

فراوانی و تنوع زیستی ماکروفون خاک در داخل و خارج جست‌گروه‌های بلوط ایرانی (*Quercus persica*) در جنگل‌های زاگرس

روناک محمدی، علی صالحی¹ و مرتضی پوررضا

دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان؛ ronak.mohammadi9728@gmail.com

دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان؛ asalehi@guilan.ac.ir

استادیار، گروه جنگلداری، دانشگاه رازی کرمانشاه؛ P_morteza@yahoo.com

دریافت: 96/8/6 و پذیرش: 96/12/22

چکیده

ماکروفون خاک به عنوان یک جزء زیستی مهم و تأثیرگذار در فرآیندهای خاک از اهمیت بسزایی برخوردار است. با توجه به اهمیت و نقش این موجودات در خاک جنگل و همچنین ساختار ویژه جنگل‌های شاخه زاد زاگرس، پژوهش حاضر به منظور بررسی وضعیت ماکروفون خاک در این جنگل‌ها واقع در استان کرمانشاه صورت گرفت. در این تحقیق یک محدوده 40 هکتاری از جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط انتخاب و به دلیل شرایط متفاوت داخل جست‌گروه با خارج آن دو تیمار در نظر گرفته شد. در هر تیمار 20 قطعه نمونه انتخاب، در داخل هر قطعه نمونه پروفیل‌هایی با ابعاد 50×50 سانتی‌متر و با عمق 20 سانتی‌متر زده و ماکروفون به روش دستی جمع‌آوری شد. ویژگی‌های داخل جست‌گروه نیز شامل (تعداد جست، مساحت تاج، قطر قطورترین جست و ارتفاع جست‌گروه) برداشت شد. نتایج مقایسه آماری نشان داد که فراوانی و تنوع ماکروفون خاک و همچنین برخی ویژگی‌های خاک در داخل جست‌گروه با خارج آن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 95 درصد دارد. افزایش فراوانی و تنوع ماکروفون در داخل جست‌گروه با عمق لاشبرگ و مساحت تاج همبستگی معنی‌دار نشان داد و دلیل آن افزایش مواد آلی، تمرکز عناصر غذایی و دسترسی موجودات به منابع غذایی موجود در لاشبرگ‌ها و هم چنین داخل جست‌گروه نسبت به خارج آن بود. با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان به تأثیر جست‌گروه به عنوان یک ریز زیستگاه با شرایط مناسب برای زندگی و حضور موجودات خاکزی اشاره کرد.

واژه‌های کلیدی: بلوط ایرانی، جنگل شاخه‌زاد، جانوران خاکزی، ویژگی‌های خاک

¹ نویسنده مسئول، آدرس: گیلان، صومعه سرا، دانشکده منابع طبیعی، گروه جنگلداری

مقدمه

جنگل به عنوان یک مجموعه مهم و حیاتی فراتر از یک توده درختی بوده و در اصل اکوسیستمی پیچیده است که متشکل از ساختارهایی با لایه‌های مختلف عملکردی است (بارنس، 1998). این اکوسیستم‌ها از لحاظ فراوانی و تنوع موجودات خاکزی اختلاف قابل ملاحظه‌ای با هم دارند و تاج پوشش جنگل نیز یک شاخص مهم برای بررسی جوامع جانوری در خاک است (ایسلام و همکاران، 2009). توالی طبیعی و تغییر نوع کاربری زمین به وسیله‌ی انسان‌ها باعث تغییر در ترکیب گونه‌های گیاهی و ساختار پوشش گیاهی می‌گردد که این فرآیند باعث تغییر در کیفیت و کمیت تاج پوشش درختان و به دنبال آن لاشبرگ آن‌ها گشته و در نهایت بر جوامع جانوران خاک تأثیر می‌گذارد (یانگ و چن، 2009). گیاهان از طریق مکانیسم‌هایی از جمله: بازگشت لاشبرگ به خاک، تغییر و اصلاح ساختار خاک، زهکشی توسط ریشه‌های نفوذ کننده در خاک و تولید مواد مغذی بر روی موجودات خاکزی تأثیر می‌گذارند (جیلیسن و همکاران، 2003؛ واردل، 2002). لاشبرگ‌ها محل زندگی بسیاری از موجودات زنده خاکزی بوده که از مهمترین آن‌ها می‌توان به ماکروفون اشاره نمود (دفور و همکاران، 2000).

ماکروفون خاک موجودات بزرگتر از دو میلی‌متر را شامل می‌شود که از اهمیت بسیاری در چرخه مواد غذایی و انرژی برخوردارند و اثرات مهمی روی پویایی مواد آلی و روند تجزیه در خاک دارند (هوفر و همکاران، 2001). این موجودات بر حاصلخیزی خاک تأثیر دارند و همچنین به عنوان شاخصی برای کیفیت خاک محسوب می‌شوند (پاشینسی و همکاران، 1996؛ وسکانسلوس و همکاران، 2013). به طور کلی حضور این موجودات در ارتباط با وجود درختان و گونه‌های گیاهی است (پوسپیک و اسکالسی، 2006). با توجه به نقش مهم ماکروفون خاک در عملکرد اکوسیستم، تعیین عوامل تأثیرگذار روی تنوع و توزیع این موجودات از اهمیت زیادی برخوردار است. کاهش موجودات خاکزی اثرات منفی روی ساختار خاک، روند تجزیه، فرآیند نفوذ و تبادل گازها می‌گذارد. در نتیجه می‌تواند رشد گیاهان را نیز دچار اختلال کند. بنابراین، در اکولوژی و برنامه‌های حفاظت، مدیریت زیستگاه و ارزیابی اکوسیستم، تعیین شاخص‌های تنوع، غنا و فراوانی این جانداران مورد نیاز است. این شاخص‌ها برای کمی کردن الگوی تنوع زیستی ماکروفون خاک بسیار کاربردی می‌باشند (گونگلانسکی و همکاران، 2008). در تحقیق صیاد و همکاران (1395) که ارتباط تغییرات مکانی تنوع زیستی جانداران خاکزی و تاج

پوشش را در جنگل‌های حاشیه رودخانه مارون بررسی کردند بدین نتیجه رسیدند که تغییرپذیری مکانی تاج پوشش درختان به ویژه گونه پده، الگوی تنوع جانداران خاکزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در تحقیق دیگری که ماتیو و همکاران (2009) انجام دادند یافته‌های آن‌ها نشان داد کاهش تراکم پوشش گیاهی با کاهش تنوع ماکروفون خاک همراه است.

جنگل‌های غرب کشور به عنوان وسیع‌ترین جنگل‌های ایران به دلیل دارا بودن ویژگی‌های خاص، ناحیه روشنی منحصر به فردی را به وجود آورده‌اند و جایگاه مهمی در پایداری آب و خاک کشور دارند (امینی، 2009). گونه‌های مختلف بلوط عنصر درختی غالب این جنگل‌ها را تشکیل می‌دهند. زادآوری شاخه زاد بلوط نوعی تجدید حیات غیر جنسی است که به دلیل توانایی بالای گونه بلوط در تولید ریشه جوش حاصل می‌شود. توانایی خارق‌العاده جست دهی¹ (تجدید حیات، خودسازی و ترمیم جوانه‌های جست پس از تخریب) این گونه‌ها سبب بقای آن‌ها در مقابل فشار زیاد تخریب در این جنگل‌ها و همچنین در استقرار و پایداری آن‌ها نقش اساسی دارند، این امر منجر به شکل‌گیری جنگل‌های شاخه زاد در سطوح وسیعی گردیده است (فتاحی، 1373). جست‌گروه‌های بلوط ایرانی به عنوان یک شکل ساختاری خاص روی سیمای ظاهری و شرایط محیطی جنگل‌های زاگرس تأثیرگذار هستند. پوشش گیاهی و انباشت لاشبرگ داخل جست‌گروه‌های بلوط با خارج جست‌گروه‌ها یا کف جنگل متفاوت است (پوررضا و همکاران، 2014؛ پوررضا و همکاران، 2014 ب). با توجه به اینکه پوشش گیاهی نقش قابل توجهی در تغییر و توسعه خصوصیات خاک دارد (صالحی و همکاران، 1384) و همچنین پوررضا و همکاران (1392) نیز به تفاوت خصوصیات خاک و موجودات خاکزی در درون ریز زیستگاه جست‌گروه‌ها نسبت به کف جنگل تأکید دارند، بنابراین نباید تأثیر پوشش گیاهی را بر حضور موجودات خاکزی و خصوصیات خاک نادیده گرفت. از آنجا که بیشتر جنگل‌های زاگرس به شکل شاخه‌زاد می‌باشد و از طرفی تاکنون در مورد تأثیر ویژگی‌های داخل جست‌گروه‌ها بر جمعیت ماکروفون خاک گزارشی دیده نشده است، در این پژوهش به بررسی جمعیت و تنوع ماکروفون خاک در داخل جست‌گروه و مقایسه آن با خارج جست‌گروه‌ها پرداخته شد. هدف این پژوهش پاسخ دادن به سوالات زیر است: 1) آیا فراوانی ماکروفون

¹resprouting

خاک و جمعیت آن‌ها در داخل و خارج از جست‌گروه-های بلوط ایرانی متفاوت است؟ (2) آیا ارتباطی بین ساختار جست‌گروه‌ها (ویژگی‌های داخل خود جست‌گروه بلوط شامل ارتفاع جست، مساحت تاج جست‌گروه، تعداد جست‌ها، قطر جست‌ها، لاشبرگ کف جست‌گروه و همچنین ویژگی‌های خاک داخل آن) و جمعیت و فراوانی ماکروفون خاک وجود دارد؟ (3) تنوع ماکروفون خاک در داخل و خارج جست‌گروه‌های بلوط ایرانی چگونه است؟ (4) چه ارتباطی بین جمعیت ماکروفون خاک و ویژگی‌های خاک در داخل و خارج از جست‌گروه‌ها وجود دارد؟

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه بخشی از جنگل‌های شاخه زاد بلوط ایرانی زاگرس است که در شهرستان ماهدشت استان کرمانشاه قرار دارد. منطقه مورد مطالعه دارای جهت شمالی و متوسط شیب منطقه 40-30 درصد می‌باشد. ارتفاع این منطقه از سطح دریا به 1364 متر می‌رسد. میانگین بارش سالانه آن 335 میلی‌متر و میانگین دمای سالانه آن 14 درجه سانتی-گراد است. گونه اصلی این جنگل را بلوط ایرانی *Quercus persica* تشکیل می‌دهد که در حال حاضر به شکل شاخه زاد جوان است که به دلیل مناسب بودن ویژگی‌های گونه درختی و شرایط خاک منطقه برای پاسخگویی به سوالات پژوهش انتخاب شد.

روش تحقیق

در این مطالعه به منظور بررسی وضعیت ماکروفون خاک در داخل جست‌گروه‌ها (مجموعه جست‌هایی که از یک کنده به وجود می‌آیند) و مقایسه آن با خارج جست‌گروه (کف جنگل) یک محدوده 40 هکتاری انتخاب شد. براساس بررسی‌های میدانی اولیه نیز مشخص شد که انباشت لاشبرگ داخل جست‌گروه‌های بلوط ایرانی و پوشش گیاهی آن‌ها متفاوت از خارج جست‌گروه‌ها می‌باشد. بنابراین دو تیمار شامل خرد زیستگاه داخل جست‌گروه‌ها و خارج از جست‌گروه‌ها در نظر گرفته شد. سپس از هر تیمار 20 نمونه در نظر گرفته شد که در امتداد 4 ترانسکت (در این روش از یک متر نواری (نخ، طناب یا سیم) استفاده و یک محدوده (50 تا 100 متری) را مشخص و در راستای آن ترانسکت نمونه برداری صورت می‌گیرد) با فواصل 50 متر به طور تصادفی انتخاب شدند. برای این کار ابتدا تیمار جست‌گروه و سپس تیمار خارج جست‌گروه در همسایگی جست‌گروه انتخاب شده، به طوری که هم نزدیکترین فاصله به جست‌گروه را داشته و هم در خارج از اثر حاشیه‌ای تاج جست‌گروه باشد. به منظور نمونه‌برداری

ماکروفون، پروفیل‌هایی با ابعاد 50×50 سانتی‌متر و با عمق 0-20 سانتی‌متر در داخل جست‌گروه‌ها و خارج آن حفر شد و ماکروفون خاک به روش دستی جمع‌آوری و در داخل لوله‌های حاوی الکل و آب ریخته (پوررضا و همکاران، 1392) و برای شناسایی و شمارش به آزمایشگاه انتقال داده شدند. شناسایی و شمارش آن‌ها با استفاده از کلیدهای شناسایی (نرم‌افزار آنلاین Invertebrate Classification Key)، لوپ‌های معمولی و دوچشمی انجام گرفت (سیلشی و مافونگویا، 2006). همچنین در داخل هر قطعه‌مونه جهت انجام آزمایش‌های خاک، نمونه خاک از عمق 0-20 سانتی‌متری برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌های خاک، در دمای آزمایشگاه خشک شده، سپس کوبیده و پس از عبور از الک 2 میلی‌متری به منظور تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی نگهداری شدند.

همچنین در داخل جست‌گروه‌ها متغیرهایی از جمله ارتفاع جست‌گروه، ضخامت لاشبرگ، دو قطر عمود تاج (جهت محاسبه مساحت تاج جست‌گروه)، قطر قطورترین جست، تعداد جست و تراکم جست (تعداد جست بر مساحت تاج جست‌گروه) نیز برداشت شد. نمونه‌برداری در پاییز سال 1394 و چند روز پس از اولین بارندگی انجام گردید.

آزمایشات فیزیکی و شیمیایی خاک

رطوبت خاک با خشک کردن نمونه‌های خاک در آون و محاسبه تغییر وزن نمونه‌ها صورت گرفت (شرانبران و باکهم، 2007). قابلیت هدایت الکتریکی به وسیله دستگاه هدایت سنج الکتریکی و بکارگیری مخلوط 1:2/5 خاک و آب، pH خاک نیز با استفاده از دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد (امکلین، 1982). کربن آلی خاک به روش والکی - بلاک و فسفر قابل جذب نیز به کمک عصاره‌گیر بی‌کربنات سدیم نیم مولار، به روش اولسن و همکاران (1954) جداسازی و با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (زرین کفش، 1371).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف - اسمیرونوف استفاده شد. برای مقایسه میانگین داده‌های نرمال از آزمون (غیر جفتی) T-Test و برای بررسی داده‌های غیر نرمال از Mann-Wintney U استفاده شد. لازم به ذکر است داده‌های مربوط به فراوانی و تراکم ماکروفون خاک به دلیل داشتن پراکنش الگوی کپه‌ای از پراکنش نرمال کمتر پیروی می‌کند (سیلشی، 2008). بررسی ارتباط بین تراکم ماکروفون خاک و شاخص‌های تنوع با ویژگی‌های خاک و متغیرهای جست

که در آن p_i نسبت افراد یا وفور گونه i ام به کل گونه‌هاست.

رابطه (3)

$$\text{Smitwilson} = - \left[\frac{2}{\pi} \right] \left[\arctan \left\{ \frac{\sum_{i=1}^s [\log \Sigma_e^{(n_i)} - \sum_{j=1}^s \log_e n_j / s]}{s} \right\} \right]$$

که در آن n_i فراوانی گونه i ام و n_j فراوانی گونه j ام و s تعداد گونه‌هاست. این شاخص‌ها توسط نرم افزار Ecological Methodology محاسبه شد.

نتایج

نتایج شناسایی و شمارش ماکروفون خاک در منطقه مورد مطالعه در قالب 7 گروه تاکسونمیک و شامل: مورچه، سوسک، کرم خاکی، ماهی نقره‌ای (silverfish)، حلزون، عنکبوت و راست بال بود (شکل 1). مقایسه جمعیت ماکروفون خاک نشان داد که بین میانگین جمعیت ماکروفون در داخل جست‌گروه با خارج جست‌گروه تفاوت معنی‌دار ($P < 0/05$) وجود دارد. فراوانی ماکروفون در داخل جست‌گروه نسبت به خارج آن به طور معنی‌دار بیشتر است (شکل 2).

گروه با استفاده از همبستگی پیرسون محاسبه گردید و همچنین بررسی ارتباط بین ماکروفون خاک و ویژگی‌های خاک با استفاده از رگرسیون چندگانه انجام شد. انجام آزمون‌های آماری در محیط نرم افزار SPSS نسخه 22 انجام شد.

اندازه‌گیری معیارهای غنا (تعداد گونه‌ها)، یکنواختی (توزیع افراد در میان گونه‌ها) و تنوع (در برگرفته دو مولفه غنا و یکنواختی است) توسط شاخص -هایی صورت می‌گیرد که در این تحقیق از غنای منهینیک (Minhinick)، شاخص تنوع شانون - وینر (Shannon-Weiner H') و یکنواختی اسمیت - ویلسون (Smit - Wilson) استفاده شد، این شاخص‌ها از طریق روابط زیر محاسبه شد (مصدیقی، 1384).

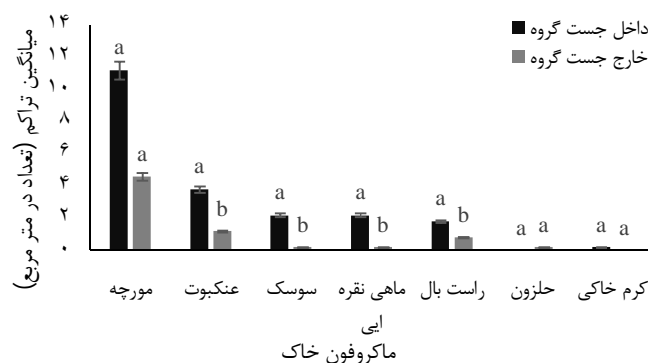
رابطه (1)

$$\text{Minhinick} = \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$

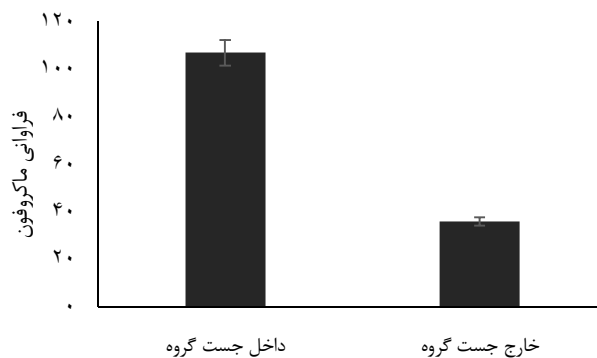
که در آن n تعداد افراد، S تعداد گونه‌هاست.

رابطه (2)

$$\text{Shannon } H' = \sum_{i=1}^s (p_i) (\log_2 p_i)$$



شکل 1- میانگین و خطای معیار تراکم گونه‌های مختلف ماکروفون خاک در تیمارهای مورد بررسی



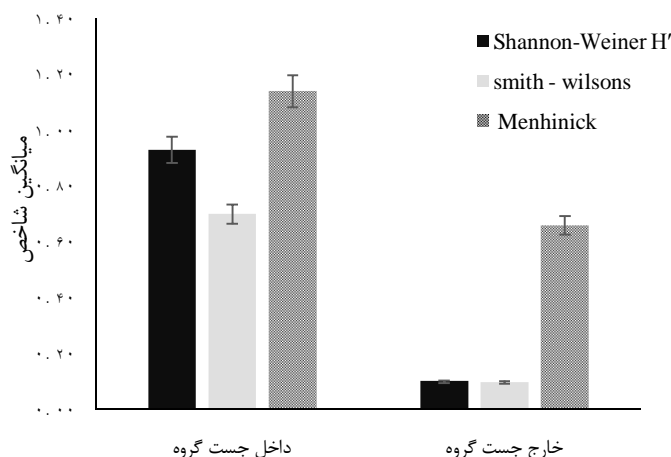
شکل 2- میانگین و خطای معیار تراکم ماکروفون خاک در تیمارهای مورد بررسی

نشد (جدول 1). شاخص‌های تنوع شانون، یکنواختی اسمیت - ویلسون و غنای منهنیک ماکروفون خاک در داخل جست‌گروه‌ها با خارج جست‌گروه‌ها اختلاف معنی داری دارد به طوریکه میانگین این شاخص‌ها در داخل جست‌گروه بیشتر از خارج آن است (شکل 3).

نتایج مقایسه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نشان داد که خصوصیات خاک از جمله درصد رطوبت، کربن خاک، قابلیت هدایت الکتریکی، فسفر قابل جذب خاک و عمق لاشبرگ در داخل جست‌گروه و خارج آن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد دارند، اما تفاوت معنی‌داری در مقدار pH خاک مشاهده

جدول 1- میانگین (خطای معیار) خصوصیات خاک در داخل و خارج جست‌گروه

عمق لاشبرگ (cm)	P (mg/kg)	EC ($\mu\text{S/cm}$)	pH	C (%)	رطوبت (%)	تیمارها
13/6 (0/52)	1/42 (0/04)	236/87 (4/56)	7/52 (0/03)	3/01 (0/09)	8/97 (0/23)	داخل جست‌گروه
0/00 (0/00)	0/78 (0/06)	213/75 (8/24)	7/16 (0/04)	2/46 (0/08)	6/73 (0/44)	خارج جست‌گروه
0/000	0/000	0/019	0/088	0/000	0/000	P-Value



شکل 3- توزیع میانگین و خطای معیار شاخص‌های تنوع، یکنواختی و غنای ماکروفون در تیمارهای مورد بررسی

5 درصد وجود دارد اما با تعداد جست، تراکم جست و ارتفاع جست‌گروه همبستگی وجود ندارد. از طرفی بین تنوع شانون با تعداد جست و مساحت تاج همبستگی در سطح 1 درصد و با قطر قطورترین جست همبستگی در سطح 5 درصد مشاهده شد در حالیکه با تراکم جست-گروه و ارتفاع جست‌گروه همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد. یکنواختی اسمیت ویلسون با مساحت تاج همبستگی معنی‌داری در سطح 5 درصد داشت اما با سایر ویژگی‌ها همبستگی معنی‌داری ندارد. غنای منهنیک نیز با هیچ یک از ویژگی‌های جست‌گروه همبستگی معنی‌داری نداشت (جدول 3).

نتایج همبستگی پیرسون بین تراکم ماکروفون خاک و شاخص‌های تنوع با خصوصیات خاک در داخل جست‌گروه نشان داد که بین تراکم ماکروفون خاک، تنوع شانون - وینر، یکنواختی اسمیت - ویلسون و غنای منهنیک با درصد رطوبت، کربن آلی، EC، فسفر قابل جذب و عمق لاشبرگ همبستگی مثبت وجود دارد اما با pH خاک همبستگی معنی‌داری مشاهده نمی‌شود (جدول 2). همچنین نتایج همبستگی پیرسون بین تراکم ماکروفون خاک و شاخص‌های تنوع با ویژگی‌های جست‌گروه نیز نشان داد که بین تراکم ماکروفون خاک با مساحت تاج و قطر قطورترین جست همبستگی در سطح

جدول 2- همبستگی پیرسون تراکم ماکروفون خاک و شاخص‌های تنوع با خصوصیات خاک

خصوصیات خاک					
عمق لاشبرگ (cm)	P (mg/kg)	EC (μ S/cm)	pH	C (%)	رطوبت (%)
0/703**	0/771**	0/705**	0/204 ^{ns}	0/630**	0/836**
0/792**	0/694**	0/574**	0/116 ^{ns}	0/512**	0/603**
0/774**	0/752**	0/625**	0/116 ^{ns}	0/537**	0/630**
0/470**	0/476**	0/455**	0/118 ^{ns}	0/482**	0/508**

* نشان دهنده همبستگی معنی دار در سطح 5 درصد

** نشان دهنده همبستگی معنی دار در سطح 1 درصد

^{ns} نشان دهنده عدم وجود همبستگی معنی دار

جدول 3- همبستگی پیرسون تراکم ماکروفون خاک و شاخص‌های تنوع با ویژگی‌های جست گروه

ویژگی‌های جست گروه					
ارتفاع جست گروه	تراکم جست	قطر قطورترین جست	مساحت تاج	تعداد جست	
-0/172 ^{ns}	0/031 ^{ns}	0/486*	0/524*	0/423 ^{ns}	تراکم ماکروفون خاک
-0/291 ^{ns}	0/167 ^{ns}	0/510*	0/628**	0/619**	تنوع شانون - وینر
-0/285 ^{ns}	-0/047 ^{ns}	0/180 ^{ns}	0/444*	0/302 ^{ns}	یکنواختی اسمیت - ویلسون
0/033 ^{ns}	0/374 ^{ns}	0/165 ^{ns}	0/047 ^{ns}	0/358 ^{ns}	غناى منهنیک

* نشان دهنده همبستگی معنی دار در سطح 5 درصد

** نشان دهنده همبستگی معنی دار در سطح 1 درصد

^{ns} نشان دهنده عدم وجود همبستگی معنی دار

مقادیر R^2 در جدول 69 درصد از فراوانی ماکروفون خاک توسط درصد رطوبت تبیین می‌شود همچنین 74 درصد ماکروفون نیز از طریق عمق لاشبرگ تبیین شد، با توجه به نتایج جدول شماره 5 عمق لاشبرگ، بیشترین سهم نسبی را در پیش بینی فراوانی ماکروفون خاک دارد (جدول 4).

نتایج رگرسیون چندگانه در جدول نشان می‌دهد، از بین ویژگی‌های خاک که وارد مدل شدند تنها درصد رطوبت و عمق لاشبرگ به خاطر ارتباط بالایی که با فراوانی ماکروفون داشتند در مدل باقی ماندند و سایر متغیرها به دلیل عدم ارتباط قوی حذف شدند. با توجه به

جدول 4- آماره‌های مربوط به رگرسیون گام به گام برای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با تراکم ماکروفون خاک

Model	Adj R square (R^2)	df Reg	df Res	Ms Reg	Ms Res	Sig
رطوبت (%)	0/69	1	38	238/84	2/70	0/000
عمق لاشبرگ (cm)	0/74	2	37	128/04	2/31	0/000

بحث

پوشش گیاهی جست گروه بواسطه افزودن بقایای گیاهی و لاشبرگ، بر مواد آلی و عناصر غذایی خاک تأثیرگذار است، به طوری که تمرکز بیشتر عناصر غذایی در داخل جست گروه سبب افزایش جمعیت ماکروفون خاک شده است.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد جست گروه‌های بلوط یک ریز زیستگاه ویژه را در سطح این جنگل‌ها به وجود آورده‌اند. در داخل جست گروه تغییرات قابل ملاحظه‌ای در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین تنوع موجودات خاکزی دیده شد. به نظر می‌رسد

افزایش این خصوصیات در زیر تاج درختان، جست گروه‌ها شرایط مناسبی برای حضور و رشد و نمو موجودات خاکزی دارند.

ارتباط معنی‌داری در pH خاک و ماکروفون خاک مشاهده نشد که مشابه مطالعات جوسکو و همکاران (2006 و 2009) مبنی بر عدم وجود همبستگی تراکم ماکروفون خاک و pH خاک می‌باشد و مقدار آن نیز در داخل و خارج جست‌گروه تفاوت معنی‌داری نداشت. براساس نتایج رگرسیون، عمق لاشبرگ و رطوبت خاک بیشترین تأثیر را بر تراکم ماکروفون خاک دارند، به طوری- که با افزایش عمق لاشبرگ و درصد رطوبت این موجودات نیز حضور بیشتری داشتند. با توجه به اینکه تراکم جست‌های درختان بلوط در داخل جست‌گروه با تجمع لاشبرگ در زیر درختان و همچنین افزایش ژرفای آن نسبت به خارج جست‌گروه همراه است، در نتیجه دلیل تمرکز موجودات خاکزی در لاشبرگ کف جنگل وابستگی تغذیه‌ای آن‌ها به لاشبرگ‌ها است، که از جمله می‌توان به وابستگی ماهی نقره‌ای به منابع سلولزی درون لاشبرگ‌ها و گیاه‌خواری سوسک (تبادکانی، 1388) اشاره کرد. در داخل جست‌گروه‌ها، سطح خاک به واسطه تراکم جست‌ها و تاج پوشش درختان نور کمتری را دریافت می‌کند که این امر با افزایش رطوبت خاک همراه است. بنابراین به نظر می‌رسد شرایط رطوبتی مناسب زیر تاج درختان سبب افزایش جمعیت موجودات خاکزی در داخل جست‌گروه شده است، چرا که دمای خاک به عنوان یک عامل مهم بر حضور موجودات خاکزی تأثیر می‌گذارد (آنتونس و همکاران، 2008).

اختلاف معنی‌دار شاخص‌های تنوع زیستی ماکروفون خاک در داخل و خارج جست‌گروه‌ها می‌تواند به دلیل تفاوت در شرایط زیستی و منابع غذایی و همچنین ساختار جست‌گروه باشد. با توجه به اینکه تنوع موجودات خاکزی به عوامل مختلفی از جمله پوشش گیاهی و ساختار آن بستگی دارد و همان گونه که در این تحقیق بیان شد، تنوع ماکروفون خاک در داخل جست-گروه بلوط بیشتر بود که دلیل آن را می‌توان وجود منابع تغذیه‌ای و شرایط مناسب زیستی خاک در داخل آن ذکر نمود که با تعدادی مطالعات (محمدنژاد کیاسری، 2007؛ سینق، 1997) که آن‌ها هم به روابط تنوع ماکروفون و ویژگی‌های غذایی لاشبرگ‌ها اشاره دارند، مطابقت دارد. با توجه به اینکه غنای موجودات خاکزی نیز به شرایط و منابع متعددی مربوط است، تغییرات تاج پوشش و ساختار ریشه‌ای بر زنده مانی موجودات خاکزی مؤثر است (نگرت-بانکلویک و همکاران، 2008) از طرف دیگر

تراکم ماکروفون خاک در داخل جست‌گروه با خارج آن یکسان نبود. با توجه به اینکه جمعیت این گروه از موجودات در داخل جست‌گروه بیشتر از کف جنگل بود می‌توان علت آن را به حضور جست‌گروه و ویژگی-های داخل آن نسبت داد. پوررضا و همکاران (1392) نیز تأثیر مثبت جست‌گروه‌های بلوط را بر تراکم ماکروفون خاک مشاهده کردند. همچنین در تحقیقات صیاد و همکاران (1395) و ماتیو و همکاران (2009) نیز به تأثیرات تراکم پوشش گیاهی روی حضور جانداران خاکزی اشاره داشتند. حضور موجودات خاکزی با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله عمق لاشبرگ، رطوبت خاک، کربن آلی، فسفر قابل جذب و EC خاک مرتبط است، به طوری که همبستگی مثبت بین این موجودات و ویژگی‌های ذکر شده دیده شد. با توجه به اینکه ویژگی‌های خاک ذکر شده از جمله درصد رطوبت، کربن آلی، EC خاک، فسفر قابل جذب و عمق لاشبرگ در داخل جست‌گروه بیشتر از خارج جست‌گروه بود، در نتیجه علت تغییر خصوصیات خاک در داخل جست‌گروه را می‌توان اثرات پوشش درختی عنوان کرد. بقایای گیاهی موجود در جست‌گروه‌ها از جمله برگ‌ها، شاخه‌ها و ریشه‌های مرده که در روی خاک باقی می‌مانند و تحت عنوان لاشبرگ معرفی می‌شوند، منبع اصلی ماده آلی را تشکیل داده است و به محض قرار گرفتن در خاک در اثر فعالیت بیولوژیکی تجزیه و عناصر غذایی آن آزاد می‌شود و به خاک باز می‌گردند. بنابراین کربن خاک یا ماده آلی خاک، زیر تاج درختان بیشتر از خارج جست‌گروه بود و با نتایج بیرانوند و کوچ (1395) مبنی بر تأثیر مستقیم تاج پوشش درختان روی حاصلخیزی خاک و همچنین افزایش تراکم کرم خاکی همراه است.

فسفر قابل جذب خاک نیز تابع مواد آلی خاک است، بطوریکه قسمتی از تغییرات فسفر قابل جذب به مواد آلی خاک برمی‌گردد (صالحی و نورمحمدی، 1390). با توجه به اینکه EC بر اثر تجمع املاح خاک می‌باشد و افزایش غلظت املاح سبب شوری خاک می‌شود، در داخل جست‌گروه حضور پوشش گیاهی مانع آبشویی نمک در هنگام بارندگی می‌شود و در نتیجه EC خاک نیز در داخل جست‌گروه بیشتر از خارج آن است. وجود بقایای گیاهی با کاهش برخورد اشعه خورشید به سطح خاک درجه حرارت خاک را کاهش داده (سیلشی و مافونگویا، 2006) و در تحقیق حاضر نیز حضور پوشش گیاهی داخل جست‌گروه سبب افزایش رطوبت در زیر تاج درختان شده است. با توجه به همبستگی مثبت ماکروفون خاک و خصوصیات خاکی ذکر شده و همچنین

علت در قسمت‌های سطحی خاک و روی لاشبرگ‌ها دیده می‌شوند.

نتیجه‌گیری

به طور کلی با جمع بندی یافته‌های این تحقیق حضور بیشتر ماکروفون خاک، افزایش تنوع زیستی آن‌ها و همچنین بهبود ویژگی‌های خاک در داخل جست‌گروه‌ها استنباط می‌شود. ساختار ویژه جست‌گروه‌های بلوط با فراهم کردن شرایط زیستی مناسب، منابع غذایی و انرژی کافی سبب حضور انواع مختلفی از ماکروفون و افزایش تراکم آن‌ها در خاک زیر جست‌گروه‌ها گردیده است. بنابراین داخل جست‌گروه‌های بلوط می‌تواند به عنوان زیستگاه اصلی ماکروفون خاک در این جنگل‌ها مورد تأکید قرار بگیرد. با توجه به شدت تخریب جنگل‌های زاگرس در سال‌های اخیر، توجه ویژه مدیریتی برای حفظ موجودیت این جنگل‌ها و جست‌گروه‌های موجود در آن لازم و ضروری است.

پوسپیک و اسکالسکی، (2006) به تأثیر عناصر غذایی ماکرو (کلسیم، نیتروژن و پتاسیم) بر غنای ماکروفون اشاره دارند. با توجه به همبستگی مثبت مساحت تاج و عمق لاشبرگ با تراکم و تنوع ماکروفون می‌توان به اهمیت تاج پوشش و جست‌گروه بر جمعیت ماکروفون تأکید داشت، بطوری‌که هر چه سطح تاج پوشش بیشتر باشد با تأثیر روی لاشبرگ‌ها و بقایای گیاهی دامنه زیستگاهی بیشتری برای حضور ماکروفون فراهم می‌کند.

همچنین نتایج این تحقیق نشان داد جمعیت مورچه در داخل و خارج جست‌گروه بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده است. زندگی گروهی و همچنین وابستگی غذایی این موجودات به بقایای گیاهی سبب تراکم بالای آن‌ها در جنگل شده است. کرم خاکی نیز در داخل جست‌گروه دیده شد که یکی از خصوصیات این موجودات وابستگی به منابع غذایی لاشبرگ (صفری سنجانی، 1388؛ بیرانوند و کوچ، 1395) است، به همین

فهرست منابع:

1. بیرانوند، م. کوچ، ی. 1395. اثر گونه‌های درختی پهن برگ بر فراوانی و تنوع کرم‌های خاکی در اکوسیستم جنگلی جلگه-ای. نشریه زیست‌شناسی خاک. (1): 15-26.
2. پوررضا، م. حسینی، س. م. صفری سنجابی، ع. ا. متینی زاده، م و دیک، و. 1392. اثر شدت آتش سوزی بر ماکروفون خاک در جنگل‌های شاخه زاد بلوط ایرانی. مجله تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. 21 (4): 729-741.
3. تبادکانی، س. م. 1388. سیستماتیک حشرات. انتشارات جهاد دانشگاهی تهران. 509.
4. زرین کفش، م. 1371. خاکشناسی کاربردی، ارزیابی و مورفولوژی و تجزیه‌های کمی خاک - آب - گیاه. انتشارات دانشگاه تهران شماره 1955. 245.
5. صالحی، ع. زرین کفش، م. زاهدی امیری، ق و مرویی مهاجر، م. 1384. بررسی تغییرات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در ارتباط با گروهای اکولوژیک درختی در سری نم خانه جنگل خیرود کنار. مجله منابع طبیعی ایران. 58(3).
6. صالحی، ع. نورمحمدی، ا. 1390. تأثیر قرق و خراش سطحی بر خصوصیات خاک و زادآوری در جنگل‌های زاگرس مرکزی؛ مطالعه موردی: جنگل‌های شهرستان الشتر. نشریه علمی - پژوهشی جنگل و فرآورده‌های چوب. 65(3): 315-325.
7. صفری سنجانی، ع. ا. 1388. بیوشیمی و بیولوژی خاک (چاپ دوم). انتشارات دانشگاه بوعلی سینا. 520.
8. صیاد، ا. غلامی، ش. عسکر پور، م. 2016. ارتباط تغییرات مکانی تنوع زیستی جانداران درشت خاکزی و تاج پوشش درختان در جنگل‌های حاشیه رودخانه مارون. پژوهش‌های آب و خاک. 30(4): 1169-1158.
9. فتاحی، م. 1373. بررسی جنگل‌شناسی جنگل‌های گاوزبان. پایان نامه کارشناسی ارشد جنگلداری. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. 129.
10. مصداقی، م. 1384. بوم‌شناسی گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. 187.

11. Amini, M. R. Shataee Joybari, S. and Ghazanfari, H. 2009. Deforestation modeling and investigation on related physiographic and human factors using satellite images and GIS (Case study: Armerdeh forests of baneh). Iranian Journal of Forest and Poplar Research 16:431-443.
12. Autunes, S.C. Pereira, R. Sousa, J.P. Santos, M.C. and Goncalves, F. 2008. Spatial and temporal distribution of litter arthropods in different vegetation covers of Porto Santo Island (Maderia Archipelago, Portugal). European Journal of Soil Biology 44:45-56.
13. Barends, B. U. Zak, D.R. Denton, S.R. and Spurr, S.H. 1998. Forest ecology. John Wiley & sons 376.
14. Dufour, D.I. Cerda, H. Torres, F. Pizzoferrato, L. and Pimmentel, D. 2000. The importance of leaf and litter-feeding invertebrates as sources of animal protein for the Amazonian Amerindians. Proceedings for the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences 22: 2247-2252.
15. Gillison, A.N. Jones, D.T. Susilo, F.X. and Bignell, D.E. 2003. Vegetation indicates diversity of soil macroinvertebrates: a case study with termites along a land-use intensification gradient in lowland Sumatra. Organisms Diversity and Evolution 3:111-126.
16. Hofer, H. Hanagarth, W. Garcia, M. Martius, C. Franklin, E. Rombke, J. and Beck, I. 2001. Structure and function of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and ecosystems. European Journal of soil Biology 37:229-235.
17. Invertebrate Classification Key. 2017. (Online). Available at [https:// www.tes.com /teachingresource /invertebrate – key – 6295138](https://www.tes.com/teachingresource/invertebrate-key-6295138).
18. Islam, M. A. Apostol, K.G. Jacobs, D.F. and Dumroese, R. K. 2009. Fertilization of *Pinus resinosa* seedlings: nutrient uptake, cold hardiness and morphological development. Annals of Forest Science 66:704-713.
19. Joschko, M. Fox, C.A. Lentzsch, P. Kiesel, J. Hierold, W. Kruck, S. and Timmer j. 2006. Spatial analysis of earthworm biodiversity at the regional scale. Agriculture Ecosystem and Environment 112: 367-380.
20. Joschko, M. Gebbers R. Barkusky D. Rogasik J. Hohn W. Hierold W. Fox C.A. and Timmer J. 2009. Location-dependency of earthworm response to reduced tillage on sand soil. Soil and Tillage Research 102: 55-66.
21. Mathieu, J. Grimaldi, M. Jouquet, P. Rouland, C. Lavelle, P. Desjardins, T. and Rossi, J. P. 2009. Spatial patterns of grasses influence soil macrofauna biodiversity in Amazonian pastures. Soil Biology and Biochemistry 41, 586-593.
22. McLean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement: 199-224. In: Page, A.L. (ed.). Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, SSSA, Madison, WI, 1159.
23. Mohammadnezhad Kiasari, Sh., 2007. Investigation on some biodiversity characteristics (vegetable components & macro organisms) of natural and planted forests (hardwoods and softwoods) in Darab Kola Forests. Final report of research project, Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran, 87.
24. Negrete-Yankelevich, S. Fragoso, c. Newton, A.C. Russell, G. and Heal, O.W. 2008. Specific characteristics of trees can determine the litter macroinvertebrate community and decomposition process below their canopies. Plant and Soil 307:83-97.
25. Pashanasi, B. Lavelle, P. Alegre, J. and Charpentier, F. 1996. Effect of the endogeic earthworm *Pontoscolex corethrurus* on soil chemical characteristics and Plant growth in a low-input tropical agroecosystem. Soil Biology and Biochemistry 28:801-810.
26. Pospiech, N. and Skalski, T. 2006. Factors influencing earthworm communities in post-industrial area of Krakow Soda Works. European Journal of Soil Biology 42:S278-S283.

27. Pourreza, M. Hosseini, S. M. Safari Sinigani, A.A. Matinizadeh, M. and Dick, W.A. 2014a. Soil microbial activity in response to fire severity in Zagros oak (*Quercus brantii* Lindl.) forests, Iran, after one year. *Geoderma* 213:95-102.
28. Pourreza, M. Hosseini, S. M. Safari Sinigani, A.A. Matinizadeh, M. and Alavai, S.J. 2014b. Herbaceous species diversity in relation to fire severity in Zagros oak forests, Iran. *Journal of Forestry Research* 25: 113–120.
29. Scahrenbroch B. C. and Bockheim J. G. 2007. Impacts of forest gaps on soil properties and processes in old growth northern hardwood – hemlock forests. *Plant Soil* 294: 219 – 233.
30. Sileshi, G. 2008. The excess-zero problem in soil animal count data and choice of appropriate models for statistical inference. *Pedobiologia* 52:1-17.
31. Sileshi, G. and Mafongoya, P.L. 2006. Long – term effect of improved legume fallows on soil invertebrate macrofauna and maize yield in eastern Zambia. *Agriculture Environment* 115: 69- 78.
32. Single, U.R. 1977. Relationship between the population density of soil microarthropods and mycoflora associated with litter and the total litter respiration on the floor of a sal forest in Varanasi, India. *Ecological Bulletins Stockholm* 25:463-470.
33. Vasconcellos, R.L.F. Segat, J.C. Bonfim, J.A. Baretta, D. and Cardoso, E.J.B.N. 2013. Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. *European Journal of Soil Biology* 58: 105–112.
34. Gongalsky, K. B. Gorshkova, I. A. Karpov, A. I. and Pokarzhevskii, A. D. 2008. Do boundaries of soil animal and plant communities coincide? A case study of a Mediterranean forest in Russia. *European Journal of Soil Biology* 44, 355-363.
35. Walkley, A. and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.
36. Wardle, D.A., 2002. *Communities and Ecosystems: Linking the Aboveground and Belowground Components*. Princeton University Press, New Jersey, USA.
37. Weland, N. 2009. Diversity and trophic structure of the soil fauna and its influence on litter decomposition in deciduous forests with increasing tree species diversity. University of Gottingen, Gottingen 144.
38. Yang, X. and Chen, J. 2009. Plant litter quality influences the contribution of soil fauna to litter decomposition in humid tropical forests, southwestern China. *Soil Biology and Biochemistry* 41:910-918.

The Abundance and Biodiversity of Soil Macrofauna in Outside and Inside of Coppice Shoots of Persian oak (*Quercus persica*) in Zagros Coppice Forests

R. Mohammadi, A. Salehi¹, and M. Pourreza

M.Sc. graduate, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, I. R. Iran; E-mail: ronak.mohammadi9728@gmail.com

Corresponding Author, Associate professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, I. R. Iran; Email: asalehi@guilan.ac.ir

Assistant Professor, Faculty of natural resources, Razi University of Kermanshsh;
E-mail: P_morteza@yahoo.com

Received: June, 2017 & Accepted: March, 2018

Abstract

Soil macrofauna, as an important and effective biological component of soil ecosystem, are critical in soil processes and functions. Because of importance of Zagros coppice forests and the role of macrofauna in forest soils, this study was carried out in order to evaluate the diversity of soil macrofauna in coppice of one section in Zagros forests located in Kermanshah province. In this study, 40 hectares of Oak coppice forest were selected and two treatments included inside and outside of coppice shoot were considered on the base of different conditions between two ecological niches. Twenty plots were selected in each treatment and soil profiles were prepared with dimensions of 50× 50 cm and the depth of 20 cm and the macrofauna were manually collected. Four properties of coppice shoot were measured (number of coppice, crown area, smaller diameter of coppice and height coppice shoot). The results of statistical analysis showed that the abundance and diversity of soil macrofauna as well as some soil properties of the inside of the coppice shoot significantly changed (confidence level of 95%) compare to outside treatment. Increasing of population and the diversity of macrofauna inside the coppice shoot showed positive significant correlation with the depth of litter and crown area and that was due to increasing of organic matter, nutrient concentration and organisms access to food sources in the litter as well as in the inside of the coppice shoot. On the basis of the results of this study, we can sign to the influence of the coppice shoot as a microsite which create proper condition for living and presence of the terrestrial organism.

Keywords: Coppice forests, Persian oak, Soil properties, Soil fauna.

¹Corresponding author: guilan, someh sara, Faculty of Natural Resources, Department of Forestry.