

مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک توده دست‌نخورده بلوط - ممرز در جنگل لوه

مریم سبطی^۱، محمد متین‌زاده^۲، اکرم احمدی^{۳*}، محمدکریم مقصودلو^۴، حسین قربانی^۴،
ملیحه بهشتیان^۵، علیرضا ربیع‌زاده^۵، سپیده زوار^۴

^۱ محقق، بخش تحقیقات آب و خاک، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

^۲ دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

^۳ استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران ahmadi.1870@gmail.com

^۴ محقق، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

^۵ کارشناس پژوهش، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده

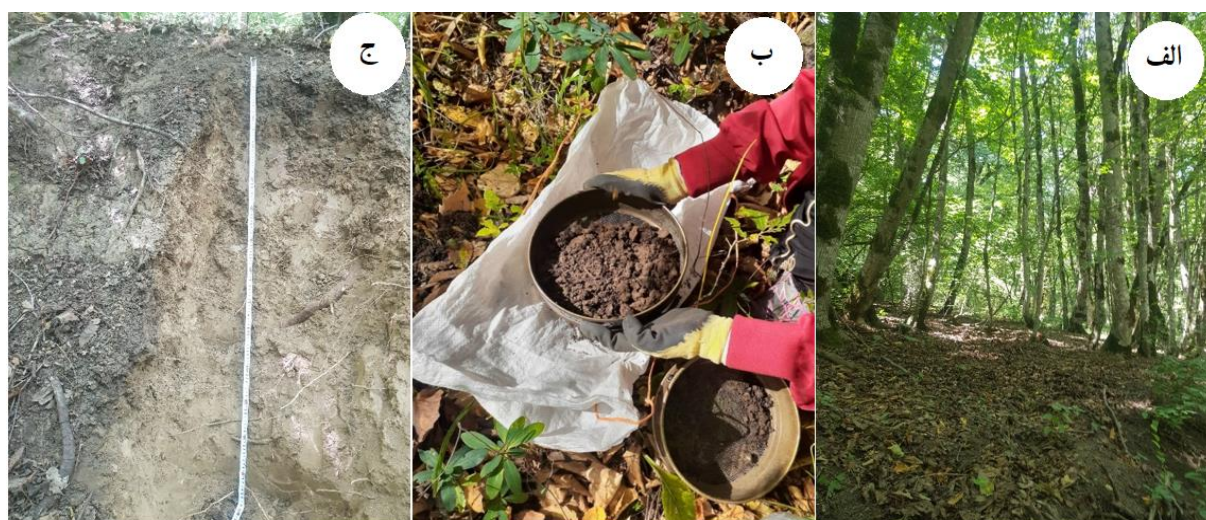
پایش خاک جنگلی به‌عنوان یک ابزار کلیدی در مدیریت پایدار منابع طبیعی، امکان شناسایی تغییرات فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک را فراهم می‌آورد تا بتوانیم میزان اثرگذاری تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی بر سلامت و تنوع زیستی جنگل‌ها را شناسایی و ارزیابی کنیم. هدف این تحقیق، بررسی و مقایسه مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک در زیر تاج پوشش بلندمازو با تاج پوشش ممرز در توده دست‌نخورده بلوط - ممرز در جنگل لوه می‌باشد. این پژوهش در یک قطعه نمونه یک هکتاری در توده بلوط - ممرز انجام شد که شامل ثبت اطلاعات عمومی و حفر پروفیل برای بررسی افق‌های خاک بود. نمونه‌برداری از خاک در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر زیر تاج درختان انجام شد و ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک اندازه‌گیری گردید. آزمایش به‌صورت کاملاً تصادفی انجام شد و داده‌ها با استفاده از آزمون آماری تی‌تست و نرم‌افزار SPSS تحلیل شدند تا تأثیر متغیرهای زیستی و فیزیکوشیمیایی بر کیفیت خاک مشخص شود. نتایج این تحقیق نشان داد که بیوماس میکروبی زیر تاج پوشش درخت بلندمازو به‌طور معنی‌داری بیشتر از درخت ممرز بود. در عین حال، میزان نیتریفیکاسیون در زیر تاج پوشش ممرز بیشتر از بلندمازو بود. همچنین تفاوت‌های فیزیکوشیمیایی خاک زیر تاج پوشش دو گونه درختی نشان داد که در برخی عناصر خاک مانند درصد آهک، روی، منگنز و مس، تفاوت‌های معنی‌داری در زیر تاج پوشش دو گونه وجود دارد. به‌طوری که خاک زیر تاج پوشش بلندمازو دارای مقادیر بیشتری از این عناصر نسبت به خاک زیر تاج پوشش ممرز است. همچنین، در سایر متغیرهای فیزیکوشیمیایی مانند هدایت الکتریکی، اسیدیته، نیتروژن، آهن، کربن آلی، فسفر، پتاسیم و بافت خاک (سیلت، رس و شن) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج تشریح پروفیل، حاکی از طبقه‌بندی خاک تحت رده Typic Argiudolls بود. این یافته‌ها می‌تواند به بهبود مدیریت بوم‌سازگان‌های جنگلی و حفظ تنوع زیستی در مناطق تحت پوشش بلوط ممرز کمک کند. همچنین، نتایج این تحقیق می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای مطالعات آینده در زمینه تأثیر ویژگی‌های خاک بر روی گونه‌های درختی مشابه مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: بیوماس میکروبی، پایش خاک، Typic Argiudolls، نیتریفیکاسیون.

بیان مسأله

جنگل‌های شمال ایران که معروف به جنگل‌های هیرکانی هستند، به دلیل تنوع بالای گونه‌های درختی و گیاهی، از مهم‌ترین بوم‌سازگان‌ها به‌شمار می‌روند. خاک جنگل به‌عنوان یکی از عوامل اصلی بوم‌سازگان‌های جنگلی، تأثیر قابل توجهی بر الگوی پراکنش پوشش گیاهی دارد. در سالیان اخیر، بهره‌برداری شدید از جنگل‌ها موجب کاهش حاصلخیزی خاک این بوم‌سازگان‌ها شده‌اند (معتمدی و همکاران، ۱۳۹۳). پایداری بوم‌سازگان‌های جنگلی به حفظ کیفیت خاک وابسته است و آگاهی از وضعیت خاک و تأثیر فعالیت‌های انسانی بر آن برای مدیریت مؤثر جنگل‌ها ضروری است. ویژگی‌های خاک متأثر از عوامل اقلیمی و نوع درختان است (Lal, 2005). در جنگل‌های هیرکانی خاک‌های متنوعی وجود دارد که نشان دهنده شرایط مختلف اکولوژیکی است و ویژگی‌های خاک به‌طور مکانی و زمانی تغییر می‌کند (صالحی و همکاران، ۱۳۹۰).

پوشش گیاهی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تأثیرگذار است و در اکثر مطالعات، تغییرات در تیپ گیاهی و ویژگی‌های خاک به‌صورت متقابل مورد توجه قرار می‌گیرند (متین‌کیا و همکاران، ۱۳۹۰). فرآیند خاک‌سازی تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله آب و هوا، توپوگرافی و فعالیت‌های انسانی قرار دارد (کوچ و همکاران، ۱۳۹۱). لازم به ذکر است که تیپ جنگل و ساختار توده جنگلی بر کیفیت خاک تأثیر می‌گذارد (Aponte et al., 2014). برای حفظ پایداری بوم‌سازگان‌های جنگلی، مدیریت مؤثر ضروری است. پایش مداوم کیفیت خاک یکی از اصول کلیدی مدیریت اراضی محسوب می‌شود (حمیدیان و یحیی‌آبادی، ۱۳۹۴) که نیاز به حمایت عمومی و دولتی دارد. همچنین، شناخت الگوهای رقابت بین گونه‌ها می‌تواند در برنامه‌ریزی حفاظتی مفید باشد. در نهایت، فرض پژوهش این است که ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تحت پوشش گونه‌های مختلف درختی متفاوت است. این پژوهش در یک قطعه نمونه یک هکتاری در توده بلوط-ممرز انجام شد که شامل ثبت اطلاعات عمومی و حفر پروفیل برای بررسی افق‌های خاک بود. نمونه‌برداری از خاک در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر زیر تاج درختان به‌صورت پراکنده در کل قطعه نمونه انجام و ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک اندازه‌گیری شد. از زیر تاج پوشش درختان بلوط و ممرز هر کدام ۱۵ نمونه خاک برداشت شد و از هر سه نمونه خاک یک نمونه ترکیبی به‌دست آمد (شکل ۱). داده‌ها با استفاده از آزمون‌های آماری و نرم‌افزار SPSS تحلیل شدند تا تأثیر متغیرها بر کیفیت خاک مشخص شود.



شکل ۱- الف) نمایی از توده بلوط-ممرز، ب) نمونه‌برداری از خاک عرصه، ج) تشریح پروفیل

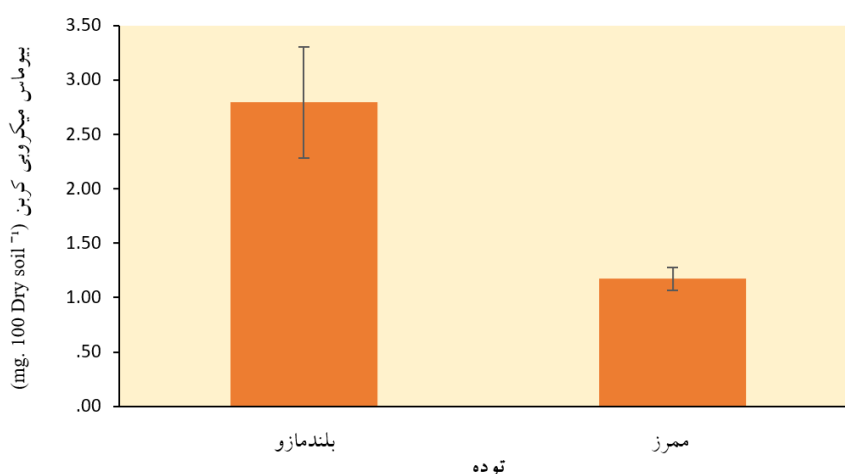
دستاوردها

نتایج مقایسه متغیرهای زیستی (تنفس پایه خاک، تنفس برانگیخته، بیوماس میکروبی و پتانسیل نیتریفیکاسیون) خاک در زیر تاج پوشش بلندمازو با خاک زیر تاج پوشش ممرز در توده بلوط- ممرز

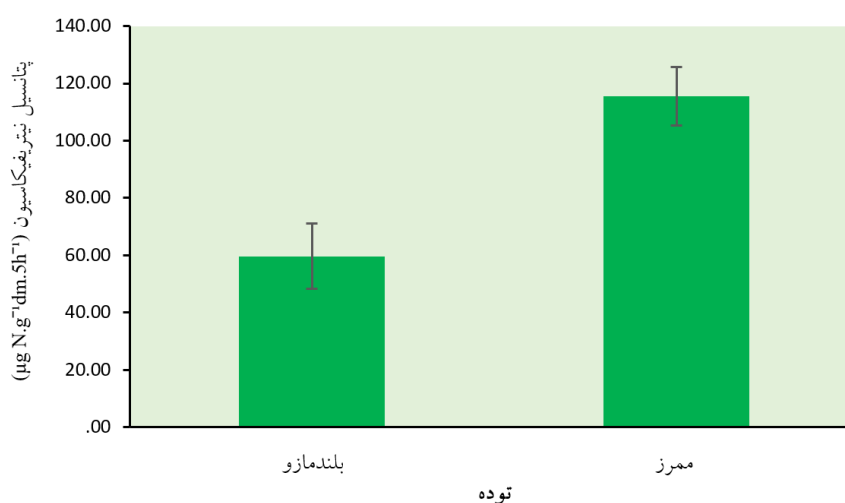
نتایج بررسی نرمالیده داده‌های زیستی (تنفس پایه خاک، تنفس برانگیخته، بیوماس میکروبی و پتانسیل نیتریفیکاسیون خاک) با استفاده از آزمون کولموگراف- اسمیرنوف در زیر تاج پوشش بلندمازو و ممرز در توده بلوط- ممرز، حاکی از نرمال بودن داده‌های خاک زیر تاج پوشش دو گونه در توده بلوط- ممرز بود ($P \geq 0.05$).

آزمون تی مستقل بر روی داده‌های زیستی خاک زیر تاج پوشش درختان بلندمازو و تاج پوشش درختان ممرز در توده بلوط- ممرز انجام گرفت. نتایج حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار بین داده‌های بیوماس میکروبی و میزان نیتریفیکاسیون در نمونه‌های خاک زیر تاج پوشش دو گونه مورد بررسی بود ($P \leq 0.01$). ولی تفاوت معنی‌داری در متغیر تنفس پایه و تنفس برانگیخته در داده‌های خاک زیر تاج پوشش دو گونه مشاهده نشد ($P \geq 0.05$).

با توجه به نتایج، میزان بیوماس میکروبی ($T=-6.948, n=5, P \leq 0.05$) در زیر تاج پوشش بلندمازو بیشتر از ممرز بود (شکل ۱)، ولی میزان نیتریفیکاسیون ($T=8.169, n=5, P \leq 0.05$) در زیر تاج پوشش ممرز بیشتر از بلندمازو بود (شکل ۲).



شکل ۱- مقایسه میزان بیوماس میکروبی زیر تاج پوشش درختان بلندمازو با زیر تاج پوشش درختان ممرز توده بلوط- ممرز



شکل ۲- مقایسه میزان پتانسیل نیتریفیکاسیون زیر تاج پوشش درختان بلندمازو با زیر تاج پوشش درختان ممرز توده بلوط- ممرز

نتایج نشان داد که بیوماس میکروبی در زیر تاج پوشش بلندمازو به طور معنی داری بیشتر از ممرز است. این یافته می تواند به دلیل تفاوت در ویژگی های شیمیایی و فیزیکی خاک زیر این دو گونه درختی باشد. بلوط ها معمولاً در خاک های غنی تر و با مواد آلی بیشتر رشد می کنند که ممکن است به افزایش فعالیت میکروبی منجر شود. از سوی دیگر، میزان نیتریفیکاسیون در زیر تاج پوشش ممرز بیشتر از بلندمازو بود. این تفاوت می تواند ناشی از ویژگی های خاص ممرز باشد که به نیتریفیکاسیون کمک می کند، مانند ریشه های عمیق تر یا توانایی جذب بهتر نیتروژن. نیتریفیکاسیون فرآیندی کلیدی در چرخه نیتروژن است و تأثیرات آن بر روی باروری خاک و تولیدات گیاهی بسیار مهم است. همچنین، لاشبرگ ممرز سریع تجزیه می شود و یک گونه اصلاح کننده خاک است.

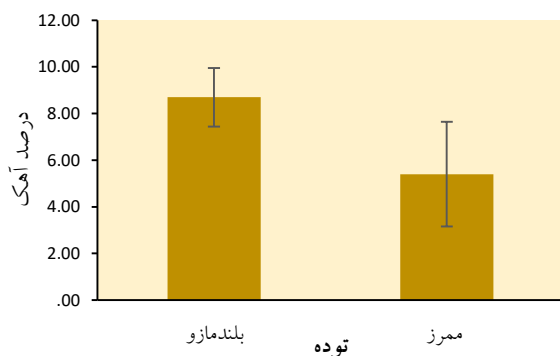
با توجه به نتایج، تفاوت های معنی داری در متغیرهای تنفس پایه و تنفس برانگیخته مشاهده نشد. این نکته می تواند نشان دهنده شباهت های اکولوژیکی بین دو گونه باشد. تنفس پایه و برانگیخته به فعالیت های میکروبی و متابولیسم خاک مربوط می شود و عدم تفاوت معنی دار ممکن است به این معنا باشد که هر دو گونه شرایط مشابهی را برای فعالیت میکروبی فراهم می کنند.

نتایج مقایسه متغیرهای فیزیکوشیمیایی خاک در زیر تاج پوشش بلندمازو با خاک زیر تاج پوشش ممرز در توده بلوط- ممرز
نتایج بررسی نرمالیده داده های فیزیکوشیمیایی خاک در زیر تاج پوشش بلندمازو و ممرز در توده بلوط- ممرز با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف حاکی از نرمال بودن داده های خاک دو توده مورد بررسی بود ($P \geq 0.05$).

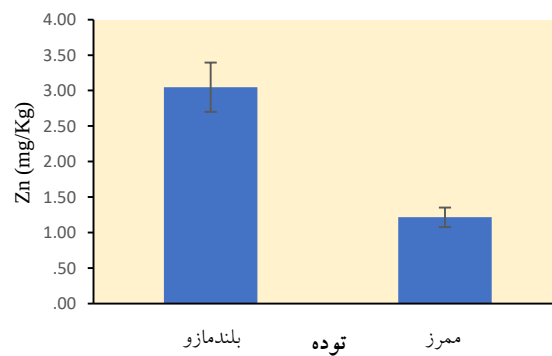
بررسی متغیرهای فیزیکوشیمیایی خاک در زیر تاج پوشش بلندمازو با خاک زیر تاج پوشش ممرز در توده بلوط- ممرز با استفاده از آزمون تی مستقل، حاکی از وجود تفاوت معنی دار بین داده های عناصر درصد آهک ($P \leq 0.05$)، روی، منگنز و مس ($P \leq 0.01$) در نمونه های خاک زیر تاج پوشش دو گونه بود ولی تفاوت معنی داری در متغیرهای هدایت الکتریکی، اسیدیته، نیتروژن، آهن، کربن آلی، فسفر، پتاسیم، میزان سیلت، رس و شن مشاهده نشد ($P \geq 0.05$). با توجه به نتایج، روی ($T = -15.759, n = 5, P \leq 0.01$)، درصد آهک ($T = -2.867, n = 5, P \leq 0.05$)، منگنز ($T = -15.197, n = 5, P \leq 0.01$) و مس ($T = -10.98, n = 5, P \leq 0.01$) در خاک زیر تاج پوشش بلندمازو بیش از خاک زیر تاج پوشش ممرز بود (شکل ۳ تا ۶).

نتایج آزمون تی مستقل نشان داد که خاک زیر تاج پوشش بلندمازو دارای مقادیر بیشتری از روی، درصد آهک، منگنز و مس نسبت به خاک زیر تاج پوشش ممرز است. این تفاوت ها می تواند به دلیل ویژگی های شیمیایی و فیزیکی خاص هر گونه درختی باشد. به عنوان مثال، بلوط ها معمولاً در خاک های غنی از مواد آلی و عناصر مغذی رشد می کنند که به افزایش فعالیت میکروبی و غنای خاک منجر می شود.

با وجود تفاوت های معنی دار در برخی عناصر، در سایر متغیرهای فیزیکوشیمیایی مانند هدایت الکتریکی، اسیدیته، نیتروژن، آهن، کربن آلی، فسفر، پتاسیم، و میزان سیلت، رس و شن تفاوت معنی داری مشاهده نشد. این موضوع می تواند نشان دهنده این باشد که برخی ویژگی های خاک تحت تأثیر عوامل محیطی و اکولوژیکی مشترک قرار دارند و به نوع درختان بستگی ندارند. نتایج مطالعه حاضر، نشان دهنده وجود تفاوت های معنی دار در برخی عناصر خاک مانند درصد آهک، روی، منگنز و مس، بین دو گونه است.



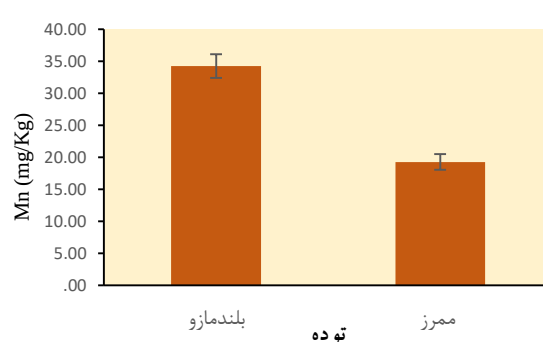
شکل ۴- مقایسه میزان درصد آهک زیر تاج پوشش درختان بلندمازو با زیر تاج پوشش درختان ممرز توده بلوط-ممرز



شکل ۳- مقایسه میزان عنصر روی زیر تاج پوشش درختان بلندمازو با زیر تاج پوشش درختان ممرز توده بلوط-ممرز



شکل ۶- مقایسه میزان مس زیر تاج پوشش درختان بلندمازو با زیر تاج پوشش درختان ممرز توده بلوط-ممرز



شکل ۵- مقایسه میزان عنصر منگنز زیر تاج پوشش درختان بلندمازو با زیر تاج پوشش درختان ممرز توده بلوط-ممرز

نتایج آنالیز داده‌های پروفیل خاک در توده بلوط-ممرز

نتایج تشریح پروفیل خاک در کاربری جنگل، توده بلوط-ممرز نشان داد که خاک تحت رده Typic Argiudolls طبقه‌بندی می‌شود (جدول ۱). بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی افق‌های پروفیل نشان داد که بافت خاک سیلتی لوم می‌باشد (جدول ۲). Typic Argiudolls یکی از رده‌های خاکی است که معمولاً در مناطق با بارندگی متوسط و دماهای معتدل یافت می‌شود. این نوع خاک‌ها دارای لایه‌های غنی از مواد آلی و کاتیون‌های قابل تبادل هستند.

جدول ۱- نتایج حفر پروفیل در توده بلوط-ممرز

پروفیل	افق	عمق	رنگ (مرطوب)	ساختمان	رده بندی	موقعیت
1	A	0-30	10YR2/1	2sbk	Typic Argiudolls	جنگل لوه (بلوط-ممرز)
	Bt ₁	30-70	10YR3/2	2sbk		
	Bt ₂	70-100	10YR3/3	1sbk		
	Bt ₃	100-150	10YR4/3	1sbk		

جدول ۲- نتایج آنالیز فیزیکوشیمیایی حفر پروفیل در توده بلوط- ممرز

عمق	EC×10 ³ هدایت الکتریکی	pH	N ازت کل %	O.C کربن آلی %	T.N,V آمک %	P فسفر قابل جذب P.P.m	K پتاسیم قابل جذب P.P.m	Fe p.p.m	Mn p.p.m	Zn p.p.m	Cu p.p.m	رس Clay %	سیلت Silt %	ماسه Sand %	بافت
0-30	0.89	7.3	0.62	6.18	1.5	48	518	30.6	15.8	1.14	1.66	16	66	18	Si - L
30-70	0.42	7.7	0.07	0.67	17	17	161	15.9	6.28	0.58	2.02	22	58	20	Si - L
70-100	0.65	7.8	0.06	0.56	19	3.8	134	10.3	4.44	0.26	0.88	22	48	30	L
100-150	0.34	7.9	0.05	0.49	25.5	2.7	127	6.6	2.56	0.28	0.84	24	64	12	Si - L

نتایج این مطالعه نشان‌دهنده اهمیت درک تعاملات بین گونه‌های درختی و ویژگی‌های خاک است. تفاوت‌های مشاهده‌شده در بیوماس میکروبی و نیتریفیکاسیون می‌تواند به مدیریت بهینه جنگل‌ها و حفظ تنوع زیستی در جنگل‌های پایین‌دست نیازمند احیاء کمک کند. همچنین، این یافته‌ها می‌توانند مبنای تحقیقات آینده در زمینه اکولوژی خاک و اثرات تغییرات اقلیمی بر روی بوم‌سازگان‌های جنگلی قرار گیرند. این مطالعه نشان می‌دهد که گونه‌های درختی می‌توانند تأثیرات قابل توجهی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک داشته باشند. برای حفظ پایداری بوم‌سازگان‌های جنگلی، مدیریت مؤثر ضروری است. پایش مداوم کیفیت خاک یکی از اصول کلیدی مدیریت اراضی محسوب می‌شود که نیاز به حمایت عمومی و دولتی دارد. همچنین، شناخت الگوهای رقابت بین گونه‌ها می‌تواند در برنامه‌ریزی حفاظتی مفید باشد. درک این تأثیرات می‌تواند به بهبود استراتژی‌های مدیریتی برای حفظ و توسعه جنگل‌ها کمک کند. در نهایت، پیشنهاد می‌شود که مطالعات بیشتری در زمینه تأثیرات دیگر عوامل محیطی و مدیریتی بر ویژگی‌های زیستی خاک انجام شود تا بتوان به درک جامع‌تری از دینامیک‌های اکولوژیکی (فرآیندهای پویا و تعاملاتی که در یک بوم‌سازگان رخ می‌دهد) دست یافت. این فرآیندها و تعاملات شامل تغییرات طبیعی یا ناشی از انسان در اجزای مختلف سیستم مثل پوشش گیاهی، خاک و جانوران است. بنابراین پیشنهاد ما برای انجام مطالعات بیشتر، شناخت بهتر این تعاملات پیچیده است تا بتوانیم مدیریت مؤثرتری برای حفاظت از این سیستم‌ها داشته باشیم.

توصیه ترویجی

- نتایج این مطالعه تأکید می‌کند که درک تعاملات بین گونه‌های درختی و ویژگی‌های خاک برای مدیریت بهینه جنگل‌ها و حفظ تنوع زیستی ضروری است. این یافته‌ها می‌توانند به عنوان مبنای تحقیقات آینده در زمینه اکولوژی خاک و اثرات تغییرات اقلیمی بر بوم‌سازگان‌های جنگلی قرار گیرند. توصیه‌های ترویجی زیر می‌تواند در زمینه پژوهش حاضر مؤثر واقع شود:
- حفظ تنوع زیستی و بررسی ویژگی‌های خاک در احیاء جنگل‌های پایین‌دست
 - برگزاری کارگاه‌ها و سمینارهای آموزشی برای مدیران جنگل‌ها به منظور افزایش آگاهی از تعاملات بین گونه‌های درختی و ویژگی‌های خاک
 - طراحی برنامه‌های آموزشی برای معرفی تأثیرات گونه‌های درختی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و نقش آنها در نیتریفیکاسیون و بیوماس میکروبی
 - تقویت همکاری بین دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و سازمان‌های دولتی برای بهبود مدیریت منابع طبیعی و حفاظت از تنوع زیستی
 - توسعه استراتژی‌های مدیریتی مؤثر برای حفظ و توسعه جنگل‌ها بر اساس نتایج تحقیقات

فهرست منابع

- حمیدیان، ا. و یحیی‌آبادی، م. ۱۳۹۴. کاربرد نشانگرهای زیستی در پایش سلامت اکوسیستم خاک (با تأکید بر کرم‌های خاکی). نشریه مدیریت اراضی، ۳ (۲): ۱۵۲-۱۴۱.
- صالحی، ع.، محمدی، ا. و صفری، ا. ۱۳۹۰. بررسی و مقایسه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و ویژگی‌های کمی درختان در جنگل‌های کمتر تخریب یافته و تخریب یافته زاگرس (مطالعه موردی: جنگل‌های حوزه شهرستان پلدختر). مجله جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران، ۳ (۱): ۸۹-۸۱.
- کوچ، ی.، حسینی، س.م.، محمدی، ج. و حجتی، س.م. ۱۳۹۱. بررسی ساختار مکانی ویژگی‌های خاک در یک توده جنگلی راش با استفاده از روش زمین آمار. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۶۰ (۱۶): ۲۵۰-۲۳۹.
- متین‌کیا، م.، پیله‌ور، ب. و متین‌فر، ح. ۱۳۹۰. اثر جنگلکاری با گونه‌های سوزنی برگ و پهن برگ بر برخی از ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک (مطالعه موردی: پارک جنگلی شهرستان دورود). فصلنامه علمی- پژوهشی اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۲ (۲): ۹۷-۸۹.
- معمودی، م.ه.، پورمجیدیان، م.ر.، جلیلود، ح.، حجتی، س.م. و عادل، م.ن. ۱۳۹۳. بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جنگل‌کاری‌های توسکای ییلاقی (*Alnus subcordata*) شهرستان تنکابن. نشریه توسعه پایدار جنگل، ۱ (۱): ۸۵-۷۳.
- Aponte, C., Matias, L., Gonzales-Rodrigues, V., Castro, J., Gracia, L.V., Villar, R. and Maranon, T. 2014. Soil nutrients and microbial biomass in three contrasting Mediterranean forests. *Plant and Soil*, 380 (1): 57-72.
- Lal, R. 2005. Forest soils and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*, 220: 1-242-258.