

مقایسه عناصر شیمیایی تاج‌بارش و لاشه‌ریزی در توده‌های دست‌کاشت بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey) و کاج رادیاتا (*Pinus radiata* D. Don)

(مطالعه موردی: جنگل‌های چوب و کاغذ مازندران، ساری)

اعظم‌السادات نورایی^۱، حمید جلیلودن^{۲*}، سید محمد حجتی^۳، سید جلیل علوی^۴

۱. دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۲. استاد گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۳. دانشیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۴. دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۰، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۱۲

چکیده

عناصر غذایی در زی‌توده روزمینی از طریق تاج‌بارش و لاشه‌ریزی به خاک بر می‌گردند و از ورودی عناصر غذایی به بوم‌سازگان‌های جنگل در مدت طولانی حفاظت می‌کنند. هدف از این مطالعه، بررسی تغییرات عناصر شیمیایی تاج‌بارش و لاشه‌ریزی در توده‌های دست‌کاشت بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey) و کاج رادیاتا (*Pinus radiata* D. Don) بود. به‌منظور اندازه‌گیری غلظت و ورودی عناصر در تاج‌بارش، در هر توده ۳۶ عدد جمع‌آوری‌کننده تاج‌بارش نصب شد. ترکیب شیمیایی تاج‌بارش شامل اسیدیته، هدایت الکتریکی، نترات، آمونیوم، فسفات و پتاسیم به‌صورت فصلی (پاییز، زمستان، بهار و تابستان)، اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری ورودی عناصر از طریق لاشه‌ریزی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کربن به شکل فصلی (پاییز، زمستان، بهار و تابستان) نیز اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که غلظت عناصر موجود در تاج‌بارش در بهار و تابستان به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) بیشتر از زمستان و پاییز بود. در رابطه با ورودی عناصر به‌وسیله تاج‌بارش نیز میزان ورودی عناصر در توده بلندمازو بیشتر از کاج رادیاتا بود. ورودی عناصر از طریق لاشه‌ریزی نیز در توده بلندمازو به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) بیشتر از کاج رادیاتا بود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که نوع گونه درختی و تغییرات تاج‌پوشش و فصول مختلف سال می‌تواند ترکیب شیمیایی و میزان ورودی عناصر را به‌وسیله تاج‌بارش و لاشه‌ریزی در توده‌های جنگلی دچار تغییر نماید که در این رابطه گونه بلندمازو تمایل بیشتری به بازگشت عناصر به خاک از طریق تاج‌بارش و لاشه‌ریزی نشان داد. این نتیجه می‌تواند توجه مراکز اجرایی را به اهمیت گونه‌های بومی در احیاء و بازسازی مناطق تخریب شده جلب نماید.

کلمات کلیدی: بازگشت عناصر، تاج‌بارش، جنگل‌کاری، لاشه‌ریزی.

مقدمه

به خاک بر می‌گردند و از بازگشت عناصر غذایی به خاک- های جنگلی حفاظت می‌کنند [۱]؛ زیرا تاج‌بارش یکی از مسیرهای اصلی ورود عناصر و جریان انرژی به جنگل‌ها است [۲]. ترکیب شیمیایی بارش پیش از انتقال به کف جنگل، تحت تأثیر مشخصه‌های شیمیایی و هیدرولوژیکی بارندگی، شستشوی ذرات ته‌نشست خشک از سطوح تاج

تاج‌بارش و لاشه‌ریزی دو فرآیند تأثیرگذار در چرخه ورودی عناصر غذایی در بوم‌سازگان جنگل هستند. عناصر غذایی در زی‌توده روزمینی دیر یا زود از طریق تاج‌بارش و لاشه‌ریزی

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۲۱۴۰۶۱۶

Email: h.jalilvand@sanru.ac.ir

پوشش، تبادلات بین بافت‌های تاج پوشش و بارندگی و جذب یا آزادسازی مواد توسط گیاهان قرار خواهند گرفت [۳]. آب باران پس از برخورد با تاج پوشش درختان به سه بخش شامل: باران‌ریایی، تاج‌بارش و ساق‌آب تقسیم می‌شود. باران‌ریایی به بخشی از بارندگی اطلاق می‌شود که توسط تاج درختان نگهداری و سپس به واسطه تبخیر به اتمسفر باز می‌گردد [۴]. تاج‌بارش بخشی از بارندگی است که پس از عبور از تاج درختان، به صورت مستقیم (از طریق روشنه‌ها) و یا پس از برخورد با تاج پوشش به کف جنگل می‌رسد [۵]. ساقاب بخشی از بارندگی است که با جاری شدن باران بر روی تنه و شاخه درختان به سطح جنگل می‌رسد [۶]. در بوم‌سازگان‌های جنگلی پیش از رسیدن باران به کف جنگل، ترکیب شیمیایی آن از طریق تبادلات بین تاج پوشش یا ساق آب به شدت تحت تأثیر قرار گرفته و دچار تغییر می‌شود [۷]. تاج بارش می‌تواند سهم بزرگی در ورودی عناصر به کف جنگل داشته باشد و غالباً در برآورد کل ورودی‌های اتمسفری در جنگل‌ها در نظر گرفته می‌شود و به منظور ارزیابی اثرات آلودگی هوا بر عملکرد و تنوع بوم‌سازگان جنگلی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۸]. ترکیب شیمیایی تاج‌بارش از طریق تبادل باران با تاج پوشش و یا ته‌نشست خشک (ذرات و گازهای موجود در اتمسفر بر روی شاخ و برگ درختان) دچار تغییر می‌شود [۹]. در نتیجه سهم تبادلات تاج پوشش و ته‌نشست خشک در ترکیب شیمیایی تاج بارش و متعاقب آن ورودی عناصر در بوم‌سازگان جنگلی از اهمیت زیادی برخوردار است [۱۰]. اما هر دو عامل مهم تبادلات تاج پوشش و ته‌نشست خشک تحت تأثیر تعداد زیادی از متغیرها قرار داشته و دست‌خوش تغییر می‌شوند [۱۱]، که از مهمترین آنها در بوم‌سازگان‌های جنگلی می‌توان به جهت و سرعت باد، میزان رطوبت، نوع گونه‌ی درختی، ارتفاع درختان و شاخص سطح برگ و تغییرات فنولوژی درختان (به دلیل تغییرات فصول) اشاره نمود [۱۲].

از دیگر عوامل مهم و تأثیرگذار بر غلظت عناصر ورودی در بوم‌سازگان‌های جنگلی، میزان لاشه‌ریزی و غلظت عناصر موجود در ترکیب شیمیایی لاشه‌ریز می‌باشد که پس از طی مراحل تجزیه مجدداً در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. لاشه‌ریزی از مهم‌ترین مسیرهای انتقال کربن و انرژی از گیاه به خاک است [۱۳]. افزون‌براین، لاشه‌ریزی به دلیل اینکه از منابع اصلی لایه آلی و عناصر غذایی خاک محسوب می‌شود، از منابع اصلی و کلیدی در حفظ باروری خاک می‌باشد [۱۴]. لاشه‌ریزی موجب تغییر چرخه ماده آلی در افق A، تغییر نسبت قارچ‌ها و باکتری‌ها و اکسیداسیون لیگنین می‌شود [۱۵]. لاشه‌ریزی همچنین می‌تواند در لایه‌های زیرین خاک، از طریق تأثیر بر کیفیت خاک بر هدایت هیدرولیکی و ضریب آبدو تأثیرگذار باشد [۱۶] و همچنین پاسخ‌ها و بازخوردهای بوم‌سازگان‌های زمینی را در برابر تغییرات اقلیمی تحت تأثیر قرار دهد [۱۷]، چراکه با کاهش نرخ لاشه‌ریزی در مقابل تغییرات اقلیمی (به دلیل تغییر در میزان بارندگی و درجه حرارت) میزان ماده آلی و غلظت مواد در بوم-سازگان جنگل تحت تأثیر قرار می‌گیرد [۱۸]. بنابراین، لاشه‌ریزی یکی از عوامل اصلی در اندازه‌گیری، الگوسازی و پیش‌بینی پویایی بوم‌سازگان‌های زمینی است. آگاهی از میزان ورودی عناصر از طریق تاج‌بارش و لاشه‌ریزی در پویایی و چرخه هیدرولوژی و عناصر از اهمیت زیادی در جنگل برخوردار است و می‌تواند جهت انتخاب گونه مناسب به منظور احیاء و بازسازی مناطق تخریب شده، راه‌کارهای مدیریتی مناسب را در اختیار مدیران قرار دهد. هدف از این مطالعه مقایسه عناصر شیمیایی تاج‌بارش و لاشه‌ریزی در توده‌های دست‌کاشت بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey) و کاج رادیاتا (*Pinus radiata* D. Don) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در دو توده جنگل‌کاری دست‌کاشت بلندمازو و کاج رادیاتا انجام شد. توده دست‌کاشت کاج رادیاتا در سری مهدشت و توده بلندمازو در سری افراتخت جنگل‌های چوب و کاغذ مازندران در شهرستان ساری قرار دارد. سری مهدشت در فاصله حدود هفت کیلومتری شمال غربی مرکز اداری و مجتمع صنعتی شرکت چوب و کاغذ مازندران و حدود شش کیلومتری جنوب غربی شهرستان ساری واقع شده و سری افراتخت در فاصله حدود پانزده کیلومتری شمال غربی مرکز اداری و مجتمع صنعتی شرکت چوب و کاغذ مازندران و حدود شش کیلومتری جنوب غربی شهرستان ساری واقع می‌باشد. توده کاج رادیاتا به صورت خالص و دست‌کاشت و در محدوده (۴۴، ۲۹، ۳۶ تا ۳۸، ۲۹، ۳۶) عرض شمالی و (۲۰، ۰۴، ۵۳ تا ۱۰، ۰۴، ۵۳) طول شرقی و توده بلندمازو نیز به صورت خالص و دست‌کاشت و در محدوده (۴۰، ۲۹، ۳۶ تا ۲۰، ۲۹، ۳۶) عرض شمالی و (۳۰، ۱، ۵۳ تا ۴۰، ۰، ۵۳) طول شرقی واقع شده است؛ توده کاج رادیاتا دارای مساحت سه هکتار و توده بلندمازو دارای مساحت پنج هکتار می‌باشد، در سری مهدشت ایستگاه هواشناسی سینوپتیک با سابقه چند ساله وجود دارد که در این بررسی از آمار و اطلاعات ۲۹ ساله آن استفاده شد. میانگین بارش سالیانه در این ایستگاه ۹۴۷/۴ میلی‌متر می‌باشد. در هر دو توده متوسط دما در گرمترین ماه سال (مرداد ماه) ۳۱/۶، متوسط دما در سردترین ماه سال (دی ماه) ۲/۷ و متوسط دمای سالیانه ۱۶/۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد؛ کمینه و بیشینه دمای مطلق به ترتیب به ماه‌های دی و خرداد تعلق دارد و ۹- و ۴۴ درجه سانتی‌گراد است. میانگین سنی دو توده ۲۰ سال و فاصله کاشت ۳×۳ متر بوده و در ارتفاع ۴۰۰ متری از سطح دریا با شیب پنج درصد استقرار دارد و عملیات

پرورشی در این دو توده انجام نشده است. در هر دو توده اشکوب علفی ۵ درصد می‌باشد. توده کاج رادیاتا دارای میانگین ارتفاع ۲۵ متر و توده بلندمازو دارای میانگین ارتفاع ۲۰ متر است. قطر برابر سینه در توده کاج رادیاتا ۴۰ سانتی‌متر و در توده بلندمازو ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد، و تاج پوشش به ترتیب در توده کاج رادیاتا و بلندمازو ۷۵ و ۸۰ درصد است [۱۹].

عملیات میدانی و آزمایشگاهی

جمع‌آوری و اندازه‌گیری تاج‌بارش و اجزاء بارش

تاج‌بارش در طی هر بارش، با استفاده از ۳۶ عدد جمع‌آوری کننده باران با قطر دهانه نه سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر در دو توده و در طول یکسال (چهار فصل) از پاییز ۹۶ تا پاییز ۹۷ جمع‌آوری شد [۲۰]. با توجه به همگن بودن منطقه جمع‌آوری کننده‌ها به طور تصادفی نصب شدند تا کل منطقه مورد مطالعه تحت پوشش قرار گرفت. مقدار (حجم) تاج‌بارش در طی هر بارش با استفاده از یک دستگاه استوانه مدرج، تا دقت یک میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری هر بارش، جمع‌آوری کننده‌ها بعد از تخلیه شدن آب و تمیز کردن آن‌ها از شاخ و برگ و نیز خشک کردن، در جای خود قرار داده شدند [۲۱]. سپس نمونه‌ها به منظور بررسی مشخصه‌های شیمیایی به آزمایشگاه منتقل و در یخچال در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند [۲۲] و جهت مطالعه تغییرات فصلی، نمونه‌های هر سه ماه (۳۶ نمونه در هر ماه) با یکدیگر ترکیب و اجزای شیمیایی آنها برای هر فصل مورد مطالعه قرار گرفت.

جمع‌آوری و اندازه‌گیری لاشه‌ریزی

در هر توده ۳۶ عدد تله جمع‌آوری کننده لاشه‌ریزی به ابعاد (۵/۵×۵/۵ متر) نیز به منظور بررسی میزان و ترکیب شیمیایی لاشبرگ ورودی به طور تصادفی نصب شد. پس از اندازه‌گیری وزن لاشبرگ‌های موجود در تله لاشبرگ در هر ماه (۳۶ نمونه)، نمونه‌ها برای بررسی مشخصه‌های

نتایج و بحث

مقایسه میزان تاج بارش و باران تجمعی در دو گونه در

فصول مختلف

میزان بارندگی تجمعی در توده بلندمازو در پاییز، زمستان، بهار و تابستان به ترتیب ۲۰۰، ۲۸۶، ۱۲۱ و ۵۶ میلی متر و در توده کاج رادیاتا ۲۱۰، ۲۹۰، ۶۸ و ۳۱ میلی متر می باشد. نتایج حاصل از مقایسه میزان تاج بارش بین دو توده بلندمازو و کاج رادیاتا نشان داد که بیشترین میزان تاج بارش مربوط به زمستان (۹۵/۴ و ۹۶/۷ میلی متر در ماه) و کمترین میزان در تابستان (۱۸ و ۱۱ میلی متر در ماه) بوده است (شکل ۱). در این ارتباط نتایج قربانی و رحمانی نشان داد که تغییرات فصلی سبب تفاوت در سهم توزیع اجزای باران در فصل های سال شده است [۲۵]. نتایج این پژوهش نشان داد که در فصول زمستان و پاییز اختلاف معنی داری بین میزان تاج بارش در دو توده مشاهده نشد، در حالی که در فصول رشد (بهار و تابستان) میزان تاج بارش در گونه بلندمازو به طور معنی داری بیشتر از کاج بوده است که نشان از جذب بیشتر بارش توسط تاج گونه کاج دارد. تفضلی و همکاران [۲۶] در مطالعه خود در مقایسه بین سه توده پلت، توده طبیعی و کاج بروسیا میزان باران ربایی تجمعی را در فصل رویش در سه توده به ترتیب ۸۶/۲، ۱۰۷/۹، ۱۷۸/۳ برآورد نمودند، که در توده بروسیا به طور معنی داری بیشتر بوده است و دلیل این امر را ناشی از تراکم تاج، شاخص سطح برگ، شکل برگ، زاویه شاخه‌ها، ظرفیت ذخیره تاج، زبری سطح برگ و شاخه‌ها و قابلیت هدایت قطره باران توسط برگ‌ها دانستند.

مقایسه pH و هدایت الکتریکی تاج بارش در دو گونه

در فصول مختلف

مقایسه میزان هدایت الکتریکی تاج بارش در هر دو توده بلندمازو و کاج رادیاتا نشان داد که بیشترین میزان هدایت

شیمیایی لاشه ریزی در هر فصل جمع آوری و بعد از کدگذاری به آزمایشگاه منتقل شدند [۲۳].

بررسی عناصر موجود در تاج بارش و لاشه ریزی

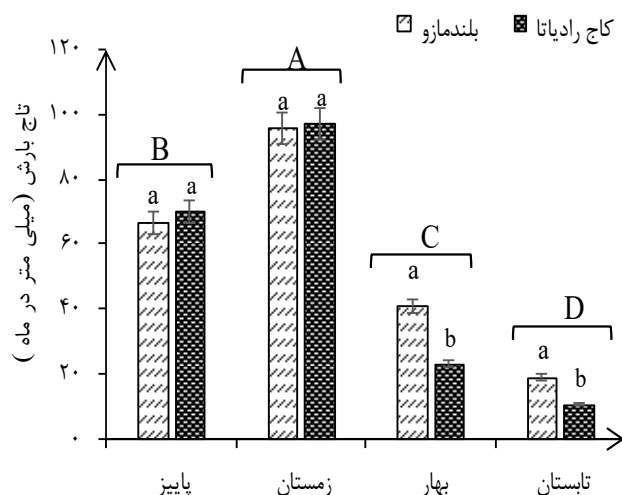
به منظور بررسی عناصر موجود در تاج بارش، مقدار pH به روش پتانسیومتری با pH متر و هدایت الکتریکی به روش هدایت سنجی با EC سنج قرائت شد. مقدار نیترات، فسفات و آمونیوم در تاج بارش با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و پتاسیم با روش عصاره گیری با استات آمونیوم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر اندازه گیری شد [۲۴]. ورود عناصر در تاج بارش از حاصل ضرب حجم تاج بارش در مقدار غلظت عناصر محاسبه شد [۲۳]. جهت اندازه گیری عناصر شیمیایی موجود در لاشه ریزی نیتروژن کل با روش کجلدال (دستگاه کجلتک)، فسفر به روش اولسن (دستگاه اسپکتروفتومتر)، پتاسیم با روش عصاره گیری با استات آمونیوم (دستگاه فلیم فتومتر) و کربن به روش کوره (احتراق) اندازه گیری شد [۲۴]. ورود عناصر در لاشه ریزی از حاصل ضرب وزن لاشه برگ در غلظت عناصر در لاشه برگ محاسبه شد [۲۳].

آنالیز آماری

به منظور انجام کلیه تجزیه های آماری در این مطالعه از نرم افزار SPSS v.22 استفاده شد. به منظور بررسی نرمال بودن داده ها و همگنی واریانس ها به ترتیب از آزمون شاپیرو ویلکس و آزمون لون مورد استفاده قرار گرفت. جهت مقایسه بین عناصر شیمیایی تاج بارش و لاشه ریزی در دو گونه بلندمازو و کاج رادیاتا از آزمون t مستقل استفاده شد و برای مقایسه اثرات متقابل فصول (پاییز، زمستان، بهار و تابستان) و گونه ها (کاج رادیاتا و بلندمازو) از تجزیه واریانس دو طرفه (GLM) و از مقایسه گروهی چند دامنه ای دانکن برای مقایسه میانگین ها استفاده شد.

همکاران [۲۷] در مقایسه هدایت الکتریکی بین دو گونه راش و پیسه‌آ نشان دادند که میزان هدایت الکتریکی در توده پیسه‌آ بیشتر از راش بوده است که دلیل این امر را جمع شدن گرد و غبار و عناصر افزایش دهنده هدایت الکتریک و یا ترشح چنین موادی از بافت‌های داخلی برگ درختان دانستند.

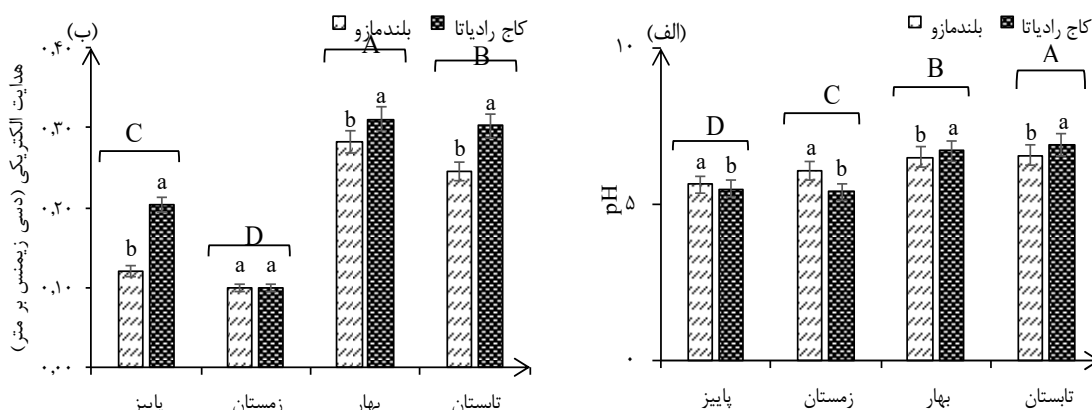
الکتریکی مربوط به بهار (۰/۲۸ و ۰/۳۱ دسی زیمنس بر متر) و تابستان (۰/۲۴ و ۰/۳۰ دسی زیمنس بر متر) کمترین میزان مربوط به زمستان (۰/۱ و ۰/۱ دسی زیمنس بر متر) بوده است و در مقایسه دو توده میزان هدایت الکتریکی در توده کاج رادیاتا به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) بیشتر بوده است (شکل ۲)، که در این ارتباط عباسیان و



شکل ۱. میانگین (\pm اشتباه معیار) تاج‌بارش در فصول مختلف سال در توده بلندمازو و کاج رادیاتا (جنگل‌های چوب و کاغذ ساری؛ پاییز ۹۶ تا پاییز ۹۷) (حروف کوچک نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین دو گونه و حروف بزرگ نشان دهنده اختلاف معنی‌دار میان فصول مختلف است (سطح احتمال معنی‌داری پنج درصد))

شده که از میزان اسیدیته تاج‌بارش در فصل رشد می‌کاهد [۳۰] و از آنجا که درختان از نظر فیزیولوژیکی در طول فصل خزان فعالیت کمتری دارند، فرآیند کاهش اسیدیته نیز در این فصول کاهش می‌یابد. در رابطه با میزان pH بین دو گونه نیز در پاییز و زمستان میزان pH در توده بلندمازو بیشتر بوده اما در بهار و تابستان میزان آن در توده کاج-رادیاتا به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) بیشتر بوده است (شکل ۲)، که دلیل این امر نیز می‌تواند ترشح مواد اسیدی از برگ سوزنی‌برگان در فصولی که درختان دارای تاج‌پوشش است باشد [۳۱].

میزان pH در هر دو توده بلندمازو و کاج رادیاتا در تابستان (۶/۶، ۶/۹) به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) از پاییز (۵/۴ و ۵/۶) و زمستان (۶/۱ و ۵/۴) بیشتر بوده است (شکل ۲)، که نشان دهنده ظرفیت گونه‌های درختی به‌ویژه در فصل رشد در کم کردن اسیدیته باران است. که این مسئله با نتایج صالحی و همکاران [۲۸] همخوانی دارد. تبادل یون بین تاج‌بارش و بافت برگ موجب جذب پروتون‌ها و شسته شدن کاتیون‌های پایه در طول دوره پوشش گیاهی می‌شود [۲۹]. همچنین تبادلات تاج‌پوشش بین NH_4^+ و H^+ موجب جایگزینی آمونیوم ناشی از ته‌نشست خشک موجود در سطح برگ با پروتون‌های H^+

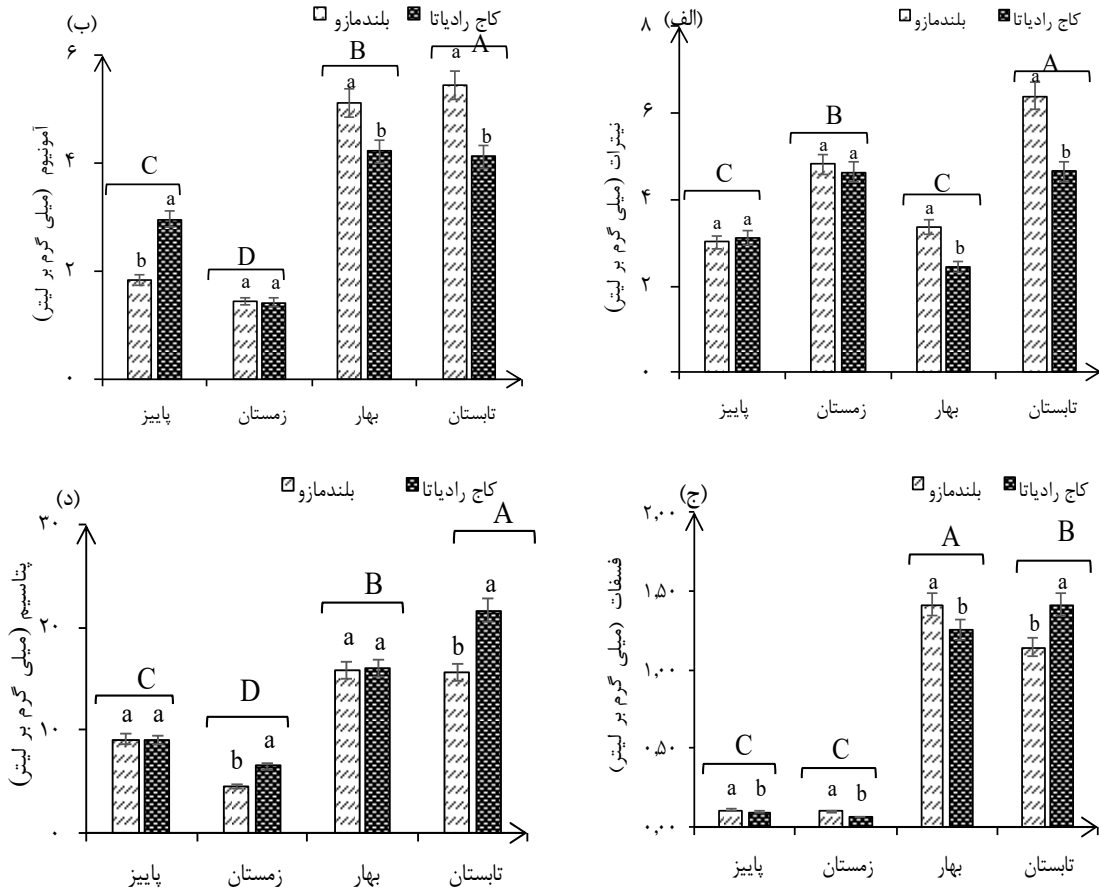


شکل ۲. میانگین (± اشتباه معیار) pH (الف) هدایت الکتریکی (ب) موجود در تاج بارش در فصول مختلف سال در توده بلندمازو و کاج رادیاتا (جنگل‌های چوب و کاغذ ساری؛ پاییز ۹۶ تا پاییز ۹۷). (حروف کوچک نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین دو گونه و حروف بزرگ نشان دهنده اختلاف معنی‌دار میان فصول مختلف است (سطح احتمال معنی‌داری ۵ درصد))

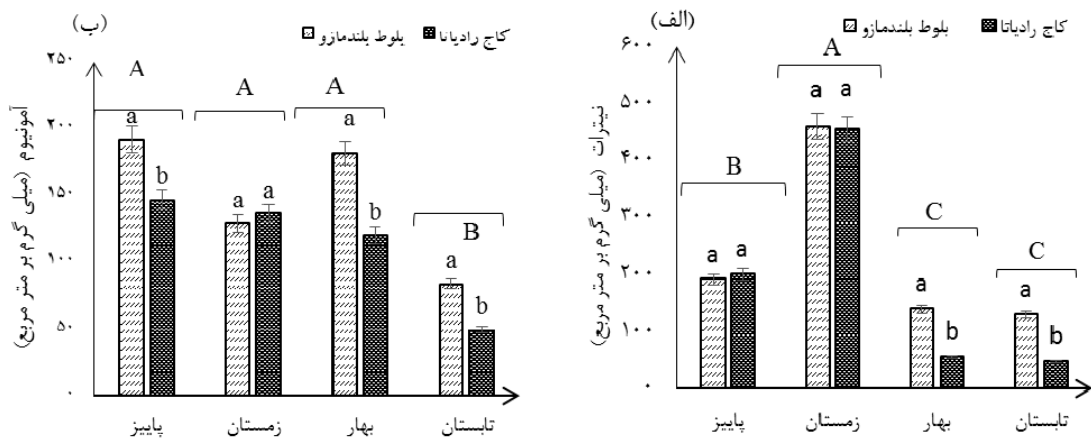
فصول بهار و پاییز اختلاف معنی‌داری ($p < 0.05$) بین دو توده مشاهده نشد، ولی در تابستان به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) در توده کاج رادیاتا بیشتر از توده بلندمازو بود (شکل ۳). نتایج مطالعه تفضلی و همکاران [۳۴] در دو توده پهن‌برگ پلت و کاج بروسیا نیز نشان داد که میزان پتاسیم در فصول رویش بیشتر از فصل خزان بوده و میزان آن در توده پلت بیشتر از کاج بروسیا بوده است، که دلیل این امر را ناشی از کیفیت برگ، شاخص سطح برگ، ساختار و خصوصیات تاج، تعداد آشکوب، واکنش تاج، شکل برگ و تراکم توده دانستند. کمینه و بیشینه غلظت فسفات موجود در تاج بارش دو توده بلندمازو و کاج رادیاتا به‌ترتیب به زمستان (۰/۱۰ و ۰/۰۹ میلی‌گرم در لیتر) و تابستان (۱/۱۴ و ۱/۴۱ میلی‌گرم در لیتر) تعلق داشت. در رابطه با غلظت فسفات موجود در تاج بارش در دو توده، در فصول پاییز، زمستان و بهار در توده بلندمازو ولی در تابستان در توده کاج رادیاتا بیشتر بوده است (شکل ۳). نتایج پوتر و همکاران [۳۵] در جنگل‌های ایتالیا نشان داد که فسفر به شکل فسفات می‌تواند به سرعت به-وسیله تاج بارش جدا شود و در نتیجه در فصولی که درخت دارای برگ می‌باشد به‌راحتی از سطوح برگ شستشو شده در نتیجه میزان آن در فصول رویش افزایش می‌یابد.

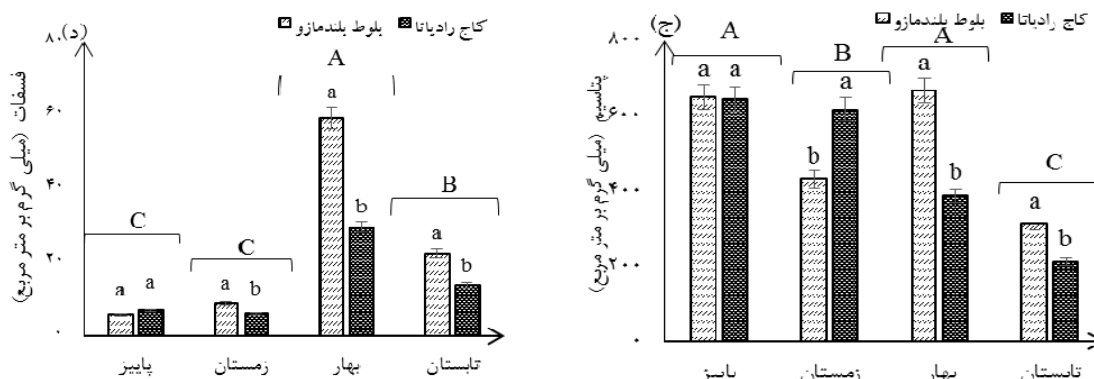
مقایسه غلظت عناصر موجود در تاج بارش در دو گونه در فصول مختلف

در ارتباط با غلظت نیترات و آمونیوم موجود در تاج بارش در دو توده بلندمازو و کاج رادیاتا، تابستان بیشترین غلظت نیترات (۶/۳۹ و ۴/۶۴) و آمونیوم (۵/۴۳ و ۴/۱۱) (میلی‌گرم در لیتر) را به‌خود اختصاص داد، که با دیگر فصول اختلاف معنی‌داری ($p < 0.05$) داشت (شکل ۳). در این ارتباط هوله و همکاران [۳۲] بیان نمودند که افزایش میزان نیترات و آمونیوم در فصولی که درخت دارای برگ است به‌دلیل افزایش ته-نشست خشک نیترات و آمونیوم بر شاخه و برگ درختان است که هنگام بارندگی از طریق تاج بارش وارد توده می‌شود [۲۸]. در مطالعه حاضر تأثیر معنی‌دار فصول در ورودی مواد مغذی خاک‌های جنگلی از طریق تاج بارش مشاهده شده است، که دلیل آن هم تغییر در میزان بارندگی و فنولوژی توده درختی است [۳۳]. در مقایسه‌ی بین دو گونه، غلظت نیترات و آمونیوم در توده بلوط بلندمازو به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) بیشتر از کاج رادیاتا بود (شکل ۳). غلظت پتاسیم نیز در دو توده بلندمازو و کاج رادیاتا به‌ترتیب در تابستان (۱۵/۵۹ و ۲۱/۶۷ میلی‌گرم در لیتر) و بهار (۱۵/۸۱ و ۰/۰۷ میلی‌گرم در لیتر) بیشتر بود و مقدار آن در زمستان (۴/۴۹ و ۶/۶۷ میلی‌گرم در لیتر) در تاج بارش کاهش یافت. همچنین در



شکل ۳. میانگین غلظت (\pm اشتباه معیار) آمونیم (الف)، نیترات (ب)، فسفات (ج) و پتاسیم (د) تاج‌بارش در توده‌های کاج رادیاتا و بلندمازو (جنگل‌های چوب و کاغذ ساری) در فصول مختلف (پاییز ۹۶ تا پاییز ۹۷) (حروف کوچک نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین دو گونه و حروف بزرگ نشان دهنده اختلاف معنی‌دار میان فصول مختلف است (سطح احتمال معنی‌داری پنج درصد))





شکل ۴. میانگین (\pm اشتباه معیار) ورودی نیترات (الف) آمونیوم (ب) پتاسیم (ج) و فسفات (د) موجود در تاج بارش در فصول مختلف سال در دو توده کاج رادیاتا و بلندمازو (حروف لاتین غیرمشابه کوچک نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین دو توده بلندمازو و کاج رادیاتا و حروف لاتین بزرگ غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین فصول می‌باشد (سطح احتمال معنی‌داری پنج درصد)).

جوانه‌زنی) و فصل تابستان (پیری برگ) آشفویی می‌شود در نتیجه غلظت پتاسیم را در تاج بارش افزایش می‌دهد. میزان ورودی فسفات نیز در دو توده بلندمازو بیشتر از کاج رادیاتا بوده است و فصل بهار بیشترین میزان ورودی فسفات را به خود اختصاص داده است (شکل ۴). افزایش فسفات در توده بلندمازو نسبت به کاج رادیاتا ناشی از تفاوت در کیفیت لاشبرگ بین دو توده می‌باشد.

غلظت و ورودی عناصر در لاشه‌ریزی

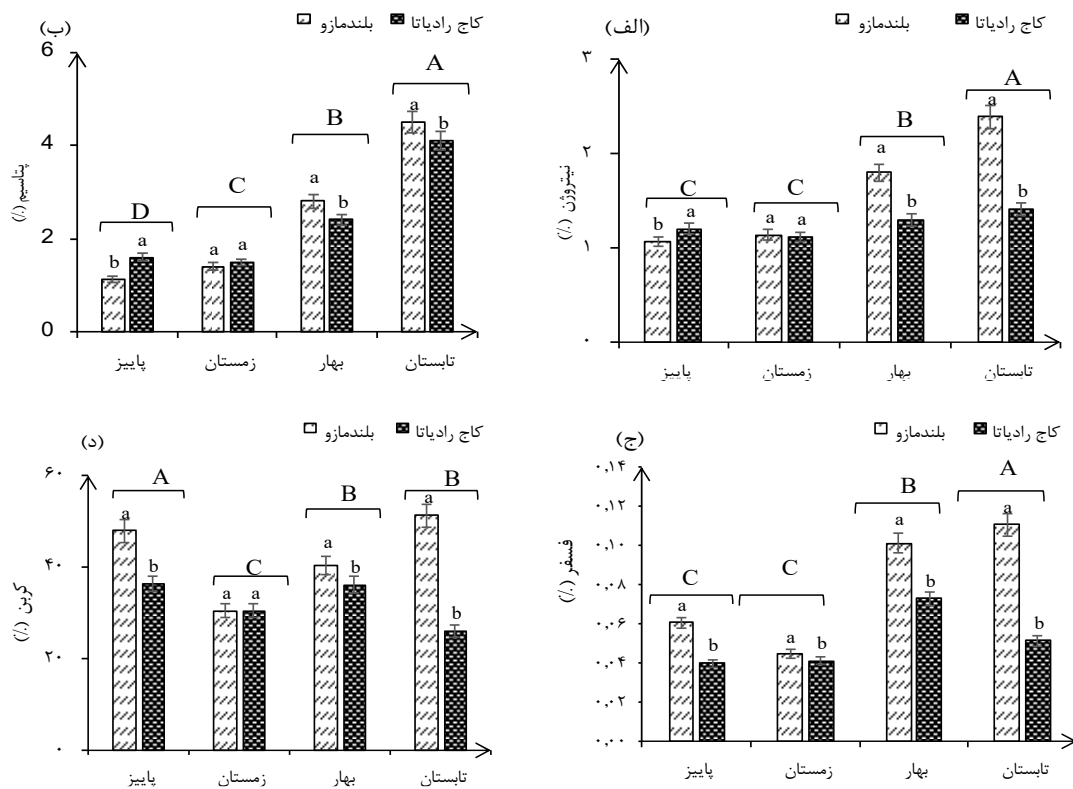
مقایسه میزان ورودی لاشبرگ در دو توده نشان داد که در توده بلندمازو به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) بیشتر بوده است و بیشترین میزان ورودی لاشبرگ در پاییز و کمترین میزان در بهار بوده است (شکل ۶). در این مطالعه نرخ لاشه‌ریزی در توده بلوط برابر با ۶۰۵ گرم در مترمربع در سال بوده است. وای و همکاران در مطالعه خود در چین نرخ لاشه‌ریزی را برای بلوط مقادیری بین ۳۱۴-۵۵۵ گرم در مترمربع برآورد کردند [۳۸] و مون و همکاران میزان لاشبرگ‌ریزی برای بلوط را ۲۴۸-۸۷۶ گرم در مترمربع در سال بیان نمودند [۳۹]. نتایج حاصل از این مطالعه در ارتباط با توده کاج نشان داد که نرخ لاشه‌ریزی در این توده ۳۵۵ گرم در مترمربع است. کیم در مطالعه خود نرخ لاشه‌ریزی را برای کاج ۴۵۳ گرم در مترمربع برآورد نمود [۴۰]. قولز و همکاران [۴۱]

مقایسه ورودی عناصر موجود در تاج بارش در دو گونه در فصول مختلف

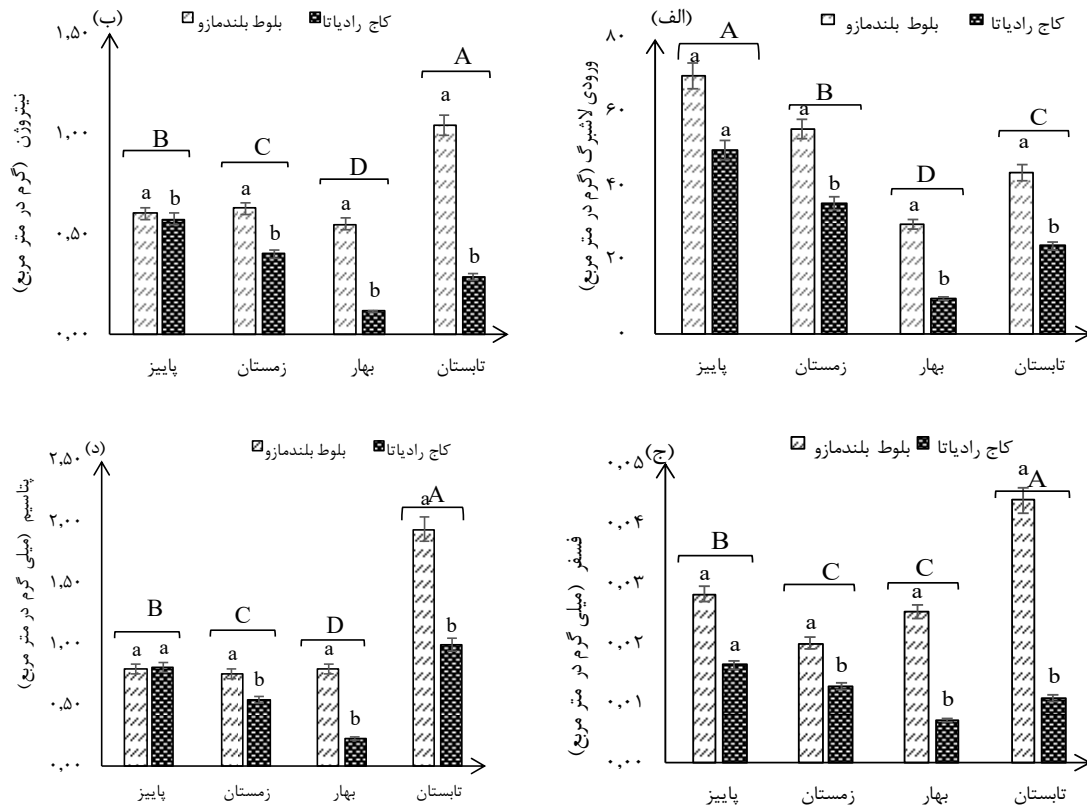
نتایج حاصل از مقایسه میزان ورودی نیترات در دو توده نشان داد که دو توده در پاییز و زمستان اختلاف معنی‌داری در میزان ورودی نیترات از خود نشان نداده ولی در تابستان و بهار میزان ورودی نیترات در توده بلندمازو (۱۳۶/۲۴) و (۱۲۲/۰۴) به‌طور معنی‌داری بیشتر از کاج رادیاتا (۴۸/۸۷) بود (۵۶) ($p < 0.05$) (شکل ۴). در ارتباط با میزان ورودی آمونیوم، در زمستان اختلاف معنی‌داری ($p < 0.05$) بین دو توده مشاهده نشد ولی در فصول دیگر مقدار آمونیوم ورودی در توده بلندمازو بیشتر از توده کاج رادیاتا بود (۵۷) ($p < 0.05$) (شکل ۴). در این رابطه نتایج مطالعات مختلف نشان داد که کیفیت برگ، ترکیب شیمیایی لاشبرگ و تراکم توده می‌تواند ترکیب شیمیایی تاج بارش را دو توده دچار تغییر نماید [۳۶]. میزان پتاسیم ورودی از طریق تاج بارش در دو توده در فصل پاییز اختلاف معنی‌داری از خود نشان نداده، اما در بهار و تابستان در توده بلندمازو به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) از توده کاج رادیاتا بیشتر بوده است (شکل ۴). در این رابطه نتایج استراچوسکی و همکاران [۳۷] نشان داد که پتاسیم به‌راحتی هنگام عبور تاج بارش از شاخه و برگ درختان به‌ویژه در فصل بهار (هنگام

بوده است، که این مسئله می‌تواند موجب تغییر در خواص خاک و تغییر در کیفیت و کمیت لایه آلی خاک و ورودی عناصر به آن گردد و در این زمینه انتخاب گونه مناسب برای جنگل‌کاری می‌تواند موجب تغییر در مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک گردد. نتایج حق‌وردی و همکاران [۴۳] در مقایسه بین عناصر ورودی از طریق لاشه‌ریزه در دو گونه پهن‌برگ بومی (زبان گنجشک و بلندمازو) و سوزنی‌برگ غیر بومی (پسته‌آ و کاج سیاه) نشان داد که بیشترین میزان نیتروژن در لاشه‌ریزه مربوط به زبان گنجشک و کمترین میزان مربوط به کاج سیاه بوده است، نتایج حاصل از مطالعه آنها مطابق با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نشان داد که گونه‌های درختی پهن‌برگ مورد مطالعه لاشه‌ریزه‌های با کیفیت بهتری تولید کرده‌اند که کیفیت بالای لاشه‌ریزه‌ها می‌تواند در بهبود کیفیت خاک مؤثر باشند.

دلایل تفاوت در نرخ لاشه‌ریزی در یک گونه در بررسی‌های مختلف را تراکم توده، سن و میزان تاج پوشش آنها بیان نمود. نتایج حاصل از مقایسه غلظت نیتروژن و پتاسیم و فسفر موجود در لاشه‌ریزی در دو توده نشان داد که، تابستان و بهار بیشترین غلظت را به‌خود اختصاص داده بودند، که با دیگر فصول اختلاف معنی داری ($p < 0.05$) داشته است، که این امر نیز به‌دلیل رویش درختان در این فصول بدیهی به‌نظر می‌رسد. اما در مقایسه بین دو توده، غلظت پتاسیم و نیتروژن در تابستان و بهار و زمستان در توده بلندمازو به‌طور معنی داری ($p < 0.05$) بیشتر بوده است و غلظت فسفر در تمام فصول در توده بلندمازو بیشتر از کاج رادیاتا بوده است (شکل ۵). در این ارتباط مطالعه هاشمی و همکاران [۴۲] در سه توده افرا، پلت و آزاد نیز نشان داد که غلظت عناصر موجود در لاشه‌ریزی در این سه توده دارای اختلاف معنی‌دار



شکل ۵. میانگین (\pm اشتباه معیار) غلظت عناصر موجود در ترکیب شیمیایی لاشه‌ریزی در فصول مختلف در توده بلندمازو و کاج رادیاتا (جنگل-های چوب و کاغذ ساری) در فصول مختلف (پاییز ۹۶ تا پاییز ۹۷). (حروف لاتین غیرمشابه کوچک نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین دو توده و حروف لاتین بزرگ غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین فصول می‌باشد (سطح احتمال معنی‌داری پنج درصد)).



شکل ۶. میانگین (\pm اشتباه معیار) ورودی عناصر موجود در ترکیب شیمیایی لاشه‌ریزی در فصول مختلف در دو توده بلندمازو و کاج رادیاتا (جنگل‌های چوب و کاغذ ساری) در فصول مختلف (پاییز ۹۶ تا پاییز ۹۷). (حروف لاتین غیرمشابه کوچک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین دو توده و حروف لاتین بزرگ غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین فصول می‌باشد (سطح احتمال معنی‌داری پنج درصد))

گونه‌ای خران کننده است، در نتیجه تولید لاشبرگ بیشتر در این گونه نسبت به کاج که گونه‌ای سوزنی برگ است دور از ذهن نیست. میچوپولوس و همکاران [۴۵] در مطالعه خود غلظت عناصر را در لاشه‌ریزی دو گونه بلوط (*Quercus frainetto* L.) و راش اروپایی (*Fagus sylvatica* L.) مورد مقایسه قرار دادند، نتایج آنها نشان داد که غلظت فسفر، پتاسیم و نیتروژن در لاشه‌ریزی در توده بلوط بیشتر از راش بوده است، آنها دلیل این امر را اختلاف در سن دو توده و تفاوت در میزان جذب عناصر بین دو گونه بیان نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد که گونه‌های مختلف در بازگشت عناصر به خاک متفاوت بوده و هر گونه با توجه به نوع تاج‌پوشش، ترکیب شیمیایی لاشبرگ و میزان رویش، بخشی از عناصر را به خاک باز می‌گرداند.

در مقایسه بین دو توده، ورودی تمامی عناصر از طریق لاشبرگ در توده بلندمازو بیشتر از کاج رادیاتا بوده است (شکل ۶) که این امر به دلیل غلظت بالاتر عناصر و لاشه-ریزی بیشتر در بلندمازو می‌باشد. با توجه به نتایج بدست آمده میزان نیتروژن ورودی از طریق لاشبرگ در توده کاج ۴۰/۰۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال است و در توده بلوط این میزان به ۸۰/۲۵ کیلوگرم در هکتار در سال بوده است. مون و کیم در مطالعه خود میزان نیتروژن ورودی را در توده بلوط و کاج به ترتیب ۶۲ و ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال برآورد نمودند [۴۴]، در این رابطه مون و همکاران علت افزایش نیتروژن ورودی در توده بلوط نسبت به کاج را غلظت و وزن بیشتر لاشه‌ریزی در توده بلوط دانستند [۳۹]. آنها همچنین بیان نمودند که بلوط

نتیجه‌گیری

بوده است. در رابطه با ورودی عناصر به‌وسیله تاج‌بارش نیز میزان ورودی عناصر در توده بلندمازو بیشتر از کاج رادیاتا بود. ورودی عناصر از طریق لاشه‌ریزی نیز در توده بلندمازو به‌طور معنی‌داری بیشتر از کاج رادیاتا بوده است که نشان می‌دهد گونه بلندمازو تمایل بیشتری به بازگشت عناصر به خاک از طریق تاج‌بارش و لاشه‌ریزی داشته و این مسئله می‌تواند به اهمیت توجه به گونه‌های بومی در احیاء و بازسازی مناطق تخریب شده بی‌افزاید.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ترکیب شیمیایی و میزان عناصری که به‌واسطه تاج‌بارش و لاشه‌ریزی به توده‌های جنگلی وارد می‌شود، تحت تأثیر نوع گونه درختی و تغییرات تاج‌پوشش و فصول مختلف سال قرار گرفته و به شکل پویایی نوسان خواهد داشت. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، غلظت عناصر موجود در تاج‌بارش در بهار و تابستان به‌طور معنی‌داری بیشتر از زمستان و پاییز

References

- [1]. Abee, A., and Lavender, D. (1972). Nutrient cycling in throughfall and litterfall in 450-year-old Douglas-fir stands. Research on coniferous forest ecosystems: first year progress in the coniferous forest biome. US International Biological Program, Bellingham, pp.133-143.
- [2]. Bray, J.R., and Gorham, E. (1964). Litter production in forests of the world. *Advances in Ecological Research*, 2: 101- 157.
- [3]. Lovett, G.M., W.A. Reiners, M., and Olson, A.K. (1989). Factors controlling throughfall chemistry in a balsam fir canopy - a modelling approach. *Biogeochemistry*, 8: 239-264.
- [4]. Deguchi, A., Hattori, S., and Park, H. (2006). The influence of seasonal changes in canopy structure on interception loss: application of the revised Gash model. *Journal of Hydrology*, 318(1-4): 80-102.
- [5]. Parker, G.G. (1983). Throughfall and stemflow in the forest nutrient cycle. *Advances in Ecological Research*, 13: 57-133.
- [6]. Ahmadi, M.T., Attarod, P., Marvi Mohadjer, M.R., Rahmani, R., and Fathi, J. (2009). Partitioning rainfall into throughfall, stemflow and interception loss in oriental beech forest during growing season. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33: 557-568.
- [7]. Herrmann, M., Pust, J., and Pott, R. (2006). The chemical composition of throughfall beneath oak, birch and pine canopies in northwest Germany. *Plant Ecology*, 184: 273-285.
- [8]. De Vries, W., Reinds, G.J., and Vel, E. (2003). Intensive monitoring of forest ecosystems in Europe 2: atmospheric deposition and its impacts on soil solution chemistry. *Forest Ecology and Management*, 174: 97-115.
- [9]. Lovett, G.M., and Lindberg, S.E. (1984). Dry deposition and canopy exchange in a mixed oak forest as determined by analysis of throughfall. *Journal of Applied Ecology*, 21: 1013-1027.
- [10]. Draaijers, G.P.J., Erisman, J.W., Van Leeuwen, N.F.M., Romer, F.G., Winkel, B.H., Veltkamp, A.C., Vermeulen, A.T., and Wyers, G.P. (1997). The impact of canopy exchange on differences observed between atmospheric deposition and throughfall fluxes. *Atmospheric Environment*, 31: 387-397.
- [11]. Morris, D.M., Gordon, A.G., and Gordon, A.M. (2003). Patterns of canopy interception and throughfall along a topographic sequence for black spruce dominated forest ecosystems in northwestern Ontario. *Canadian Journal of Forest Research*, 33: 1046-1060.
- [12]. Andersen, H.V., and Hovmand, M.F. (1999). Review of dry deposition measurements of ammonia and nitric acid to forest. *Forest Ecology and Management*, 114: 5-18.
- [13]. Zhou, L., Zhou, X., Zhang, B., Lu, M., Luo, Y., Liu, L., and Li, B. (2014). Different responses of soil respiration and its components to nitrogen addition among biomes: a meta-analysis. *Global Change Biology*, 20(7): 2332-2343.
- [14]. Odiwe, A.I., and Muoghalu, J.I. (2003). Litterfall dynamics and forest floor litter as influenced by fire in a secondary lowland rain forest in Nigeria. *Tropical Ecology*, 44: 243-251.

- [15]. Novák, J., Dušek, D., and Slodičák, M. (2014). Quantity and quality of litterfall in young oak stands. *Journal of Forest Science*, 60(6): 219-225.
- [16]. Liu, S., Riekerk, H., and Gholz, H.L. (1997). Leaf litterfall, leaf area index, and radiation transmittance in cypress wetlands and slash pine plantations in north-central Florida. *Wetlands Ecology Management*, 4: 257-271.
- [17]. Winkler, R., Boon, S., Zimonick, B., and Baleshta, K. (2010). Assessing the effects of post pine beetle forest litter on snow albedo. *Hydrological Processes*, 24: 803-812.
- [18]. Knoepp, J.D., See, C.R., Vose, J.M., Miniati, G.F., and Clark, J.S. (2018). Total C and N pools and fluxes vary with time, soil temperature, and moisture along an elevation, precipitation, and vegetation gradient in southern Appalachian forests. *Ecosystems*, 21(8): 1623-1638.
- [19]. Anonymous, (2011). Booklet of Mahdasht and Afrarakht forest plan. Wood and Paper in Mazandaran (Sari).
- [20]. Hosseini Ghaleh Bahmani, S. M., Attarod, P., Mervi Mohajer, M. R., Etemad, V., Ahmadi, M. T., and Fathi, J. (2011). The effect of canopy of Oak forest (*Quercus castaneifolia*) on rain distribution in summer. *Forest and Wood Products (Iranian Natural Resources)*, 64(2): 141-153.
- [21]. Ahmadi, M.T., Attarod, P., Marvi Mohadjer, M.R., Rahmani, R., and Fathi, J. (2009). Partitioning rainfall into throughfall, stemflow, and interception loss in oriental beech forest during the growing season. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33: 557-568.
- [22]. Bagheri, H., Attarod, P., Hosseini, S.M., Ghaleh Bahmani, M., Bayramzadeh, V., and Pouladian, M. (2011). Seasonal changes in rainfall redistribution by *Pinus eldarica* in an arid zone afforestation of Iran. *Research Journal of Forest Science and Engineering*, 1(1): 13-23.
- [23]. Hojjati, S.M., Hagen-Thorn, A., and Lamersdorf, N.P. (2009). Canopy composition as a measure to identify patterns of nutrient input in a mixed European beech and Norway spruce forest in central Europe. *European Journal of Forest Research*, 128: 13-25.
- [24]. Jaafarian Haghighi, M. (2002). Soil analysis methods. Neda Zaha Publications, 195 p.
- [25]. Ghorbani, H., and Rahmani, R. (2017). Seasonal and periodic variability of stemflow, throughfall, and interception loss of Oriental beech stands in Shast-Kalate forest. *Iranian Forest*, 9(4): 540-527.
- [26]. Tafazoli, M., Attarod, P., Hojjati, S.M., and Tafazoli, M. (2015). Rainfall interception by *Quercus castaneifolia*, *Acer velutium*, and *Pinus brutia* plantations within the growing season in Darabkola Forest of Mazandaran Province. *Forest and Poplar Research Journal*, 23(1): 1-12.
- [27]. Abbasian, P., Attarod, P., Hojjati, S.M., and Sadeghi, S.M.M. (2015). Dynamics of chemical compositions of throughfall in a natural forest of *Fagus orientalis* and a *Picea abies* plantation in the leafed period. *Iranian Forest*, 7(2):167-177.
- [28]. Salehi, M., Amiri, G.Z., Attarod, P., Salehi, A., Brunner, I., Schleppe, P., and Thimonier, A. (2016). Seasonal variations of throughfall chemistry in pure and mixed stands of Oriental beech (*Fagus orientalis*) in Hyrcanian forests (Iran). *Annals of Forest Science*, 73(2): 371-380.
- [29]. Roelofs, J.G.M., Kempers, A.J., Houdijk, A.F., and Jansen, J. (1985). The effect of air-borne ammonium sulphate on *Pinus nigra* var. *maritima* in the Netherlands. *Plant and Soil*, 84(1): 45-56.
- [30]. Lee, D.S., and Longhurst, A. (1992). A comparison between wet and bulk deposition at an urban site in the UK. *Water Air and Soil Pollution*, (64): 635-48.
- [31]. Gautam, M.K., Lee, K.S., and B.Y. Song. (2017). Deposition pattern and through fall fluxes in secondary cool temperate forest, South Korea. *Atmospheric Environment*, 161: 71-81.
- [32]. Houle, D., Ouimet, R., Paquin, R., and Laflamme, J.G. (1999). Interactions of atmospheric deposition with a mixed hardwood and a coniferous forest canopy at the Lake Clair Watershed (Duchesnay, Quebec). *Canadian Journal of Forest Research*, 29: 1944-1957.
- [33]. Kristensen, H.L., Gundersen, P., Callesen, I., and Reinds, G.J. (2004). Throughfall nitrogen deposition has different impacts on soil solution nitrate concentration in European coniferous and deciduous forests. *Ecosystem*, 7: 180-192.

- [34]. Tafazoli, M., Attarod, P., Hojjati, S.M., and Tafazoli, M. (2019). Throughfall Chemistry of Persian Maple (*Acer velutinim*) and Turkish Pine (*Pinus brutia*) Plantations in East of Mazandaran. *Ecology of Iranian Forests*, 7 (14): 39-47.
- [35]. Potter, C.S., Ragsdale, H.L., and Swank, W.T. (1991). Atmospheric deposition and foliar leaching in a regenerating southern Appalachian forest canopy. *The Journal of Ecology*, 97-115.
- [36]. De Schrijver, A., Staelens, J., Wuyts, K., Van Hoydonck, G., Janssen, N., Mertens, J., Gielis, L., Geudens, G., Augusto, L., and Verheyen, K. (2008). Effect of vegetation type on throughfall deposition and seepage flux. *Environmental Pollution*, 153: 295-303.
- [37]. Stachurski, A., and Zimka, J.R. (2002). Atmospheric deposition and ionic interactions within a beech canopy in the Karkonosze Mountains. *Environmental Pollution*, 118(1): 75-87.
- [38]. Yi, M.J., Son, Y., Jin, H.O., Park, I.H., Kim, D.Y., Kim, Y.S., and Shin, D.M. (2005). Belowground carbon allocation of natural *Quercus mangolica* forests estimated from litterfall and soil respiration measurements. *Korean Journal Agriculture for Meteorology*, 7: 227-234.
- [39]. Mun, H.T., Kim, S.J., and Shin, C.H. (2007). Litter production and nutrient contents of litterfall in oak and pine forests at Mt. Worak National Park. *Journal of Ecology and Environment*, 30 (1): 63-68.
- [40]. Kim, C. (2006). Soil carbon cycling and soil CO₂ efflux in a red pine (*Pinus densiflora*) stand. *Ecology Field Biology*, 29: 23-27.
- [41]. Gholz, H.L., Perry, C.S., Cropper, W.P., and Hendry, L.C. (1985). Litterfall decomposition, and nitrogen and phosphorus dynamics in a chrono sequence of Slash pine (*Pinus elliptica*) plantation. *Forest Science*, 31: 463-478.
- [42]. Hashemi, F.S., Hojjati, S.M., and Hosseini Nasr, S.M. (2012). Soil chemical properties, amount of litterfall and nutrients recycling into Caucasian elm, maple and ash plantation stands at Darabkola Experimental Forest Station. *Forest and Poplar Research*, 20(4): 645-655.
- [43]. Haghverdi, K., Tarighat, F.S., Kooch, Y. (2018). Litter fall quality and soil labile organic matter fractions in reclaimed forest areas of Caspian region. *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 25 (2): 51-64.
- [44]. Mun, H.T., and Kim, J.H. (1992). Litterfall, decomposition and nutrient dynamics of litter in red pine (*Pinus densiflora*) and Chines Thuja (*Thuja orientalis*) stands in the limestone area. *Korean Journal Ecology*, 15: 147-155.
- [45]. Michopoulos, P., Kaoukis, K., Karetos, G., Grigoratos, T., and Samara, C. (2019). Nutrients in litterfall, forest floor and mineral soils in two adjacent forest ecosystems in Greece. *Journal of Forestry Research*, pp.1-11.

Comparison changes of chemical elements of throughfall and litterfall in oak (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey) and pine (*Pinus radiata* D. Don) plantations

Azam Sadat Nouraei; Ph.D., Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran.

Hamid Jalilvand*; Prof., Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran.

Seyed Mohammad Hojjati; Assoc. Prof., Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran.

Seyed Jalil Alavi; Assoc. Prof., Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran.

(Received: 08 April 2020, Accepted: 02 July 2020)

ABSTRACT

Nutrients in aboveground biomass return to soil through throughfall and litterfall. The present study was carried out to investigate the seasonal variation concentration and input of chemical throughfall and litterfall nutrients in oak (*Quercus castaneifolia*) and pine (*Pinus radiata*) plantations. For the sampling of canopy throughfall, 36 collectors were installed at fixed positions in the forest floor. Throughfall samples were measured seasonally (autumn, winter, spring, summer) for pH, EC, potassium, nitrate, phosphate and ammonium. Litterfall and the soil litter layer were analyzed seasonally (autumn, winter, spring, summer) for N, phosphorus, potassium and carbon. The highest amount of throughfall was in winter and the lowest were in summer. The concentrations of ammonium, potassium and phosphorus were generally higher in the growing season than in the dormant season ($p < 0.05$). The lower amount of these nutrients was in the winter. The concentration of nitrogen was significantly higher in throughfall of both stands in summer. In relation to the nutrient inputs by throughfall and litterfall in the oak was higher than the pine ($p < 0.05$). The results of this study showed that the type of tree species and changes of canopy cover and different seasons can change the chemical composition and amount of elemental inputs by throughfall and litterfall in forest ecosystem, and oak species show a greater tendency to return elements to the soil through throughfall and litterfall. This result could draw the attention of executive centers to the importance native species in the restoration and rebuilding of destroyed areas.

Keywords: Nutrient Returns, Throughfall, Plantation, Litterfall.

* Corresponding Author; Email: h.jalilvand@sanru.ac.ir, Tel: +989112140616