جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۰، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۶
ص ۲۸۱-۲۹۱

دانشکده منابع طبیعی
دانشگاه تهران

نقش مزوفون خاک در انعکاس شرایط استقرار بهینهٔ زادآوری بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در جنگل‌های زاگرس (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ دالاب، استان ایلام)

مهدی حیدری[1*]، تهمینه عبدی[2]، مجید میراب بالو[3]، جواد میرزایی[4]، سروش ذبیح‌الهی[5]

۱. استادیار گروه علوم جنگل، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ایلام
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم جنگل، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ایلام
۳. استادیار گروه گروه گیاهپزشکی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ایلام
۴. دانشیار گروه علوم جنگل، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ایلام
۵. دانشجوی دکتری گروه علوم جنگل، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ایلام

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۶، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۲۰

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی نقش مزوفون خاک در شناسایی سریع و کم‌هزینهٔ لکه‌های دارای زادآوری و بدون زادآوری دانه‌زاد بلوط ایرانی در اکوسیستم جنگلی بلوط زاگرس انجام گرفت. سؤال اصلی این تحقیق این است که چرا با وجود حفاظت بلندمدت، برخی از نقاط دارای تعدادی زادآوری مناسب و برخی نقاط با وجود حضور درختان مادری، بدون زادآوری یا با زادآوری خیلی کم هستند. در شرایط فیزیوگرافی یکسان، ۳۰ لکهٔ ۱۰۰ متر مربعی دارای زادآوری و ۳۰ لکهٔ بدون زادآوری یا دارای زادآوری کم در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ دالاب (شهرستان ایلام) تعیین شد. مزوفون خاک با نمونه‌برداری از خاک لکه‌ها و با استفاده از قیف برلیز استخراج و شناسایی شد. نمونه‌های خاک برای بررسی مزوفون خاک به‌طور تصادفی در هر قطعه نمونه از عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری جمع‌آوری شد. مزوفون خاک با استفاده از قیف برلیز استخراج شد. براساس رسته‌بندی CCA لکه‌های دارای زادآوری و بدون زادآوری که به ترتیب الگوی کپه‌ای و یکنواخت درختان مادری بلوط را براساس شاخص جانسون و زایمر نشان دادند، برپایهٔ خصوصیات ادافیکی به دو گروه مجزا تفکیک شدند. لکه‌های با الگوی کپه‌ای درصد رطوبت اشباع، فسفر فراهم، پتاسیم فراهم، رس، مادهٔ آلی، ازت کل و ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتری نسبت به الگوی تصادفی به‌سمت یکنواخت درختان دانه‌زاد بلوط داشتند. نتایج نشان داد که تعداد مزوفون خاک در الگوی پراکنش کپه‌ای (با زادآوری بیشتر) نسبت به الگوی یکنواخت (با زادآوری کمتر) بیشتر بود.

واژگان کلیدی: ایلام، جنگل بلوط، خاک، زادآوری طبیعی، مزوفون.

مقدمه

زادآوری طبیعی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کنندهٔ آیندهٔ جنگل‌هاست. شناخت و مدیریت زادآوری، از مهم‌ترین جنبه‌های مدیریت پایدار جنگل است و در استقرار و پویایی اکوسیستم‌ها اهمیت زیادی دارد [۱، ۲]. همچنین این نوع زادآوری، اهمیت بسزایی در پایداری بیشتر در برابر آفات و بیماری‌ها دارد؛ هزینه‌های کم ایجاد و نگهداری سبب شده که محققان با اجرای روش های مختلف، زادآوری طبیعی را در رابطه با عوامل مختلف رویشگاهی بررسی کنند [۳]. گونه‌های بلوط به دو صورت دانه‌زاد و شاخه‌زاد، زادآوری

* نویسندهٔ مسئول، تلفن و فاکس: ۰۸۴۳۲۲۲۷۰۱۵
Email: m.heidari@mail.ilam.ac.ir

می‌کنند. ولی در حال حاضر، زادآوری دانه‌زاد در بیشتر نقاط جنگل‌های زاگرس به دلایل مختلفی مانند دخالت‌های شدید انسانی، دامداری سنتی، کمبود درختان مادری مناسب و خورده شدن بذرها توسط حیوانات، به‌سختی مستقر می‌شود. تعیین شاخص‌هایی که با صرف هزینه و زمان کم، نشان‌دهندهٔ شرایط رویشگاهی مانند شرایط استقرار بهینهٔ زادآوری باشد اقدامی اساسی در مدیریت عرصه‌های جنگلی به‌شمار می‌رود. فون خاک (مجموعهٔ موجودات خاک‌زی) یکی از شاخص‌های مرتبط در این زمینه است که از مهم‌ترین اجزای اکوسیستم خاک در نظر گرفته می‌شود و تأثیر بسزایی بر چرخهٔ عناصر غذایی و حاصلخیزی خاک دارد [۴]. جمعیت موجودات خاک زی از نظر اندازه به چهار گروه مگافون، ماکروفون، مزوفون و میکروفون تقسیم می‌شوند. اندازهٔ موجودات مستقر در ناحیهٔ مزوفون ۰/۲ تا ۴ میلی‌متر است که از مهم‌ترین آنها می‌توان به بندپایانی از قبیل کنه‌ها، پادمان، بی‌شاخکان و دم‌چنگالان اشاره کرد [۵]. همانند پوشش گیاهی، حضور و نبود این موجودات خاک زی در رویشگاه به هیچ وجه تصادفی نیست [۶] و از این‌رو جمعیت بی‌مهرگان خاکی، به‌عنوان شاخص جدیدی در ارزیابی خصوصیات مختلف اکوسیستم‌های جنگلی استفاده می‌شود [۷]. بنابراین استقرار و جوانه‌زنی بذر می‌تواند با تنوع و غنای این موجودات مرتبط باشد. الگوی پراکنش درختان اشکوب فوقانی، یکی از عوامل مهم در شناخت و بهبود پویایی جنگل است که می‌تواند شرایط کف جنگل را تحت تأثیر قرار دهد [۸]. بررسی اثر مثبت تاج‌پوشش بر زادآوری طبیعی بلوط در زاگرس [۹]، ارتباط مستقیم تراکم درختان با شاخص‌های تنوع زیستی جانداران بزرگ خاک‌زی [۱۰]، اثر خصوصیات خاک مانند مادهٔ آلی، ازت کل و درصد رطوبت اشباع بر زادآوری دانه‌زاد بلوط ایرانی در زاگرس، اثر اشکوب‌های درختی و درختچه‌ای (تاج‌پوشش) بر بهبود جوانه‌زنی و زنده مانی نهال های بلوط [۱۱]، تأثیر اختلال گذشتهٔ عرصه در تغییر و تنوع الگوی پراکنش درختان در جنگل‌های نپال [۱۲] و معرفی کرم‌های خاکی به‌عنوان شاخص مناسب بررسی شرایط رویشگاهی پس از اختلال و مدیریت حفاظتی در جنگل‌های بلوط زاگرس [۱۳] از جمله پژوهش‌های مرتبط با اهداف تحقیق حاضر هستند. سؤال اصلی این تحقیق این است که چرا با وجود حفاظت بلندمدت، برخی از نقاط دارای تعداد زادآوری مناسب (لکه با تعداد زادآوری بهینه) هستند و برخی نقاط با وجود درختان مادری همچنان بدون زادآوری‌اند یا زادآوری خیلی کمی دارند. با چنین هدفی در این نقاط، الگوی پراکنش درختان مادری و نیز خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و مزوفون خاک بررسی شده است تا پتانسیل مزوفون خاک به‌عنوان شاخصی سریع و کم‌هزینه در تمایز بین شرایط رویشگاهی استقرار و عدم استقرار زادآوری دانه‌زاد بلوط بررسی شود.

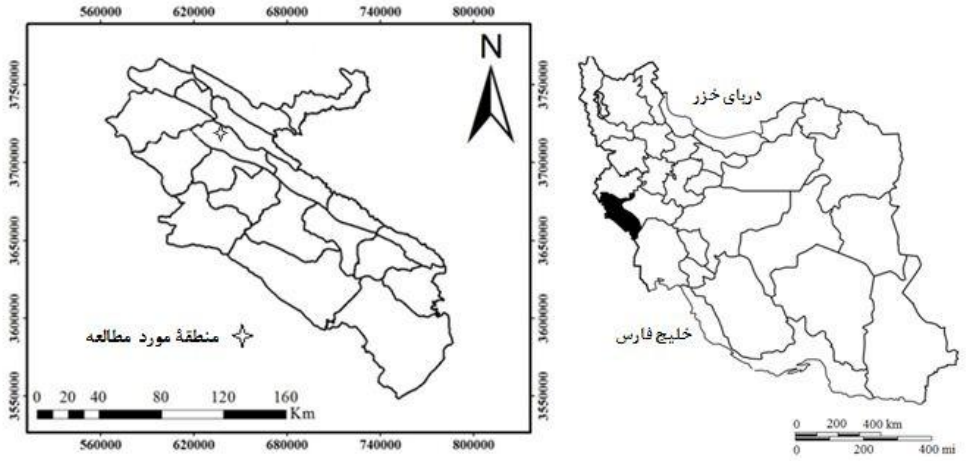
مواد و روش‌ها

منطقهٔ تحقیق

پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۳ در منطقهٔ جنگلی حفاظت‌شدهٔ دالاب (شهرستان ایلام) انجام گرفت (شکل ۱). گونهٔ درختی غالب این منطقهٔ بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) است. از اوایل سال ۱۳۷۸ این منطقه توسط ادارهٔ منابع طبیعی ایلام حفاظت شده است [۱۳]. براساس آمار ایستگاه هواشناسی ایلام، متوسط بارندگی و درجهٔ حرارت منطقه به‌ترتیب ۶۲۱ میلی‌متر و ۱۷/۱۲ درجهٔ سانتی‌گراد است.

روش جمع‌آوری داده‌ها

در شرایط فیزیوگرافی یکسان (بیشترین شیب ۱۰ درصد و ارتفاع ۱۲۰۰ تا ۱۳۰۰ متر از سطح دریا)، ۳۰ لکهٔ ۱۰۰ متر مربعی دارای زادآوری دانه‌زاد (در ۱۰۰ متر مربع بیش از ۳ نهال دانه‌زاد بلوط) و ۳۰ لکهٔ بدون زادآوری یا با زادآوری کم (یک زادآوری یا بدون زادآوری) تعیین شد [۱]. به‌منظور رعایت اصل تصادفی، ۱۰ لکه از هر کدام از حالت های یادشده به‌صورت تصادفی انتخاب شد. ارتفاع کمتر از ۱/۵ متر به‌عنوان مبنای تعیین زادآوری در نظر گرفته شد [۳].



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ تحقیق

نمونه‌برداری از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

برای بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در قطعه نمونهٔ اصلی، سه نمونه خاک از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر برداشته و با مخلوط کردن این نمونه‌ها، نمونه‌ای ترکیبی از هر قطعه نمونه به آزمایشگاه منتقل شد. در مجموع در این تحقیق ۲۰ نمونه خاک استخراج شد. بافت خاک به روش هیدرومتری، وزن مخصوص ظاهری به روش سیلندر، رطوبت خاک به روش وزنی، اسیدیته و شوری خاک به‌ترتیب به‌وسیلهٔ دستگاه pH متر و دستگاه هدایت الکتریکی‌سنج، میزان کربن آلی به روش والکلی و بلک و براساس آن میزان مادهٔ آلی با ضرب آن در عدد ۱/۷۲، ظرفیت تبادل کاتیونی با گرفتن عصارهٔ خاک با محلول کلرید آمونیم و شست وشو با اتانول و استفاده از دستگاه ICP-AES، فسفر در دسترس از روش بری و کورتز، نیتروژن کل به روش کجلدال، آهک به روش تیتراسیون، پتاسیم در دسترس به روش فلم فتومتری و تنفس پایه با جمع‌آوری گازکربنیک حاصل از تنفس خاک در محفظهٔ بسته توسط سود هیدروکسید سدیم ۰/۰۵ نرمال (مدت زمان ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد) براساس دستورالعمل استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شدند [۱۴].

نمونه‌برداری از مزوفون خاک

نمونه‌برداری از جمعیت مزوفون خاک در دو فصل بهار و پاییز با نمونه‌برداری از خاک رویشگاه دالاب با استفاده از استوانه‌ای با سطح مقطع ۳۱۴ سانتی‌متر مربع تا عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک در همان محل برداشت قطعات نمونهٔ اصلی به‌صورت تصادفی انجام گرفت. نمونه‌های جمع‌آوری‌شده، داخل کیسه‌های پلاستیکی ریخته شد و پس از نوشتن مشخصات محل نمونه‌برداری و تاریخ، به آزمایشگاه حشره‌شناسی دانشگاه ایلام انتقال یافت. در آزمایشگاه، نمونه‌های خاک به‌مدت ۴ ساعت در داخل قیف برلیز قرار داده شد تا موجودات خاک‌زی از آن خارج شوند. سپس نمونه‌ها، در زیر بینوکولار شمارش و جداسازی شده و در مراحل بعدی، شناسایی شدند. کرم خاکی به روش دستچین با روش آب نمک غلیظ از قطعات نمونهٔ اصلی برداشت شد.

برای تعیین الگوی پراکنش مکانی درختان مادری، از شاخص جانسون و زایمر (از روش‌های فاصله‌ای) با مرکز قرار دادن مرکز لکهٔ زادآوری استفاده شد [۱۵].

$$I = \left[(n+1)\left(\sum_{i=1}^{n}\left(r_{pi}^{2}\right)^{2}\right)\right] / \left[\sum_{i=1}^{n}\left(r_{pi}^{2}\right)\right]^{2} \qquad (1)$$

I =شاخص پراکنش جانسون و زایمر

n = تعداد نقطه نمونه‌برداری

r_{pi} = فاصلهٔ بین فرد اول (نزدیک‌ترین فرد) به نقطهٔ نمونه‌برداری

اگر مقدار شاخص (I) برابر ۲ باشد، پراکنش مکانی درختان تصادفی؛ اگر کمتر از ۲ باشد، پراکنش یکنواخت؛ و اگر بیشتر از ۲ باشد پراکنش درختان کپه‌ای خواهد بود.

برای آزمون تصادفی بودن پراکنش درختان از رابطهٔ ۲ استفاده می‌شود:

$$z = \frac{I - ۲}{\sqrt{\frac{۴(n-۱)}{(n+۲)(n+۳)}}} \qquad (۲)$$

چنانچه مقدار z بین اعداد ۱/۹۶+ و ۱/۹۶- قرار بگیرد الگوی پراکنش درختان به‌صورت تصادفی و در غیر این‌صورت غیرتصادفی خواهد بود.

تجزیه‌وتحلیل آماری

نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. همچنین برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد. در بین خصوصیات خاک، شوری و اسیدیتهٔ نرمال نبود که با تبدیل لگاریتمی نرمال شد.

با توجه به متفاوت بودن واحدهای متغیرهای مختلف در ماتریس خام متغیرهای محیطی، داده‌ها با استفاده از میانگین صفر و یک استاندارد شدند. از تجزیه‌وتحلیل تطبیقی متعارفی (CCA) برای تعیین مهم‌ترین عوامل خاکی تغییرپذیر در دو الگوی مورد بررسی و گروه‌بندی قطعات نمونه براساس داده‌های مزوفون خاک استفاده شد. شایان ذکر است که برای ورود اطلاعات از نرم‌افزار Excel و برای تجزیه‌وتحلیل‌ها از نرم‌افزار CANACO نسخهٔ ۴/۵ استفاده شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها برای بررسی همبستگی عوامل محیطی با محور اول و دوم CCA و معنی‌دار بودن آماری این همبستگی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. مقایسهٔ خصوصیات خاک در دو گروه دارای زادآوری و بدون زادآوری به کمک نرم‌افزار SPSS و با استفاده از آزمون t مستقل انجام گرفت. تعیین گونه‌های شاخص مزوفون خاک هر گروه در نرم‌افزار PC ORD و با استفاده از روش IV انجام گرفت.

نتایج و بحث

الگوی پراکنش مکانی درختان مادری نسبت به مرکز لکه‌های دارای زادآوری و بدون زادآوری

مقادیر مربوط به شاخص جانسون و زایمر الگوی پراکنش درختان مادری را نسبت به هم در لکه‌های دارای زادآوری و بدون زادآوری به‌ترتیب کپه‌ای و یکنواخت معرفی شد (جدول ۱).

جدول ۱. مقادیر شاخص جانسون و زایمر برای بررسی الگوی پراکنش درختان مادری نسبت به هم در لکه‌های دارای زادآوری و بدون زادآوری

شاخص جانسون و زایمر		مقدار I	مقدارZ		الگوی پراکنش مکانی به‌دست‌آمده
مقادیر تعریف‌شده		I < ۲ یکنواخت	-۱/۹۶ <Z < +۱/۹۶	تصادفی	
		I = ۲ تصادفی	Z < -۱/۹۶	غیرتصادفی	
		I > ۲ کپه‌ای	Z > +۱/۹۶	غیرتصادفی	
مقادیر	لکه‌های دارای زادآوری	۳/۴۲	۴/۱۶		کپه‌ای
	لکه‌های بدون زادآوری یا با زادآوری کم	۱/۱۴	-۰/۷۱		یکنواخت

خصوصیات خاک در الگوهای مختلف پراکنش مکانی درختان بلوط

مقایسهٔ خصوصیات خاک بین دو الگوی پراکنش مکانی یکنواخت و کپه‌ای درختان مادری بلوط نشان داد که تمام عوامل مورد بررسی به‌جز شوری و درصد سیلت در بین دو الگو اختلاف معنی‌داری دارند. مقایسهٔ میانگین نشان داد که درصد آهک، شن و وزن مخصوص ظاهری در الگوی یکنواخت درختان مادری بیشترین مقدار را داشتند. مقادیر میانگین ازت، فسفر و پتاسیم فراهم، درصد رطوبت اشباع، ظرفیت تبادل کاتیونی، تنفس پایه، درصد رس و شن، اسیدیته و درصد مادهٔ آلی به‌طور معنی‌داری در نقاط دارای الگوی کپه‌ای بیشتر از نقاط دارای الگوی یکنواخت بود (جدول ۲). وضعیت درختان اشکوب فوقانی از نظر تراکم، درصد تاج‌پوشش و پراکنش در تغییر مقدار نور، رطوبت و لاشبرگ به کف جنگل اثر شایان توجهی دارد. مقدار تجزیهٔ لاشبرگ و حاصلخیزی خاک نیز تحت تأثیر عوامل مذکور قرار می‌گیرد. مقدار ورودی برگ و خصوصیات آن از عوامل بسیار مهم در تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی است، زیرا این برگ‌ها تحت تأثیر فرایندهای بیولوژیک و تجزیه قرار می‌گیرند و تأثیر اساسی در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند تشکیل مادهٔ آلی و عناصر غذایی دارند [۱۷]. مقدار عناصر غذایی خاک، رابطهٔ مستقیم با مواد آلی دارد [۱۸] و افزایش این عناصر در الگوی کپه‌ای این تحقیق ممکن است به‌دلیل ورودی بیشتر لاشبرگ و مادهٔ آلی بیشتر در این حالت باشد.

جدول ۲. مقایسهٔ خصوصیات خاک بین الگوهای کپه‌ای و یکنواخت براساس آزمون t مستقل

خصوصیات خاک	متغیر	الگو		سطح معنی‌داری
		یکنواخت	کپه ای	
فیزیکی	وزن مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	۱/۷ ±۰ /۰۹	۱/۳ ±۰/۰۵	۰/۰۱ *
	شن (درصد)	۶۳±۵/۴	۵۹±۴/۲	۰/۰۱ *
	رس (درصد)	۱۶ ±۲/۳	۲۳±۳/۴	۰/۰۰۲ **
	سیلت (درصد)	۲۱ ±۰ /۰۹	۱۸±۳/۲	۰/۰۶ ns
	رطوبت اشباع (درصد)	۳۳/۷ ±۰/۶	۲۷/۳ ±۰/۲	۰/۰۰۰ **
شیمیایی و بیولوژیک	ازت کل (درصد)	۰/۱۴ ±۰/۰۰۶	۰/۱۹ ±۰/۰۰۸	۰/۰۳ *
	پتاسیم فراهم (ppm)	۳۲۱ ±۶/۵	۴۶۰±۸/۲	۰/۰۰۲ *
	فسفر فراهم (ppm)	۱۷/۶ ±۱/۱	۲۸/۹ ±۱/۳	۰/۰۰۱ **
	ظرفیت تبادل کاتیونی ($cmol\ (+)\ kg^{-1}$)	۱۳/۵ ±۱/۸	۱۸/۷ ±۲/۳	۰/۰۰۱ **
	مادهٔ آلی (درصد)	۱/۳۴ ±۰/۰۴	۲ ±۰/۰۹	۰/۰۱ *
	شوری ($dS\ m^{-1}$)	۰/۴۳ ±۰/۰۴	۰/۴۱ ±۰/۰۲	۰/۷۲ ns
	آهک (درصد)	۴۵/۷ ±۱/۶	۳۴/۵ ±۱/۱	۰/۰۰۲ *
	اسیدیته (1:1 H_2O)	۷/۱ ±۰/۰۱	۷/۳ ±۰/۰۱	۰/۰۲ *
	تنفس پایه ($mg.kgsoil^{-1}.day^{-1}$)	۲۳/۱ ±۱/۶	۱۲/۲ ±۱/۱۱	۰/۰۰۰ **

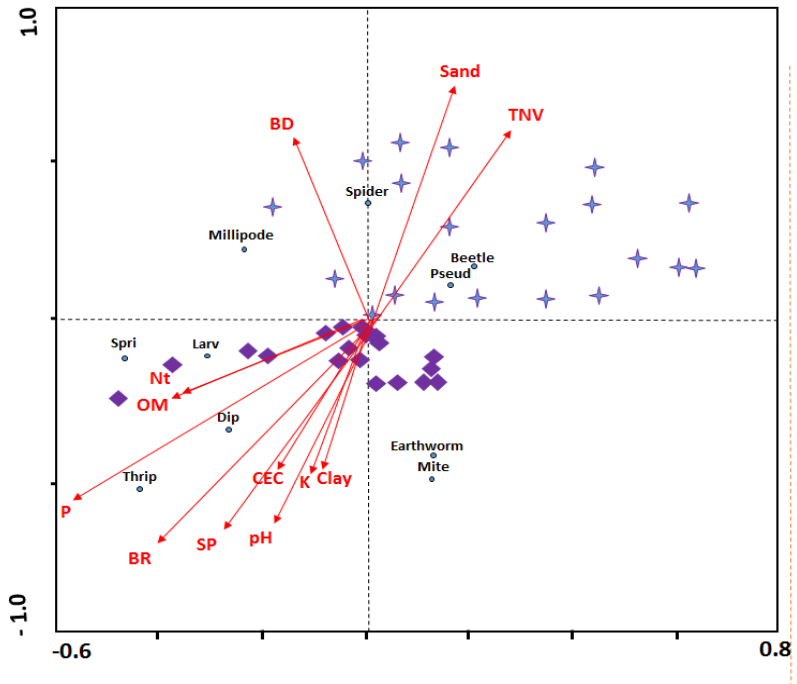
** معنی‌داری در سطح ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح ۵ درصد، حروف غیر همسان بیانگر اختلاف میانگین مقادیر عوامل مورد بررسی بین مناطق است.
مقادیر میانگین ± اشتباه معیار هستند.

نتایج نشان می‌دهد که در لکه‌های دارای زادآوری، درختان مادری الگوی کپه‌ای دارند و خاک حاصلخیزتر است. حسینی (۱۳۸۹) با بررسی اثر تاج‌پوشش بر زادآوری طبیعی بلوط در زاگرس نشان داد که بیشترین تراکم زادآوری در بلوط در شرایطی است که تاج‌پوشش اشکوب فوقانی ۲۶ تا ۵۰ درصد بود و با کاهش درصد تاج پوشش

زادآوری کاهش پیدا کرد که با نتایج تحقیق حاضر همسوست [۹]. میرزایی و همکاران (۱۳۸۶) و حیدری و همکاران (۱۳۹۰) نیز نشان دادند که در جنگل‌های زاگرس، زادآوری طبیعی گونه‌های چوبی روی خاک‌های غنی، از تراکم و تجمع بیشتری برخوردار است [۱، ۳]. درصد تاج‌پوشش به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی کمّی در جنگل‌های زاگرس، به‌علت قطع و سرشاخه‌زنی درختان، کاهش معنی‌داری در مناطق تخریب‌شده نسبت به مناطق کمتردست‌خورده دارد [۱۸]. تاج‌پوشش بر ورودی مادهٔ آلی و شرایط تجزیهٔ آن، مقدار پوشش علفی، حفاظت و فرسایش خاک اثر می‌گذارد [۱۷] که با ریختن بذرها بر روی زمین، فراهم بودن شرایط مناسب ادافیکی و نوری بر استقرار زادآوری تأثیر بسزایی خواهد داشت [۱۶]. اختلال و آشفتگی جنگل (مانند الگوی یکنواخت بلوط در این تحقیق) با تغییری که در شرایط جنگل ایجاد می‌کند، بر کاهش استقرار زادآوری تأثیر زیادی دارد [۱۲]. بلوط گونه‌ای نورپسند است، اما گونه‌های نورپسند نیز در سال‌های اول استقرار از نور مستقیم و شدید آسیب می‌بینند. به‌ویژه اینکه نور شدید در مناطق دارای تاج‌پوشش باز (مانند منطقهٔ دارای الگوی یکنواخت درختان مادری در تحقیق حاضر) می‌تواند موجب کاهش رطوبت خاک و کاهش احتمال جوانه‌زنی بذر شود. در الگوی یکنواخت درختان مادری، مقدار زادآوری دانه‌زاد کم بود. وزن مخصوص ظاهری زیاد و سفت بودن خاک سطحی در این حالت می‌تواند بر استقرار ناموفق بذر و زادآوری طبیعی بلوط تأثیر گذاشته باشد؛ از این‌رو ریزش بذر فراوان از درختان بزرگ و کهنسال بلوط در این شرایط نیز نتوانسته وضعیت کمی زادآوری را بهبود دهد و فقط در این شرایط زادآوری کم و پراکنده در عرصه اتفاق افتاده است.

مزوفون خاک

براساس تحلیل DCA طول محورهای اول و دوم ۵/۲ و ۶ شد؛ از این‌رو تجزیه‌وتحلیل همزمان الگوی پراکنش درختان بلوط، مزوفون خاک و خصوصیات خاکی با استفاده از روش آنالیز تطبیقی متعارفی انجام گرفت. محورهای اول و دوم تجزیه‌وتحلیل CCA با مقادیر ویژهٔ ۰/۵۱ و ۰/۶۴ به‌ترتیب ۲۴/۶ و ۶۶/۷ درصد واریانس تغییرات مزوفون خاک و خصوصیات خاک و در مجموع ۹۱/۳ درصد واریانس داده‌ها را توجیه می‌کنند. همبستگی گونه- محیط محورها به ترتیب r =۰/۶۴ و r =۰/۸۸ است که بیانگر ارتباط قوی بین مزوفون خاک و متغیرهای محیطی واردشده در نمودار تجزیه‌وتحلیل CCA است؛ بنابراین محورها به‌خوبی بیانگر متغیرهای محیطی اندازه‌گیری‌شده اند. نمونه‌های مربوط به نقاط نمونه‌برداری با الگوی کپه‌ای **به‌صورت** گروهی (گروه اول) مشخص در اطراف جهت منفی محورهای اول و دوم قرار گرفته‌اند و بیانگر گرادیان‌های اسیدیته، درصد رطوبت اشباع، فسفر فراهم، پتاسیم فراهم، رس، مادهٔ آلی، ازت کل، تنفس پایه و ظرفیت تبادل کاتیونی هستند که با محورهای اول و دوم همبستگی منفی دارند. نمونه‌های مربوط به نقاط نمونه‌برداری با الگوی یکنواخت در کنار هم و در مقابل گروه اول تجمع پیدا کرده‌اند. این گروه با محورهای اول و دوم همبستگی مثبت دارند. درصد آهک، وزن مخصوص ظاهری و درصد شن زیاد، مهم‌ترین عوامل در تشکیل این گروه‌اند (شکل ۲ و جدول ۳). گروه اول (الگوی کپه‌ای) شامل گونه‌های پادمان، کنه‌ها (به‌خصوص کنه‌های اُریباتیده)، برخی تریپس‌های خاک‌زی، دیپلوراها، کرم‌های خاکی و لارو حشرات (به‌خصوص لارو سوسک‌های استافیلینیده)، و گروه دوم (الگوی یکنواخت) شامل گونه‌های شبه‌عقرب، هزارپا و صدپا، عنکبوت‌ها و سوسک‌ها (به‌خصوص سوسک‌های شکارگر خانواده‌ی استافیلینیده) هستند (شکل ۲). براساس تحلیل گونه‌های معرف (روش IV) و آزمون مونت‌کارلو مقادیر شاخص برخی گونه‌ها معنی‌دار شد. کنه‌ها، تریپس، دیپلورا، کرم خاکی و لاروها در الگوی کپه‌ای (گروه اول)، و شبه‌عقرب، عنکبوت و سوسک در گروه دوم (الگوی یکنواخت)، گونه‌های شاخص بودند (جدول ۴).



شکل ۲. نمودار رج‌بندی CCA برای رابطهٔ الگوی پراکنش، خصوصیات خاک و مزوفون خاک (پادمان: Springtail، کنه: Mite، شبه‌عقرب: Pseudoscorpion، لارو: Larva، هزارپا: Millipode، عنکبوت: Spider، تریپس: Thrips، سوسک استافیلینیده: Staphylinid beetles، دیپلورا: Dipluran، کرم خاکی: Earthworm، SP: درصد رطوبت اشباع، TNV: آهک، BR: تنفس پایه، BD: وزن مخصوص ظاهری، OM: مادهٔ آلی، P: فسفر، K: پتاسیم، CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی و N: ازت، ✦ الگوی پراکنش مکانی یکنواخت درختان مادری بلوط و ◆ الگوی پراکنش مکانی کپه‌ای درختان مادری

جدول ۳. همبستگی بین محورهای CCA و متغیرهای محیطی

متغیر محیطی	محور ۱	محور ۲
اسیدیته	−۰/۰۴ ns	−۰/۸۳ **
رطوبت اشباع (درصد)	−۰/۲۵*	−۰/۶۹ **
آهک (درصد)	۰/۳۵ *	۰/۷ **
وزن مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	−۰/۰۶ ns	۰/۸۶ **
شن (درصد)	۰/۱۸ns	۰/۸۵ **
رس (درصد)	−۰/۰۴ ns	−۰/۷۶ **
مادهٔ آلی (درصد)	−۰/۷**	−۰/۳*
ازت کل (درصد)	−۰/۷۴**	−۰/۲۵*
پتاسیم فراهم (mg kg-1)	−۰/۰۵۶ns	−۰/۷۱ **
فسفر فراهم ($mg\ kg^{-1}$)	−۰/۶۶ **	−۰/۳۴*
تنفس پایه (mgCO2-C kg-1soil day-1)	−۰/ ۴*	−۰/۶۰ **
ظرفیت تبادل کاتیونی ($cmol\ (+)\ kg^{-1}$)	−۰/۲۷ *	−۰/۶۸**
مقادیر ویژه	۰/۵۱	۰/۶۴
همبستگی گونه- محیط	۰/۵۴	۰/۸۸
درصد تبیین واریانس	۲۴/۶	۶۶/۷
درصد تجمعی تبیین واریانس	۲۴/۶	۹۱/۳
واریانس کل	۹۱/۳	

* معنی‌دار بودن در سطح ۵ درصد؛ ** معنی‌دار بودن در سطح ۱ درصد؛ ns معنی دار نبودن

جدول ۴. مقادیر شاخص (IV) و سطح معنی‌داری براساس آزمون مونت‌کارلو برای فون خاک در دو گروه

فون خاک	مقادیر شاخص (IV)	گروه ها براساس الگوی پراکنش درختان	سطح معنی‌داری
کنه	۴۰	۱	۰/۰۰۱ *
تریپس	۳۴	۱	۰/۰۰۲ *
کرم خاکی	۳۰	۱	۰/۰۰۳ *
دیپلورا	۲۳	۱	۰/۰۰۳ *
لارو	۸	۱	۰/۰۱ *
پادمان	۶	۱	۰/۵ ns
عنکبوت	۴۰	۲	۰/۰۰۱ *
سوسک	۳۸	۲	۰/۰۰۱ *
شبه‌عقرب	۲۶	۲	۰/۰۰۲ *
هزارپا	۸	۲	۰/۱۶ ns

الگوی کپه‌ای (۱) و الگوی یکنواخت (۲)، * معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد؛ ns غیر معنی‌دار

به‌طور کلی گونه‌های مختلف جانوران خاک‌زی به تغییر شرایط رویشگاهی و تغییر مدیریت واکنش‌های مختلف نشان می‌دهند؛ به‌عبارتی تغییر شرایط رویشگاه در حضور و نبود آنها در عرصه و نیز نحوهٔ توزیع آنها مؤثر است. به همین دلیل، برخی از آنها، شاخصی مناسب بررسی تغییر شرایط رویشگاهی معرفی شده‌اند [۱۹]. حیدری و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از رگرسیون لجستیک، کرم‌های خاکی را شاخص مناسب بررسی شرایط رویشگاهی پس از اختلال و مدیریت حفاظتی کوتاه‌مدت و بلندمدت در جنگل‌های بلوط زاگرس معرفی کردند و بیان داشتند که مدیریت حفاظتی بلندمدت اثر مثبت بر افزایش عناصر غذایی خاک داشته است و حضور کرم‌های خاکی نیز با این عوامل به طور مستقیم مرتبط بوده است [۱۳]. بندپایان و بسیاری از گونه‌های خاک‌زی رژیم غذایی منحصربه‌فرد دارند و هم بر تحول شرایط خاک تأثیر می‌گذارند و هم حضور آنها در یک مکان وابسته به شرایط خاک است. در گروه دوم با الگوی یکنواخت درختان مادری، سوسک‌های استافیلینیده و شبه‌عقرب‌ها به‌عنوان شاخص معرفی شدند؛ به‌عبارتی به‌طور غیرمستقیم بیانگر شرایط استقرار ضعیف یا عدم زادآوری دانه‌زاد بلوط ایرانی در عرصهٔ تحقیق هستند. به‌طور معمول این گونه‌ها شکارگرند و وابستگی زیادی به حاصلخیز بودن خاک ندارند [۲۰]. به‌نظر می‌رسد تغییر تاج پوشش در دو الگوی مشاهده‌شده بر تغییر ترکیب مزوفون خاک در این تحقیق تأثیر داشته است. به‌عبارتی باز شدن تاج اشکوب فوقانی در الگوی یکنواخت و انبوه بودن تاج در الگوی کپه‌ای بر تغییر مزوفون خاک اثر داشته است. این اثر هم **به‌صورت** مستقیم (تغییر نور و دمای کف جنگل و حساسیت فون خاک به آن) و هم به‌صورت غیرمستقیم (تغییر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک) بوده است. در ناحیهٔ رویشی زاگرس نیز پوررضا و همکاران (۱۳۹۲) تغییر جوامع ماکروفون و مزوفون خاک تحت تأثیر تغییر ساختار جنگل و متعاقب آن تغییر خصوصیات خاک را تأیید کرده و بیان کردند که کرم خاکی و ماهی نقره‌ای‌ها (پادمان) در شرایطی که خاک دارای رطوبت، ازت و مادهٔ آلی بیشتری باشد حضور دارند و در مقابل این گروه، سوسک‌ها و عنکبوت‌ها در شرایطی که عناصر غذایی کمتر است، بیشترین حضور را دارند [۶].

براساس نتایج این تحقیق می‌توان پیشنهاد کرد که مدیران و کارشناسان جنگل از مزوفون خاک به‌عنوان ویژگی زودیافت، کم‌هزینه و زیستی (قابل اعتماد) برای تشخیص تفاوت شرایط رویشگاهی استقرار بهینه و استقرار نیافتن زادآوری دانه‌زاد بلوط ایرانی استفاده کنند.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که الگوی پراکنش درختان مادری بلوط ایرانی در لکه‌های دارای زادآوری و بدون زادآوری متفاوت است. الگوی درختان مادری در لکه‌های

دارای زادآوری، کپـــه‌ای و در لکـــهٔ بـــدون زادآوری، یکنواخت است. همچنین تفاوت آشـکاری بـین لکـه‌هـای مورد بررسی از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خـاک مانند ظرفیت تبـادل کـاتیونی، اسـیدیته، مـادهٔ آلـی و وزن مخصوص ظاهری مشاهده شد.

References

[1]. Heidari, M., Pourbabaei, H., and Atar Roushan, S. (2011). Natural regeneration of Persian oak (Quercus brantii) between ecological species group in Kurdo-Zagros region. Iranian Journal of Biology, 24(4): 578-592.

[2]. Gould, P.J. (2005). Regenerating oak dominated stands: Descriptions, predictive models, and for conservation and restoration. Environmental conservation, 30(1): 61-70.

[3]. Mirzaei, J., Akbarinia, M., Hosseini, S.M., Tabari, M., and Jalali, S.Gh. (2007). Comparison of natural regenerated woody species in relation to physiographic and soil factors in Zagros forests (Case study: Arghavan reservoir in north of Ilam province). Pajouhesh and Sazandegi, 77: 16-23.

[4]. Yan, Sh., Singh, A.N., Fu, Sh., Liao, Ch., Wang, S., Li, Y., Cui, Y., and Hu, L. (2012). A soil fauna index for assessing soil quality. Soil Biology and Biochemistry, 47: 158-165.

[5]. Brown, G.G., Pasini, A., Benito, N.P., de Aquino, A.M., and Correia, M.E.F. (2001). Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no-tillage agroecosystems: a preliminary analysis, International symposium on managing biodiversity in agricultural ecosystems, 8-10 Nov, Montreal, Canada: pp: 1-20.

[6]. Pourreza, M., Hosseini, S.M., Safari Sinegani, A.A., Matinizadeh, M., and Dick, W. (2014). Effect of fire severity on soil macrofauna in Manna oak coppice forests. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(4): 729-741.

[7]. Jalilvand, H., and Kooch, Y. (2012). Factors influence the distribution abundance of and earthworm communities in difference forest types (man-made and natural forests). International Journal of Green and Herbal Chemistry, 1: 26-38.

[8]. Miller, T.F., Mladenoff, D.J., and Clayton, M.K. (2002). Old-growth northern hardwood forests: Spatial autocorrelation and patterns of understory vegetation. Ecological Monographs, 72(4): 487-503.

[9]. Hosseini, A. (2010). Dynamics of seed origin oak regeneration in order to determine the factors limiting its establishment in Zagros forests. Specialized Journal of natural ecosystems of Iran, 1(1): 1-8.

[10]. Gholami, Sh., Salman Maheni, A.R., Hosseini, S.M., Mohammadi, J., and Sayad, E. (2014). Assessment of vegetation density and soil macrofauna relationship in riparian forest of karkhe river for the determination of rivers buffer zone. Applied ecology, 3(7): 13-26.

[11]. Li, Q., and Ma, K. (2001). Factors effecting establishment of Quercus liaotugensis Koidz, under mature mixed oak forest overstory and in shrubland. Forest Ecology and Management, 176: 133-146.

[12]. Sapkota, I.P., Tigabu, M., and Oden, P.C. (2009). Spatial distribution, advanced regeneration and stand structure of Nepalese Sal (Shorea robusta) forest subject to disturbances of different intensities. Forest Ecology and Management, 257(9): 1966-1975.

[13]. Heydari, M., Poorbabaei, H., Bazgir, M., Salehi, A., and Eshaghirad, J. (2014). Earthworms as indicators for different forest management types and human disturbance in Ilam oak forest, Iran. Folia Forestalia Polonica, 56(3): 121-134.

[14]. Jafari Haghighi, M. (2003). Methods of soil analysis, Nedaye Zoha press, Tehran.

[15]. Hossein Haidari, R. (2008). Distance sampling methods in forest inventory, Razi University press, Kermanshah.

[16]. Webb, C.O., and Peart, D.R. (2000). Habitat associations of trees and seedlings in a Bornean rain forest. Journal of Ecology, 88: 464-478.

[17]. Sanchez-Maranon, M., Soriano, M., Delgado, G., and Delgado, R. (2001). Soil quality in Mediterranean mountain environment: effect of land use change. Journal Soil Science Society of America, 66(3): 948-958.

[18]. Yousefi, M., Jalali, Gh., and Fatahi, M. (2002). An assessment of the impact of human and animal encroachments on the structure of oak forests of Yasuj (Pataveh region). Pajouhesh and Sazandegi, 15(56-57): 28-37.

[19]. Davis, A.J., Holloway, J.D., Huijbregts, H., Krikken, Kirk-Spriggs, A.H., and Sutton, S.L. (2001). Dung beetles as indicators of change in the forests of northern Borneo. Journal of Applied Ecology, 38(3): 593-616.

[20]. Rassam, GH., Soltani, A., Dadkhah, A., Khoshnod, R., and Yazdi, A. (2013). Response of soil macrofauna community to variattion in crop type and management in Shirvan region. Soil Biology, 1(1): 25-33.

Role of soil mesofauna in reflection of site conditions for optimal oak regeneration establishment (*Quercus brantii* Lindl.) in Zagros forests (case study: Dalab, Ilam Province)

M. Heydari*; Assist. Prof., College of Agriculture, Ilam University, Ilam, I.R. Iran

T. Abdi; M.Sc. Student of Forestry, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, I.R. Iran

M. Mirab-balou; Assist. Prof., Department of Plant Protection, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, I.R. Iran

J. Mirzaei; Assoc. Prof., College of Agriculture, Ilam University, Ilam, I.R. Iran

S. Zabiolahi; Ph.D. Student of Forestry, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, I.R. Iran

(Received: 17 November 2015, Accepted: 09 May 2016)

ABSTRACT

This study aimed to investigate the role of soil mesofauna for quick and low cost detection of well and poorly seed-origin oak regenerated sample plots in Zagros oak forest ecosystem. The main question of this study is why some areas have a suitable number of natural seedlings while some others do not, despite the presence of mature oak trees? In this study, we sampled 30 100-m^2 plots with regeneration and 30 100-m^2 plots without or with only few seedlings in the same physiographic conditions. Soil samples for mesofauna investigation were randomly collected within each sample plot to a depth of 0-20 cm. Soil mesofauna was extracted with a Berlese-Tullgren funnel apparatus. According to CCA ordination, plots with and without natural regeneration have shown, respectively, clumped and uniform patterns of mature oak trees based on Johnson and Zimmer index. In this regard, plots with a clumped pattern were characterized by higher saturation percentage, total phosphorus, total potassium, clay, organic matter, total nitrogen and cation exchange capacity than uniform to random patterns of oak trees. Seed-origin oak regeneration patterns around mature oak trees in plots with and without natural regeneration were clumped and uniform, respectively. The results showed that the number of soil mesofauna in clumped pattern (with higher regeneration) was higher than those in the uniform pattern (with lower regeneration).

Keywords: Natural regeneration, Soil, Mesofauna, Oak forest, Ilam.

* Corresponding Author, Email: m.heidari@mail.ilam.ac.ir, Tel: +988432227015