



تحلیل پویایی عناصر غذایی لاشبرگ در توده‌های خالص و آمیخته راش و ممرز (دارابکلای مازندران)

آتنا کیان‌مهر^{۱*}، سیدمحمد حجتی^۲، یحیی کوچ^۳، فرهاد قاسمی آقباش^۴

^۱ دانش‌آموخته دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری
^۲ دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری
^۳ استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
^۴ استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر

(تاریخ دریافت ۱۴۰۰/۶/۲۷؛ تاریخ پذیرش ۱۴۰۰/۱۰/۱۲)

چکیده

پویایی عناصر غذایی و بازگشت آنها به خاک از طریق لاشبرگ، از مهم‌ترین مسیرهای چرخه عناصر غذایی در بوم‌سازگان جنگلی است. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی پویایی عناصر غذایی در توده‌های خالص راش (*Fagus orientalis* Lipsky)، خالص ممرز (*Carpinus betulus* L.) و آمیخته راش-ممرز در جنگل آموزشی-پژوهشی دارابکلای ساری انجام گرفت. به این منظور در هر توده ده قطعه نمونه ۱۰۰۰ متر مربعی به صورت تصادفی اجرا و با برداشت قطر و ارتفاع درختان، آماره‌های توصیفی توده‌های مدنظر تعیین شد. سپس تله‌های لاشبرگ با ابعاد ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر برای اندازه‌گیری مقدار لاشه‌ریزی در واحد سطح و کیسه‌های لاشبرگ با ابعاد ۲۰ × ۲۰ سانتی‌متری (با روزنه دو میلی‌متری) با ده تکرار در توده‌ها به مدت ۳۶۰ روز نصب و در فواصل زمانی ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ روز غلظت عناصر نیتروژن، کربن، فسفر و پتاسیم لاشبرگ‌های کیسه‌ها اندازه‌گیری شد. براساس نتایج بیشترین لاشه‌ریزی برگ با ۱۸۱۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به ماه‌های آبان و آذر در توده راش بود. بیشترین ورودی عناصر تحت بررسی مربوط به توده خالص ممرز بود. روند پویایی عناصر فسفر، پتاسیم و کربن در توده‌های خالص و آمیخته، کاهش یافته و در انتهای دوره و در مورد نیتروژن افزایش یافته با کاهش در انتهای دوره بود. پویایی عناصر در توده آمیخته نوسان بیشتری نسبت به توده‌های خالص نشان داد. همچنین مشخص شد که روزهای ۲۰۰ تا ۳۰۰ پس از ریزش لاشبرگ محدوده زمانی مهمی در تغییرات اساسی روند پویایی عناصر غذایی لاشبرگ محسوب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پویایی عناصر غذایی، تله لاشبرگ، جنگل هیرکانی، کیسه لاشبرگ.

مقدمه

(2016). لاشه‌ریزی روی زمینی، مخزن اصلی عناصر غذایی در رویشگاه‌های جنگلی است (Smith et al., 2019). از طرفی، برای حفظ حاصلخیزی جنگل در درازمدت، حفظ سرمایه غذایی خاک ضروری است که این موضوع به وجود موازنه مثبت بین مواد غذایی ورودی و خروجی خاک بستگی دارد (Kianmehr et al., 2019). وضعیت تغذیه‌ای رویشگاه و چگونگی

در دسترس بودن عناصر غذایی در بوم‌سازگان‌های جنگلی به کارایی چرخه مجدد عناصر غذایی درون بوم‌سازگان بستگی دارد. در این چرخه بعد از تجزیه بافت‌های گیاهی، عناصر غذایی موجود در لاشبرگ مجدداً به خاک برمی‌گردند و پس از تجزیه و معدنی شدن آزاد می‌شوند (Ghasemi Aghbash et al.,

فرایند تجزیه هدایت کنند (Railoun et al., 2021). لاشبرگ‌های آمیخته از گونه‌های متفاوت، خصوصیات شیمیایی و فیزیکی مکانی را که تجزیه در آنجا اتفاق می‌افتد تغییر می‌دهند (Sirri et al., 2019). این تغییرات همچنین می‌تواند فراوانی و فعالیت تجزیه‌کننده‌ها را تحت تأثیر قرار دهد (Li et al., 2011). به هر حال پویایی عناصر یا تغییرات غلظت عناصر غذایی در طول زمان و نرخ تجزیه لاشبرگ در توده‌های آمیخته ممکن است با میانگین نرخ تجزیه برگ‌های خالص یکسان نباشد (Kianmehr et al., 2019). اهمیت این موضوع در مقدار مواد غذایی قابل جذب گیاهان و تعیین شدت رقابت ریشه‌ای برای جذب این عناصر، تعیین گونه‌های غالب و حد تنوع زیستی رویشگاه خواهد بود.

بررسی پویایی عناصر لاشبرگ و اثر خالص یا آمیخته بودن توده در پژوهش‌های انجام‌گرفته در جهان پیشینه طولانی دارد. از جمله Bohara et al. (2020) در پژوهش خود به بررسی تأثیرات ارتفاع از سطح دریا بر نرخ تجزیه و پویایی عناصر لاشبرگ در گرادیان ارتفاعی در ارتفاعات هیمالیا در کشور نپال پرداختند. نتایج پژوهش آنان نشان داد که با افزایش ارتفاع، نرخ تجزیه لاشبرگ کاهش می‌یابد که دلیل آن را کاهش دما و کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک بیان کردند. (Rawat et al., 2020) با بررسی تجزیه لاشبرگ در جنگل‌های هند، آزادسازی عناصر و تجزیه لاشبرگ در فصل زمستان را نسبت به فصول دیگر کمترین مقدار برآورد کردند. براساس نتایج بررسی (Railoun et al., 2021) در خصوص اثر آمیختگی بر پویایی عناصر لاشبرگ در جنگل‌های آفریقای جنوبی افزایش آمیختگی موجب افزایش تجزیه لاشبرگ و آزادسازی نیتروژن بیشتر می‌شود که خود غنای خاک و افزایش تنوع گیاهی زیراشکوب جنگل را در پی دارد. در ایران (Hojjati et al., 2015) با بررسی روند تجزیه لاشبرگ بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey.) و کاج تهران (*Pinus*

گردش عوامل تغذیه‌ای به‌صورت پایدار از عوامل مهم کیفی در توده جنگلی است. در این زمینه، شناخت ترکیب شیمیایی برگ درخت اهمیت ویژه‌ای دارد و می‌توان از آن برای پی بردن به وضعیت تغذیه‌ای و تشخیص کمبودها استفاده کرد (hashemi et al., 2012). براساس پژوهش‌ها، لاشبرگ شاخصی از سلامت و تعادل عناصر ضروری جنگل است و اختلالات بوم‌سازگان جنگل را منعکس می‌کند. دسترسی عناصر غذایی در این بوم‌سازگان به بازیابی مؤثر و کارآمد عناصر غذایی داخل رویشگاه وابسته است (Rawat et al., 2020; Ghasemi Aghbash et al., 2016). به‌طور کلی در حدود ۱۰ درصد تولید اولیه در جنگل‌ها توسط علفخواران مصرف می‌شود، درحالی که ۹۰ درصد باقی‌مانده شامل برگ، چوب، ریشه و دیگر قسمت‌های گیاه به‌صورت لاشریزه وارد چرخه تجزیه می‌شود. عناصر غذایی که توسط لاشبرگ به خاک راه می‌یابند، از طریق تجزیه و معدنی شدن توسط میکروارگانیسم‌های خاک بازیابی و مجدداً توسط پوشش گیاهی جذب می‌شوند. این فرایند توسط عواملی چون دما، رطوبت و ماهیت فیزیکی و شیمیایی لاشبرگ کنترل می‌شود. تاج-پوشش جنگل بر همه این عوامل تأثیر می‌گذارد و از این‌رو تأثیر زیادی بر چرخه عناصر غذایی دارد (Meyer et al., 2018).

در سال‌های اخیر محققان به‌طور خاص تأثیر متقابل لاشبرگ گونه‌های مختلف در طول فرایند تجزیه را بررسی کرده‌اند. این ایده که لاشبرگ‌ها ممکن است تأثیر متقابل داشته باشند توسط (Thomas 1968) مطرح شد. زمانی که لاشبرگ چند گونه در کنار هم قرار گیرد، الگوهای کاهش وزن، پویایی عناصر غذایی و جوامع تجزیه‌کننده آن درهم‌تنیده و پیچیده‌تر می‌شود (Rawat et al., 2020). فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی به‌صورت جداگانه یا در ارتباط با هم می‌توانند اثرهای متقابل میان لاشبرگ گونه‌های متفاوت را در طول

شده است؛ اما در پژوهش حاضر اثرهای خالص یا آمیخته بودن توده نیز بر پویایی عناصر غذایی لاشبرگ بررسی خواهد شد.

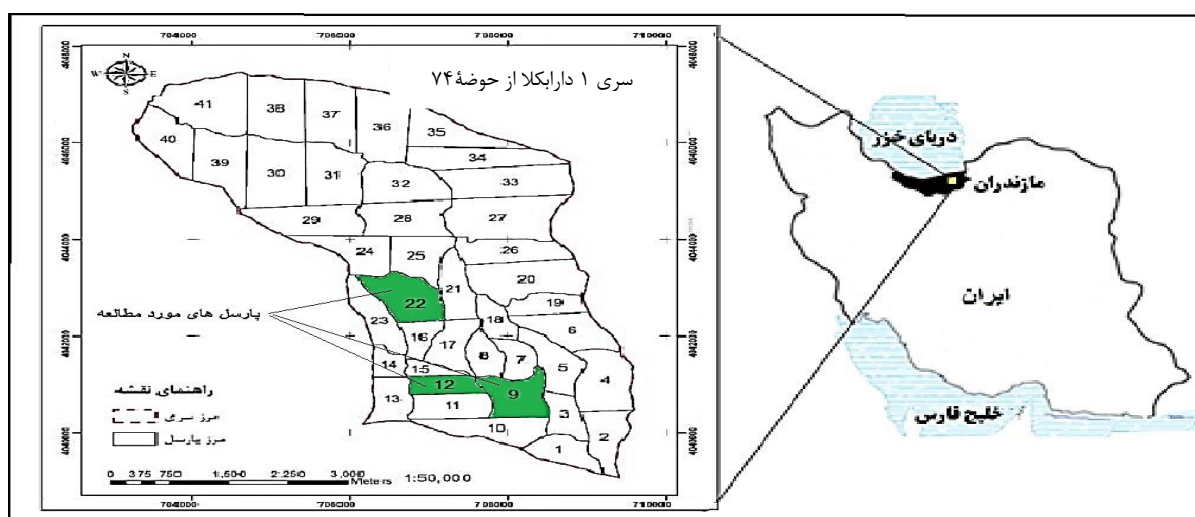
مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

پژوهش حاضر در سری یک از حوضه ۷۴ (جنگل دارابکلا) مازندران واقع در عرض جغرافیایی ۲۳° ۳۶' تا ۳۳° ۳۶' و طول جغرافیایی ۲۰° ۵۲' تا ۳۱° ۵۲' انجام گرفت (شکل ۱). مساحت سری ۲۶۱۲ هکتار است. این منطقه در محدوده ارتفاعی ۱۴۰ تا ۸۶۰ متر ارتفاع از سطح دریا واقع شده است، این سری اغلب دارای شیب ملایم و جهت شمالی است. متوسط بارش سالیانه منطقه ۷۵۰-۷۰۰ میلی‌متر است. براساس روش آمبرژه منطقه پژوهش دارای اقلیم سرد و مرطوب تا خیلی مرطوب است (Bahrami et al., 2018). از نظر زمین‌شناسی جنگل دارابکلا دارای سنگ‌های مادری آهکی و مارنی همراه با ماسه‌سنگ آهکی و بافت خاک آن غالباً سنگین و از کلاسه رسی-لومی تا رسی-سیلتی است (Zahriban et al., 2015).

(*eldarica M.*) در استان مازندران بیان کردند که پس از ۱۸۰ روز، سرعت تجزیه لاشبرگ هر گونه در رویشگاه اصلی افزایش می‌یابد. Ghasemi Aghbash et al. (2016) در پژوهشی در جنگل‌های بانه دریافتند که در لاشبرگ جنگل‌های زاگرس شمالی، غلظت فسفر و نیتروژن به ترتیب ۷/۲۷ و ۳۰/۳۸ میلی‌گرم بر گرم در طول زمان افزایش یافته است، اما عناصر کلسیم، پتاسیم و منیزیم با کاهش غلظت مواجه شده‌اند. نتایج کاربردی پژوهش Karimiyan et al. (2020) نشان‌دهنده تأثیر مثبت ترکیب‌های مختلف درختی در بهبود مشخصه‌های کیفی و سلامت و انباشتگی عناصر غذایی خاک است.

با توجه به اهمیت انکارناپذیر جنگل‌های هیرکانی به‌عنوان میراث جهانی یونسکو، اهمیت انکارناپذیر گونه‌های راش و ممرز در این جنگل‌ها و تأثیر پویایی عناصر غذایی لاشبرگ در تعیین سلامت و شادابی این جنگل‌ها، هدف پژوهش حاضر بررسی پویایی عناصر مغذی لاشبرگ توده‌های راش و ممرز در جنگل‌های مازندران است. در محدود پژوهش‌های گذشته اغلب در یک رویشگاه معین به بررسی این موضوع پرداخته



شکل ۱- موقعیت قطعات مورد بررسی بر روی نقشه

خالص (درصد ترکیب ۹۰ درصد) هستند. با توجه به اهداف تحقیق، محدوده پژوهش طوری انتخاب شد که توده‌ها از لحاظ مشخصات فیزیوگرافی شامل ارتفاع از

پژوهش حاضر در قطعات ۹، ۱۲ و ۲۲ انجام گرفت که به ترتیب شامل توده‌های راش خالص (درصد ترکیب ۹۰ درصد)، آمیخته (راش و ممرز) و ممرز

صورت یک‌جیبه (دولایه) برای بررسی لاشبرگ‌های انفرادی و دوجیبه (سه‌لایه) برای بررسی لاشبرگ‌های ترکیبی استفاده شدند (Sirri et al., 2019). نمونه‌ها پس از جمع‌آوری در دوره‌های پژوهش به آزمایشگاه منتقل و وزن‌تر آنها اندازه‌گیری شد، سپس نمونه‌ها در آن با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند تا به وزن ثابت برسند و پس از آن، وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد نمونه‌ها با آسیاب خرد شدند و غلظت عناصر غذایی لاشبرگ شامل کربن، نیتروژن، فسفر و پتاسیم در هر یک از این محدوده‌های زمانی اندازه‌گیری شد و در نهایت پویایی عناصر با توجه به تغییرات غلظت عناصر یادشده در دوره‌های زمانی ۶۰ روزه تعیین شد (Berg & McClougherty, 2008). به منظور برآورد مقدار تولید لاشریزه در هر یک از توده‌های جنگلی، تله‌های جمع‌آوری لاشریزه به ابعاد ۵۰×۵۰ سانتی‌متر در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر از سطح زمین در قسمت میانی هر قطعه نمونه برای مدت یک سال نصب شدند و مقدار لاشریزه جمع‌آوری و اندازه‌گیری شد و سپس برگ‌ها به‌عنوان جزء اصلی جداسازی شدند (Meyer et al., 2018). لاشبرگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. در مرحله بعد عناصر غذایی موجود در لاشبرگ اندازه‌گیری شد. با تعمیم وزن لاشبرگ تله‌ها به هکتار ریزش کل لاشبرگ، ورودی سالانه عناصر غذایی در دوره‌های تحت بررسی نیز محاسبه شد (Berg & McClougherty, 2008) (شکل ۲).

سطح دریا (۷۰۰-۶۰۰ متر)، درصد شیب (۲۰ درصد) و جهت عمومی دامنه (شمالی-جنوبی) دارای حداکثر همگنی باشند.

شیوه اجرای پژوهش

به منظور اجرای پژوهش حاضر، پس از جنگل‌گردشی و شناسایی میدانی مناطق، قطعه نمونه‌های دایره‌ای به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع با ده تکرار در هر توده به روش تصادفی با رعایت حداقل فاصله ۱۰۰ متر و اجتناب از اثرهای حاشیه‌ای مرزی جنگل پیاده‌سازی و قطر و ارتفاع همه درختان موجود در قطعات نمونه اندازه‌گیری شد. در مورد لاشبرگ گونه‌های راش و ممرز در اواخر فصل خزان از زیر تاج‌پوشش هر کدام از تیپ‌های خالص و آمیخته برداشت و پس از انتقال به آزمایشگاه، به منظور آگاهی از ترکیب شیمیایی و کیفیت اولیه لاشبرگ‌های توده‌های مختلف، از هر نمونه لاشبرگ، مقداری زیرنمونه انتخاب و در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شد و غلظت عناصر کربن، نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندازه‌گیری شد (Meyer et al., 2018). در ادامه کیسه‌های لاشبرگ با ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی‌متر و روزنه ۲ میلی‌متری در آذرماه با ده تکرار در قطعات نمونه بعد از کنار زدن لایه آلی روی خاک معدنی با میخ روی زمین نصب شده و به مدت یک سال در فواصل زمانی ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ روز (اسفند و فروردین، اردیبهشت و خرداد، تیر و مرداد، شهریور و مهر، آبان و آذر، دی و بهمن)، از شروع زمان انکوباسیون جمع‌آوری شدند (شکل ۲) (Smith et al., 2019). کیسه‌های لاشبرگ با توجه به اهداف پژوهش به دو



شکل ۲- نصب تله و کیسه‌های لاشبرگ در توده‌های تحت بررسی

نتایج

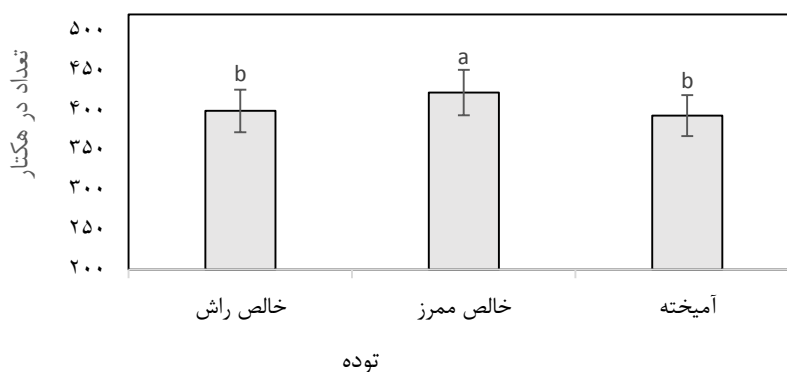
براساس نتایج، توده خالص ممرز با ۴۲۲ اصله در هکتار بیشترین تراکم را در بین توده‌ها به خود اختصاص داد و توده خالص راش و آمیخته به شکل - معنی داری تراکم کمتری نسبت به توده ممرز خالص داشتند (شکل ۳).

براساس نتایج آزمون تجزیه واریانس، بیشترین میانگین قطر، ارتفاع و درصد تاج پوشش درختان در بین توده‌های بررسی شده به ترتیب با ۷۴/۵۶ سانتی متر، ۲۹/۳۵ متر و ۹۲/۹۱ درصد مربوط به گونه راش در توده آمیخته است. کمترین درصد تاج پوشش مربوط به گونه ممرز در توده خالص، کمترین میانگین ارتفاع مربوط به راش و ممرز خالص و ممرز آمیخته و کمترین میانگین قطر نیز مربوط به توده آمیخته ممرز است (جدول ۱).

در این پژوهش غلظت کربن آلی لاشبرگ با روش احتراق خشک نمونه‌ها در کوره الکتریکی، غلظت فسفر با روش کالری متری، مقدار پتاسیم با روش نشر شعله‌ای و غلظت نیتروژن با روش هضم کج‌لدال اندازه‌گیری شد (Wahing et al., 1989; Ghazanshahi, 1998; Kianmehr et al., 2019).

روش تحلیل

نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها با آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و لون بررسی شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها، به منظور بررسی تفاوت غلظت عناصر غذایی لاشبرگ گونه‌های مختلف و آزادسازی آنها در زمان‌های مختلف، بین دو گونه از آزمون t مستقل و برای بیش از دو توده از آنالیز واریانس یکطرفه استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام گرفت. همه آزمون‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام پذیرفت.



شکل ۳- تراکم توده‌های تحت بررسی در منطقه پژوهش

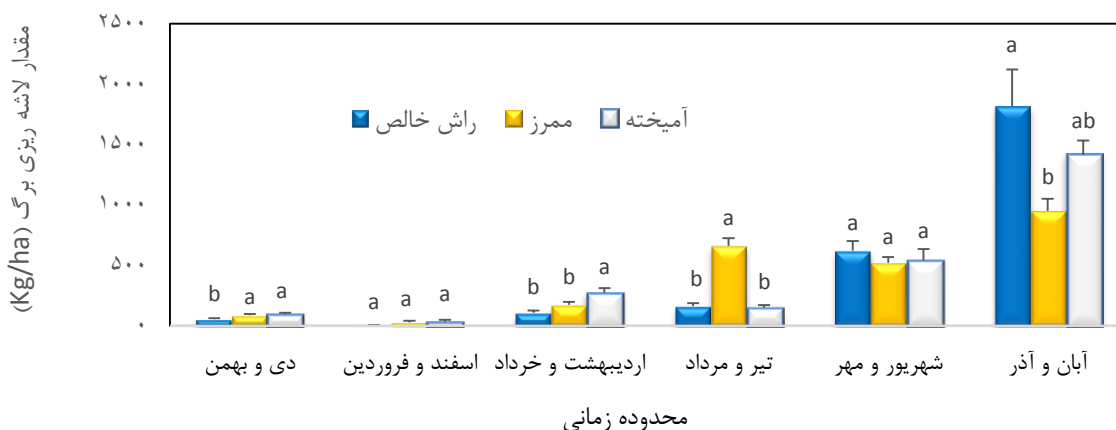
جدول ۱- میانگین (\pm اشتباه معیار) مشخصه‌های کمی درختان در توده‌های خالص و آمیخته

معنی داری	F	ممرز در توده آمیخته	راش در توده آمیخته	ممرز در توده خالص	راش در توده خالص	مشخصه
۰/۰۵*	۲/۶۵	۵۴/۱۴±۱۹/۴۲ ^b	۷۴/۵۶±۱۶/۹ ^a	۶۲/۸۰±۱۶/۷۳ ^{ab}	۶۳/۰۸±۵/۲۵ ^{ab}	قطر برابر سینه (cm)
۰/۰۰**	۶۹/۰۷	۲۵/۲۴±۶/۷۲ ^b	۲۹/۳۵±۵/۵۳ ^a	۲۴/۱۰±۳/۳۱ ^b	۲۵/۲۶±۵/۹۵ ^b	ارتفاع (m)
۰/۰۰**	۱۲۷/۷۴	۷۴/۲۷±۹/۹۳ ^c	۹۲/۹۱±۸/۷۰ ^a	۷۱/۶۷±۱/۲۵ ^d	۷۸/۷۳±۱/۴۷ ^b	درصد تاج پوشش

حروف متفاوت بیانگر اختلاف آماری معنی دار بین میانگین‌هاست. ** معنی دار در سطح ۰/۰۱، * معنی دار در سطح ۰/۰۵

محاسبه غلظت عناصر غذایی موجود در لاشبرگ گونه‌های تحت بررسی و تجزیه آماری آنها نشان داد که به جز پتاسیم، دیگر عناصر غذایی لاشبرگ تفاوت‌های معنی‌داری در بین توده‌های مختلف ندارند. بیشترین غلظت پتاسیم در توده خالص ممرز و کمترین غلظت در توده آمیخته دیده شد. همچنین تجزیه آماری همه عناصر غذایی ورودی اندازه‌گیری شده لاشبرگ شامل کربن، نیتروژن، فسفر و پتاسیم بیانگر تفاوت‌های معنی‌داری در بین توده‌هاست. بیشترین مقدار ورودی کربن، فسفر، پتاسیم و نیتروژن مربوط به توده خالص ممرز است. کمترین ورودی عناصر مربوط به توده آمیخته است و توده خالص راش حالت بینابینی را از نظر ورودی عناصر مختلف دارد (جدول ۳).

براساس نتایج، بیشترین ریزش لاشریزه در محدوده زمانی یکساله، مربوط به انتهای پاییز و ماه‌های آبان و آذر است. پس از آن بیشترین ریزش لاشریزه در ماه‌های شهریور و مهر اندازه‌گیری شد و ماه‌های دی و بهمن کمترین مقدار لاشریزه را به خود اختصاص دادند (شکل ۴). در ماه‌های آبان و آذر بیشترین لاشریزه برگ مربوط به توده‌های راش، آمیخته و ممرز است. در شهریور و مهر اختلاف معنی‌داری دیده نمی‌شود و در تیر و مرداد بیشترین لاشریزه مربوط به توده ممرز است. براساس نتایج، بین غلظت همه عناصر در توده راش و ممرز اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بیشترین غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم مربوط به لاشبرگ ممرز و بیشترین غلظت کربن مربوط به توده راش است (جدول ۲).



شکل ۴- میانگین مقدار لاشریزه برحسب کیلوگرم در هکتار در ترکیب‌های مختلف تاج‌پوشش در فواصل زمانی مختلف

جدول ۲- میانگین \pm اشتباه معیار ترکیب شیمیایی اولیه لاشبرگ گونه‌های تحت بررسی

معنی‌داری	t	ممرز	راش	نوع لاشبرگ
۰/۰۰**	-۱۱/۵۲	۱۰/۷۶ \pm ۰/۰۱ ^b	۱۰/۹۳ \pm ۰/۰۱ ^a	کربن (mg/g)
۰/۰۰**	-۱۷/۷۸	۳/۴۹ \pm ۰/۰۱ ^a	۳/۲۷ \pm ۰/۰۱ ^b	نیتروژن (mg/g)
۰/۰۰**	-۱۵/۶۵	۱/۹۸ \pm ۰/۰۲ ^a	۱/۷۴ \pm ۰/۰۱ ^b	فسفر (mg/g)
۰/۰۱**	۱۷/۰۰	۰/۶۱ \pm ۰/۰۲ ^a	۰/۴۴ \pm ۰/۰۱ ^b	پتاسیم (mg/g)

جدول ۳- میانگین \pm اشتباه معیار غلظت و محتوی ورودی سالانه عناصر لاشبرگ در ترکیب‌های مختلف توده جنگل (در هکتار)

معنی‌داری	F	ترکیب‌های توده			مشخصه
		آمیخته	ممرز خالص	راش خالص	
۰/۱۳ ^{ns}	۳/۲۳	۵۰/۱۱ \pm ۰/۱۵ ^a	۵۰/۶۱ \pm ۰/۲۵ ^a	۵۰/۱۱ \pm ۰/۱۴ ^a	کربن (درصد)
۰/۰۲*	۸/۱۲	۷۴۷۹۰/۰۵ \pm ۶۱۹۷/۰۷ ^b	۹۱۵۲۰/۲۸ \pm ۴۶۶۶/۱۳ ^a	۵۸۵۱۱/۴۳ \pm ۶۳۶۱/۲۷ ^{ab}	ورودی سالانه کربن (mg)
۰/۸۶ ^{ns}	۰/۱۴	۰/۳۲ \pm ۰/۰۲ ^a	۰/۳۳ \pm ۰/۰۳ ^a	۰/۳۱ \pm ۰/۰۱ ^a	نیتروژن (درصد)
۰/۰۲*	۴/۴۵	۴۶۲/۸۷ \pm ۳۹/۳۷ ^b	۶۰۵/۰۵ \pm ۸۲/۹۲ ^a	۳۶۱/۰۹ \pm ۴۱/۱۷ ^{ab}	ورودی سالانه نیتروژن (mg)
۰/۱۸ ^{ns}	۱/۸۲	۰/۰۶ \pm ۰/۰۱ ^a	۰/۰۹ \pm ۰/۰۱ ^a	۰/۰۶ \pm ۰/۰۰ ^a	فسفر (درصد)
۰/۰۲*	۴/۳۹	۱۰۰/۲۰ \pm ۱۷/۴۹ ^b	۱۷۹/۴۷ \pm ۳۱/۲۴ ^a	۸۷/۳۵ \pm ۲۰/۴۱ ^b	ورودی سالانه فسفر (mg)
۰/۰۴*	۳/۰۶	۰/۰۲ \pm ۰/۰۰ ^b	۰/۰۵ \pm ۰/۰۱ ^a	۰/۰۳ \pm ۰/۰۰ ^{ab}	پتاسیم (درصد)
۰/۰۱**	۵/۲۲	۴۴/۹۴ \pm ۶/۴۲ ^b	۸۸/۳۵ \pm ۱۸/۳۶ ^a	۴۰/۱۶ \pm ۵/۱۱ ^b	ورودی سالانه پتاسیم (mg)

جدول ۴- میانگین \pm اشتباه معیار نرخ تجزیه لاشبرگ در توده‌های مختلف

توده	راش خالص	ممرز خالص	راش آمیخته	ممرز آمیخته	دوجیبه راش آمیخته	دوجیبه ممرز آمیخته	F	مقدار معنی‌داری
۳۰۰	۱۹/۶۱ \pm ۱/۵۷ ^b	۳۳/۸۴ \pm ۲/۷۸ ^a	۲۳/۸۱ \pm ۲/۷۶ ^b	۳۲/۹۰ \pm ۲/۷۳ ^a	۱۷/۰۰ \pm ۱/۵۳ ^b	۸۶/۱۱ \pm ۲/۶۱ ^a	۱۰/۳۵	*

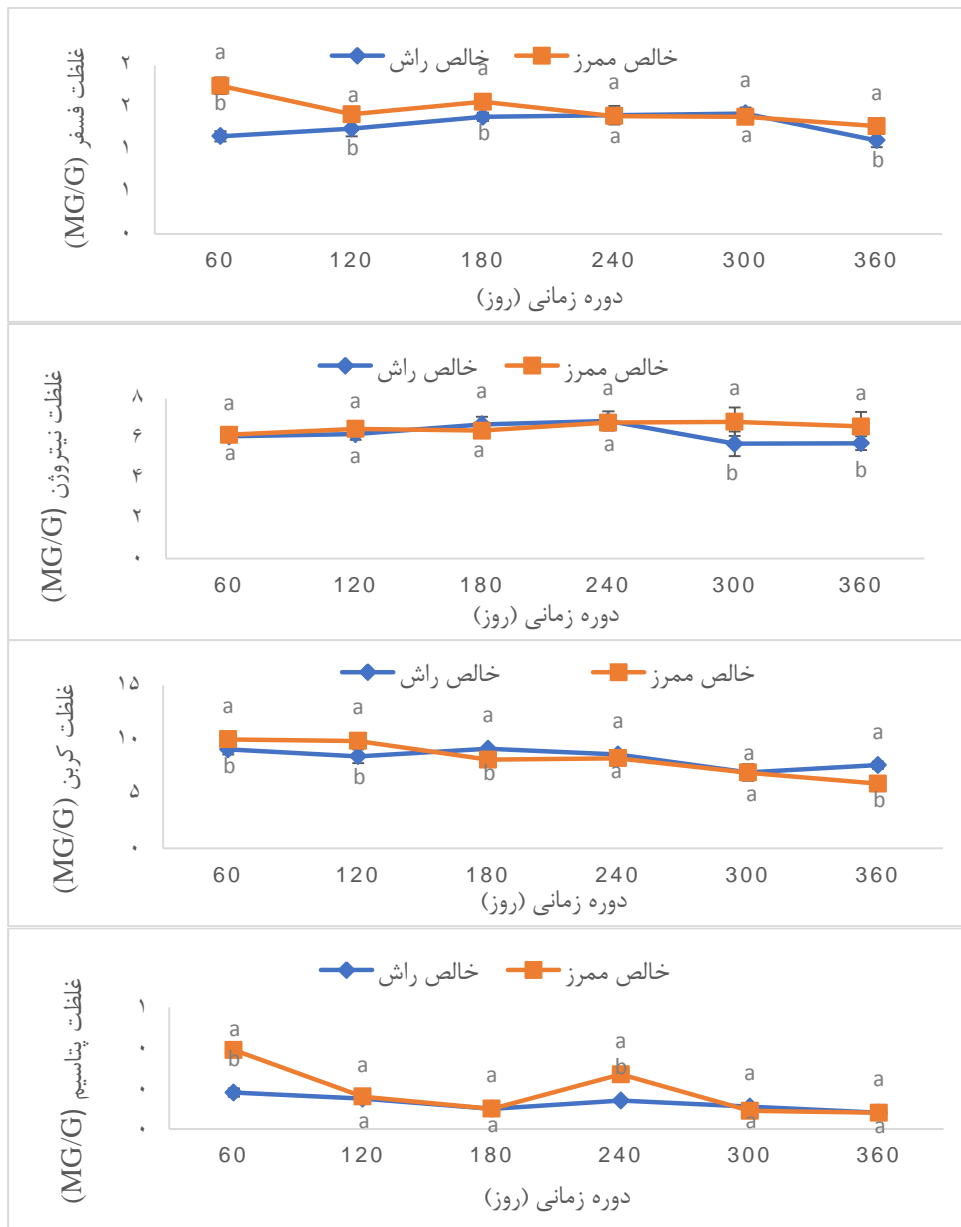
نرخ تجزیه لاشبرگ‌ها

مقایسه نرخ تجزیه لاشبرگ‌ها در رویشگاه‌های مختلف نشان داد که لاشبرگ‌های ممرز در توده خالص، ممرز در توده آمیخته و لاشبرگ دوجیبه ممرز در توده آمیخته دارای نرخ تجزیه بیشتری نسبت به لاشبرگ‌های راش در توده خالص، راش در توده آمیخته و دوجیبه راش در توده آمیخته بوده است (جدول ۴).

پویایی عناصر در توده‌های خالص

براساس نتایج، روند تغییرات غلظت کربن در هر دو توده خالص ممرز و خالص راش کاهش بود و در روز ۳۰۰ به کمترین مقدار خود رسید. همچنین بررسی پویایی نیتروژن لاشبرگ در توده‌های خالص راش و خالص ممرز نشان داد که در روزهای ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ اختلافی در غلظت نیتروژن لاشبرگ دیده نمی-

شود. در روزهای ۳۰۰ و ۳۶۰ پویایی نیتروژن لاشبرگ ممرز در توده خالص ممرز بیشتر از لاشبرگ راش در توده خالص راش بود. پویایی فسفر لاشبرگ ممرز همانند لاشبرگ راش در طول زمان روند کاهشی داشته و در پایان دوره به کمترین مقدار رسیده است. روند کاهشی فسفر لاشبرگ غیر از روزهای ۲۴۰ و ۳۰۰ در بقیه زمان‌ها در بین توده‌ها دارای اختلاف معنی‌دار است. لاشبرگ ممرز در توده خالص ممرز در روزهای ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۳۶۰ پویایی فسفر بیشتری نسبت به لاشبرگ راش در توده خالص راش دارد. آزادسازی پتاسیم در کل دوره دارای روند کاهشی است، به طوری که در پایان دوره به کمترین مقدار رسید. شایان ذکر است که در هر دو توده خالص راش و خالص ممرز، غلظت پتاسیم در روز ۲۴۰ اندکی افزایش و سپس کاهش یافت (شکل ۵).



شکل ۵- پویایی کربن، نیتروژن، فسفر و پتاسیم لاشبرگ توده‌های راش و ممرز در دوره بررسی یکساله

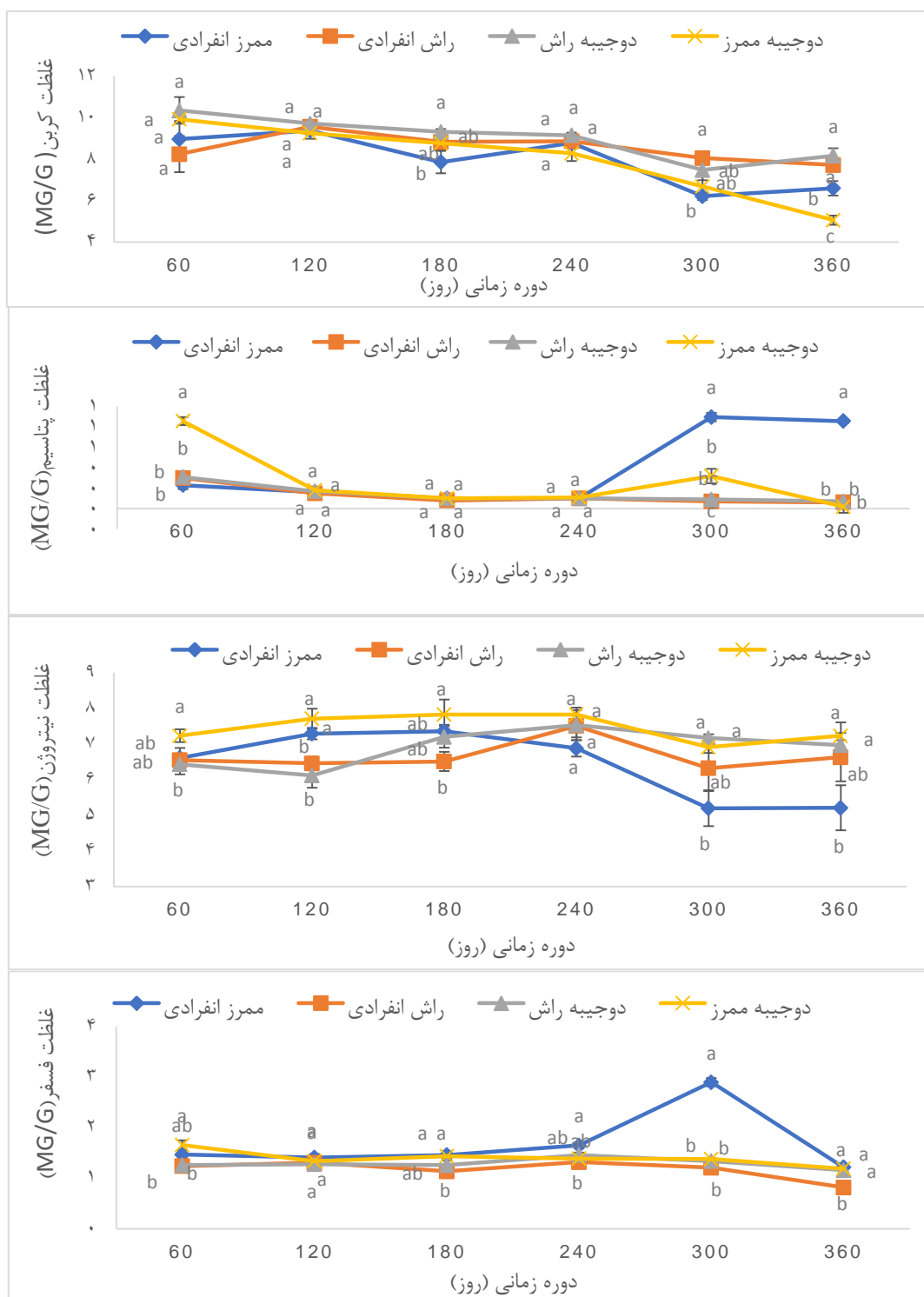
پویایی عناصر در توده‌های آمیخته

براساس نتایج، پویایی کربن در همه لاشبرگ‌های بررسی شده در توده آمیخته روند کاهشی دارد. غلظت کربن لاشبرگ با روند ملایمی در طول دوره نصب کاهش یافت و در پایان دوره به کمترین مقدار خود رسید. پویایی کربن لاشبرگ در روزهای ۶۰، ۱۲۰ و ۲۴۰ در بین ترکیب‌های مختلف لاشبرگ تفاوت آماری معنی‌داری نداشت. در روز ۱۸۰ بیشترین پویایی کربن در لاشبرگ‌های دوجیبه راش و کمترین مقدار آن در

لاشبرگ‌های دوجیبه ممرز مشاهده شد و لاشبرگ‌های انفرادی راش و ممرز حد واسط پویایی کربن را نشان دادند. همچنین روند تغییرات در غلظت نیتروژن لاشبرگ در توده آمیخته به‌جز دوجیبه راش با توجه به الگوی عمومی تغییرات نیتروژن با گذشت زمان همانند توده خالص افزایش و سپس کاهش یافت. در ابتدای دوره بیشترین مقدار فسفر در لاشبرگ دوجیبه ممرز و کمترین مقدار آن در لاشبرگ‌های دوجیبه راش و راش انفرادی دیده شد و در روز ۳۰۰ لاشبرگ ممرز انفرادی

دوجیبه راش، راش انفرادی و ممرز انفرادی نشان داد. در نهایت در روز ۳۶۰ لاشبرگ‌های راش انفرادی، دوجیبه ممرز و دوجیبه راش پویایی پتاسیم کمتری از ممرز انفرادی داشتند (شکل ۶).

پویایی فسفر بیشتری از لاشبرگ‌های راش انفرادی، دوجیبه راش و دوجیبه ممرز داشت. در اولین مرحله برداشت لاشبرگ (۶۰ روز) لاشبرگ‌های دوجیبه ممرز بیشترین پویایی پتاسیم را نسبت به لاشبرگ‌های



شکل ۶- پویایی کربن، نیتروژن، فسفر و پتاسیم لاشبرگ توده‌های آمیخته در دوره بررسی یکساله

بحث

ترکیب لیگنین و نیتروژن اعلام کردند که در حالت اخیر لیگنین از نیتروژن محافظت می‌کند و آن را از آسیب تجزیه‌کنندگان محفوظ می‌دارد. Sirri et al. (2019) بیان کردند که تجزیه سریع اولیه لاشبرگ، غلظت نیتروژن را افزایش می‌دهد همچنین از رشد بسیاری از قارچ‌های تجزیه‌کننده لیگنین جلوگیری می‌کند که در این پژوهش این فرایند رخ داده است. نرخ تجزیه بیشتر موجب افزایش بیشتر غلظت نیتروژن در هر واحد کاهش وزن می‌شود (Gautam et al., 2017). در طی فرایند تجزیه، غلظت لیگنین و نیتروژن افزایش می‌یابد که پدیده‌ای کلی در تجزیه محسوب می‌شود. دلیل تأکید بر محتوای نیتروژن تأثیر زیاد نیتروژن در تجزیه لیگنین و تشکیل هوموس در خاک است Berg & McClougherty (2008). البته در این زمینه Swift et al. (1979) نظر متفاوتی دارند؛ بدین صورت که در ابتدای فرایند تجزیه، میکروارگانیسم‌ها برای تجزیه سریع اجزای ناپایدار لاشبرگ، به غلظت‌های زیاد نیتروژن احتیاج دارند که این مسئله به کاهش غلظت نیتروژن در شروع تجزیه می‌انجامد (Sirri et al., 2019). در این پژوهش نیز پویایی نیتروژن راش در توده آمیخته ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت که کم بودن غلظت اولیه نیتروژن راش نیز بر آن مؤثر بوده است.

براساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر، در بیشتر توده‌ها غلظت فسفر در طول زمان کاهش البته لاشبرگ راش در توده خالص قبل از کاهش اندکی افزایش در غلظت داشت. عناصر معدنی لاشبرگ به‌طور معمول با کاهش غلظت مواجه می‌شوند، به‌طوری که این مسئله به‌وفور در مورد پتاسیم و منیزیم مشاهده می‌شود (Rawat et al., 2020). پتاسیم لاشبرگ که محلول در آب است، به‌آسانی از لاشبرگ آبشویی می‌شود (Smith et al., 2019). غیر از لاشبرگ‌های انفرادی راش و ممرز در توده آمیخته که نشان‌دهنده افزایش غلظت پتاسیم است، در بقیه موارد شامل توده‌های خالص و آمیخته راش و ممرز و

پویایی عناصر غذایی در تجزیه لاشبرگ اغلب به‌دلیل ارتباط با چرخه عناصر غذایی در بوم‌سازگان‌ها بررسی می‌شود (Sirri et al., 2019). با توجه به اینکه پویایی عناصر غذایی کل فرایند تجزیه از تجزیه لاشبرگ تازه تا مرحله هوموس را در بر می‌گیرد و تجزیه لاشبرگ در چرخه کربن و پویایی عناصر غذایی خاک همه بوم‌سازگان‌های جهان تأثیر اساسی دارد (ghasemi aghbash & bwyranvand, 2021)، در این پژوهش، پویایی ترکیبات شیمیایی چون کربن، نیتروژن، فسفر و پتاسیم در لاشبرگ‌های انفرادی و ترکیبی در موقعیت‌های مختلف بررسی شد. مطابق نتایج پژوهش، پویایی عناصر کربن، نیتروژن، فسفر و پتاسیم در توده خالص ممرز بیشتر از توده خالص راش است که با توجه به سرشت اکولوژیکی گونه ممرز، برگ‌های ظریف‌تر و تجزیه سریع‌تر آن نسبت به لاشبرگ راش توجیه‌پذیر است (Marvie Mohadjer, 2011). به‌علاوه درصد تاج‌پوشش در توده خالص ممرز به‌طور معنی‌داری کمتر از توده خالص راش است که همین عامل سبب افزایش نور دریافتی در کف جنگل شده و بر روند تجزیه لاشبرگ تأثیرگذار بوده است (Gautam et al., et al., 2019). بررسی پویایی نیتروژن لاشبرگ گونه‌های راش و ممرز نشان داد که غلظت این عنصر ابتدا تا حدی افزایش و سپس کاهش می‌یابد که ممکن است دلایل گوناگونی داشته باشد. پندی و همکاران در سال ۲۰۰۷ دلایل افزایش غلظت‌های نیتروژن و فسفر را در اثر تثبیت میکروبی، ورود از طریق ته‌نشست جوی و تثبیت آن ذکر کرده‌اند. Bo et al. (2006) نیز دلیل این افزایش را ناشی از فعالیت میکروارگانیسم‌هایی دانستند که از لاشبرگ‌ها تغذیه می‌کنند؛ اما Dinka et al. (2004) نظر متفاوتی داشتند، آنها دلیل افزایش غلظت نیتروژن را ناشی از جذب آن از آب اطراف لاشبرگ توسط میکروارگانیسم‌های تغذیه‌کننده از لاشبرگ یا در اثر

کمتر این گونه به تغییرات شرایط محیطی و زادآوری موفق این گونه مرتبط دانست (Amanzadeh et al., 2015). همچنین میانگین قطر راش در توده آمیخته بیشتر از توده‌های دیگر بوده است. این نتیجه با توجه به اینکه تعداد پایه در پلات در توده راش کمتر و فضای عرصه باز است و نور بیشتری به عرصه می‌رسد توجیه‌پذیر است. در توده آمیخته میانگین ارتفاع راش (۲/۵) متر بیشتر از میانگین ارتفاع ممرز است. به عبارت دیگر راش در اشکوب بالاتری نسبت به ممرز قرار داشته است در نتیجه در توده آمیخته درختان اشکوب بالاتر، رویش قطری سریع‌تری نسبت به توده‌های خالص خواهند داشت (Railoun et al., 2021). همچنین راش در توده آمیخته بیشترین تاج‌پوشش را به خود اختصاص داده که به دلیل حضور این گونه در اشکوب بالا و امکان گسترش تاج برای این گونه است (Akhavan et al., 2010).

براساس نتایج بیشترین غلظت اولیه نیتروژن، فسفر و پتاسیم مربوط به لاشبرگ ممرز و بیشترین غلظت کربن مربوط به گونه راش است. همچنین بیشترین مقدار ورودی کربن، فسفر، پتاسیم و نیتروژن مربوط به توده خالص ممرز است. کمترین ورودی عناصر مربوط به توده آمیخته است و توده خالص راش حالت بینابینی را از نظر ورودی عناصر مختلف دارد. با توجه به سرعت بیشتر تجزیه لاشبرگ گونه ممرز نسبت به راش، آزادسازی عناصر در لاشبرگ این گونه بیشتر است و با وجود بیشتر بودن غلظت اولیه کربن در لاشبرگ راش، مقدار ورودی عناصر توده ممرز از دو توده دیگر بیشتر است. همچنین کمتر بودن درصد تاج‌پوشش توده ممرز نسبت به دو توده دیگر با افزایش نور ورودی و دمای خاک، فعالیت میکروارگانیسم‌ها را تشدید می‌کند که موجب افزایش ورودی عناصر غذایی توده ممرز نسبت به دو توده دیگر شده است (Kooch & Bayranvand, 2017).

براساس نتایج، بیشترین ریزش لاشبرگ در محدوده زمانی یکساله، در توده‌های خالص و آمیخته مربوط به انتهای پاییز و ماه‌های آبان و آذر است. در

دوحیه‌های راش-ممرز، غلظت پتاسیم در طول پژوهش کاهش یافت. این کاهش غلظت که مطابق با یافته‌های (Corrigan 2008) است، نشان‌دهنده تسهیل در انتقال این عناصر از لاشبرگ بوده و مؤید این است که زمان ماندگاری این عناصر در لاشبرگ-های در حال تجزیه اندک است. کاهش این عنصر محدود به فعالیت‌های میکروبی نمی‌شوند، بلکه به‌عنوان یون‌های محلول به داخل خاک آزاد می‌شود (Ghasemi Aghbash et al., 2016). پتاسیم برخلاف نیتروژن با ترکیبات پیچیده آلی هیچ پیوندی برقرار نمی‌کند (Meyer et al., 2018). همچنین پتاسیم عنصر سازنده ساختار سلولی نیست و اغلب به‌صورت نمک قابل حل در پروتوپلاسم سلول‌های گیاهی وجود دارد و آبشویی آن از لاشبرگ زیاد است. Berg & McClougherty (2008) لاشبرگ‌هایی با سطوح پایین پتاسیم (در حدود mg/g ۰/۳)، همانند سوزن‌های نوئل، افزایش غلظت پتاسیم خیلی دیرتر رخ می‌دهد و در لاشبرگ‌هایی که غلظت اولیه پتاسیم در آنها زیاد است (مانند توس و بلوط)، روند نزولی مستمری در غلظت، در کل فرایند تجزیه مشاهده می‌شود. در مجموع بیشترین تغییر در غلظت عناصر در روزهای ۲۰۰ تا ۳۰۰ پس از نصب اتفاق افتاده که افزایش نرخ تجزیه در این محدوده زمانی و آزادسازی عناصر را نشان می‌دهد.

با توجه به برنامه‌ریزی‌های صورت‌گرفته برای سری ۱ دارابکلا از سال ۱۳۶۵ طرح تهیه شده که در ابتدا به‌صورت پناهی مدیریت شد و سپس به‌صورت دوره-های ده‌ساله در قالب طرح‌های تجدید نظر با برش تک‌گزینی و لکه‌ای تا سال ۱۳۹۵ ادامه داشت و در طی دوره‌های ده‌ساله دوم و سوم تا سال ۱۳۹۵ در مجموع ۴۰۲۷۴ متر مکعب برداشت از توده‌ها پیش-بینی شد. تأثیر توده‌های مختلف (راش خالص، ممرز خالص و آمیخته راش و ممرز) بر پویایی عناصر غذایی می‌تواند تعیین‌کننده باشد. بیشترین تراکم مربوط به توده ممرز است که دلیل آن را می‌توان حساسیت

عناصر فسفر، پتاسیم و کربن در توده‌های مختلف خالص و آمیخته، کاهنده با افزایش جزئی در انتهای دوره و در مورد نیتروژن افزایشدهنده با کاهش در انتهای دوره برآورد شد. همچنین روزهای ۲۰۰ تا ۳۰۰ پس از ریزش لاشبرگ محدوده مهمی در تغییرات اساسی غلظت عناصر غذایی لاشبرگ گونه‌های تحت بررسی محسوب می‌شود، زیرا در این محدوده زمانی غلظت بیشتر عناصر غذایی لاشبرگ کاهش چشمگیری می‌یابد که ممکن است ناشی از افزایش پوسیدگی و آزادسازی عناصر در این محدوده زمانی باشد.

انتهای فصل خزان بیشترین ریزش لاشبرگ در جنگل اتفاق می‌افتد که در تحقیقات متعددی از جمله Sirri et al. (2019) به آن اشاره شده است. بیشترین مقدار لاشبرگ در این زمان با ۱۸۱۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به گونه راش است که دلیل آن را می‌توان گستره تاج پوشش و زیاد بودن شاخص سطح برگ این گونه دانست (Noraiy et al., 2021).

نتیجه گیری

در نهایت می‌توان گفت با وجود الگوهای متنوع در پویایی عناصر غذایی مختلف در مجموع، پویایی

References

- Akhavan, R., Sagheb-Talebi, Kh., Hassani, M., & Parhizkar, P. (2010). Application of bivariate Ripley's K-function for studying competition and spatial association of trees (Case study: intact Oriental beech stands in Kelerdasht). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(4), 632-643.
- Amanzadeh, B., Pourmajidian, M., Sagheb Talebi, K., & Hojjati, S. (2015). Spatial Pattern, competition and spatial association of trees in Mixed Hornbeam Stands using univariate and bivariate Ripley's K-function (case study: Reserve area, district 3 of Asalem forests). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(1), 37-52.
- Bahrami, V., Fallah, A., & Khorrami, R.A. (2018). Comparison of WORLD VIEW-2, PLEIDES-2 and IRS LISSIII satellites capability for estimating stand volume of forest (case study: Darabkola Experimental Forest). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 24(4), 131-146.
- Berg, B., & McClaugherty, C. (2008). *Plant litter: Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag Press.
- Bo, L., Qing, L., Yanl, W.U., & Hail, H.E. (2006). Nutrient and Litter Patterns in Three Subalpine Coniferous Forests of Western Sichuan, China. *Pedosphere*, 16, 380-389.
- Bohara, M., Acharya, K., Perveen, S., Manevski, K., Hu, C.S., Yadav, R.K.P., Shrestha, K., & Li, X.X. (2020). In situ litter decomposition and nutrient release from forest trees along an elevation gradient in Central Himalaya. *CATENA*, 194, 104-114.
- Corrigan, C. (2008). *The Decomposition of Leaf Litter in Litter Traps: Implications on Forest Biogeochemical Cycling*. A thesis presented to the University of Waterloo in fulfillment of the thesis Requirement for the Degree of Master of Environmental Studies in Environment and Resource Studies. 152p.
- Dinka, M., Agoston-Szabo, E., & Toth, I. (2004). Changes in Nutrient and Fibre Content of Decomposing *Phragmites australis* Litter Internat. *Review Hydrobiol*, 6, 519-535.
- Gautam, M.K., Lee, K.S., & Song, B.Y. (2017). Deposition pattern and through fall fluxes in secondary cool temperate forest, South Korea. *Atmospheric Environment*, 161, 71-81.
- Ghasemi Aghbash, F., Allah Veisi, G., & Hosseini, V. (2016). Investigating Nutrient Quality and Litter Decomposition of Lebanon Oak (*Quercus libani*) in Early Stages of Decomposition Process in the Northern Zagros Forests (Case Study: Hoare Khul Forests in the City of Baneh). *Journal of Zagros Forests Researches*, 3(1), 1-17.

- Ghasemi Aghbash, F., & Beyranvand, M. (2021). Effect of litter quality and Home-Field advantage on leaf-litter decomposition of Tree of heaven and European black pine leaf-litters. *Iranian Journal of Forest*, 13 (3), 319-332
- Ghazanshahi, J. (1998). Soil and plant analysis. *Homa Publications*, 311p.
- Hashemi, S.F., hojjati, S.M., hosseininasr, S.M., & jalilvand, H. (2012). Comparison of nutrient elements and elements retranslocation of *Acer velutinum*, *Zelkova carpinifolia* and *Pinus brutia* in Darabkla-Mazindaran. *Iranian Journal of Forest*, 4(2), 175-185.
- Hojjati, S., & Tafazoli, M. (2015). The Study of litter decomposition process of Caucasian oak and Turkish pine using litterbag technique. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 28(3), 510-521.
- Karimiyan Bahnemiri, A., Taheri Abkenar, K., Kooch, Y., & Salehi, A. (2020). The effect of canopy combination in over story on nutrient Content and microbial indices of soil in Korkoroud forests of Noshahr. *Iranian Journal of Forest*, 11(4), 547-558.
- Kianmehr, A., Hojati, S., Kooch, Y., & Ghasemi aghbash, F. (2019). Effect of canopy composition on litterfall rate, respiration and some Soil properties in pure and mixed stands of beech and hornbeam. *Journal of Forest Research and Development*, 5(3), 373-386.
- Kooch, Y., & Bayranvand, M. (2017). Variability analysis of litter quality, mineral nitrogen, soil respiration and microbial biomass under afforested tree stands. *Forest and Wood Products*, 70(3), 451-460.
- Li, L.J., Zeng, D.H., Yu, Z.Y., Fan, Z.P., Yang, D., & Liu, Y.X. (2011). Impact of litter quality and soil nutrient availability on leaf decomposition rate in a semi-arid grassland of Northeast China. *Journal of Arid Environments*, 75(9), 787-792.
- Meyer, M., Krabel, D., Kniesel, B., & Helle, G. (2018). Inter-annual variation of tree-ring width, $\delta^{13}C$ and $\delta^{18}O$ in juvenile trees of five plantation poplar cultivars (*Populus* spp). *Dendrochronologia* 51, 32-39.
- Noraiy, A., Jalilvand, H., Hojjati, S., & Alavi, S. (2021). Comparison changes of chemical elements of throughfall and litterfall in oak (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey) and pine (*Pinus radiata* D. Don) plantations. *Forest and Wood Products*, 74(1), 1-14.
- Marvie Mohadjer, M.R., & Moradi, M. (2011). Morphological and quantitative characteristics of mature beech trees (*Fagus orientalis* Lipsky) in two regions of Sistan in Guilan and Kheiroud in Mazandaran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(3), 300-311.
- Pandey, R.R., Sharma, G., Tripath, S.K., & Singh, A.K. (2007). Litterfall, litter decomposition and nutrient dynamics in a subtropical natural oak forest and managed plantation in northeastern India. *Forest Ecology and Management*, 240, 96-104.
- Railoun, M.Z., Simaika, J.P., & Jacobs, S.M. (2021). Leaf litter production and litter nutrient dynamics of invasive *Acacia mearnsii* and native tree species in riparian forests of the Fynbos biome, South Africa. *Forest Ecology and Management*, 498, 119-128.
- Rawat, M., Arunachalam, K., Arunachalam, A., Alatalo, J.M., & Pandey, R. (2020). Predicting litter decomposition rate for temperate forest tree species by the relative contribution of green leaf and litter traits in the Indian Himalayas region. *Ecological Indicators*, 119, 106-127.
- Sirri, N.F., Libalah, M.B., Momo Takoudjou, S., Ploton, P., Medjibe, V., Kamdem, N.G., Mofack, G., Sonké, B., & Barbier, N. (2019). Allometric models to estimate leaf area for tropical African broadleaved forests. *Geophysical Research Letters*, 46, 85-94.
- Smith, M.N., Stark, S.C., Taylor, T.C., Ferreira, M.L., Oliveira, E., Restrepo-Coupe, N., Chen, S., Woodcock, T., Santos, D.B., Alves, L.F., Figueira, M., Camargo, P.B., Oliveira, R.C., Aragão, L.E.O.C., Falk, D.A., McMahon, S.M., Huxman, T.E., & Saleska, S.R. (2019). Seasonal and drought-related changes in leaf area profiles depend on height and light environment in an Amazon forest. *New Phytologist*, 222, 128-138.

- Swift, M.J., Heal, O.W., & Anderson, J.M. (1979). *Decomposition in terrestrial ecosystems*. University of California Press. Berkeley, California, 372p.
- Tafazoli, M., Attarod, P., Hojjati, S.M., & 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.
- Thomas, W.A. (1968). Decomposition of loblolly pine needles with and without addition of dogwood leaves. *Ecology*, 49, 68-79.
- Wahing, I.W., Van, V.J.G., Houba, J.G., & Van der, I. (1989). Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part 7, *plant analysis procedure*. Wageningen agriculture.
- Zahriban, M., Fallah, A., Shataee, S., & Kalbi, S. (2015). Estimating quantitative forest attributes using Pleiades satellite data and non-parametric algorithms in Darabkola forests, Mazandaran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(3), 65-71.



Research Article

Investigation of litter nutrient dynamics in pure and mixed stands of beech and hornbeam (Darabkola of Mazandaran)

A. Kianmehr^{1*}, S. M. Hojjati², Y. Kooch³, and F. Ghasemi Aghbash⁴

¹ Ph.D. Graduated of Forest science, Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

² Associate Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

³ Assistant Prof., Dept. of forestry, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran

⁴ Assistant Prof., Dept. of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, I. R. Iran

(Received: 18 September 2021; Accepted: 2 January 2022)

Abstract

The dynamics of nutrients and their return to the soil through the litter is one of the most important pathways of the nutrient cycle in forest ecosystems. The aim of this study was to evaluate the dynamics of nutrients in pure beech, pure hornbeam and beech-hornbeam stands in Darabkola educational-research forest of Sari. For this purpose, in each stand, 10 sample plots with 1000m² area were randomly established and by measuring the diameter and height of the trees, descriptive statistics of the studied stands were calculated. Then, litter traps with dimensions of 50 × 50 cm to measure the amount of litter fall per unit area and litter bags with dimensions of 20 × 20 cm (with a pore of 2 mm) with 10 replicated were installed in the studied stands for 360 days and at intervals of 60, 120, 180, 240, 300 and 360 days, the concentrations of nitrogen, carbon, phosphorus and potassium in the litter of the bags were measured. According to the results, the highest rate of litter falls with 1817 kg/ha was related to November and December in beech stands. In addition, the highest input of the studied elements was related to the pure hornbeam stand. The results also indicated the dynamics of phosphorus, potassium and carbon elements in pure and mixed stands are decreasing with a slight increase at the end of the period and increasing in the case of nitrogen and decreasing at the end of the period. The dynamics of the elements in the mixed stand showed more fluctuation than the pure stands. Also, the results of this study showed that the 200th to 300th days after litter fall is an important time range in the fundamental changes in the dynamics of litter nutrients.

Keywords: Hyrcanian forest, litter bag, litter trap, nutrient dynamics.