Helmissari, H. S., 1990. Nutrient retranslocation within Pinus sylvestris. D. SC. Thesis of Summary, University of Joensuu, Publication in Sciences. 13p.
5- Moslehi, M., Habashi, H., Khormali, F., 2011. The effect of crowns leaching of and litter of beech species in mixed stand on the basic cations dynamics, Journal of Forest and Poplar, , Vol. 19, No. 1.
6- Moslehi, M., Habashi, H.., Khormalali, F., 2009. Modification of the pattern of fertilizer use in soil through leaching of crowns, National Conference on Consumption Patterns in Agriculture and Natural Resources,. Kermanshah, Iran.
7- Moslehi, M., Habashi, H., Khormalali, F., 2012. The effect of time changes on basic cation dynamics of rainfall and floor vegetation in beech fores. Third International Conference on Chronology and Climate Change, Spring 2012, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.
8- Moslehi, M., Habashi, H., Khormalali, F, 2012. Seasonal changes of basic cations in leaching of crowns and floor vegetation of beech in the mixed stand. Scientific and Research Journal of Forest and Wood Science and Technology Research, Vol. 19, No. 2.
9- Moslehi, M., Habashi, H., Khormalali, F., Rahmani, R., Poormalekhshah, A. A., 2015. Chemical Properties of Precipitation and leaching floor in Beech forest during Growth and Rest

periods, Journal of Forest and Poplar Research, Vol. 23, No. 1.

10- Parker, G. G., 1983. Throughfall and stemflow in the forest nutrient cycle. Advance in Ecological Research, Vol. 13, pp. 57-133.

11- Weyno, L., 2001. Nutrient cycling in a montane moist evergreen Broad-Leaves forest (Lithocarpus/Castanopsis Association) in Ailao Mountain Yunnan Southwestern China. Department of Enviromental Biology, 221 p.

12- Staelens, J., Shcrijverl, A., Oyarzun, C., Lustl, N., 2003. Comparison of dry deposition and canopy exchange of base cations in temperate hardwood forest. Gayana Bot, Vol. 60, pp 9-16.

13- Oyarzun, C. E., Godoy, R., Schrijver, A., Staelens, J., lust, N., 2004. Water chemistry and nutrient budget in an undisturbed evergreen rainforest of Southern Chile. Biochemistry, Vol. 7, pp. 107-123.

14- Fujinuma, R., Bockheim, J., Blaster, N., 2005. Base-cation cycling by individual tree species in old-growth forests of Upper Michigan, USA. Biogeochemistry, Vol. 74, pp. 357-376.

15- Zeng, G. M., Zhang. G., Huang, G. H., Jiang, Y. M., Liu, H. L., 2005. Exchange of Ca^{2+}, Mg^{2+} and K^{+} and Uptake of H^{+}, NH_4, for the subtropical forest canopies influenced by acid rain in Shaoshan. Plant Science, Vol. 168, pp. 259-266.

16- Staelens, J., Schrijver, A. D., Vertheyen, K., 2007. Seasonal variation in throughfall and stemflow chemistry beneath a European beech (*Fagus sylvatica*) tree in relation to canopy phenology. Canadian Journal of Forest Research, Vol. 37, 14 pp.

17- Perez-Suarez, M., Fenn, M. E., Centina-Alcala, V. M., Aldrete, A., 2008. The effects of canopy cover on throughfall and soil chemistry in two forest sites in the Mexico City air basin. Atmosfera, Vol.21, pp. 83-100.

18- Adedeji, O. H., and Gbadegesin, A. S., 2012. Base cation leaching from the canopy of a Rubber (Hevea Brasiliensis Wild .Muell-Arg) plantation at Ikenne, South west Nigeria. EJESM, Vol. 5, pp. 384-390.

19- Junior, R. Keller, M., Ramos, J., Beldini, T., Crill, P., Camargo, P., Haren, J., 2015. Chemical analysis of rainfall and throughfall in the Tapajos National forest, Belterra, Para, Brazil. An Interdisciplinary Journal of Applied Science, Vol. 10, pp. 263-285.

20- Blair, J. M., 1988. Nutrient release from decomposition foliar litter of trees species with special reference to calcium, Magnesium and Potassium dynamics. Plant and soil, Vol. 110, pp. 49-55.

21- Ardakani, M. R., 2013. Ecology, 16th edition, Tehran, University Press, 340 p.

22- Christine, E.. (Author), Hagh Nia, Gh. H., Riazi Hamedani, A. (Translator), 1989. Principles and Views of Nutrition from Mineral Plant, First Edition, Tehran, Publication of University Press, 410 p.

23- Fink, A. (Author), Kasraei, Rahim. 1986. Abstract on Vegetation Nutrition", First edition, Tabriz, Tabriz University Press, 370 p.

24- Weathers, K. C., Lovett, G. M. Lindberg, S. E., 2001. Atmospheric Deposition in Complex Terrain:

Scaling Up to the Landscape at Acadia NP and Great Smoky Mountains NP. Proposal.

25- Burton, V., Zak D.R., Denton S. R., and Spure S. H. 1998. Forest ecology and management, 3th Ed. New York.

26- Ross, H. B., Lindberg, S. E., 1994. Atmospheric chemical input to small catchments. In: Moldan, B. Cerney, J. (eds) Biogeochemistry of small catchments: A tool for Environmental Research. John Wiley and Sons Ltd. pp. 255-283.

27- Manokaran, N., 1980. The nutrient contents of precipitation, throughfall and stemflow in a lowland tropical rain forest in peninsular Malaysia. The Malaysian For, Vol. 43, pp. 266-289 .

28- Tukey, H. B. Jr., 1970. The leaching of substance from plants, Annual Review of Plant Physiology, Vol. 21, pp. 305-324.

29- Cronan, C. S., 1983. Biogeochemical responses of forest canopies to acidic precipitation. In direct and indirect effects of acid deposition on vegetation. Edited by R. A. Linthurst. Butterworth Publishers, Boston, 13-18 pp.

30- Tukey, H. B. Jr., 1966. The leaching of-metabolites from aboveground plant parts and its implications. Bull. Torrey Bot. Club, Vol. 93, pp. 385-401.

31- Moreno, G., Gallardo, J. F. cuadrado, S., 1994. Deposicion atmosferica de bioelemestory su modificacion por la cubiertavegetal en bosques de Quersus persica de la sierra de Gata (Sal manca). In biogeoquimica de ecosistemas, ed. J. f. Gallardo, Valla dolid, Spain: Junta decastilla y leono., pp. 201-205.

32- Lovett, G. M. Lindberg, S. E., 1984. Dry deposition and canopy exchange in a mixed oak forest as determined by analysis of throughfall. J. Appl. Ecol, Vol. 21, pp. 1013-1027.

33- Tobon. C., Sevink, J., Verstraten, M. J., 2004. Litterflow chemistry and nutrient uptake from the forest floor in northwest Amozonian forest ecosystem. Biogeochem, Vol. 69, pp. 315-339.

34- Duivenvoorden, J. M. 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, 438 pp.

35- Alcock, M. R., Morton, A. J., 1985. Throughfall and stemflow in woodland recently established on Nutrient content of heathland. Journal of ecology, Vol. 73, pp. 625-663.

36- Tobon. C., Sevink, J., and Verstraten, M. J., 2004. Solute fluxes in throughfall and stemflow in four forest ecosystems in northwest Amozonia. Biogeochem, Vol. 70, pp. 1-25.

37- Golley, F. B., McGinnis, J. T., Clements, R. G., Child, G. I., Deuver, M. J., 1975. Mineral Cycling in a Tropical Moist Forest Ecosystem. University of Georgia Press. Athens. Georgia. 248 pp.

38- Salardini, A. A., 2009. Soil Fertility, Eighth Edition, Tehran, Tehran University Press, 434 p.

39- Johnson, D. W., Cole, D. W., 1980. Anion mobility in soils: relevance to nutrient transport from forest

ecosystems. Environment International, Vol. 3, pp. 79-90.

40- Kellman, M., Roulet, N., 1990 Nutrient flux and retention in a tropical Sand-Dune succession. Journal of Ecology, Vol. 78, pp. 664-676.

41- Zhang, G., Zeng, G. M., Jiang, Y. M., Du, C. Y., Huang, G. H., Yao, J. M., Zeng, M., Zhang, X. L., Tan, W. 2006. Seasonal dry deposition and canopy leaching of base cations in a subtropical evergreen mixed forest, China. Silva Fennica, Vol. 40, No. 3, pp. 417–428.

42- Lin, T.C., Hamburg, S.P., .King, H.B. & Hsia, Y.J. 2000. Throughfall patterns in a subtropical rain forest of northeastern Taiwan. Journal of Environmental Quality, Vol. 29, pp. 1186–1193.

43- Zeng, G.M., Zhang, G., Huang, G.H., Jiang, Y.M., Liu, H.L. 2005. Exchange of Ca2+, Mg2+ and K+ and the uptake of H+, NH4+ for the canopies in the subtropical forest influenced by the acid rain in Shaoshan forest located in central south China. Plant Science, Vol. 168, No. 1, pp. 259–266.