

## تغییر پذیری ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در مراحل تحولی جنگل راش (*Fagus orientalis* Lipsky) در منطقه اسالم گیلان

مجتبی آذریان<sup>۱</sup>، کامبیز ابراری واجاری<sup>۲\*</sup> و بیت‌اله امان‌زاده<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. پست الکترونیک: abrari.k@lu.ac.ir

۳- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۰۹

### چکیده

پژوهش پیش‌رو با هدف ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در مراحل تحولی جنگل راش (*Fagus orientalis* Lipsky) در منطقه اسالم استان گیلان انجام شد. سه قطعه‌نمونه یک هکتاری (۱۰۰ × ۱۰۰ متر مربع) که در آن‌ها سه مرحله تحولی جوانی، بلوغ و پوسیدگی وجود داشت، برای انجام پژوهش انتخاب شدند. در هر قطعه‌نمونه اصلی، نمونه‌برداری خاک از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری در چهار گوشه پنج قطعه‌نمونه فرعی ۴۰۰ متر مربعی (در مجموع ۶۰ نمونه) انجام شد. نتایج نشان داد که بافت خاک در مراحل سه‌گانه تحولی جنگل راش باهم اختلاف معنی‌دار دارند. تفاوت مراحل تحولی توده جنگلی موردنظر از نظر متغیرهای شیمیایی شامل پتاسیم قابل جذب، درصد کربن آلی، C/N، آهن، منگنز، مس و روی معنی‌دار بود. بیشترین میانگین تنفس میکروبی، زی‌توده میکروبی کربن و فسفر و نیز بیشترین نسبت زی‌توده میکروبی کربن به زی‌توده میکروبی نیتروژن و نسبت زی‌توده میکروبی فسفر به زی‌توده میکروبی نیتروژن در مرحله تحولی پوسیدگی مشاهده شد. براین اساس می‌توان گفت که مرحله پوسیدگی از نظر فعالیت‌های ریزاندامگان، شرایط مساعدتری دارد. یافته‌های دیگر این پژوهش نشان داد که ویژگی‌های زیستی و میکروبی خاک، شاخص بهتری برای بیان تفاوت بین مراحل تحولی جنگل هستند. در مجموع، باتوجه به شرایط سنی و ساختاری در مراحل سه‌گانه تحولی راشستان مورد مطالعه استنباط می‌شود که این مراحل طی زمان با تأثیر بر ریزاقليم، تغییراتی را در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک ایجاد می‌کنند. باتوجه به انجام پژوهش پیش‌رو در قطعه شاهد، این نتایج به‌عنوان مبنایی در توده‌های جنگلی دیگر می‌تواند توسط مدیران جنگل در عملیات جنگل‌شناسی و احیا جنگل استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: تحول جنگل، جنگل هیرکانی، قطعه شاهد، ویژگی‌های خاک.

### مقدمه

(Goodell & Faber-Langendoen, 2007). این مراحل، فرایندهای بوم‌شناختی هستند که به‌وسیله ساختار افقی و عمودی، روشنه‌های تاج‌پوشش، پراکنش حجمی در طبقه های قطری، خشک‌دار، زادآوری و یا ترکیب گونه‌ها

مراحل تحول جنگل در واکنش به آشفستگی‌های طبیعی و انسانی ایجاد می‌شوند و توده‌های جنگلی، این مراحل را براساس سن، ساختار و ویژگی‌های کارکردی تجربه می‌کنند

پوسیدگی مشهودتر از دو مرحله دیگر است. با پیشرفت مرحله پوسیدگی از تعداد درختان قطور کاسته می‌شود و توده به سمت جوان شدن (مرحله جوانی) حرکت می‌کند (Korpel, 1995). این مراحل، نماینده چندین صفت ساختاری جنگل هستند و چهارچوب زمانی مفیدی را برای درک چگونگی شکل‌گیری اختلاف ساختاری در فرایندهای طبیعی طی زمان فراهم می‌کنند (Huber, 2011). در هرکدام از مراحل تحولی مختلف، حجم سرپا، نوع پوشش گیاهی، سن و تراکم درختان متفاوت هستند (Sagheb-Talebi, 2014)، بنابراین میزان ذخیره و جذب عناصر غذایی در خاک نیز می‌تواند اختلاف داشته باشد (Rahmani et al., 2016). درنهایت، مراحل تحولی جنگل باعث تغییراتی در تولید گیاهی، تنوع زیستی، حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاهان می‌شوند (Chen et al., 2016). گیاهان می‌توانند ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی خاک را تغییر دهند، بنابراین از این طریق بر تحول خاک، خردزیستگاه‌ها و مؤلفه‌های دیگر بوم‌سازگان اثر می‌گذارند (Moradi et al., 2017). برای بررسی کیفیت خاک جنگل، ارزیابی مجموعه‌ای از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی آن‌ها به‌ویژه در مراحل مختلف تحولی توده‌های جنگلی ضروری است. پایش جنگل‌ها از نظر بررسی ویژگی‌های مذکور و نیز عناصر غذایی لایه‌های آلی آن از سال‌ها پیش در مناطق جنگلی دنیا شروع شده است. از این شاخص‌ها در تعیین وضعیت تغذیه‌ای رویشگاه و مدیریت بهتر بوم‌سازگان‌های جنگلی استفاده می‌شود (Franzaring et al., 2010). فعل و انفعالات بین پوشش گیاهی و ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، عملکرد و پایداری بوم‌سازگان‌ها را تعیین می‌کند (Zhu et al., 2012). به‌عنوان مثال، منظور از بخش زیستی ماده آلی خاک، زی توده میکروبی خاک است که در تجزیه و معدنی شدن ماده آلی خاک نقش دارد، بنابراین این متغیر در تنظیم پایداری، حاصلخیزی و عملکرد بوم‌سازگان جنگل مؤثر است (Chandra et al., 2016).

جنگل‌های هیرکانی به‌عنوان جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌کننده و باقیمانده جنگل‌های دوران سوم زمین‌شناسی

شناسایی می‌شوند (Zenner et al., 2019). مراحل تحولی، ابزاری مهم برای آگاهی از نقش فرایندهای طبیعی در شکل‌گیری تفاوت‌های ساختاری هستند (Zenner et al., 2015). مدیریت جنگل برای طراحی سیستم‌های جنگل‌شناسی به آگاهی علمی از فرایندهای تحول توده‌های جنگلی نیاز دارد (Franklin et al., 2002).

پایداری مراحل تحولی و تکاملی و تعداد این مراحل به‌وسیله تغییرات ساختار توده بر اثر رشد و مراحل خودتنظیمی مشخص می‌شوند. در هر جنگل طبیعی براساس مشخصات ظاهری درختان و صفات ساختاری توده، سه مرحله تحولی اصلی شامل جوانی یا اولیه (Initial)، بلوغ یا اوج (Optimal) و پوسیدگی یا تخریب (Decay) قابل تشخیص هستند (Korpel, 1995). در مرحله جوانی به دلیل سرعت رشد زیاد و رقابت نوری، ارتفاع درختان به‌سرعت افزایش می‌یابد. حجم توده نیز در حال افزایش است و سهم درختان کم‌قطر بیشتر می‌شود. در این مرحله، درختان در تمام طبقه‌های ارتفاعی حضور دارند و ساختار توده تاحدودی ناهمسال و پلکانی است. خشک‌دارهای رسیده در توده حضور دارند و روشن‌ها نیز به تدریج بسته می‌شوند. توده جنگلی در مرحله بلوغ شبیه به یک جنگل همسال منظم است، درحالی‌که سن درختان آن بسیار متفاوت است. طی فرایند رقابت، تعداد درختان کمتر می‌شود، اما حجم توده با تمرکز بر طبقه‌های قطری میانی به بیشینه خود می‌رسد. در این مرحله، توده جنگلی به‌صورت یک آشکوبه با تاج پوشش بسته و بدون زادآوری در کف جنگل دیده می‌شود و خشک‌دار رسیده در آن وجود ندارد. با مسن شدن درختان در اواخر مرحله بلوغ به تدریج درختان به دیرزیستی می‌رسند و شروع به پوسیدن می‌کنند. این موارد، نشانه‌هایی از آغاز مرحله پوسیدگی هستند. با افتادن درختان در این مرحله، روشن‌هایی در تاج پوشش به‌وجود می‌آیند و با رسیدن نور بیشتر به کف جنگل، زادآوری در کنار درختان قطور مستقر می‌شود. حجم توده به تدریج کاهش می‌یابد و خشک‌دارهای رسیده و قطور به‌فراوانی دیده می‌شوند. اختلاف سنی بین درختان در مرحله

ارتباط آن‌ها با تغییرات ساختاری مراحل مختلف تحولی جنگل در منطقه ناو اسالم واقع در استان گیلان بررسی شد. اطلاعات کسب‌شده از پژوهش پیش‌رو ضمن ایجاد شناخت بیشتر وضعیت زیستی و شیمیایی خاک در مراحل مختلف تحولی جنگل، درک عمیق‌تری از اثرات این رویداد مهم طبیعی بر خاک و بوم‌سازگان جنگل ایجاد می‌کند. همچنین، نتایج این پژوهش می‌تواند در شناخت دقیق‌تر مراحل تحولی جنگل و فرایند تصمیم‌گیری مدیریت جنگل هیرکانی برای تعیین روش‌ها و شیوه‌های مناسب به‌همراه مفاهیم جنگل‌شناسی در توده جنگلی راش استفاده شود.

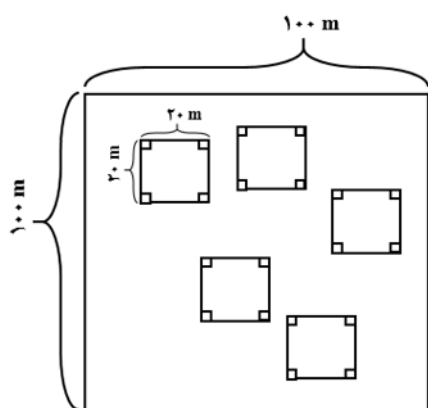
### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

برای انجام این پژوهش، قطعه شاهد سری سه (قطعه ۳۲۰) از حوزه آبخیز هفت ناو اسالم در استان گیلان انتخاب شد. مساحت این قطعه، ۴۳ هکتار و میانگین ارتفاع آن برابر با ۱۱۲۰ متر از سطح دریا است. این منطقه در طول جغرافیایی  $30^{\circ} 45' 48''$  تا  $57^{\circ} 45' 45''$  شرقی و عرض  $39^{\circ} 37' 5''$  تا  $39^{\circ} 37' 3''$  شمالی قرار دارد. متوسط درجه حرارت و بارندگی سالانه در منطقه مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۸/۵ درجه سانتیگراد و ۱۲۸۶ میلی‌متر هستند. جهت عمومی آن، شمالی و شیب بین ۳۰ تا ۶۰ درصد متغیر است. خاک قهوه‌ای جنگلی (براساس طبقه‌بندی F.A.O. از رده کامبی سول) با بافت لیمونی تا لیمون شنی و یا شنی لیمونی، تیپ غالب خاک این منطقه را تشکیل می‌دهد. همچنین، سنگ مادر بیشتر از نوع سنگ آهک است (Amanzadeh, 2015). جنگل در این قطعه بیشتر از تیپ‌های راش و راش - ممرز (*Carpinus betulus* L.) همراه با شیردار (*Acer cappadocicum* Gled.) و توسکای بیلاقی (*Alnus subcordata* C.A.Mey.) و نیز تیپ آمیخته راش، ممرز، توسکا، ون (*Fraxinus excelsior* L.) و گیلان وحشی (*Cerasus avium* (L.) Moench) تشکیل شده است. از گیاهان علفی موجود در

(Marvie Mohadjer, 2011) مهم‌ترین بوم‌سازگان‌های جنگلی ایران هستند. در این جنگل‌ها، چندین گونه درختی به صورت توده‌های خالص و آمیخته در دامنه‌های مختلف با فراوانی متفاوت حضور دارند. راش (*Fagus orientalis* Lipsky) ۱۷/۶ درصد سطح، ۲۳/۶ درصد تعداد و ۳۰ درصد حجم کل درختان این جنگل‌ها را تشکیل می‌دهد (Resaneh et al., 2000). راش از جمله گونه‌های درختی است که نقش مهمی در توالی و تحول بوم‌سازگان دارد و یکی از گونه‌های اصلی کلیماکس جنگل‌های شمال محسوب می‌شود (Delfan Abazari et al., 2004). نتایج پژوهش Delfan Abazari و همکاران (۲۰۰۴) درباره مراحل تحولی راشستان‌های طبیعی منطقه کلاردشت (لنگا) نشان داد که مراحل جوانی و پوسیدگی به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد اصله درخت در هکتار را داشتند، درحالی‌که بیشترین کمترین حجم در هکتار به ترتیب در مراحل بلوغ و پوسیدگی مشاهده شد. Mataji و Sagheb-Talebi (۲۰۰۷) در بررسی ساختار توده در مراحل تحولی و بویایی دو جامعه گیاهی راش شرقی در جنگل‌های خیرودکنار نوشهر نشان دادند که همه مراحل سه‌گانه تحولی در جامعه Rusco-*Fagetum* قابل تشخیص هستند. Akhavan و همکاران (۲۰۱۰) با ارزیابی الگوی مکانی درختان طی مراحل تحولی مختلف جنگل در توده‌های دست‌نخورده راش متعلق به جنگل‌های کلاردشت گزارش کردند که تعداد درختان از مرحله جوانی به مرحله پوسیدگی روبه‌کاهش هستند. براساس نتایج پژوهش Rahmani و همکاران (۲۰۱۶) در مورد تغییرات عناصر غذایی خاک در مراحل مختلف تحولی راشستان در استان گیلان مشخص شد که درصد کربن و مواد آلی خاک در مرحله پوسیدگی، بیشتر از دو مرحله دیگر هستند. همچنین، بیشترین مقدار پتاسیم و فسفر خاک در مرحله جوانی مشاهده شد.

پژوهش پیش‌رو با هدف ارزیابی روند تغییرات ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در مراحل مختلف تحولی توده‌های جنگلی راش انجام شد. در این پژوهش، ویژگی‌های خاک جنگل راش به‌منظور آگاهی از



شکل ۱- موقعیت نمونه خاک‌های برداشت شده در چهارگوشه هریک از قطعه‌نمونه‌های فرعی در قطعه‌نمونه اصلی یک هکتاری

نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری (پس از کنار زدن لایه‌های آلی) برداشت شد (Thoms *et al.*, 2010; Spohn & Chodak, 2015). سپس، این نمونه‌ها برای اندازه‌گیری و تجزیه متغیرها به آزمایشگاه منتقل شدند. هریک از نمونه‌های خاک به دو قسمت تقسیم شد. یک قسمت از آن‌ها برای سنجش‌های زیستی در دمای چهار درجه سانتیگراد و قسمت دیگر برای سنجش‌های فیزیکی و شیمیایی در دمای اتاق نگهداری شدند (Aliasgharzad, 2010).

#### آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، نمونه‌های خاک در آزمایشگاه و در سایه، خشک و سپس کوبیده شدند. پس‌از آن، نمونه‌ها دوباره از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. ابتدا ویژگی‌های فیزیکی خاک شامل بافت خاک به روش هیدرومتری، جرم مخصوص ظاهری توسط روش کلوخه، درصد تخلخل با استفاده از داده‌های جرم مخصوص ظاهری و حقیقی و درصد رطوبت به روش استاندارد وزنی اندازه‌گیری و محاسبه شدند (Ghazanshahi, 2006). سپس، ویژگی‌های شیمیایی خاک شامل pH خاک به روش پتانسیومتری و با استفاده از دستگاه pH متر (مدل MTT65) و در گل اشباع، EC به روش اندازه‌گیری هدایت

این جنگل‌ها می‌توان به عسلک (*Salvia glutinosa* L.)، آسپرولا (*Galium odoratum* (L.) Scop.)، سانیکول (*Sanicula europaea* L.)، سیکلامن (*Cyclamen* Mill.)، انواع بنفشه (*Viola* spp.)، انواع کارکس (*Carex* spp.) و سرخس‌ها اشاره کرد (Amanzadeh, 2015).

#### روش پژوهش

برای تعیین و مطالعه مراحل تحولی، سه قطعه‌نمونه یک هکتاری (۱۰۰×۱۰۰ متر مربع) تفکیک شد (Amanzadeh, 2015). براساس تعاریف Korpel' (۱۹۹۵) مربوط به مراحل تحولی سه‌گانه و پس از بررسی‌های لازم و جنگل‌گردشی در داخل توده‌های خالص راش منطقه مورد مطالعه، مراحل تحولی مختلف شامل جوانی، بلوغ و پوسیدگی شناسایی شدند (Sagheb-Talebi *et al.*, 2005; Mataji & Sagheb-Talebi, 2007; Amanzadeh, 2015). لازم به ذکر است که قطعه‌نمونه‌های انتخاب شده از نظر اقلیم و توپوگرافی تا حد امکان شرایط یکسانی داشتند و تفاوت آن‌ها فقط از نظر مراحل تحولی توده بود. براین اساس، هر سه قطعه‌نمونه در جهت جغرافیایی غالب شمالی با میانگین شیب ۴۵ درصد قرار داشتند. همچنین، ارتفاع این قطعه‌ها بین ۱۰۰۰ تا ۱۱۰۰ متر از سطح دریا متغیر بود.

#### نمونه‌برداری خاک

ابتدا در هریک از این سه قطعه‌نمونه اصلی که هرکدام معرف یک مرحله هستند، پنج قطعه‌نمونه فرعی ۴۰۰ متری مربعی (۲۰×۲۰ متر مربع) (Mölder *et al.*, 2008) انتخاب شد (شکل ۱). سپس، به منظور بررسی خاک در سه مرحله تحولی، نمونه‌برداری‌ها از چهارگوشه هریک از این قطعه‌نمونه‌های فرعی انجام گرفت (Rahmani *et al.*, 2016). در مجموع، ۶۰ نمونه خاک از عرصه‌های سه مرحله تحولی مشخص شده (۲۰ نمونه در هر مرحله) در اواخر مهرماه برداشت شد.

بی‌کربنات سدیم به‌کار برده شد و در ادامه، از روش اولسن و قرائت با دستگاه اسپکتروفوتومتر استفاده شد. براساس اختلاف فسفر خاک‌های تدخین‌شده و تدخین‌نشده، میزان زی‌توده میکروبی فسفر (mg/kg) محاسبه شد (Aliasgharzad, 2010).

### تجزیه و تحلیل آماری

برای ارزیابی اختلاف بین مراحل مختلف تحولی جنگل راش از نظر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی پس از مشخص شدن نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-سمیرنوف و همگنی واریانس با آزمون لون (Leven) از تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و آزمون SNK برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد انجام گرفت.

### نتایج

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که در بین ویژگی‌های فیزیکی فقط درصد اجزای تشکیل‌دهنده بافت خاک در مراحل سه‌گانه تحولی جنگل راش باهم اختلاف معنی‌دار دارند (جدول ۱). به طوری‌که بیشترین مقدار شن و سیلت به ترتیب در مراحل جوانی و بلوغ مشاهده شد، در حالی‌که رس در مرحله‌های بلوغ و پوسیدگی، بیشترین مقدار را داشت (جدول ۲). مراحل تحولی توده جنگلی راش از نظر برخی متغیرهای شیمیایی شامل پتاسیم قابل جذب، درصد کربن آلی، نسبت C/N و عناصر کم‌مصرف شامل آهن، منگنز، مس و روی اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۳). میانگین متغیرهای مذکور برای هر کدام از مراحل تحولی در جدول ۴ آمده است. بیشترین میانگین تنفس میکروبی، زی‌توده میکروبی کربن و فسفر و نیز برخی نسبت‌های آن‌ها مانند نسبت زی‌توده میکروبی کربن به زی‌توده میکروبی نیتروژن و نسبت زی‌توده میکروبی فسفر به زی‌توده میکروبی نیتروژن در مرحله تحولی پوسیدگی مشاهده شد (جدول ۵ و شکل‌های ۲ و ۳).

الکتریکی با استفاده از عصاره اشباع و دستگاه EC متر (مدل AZ-86503)، کربن آلی از روش والکلی بلاک، ازت کل توسط روش کج‌لدال، فسفر قابل جذب از روش اولسن و با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر، میزان پتاسیم، کلسیم و منیزیم از روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و قرائت با دستگاه جذب اتمی و نیز عناصر کم‌مصرف شامل آهن، منگنز، مس و روی به روش کلات کردن با DTPA و با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند (Ghazanshahi, 2006).

### آزمایش‌های زیستی خاک

برای اندازه‌گیری متغیرهای زیستی باید از خاک مرطوب و تازه استفاده شود (Aliasgharzad, 2010). به منظور برآورد میزان تنفس میکروبی از روش بطری بسته در مجاورت هیدروکسید سدیم استفاده شد. به این صورت که پس از یک هفته، هیدروکسید سدیم از درون ظرف دربسته حاوی خاک مرطوب خارج شد. پس از افزودن کلرید باریم با اسید کلریدریک رقیق تیترا شد. در نهایت، میزان تنفس میکروبی خاک برحسب میلی‌گرم CO<sub>2</sub> متصاعدشده از یک گرم خاک خشک در روز محاسبه شد (Aliasgharzad, 2010). اندازه‌گیری زی‌توده میکروبی کربن از روش تدخین خاک مرطوب با کلروفورم در دسیکاتور و استخراج عصاره با استفاده از محلول سولفات پتاسیم انجام گرفت. در پایان، با استفاده از روش والکلی بلاک و تفاوت بین کربن آلی استخراج‌شده از خاک‌های تدخین‌شده و تدخین‌نشده، میزان زی‌توده میکروبی کربن برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم محاسبه شد. به منظور تعیین زی‌توده میکروبی نیتروژن خاک در ابتدا از روش تدخین با کلروفورم و استخراج عصاره با محلول سولفات پتاسیم استفاده شد. در پایان، با روش کج‌لدال و اندازه‌گیری اختلاف بین نیتروژن خاک‌های تدخین‌شده و تدخین‌نشده، زی‌توده میکروبی نیتروژن (برحسب mg/kg) محاسبه شد. برای برآورد زی‌توده میکروبی فسفر خاک نیز روش تدخین با کلروفورم، سپس استخراج عصاره با محلول

جدول ۱- تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیکی خاک در سه مرحله تحولی جنگل‌های راش

متغیر	درجه آزادی	F	معنی‌داری
رطوبت خاک	۲	۲/۶۲۱	۰/۰۸۲ <sup>ns</sup>
جرم مخصوص ظاهری	۲	۱/۸۴۱	۰/۱۶۸ <sup>ns</sup>
تخلخل	۲	۱/۸۴۴	۰/۱۶۷ <sup>ns</sup>
رس	۲	۱۰/۴۰۹	۰/۰۰۰ <sup>**</sup>
سیلت	۲	۲۸/۵۵۷	۰/۰۰۰ <sup>**</sup>
شن	۲	۲۳/۵۲۸	۰/۰۰۰ <sup>**</sup>

\*\* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ <sup>ns</sup> غیرمعنی‌دارجدول ۲- مقایسه میانگین ( $\pm$  انحراف معیار) ویژگی‌های فیزیکی خاک در سه مرحله تحولی جنگل‌های راش

مرحله تحولی	رطوبت خاک (درصد)	جرم مخصوص ظاهری (g/cm <sup>3</sup> )	تخلخل (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)
جوانی (اولیه)	۳۲/۴±۴/۰۷ <sup>a</sup>	۱/۴۲±۰/۱۵۸ <sup>a</sup>	۶۰/۸±۱/۱۵ <sup>a</sup>	۶/۷۴±۲/۰۱ <sup>b</sup>	۱۹/۹۷±۳/۴۵ <sup>c</sup>	۷۳/۲۹±۵/۲۱ <sup>a</sup>
بلوغ (اوج)	۳۱/۳۴±۴/۵۲ <sup>a</sup>	۱/۴۵±۰/۲۱۳ <sup>a</sup>	۶۰±۱/۵۶ <sup>a</sup>	۱۰/۸۹±۳/۹۷ <sup>a</sup>	۲۶/۹۳±۲/۹۹ <sup>a</sup>	۶۲/۱۸±۶/۲۲ <sup>b</sup>
پوسیدگی (تخریب)	۳۴/۲۱±۳/۳۴ <sup>a</sup>	۱/۳۵±۰/۱۳۴ <sup>a</sup>	۶۰/۰۵±۱/۶۷ <sup>a</sup>	۹/۷۷±۲/۶۱ <sup>a</sup>	۲۴/۹۷±۲/۵۱ <sup>b</sup>	۶۵/۲۶±۴/۲۶ <sup>b</sup>

حروف انگلیسی متفاوت در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد هستند.

جدول ۳- تجزیه واریانس ویژگی‌های شیمیایی خاک در سه مرحله تحولی جنگل‌های راش

متغیر	درجه آزادی	F	معنی‌داری
اسیدیتته	۲	۳/۱۲۷	۰/۰۵۱ <sup>*</sup>
هدایت الکتریکی	۲	۱/۵۸۴	۰/۲۱۴ <sup>ns</sup>
کربن آلی	۲	۳/۸۱۲	۰/۰۲۸ <sup>*</sup>
ازت کل	۲	۱/۷۸۷	۰/۱۷۷ <sup>ns</sup>
نسبت کربن به نیتروژن	۲	۸/۷۱۹	۰/۰۰۰ <sup>**</sup>
فسفر قابل جذب	۲	۲/۸۹۸	۰/۰۶۳ <sup>ns</sup>
پتاسیم قابل جذب	۲	۳۱/۲۱۲	۰/۰۰۰ <sup>**</sup>
کلسیم تبادل	۲	۲/۳۸۸	۰/۱۰۱ <sup>ns</sup>
منیزیم تبادل	۲	۲/۰۶۲	۰/۱۳۷ <sup>ns</sup>
آهن	۲	۵/۶۷۷	۰/۰۰۶ <sup>**</sup>
منگنز	۲	۲۰/۷۱۶	۰/۰۰۰ <sup>**</sup>
مس	۲	۲۱/۵۸۲	۰/۰۰۰ <sup>**</sup>
روی	۲	۱۴/۷۲۴	۰/۰۰۰ <sup>**</sup>

\*\* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ \* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ <sup>ns</sup> غیرمعنی‌دار

جدول ۴- مقایسه میانگین ( $\pm$  انحراف معیار) ویژگی‌های شیمیایی خاک در سه مرحله تحولی جنگل‌های راش

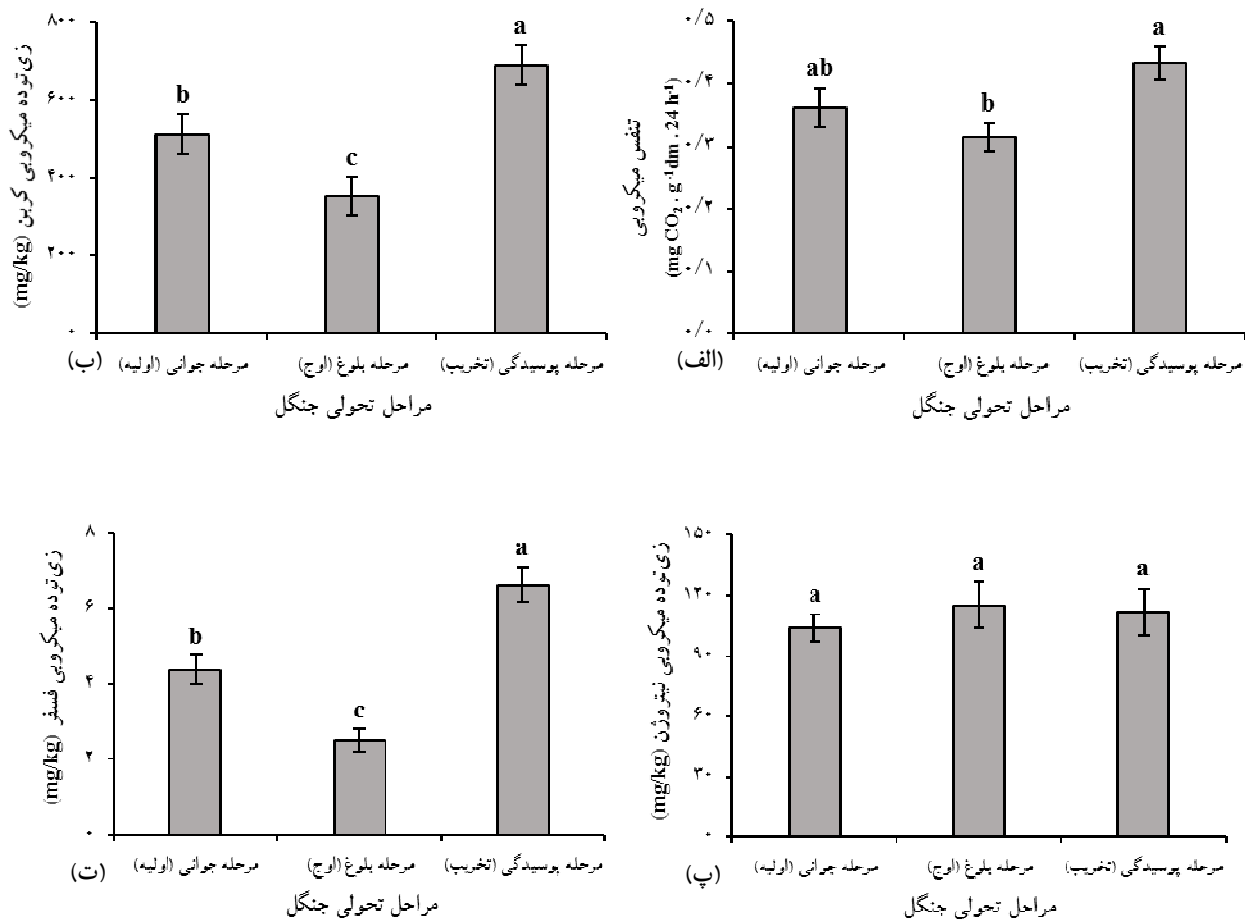
متغیر	مرحله جوانی (اولیه)	مرحله بلوغ (اوج)	مرحله پوسیدگی (تخریب)
اسیدیته	۵/۵۰±۰/۳۳۲ <sup>ab</sup>	۵/۶۴±۰/۲۱۴ <sup>a</sup>	۵/۴۱±۰/۳۱۵ <sup>b</sup>
هدایت الکتریکی (ms/cm)	۰/۱۸۱±۰/۰۳۴ <sup>a</sup>	۰/۲۰۲±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۲۰۳±۰/۰۵۲ <sup>a</sup>
کربن آلی (درصد)	۲/۹۶±۰/۵۳۸ <sup>a</sup>	۲/۸۲±۰/۴۹۳ <sup>ab</sup>	۲/۵۴±۰/۴۲۱ <sup>b</sup>
ازت کل (درصد)	۰/۳۵۹±۰/۰۶ <sup>a</sup>	۰/۳۸۹±۰/۰۴۹ <sup>a</sup>	۰/۳۷۲±۰/۰۳۶ <sup>a</sup>
نسبت کربن به نیتروژن	۸/۲۴±۰/۸۸۳ <sup>a</sup>	۷/۲۳±۰/۷۸۸ <sup>b</sup>	۶/۵۲±۱/۹۳۱ <sup>b</sup>
فسفر قابل جذب (mg/kg)	۱۴/۰۱±۲/۲۳ <sup>a</sup>	۱۴/۴۲±۱/۷ <sup>a</sup>	۱۵/۴۶±۱/۹۱ <sup>a</sup>
پتاسیم قابل جذب (g/kg)	۱۹۷۶/۹±۵۸۷/۱ <sup>c</sup>	۲۶۰۶/۶±۷۳۱/۴ <sup>b</sup>	۲۸۳۳/۵±۹۱۳/۳ <sup>a</sup>
کلسیم تبادل (μg/g)	۲۶۹۳۶/۴±۶۶۷۱/۱ <sup>a</sup>	۲۲۳۹۵/۶±۴۲۷۹/۷ <sup>a</sup>	۲۳۷۶۴/۷±۸۵۷۴/۲ <sup>a</sup>
منیزیم تبادل (μg/g)	۲۹۵/۲±۴۰/۷ <sup>a</sup>	۳۲۰/۳±۴۷/۸۵ <sup>a</sup>	۲۹۷/۸±۳۹/۱۸ <sup>a</sup>
آهن (μg/g)	۵۲/۶±۱۵/۲۷ <sup>b</sup>	۶۶/۶۴±۱۲/۳۶ <sup>a</sup>	۵۶/۵۵±۱۲/۹۵ <sup>b</sup>
منگنز (μg/g)	۱۳/۳±۲/۷۱ <sup>b</sup>	۲۲/۰۴±۵/۶۸ <sup>a</sup>	۲۰/۳۷±۴/۷۶ <sup>a</sup>
مس (μg/g)	۰/۱۹۱±۰/۰۷۱ <sup>b</sup>	۰/۳۷۲±۰/۰۹۳ <sup>a</sup>	۰/۴۱۳±۰/۱۵۸ <sup>a</sup>
روی (μg/g)	۰/۴۱۷±۰/۱۱ <sup>c</sup>	۰/۶۲۳±۰/۱۲۲ <sup>a</sup>	۰/۵۳۷±۰/۱۳ <sup>b</sup>

حروف انگلیسی متفاوت در هر ردیف بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

جدول ۵- تجزیه واریانس متغیرهای زیستی و میکروبی خاک در سه مرحله تحولی جنگل‌های راش

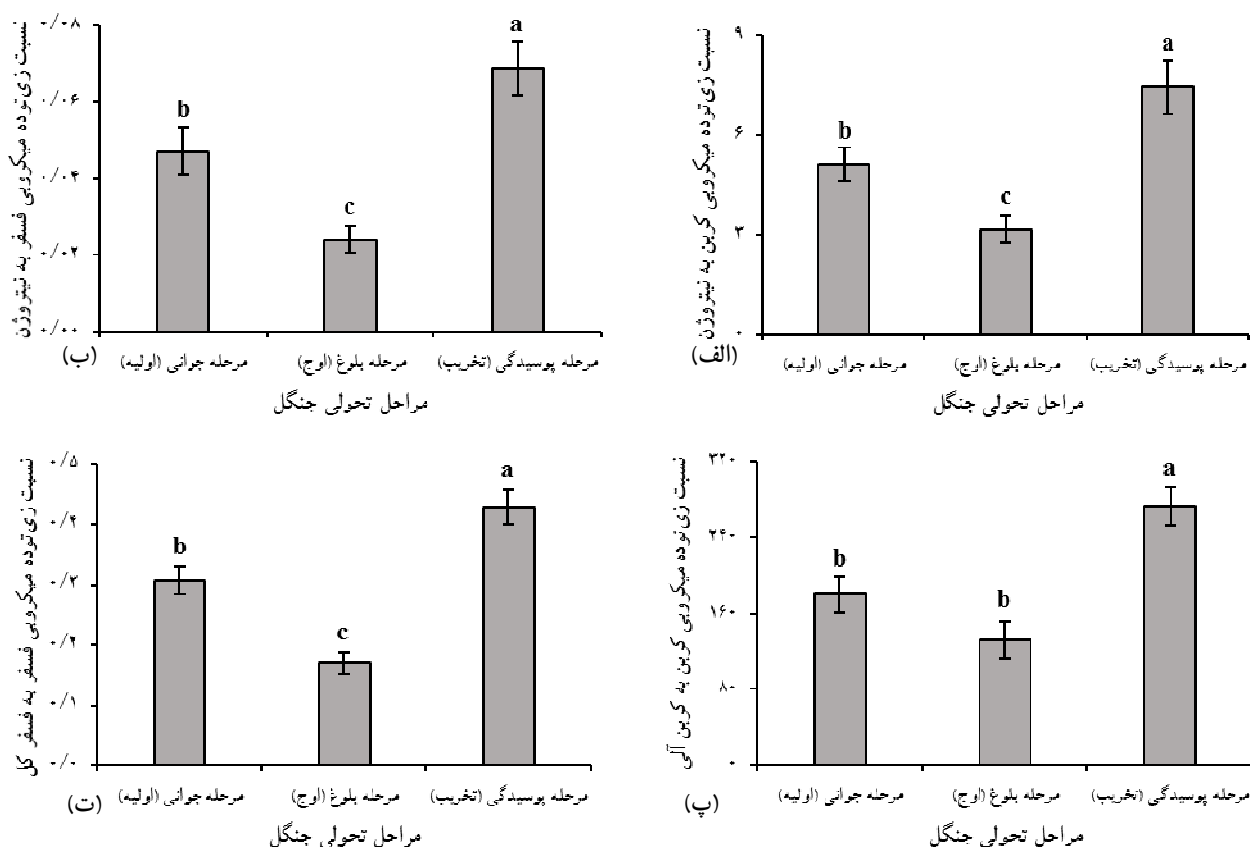
متغیر	درجه آزادی	F	معنی‌داری
تنفس میکروبی	۲	۴/۹۳۱	۰/۰۱۱*
زی توده میکروبی کربن	۲	۱۱/۰۵۹	۰/۰۰۰**
زی توده میکروبی نیتروژن	۲	۰/۳۳۷	۰/۷۱۶ <sup>ns</sup>
زی توده میکروبی فسفر	۲	۲۸/۱۸۶	۰/۰۰۰**
نسبت زی توده میکروبی کربن به زی توده میکروبی نیتروژن	۲	۱۳/۲۹۶	۰/۰۰۰**
نسبت زی توده میکروبی کربن به زی توده میکروبی فسفر	۲	۱/۴۶۳	۰/۲۴ <sup>ns</sup>
نسبت زی توده میکروبی فسفر به زی توده میکروبی نیتروژن	۲	۱۵/۰۲۳	۰/۰۰۰**
نسبت زی توده میکروبی کربن به کربن آلی	۲	۱۳/۴۰۲	۰/۰۰۰**
نسبت زی توده میکروبی نیتروژن به نیتروژن کل	۲	۰/۳۱۵	۰/۷۳۱ <sup>ns</sup>
نسبت زی توده میکروبی فسفر به فسفر کل	۲	۳۱/۰۶۲	۰/۰۰۰**

\*\* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ \* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ <sup>ns</sup> غیر معنی‌دار



شکل ۲- میانگین (± انحراف معیار) تنفس میکروبی (الف)، زی توده میکروبی کربن (ب)، زی توده میکروبی نیتروژن (پ) و زی توده میکروبی فسفر (ت) خاک در سه مرحله تحولی جنگل‌های راش  
 حروف انگلیسی متفاوت بر روی هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.





شکل ۳- میانگین ( $\pm$  انحراف معیار) نسبت زی توده میکروبی کربن به زی توده میکروبی نیتروژن (الف)، نسبت زی توده میکروبی فسفر به زی توده میکروبی نیتروژن (ب)، نسبت زی توده میکروبی کربن به کربن آلی (پ) و نسبت زی توده میکروبی فسفر به فسفر کل (ت) حروف انگلیسی متفاوت بر روی هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

## بحث

مورد مطالعه متصور بود. افزایش درصد کربن آلی و در نتیجه، ماده آلی خاک در مرحله بلوغ بیانگر تأثیر سن توده جنگلی است (جدول‌های ۳ و ۴). در بعضی از پژوهش‌ها، زیادتیر شدن مقدار این عنصر مهم به علت افزایش سن جنگل گزارش شده است (Teixeira *et al.*, 2020). افزایش زی توده پوشش گیاهی و نیز کاهش مقدار فرسایش می‌تواند منجر به افزایش کربن آلی (Deng *et al.*, 2013) در این مرحله تحولی توده مورد مطالعه شود. همچنین، براساس نظر Vesterdal و همکاران (۲۰۱۳)، مقدار بیشتر کربن آلی می‌تواند به دلیل حجم بیشتر لاش‌برگ سالانه درختان باشد، اما مواد آلی حاصل از تجزیه بقایای درختان و ریشه‌های آنها، سهم بیشتری از کربن آلی را به خود اختصاص

نتایج پژوهش پیش‌رو بیانگر وجود تفاوت‌هایی بین مراحل تحولی توده راش مورد مطالعه از نظر ویژگی‌های خاک و در واقع کیفیت آن است. براساس نظر Zhu و همکاران (۲۰۱۲)، آب‌شویی بیشتر ذرات ریز رس در مقایسه با ذرات بزرگ‌تر سیلت و شن در مرحله جوانی می‌تواند منجر به درصد کمتر رس در این مرحله نسبت به مراحل بلوغ و پوسیدگی شود (جدول‌های ۱ و ۲). همچنین، Krüger و Carrick (۲۰۰۷) بیان کردند که در پوشش‌های گیاهی متراکم به همراه سیستم‌های ریشه‌ای توسعه‌یافته و ماده آلی بیشتر خاک، ذرات رس بهتر حفظ می‌شوند. چنین وضعیتی را می‌توان برای مراحل تحولی جنگل راش

مرحله تحولی پوسیدگی بیشتر است. این یافته نشان‌دهنده در دسترس بودن بیشتر عناصر غذایی در این مرحله تحولی است. نسبت زی‌توده میکروبی کربن به ازت در مناطق معتدله، معرف فراوانی جوامع قارچی در زی‌توده میکروبی خاک است (Chandra *et al.*, 2016). به‌علت اینکه کمیت، کیفیت و روند تجزیه بقایای گیاهی در مراحل تحولی جنگل باهم تفاوت دارند، این مراحل بر جوامع و فرایندهای میکروبی خاک در بوم‌سازگان جنگل اثر می‌گذارد (Jiang *et al.*, 2009). در بوم‌سازگان‌های جنگلی بین زی‌توده میکروبی خاک با ویژگی‌های مختلف خاک مانند رطوبت، درجه حرارت، مقدار ماده آلی و بافت خاک ارتباط وجود دارد (Zhao *et al.*, 2009). این ارتباط در مرحله پوسیدگی راشستان مورد مطالعه ممکن است بیشتر باشد. با افزایش سن جنگل، نسبت زی‌توده میکروبی کربن به ماده آلی افزایش می‌یابد (Jia *et al.*, 2010)، بنابراین می‌توان گفت که مقدار بیشتر این نسبت در مرحله پوسیدگی بیانگر تأثیر عامل سن درختان (افزایش مواد آلی) بر این متغیر است. برآورد تنفس میکروبی، بخش فعال زی‌توده میکروبی خاک را نشان می‌دهد (Chandra *et al.*, 2016). به‌طورکلی، مقدار بیشتر تنفس میکروبی در مرحله پوسیدگی حاکی از فعالیت بیشتر میکروب‌ها و شرایط مساعدتر در این مرحله و در جنگل‌های معتدله خزان‌کننده است (Alizadeh *et al.*, 2016). اختلاف در زی‌توده بستر جنگل، ریشه، زی‌توده میکروبی و ویژگی‌های شیمیایی خاک باعث تغییر تنفس میکروبی خاک در بین رویشگاه‌ها می‌شود (Wang *et al.*, 2010). این تفاوت‌ها منجر به اختلاف میزان تنفس میکروبی خاک بین مراحل تحولی می‌شود.

براساس نتایج پژوهش پیش‌رو می‌توان گفت که در مجموع، مرحله پوسیدگی از نظر ویژگی‌های زیستی و فعالیت‌های ریزاندامگان در شرایط مساعدتری قرار دارد (Alizadeh *et al.*, 2016). همچنین، نتایج دیگر نشان می‌دهد که ویژگی‌های زیستی و میکروبی خاک، شاخص بهتری در ارزیابی و بیان تفاوت بین مراحل تحولی مختلف جنگل هستند. به‌طورکلی و باتوجه‌به شرایط سنی و ساختاری مربوط به مراحل سه‌گانه تحولی راشستان استنباط

می‌دهند. به‌طورکلی مقدار بیشتر کربن آلی خاک با حرارت کم و رطوبت زیاد خاک در ارتباط است (van Hall *et al.*, 2017). باتوجه‌به ارتفاع از سطح دریا و نیز جهت شمالی منطقه مورد مطالعه، چنین شرایطی می‌تواند در توده جنگلی موردنظر وجود داشته باشد، چراکه تاج‌پوشش بسته و روشن‌های کمتر در مراحل بلوغ و جوانی می‌تواند منجر به نور و حرارت کمتر و رطوبت بیشتر در این مراحل نسبت به مرحله پوسیدگی شود، بنابراین انتظار می‌رود که کربن آلی خاک در مراحل جوانی و بلوغ بیشتر باشد. همچنین، C/N بیشتر را می‌توان با تجزیه کمتر ماده آلی در اثر حرارت کم رویشگاه‌های مرتفع مرتبط دانست (Andrianarisoa *et al.*, 2009). این شرایط در مرحله تحولی جوانی راش به دلیل ارتفاع بالاتر می‌تواند وجود داشته باشد. غلظت کربن آلی و میزان C/N در جنگل می‌تواند متأثر از کیفیت لاش‌برگ باشند (Grüneberg *et al.*, 2013)، چراکه این متغیرها در مراحل تحولی مختلف و با وجود شرایط گوناگون ممکن است متفاوت باشد. مقدار زیاد کاتیون‌های پتاسیم، آهن، منگنز، مس و روی در مرحله تحولی بلوغ و پوسیدگی راشستان موردنظر که در جهت جغرافیایی شمال واقع است، بیانگر حجم زیاد و تجزیه بیشتر لاش‌برگ در آن‌ها هستند. تجزیه بیشتر لاش‌برگ در جهت شمالی نشان‌دهنده چرخه سریع عناصر و در نتیجه، مقدار بیشتر آن‌ها در خاک است (Sariyildiz *et al.*, 2005).

براساس نتایج پژوهش پیش‌رو، pH خاک در تمام مراحل تحولی جنگل راش مورد مطالعه، اسیدی بود، اما نمونه‌های خاک متعلق به مرحله پوسیدگی، pH کمتری داشتند. این یافته می‌تواند بیانگر وجود لایه ضخیم‌تر هوموس باتوجه‌به سن و ساختار درختان راش در این مرحله باشد. Fernández-Delgado Juárez و همکاران (۲۰۱۵) ذکر کردند که وجود یک لایه ضخیم هوموس در خاک می‌تواند اسیدیته خاک را تغییر دهد. براساس نظر Zhao و همکاران (۲۰۱۲)، pH خاک می‌تواند دسترسی گیاه به عناصر غذایی را تحت تأثیر قرار دهد. در شکل‌های ۲ و ۳ مشاهده می‌شود که زی‌توده میکروبی کربن و فسفر و نیز نسبت آن‌ها به زی‌توده میکروبی ازت در

- in Hunan Province, South China. *Plant and Soil*, 409(1-2): 217-228.
- Delfan Abazari, B., Sagheb-Talebi, Kh. and Namiranian, M., 2004. Development stages and dynamic of undisturbed oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands in Kelardasht region (Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 12(3): 307-326 (In Persian).
  - Deng, L., Wang, K.B., Chen, M.L., Shangguan, Z.P. and Sweeney, S., 2013. Soil organic carbon storage capacity positively related to forest succession on the Loess Plateau, China. *Catena*, 110: 1-7.
  - Fernández-Delgado Juárez, M., Gómez-Brandón, M., Knapp, A., Stöhr, D. and Insam, H., 2015. Chemical and microbiological properties of alpine forest soils: Effects of pelletized ashes in a short-term trial. *Forest Ecology and Management*, 357: 42-49.
  - Franklin, J.F., Spies, T.A., Van Pelt, R., Carey, A.B., Thornburgh, D.A., Berg, D.R., ... and Chen, J., 2002. Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example. *Forest Ecology and Management*, 155(1-3): 399-423.
  - Franzaring, J., Holz, I., Zipperle, J. and Fangmeier, A., 2010. Twenty years of biological monitoring of element concentrations in permanent forest and grassland plots in Baden-Württemberg (SW Germany). *Environmental Science and Pollution Research*, 17(1): 4-12.
  - Ghazanshahi, J., 2006. *Soil and Plant Analysis* (translation). Ayizh Publications, Tehran, 272p (In Persian).
  - Goodell, L. and Faber-Langendoen, D., 2007. Development of stand structural stage indices to characterize forest condition in Upstate New York. *Forest Ecology and Management*, 249(3): 158-170.
  - Grüneberg, E., Schöning, I., Hessenmöller, D., Schulze, E.D. and Weisser, W.W., 2013. Organic layer and clay content control soil organic carbon stocks in density fractions of differently managed German beech forests. *Forest Ecology and Management*, 303: 1-10.
  - Huber, M.O., 2011. Statistical models to identify stand development stages by means of stand characteristics. *Canadian Journal of Forest Research*, 41(1): 111-123.
  - Jia, G.M., Liu, B.R., Wang, G. and Zhang, B., 2010. The microbial biomass and activity in soil with shrub (*Caragana korshinskii* K.) plantation in the semi-arid loess plateau in China. *European Journal of Soil Biology*, 46(1): 6-10.
  - Jiang, J.P., Xiong, Y.C., Jiang, H.M., Ye, D.Y., Song, می‌شود که این مراحل در بازه زمانی با تأثیر بر ریزاقلیم، تغییراتی را در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک ایجاد می‌کنند. با توجه به انجام این پژوهش در قطعه شاهد، نتایج به دست آمده می‌تواند به عنوان مبنایی در توده‌های جنگلی دیگر توسط مدیران جنگل در مدیریت جنگل، عملیات جنگل‌شناسی و احیا جنگل استفاده شود.
- منابع مورد استفاده**
- Akhavan, R., Sagheb-Talebi, Kh., Hassani, M. and Parhizkar, P., 2010. Spatial patterns in untouched beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands over forest development stages in Kelardasht region of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(2): 322-336 (In Persian).
  - Aliasgharzad, N., 2010. *Laboratory Methods in Soil Biology* (translation). Published by Tabriz University, Tabriz, 522p (In Persian).
  - Alizadeh, T., Matinizadeh, M., Salehi, A. and Taheri Abkenar, K., 2016. Alteration of phosphatase activity and physiochemical properties of soil in different development stages in beech stand (case study: Rezvanshahr). *Journal of Forest and Wood Products* (Iranian Journal of Natural Resources), 69(3): 453-460 (In Persian).
  - Amanzadeh, B., 2015. Investigation on structure, natural stand development stages and ecological characteristics of canopy gaps in mixed stands of Nav forests, Asalem. Ph.D. thesis, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, 208p (In Persian).
  - Andrianarisoa, K.S., Zeller, B., Dupouey, J.L. and Dambrine, E., 2009. Comparing indicators of N status of 50 beech stands (*Fagus sylvatica* L.) in northeastern France. *Forest Ecology and Management*, 257(11): 2241-2253.
  - Carrick, P.J. and Krüger, R., 2007. Restoring degraded landscapes in lowland Namaqualand: Lessons from the mining experience and from regional ecological dynamics. *Journal of Arid Environments*, 70(4): 767-781.
  - Chandra, L.R., Gupta, S., Pande, V. and Singh, N., 2016. Impact of forest vegetation on soil characteristics: a correlation between soil biological and physico-chemical properties. *3 Biotech*, 6(2): 188.
  - Chen, L.C., Wang, S.L. and Wang, Q.K., 2016. Ecosystem carbon stocks in a forest chronosequence

- respiration per unit biomass increases with carbon-to-nutrient ratios in forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 81: 128-133.
- Teixeira, H.M., Cardoso, I.M., Bianchi, F.J.J.A., da Cruz Silva, A., Jamme, D. and Peña-Claros, M., 2020. Linking vegetation and soil functions during secondary forest succession in the Atlantic forest. *Forest Ecology and Management*, 457: 117696.
  - Thoms, C., Gattinger, A., Jacob, M., Thomas, F.M. and Gleixner, G., 2010. Direct and indirect effects of tree diversity drive soil microbial diversity in temperate deciduous forest. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(9): 1558-1565.
  - van Hall, R.L., Cammeraat, L.H., Keesstra, S.D. and Zorn, M., 2017. Impact of secondary vegetation succession on soil quality in a humid Mediterranean landscape. *Catena*, 149(3): 836-843.
  - Vesterdal, L., Clarke, N., Sigurdsson, B.D. and Gundersen, P., 2013. Do tree species influence soil carbon stocks in temperate and boreal forests?. *Forest Ecology and Management*, 309: 4-18.
  - Wang, X., Jiang, Y., Jia, B., Wang, F. and Zhou, G., 2010. Comparison of soil respiration among three temperate forests in Changbai Mountains, China. *Canadian Journal of Forest Research*, 40(4): 788-795.
  - Zenner, E.K., Peck, J.E. and Sagheb-Talebi, Kh., 2019. Patchiness in old-growth oriental beech forests across development stages at multiple neighborhood scales. *European Journal of Forest Research*, 138(4): 739-752.
  - Zenner, E.K., Sagheb-Talebi, Kh., Akhavan, R. and Peck, J.E., 2015. Integration of small-scale canopy dynamics smoothes live-tree structural complexity across development stages in old-growth Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forests at the multi-gap scale. *Forest Ecology and Management*, 335: 26-36.
  - Zhao, D., Li, F. and Wang, R., 2012. The effects of different urban land use patterns on soil microbial biomass nitrogen and enzyme activities in urban area of Beijing, China. *Acta Ecologica Sinica*, 32(3): 144-149
  - Zhao, X., Wang, Q. and Kakubari, Y., 2009. Stand-scale spatial patterns of soil microbial biomass in natural cold-temperate beech forests along an elevation gradient. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(7): 1466-1474.
  - Zhu, H., He, X., Wang, K., Su, Y. and Wu, J., 2012. Interactions of vegetation succession, soil biochemical properties and microbial communities in a Karst ecosystem. *European Journal of Soil Biology*, 51: 1-7.
  - Y.J. and Li, F.M., 2009. Soil microbial activity during secondary vegetation succession in semiarid abandoned lands of Loess Plateau. *Pedosphere*, 19(6): 735-747.
  - Korpel', Š., 1995. *Die Urwälder der Westkarpaten*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 310p (In German).
  - Marvie Mohadjer, M.R., 2011. *Silviculture*. University of Tehran Press, Tehran, 418p (In Persian).
  - Mataji, A. and Sagheb-Talebi, Kh., 2007. Development stages and dynamic of two oriental beech (*Fagus orientalis*) communities at natural forests of Kheirudkenar-Noshahr. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(4): 398-416 (In Persian).
  - Mölder, A., Bernhardt-Römermann, M. and Schmidt, W., 2008. Herb-layer diversity in deciduous forests: raised by tree richness or beaten by beech?. *Forest Ecology and Management*, 256(3): 272-281.
  - Moradi, J., Mudrák, O., Kukla, J., Vicentini, F., Šimáčková, H. and Frouz, J., 2017. Variations in soil chemical properties, microbial biomass, and faunal populations as related to plant functional traits, patch types, and successional stages at Sokolov post-mining site - A case study. *European Journal of Soil Biology*, 83: 58-64.
  - Rahmani, A., Teimouri, M., Matinizade, M., Kalafi, Y. and Amanzade, B., 2016. Evaluation of soil and leaves nutrients concentration of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in different development stages of a beech stand (Case study: Raze forest, Guilan). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24(2): 323-331 (In Persian).
  - Resaneh, Y., Moshtagh Kahnemoui, M.H. and Salehi, P., 2000. Quantitative and qualitative study of north forests of Iran. *Proceedings of National Conference on Management of Northern Iranian Forests and Sustainable Development*. Ramsar, Iran, 6-7 Sep. 2000: 55-79 (In Persian).
  - Sagheb-Talebi, Kh., 2014. *Appropriate characteristics of beech stands for application of close to nature silviculture (selection system)*. Final Report of Research Project, Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 120p (In Persian).
  - Sagheb-Talebi, Kh., Delfan Abazari, B. and Namiranian, M., 2005. Regeneration process in natural uneven-aged Caspian beech forests of Iran. *Swiss Forestry Journal*, 156(12): 477-480.
  - Sariyildiz, T., Anderson, J.M. and Kucuk, M., 2005. Effects of tree species and topography on soil chemistry, litter quality, and decomposition in Northeast Turkey. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(9): 1695-1706.
  - Spohn, M. and Chodak, M., 2015. *Microbial*

## Variability of soil physical, chemical and biological properties in developmental stages of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest of Asalem, Gilan Province, Iran

M. Azaryan<sup>1</sup>, K. Abrari Vajari<sup>2\*</sup> and B. Amanzadeh<sup>3</sup>

1- Ph.D. Student of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorram Abad, Iran

2\*- Corresponding author, Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorram Abad, Iran. E-mail: abrari.k@lu.ac.ir

3- Assistant Prof., Research Division of Natural Resources, Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Rasht, Iran

Received: 28.03.2020

Accepted: 21.05.2020

### Abstract

This study aimed at evaluating the physical, chemical and biological properties of soil in the developmental stages of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest in Asalem-Guilan region. Three 1-hectare plots (100 × 100 m<sup>2</sup>) with different stages of development including initial, optimal and decay were selected. Soil sampling was carried out at a depth of 0-20 cm in the four corners of the five sub-plots of 400 m<sup>2</sup> each, and the samples (n = 60) were analyzed in the laboratory. The results showed significant difference of soil texture amongst the three developmental stages of beech forest. The developmental stages of beech forest were significantly different in terms of available potassium, organic carbon content, C/N, iron, manganese, copper and zinc. The highest mean respiration rate, microbial biomass carbon and phosphorus, MBC/MBN ratio and MBP/MBN ratio were observed in the decay stage. These results indicated that decay stage is more favorable in terms of microorganism activity. The results also showed that biological and microbial properties are more appropriate indices for revealing differences in developmental stages. The results generally revealed that developmental stages of beech stand with respect to age and structural conditions cause changes in soil physical, chemical and biological characteristics. The results in the control compartment could be used as a basis in other forest stands for silvicultural and rehabilitation measures.

**Keywords:** Forest developmental, Hyrcanian forest, silvicultural, soil properties.