جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۴، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۴۰۰
ص ۴۶۹-۴۸۳ (پژوهشی)

DOI: 10.22059/jfwp.2021.329153.1183

تأثیر ویژگی‌های ساختاری جنگل بر برخی مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در توده‌های جنگلی استان کردستان

مازیار حیدری[1*]، مریم تیموری[2]، مهدی پورهاشمی[3]، طاهره علی‌زاده[4] و سید محمدخالد هدایتی‌پور[5]

۱. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران

۲. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳. دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴. کارشناس تحقیقات، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۵. پژوهشگر، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران

چکیده

ویژگی‌های ساختاری توده‌های جنگلی بر خاک جنگل تأثیر دارد. هدف این پژوهش بررسی تغییر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در رویشگاه‌های جنگلی بلوط با ساختار متفاوت در استان کردستان بود. چهار قطعه نمونهٔ یک‌هکتاری (با ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر) در رویشگاه‌های جنگلی بلوط شهرستان‌های بانه (دو رویشگاه)، مریوان و سروآباد (هر کدام یک رویشگاه) انتخاب و در هر قطعه نمونه، ویژگی‌های کمّی و ساختاری درختان در این رویشگاه‌ها برداشت شد. سپس در هر قطعه نمونهٔ یک‌هکتاری، هفت نمونه خاک از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری برداشت (در کل ۲۸ نمونه) و متغیرهای فیزیکی- شیمیایی آنها اندازه‌گیری شد. از آزمون‌های تجزیهٔ واریانس یکطرفه و مقایسهٔ میانگین دانکن به‌ترتیب برای بررسی معنی‌دار بودن اختلاف ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شدهٔ خاک و مقایسهٔ میانگین داده‌ها در چهار رویشگاه یادشده استفاده شد. از تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای گروه‌بندی هفت مشخصهٔ فیزیکی و شیمیایی خاک به عامل‌های آماری اصلی استفاده شد. نتایج آزمون تجزیهٔ واریانس یکطرفه نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (غیر از نیتروژن و هدایت الکتریکی) در چهار رویشگاه است. نتایج نشان داد که رویشگاه‌های جنگلی با ساختار شاخه‌زاد جوان (با تراکم و درصد تاج‌پوشش بیشتر) سبب افزایش کربن آلی (۳/۱۵ درصد)، پتاسیم قابل جذب (۵/۳۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، فسفر قابل جذب (۱۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، هدایت الکتریکی (۴۸۳ دسی‌زیمنس بر متر) و رطوبت وزنی خاک (۹/۹۵ درصد) می‌شوند. نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی نشان داد که مؤلفه‌های اول و دوم ۹۰/۲۷ درصد تغییرات رویشگاه‌ها را در بر می‌گیرند و مؤلفهٔ اول شامل متغیرهای هدایت الکتریکی و پتاسیم و مؤلفهٔ دوم شامل متغیرهای فسفر، درصد کربن آلی و رطوبت است. با توجه به تأثیر مثبت توده‌های جنگلی با ساختار شاخه‌زاد جوان (همسال و ناهمسال) بر خاک جنگل، پیشنهاد می‌شود در توده‌های شاخه‌زاد با تراکم کمتر از ۱۵۰ پایه در هکتار، اقدام احیا و توسعه جنگل شود.

واژه‌های کلیدی: تاج‌پوشش، تحلیل مؤلفه‌های اصلی، دانه‌زاد همسال مسن، رویشگاه، شاخه‌زاد ناهمسال جوان.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۸۳۵۶۵۸۵۲

Email: m.haidari@areeo.ac.ir

مقدمه

خاک از مهم‌ترین اجزای تشکیل‌دهندهٔ جنگل است و شناسایی خاک، تعیین قابلیت و استعداد آن اولین گام برای اعمال مدیریت بهتر به شمار می‌رود [۱]. پایداری خاک عامل مهمی در سلامت سیستم خاک و پیش‌نیاز فرایندهایی مانند چرخهٔ عناصر در خاک است. یکی از راه‌های تعیین سلامت خاک و پایداری آن، ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و زیستی خاک است [۲]. تحول خاک و توسعهٔ آن و همچنین ارتباط آن با پوشش گیاهی فرایند پیچیده‌ای است که نتیجهٔ تأثیر پوشش گیاهی بر خصوصیات خاک است و ویژگی‌های خاک جنگل تحت تأثیر پوشش گیاهی است [۳]. گونه‌های درختی متفاوت، می‌توانند با ترکیبات شیمیایی متفاوت برگ و لاشبرگ، سبب تغییر در خاک عرصه و توده‌های جنگلی شوند [۴]. در توده‌های جنگلی، گردش و تبادل عناصر غذایی به‌صورت متمرکز از لاشبرگ‌ها به خاک و سپس به‌صورت جذب عناصر غذایی از خاک توسط ریشهٔ درختان در چرخش نیمه‌بسته صورت می‌گیرد [۵، ۶]. قابل استفاده بودن مواد غذایی در توده‌های جنگلی، به برگشت مواد از درختان به خاک وابسته است و تاج‌پوشش درختان جنگل همهٔ این عوامل را تحت تأثیر قرار می‌دهد و تأثیر زیادی بر چرخه عناصر غذایی خاک دارد، از این‌رو بررسی تغییر خاک در توده‌های جنگلی اطلاعات ارزشمندی را در اختیار مدیران قرار می‌دهد [۷].

جنگل‌های منطقهٔ رویشی زاگرس به‌مثابهٔ گسترده‌ترین جنگل‌های کشور، جایگاه ویژه‌ای در توسعهٔ اقتصادی کشور دارند و ضامن بقا و پایداری آب و خاک کشورند [۸]. ۹۰ درصد از مساحت جنگل‌های زاگرس تاج‌پوشش کمتر از ۲۶ درصد دارند و ۹۳ درصد این جنگل‌ها دارای فرم رویشی شاخه‌زادند [۹]. استان کردستان دارای ۳۷۳۰۰۰ هکتار جنگل است که اغلب در نیمهٔ غربی استان (شهرستان‌های بانه، مریوان، سروآباد و کامیاران) پراکنش دارند [۱۰]. جنگل‌های زاگرس و استان کردستان، از نظر اکولوژیکی و محیط زیستی، اهمیت زیادی دارند. به‌دلیل بهره‌برداری‌های متعدد جوامع محلی، توده‌های جنگلی موجود در این جنگل‌ها ساختار متنوعی دارند. پایداری این جنگل‌ها مستلزم حفظ عناصر غذایی در خاک است و شناخت ویژگی‌های خاک یکی از پایه‌های مدیریت اصولی این جنگل‌هاست. بنابراین تفاوت در ساختار جنگل، می‌تواند سبب تغییر در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود [۱۱]. در مورد بررسی تأثیر ساختار جنگل بر ویژگی‌های خاک پژوهش‌هایی انجام گرفته است که به برخی از مهم‌ترین آنها اشاره می‌شود:

جعفریان و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند که کربن و نیتروژن بیشتر و واکنش کمترین تغییرات را در سه کاربری جنگل، مرتع و کشاورزی مورد پژوهش داشتند [۱۲]. رفیعی جاهد و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند که توده‌های پهن‌برگ (با گونه‌های درختی افرا پلت، آزاد، انجیلی، بلوط بلندمازو و ممرز) در مقایسه با توده‌های سوزنی‌برگ (با گونهٔ کاج تدا) موجب بهبود ویژگی‌های خاک می‌شوند [۱۳]. حق‌وردی (۱۳۹۶) نشان داد که بیشترین مقدار کربن و نیتروژن زی‌تودهٔ میکروبی در نواحی جنگلکاری‌شدهٔ پارک جنگلی چیتگر با گونه‌های پهن‌برگ (اقاقیا و زبان‌گنجشک) مشاهده شد [۱۴]. جعفری سرابی و همکاران (۱۴۰۰) نشان دادند که بیشترین مقادیر ترسیب کربن، شن، پتاسیم، نیتروژن، کربن آلی و رطوبت اشباع عمق اول (۱۰-۰ سانتی‌متر) در خاک جنگلی بلوط ایرانی (در استان لرستان) مشاهده شد [۱۵]. یافته‌های پژوهش یانگ و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که هر گونه تغییر در جنگل‌های طبیعی سبب تغییر در مقدار کربن زی‌تودهٔ میکروبی و نیز وضعیت تغذیه‌ای عناصر در خاک می‌شود و هرگونه تغییر در ساختارها جنگل باید با احتیاط بیشتری انجام گیرد [۱۶]. براساس پژوهش ژاوو و همکاران (۲۰۲۰) دربارهٔ تأثیر پوشش گیاهی بر ویژگی‌های خاک در امتداد مناطق ساحلی رودخانهٔ بیجیانگ در جنوب چین، ارتباط معنی‌داری بین مقدار کربن آلی خاک و ازت نیتراتی با نوع

پوشش گیاهی و بین پوشش درختان و درختچه‌ها با خواص شیمیایی خاک وجود دارد [۱۷]. بررسی تفاوت ویژگی‌های خاک بین توده‌های صنوبر خالص و مخلوط صنوبر و *Cunninghamia lanceolata* در جنوب چین توسط ژوو و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که مادهٔ آلی خاک و نیتروژن در توده‌های آمیختهٔ صنوبر و سرو به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده‌های دیگر است و جنگل‌کاری آمیخته صنوبر و *C. lanceolata* سبب بهبود ویژگی‌های شیمیایی می‌شود [۱۱].

در زمینهٔ ویژگی‌های ساختاری جنگل در ناحیهٔ رویشی زاگرس، پژوهش‌هایی انجام گرفته است. حیدری و همکاران (۱۳۹۲) پراکنش درختان در طبقات قطری برابرسینه، ارتفاع تاج، سطح تاج درختان و درصد تاج‌پوشش درختان [۱۸]، ولی‌پور و همکاران (۱۳۹۲) تعداد درختان در هکتار، منحنی پراکنش قطری و رویه زمینی [۱۹]، حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) تراکم درختان، متوسط قطر برابرسینه و تاج‌پوشش کل [۲۰]، مدبری و میرزایی (۱۳۹۶) تراکم درختان (در هکتار)، میانگین سطح تاج درختان و درصد تاج‌پوشش [۲۱]، محمدپور و همکاران (۱۳۹۷) میانگین قطر برابرسینه و پراکنش درختان در طبقه‌های قطر برابرسینه، ارتفاع تنه، طول تاج، متوسط قطر تاج، تعداد شاخهٔ اصلی و درصد تاج‌پوشش درختان [۲۲]، کرمشاهی و همکاران (۱۳۹۸) تعداد، پراکنش درختان طبقات قطری، تراکم، درصد سطح تاج‌پوشش [۲۳] و ذبیح‌الهی و همکاران (۱۴۰۰) میانگین قطر برابرسینه و پراکنش درختان در طبقات قطری، ارتفاع و مساحت تاج‌پوشش درختان و جست گروه‌ها [۲۴] را مناسب‌ترین ویژگی‌های ساختار جنگل در شهرستان بانه و زاگرس بیان کردند.

تا کنون پژوهشی در زمینهٔ تأثیر ساختار جنگل بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک جنگل‌های استان کردستان، انجام نگرفته است و با توجه به تأثیر سطح تاج درختان بر گردش عناصر غذایی در خاک جنگل، باید وضعیت کمّی ویژگی‌های خاک در توده‌های جنگلی با ساختارهای متفاوت بررسی شود. براساس بررسی منابع، مهم‌ترین ویژگی‌های ساختاری در جنگل‌های زاگرس، پراکنش درختان در طبقات قطری، رویه زمینی، میانگین سطح تاج درختان و درصد تاج‌پوشش است. با توجه به اهمیت ساختار جنگل و تأثیر آن بر خاک جنگل، هدف این پژوهش بررسی تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در ساختارهای متفاوت جنگل در جنگل‌های استان کردستان بود.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

در استان کردستان چهار قطعه نمونهٔ مربع‌شکل یک‌هکتاری (با ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر) در رویشگاه‌های (توده‌های) بلوط شهرستان‌های بانه (دو رویشگاه سارکی و بلوه)، سروآباد (رویشگاه دوله‌ناو) و مریوان (رویشگاه گاران) انتخاب شد (شکل ۱). علت انتخاب دو رویشگاه در شهرستان بانه، وجود دو سیستم جنگلداری سنتی هواره خول و الوت- آرمرده است [۲۵].

جدول ۱. مشخصات تکمیلی رویشگاه‌های بررسی‌شده

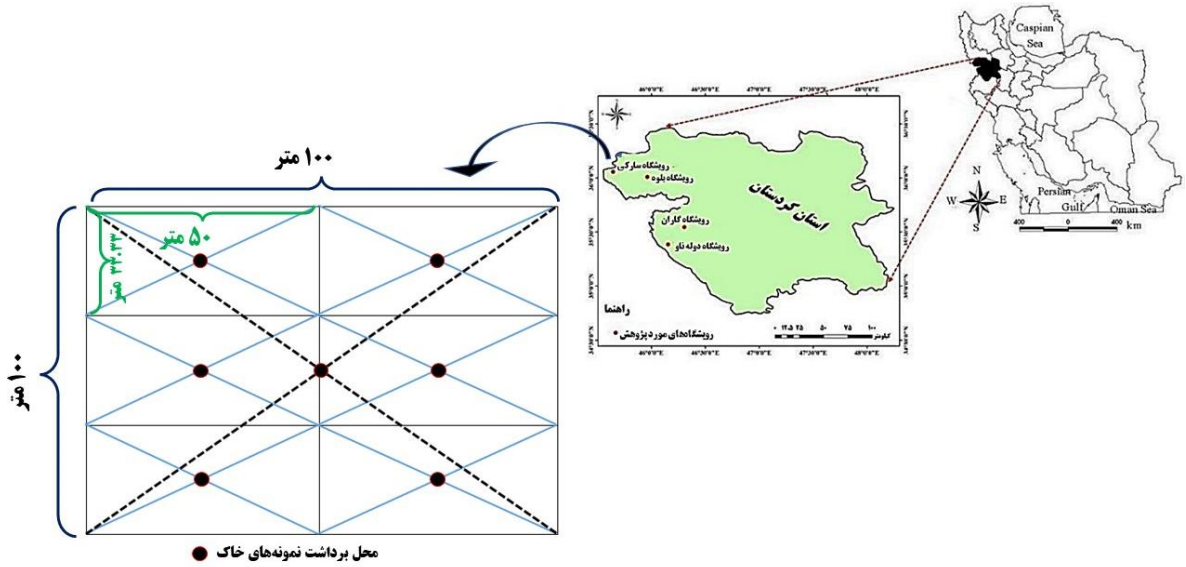
شهرستان	رویشگاه	موقعیت (درج، دقیقه و ثانیه)		ارتفاع از سطح دریا (متر)	میانگین دما (سانتی‌گراد)	میانگین بارندگی (میلی‌متر در سال)	منبع
		طول	عرض				
بانه	سارکی	۴۵ °۳۸ '۶۳"E	۳۶ °۰۳ '۲۵"N	۱۴۷۰	۱۴	۶۰۰	[۲۶]
	بلوه	۴۵ °۵۷ '۴۵"E	۳۶ °۰۰ '۳۱"N	۱۶۷۰			
مریوان	گاران	۴۵ °۵۷ '۴۵"E	۳۵ °۳۲ '۶۴"N	۱۴۱۰	۱۳/۳	۷۸۶/۶	[۲۷]
سروآباد	دوله‌ناو	۴۶ °۰۶ '۲۰"E	۳۵ °۲۳ '۰۴"N	۱۴۵۰	۱۳/۹	۶۵۰	[۲۸]

روش پژوهش

مهم‌ترین ویژگی‌های ساختاری درختان بلوط در جنگل‌های زاگرس عبارت است از میانگین قطر برابرسینه، رویه زمینی، ارتفاع کل، ارتفاع تاج، سطح تاج، درصد تاج‌پوشش و پراکنش درختان در طبقات قطری [۱۸-۲۴]. برای بررسی ساختار جنگل، همهٔ درختان موجود در قطعه نمونهٔ یک‌هکتاری (شکل ۱) آماربرداری صددرصد شدند و ویژگی‌های مختلف درختان شامل مبدأ (دانه‌زاد، شاخه‌زاد)، قطر برابرسینه، قطر یقه (پایه‌های شاخه‌زاد)، ارتفاع کل درخت و قطر بزرگ و کوچک تاج درختان برداشت شد و پراکنش درختان در طبقات قطری (پنج سانتی‌متری)، میانگین قطر برابرسینه (میانگین‌گیری از قطر برابرسینه همهٔ درختان)، رویه زمینی (مجموع سطح مقطع برابرسینهٔ همهٔ درختان به متر مربع)، میانگین سطح تاج درختان (میانگین‌گیری از سطح تاج همهٔ درختان) و درصد تاج‌پوشش رویشگاه (از تقسیم مجموع سطح تاج همهٔ درختان بر ۱۰۰۰۰ حاصل شد) محاسبه شدند. در پایه‌های دانه‌زاد و تک‌پایه، قطر برابرسینه برای هر درخت مشخص است، اما در پایه‌های شاخه‌زاد و جست‌گروه‌ها به‌صورت ریشهٔ مجموع مجذور قطر در ارتفاع نیم متر همهٔ جست‌های هر جست‌گروه محاسبه می‌شود [۲۹]. سطح تاج درختان براساس رابطهٔ ۱ و با استفاده از D1 (قطر بزرگ تاج) و D2 (قطر کوچک تاج) محاسبه می‌شود.

$$\text{سطح تاج درخت (متر مربع)} = \frac{\pi}{۴}((D1+D2)/۲)^۲ \qquad (۱)$$

مجموع تاج درختان در قطعه نمونه محاسبه و بر سطح هکتار (۱۰۰۰۰ متر مربع) تقسیم شد و درصد تاج‌پوشش قطعه نمونه محاسبه شد (بر حساب هکتار).



شکل ۱. موقعیت رویشگاه‌ها در استان کردستان

در هر قطعه نمونهٔ یک‌هکتاری، برای تعیین ویژگی‌های خاک، هفت نمونه خاک از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری برداشت شد (با توجه به تجزیهٔ لاشبرگ‌ها در فصل‌های زمستان و بهار و برداشت نمونه‌های خاک در مردادماه، لاشبرگ در بیشتر رویشگاه‌ها موجود نبود و بررسی نشد). به‌منظور پراکنش و توزیع مناسب مکان برداشت نمونه‌های خاک، قطعه نمونه یک‌هکتاری به شش قسمت مساوی تقسیم شد (شکل ۱) و در مرکز هر قسمت یک نمونه خاک برداشت شد (شش نمونه خاک). در مرکز قطعه نمونهٔ یک‌هکتاری نیز یک نمونه برداشت شد (در مجموع هفت نمونه در قطعه نمونهٔ یک‌هکتاری). عمق کم خاک (در برخی رویشگاه‌ها) و تمرکز عناصر غذایی در خاک سطحی [۳۰]،

از دلایل انتخاب این عمق بود. برای این منظور، هر قطعه نمونه به شش قسمت مساوی (زیرقطعه نمونه) تقسیم و از مرکز هر زیرقطعه نمونه یک نمونه خاک و نیز یک نمونه خاک از مرکز قطعه نمونه برداشت شد (شکل ۱). در نتیجه، در مجموع در چهار رویشگاه، ۲۸ نمونه خاک برداشت و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد. رطوبت خاک براساس تفاوت وزن خاک خشک‌شده در دمای ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت محاسبه شد [۳۱]. واکنش و هدایت الکتریکی نمونه‌ها در سوسپانسیون تهیه‌شده از خاک به‌ترتیب با دستگاه pH متر (Schott- CG 825) و ECمتر (JENWAY) اندازه‌گیری شد [۳۲]. درصد نیتروژن کل در نمونه‌های خاک با استفاده از روش کجلدال [۳۳]، کربن آلی به روش اکسیداسیون مرطوب [۳۴] و فسفر قابل جذب به‌کمک روش السن [۳۵] اندازه‌گیری شد. مقدار پتاسیم قابل جذب در نمونه‌های خاک پس از استخراج با استات آمونیوم (pH= ۴/۶۵)، با فلیم‌فتومتر (JENWAY- PFP7) اندازه‌گیری شد.

برای تعیین عوامل مؤثر بر پراکنش رویشگاه از روش PCA (Principal Component Analysis) استفاده شد. PCA روشی برای کاهش داده‌ها با هدف شناسایی تعداد کمتری متغیر استخراج‌شده از متغیرهای اصلی (به‌منظور ساده‌سازی) آنالیزهای بعدی داده‌هاست [۳۶]. در جدول ۴ مقادیر ویژه و درصد واریانس هر یک از مؤلفه‌ها آمده است. در انتخاب مؤلفه‌های اصلی مقادیر ویژه بسیار مهم‌اند. یکی از بهترین روش‌ها در انتخاب تعداد مؤلفه‌ها، مقایسهٔ مقادیر ویژه با BSE (Broken-stick eigenvalue) است. در این مقایسه، مؤلفه‌هایی که مقادیر ویژه آنها بیش از مقدار BSE باشد، مؤلفهٔ اصلی انتخاب می‌شوند [۳۷].

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 20 و *PC*-ORD4 انجام گرفت. برای تحلیل‌های آماری، ابتدا از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف به‌منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شد. با توجه به اینکه داده‌ها نرمال بودند، از آزمون‌های تجزیهٔ واریانس یکطرفه و دانکن به‌ترتیب برای بررسی معنی‌دار بودن و مقایسهٔ میانگین داده‌ها در چهار رویشگاه استفاده شد.

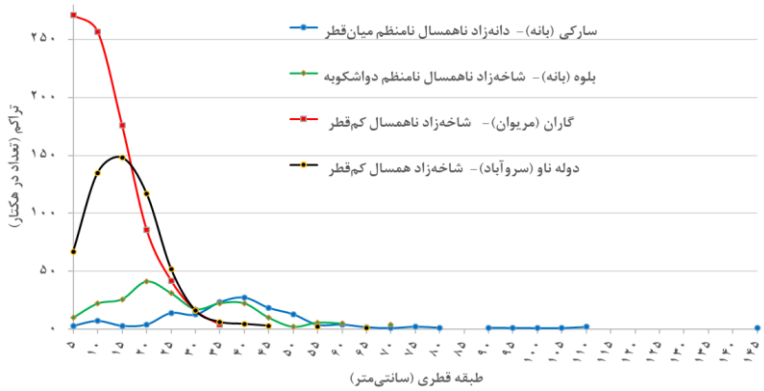
نتایج و بحث

براساس نتایج در رویشگاه‌ها ساختارهای جنگل متفاوتی (پراکنش درختان در طبقات قطری) مشاهده شد (جدول ۲ و شکل ۲). برای ویژگی‌های ساختاری شامل میانگین‌های قطر برابرسینه، رویه زمینی، ارتفاع کل و سطح تاج، بیشترین مقادیر در رویشگاه سارکی و کمترین مقادیر در رویشگاه گاران و در زمینهٔ ویژگی‌های درصد تاج‌پوشش و تراکم درختان، بیشترین مقادیر در رویشگاه گاران مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۲. ویژگی‌های ساختاری چهار رویشگاه در استان کردستان

نام قطعه نمونه	ساختار	مبدأ شاخه‌زاد (درصد)	مبدأ دانه‌زاد (درصد)	میانگین قطر برابرسینه (سانتی‌متر)	رویه زمینی (متر مربع در هکتار)	میانگین ارتفاع درخت (متر)	تراکم (تعداد در هکتار)	میانگین سطح تاج (مترمربع)	درصد تاج‌پوشش
سارکی	دانه‌زاد ناهمسال نامنظم میان‌قطر	۶/۱	۹۳/۹	۴۰/۵۱	۲۴/۰۴	۸/۴	۱۴۸	۲۹/۸۸	۴۴/۲
بلوه	شاخه‌زاد ناهمسال نامنظم دواشکوبه	۸۳/۱	۱۶/۹	۲۷/۱۱	۱۶/۱۰	۴/۵	۲۱۹	۱۷/۵۶	۳۸/۴
گاران	شاخه‌زاد ناهمسال کم‌قطر	۹۰/۱	۹/۹	۱۱/۶۳	۱۱/۹۵	۳/۲	۸۵۲	۶/۰۵	۵۱/۶
دوله‌ناو	شاخه‌زاد همسال کم‌قطر	۸۲/۶	۱۷/۴	۱۵/۶۱	۱۳/۲۱	۳/۷	۵۵۲	۶/۷۷	۳۷/۴

براساس نتایج بررسی ویژگی‌های ساختاری و با تأکید بر پراکنش درختان در طبقات قطر برابرسینه، ساختار توده‌های جنگلی بررسی و مقایسه شد. نتایج نشان داد که ساختار جنگل در مناطق گاران (مریوان) و دوله‌ناو (سروآباد) به‌ترتیب شاخه‌زاد ناهمسال کم‌قطر و همسال کم‌قطر و در دو رویشگاه شهرستان بانه به‌صورت شاخه‌زاد ناهمسال نامنظم دواشکوبه (منطقهٔ بلوه) و دانه‌زاد ناهمسال نامنظم میان‌قطر (منطقهٔ سارکی) بود (جدول ۱ و شکل ۲). شایان ذکر است که به‌ترتیب از بیشترین تا کمترین درصد تاج‌پوشش جنگل در مناطق گاران (مریوان)، سارکی (بانه)، بلوه (بانه) و دوله‌ناو (سروآباد) مشاهده شد (جدول ۱) و از نظر متغیر رویه زمینی بیشترین مقادیر به‌ترتیب متعلق به مناطق سارکی، بلوه، دوله‌ناو و گاران بود. در مورد تراکم (تعداد در هکتار) نیز به‌ترتیب مناطق گاران، دوله‌ناو، بلوه و سارکی قرار داشتند. بنابراین، رویشگاه‌های گاران و دوله‌ناو که به‌ترتیب ساختار شاخه‌زاد ناهمسال کم‌قطر و شاخه‌زاد همسال کم‌قطر داشتند، به‌رغم تراکم زیاد درختان، از نظر مشخصه‌های میانگین سطح تاج، میانگین ارتفاع درختان، رویه زمینی و میانگین قطر برابرسینه، دارای مقادیر کمتری از رویشگاه‌های سارکی و بلوه (شاخه‌زاد ناهمسال نامنظم دواشکوبه و دانه‌زاد ناهمسال نامنظم میان‌قطر) بودند.



شکل ۲. پراکنش درختان در طبقات قطری در چهار منطقهٔ مورد پژوهش

ژوو و همکاران [۱۱]، رفیعی جاهد و همکاران [۱۳]، حق‌وردی [۱۴]، جعفری سرابی و همکاران [۱۵]، ژاوو و همکاران [۱۷] بر تأثیر تیپ‌های جنگلی، تاج درختان و ساختار رویشگاه بر تغییرات ویژگی‌های خاک تأکید داشتند و درصد تاج‌پوشش درختان یکی از مشخصه‌های اصلی اثرگذار بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک است.

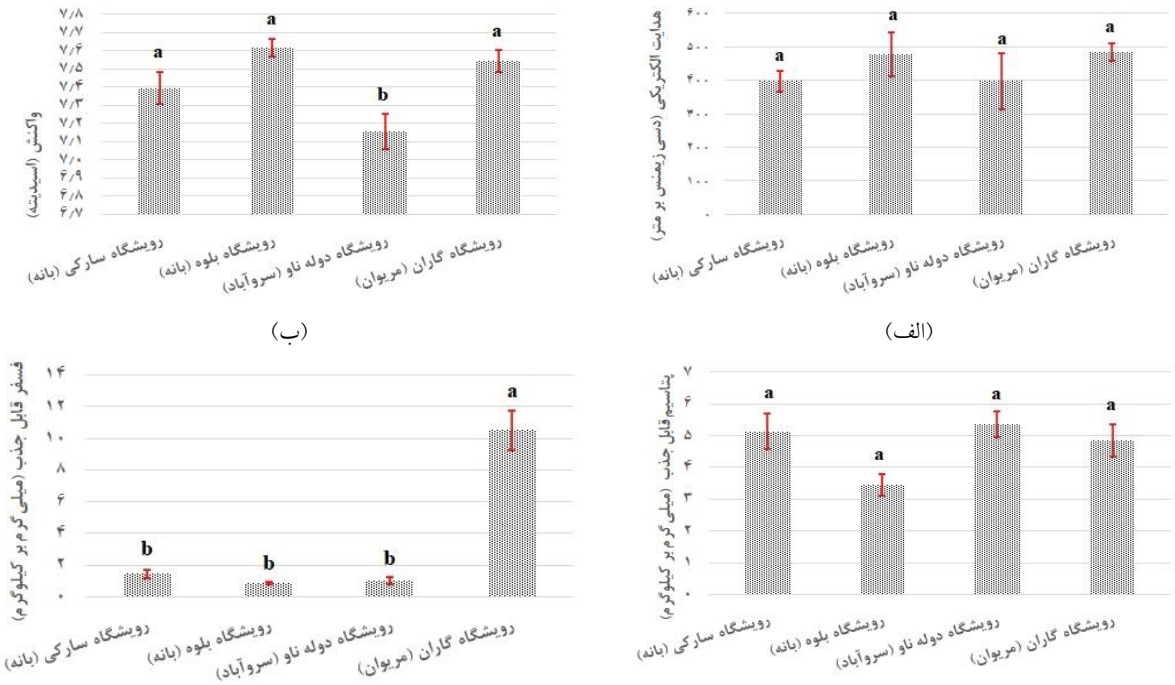
نتایج نشان داد که تفاوت مقدار نیتروژن کل و هدایت الکتریکی خاک بین چهار رویشگاه از نظر آماری معنی‌دار نبود، اما اختلاف بین ویژگی‌های رطوبت وزنی، کربن آلی، پتاسیم قابل جذب (در سطح اطمینان ۹۵ درصد)، فسفر قابل جذب و واکنش خاک در سطح ۹۹ اطمینان درصد معنی‌دار بود (جدول ۳ و شکل ۳). این نتایج تأییدکنندهٔ تأثیر ساختار جنگل بر خاک جنگل است. جعفری سرابی و همکاران (۱۴۰۰) بیان کرده‌اند که تاج‌پوشش درختان، مشخصه‌ای مهم در تعیین کیفیت خاک جنگل است و بر ویژگی‌های بافت، نیتروژن، فسفر قابل جذب، هدایت الکتریکی، جرم مخصوص و رطوبت وزنی خاک تأثیر دارد [۱۰] و علت اصلی اختلاف ویژگی‌های خاک، اختلاف در ویژگی‌های ساختاری مانند تراکم درختان، رویه زمینی و درصد تاج‌پوشش جنگل است، زیرا توده‌های جنگلی با ویژگی‌های ساختاری برتر (رویه زمینی، تراکم و درصد تاج‌پوشش) سبب افزایش کربن آلی، پتاسیم قابل جذب و فسفر قابل جذب خاک می‌شوند.

آزمون تجزیهٔ واریانس نشان داد که بین میانگین

هدایت الکتریکی در رویشگاه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود نداشت و بیشترین و کمترین مقدار آن به‌ترتیب در رویشگاه‌های گاران و سارکی اندازه‌گیری شد (شکل ۳- الف). مقایسهٔ میانگین واکنش نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار این ویژگی در خاک رویشگاه‌های بلوه و دوله‌ناو اندازه‌گیری شد (شکل ۳- ب). مقایسهٔ میانگین مقادیر مربوط به فسفر قابل جذب نشان داد که مقدار این ویژگی در خاک رویشگاه گاران مریوان بیشتر از سه رویشگاه دیگر بود (شکل ۳- ج). مقایسهٔ میانگین مقدار پتاسیم قابل جذب نیز نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار آن به‌ترتیب در رویشگاه‌های دوله‌ناو و بلوه اندازه‌گیری شد (شکل ۳- د).

جدول ۳. تجزیهٔ واریانس یکطرفه برای مقایسهٔ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در رویشگاه‌های مورد پژوهش

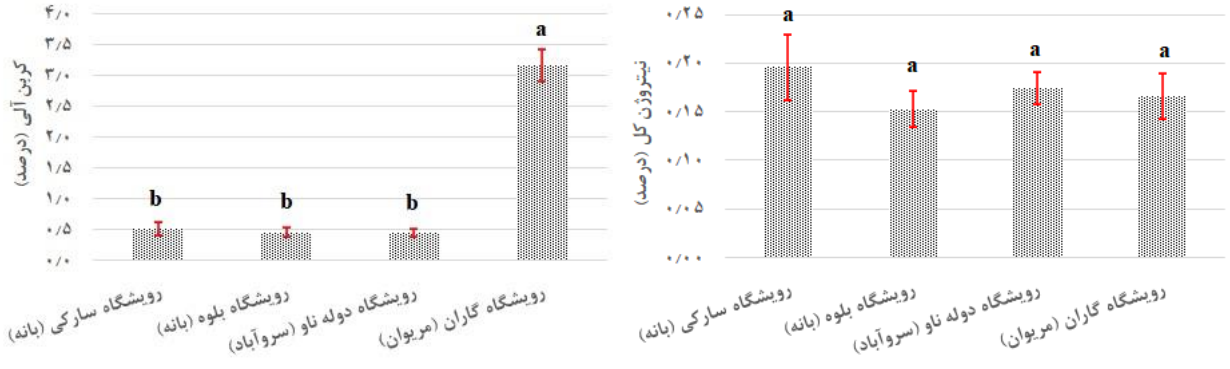
ویژگی‌های خاک		مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	آمارهٔ F	معنی‌داری
واکنش	بین‌گروهی	۰/۸۶۲	۳	۰/۲۸۷	۷/۱۴۸	۰/۰۰۱**
	درون‌گروهی	۰/۹۶۵	۲۴	۰/۰۴۰		
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	بین‌گروهی	۴۸۸۴۳/۰۰۰	۳	۱۶۲۸۱/۰۰۰	۰/۷۳۰	۰/۵۴۴ns
	درون‌گروهی	۵۳۵۰۲۲/۸۵۷	۲۴	۲۲۲۹۲/۶۱۹		
فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	بین‌گروهی	۴۶۵/۲۵۳	۳	۱۵۵/۰۸۴	۵۲/۷۴۳	۰/۰۰۰**
	درون‌گروهی	۷۰/۵۹۰	۲۴	۲/۹۴۰		
پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	بین‌گروهی	۱۵/۳۶۰	۳	۵/۱۲۰	۳/۳۸۹	۰/۰۳۴*
	درون‌گروهی	۳۶/۲۵۹	۲۴	۱/۵۱۱		
نیتروژن کل (درصد)	بین‌گروهی	۰/۰۰۷	۳	۰/۰۰۲	۰/۷۶۱	۰/۵۲۷ns
	درون‌گروهی	۰/۰۷۲	۲۴	۰/۰۰۳		
کربن آلی (درصد)	بین‌گروهی	۳۷/۹۰۹	۳	۱۲/۶۳۶	۸۷/۴۳۱	۰/۰۰۰**
	درون‌گروهی	۴/۴۶۹	۲۴	۰/۱۴۵		
رطوبت وزنی (درصد)	بین‌گروهی	۲۶۶/۷۸۵	۳	۸۸/۹۲۸	۳۰/۳۹۷	۰/۰۰۰**
	درون‌گروهی	۷۰/۲۱۲	۲۴	۲/۹۲۵		



شکل ۳. میانگین (± اشتباه معیار) ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در چهار رویشگاه مورد پژوهش

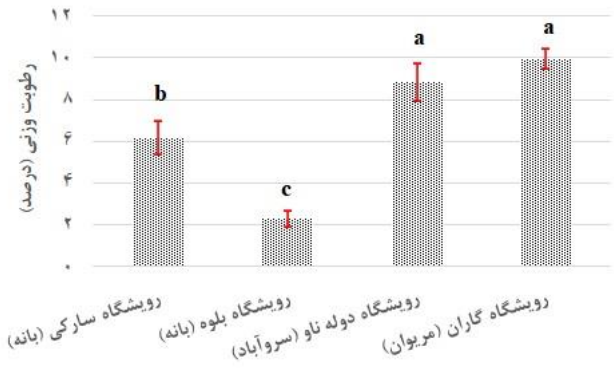
با اینکه تفاوت معنی‌داری در متغیر درصد نیتروژن کل بین چهار رویشگاه بررسی‌شده وجود نداشت، رویشگاه‌های سارکی و بلوه به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار درصد نیتروژن کل را داشتند (شکل ۴- الف). مقایسهٔ میانگین داده‌های مربوط به درصد کربن آلی نیز نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار کربن و مادهٔ آلی مربوط به رویشگاه‌های گاران و دوله‌ناو بود (شکل ۴- ب). براساس شکل ۴- ج، مشخص شد که درصد رطوبت وزنی خاک در مناطق گاران مریوان و دوله‌ناو بیشتر از دو رویشگاه دیگر است و بین دو رویشگاه دوله‌ناو و گاران اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (شکل ۴- ح).

نتایج نشان داد که مؤلفه‌های اول و دوم ۹۰/۲۷ درصد تغییرات رویشگاه‌ها را در بر می‌گیرند. اهمیت مؤلفهٔ اول بیشتر از مؤلفهٔ دوم است به‌طوری که مؤلفهٔ اول ۴۹/۵۴ درصد تغییرات را توجیه می‌کند، اما مؤلفهٔ دوم ۴۰/۷۳ درصد تغییرات را شامل می‌شود (جدول ۴).



(الف)

(ب)



(ج)

شکل ۴. میانگین (± اشتباه معیار) ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در چهار رویشگاه مورد پژوهش

جدول ۴. مقادیر ویژه و درصد واریانس هر یک از مؤلفه‌ها

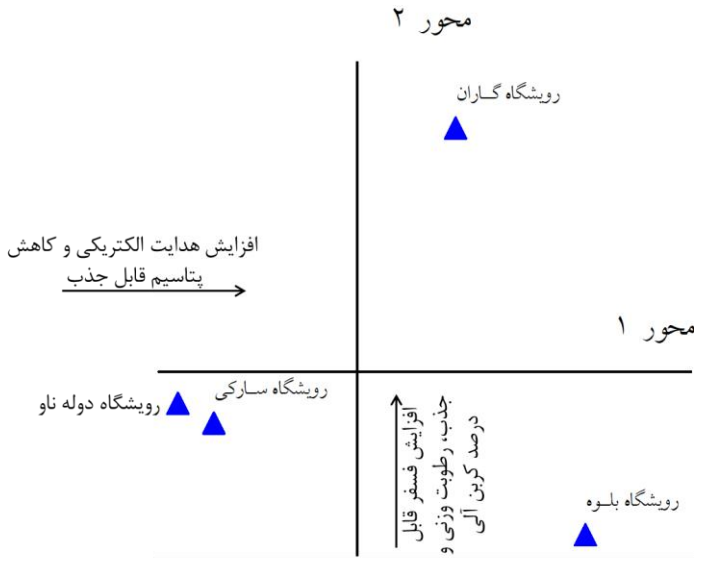
مؤلفه	مقدار ویژه	واریانس (درصد)	واریانس تجمعی (درصد)	Stick –Broken Eigenvalue
۱	۳/۴۶۸	۴۹/۵۴۳	۴۹/۵۴۳	۲/۵۹۳
۲	۲/۸۵۱	۴۰/۷۳۰	۹۰/۲۷۴	۱/۵۹۳
۳	۰/۶۸۱	۹/۷۲۶	۱۰۰	۱/۰۹۳

جدول ۵ بردار مقادیر ویژه مربوط به متغیرها را در هر یک از مؤلفه‌ها نشان می‌دهد و مقادیر ویژه در محورهای اول و دوم بیشتر از ۱ و دارای اهمیت هستند. با توجه به قدر مطلق ضرایب، مؤلفهٔ اول شامل متغیرهای هدایت الکتریکی و پتاسیم و مؤلفهٔ دوم شامل متغیرهای فسفر، درصد کربن آلی و رطوبت وزنی است.

در این پژوهش مؤلفهٔ اول شامل خصوصیات هدایت الکتریکی و پتاسیم و مؤلفهٔ دوم شامل خصوصیات فسفر، کربن آلی و رطوبت وزنی است. در مؤلفهٔ اول از چپ به راست مقدار هدایت الکتریکی افزایش می‌یابد و مقدار پتاسیم کاهش می‌یابد. در مؤلفهٔ دوم از بالا به پایین مقدار فسفر، کربن آلی و رطوبت وزنی کاهش می‌یابد (شکل ۵)، شایان ذکر است که صرفاً دو محور اول و دوم دارای مقادیر ویژه بیشتر از ۱ هستند و در محاسبات وارد شدند، محورهای سوم و چهارم دارای مقادیر ویژهٔ کمتر از ۱ هستند و دو مشخصهٔ نیتروژن کل و اسیدیته در شکل ۵ وارد نشدند.

جدول ۵. نتایج حاصل از روش PCA برای خصوصیات خاکی در رویشگاه‌ها

خصوصیات	مؤلفه (محور)			
	اول	دوم	سوم	چهارم
اسیدیته	۰/۴۸۵۵	۰/۰۳۳۷	۰/۵۱۳۳	۰/۶۸۶۴
هدایت الکتریکی	۰/۵۰۷۵	۰/۱۹۰۵	−۰/۰۷۰۶	−۰/۱۲۸۷
فسفر موجود	۰/۱۶۱۳	۰/۵۶۳۷	۰/۰۷۳۴	−۰/۲۹۹۳
پتاسیم	−۰/۴۷۲۸	۰/۲۸۰۶	−۰/۰۰۶۵	۰/۳۲۵۶
درصد نیتروژن	−۰/۳۹۴۹	۰/۰۹۴۹	۰/۷۹۷۹	−۰/۲۴۰۳
درصد کربن آلی	۰/۱۷۴۴	۰/۵۵۹۶	۰/۰۴۷۵	−۰/۲۲۲۴
رطوبت وزنی	−۰/۲۶۶۱	۰/۴۹۳۸	−۰/۲۹۵۲	۰/۴۵۷۷



شکل ۵. نمودار رسته‌بندی رویشگاه‌های تحت بررسی با استفاده از روش تجزیهٔ مؤلفه‌های اصلی

براساس نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی، در رویشگاه گاران، مقادیر فسفر قابل جذب، درصد کربن آلی و رطوبت وزنی، افزایشی و دارای بیشترین مقدار بوده است. در رویشگاه‌های سارکی و دوله‌ناو، مقادیر پتاسیم قابل جذب افزایشی و مقدار هدایت الکتریکی کمتر از رویشگاه‌های گاران و بلوه بوده است. در رویشگاه بلوه

مقدار هدایت الکتریکی افزایشی و مقادیر ویژگی‌های فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، درصد کربن آلی و رطوبت وزنی نسبت به سایر رویشگاه‌ها کمترین مقدار بوده است.

از نظر ویژگی‌های خاک شامل فسفر قابل جذب، کربن آلی و رطوبت وزنی، بیشترین و کمترین مقادیر به‌ترتیب در رویشگاه‌های گاران و بلوه مشاهده شد، اما برای پتاسیم قابل جذب، بیشترین و کمترین مقادیر به‌ترتیب در سایت دوله‌ناو و بلوه دیده شد. برای ویژگی‌های واکنش خاک و هدایت الکتریکی خاک بیشترین و کمترین مقادیر آن به‌ترتیب در رویشگاه بلوه و دوله‌ناو مشاهده شد. برای نیتروژن کل، اختلاف معنی‌داری دیده نشد، اما کمترین و بیشترین مقدار آن در رویشگاه‌های سارکی و بلوه مشاهده شد (شکل‌های ۳ و ۴). نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی نیز تأییدکنندهٔ نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های خاک رد چهار رویشگاه است. ویژگی نیتروژن در بین چهار رویشگاه دارای اختلاف معنی‌دار نبود و ساختار جنگل بر درصد نیتروژن کل و هدایت الکتریکی خاک تأثیر نداشت. جعفریان و همکاران [۱۲] و ژاوو و همکاران [۱۷] تأکید داشتند که ویژگی نیتروژن کل خاک در کاربری‌های مختلف (جنگل، مرتع و زراعت) دارای اختلاف معنی‌دار بود و با نتایج این پژوهش همسو نیست، زیرا در این پژوهش صرفاً کاربری جنگل مدنظر بود و چهار رویشگاه در مناطق جنگلی قرار داشتند و نیتروژن کل تفاوت معنی‌دار نشان نداد.

در رویشگاه سارکی (با ساختار دانه‌زاد ناهمسال نامنظم میان‌قطر)، براساس میانگین ویژگی‌های خاک، میانگین نیتروژن کل و پتاسیم قابل جذب دارای بیشترین مقادیر بود. تحلیل مؤلفه‌های اصلی تأییدکنندهٔ افزایشی بودن پتاسیم قابل جذب در این رویشگاه و تأییدکنندهٔ نتایج مقایسهٔ میانگین ویژگی‌های خاک است. بنابراین نتایج هر دو بخش (تحلیل مؤلفه‌های اصلی و مقایسهٔ میانگین ویژگی‌های خاک) مؤید برتری تأثیر ساختار دانه‌زاد ناهمسال نامنظم میان‌قطر بر نیتروژن کل و پتاسیم قابل جذب است. یانگ و همکاران [۱۶] و ژاوو و همکاران [۱۷] نشان دادند که ساختار جنگل بر ویژگی‌های خاک تأثیر دارد و تأییدکنندهٔ نتایج این پژوهش است. علت بیشتر بودن نیتروژن کل، پتاسیم قابل جذب و فسفر قابل جذب در رویشگاه سارکی، ساختار دانه‌زاد ناهمسال نامنظم میان‌قطر است. در این رویشگاه میانگین مشخصه‌های رویه زمینی، سطح تاج و قطر برابر سینه درختان بیشتر از دیگر رویشگاه‌ها بوده، بعلاوه درصد درختان با مبداء دانه زاد نیز در این رویشگاه بیشتر است و برگشت مواد از درختان به خاک بیشتر است و با توجه به میانگین سطح تاج بزرگ‌تر درختان در این رویشگاه، فتوسنتز و تولید اولیهٔ درختان و میانگین نیتروژن کل و پتاسیم قابل جذب در این رویشگاه بیشتر است.

در رویشگاه بلوه (با ساختار شاخه‌زاد ناهمسال نامنظم دواشکوبه) بیشترین میانگین ویژگی‌های واکنش خاک و هدایت الکتریکی خاک، و کمترین میانگین‌های پتاسیم قابل جذب، فسفر قابل جذب، نیتروژن کل، رطوبت وزنی و کربن آلی مشاهده شد. نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی نشان داد که هدایت الکتریکی در این رویشگاه بیشتر است و اثرپذیری مثبتی از ساختار جنگل دارد و در مقابل ویژگی‌های فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و کربن آلی، ارتباط مثبتی با ساختار جنگل ندارند. بنابراین با تلفیق نتایج هر دو بخش می‌توان گفت ساختار شاخه‌زاد ناهمسال نامنظم دواشکوبه، سبب افزایش هدایت الکتریکی و کاهش برخی ویژگی‌های خاک (فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و کربن آلی) شده است که علت اصلی را می‌توان به کمتر بودن درصد تاج‌پوشش (۳۸/۴ درصد)، سطح تاج درختان و ویژگی‌های کمّی ساختاری این رویشگاه نسبت داد، زیرا درصد تاج‌پوشش، سطح تاج و ویژگی‌های ساختاری کمتر این رویشگاه نسبت به رویشگاه سارکی

سبب کاهش بازگشت اجزای گیاهی و درختی به خاک و کمتر شدن میانگین عناصر غذایی در این رویشگاه سارکی (در شهرستان بانه) می‌شود.

در رویشگاه دوله‌ناو (شاخه‌زاد ناهمسال کم‌قطر) بیشترین و کمترین میانگین ویژگی‌های پتاسیم قابل جذب و هدایت الکتریکی مشاهده شد. نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی نشان داد که رطوبت وزنی، فسفر قابل جذب و کربن آلی اثرپذیری مثبتی از ساختار جنگل دارند و در مقابل ویژگی‌های نیتروژن کل، هدایت الکتریکی، رطوبت وزنی و واکنش خاک ارتباط مثبتی با ساختار جنگل ندارند. بنابراین براساس تلفیق نتایج هر دو بخش، می‌توان گفت ساختار شاخه‌زاد ناهمسال کم‌قطر سبب افزایش پتاسیم قابل جذب و کاهش نیتروژن کل و هدایت الکتریکی خاک شده است. شایان ذکر است که در این چهار رویشگاه، هدایت الکتریکی (شوری) کمتر از ۵۰۰ دسی‌زیمنس بر متر است و مشکل شوری خاک وجود ندارد و دلیل کاهش نیتروژن کل را می‌توان ساختار شاخه‌زاد همسال کم‌قطر و کمتر بودن درصد تاج‌پوشش جنگل (۳۷/۴ درصد) در رویشگاه دوله‌ناو دانست.

در رویشگاه گاران (با ساختار شاخه‌زاد همسال کم‌قطر) بیشترین میانگین ویژگی‌های فسفر قابل جذب، رطوبت وزنی و کربن آلی مشاهده شد. نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی نشان داد که فسفر قابل جذب، کربن آلی، رطوبت وزنی و هدایت الکتریکی و پتاسیم قابل جذب اثرپذیری مثبتی از ساختار جنگل دارند؛ بنابراین با تلفیق نتایج هر دو بخش، می‌توان گفت ساختار شاخه‌زاد همسال کم‌قطر سبب افزایش فسفر قابل جذب، کربن آلی، رطوبت وزنی و هدایت الکتریکی خاک شده است. یانگ و همکاران [۱۶] و ژاوو و همکاران [۱۷] نشان دادند که ساختار جنگل بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تأثیر دارد که تأییدکنندهٔ نتایج این پژوهش است، علت بیشتر بودن فسفر قابل جذب و کربن آلی در این رویشگاه را می‌توان ساختار شاخه‌زاد ناهمسال کم‌قطر، تراکم زیاد درختان و درصد تاج‌پوشش بیشتر (۵۱/۶ درصد) دانست. با توجه به تراکم بیشتر درختان در این رویشگاه و برگشت اندام‌های درختان (برگ، سرشاخه‌ها و تنه)، میانگین فسفر قابل جذب و کربن آلی افزایش بیشتری داشته است.

در مجموع، رویشگاه‌های گاران (با ساختار شاخه‌زاد همسال کم‌قطر و برتری در تراکم و سطح تاج‌پوشش بیشتر) و سارکی (با ساختار دانه‌زاد ناهمسال نامنظم میان‌قطر و برتری در میانگین قطر برابرسینه، رویه زمینی، سطح تاج و ارتفاع درختان) بیشترین تأثیر مثبت را بر بیشتر ویژگی‌های خاک دارند. در رویشگاه گاران با ساختار شاخه‌زاد ناهمسال کم‌قطر، از نظر ویژگی‌های فسفر قابل جذب، کربن آلی، هدایت الکتریکی و میزان رطوبت وزنی، بیشترین مقدار میانگین در مقایسه با رویشگاه‌های دیگر مشاهده شد و از نظر ویژگی‌های واکنش خاک، رویشگاه بلوه (با ساختار شاخه‌زاد ناهمسال نامنظم دواشکوبه) وضعیت بهتری از رویشگاه‌های دیگر داشت (شکل‌های ۳ و ۴). در مقابل در رویشگاه‌های بلوه شهرستان بانه با ساختار شاخه‌زاد ناهمسال نامنظم دواشکوبه، کمترین مقدار ویژگی‌های فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، رطوبت وزنی و درصد نیتروژن کل (نسبت به سه رویشگاه دیگر) مشاهده شد. رفیعی جاهد و همکاران [۱۳]، جعفری سرابی و همکاران [۱۵]، یانگ و همکاران [۱۶] و ژاوو و همکاران [۱۷] نشان دادند که بین ساختار جنگل و ویژگی‌های خاک ارتباط وجود دارد که تأییدکنندهٔ نتایج این پژوهش است. علت بیشتر بودن ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در رویشگاه‌های سارکی و گاران را می‌توان درصد تاج‌پوشش بیشتر، رویه زمینی بالاتر، میانگین سطح تاج و قطر برابرسینهٔ درختان در دو رویشگاه مذکور دانست. برتری مشخصه‌های ساختاری جنگل، سبب افزایش برگشت اندام‌های درختان به خاک و تقویت آن می‌شود.

بنابراین تراکم رویشگاه‌های جنگلی و تاج‌پوشش زیاد درختان جنگلی سبب افزایش میانگین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود. رفیعی جاهد و همکاران [۱۳]، حق‌وردی [۱۴]، جعفری سرابی و همکاران [۱۵] و یانگ و همکاران [۱۶] تأثیر مثبت ساختار و مشخصات رویشگاه‌های جنگلی بر وضعیت و کیفیت خاک را گزارش کرده‌اند، که با نتایج پژوهش پیش‌رو همسوست. علت را می‌توان سطح تاج‌پوشش زیاد (در رویشگاه گاران) و وجود درختان میانسال و کهنسال (در رویشگاه سارکی) دانست. بیشترین برگشت اندام‌های درختان به خاک در این رویشگاه‌ها وجود دارد که سبب افزایش ویژگی‌های خاک در منطقهٔ پژوهش شده است. خاک رویشگاه‌های گاران و دوله‌ناو (شاخه‌زاد جوان همسال و ناهمسال) از نظر ویژگی‌های فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل جذب بر رویشگاه‌های مناطق شهرستان بانه برتری داشت و برعکس، کمترین میانگین ویژگی‌های مذکور در رویشگاه‌های با ساختار شاخه‌زاد ناهمسال نامنظم دواشکوبه (منطقهٔ بلوه) مشاهده شد. علت بیشتر بودن میانگین ویژگی‌های فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، کربن آلی، رطوبت وزنی و هدایت الکتریکی در رویشگاه‌های شاخه‌زاد کم‌قطر (گاران و دوله‌ناو)، تاج‌پوشش بیشتر و تراکم زیاد درختان است که سبب برگشت بیشتر اندام‌های درختان به خاک جنگل و تقویت ویژگی‌های فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و کربن آلی می‌شود.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر نشان داد که ساختار جنگل (پراکنش درختان در طبقه‌های قطری، تاج‌پوشش و تراکم) بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تأثیر دارد و رویشگاه‌های با ساختار شاخه‌زاد کم‌قطر (با تاج‌پوشش و تراکم بیشتر) سبب افزایش هدایت الکتریکی، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، کربن آلی و میزان رطوبت وزنی می‌شوند. در مقابل، در رویشگاه‌های با ساختار دانه‌زاد ناهمسال نامنظم میان‌قطر، ویژگی‌های فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، درصد نیتروژن کل و رطوبت وزنی دارای کمترین میانگین بودند. بنابراین در توده‌های جنگلی با ساختار شاخه‌زاد کم‌قطر، تراکم بیشتر درختان و درصد تاج‌پوشش بیشتر، سبب افزایش برگشت اندام‌های درختان به خاک و توقیت آن می‌شود و برعکس در توده‌های مسن و همسال، ویژگی‌های خاک ضعیف‌تر است و ساختار شاخه‌زاد جوان سبب افزایش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود. با توجه به تأثیر مثبت توده‌های جنگلی با ساختار شاخه‌زاد ناهمسال جوان و متراکم بر میانگین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، پیشنهاد می‌شود که در توده‌های تخریب‌یافته و کم‌تراکم (کمتر از ۱۵۰ اصله یا جست‌گروه در هکتار) برای احیا و توسعهٔ جنگل (با نهالکاری و بذرکاری) اقدام شود.

References

[1]. Karamian, M., and Hosseini, V. (2015). Effect of position and slope aspect on organic carbon, total Nitrogen and Available Phosphorus in forest soils (Case study: The forest of Ilam province, Dalab). Journal of Water and Soil Science, 19(71): 109-117.

[2]. Staddon, WJ., Duchesne, LC., and Trevors, JT. (1999). The role of microbial indicators of soil quality in ecological forest management. Forest Chron, 75: 81-86.

[3]. Crowley, W., Harrison, S.S.C., Coroi, M., and Sacre, V.M. (2003). An ecological assessment of the plant communities at Port Bannaturere serve in South Western Ireland. Biology and Environment: Proceeding of the Royal Irish Academy, 103(2): 69-82.

[4]. Moslemi Seyed Mahalle, S, M., Jalali, S.G., Hojjati, S.M., and Kooch, Y. (2019). The effect of different forest types on soil properties and biodiversity of grassland cover and regeneration in central Hyrcanian forests (case study: seri-alandan-sari). Ecology of Iranian Forests, 7(14): 10-21.

[5]. Camping, T. J., Dahlgren, R.A., TateK, W., and Horwath, W. R. (2002). Changes in soil quality due to grazing and oak tree removal in California blue oak woodlands. USDA Forest Service Gen, 184: 75-85.

[6]. Zarrinkafsh, M., (2002). Forest Soils. Iran: Iran Research Institute of Forest and Rangelands Press. 361p.

[7]. Cindy, E.P., (2002). Influence of the forest canopy in nutrient cycling. Tree physiology, 22: 1193-1200.

[8]. Jazirehi, M.H., and Ebrahimi, M. (2003). *Silviculture in Zagros*. Tehran University Press, Tehran, 560p.

[9]. Sagheb Talebi, Kh., Sajedi, T., and Pourhashemi, M. (2014). Forests of Iran: A Treasure from the Past, A Hope for the Future. Springer, 152p.

[10]. Anonymous. (2018). Tudar Mullah forestry plan, Natural Resources and Watershed Management General Office of Kurdistan Province, Sanandaj, 88p.

[11]. Zhou, L., Sun, Y., Saeed, S., Zhang, B., and Luo, M. (2020). The difference of soil properties between pure and mixed Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) plantations depends on tree species. Global Ecology and Conservation, 22: e01009.

[12]. Jafarian, Z., Shabanzadeh, S., Kavian, A., and Shokri, M. (2011). Study changes of soil physical and chemical characteristics in three adjacent land use including forest, rangeland and agricultural land. Renewable Natural Resources Research, 2(2): 60-71.

[13]. Rafeie Jahed, R., Hosseini, S.M., and Kooch, Y. (2016). The effect of overstory layer on soil physicochemical properties in a forest ecosystem. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 8(1): 93-103.

[14]. Haghverdi, K. (2017). The effect of Tree covers on soil microbiological indices and CO_2 emission. Journal of Water and Soil Conservation, 24(4): 63-81.

[15]. Jafarisarabi, H., Pilehvar, B., Abrarivajari, K., and Waezmousavi, S. (2021). Changes in carbon sequestration and some edaphic traits in forest types of central Zagros (Case study: The forests of Lorestan province). Ecology of Iranian Forest, 9(17): 142-151.

[16]. Yang, K., Jiao-jun, Z., and Zhang, M. (2010). Soil microbial biomass carbon and nitrogen in forest ecosystems of northeast China: A comparison between natural secondary forest and larch plantation. Journal of Plant Ecology, 3(3): 175-182.

[17]. Zhao, Q., Ding, S., Liu, Q., Wang, S., Jing, Y., and Lu, M. (2020). Vegetation influences soil properties along riparian zones of the Beijiang River in Southern China. Peer Journal Lif & Environment, 8: 96-99.

[18]. Haidari, M., Namiranian, M., Zobeiri, M., and Gharamani, L. (2013). Investigation on appropriate inventory method for determining structure of northern Zagros forests (Case study: Blake Forests, Baneh). Iranian journal of Forest and Poplar Research, 21(3): 467-480.

[19]. Valipour, A., Namiranian, M., Ghazanfari, H., Heshmatol Vaezin, S.M., Lexer, M.J., and Plieninger, M. (2013). Relationships between forest structure and tree's dimensions with physiographical factors in Armardeh forests (Northern Zagros). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(1): 30-47.

[20]. Hosseinzadeh, J., Najafi far, A., and Tahmasbi, M. (2017). Investigation on principal factors determining stand structure in Oak forests of Zagross. The Journal of Plant Research, 29(4): 766-774.

[21]. Modaberi, A., and Mirzaei, J., (2017). Study of decline effect on structure of central Zagros forests. Forest Research and Development, 2(4): 325-336.

[22]. Mohammadpour, M., Tatian, M.R., Tamartash, R., and Hosseinzadeh, J. (2018). Investigating the effects of grazing intensity on the structure and diversity of woody species in the Ilam Strait Dalab forest. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 26(3): 306-318.

[23]. Karamshahi, A., Karami, A., and Mohammadi, G. (2019). Offering structure quantitative spatial analysis model of Persian Oak species in two types of high forest and coppice of West Oak Forests (Case study: Karzan forests, Ilam Province). Forest Research and Development, 2(3): 205-218.

[24]. Zabihollahi, S., Fathizadeh, O., Jamshidi Bakhtar, A., Shabanian, N., and Namiranian, M. (2021). Horizontal and vertical structure of northern Zagros forests in relation to traditional forestry system (Case study: Havare- Khol Forests). Ecology of Iranian Forest, 9 (17) :62-74.

[25]. Ghazanfari, H., Namiranian, M., Sobhani, H., Marvi Mohadjer, M. R., Pourtahmasi, K. (2005). An estimation of tree diameter growth of Lebanon Oak (*Quercus libani*) in Northern Zagross forests (Case study, Havareh khole). Iranian Journal of Natural Resource, 57(4): 649-662.

[26]. Sadeghi, S., Mohammadi Samani, K., Hosseini, V., and Shakeri, Z. (2019). Effect of grazing intensity and type of livestock on physical and chemical properties of forest soil (Case study: Armardeh Forest, Baneh, Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 27(3): 349-363.*

[27]. Rostami, D., Mohammadi Samani, K., and Hosseini, V. (2017). The effects of seasonal changes on some chemical forest soil properties during one year (Case study: Marivan forests). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 25(2): 354-363.

[28]. *Nayeri, H., Ganjaeyan, H., and Amani, K. (2018). Evaluation of environmental indicators of land suitability for physical expansion of Sarvabad city by combining two models of network analysis and fuzzy logic. Journal of Urban Social Geography, 5(1): 49-62.*

[29]. *Pourhashemi, M., Zandebasiri, M., and Panahi, P. (2014). Structural characteristics of oak coppice stands of Marivan forests. Iranian Journal of Biology, 27(5): 766-776.*

[30]. Jia, B., Zhou, G., Wang, F., Wang, Y., and Weng, E. (2007). Effects of grazing on soil respiration of Leymus chinensis steppe. Climatic Change. 82: 211–223.

[31]. Schinner, F., Ehlinger, R., Kandeler, E., and Margesin, R. (1996). *Methods in Soil Biology*. Springer, 426p.

[32]. Mclean, E.O. (1982). Soil pH and Lime Requirement. In: Page, A.L., Ed., Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, pp. 199-224.

[33]. Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. (1982). Nitrogen-total. In A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy, 9: 595-624.

[34]. Walkley, A., and Black, I.A. (1934). An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid tritation method. Soil Science, 37:29-38.

[35]. Olsen, S.R., and Sommers, L.E. (1982). Phosphorus. In A. Klute (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part1 chemical and biological properties. SSSA, Madison, WI, pp. 403-427.

[36]. Pallant, J. (2011). SPSS Survival Manual: A Step by Step Guide to Data Analysis Using the SPSS Program. 4th Edition, Allen & Unwin Publishing Company, Berkshire, United Kingdom.

[37]. Zare Chahooki, M.A. (2010). Data Analysis in Natural Resource Research with SPSS Software. University of Tehran Press, Tehran.

The effect of forest structure on some physical and chemical soil properties in the forests stands of Kurdistan province

M. Haidari*, Assist., Prof., Forests and Rangelands Research Department, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, I.R. Iran

M. Teimouri, Assist., Prof., Department of Forest, Research Institute of Forest and Rangeland, AREEO, Tehran, I.R. Iran

M. Pourhashemi, Assoc., Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran

T. Alizadeh, Research Expert, Department of Forest, Research Institute of Forest and Rangeland, AREEO, Tehran, I.R. Iran

M.K. Hedayateypour, Researcher, Forests and Rangelands Research Department, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, I.R. Iran

ABSTRACT

Structural properties of forest stand affect forest soil and soil characteristics. The purpose of this study is to investigate the changing of soil physical and chemical properties under different forest structure in Kurdistan province. At first, four one-hectare (with dimensions of 100 × 100 m) plots were selected in Baneh (two stands), Marivan and Sarvabad (one stand) and structural characteristics of stands were determined. Seven soil samples were taken from a depth of 0-10 cm in each site (a total of 28 soil samples) and the physical and chemical were measured. One-way analysis of variance and Duncan's multiple range test was used in order to evaluate the significance of differences in physical and chemical attributes of soil in the four sites. Principal component analysis was used to group 7 soil physicochemical properties. Results of one-way analysis of variance test show a significant difference in most of the physical and chemical properties of soil (except nitrogen and electrical conductivity) in the four stands. The results showed that forest stand with young coppice structure (with higher canopy percentage and higher tree density) increased organic carbon (3.15%), absorbable potassium (5.37 mg/kg), absorbable phosphorus (10.5 mg/kg), electrical conductivity (483 d s m-1) and soil moisture content (9.95%) in compere of another site. The results of principal component analysis showed that the first and second components account for 90.27% of site changes and the first component includes electrical conductivity and potassium variables and the second component includes absorbable phosphorus, organic carbon and weight moisture. Considering the positive effect of forest stand with young coppice structure (with higher canopy percentage and higher tree density) on the forest soil, it is recommended to regenerate and develop the forest in coppice stands with a density of less than 150 tree in hectare.

Keywords: Young unaged coppice forest, old same-aged coppice forest, forest structure, stand canopy, Principal component analysis.

* Corresponding Author, Email: m.haidari@areeo.ac.ir, Tel: +989183565852