

## بررسی مشخصه‌های کمی و کیفی درختان و حاصل خیزی خاک در توده‌های خالص و آمیخته راش و ممرز

آتنا کیان‌مهر<sup>۱\*</sup>، محمد حجتی<sup>۲</sup> و محمدباقر محمودی<sup>۳</sup>

- ۱- دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران. (atena.kianmehr@yahoo.com)  
۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران. (s.hojati@sanru.ac.ir)  
۳- دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران. (mahmoodi2010.m@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۲۶

### چکیده

این پژوهش به بررسی برخی از مشخصه‌های خاکی و همچنین ویژگی‌های کمی و کیفی درختان در سه توده راش خالص، ممرز خالص و راش-ممرز آمیخته می‌پردازد. در هر یک از توده‌ها، ۲۵ قطعه نمونه ۴۰۰ مترمربعی به صورت منظم - تصادفی انتخاب شدند. در هر قطعه نمونه مشخصه‌های کمی و کیفی درختان ثبت شد. همچنین نمونه‌های لاشبرگ و خاک (تا عمق ۱۰ سانتی‌متر) از هر توده برداشت شد. براساس نتایج، بیشترین قطر برابر سینه (۵۴/۴۷ سانتی‌متر)، ارتفاع کل (۲۲/۳۱ متر)، سطح مقطع در هکتار (۸۲/۰۳ مترمربع) و حجم در هکتار (۹۹۱/۴۳ مترمکعب) و کمترین تعداد در هکتار (۳۱۴ اصله در هکتار در توده راش خالص مشاهده شد. بیشترین مقادیر کربن و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ در توده راش خالص به ترتیب ۳۳/۱۶ درصد و ۱۳/۵۲ بود. بیشترین مقدار نیتروژن لاشبرگ نیز به دو توده ممرز خالص (۳/۲۲ درصد) و راش-ممرز آمیخته (۳/۰۶ درصد) اختصاص داشت. از نظر مشخصه‌های خاک، توده ممرز خالص بیشترین مقادیر واکنش خاک (۷/۰۹)، نیتروژن (۰/۳۳ درصد) و ترسیب نیتروژن خاک (۵/۴۹ تن در هکتار) را نسبت به دو توده دیگر نشان داد. بیشترین مقادیر کربن (۲/۶۳ درصد)، نسبت کربن به نیتروژن (۱۰/۲۷) و ترسیب کربن خاک (۷۷/۱۶ تن در هکتار) نیز در توده راش خالص مشاهده شد. برآیند نتایج نشان داد توده راش خالص از نظر مشخصه‌های کمی و کیفی و توده ممرز خالص از نظر مشخصه‌های حاصل خیزی خاک در وضعیت مطلوب‌تری قرار دارند.

**واژه‌های کلیدی:** تقارن تاجی، ترسیب کربن خاک، جنگل هیرکانی، مشخصه‌های لاشبرگ، نسبت کربن به نیتروژن.

## مقدمه

(al., 2004). این درحالی است که تغییر در ویژگی‌های شیمیایی خاک، مانند غلظت کربن، نیتروژن و واکنش خاک ممکن است موجب تغییرات شگرفی در رشد و عملکرد گیاه شود (Hobbie et al., 2000). در این ارتباط، مشخصه‌های کیفی لاشبرگ، به‌عنوان منبع اصلی فرآیندهای مختلف مرتبط با خاک به‌ویژه چرخه‌های کربن و نیتروژن و تأثیرش در تغذیه و عملکرد گیاه در تیپ‌های مختلف درختی، دارای اهمیت است. در واقع مشخصه‌های مختلف خاک تحت تأثیر پوشش گیاهی، ارتفاع از سطح دریا، عوامل انسانی، میکروارگانیسم‌ها، اقلیم و شرایط توپوگرافی در زمان و مکان تغییر می‌کند و تغییرات حاصله بر روی بسیاری از ویژگی‌های کمی درختان مانند قطر و ارتفاع درختان، تعداد در هکتار، رویه زمینی، حجم در هکتار تأثیرگذار هستند (Mehdifar et al., 2015). در همین رابطه (Hassanzad Navroodi et al., 2016) بررسی خود بیان کردند که مشخصه‌های کمی و کیفی گونه‌ها مانند قطر برابر سینه، ارتفاع کل، تعداد در هکتار، رویه زمینی، حجم در هکتار، تقارن تاج و درجه کیفی درخت در رویشگاه‌های مختلف دارای تفاوت معنی‌داری هستند. رویشگاه‌های مختلف دارای شرایط محیطی و خاک متفاوت هستند به‌طوری که (Mehdifar et al., 2015) در بررسی خود نتیجه گرفتند که افزایش مشخصه‌های خاک مانند محتوای رطوبتی خاک، کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل جذب شرایط مساعدتری برای رشد و افزایش مشخصه‌های کمی (قطر برابر سینه، ارتفاع کل و تعداد در هکتار) به‌همراه دارد. در پژوهشی (Kianmehr et al., 2019) به بررسی لاشبرگ در توده‌های مختلف خالص و آمیخته راش و ممرز پرداختند و نتایج آن‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین توده‌های مختلف بود، به‌طوری که توده ممرز خالص مشخصه‌های لاشبرگی

جنگل‌ها جزء مهم‌ترین اکوسیستم‌های خشکی هستند که نقش عمده‌ای در جریان انرژی، ماده و تبدیل این دو، بین زمین و اتمسفر بازی می‌کنند. جنگل‌های ناحیه رویشی خزری که یکی از بازمانده‌های جنگل‌های معتدله در دنیا به‌شمار می‌رود، دارای تنوع توپوگرافی، اقلیمی و پوشش گیاهی منحصر به فردی است و از آن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ذخیره‌گاه‌های ژنتیکی زیست‌کره یاد می‌شود. امروزه جنگل‌های این نواحی به‌دلایل مختلفی اعم از قطع بی‌رویه درختان، چرای دام، انباشت زباله، نبود پژوهش‌های آمایشی و همچنین کم‌توجهی به گونه‌های زیراشکوب جنگل خسارات شدیدی بر پیکره این اکوسیستم وارد شده است (Parad et al., 2018). بنابراین در چنین شرایطی، مدیریت این منابع باارزش به چالش بزرگی بین طراحان، نهادهای سیاسی و مدیران بخش جنگل برای کنترل روند کاهش این منابع بدل شده است. در بعد اکولوژیکی، گونه‌های درختی اثرهای متفاوتی بر مشخصه‌های مختلف خاک در اکوسیستم‌ها می‌گذارند (Eshaghi Rad, 2014). گونه‌های درختی می‌توانند از طریق سازوکارهای مختلف، خواص شیمیایی خاک را تغییر دهند (Hagen-Thorn et al., 2004). در توده‌های مختلف درختی، تفاوت در کیفیت لاشبرگ و وضعیت مواد غذایی، عملکرد ریشه‌ها در جذب عناصر غذایی، ساختار برگ و تاج درخت، میکروکلیمای زیر تاج و در آخر جوامع زیستی سبب تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی لایه سطحی خاک می‌شود (Hagen-Thorn et al., 2004). اولین نشانه تأثیر گونه‌های مختلف درختی بر مشخصه‌های خاک، تغییر در ویژگی‌های شیمیایی لاشبرگ و لاشریزه‌های کف جنگل است اما تغییر در مشخصه‌های لایه معدنی خاک به‌مرور زمان اتفاق می‌افتد (Hagen-Thorn et

بررسی دارای شیب متعادل و به‌نسبت یکنواختی است (هشت تا ۱۲ درصد) که عمدتاً در جهت شمالی-جنوبی واقع شده است. متوسط درجه حرارت سالیانه آن ۱۶/۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین باران سالیانه ۹۸۳/۸ میلی‌متر است که نشان‌دهنده اقلیم معتدل مرطوب منطقه است. بیشترین و کمترین میزان بارندگی به‌ترتیب مربوط به ماه‌های آبان (۱۱۹/۸ میلی‌متر) و تیر (۳۶/۱ میلی‌متر) است. متوسط درجه حرارت در گرم‌ترین ماه سال مربوط به مرداد ماه با درجه حرارت ۲۶/۱ درجه سانتی‌گراد و متوسط سردترین ماه سال مربوط به بهمن ماه حدود ۷/۵ درجه سانتی‌گراد است و فصل خشک در منطقه نیز اغلب از اواسط خرداد تا اواخر مرداد ماه پدید می‌آید. به‌طور کلی منطقه مورد بررسی دارای چهار تیپ متمایز و تفکیک شده شامل خاک‌های تکامل نیافته راندزین تا راندزین شسته‌شده، قهوه‌ای جنگلی با pH قلیایی، قهوه‌ای شسته‌شده با افق کلسیک و قهوه‌ای شسته‌شده با پس‌دوگلی است. همچنین، عمق خاک منطقه اغلب عمیق تا نیمه‌عمیق است که عمدتاً همراه با سنگ‌های ریز و درشت مادری است. بافت خاک در کلیه مناطق مورد بررسی اغلب به‌نسبت سنگین (رسی لومی) تا سنگین (رسی) بوده که دارای نفوذپذیری آب متوسط تا ضعیف است.

#### روش پژوهش

برای انجام این پژوهش ابتدا در اواخر شهریور سال ۱۳۹۵، سه توده شامل راش خالص، ممرز خالص و آمیخته راش-ممرز انتخاب شدند. سپس در هر یک از توده‌های مذکور تعداد ۲۵ قطعه‌نمونه ۴۰۰ مترمربعی (۲۰ متر × ۲۰ متر) به صورت تصادفی-منظم انتخاب شد. در هر یک از قطعات نمونه مشخصه‌های کمی شامل تعداد درختان، قطر برابرسینه (قطر در ارتفاع ۱/۳۰ متر) و ارتفاع درخت با استفاده از نوار قطرسنج

بالتری را نسبت به دو توده دیگر نشان داد. پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که در اکوسیستم جنگل بخش‌های مختلف بر هم تأثیرگذار است و بایستی همه بخش‌ها در پژوهش‌ها مورد توجه قرار گیرند. به‌طور کلی پژوهش‌های زیادی به بررسی تأثیر تیپ‌های جنگلی و گونه‌های مختلف بر مشخصه‌های مختلف خاک پرداخته‌اند. با این حال بیشتر این پژوهش‌های انجام شده تنها بر مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تأکید داشتند. این درحالی است که بررسی مشخصه‌های خاک بدون در نظر گرفتن مشخصه‌های کمی و کیفی گونه‌ها در توده‌های مختلف خالص و یا آمیخته، ناقص خواهد بود و درک صحیحی از توده را ارائه نمی‌دهد. بنابراین ضرورت دارد هم‌زمان با بررسی مشخصه‌های خاک، ویژگی‌های کمی و کیفی توده مورد بررسی قرار گیرد، زیرا هم از نظر اکولوژیکی و هم از نظر تولیدی ویژگی‌های کمی و کیفی توده از اهمیت به‌سزایی برخوردارند. به‌همین منظور بررسی حاضر به بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی درختان، مشخصه‌های لاشبرگ و برخی مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در توده‌های خالص و آمیخته گونه‌های راش و ممرز در جنگل‌های هیرکانی می‌پردازد تا به مدیریت صحیحی و همه‌جانبه این جنگل‌ها کمک کند.

#### مواد و روش‌ها

##### منطقه مورد بررسی

این پژوهش در بخشی از پارسل‌های نه، ۱۲ و ۲۲ از سری یک واقع در دارابکلای ساری استان مازندران انجام شده است. عرض جغرافیایی منطقه مورد بررسی ۳۶°۲۳'۲۹" تا ۳۶°۳۳'۳۸" شمالی و طول جغرافیایی ۵۲°۲۰'۳۱" تا ۵۲°۳۱'۴۷" شرقی و در دامنه ارتفاعی ۱۶۰ تا ۷۱۰ متر از سطح دریا است. منطقه مورد

برای بررسی و مقایسه ویژگی‌های کمی توده، مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین مشخصه‌های شیمیایی برگ در توده‌های مورد بررسی، ابتدا نرمالیت و همگنی واریانس‌ها بررسی شد و سپس از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (One way ANOVA) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. همچنین مشخصه‌های کمی توده‌ها با استفاده از آزمون کروسکال-والیس مورد مقایسه قرار گرفت. تجزیه و تحلیل آماری در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ انجام شد.

### نتایج

#### مشخصه‌های رویشی توده‌ها

##### مشخصه‌های کمی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار مشخصه‌های کمی درختان در بین توده‌های مختلف مورد بررسی است. توده راش خالص بیشترین مقادیر ارتفاع کل (۲۳/۳۱ متر)، قطر برابر سینه (۵۷/۴۷ سانتی‌متر)، سطح مقطع در هکتار (۸۲/۰۳ مترمربع) و حجم در هکتار (۹۹۱/۴۳ مترمکعب) را نشان داد (جدول ۱). تعداد در هکتار توده‌های ممرز خالص، آمیخته راش-ممرز، راش خالص به ترتیب برابر با ۴۲۱، ۳۷۴ و ۳۱۴ اصله در هکتار بود.

نمودار رگرسیونی رابطه قطر-ضریب قدکشیدگی نشان می‌دهد که کلیه درختان در توده‌های راش خالص دارای ضریب قدکشیدگی پایین‌تر از ۸۰ هستند حال آنکه در توده‌های خالص ممرز و آمیخته تقریباً قطرهای کمتر از ۳۰ سانتی‌متر دارای ضریب قدکشیدگی بیشتر از ۸۰ هستند (شکل ۱).

(سانتی‌متر) و شیب‌سنج سونتو اندازه‌گیری شد. همچنین مشخصه‌های کیفی درختان مانند تقارن تاجی، چندشاخگی تنه اصلی درخت، شاقولی بودن، انحنا در تنه اصلی، شاخه‌های فرعی بر روی تنه اصلی و وضعیت الیاف تنه درختان نیز با استفاده از روش Rafiei Jahed et al. (2017) ثبت شد. در ادامه تعداد در هکتار، سطح مقطع در هکتار و حجم در هکتار در هر یک از توده‌های مورد بررسی محاسبه شد.

نمونه‌برداری از خاک و لاشبرگ در پنج قطعه-نمونه انجام شد به طوری که با استفاده از اوگر از مرکز و چهار ضلع هر قطعه‌نمونه و از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری جمع‌آوری و با هم ادغام شدند. همچنین نمونه‌های لاشبرگ از بخش مرکزی هر قطعه‌نمونه (در سطح ۵۰×۵۰ سانتی‌متری) برداشت شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، نمونه‌های خاک در هوای آزاد خشک و الک (دو میلی‌متری) شد. نمونه‌های لاشبرگ نیز در دمای ۷۰ درجه در آون خشک شد.

کربن آلی لاشبرگ به روش احتراق و نیتروژن لاشبرگ به روش معدنی‌سازی نمونه‌ها و سپس با عمل تقطیر در محیط آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه، واکنش خاک (pH) به روش پتانسیومتری و به وسیله دستگاه pH متر با به‌کارگیری مخلوط ۲/۵ : ۱ خاک و آب مقطر، نیتروژن کل و کربن آلی به ترتیب به روش کجلدال و والکی-بلاک اندازه‌گیری و نسبت کربن به نیتروژن (C:N) محاسبه شد. اندازه‌گیری فسفر قابل جذب نیز به روش اولسن انجام شد. ترسیب کربن و نیتروژن خاک نیز با به‌کارگیری جرم مخصوص ظاهری خاک، عمق و محتوای کربن و نیتروژن خاک محاسبه شد (Kooch et al., 2020).

#### تجزیه و تحلیل داده‌ها

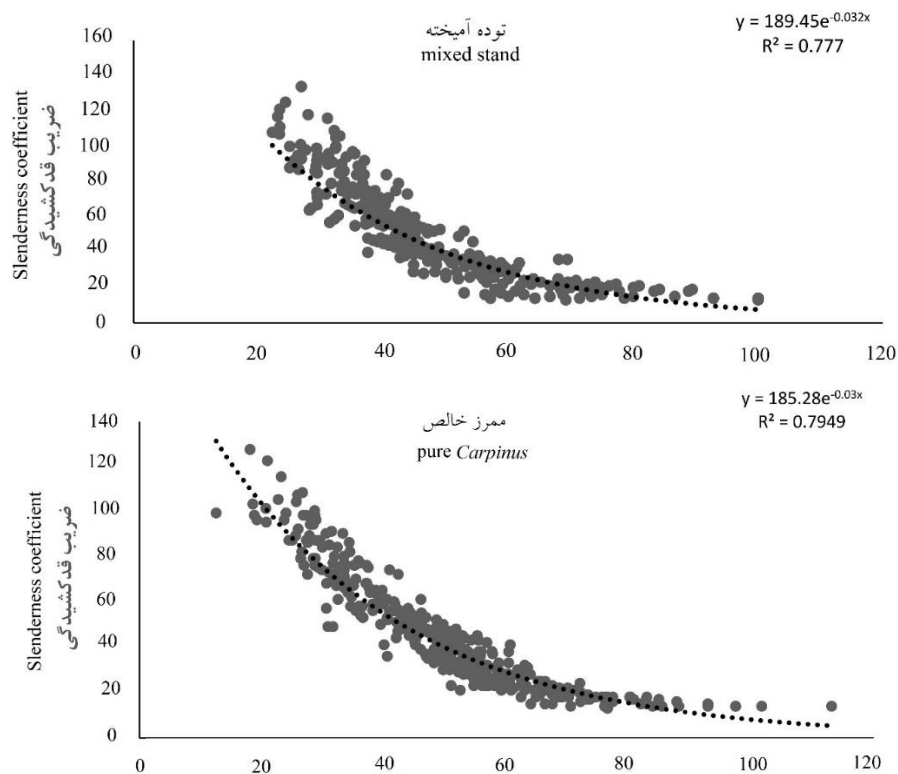
جدول ۱- میانگین  $\pm$  (اشتباه معیار) مشخصه‌های کمی درختان در ارتباط با توده‌های مورد بررسی

Table 1. Mean ( $\pm$  standard error) of quantitative characteristics in related with studied stands

| حجم در هکتار<br>(متر مکعب)<br>Volume in<br>hectare (m <sup>3</sup> ) | سطح مقطع در<br>هکتار (متر<br>مربع)<br>Basal area per<br>hectare (m <sup>3</sup> ) | تعداد در<br>هکتار<br>Number per<br>hectare | ضریب<br>قدکشیدگی<br>Slenderness<br>coefficient | قطر برابر سینه<br>(سانتی‌متر)<br>Diameter at<br>breast height<br>(cm) | ارتفاع کل<br>درخت (متر)<br>Total height<br>tree (m) | تیپ‌ها / مشخصه‌ها<br>Type/Characteristics           |
|--|---|--|--|---|---|---|
| 991.43 $\pm$ 44.93a  | 82.03 $\pm$ 3.22a   | 314 $\pm$ 7.85c                            | 46.91 $\pm$ 0.82b                              | 57.47 $\pm$ 1.72a   | 23.31 $\pm$ 0.41a                                   | راش خالص<br>Pure <i>Fagus</i>                       |
| 677.49 $\pm$ 33.13b  | 66.28 $\pm$ 3.72b   | 421 $\pm$ 16.95a                           | 51.51 $\pm$ 0.84a                              | 43.67 $\pm$ 1.12b   | 19.54 $\pm$ 0.31b                                   | ممرز خالص<br>Pure <i>Carpinus</i>                   |
| 715.60 $\pm$ 23.14b  | 67.83 $\pm$ 2.31b   | 374 $\pm$ 12.45b                           | 50.13 $\pm$ 0.53a                              | 47.19 $\pm$ 1.43b   | 19.91 $\pm$ 0.32b                                   | راش-ممرز آمیخته<br>Mixed <i>Fagus-<br/>Carpinus</i> |
| 0.000**  | 0.000**   | 0.000**                                    | 0.000**  | 0.000**   | 0.000**   | مقدار معنی‌داری<br>Significant value                |

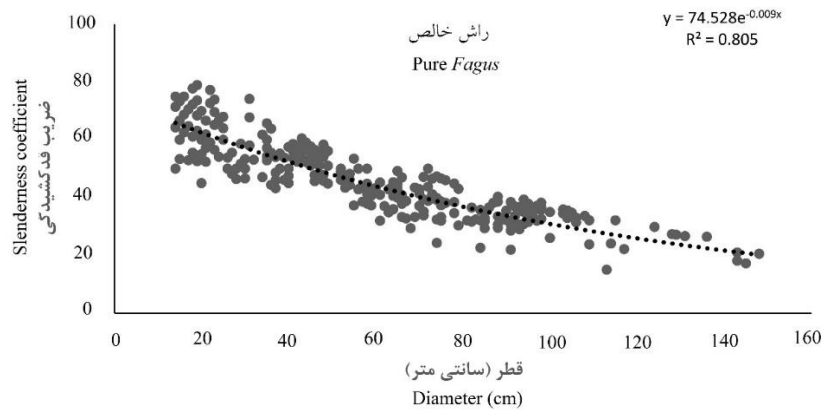
\* نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۰/۰۰۱ بین توده‌های مورد بررسی است.

\*\* indicate significant difference at 0.001 levels between studied stands.



شکل ۱- رابطه قطر در ارتفاع برابر سینه با مقدار ضریب قدکشیدگی در توده‌های مورد بررسی

Figure 1. Relationship between diameter at breast height and Slenderness coefficient in studied stands



ادامه شکل ۱.

Continued figure 1.

اصلی، شاخه فرعی در تنه اصلی و وضعیت یاف تنه به توده راش خالص و کمترین مقدار آن‌ها به توده ممرز خالص اختصاص داشت (شکل ۲). به طور کلی در توده راش خالص بالاترین درصد درختان در گروه یک دسته‌بندی شدند که نسبت به دو توده دیگر کیفیت بهتری را نشان می‌دهد.

### مشخصه‌های کیفی

نتایج آزمون کروسکال والیس در ارتباط با بررسی مشخصه‌های کیفی درختان در توده‌های مختلف نشان داد که کلیه مشخصه‌های مورد بررسی در بین توده‌های مورد بررسی دارای اختلاف آماری معنی‌داری است (جدول ۲). نتیجه آزمون  $\chi^2$  نشان داد که بالاترین میانگین رتبه‌بندی از نظر مشخصه تقارن تاجی، چند شاخگی تنه اصلی، شاقولی بودن درخت، انحنا در تنه

جدول ۲- نتایج آزمون کروسکال والیس برای مشخصه‌های کیفی مورد بررسی

Table 2. Results of Kruskal-Wallis test for investigated qualitative characteristics

| وضعیت یاف<br>Fiber<br>condition | شاخه‌های<br>فرعی<br>Sub-<br>branches | انحنا در تنه<br>Curvity in<br>trunk | تنه شاقولی<br>Trunk<br>verticality | چند<br>شاخگی<br>Multi<br>trunk | تقارن تاجی<br>Crown<br>symmetry | مشخصه‌ها<br>Characteristics |
|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 41.60                           | 78.02                                | 13.14                               | 16.84                              | 24.54                          | 17.26                           | ۱÷                          |
| 2                               | 2                                    | 2                                   | 2                                  | 2                              | 2                               | df                          |
| 0.000**                         | 0.000**                              | 0.001**                             | 0.000**                            | 0.000**                        | 0.000**                         | Sig..                       |

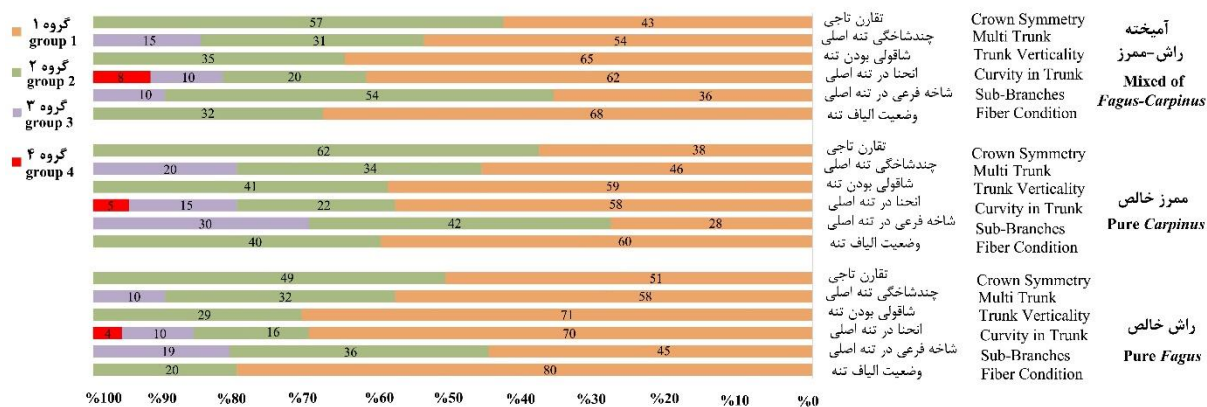
درصد مشاهده شد. همچنین بیشترین مقادیر نیتروژن لاشبرگ مربوط به توده‌های ممرز خالص، آمیخته راش-ممرز و راش خالص به ترتیب با ۳/۰۶، ۳/۲۲ و ۲/۴۶ درصد بود (جدول ۴). براساس نتایج به دست آمده، مشخصه‌های خاک محتوی رطوبت خاک، واکنش خاک، کربن آلی، نیتروژن کل، نسبت کربن به نیتروژن، فسفر قابل جذب، ترسیب کربن و ترسیب نیتروژن در

### مشخصه‌های لاشبرگ و خاک

نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان داد مقادیر کربن، نیتروژن و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ بین توده‌های مختلف تفاوت معنی‌دار وجود دارد (جدول ۳). بیشترین مقدار کربن در توده راش خالص با ۳۳/۱۶ درصد و کمترین مقدار کربن در توده‌های آمیخته راش-ممرز و خالص ممرز به ترتیب با ۲۶/۷۶ و ۲۶/۱۴

خالص (۳/۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، آمیخته راش-ممرز (۳/۶۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و ممرز خالص (۳/۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. توده ممرز خالص بیشترین مقادیر واکنش خاک (۷/۰۹)، نیتروژن (۰/۳۳ درصد) و ترسیب نیتروژن خاک (۵/۴۹ تن در هکتار) را نسبت به دو توده دیگر نشان داد. با این حال بیشترین مقادیر کربن (۲/۶۳ درصد)، نسبت کربن به نیتروژن (۱۰/۲۷) و ترسیب کربن خاک (۷۷/۱۶ تن در هکتار) در توده راش خالص مشاهده شد (جدول ۴).

بین سه توده مورد بررسی دارای اختلاف معنی‌داری است (جدول ۳). با این حال جرم مخصوص ظاهری بین توده‌های مورد بررسی معنی‌دار نبود و مقدار آن در توده‌های راش خالص، ممرز خالص و راش-ممرز آمیخته به ترتیب ۱/۶۵، ۱/۶۴ و ۱/۶۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. بیشترین مقدار رطوبت خاک در توده ممرز خالص با ۳۴/۹۰ درصد و کمترین آن در توده آمیخته راش-ممرز با ۳۲/۹۲ درصد بود (جدول ۴). بیشترین مقدار فسفر قابل جذب به ترتیب در توده‌های راش



شکل ۲- درصد درختان در توده‌های جنگلی مورد بررسی از نظر مشخصه‌های کیفی

Figure 2. Percentage of trees in forest stands in terms of qualitative characteristics

خاک، کربن خاک، کربن لاشبرگ، نسبت کربن به نیتروژن خاک و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ در ارتباط با توده راش خالص هستند درحالی‌که دیگر مشخصه‌های مورد بررسی ارتباط بیشتری را با توده‌های ممرز خالص و راش-ممرز آمیخته نشان دادند.

نمودار رسته‌بندی قطعات نمونه برداشت‌شده در ۳ توده خالص و آمیخته راش و ممرز در شکل ۳ نشان داد که ۳ توده مورد بررسی به‌طور کامل از یکدیگر جدا شدند. نتایج واریانس تغییرات نشان داده که ۵۶/۶۶ درصد تغییرات در ارتباط با محور اول بوده است (جدول ۵). براساس نتایج، مشخصه‌های ترسیب کربن

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مشخصه‌های مختلف لاشبرگ و خاک در توده‌های مختلف جنگل طبیعی

Table 3. Results of one-way ANOVA for different litter and soil characteristics in different natural stands

| Sig.                | F     | میانگین مربعات<br>Mean square | df | مشخصه‌های مورد بررسی<br>Characteristics  |
|---------------------|-------|-------------------------------|----|--|
| 0.001**             | 14.90 | 75.52                         | 2  | کربن لاشبرگ<br>C of Litter   |
| 0.000**             | 20.18 | 0.81                          | 2  | نیترژن لاشبرگ<br>N of Litter   |
| 0.000**             | 54.75 | 43.29                         | 2  | نسبت کربن به نیترژن لاشبرگ<br>C/N of Litter                                      |
| 0.285 <sup>ns</sup> | 1.39  | 0.001                         | 2  | جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)<br>Bulk density (g/cm <sup>3</sup> ) |
| 0.000**             | 30.59 | 0.364                         | 2  | واکنش خاک<br>pH  |
| 0.149 <sup>ns</sup> | 2.23  | 4/91                          | 2  | محتوی رطوبت خاک (درصد)<br>Soil water content (%)                                 |
| 0.007**             | 7.66  | 0.260                         | 2  | کربن آلی خاک (درصد)<br>Organic carbon (%)  |
| 0.001**             | 13.02 | 0.007                         | 2  | نیترژن کل خاک (درصد)<br>Total soil nitrogen (%)                                  |
| 0.000**             | 15.32 | 17.053                        | 2  | نسبت کربن به نیترژن<br>C/N ratio   |
| 0.164 <sup>ns</sup> | 2.11  | 0.206                         | 2  | گرم بر کیلوگرم (قابل جذب) میلی فسفر<br>P available (mg/kg)                       |
| 0.010**             | 6.88  | 218.017                       | 2  | ترسیب کربن خاک (تن در هکتار)<br>Soil C sequestration (t/ha)                      |
| 0.002**             | 11.72 | 1.943                         | 2  | ترسیب نیترژن خاک (تن در هکتار)<br>Soil N sequestration (t/ha)                    |

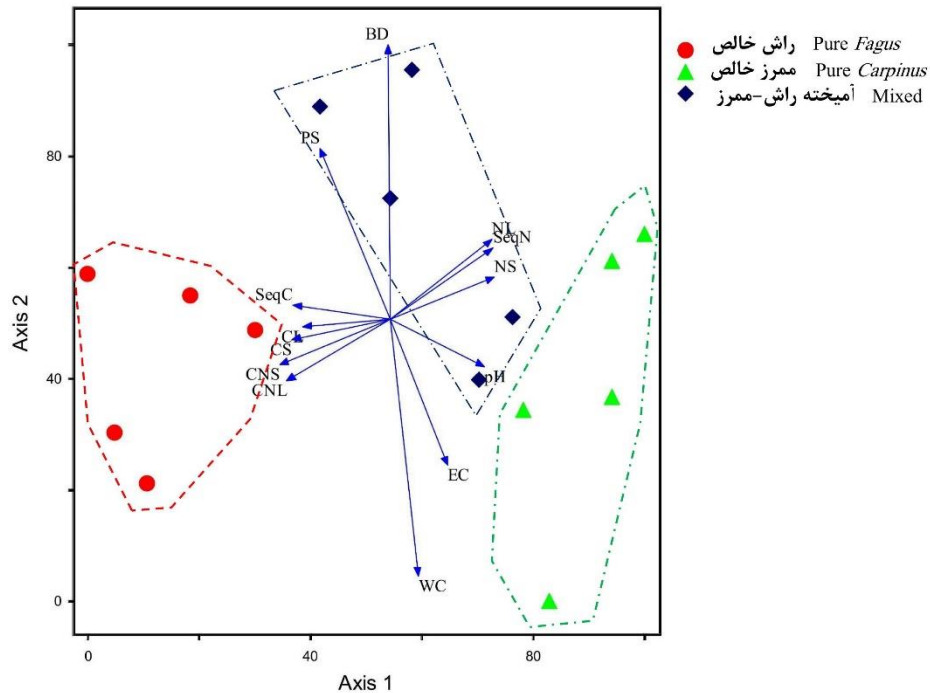
\* و \*\* به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ و <sup>ns</sup> نشان‌دهنده عدم معنی‌داری است.\* and \*\* indicate significant difference at 0.05 and 0.01 levels and <sup>ns</sup> shows no significant difference.



جدول ۴- میانگین  $\pm$  (اشتباه معیار) مشخصه‌های مختلف لاشبرگ و خاک در توده‌های مختلف جنگل طبیعی

Table 4. Mean ( $\pm$ standard error) of litter and soil characteristics in different natural stands

| آمیخته<br>Mixed     | ممرز خالص<br>Pure <i>Carpinus</i> | راش خالص<br>Pure <i>Fagus</i> | صفات<br>Characteristics  |
|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--|
| 26.760 $\pm$ 0.541b | 26.140 $\pm$ 0.721b               | 33.160 $\pm$ 0.821a           | کربن لاشبرگ<br>C of Litter   |
| 3.064 $\pm$ 0.055a  | 3.220 $\pm$ 0.057a                | 2.460 $\pm$ 0.068b            | نیترژن لاشبرگ<br>N of Litter   |
| 8.736 $\pm$ 0.204b  | 8.170 $\pm$ 0.325b                | 13.526 $\pm$ 0.425a           | نسبت کربن به نیترژن لاشبرگ<br>C/N of Litter                                      |
| 1.666 $\pm$ 0.030a  | 1.644 $\pm$ 0.010a                | 1.646 $\pm$ 0.018a            | جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)<br>Bulk density (g/cm <sup>3</sup> ) |
| 6.752 $\pm$ 0.030b  | 7.096 $\pm$ 0.039a                | 6.564 $\pm$ 0.034c            | واکنش خاک<br>pH  |
| 32.920 $\pm$ 0.432a | 34.900 $\pm$ 0.439a               | 34.000 $\pm$ 0.577a           | محتوی رطوبت خاک (درصد)<br>Soil water content (%)                                 |
| 2.294 $\pm$ 0.028b  | 2.198 $\pm$ 0.027b                | 2.636 $\pm$ 0.089a            | کربن آلی خاک (درصد)<br>Organic carbon (%)  |
| 0.292 $\pm$ 0.007b  | 0.334 $\pm$ 0.009a                | 0.258 $\pm$ 0.009c            | نیترژن کل خاک (درصد)<br>Total soil nitrogen (%)                                  |
| 7.897 $\pm$ 0.245b  | 6.634 $\pm$ 0.254b                | 10.272 $\pm$ 0.417a           | نسبت کربن به نیترژن<br>C/N ratio   |
| 3.640 $\pm$ 0.141a  | 3.500 $\pm$ 0.069a                | 3.900 $\pm$ 0.082a            | گرم بر کیلوگرم (قابل جذب (میلی فسفر<br>P available (mg/kg)                       |
| 68.057 $\pm$ 1.285b | 64.316 $\pm$ 0.856b               | 77.168 $\pm$ 2.478a           | ترسیب کربن خاک (تن در هکتار)<br>Soil C sequestration (t/ha)                      |
| 4.861 $\pm$ 0.112b  | 5.491 $\pm$ 0.149a                | 4.243 $\pm$ 0.141c            | ترسیب نیترژن خاک (تن در هکتار)<br>Soil N sequestration (t/ha)                    |



شکل ۳- نمودار رسته‌بندی در توده‌های مورد بررسی (BD: جرم مخصوص ظاهری، PS: فسفر خاک، SeqC: ترسیب کربن خاک، CL: کربن لاشبرگ، CS: کربن خاک، CNS: نسبت کربن به نیتروژن خاک، CNL: نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ، NL: نیتروژن لاشبرگ، SeqN: ترسیب نیتروژن خاک، NS: نیتروژن خاک، pH: واکنش خاک، EC: هدایت الکتریکی، WC: محتوی رطوبت خاک)

Figure 3. PCA in studied stands (BD: bulk density, PS: soil phosphorus, SeqC: soil carbon sequestration, CL: litter carbon, CS: soil carbon, CNS: soil carbon to nitrogen ratio, CNL: litter carbon to nitrogen ratio, NL: litter nitrogen, SeqN: Soil Nitrogen Sequestration, NS: Soil Nitrogen, pH: Soil Reaction, EC: Electrical Conductivity, WC: Soil Moisture Content)

جدول ۵- مقدار واریانس تغییرات در مهم‌ترین محورها

Table 5. Extracted variance from most important axis

| Broken-stick Eigenvalue | درصد واریانس تجمعی<br>Cum.% of Var. | درصد واریانس<br>% Of Variance | Eigenvalue | محور<br>Axis |
|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|------------|--------------|
| 3.18                    | 56.66                               | 56.66                         | 7.36       | 1            |
| 2.18                    | 70.46                               | 13.81                         | 1.79       | 2            |
| 1.68                    | 80.26                               | 9.80                          | 1.27       | 3            |
| 1.35                    | 86.61                               | 6.35                          | 0.82       | 4            |
| 1.10                    | 91.82                               | 5.21                          | 0.68       | 5            |

به‌طوری که اندازه آن‌ها با رویه زمینی، حجم و موجودی جنگل ارتباط مستقیمی دارد. در بررسی حاضر، بیشترین ارتفاع کل، قطر برابر سینه، سطح مقطع و حجم در هکتار مربوط به توده راش خالص بود و کمترین مقادیر آن نیز در دو توده ممرز خالص

#### بحث

قطر در ارتفاع برابر سینه در کنار ارتفاع کل درخت، از مهم‌ترین مشخصه‌های کمی درختان در اندازه‌گیری‌ها به‌شمار می‌آید که به‌عنوان یکی از معیارهای تعیین‌کننده کیفیت رویشگاه‌های جنگلی به‌حساب می‌آید

و وضعیت الیاف تنه در توده راش خالص و کمترین مقدار آن‌ها در توده ممرز خالص به ثبت رسید. یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر مشخصه‌های کیفی درخت را می‌توان به ژنتیک متفاوت درختان و شرایط رویشگاهی نسبت داد که تأثیر به‌سزایی در تولید و نحوه پراکنش شاخه‌های درختان دارند (Rafiei Jahed et al., 2017). مطابق با نتایج بررسی Fallahchai (2011)، علاوه بر خصوصیات ژنتیکی و شرایط رویشگاهی متفاوت در درختان راش و ممرز، عواملی مانند هرس طبیعی ضعیف‌تر، دیرزیستی پایین‌تر، ظهور آفات و امراض و همچنین ایجاد پوسیدگی در سنین پایین‌تر در گونه ممرز نیز سبب کاهش کیفیت (به نظر مشخصه‌های کیفی مورد بررسی) درختان ممرز نسبت به درختان راش می‌شود (Fallahchai, 2011).

مشخصه‌های لاشبرگ در توده‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری را بین سه توده راش خالص، ممرز خالص و راش-ممرز آمیخته نشان دادند. براساس نتایج، مقادیر کربن و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ در توده راش خالص بیشترین مقدار بود و بین دو توده ممرز خالص و آمیخته تفاوت آماری معنی‌داری یافت نشد این در حالی است که نیتروژن کل لاشبرگ در دو توده ممرز خالص و آمیخته بالاترین مقدار بود. شاخ و برگ درختان راش به‌نسبت دیگر گونه‌های پهن‌برگ هیرکانی نیازمند فرآیند تجزیه طولانی‌مدت است، وجود این خصوصیت اجتناب‌ناپذیر به‌همراه سن بالای توده‌های جنگلی میزان لاشبرگ را در زیر آشکوب افزایش می‌دهد. لایه هوموس قطور پشته‌ای مناسبی برای حفظ رطوبت بیشتر در اراضی جنگلی محسوب می‌شود، چرا که وجود خاصیت اسفنجی در زیر تاج‌پوشش بسته، ظرفیت نگهداری آب و رطوبت را به‌طور چشمگیری به نسبت مناطق بدون تاج‌پوشش

و راش-ممرز آمیخته مشاهده شد. با این وجود تعداد در هکتار توده راش خالص با ۳۱۴ اصله در هکتار دارای کمترین تراکم و توده ممرز خالص با ۴۲۱ اصله در هکتار دارای بیشترین تراکم بود. به‌طور کلی می‌توان علت بیشتر بودن قطر برابر سینه در توده راش خالص را به تراکم کمتر در این توده نسبت داد به طوری که بیشتر بودن میانگین فاصله درختان نسبت به دیگر توده‌ها و در نتیجه آن فضای بیشتر جهت دریافت نور سبب شده تا رشد قطری و ارتفاعی و به‌دنبال آن موجودی در هکتار درختان افزایش یابد (Charkazi et al., 2016). از سوی دیگر، با کاهش تراکم درختان در توده راش خالص رقابت درون گونه‌ای نیز کاهش یافته و راش بیشترین رشد را روی رشد قطری و گسترش تاج متمرکز می‌کند. در ارتباط با توده ممرز خالص و راش-ممرز آمیخته نیز می‌توان عنوان کرد که کاهش فاصله درختان سبب افزایش تراکم و رقابت درون گونه‌ای این گونه شده که این امر سبب کاهش رشد قطری و به‌دنبال آن کاهش در سطح مقطع و حجم در هکتار این توده‌ها نسبت به توده راش خالص شد (Charkazi et al., 2016). نتایج این پژوهش با نتایج بررسی Sayad et al. (2006) مطابقت دارد. Mokhtari et al. (2018) بیان می‌کند که افزایش تراکم درختان در توده‌های مختلف، افزایش رقابت نوری را به‌دنبال دارد و موجب می‌شود تا رشد ارتفاعی درختان نسبت به رشد قطری افزایش بیشتری داشته باشد که این موضوع تعادل و توازن رویش قطری و ارتفاعی درختان را به‌هم می‌زند.

براساس نتایج مشخصه‌های کیفی در بررسی حاضر، بالاترین میانگین رتبه‌بندی از نظر مشخصه‌های تقارن تاجی، چند شاخگی تنه اصلی، شاقولی بودن درخت، انحنا در تنه اصلی، شاخه فرعی در تنه اصلی

Bayranvand et al. (2017) همسو است. در این پژوهش مقدار فسفر خاک تفاوت معنی داری را بین توده‌های مورد بررسی نشان نداد. فسفر یک جزء کلیدی از ترکیبات سلولی بوده و اهمیت آن در حیات گیاهی پس از نیتروژن در درجه دوم اهمیت قرار دارد. علت وجود عدم اختلاف معنی دار مقدار فسفر در توده را می‌توان با pH خاک مرتبط دانست، به طوری که مناسب‌ترین حد pH خاک برای این عنصر در دامنه ۶-۷ است که نتایج pH در این بررسی نیز همین حدود را نشان داد.

کربن آلی خاک به عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر عملکرد مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک نقش مهمی در حاصلخیزی، ساختار و رطوبت در دسترس خاک دارد (Cheshmberah et al., 2020). رطوبت خاک به عنوان یکی از مولفه‌های حیاتی، نقش اساسی در اکوسیستم‌های جنگلی دارد که موجب می‌شود تا سطح خاک از نظر شاخص‌های حاصلخیزی فعال‌تر عمل کند. نتایج بررسی حاضر نشان داد که مقدار درصد کربن آلی خاک، نسبت کربن به نیتروژن و ترسیب کربن خاک در توده راش خالص بالاترین مقدار و در توده‌های ممرز خالص و راش-ممرز آمیخته کمترین بود. علت آن در گزارش Moghimian et al. (2019) بیشتر به نوع پوشش گیاهی نسبت داده شد که به دنبال آن تجمع بیشتر مواد آلی در توده راش خالص در نتیجه افزایش زی توده رو و زیرزمینی، کاهش نرخ تجزیه لاشبرگ و به دنبال آن معدنی شدن آهسته مواد آلی در واکنش خاک کمتر نسبت داده شد. Bakhshipour et al. (2012) در بررسی خود بیان کردند که حضور خشکه‌دار با درجات پوسیدگی متفاوت، مقدار کربن زیادی را در اختیار خاک قرار می‌دهد و در نتیجه سبب بالارفتن مواد آلی خاک می‌شود.

بالا خواهد برد (Shabani et al., 2010). در راستای نتایج این پژوهش، Marefat et al. (2020) نیز نشان دادند که لاشبرگ گونه‌های درختی متفاوت دارای ترکیب شیمیایی متفاوتی است. همچنین نرخ تجزیه لاشبرگ گونه‌ها در توده ممرز خالص و آمیخته راش-ممرز در مقایسه با توده راش سریع‌تر است به طوری که غلظت پایین‌تر لیگنین و مقدار بالاتر کربوهیدرات-های محلول در لاشبرگ تولیدشده در توده ممرز خالص و راش-ممرز آمیخته است که از دلایل عمده کمتر بودن مقدار کربن لاشبرگ در این دو توده است (Hobbie et al., 2000; Habashi, 2015). مطابق با نتایج حاصل از این پژوهش، Kooch et al. (2020) نیز نشان دادند غلظت نیتروژن در لاشبرگ گونه ممرز نسبت به لاشبرگ راش بالاتر و مقدار غلظت کربن آن پایین‌تر است، در نتیجه سرعت تجزیه آن بالا است و نسبت C/N که معیار مناسبی برای تجزیه لاشبرگ است نیز در لاشبرگ گونه راش به دلیل بالاتر بودن کربن و پایین‌تر بودن نیتروژن، بالاتر است.

مقدار واکنش خاک در توده ممرز خالص به طور معنی داری بیشتر از دو توده راش خالص و آمیخته بود. دلیل افزایش آن‌ها در توده ممرز را می‌توان به غنی بودن محتوی عناصر غذایی موجود در لاشبرگ آن گونه و سرعت بالای تجزیه آن‌ها نسبت داد که بازگشت مقادیر زیاد کاتیون‌های بازی به خاک را به همراه دارد (Hagen-Thorn et al., 2004). همچنین کاهش واکنش خاک در توده راش خالص می‌تواند به دلیل تولید بیشتر هوموس مور باشد؛ به این مفهوم که، به واسطه تجزیه کند لاشبرگ در این توده‌ها و متعاقباً تولید اسید آلی و تأخیر در بازگشت کاتیون‌های بازی به خاک، به تدریج خاک اسیدی می‌شود (Hagen-Thorn et al., 2004). یافته‌های حاصل از این پژوهش در مورد اسیدی شدن خاک در توده‌های راش با نتایج

پس از آن توده‌های راش-ممرز آمیخته و ممرز خالص قرار داشتند. با این حال نتایج به‌دست‌آمده در ارتباط با مشخصه‌های لاشبرگ و خاک نشان داد توده ممرز خالص نسبت به دو توده دیگر خاک حاصلخیزتری دارد. اگرچه نتایج این پژوهش مبین این موضوع است که توده‌های خالص راش و ممرز به‌ترتیب از نظر کمی و کیفی و حاصلخیزی خاک عملکرد بهتری داشته‌اند اما باید توجه داشت که توده‌های آمیخته از پایداری اکولوژیکی و تولیدی بهتری نسبت به توده‌های خالص برخوردارند و نیاز است تا با مدیریت صحیح و انجام عملیات‌های پرورشی و اصلاحی به‌موقع و منظم به بهبود مشخصه‌های کمی و کیفی درختان در این توده-ها کمک شود.

## References

- Bakhshipour, R.; Ramazanpour, H.; Lashkar-e-Blooki, A., Investigation of the effect of teda and poplar plantations on some characteristics of forest soils. *Iranian Forest Journal* **2012**, 4 (4): 332-321. (In Persian)
- Bayranvand, M.; Kooch, Y.; Hosseini, S. M.; Alberti, G., Humus forms in relation to altitude and forest type in the Northern mountainous regions of Iran. *Forest ecology and management* **2017**, 385, 78-86.
- Charkazi, A.; Amiri, M.; Ravabaksh, H.; Moghadasi, D., Examination of quantitative and qualitative characteristics of *Cupressus sempervirens* var. *horizontalis* and *Pinus brutia* in plantation forests in the Ramian, Golestan province. *Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2017**, 23 (4): 1-21. (In Persian)
- Cheshmberah, F.; Fathizad, H.; Parad, G.; Shojaeifar, S., Comparison of RBF and MLP neural network performance and regression analysis to estimate carbon sequestration. *International Journal of Environmental Science and Technology* **2020**, 17 (9), 3891-3900.
- Eshaghi Rad, J., Variations of understory vegetation composition and diversity in pure

همچنین بیشترین درصد نیتروژن کل و ترسیب نیتروژن خاک در توده ممرز خالص و کمترین مقدار آن در توده راش خالص به ثبت رسید. همسو با نتایج این پژوهش، (Kooch and Bayranvand 2019) نیز علت افزایش نیتروژن کل و ترسیب نیتروژن خاک در توده ممرز خالص را به بالابودن محتوی نیتروژن لاشبرگ و نرخ تجزیه بالاتر آن‌ها نسبت به لاشبرگ راش نسبت دادند. کربن و نیتروژن خاک ناپایدارترین بخش‌های کربن و نیتروژن در چرخه بیوژئوشیمیایی خاک سطحی هستند و تحت تأثیر نوع پوشش گیاهی و کیفیت بستر قرار می‌گیرند. عملکرد خاک سطحی برای عنوان تأمین مواد مغذی، ذخیره‌سازی و در نهایت، افزایش رشد درختان اهمیت زیادی دارد.

درآخر، نتایج این بررسی نشان‌دهنده مشخصه-

های کمی و کیفی مطلوب‌تر در در توده راش بود و

and mixed beech stands (Case Study: Kheyrud Forest- Noshahr). *Iranian Journal of Forest* **2014**, 6 (1), 75-86. (In Persian)

Fallahchai, M. M., The Quantitative and Qualitative Study of *Alnus Subcordata*, *Acer velutinum*, *Fraxinus excelsior* Afforested Species in Syahkal Forest (Case Study in Series 1 of Toutki Forest). *Natural Ecosystems of Iran* **2011**, 1 (3), 55-63. (In Persian)

Habashi, H., Microbial respiration and microbial biomass C relationship with soil organic matter in different types of mixed beech forest. *Journal of Forest Research and Development* **2015**, 1 (2): 135-144. (In Persian)

Hagen-Thorn, A.; Callesen, I.; Armolaitis, K.; Nihlgård, B., The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. *Forest ecology and management* **2004**, 195 (3), 373-384.

Hassanzad Navroodi, I.; Zarkami, R.; Salehi, A.; Radkarimi, M., Quantitative and qualitative characteristics of trees and some site factors in natural habitats of Velvet maples (*Acer velutinum*) in Asalem. *Journal*

- of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* **2006**, 29 (2), 328-338. (In Persian)
- Hobbie, S. E.; Schimel, J. P.; Trumbore, S. E.; Randerson, J. R., Controls over carbon storage and turnover in high-latitude soils. *Global change biology* **2000**, 6 (S1), 196-210.
- Kianmehr, A.; Hojati, S.; Kooch, Y.; Ghasemi agh bash, F., 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* **2019**, 5 (3), 379-389. (In Persian)
- Kooch, Y.; Moghimian, N.; Alberti, G., C and N cycle under beech and hornbeam tree species in the Iranian old-growth forests. *Catena* **2020**, 187, 104406.
- Kooch, Y.; Bayranvand, M., Labile soil organic matter changes related to forest floor quality of tree species mixtures in Oriental beech forests. *Ecological Indicators* **2019**, 107, 105598.
- Marefat, S.; Eshaghi Rad, J.; Khanalizadeh, A., Effects of mixed beech and hornbeam stands on soil properties and plant species diversity indices in Hyrcanian forests of Iran. *Madera y bosques* **2020**, 26 (3), e2632015.
- Mehdifar, D.; Karamian, R.; Sagheb-Talebi, Kh.; Sepahvand, M.; Effects of some physical and chemical soil properties on quantitative characteristics of *Quercus infectoria* Oliv. at Shine Forest of Lorestan Province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2015**, 23 (2), 234-245. (In Persian)
- Moghimian, N.; Hosseini, S. M.; Kooch, Y.; Darki, B. Z., Evaluating soil biochemical/microbial indices as ecological indicators of different land use/cover in northern Iran. *Acta Ecologica Sinica* **2019**, 39 (4), 328-333.
- Mokhtari, J.; Soltani, A.; Tabari Kocheksaraee, M.; Sadati, E., Quantitative and qualitative study and index choice to compare four eastern cottonwoods (*Populus deltoides* Bartr. ex Marsh) stands in Gilan and Mazandaran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2018**, 26 (3), 368-381. (In Persian)
- Parad, G. A.; Ghobad-Nejhad, M.; Tabari, M.; Yousefzadeh, H.; Esmailzadeh, O.; Tedersoo, L.; Buyck, B., *Cantharellus alborufescens* and *C. ferruginascens* (Cantharellaceae, Basidiomycota) new to Iran. *Cryptogamie, Mycologie* **2018**, 39 (3), 299-310.
- Rafiei Jahed, R.; Fakhari, M.; Eslamdoust, J.; Fashat, M.; Kooch, Y.; Hosseini, S., Restoration of degraded forest using native and exotic species: Investigation on soil productivity and stand quality (Case study: Chamestan-Mazandaran province). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2017**, 25 (3), 483-494. (In Persian)
- Sayad, E.; Hosseini, S. M.; Mokhtari, J.; Mahdavi, R., Comparison of Growth and Qualitative Properties in Pure and Mixed Plantations of *Populus deltoides* Marsh. and *Alnus subcordata* C.A. Mey. *Pajouhesh-va-Sazandegi* **2006**, 19 (2), 2-10. (In Persian)
- Shabani, S.; Akbrinia, M.; Jalali, G.; Ali Arab, A., The effect of forest gap size on biodiversity of plant species in oak-hornbeam stands in Khanikan Chalous forest. *Iranian Journal of Biology* **2010**, 3 (4), 1-17. (In Persian)

## Study of tree quantitative and qualitative characteristics and soil fertility in pure and mixed stands of beech and hornbeam

A. Kianmehr<sup>\*1</sup>, M. Hojati<sup>2</sup>, M. B. Mahmoodi<sup>3</sup>

1- Ph.D. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Agriculture and Natural Resource University of Sari, Mazandaran, I. R. Iran. (atena.kianmehr@yahoo.com)

2- Assistant Professor, Department of Forestry, Agriculture and Natural Resource University of Sari, Mazandaran, I. R. Iran. (s.hojati@sanru.ac.ir)

3- Ph.D. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Agriculture and Natural Resource University of Sari, Mazandaran, I. R. Iran. (mahmoodi2010.m@gmail.com)

Received: 04.09.2021      Accepted: 17.12.2021

### Abstract

This research investigated some physical and chemical characteristics of soil as well as quantitative and qualitative characteristics of trees in three stands of pure beech, pure hornbeam and beech-hornbeam mixture. In each stand, 25 plots of 400 m<sup>2</sup> were selected by systematic-random method. In each plot, quantitative and qualitative characteristics were recorded. Also, litter and soil samples (up to 10 cm depth) were collected from each stand. According to the results, maximum DBH (54.47 cm), total height (22.31 m), basal area per hectare (82.03 m<sup>2</sup>) and volume per hectare (991.43 m<sup>3</sup>) were observed in pure beech while having the lowest number per hectare (314 tree per hectare). The highest C and C/N ratio of litter in pure beech were 33.16% and 13.52, respectively. Also, the highest quantity of N in litter was determined in two species of pure hornbeam (3.22%) and mixed beech-hornbeam (3.06%). In terms of soil characteristics, pure hornbeam stand showed the highest amounts of soil reaction (7.09), N (0.33%) and soil N sequestration (5.49 tons per hectare) compared to the other stands. However, the highest amounts of C (2.63%), C/N ratio (10.27) and soil C sequestration (77.16 t / ha) were observed in pure beech. The results showed that pure beech stand in terms of quantitative and qualitative characteristics and pure hornbeam stand in terms of soil fertility are in a more favorable condition.

**Keywords:** Symmetric of crown, carbon sequestration. Hyrcanian forest, litter characteristics, C/N.

---

\* Corresponding author

Tel: +989366303710