

مقایسه کارایی روش‌های نمونه‌برداری برخی از قاب‌بالان (Insecta: Coleoptera) در راشستان شصت کلاته، استان گلستان

راضیه رفیعی جاهد^۱، محمدرضا کاوسی^{۲*}، محمدابراهیم فراشپانی^۳، خسرو ثاقب‌طالبی^۴، یورگ مولر^۵ و منوچهر بابانژاد^۶

۱- دانشجوی دکتری، گروه آموزشی جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه آموزشی جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

پست الکترونیک: kavosi.reza66@gmail.com

۳- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات حمایت و حفاظت، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- استاد، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۵- استاد، دانشگاه ورتزبورگ، ورتزبورگ، آلمان

۶- دانشیار، گروه آموزشی آمار، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۱

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۱/۲۰

چکیده

حشرات از مهمترین اجزای زیست‌توده در یک اکوسیستم جنگلی هستند و برآورد غنای گونه‌ای آنها می‌تواند به ارائه دیدگاهی مناسب برای تخمین تنوع زیستی در اکوسیستم‌های جنگلی منجر شود. پژوهش پیش‌رو، سه روش جمع‌آوری برخی از قاب‌بالان را در راشستان منطقه شصت کلاته بررسی و مقایسه می‌کند. بدین منظور ابتدا ۱۲ قطعه نمونه انتخاب و در کنار نمونه‌برداری مستقیم، در هر یک از آنها، یک عدد تله پنجره‌ای و دو عدد تله گودالی نصب شد. براساس نتایج سه روش نمونه‌برداری، ۲۲۶ گونه شناسایی شده از مجموع ۳۳۴۱ نمونه (فرد) از راسته قاب‌بالان جمع‌آوری شد که ۶۳۵ فرد در نمونه‌برداری مستقیم، ۶۹۴ فرد در تله گودالی و ۲۰۱۲ فرد در تله پنجره‌ای به دام افتادند. همچنین در روش تله پنجره‌ای، غنای گونه‌ای با نرخ بیشتری نسبت به دو روش دیگر افزایش نشان داد. نتایج تحلیل مقیاس‌بندی غیرمتریک چندبعدي (NMDS) نشان داد که ترکیب گونه‌ای در هر یک از روش‌های نمونه‌برداری به‌طور معنی‌داری متفاوت است، به‌طوری‌که از مجموع ۲۲۶ گونه شناسایی شده، ۲۲ گونه در سه روش نمونه‌برداری مشترک بودند، اما ۹۳ گونه فقط در تله پنجره‌ای، ۳۹ گونه فقط در تله گودالی و ۲۳ گونه فقط در روش نمونه‌برداری مستقیم وجود داشتند. در این پژوهش، گونه *Scaptia* sp. از خانواده Scaptiidae به‌عنوان گونه‌ای توصیف‌نشده در تله پنجره‌ای شناسایی شد. همچنین در تله گودالی گونه *Geotrupes spiniger* (Marsham, 1802) از خانواده Scarabaeidae، در روش نمونه‌برداری مستقیم گونه *Uleiota planata* (Linnaeus, 1761) از خانواده Silvanidae و در تله پنجره‌ای گونه *Megathous menentriasi* (Reitter, 1890) از خانواده Elateridae بیشترین مقدار گونه شاخص را به‌ترتیب با ارزش ۰/۷۵۴۴، ۰/۵۰۰۰ و ۰/۷۵۰۰ نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: قاب‌بالان، تله پنجره‌ای، تله گودالی، قاب‌بالان خشک‌داری، NMDS، Rarefaction.

مقدمه

امروزه کارکردهای مختلف جنگل‌های کهن‌رست (Old growth forests) و نقش آنها در حفظ تنوع زیستی بسیار با اهمیت است (Lindenmayer & Franklin, 2002). جنگل‌های شمال ایران با مساحتی در حدود ۱/۸ میلیون هکتار، اکوسیستمی با ویژگی‌های متعدد است که مجموعه‌هایی از گونه‌های منحصربه‌فرد را در خود جای داده است. این جنگل‌ها، تحت مجاورت بیابان‌ها و کوهستان‌های مرتفع در قسمت جنوبی، اجازه حضور و بقای راشستان‌های کهن‌سال و وسیعی را در این منطقه داده است که مشتمل بر گونه‌های گیاهی و جانوری بومی مختلفی هستند و از ارزش حفاظتی بسیار بالایی برخوردارند. یکی از کارآمدترین راهبردها برای تعیین یا پایش نواحی دارای ارزش حفاظتی بالا، شناخت فهرست گونه‌ها و ارزیابی آنها با مطالعه تنوع زیستی است. در دو دهه گذشته، جنگل‌های هیرکانی به دلیل تراکم بالای ویژگی‌های رویشی کهن و تعداد بالای گونه‌های بومی در یک پوشش جنگلی پیوسته، به‌طور فزاینده‌ای مورد توجه متخصصان حفاظت قرار گرفته‌اند (Sagheb-Talebi et al., 2014). در این میان، حشرات و سایر بندپایان از مهمترین اجزای زیست‌توده در یک اکوسیستم جنگلی هستند که رژیم غذایی مهمی برای گونه‌های زیادی از حیات‌وحش محسوب می‌شوند، در نتیجه برآورد فراوانی نسبی یا غنای گونه‌ای آنها از اهمیت بسزایی برخوردار است (Conway & Hohbein, 2018).

قاب‌بالان با داشتن بیش از ۳۸۰،۰۰۰ گونه توصیف شده، بزرگ‌ترین راسته زیستی را تشکیل می‌دهند (Rust & Peris, 2019). حشرات خشک‌داری (saproxylic) گروهی از موجودات زنده هستند که برای تکمیل چرخه زندگی خود به عواملی مانند چوب‌های مرده و در حال پوسیدن و حشرات یا قارچ‌های فعال روی این چوب‌ها وابسته هستند (Grove, 2002). براساس تحقیق Alexander (۲۰۰۸) که تعریف جدیدی از saproxylic را تحت عنوان زیست‌شناسی درخت و قاب‌بالان saproxylic بیان کرده است، مطابق این تحقیق او تصریح کرد که گونه‌های saproxylic گونه‌هایی از بی‌مهرگان

هستند که طی بخشی از حیات‌شان وابسته به چوب‌های در حال زوال یا درختان مرده سرپا یا افتاده (خشک‌دار: Deadwood)، یا قارچ‌ها و دیگر موجودات saproxylic ساکن این خشک‌دارها هستند. با توجه به علم ریشه‌شناسی، اجزای واژه saproxylic که متشکل از sapro به معنی مواد در حال پوسیدن و xylic به معنی مربوط به چوب است، بنابراین برابر فارسی «خشک‌داری» به جای واژه saproxylic برای اولین بار پیشنهاد و استفاده می‌شود.

حشرات خشک‌داری به‌عنوان یکی از قابل‌اطمینان‌ترین شاخص‌های زیستی در جنگل‌های حفاظت‌شده و بدون بهره‌برداری در نظر گرفته می‌شوند و به دلیل شرایط خاص محیط زندگی خود، نقش مهمی در تنوع زیستی دارند (Wermeling et al., 2002). در بین این حشرات، توجه به قاب‌بالان خشک‌داری که متعلق به راسته قاب‌بالان (Coleoptera) هستند، حائز اهمیت است، زیرا آنها معمولاً به‌عنوان شاخص‌های طبیعی بودن و شدت استفاده از جنگل تلقی می‌شوند و ارتباط زیادی با حضور سایر گونه‌های منحصربه‌فرد در جنگل‌های طبیعی دارند (Müller et al., 2016). همچنین قاب‌بالان خشک‌داری نقش اصلی را در فرایندهای مختلف اکوسیستم جنگل از نظر عملکردی بر عهده دارند، مانند تجزیه چوب توسط تعداد بی‌شماری از گونه‌های خشک‌داری (Grove, 2002)، به‌عنوان طعمه، شکارگر و گیاه‌خوار در شبکه‌های غذایی، همچنین این قاب‌بالان سهم عمده‌ای از تنوع زیستی عظیم موجود را در جنگل‌ها تشکیل می‌دهند (Sallé & Bouget, 2020). برخی از قاب‌بالان خشک‌داری در مقایسه با سایر حشرات به‌راحتی قابل رؤیت نبوده و جمع‌آوری آنها نیازمند روش‌های خاصی است.

به‌طورکلی روش‌های متفاوتی برای جمع‌آوری قاب‌بالان وجود دارد که از مهمترین آنها می‌توان به جمع‌آوری مستقیم (به‌صورت دستی)، جاروکردن، تله‌های طعمه‌ای و نوری اشاره کرد. روش جمع‌آوری دستی به دلیل نمونه‌برداری مستقیم از بستر چوبی اهمیت زیادی دارد، زیرا نمونه‌های قاب‌بالان ممکن است به حجم و پوست خشک‌دارها وابسته باشند (Siitonen, 1994; Barimani Varandi et al., 2018).

با توجه به نقش قاب‌بالان خشک‌داری در چرخه اکوسیستم جنگل به‌ویژه تجزیه خشک‌دارها و حفظ تنوع زیستی این اکوسیستم‌ها، مقایسه کارایی روش‌های مختلف جمع‌آوری قاب‌بالان امری ضروریست و می‌تواند به ارائه دیدگاهی مناسب برای تخمین تنوع زیستی این گروه از حشرات در اکوسیستم‌های جنگلی که مناطق استراتژیکی از نظر تنوع بیولوژیکی و زیستگاه هستند، کمک کند. این پژوهش برای اولین بار به مقایسه سه روش جمع‌آوری برخی از قاب‌بالان در یکی از راشتستان‌های شرق جنگل‌های هیرکانی در شمال ایران می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پژوهش پیش‌رو، در جنگل آموزشی و پژوهشی شصت‌کلاته دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان واقع در حوزه آبخیز ۸۵ طرح جامع کل جنگل‌های شمال کشور انجام شد. جنگل شصت‌کلاته در فاصله هشت کیلومتری جنوب‌غربی شهر گرگان قرار گرفته است. محدوده عرض جغرافیایی این جنگل ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه و ۲۷ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه و ۶ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۱ دقیقه و ۲۶ ثانیه تا ۵۴ درجه و ۲۴ دقیقه و ۵۷ ثانیه است. این جنگل از دو مجموعه تشکیل شده است که مجموع مساحت آنها ۳۷۱۴ هکتار است. میانگین دما و بارش سالانه به ترتیب ۱۵/۶ درجه سانتی‌گراد و ۶۴۹ میلی‌متر است و دارای اقلیم مرطوب معتدله براساس کلیماتوگرام آمبرژه می‌باشد (Anonymous, 2008).

روش پژوهش

این پژوهش در توده‌هایی با غالبیت راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) در ارتفاع حدود ۹۰۰ متر بالاتر از سطح دریا انجام شد. بدین منظور ابتدا ۱۲ قطعه نمونه دایره‌ای شکل با شعاع ۲۰ متر به صورت انتخابی و با فاصله حداقل ۱۵۰ متر از یکدیگر مشخص شدند. سپس در هر یک از قطعات نمونه، یک عدد تله پنجره‌ای (window trap) و دو عدد تله گودالی

استفاده از تله‌های مختلف نیز برای به دام انداختن و نمونه‌برداری از حشرات با قدرت پرواز به‌ویژه قاب‌بالان، روش پرکاربرد دیگری است و بخش جدایی‌ناپذیر بسیاری از تحقیقات میدانی حشره‌شناسی به‌شمار می‌رود (Hosking & Knightf, 1975). بسیاری از حشره‌شناسان در جهان، از انواع مختلفی از تله‌ها مانند تله رنگی، تله مالیز، تله پنجره‌ای و تله چسبنده برای به دام انداختن قاب‌بالان استفاده می‌کنند (Bellamy, 2000; Werner, 2002; Sakalian & Langourov, 2004; Bouget et al., 2008)، زیرا کارایی هر یک از تله‌های یادشده در به دام انداختن گونه‌های مختلف متفاوت است (Adis, 1979).

در تحقیقات زیادی که به‌منظور بررسی تنوع زیستی خانواده‌های مختلف راسته قاب‌بالان انجام شده، از تله‌های متفاوتی استفاده شده است، به‌طوری‌که Fagundes و همکاران (۲۰۱۰) از تله‌های گودالی، Banerjee (۲۰۱۴) از تله‌های نوری و تله‌های گودالی، Ghobari و همکاران (۲۰۱۳) از تله‌های پنجره‌ای، سطلی و چسبی رنگی و Skvarla و Ashley (۲۰۱۷) از تله‌های مختلف مالیز، گودالی و سطلی رنگی در تحقیقات خود استفاده کردند. Barimani Varandi و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه تنوع قاب‌بالان دو خانواده Buprestidae و Cerambycidae از تله‌های مختلفی استفاده و ۳۱۲۰ فرد از قاب‌بالان از ۵۵ گونه متفاوت از این دو خانواده را در استان مازندران جمع‌آوری کردند. Navidi و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای به ارزیابی کارایی تله‌های مختلف در به دام انداختن برخی از خانواده‌های پروازی راسته قاب‌بالان در عرصه‌های مرتعی و زراعی استان کردستان پرداختند. نتایج آنان نشان داد که تله پنجره‌ای از نظر منحنی‌های Rarefaction بیشترین هماهنگی و بهترین تخمین را از نظر تعداد خانواده و تعداد افراد به‌دام‌افتاده در هر دو عرصه مورد مطالعه داشته است. به‌طورکلی مقایسه انواع روش‌ها و تله‌ها در تحقیقات مختلف، انتخاب نهایی روش نمونه‌برداری و نوع تله را در هر منطقه مطالعاتی پیچیده‌تر می‌کند (Topping & Sunderland, 1992) و نمی‌توان یک نوع روش یا تله را در همه مناطق به‌کار برد.

سولفات مس (۳ درصد) باشد قرار می‌گیرند. در این پژوهش از محلول سولفات مس (۳ درصد) استفاده شد، زیرا سولفات مس به‌طور مؤثر باعث کشته شدن و حفاظت حشرات بدون جذب توسط اندام آنها می‌شود (Stoeckle *et al.*, 2010).



شکل ۱- تله پنجره‌ای نصب‌شده در راشستان جنگل آموزشی پژوهشی شصت کلاته گرگان

تله گودالی

تله‌های گودالی (pitfall trap) معمولاً برای تخمین فراوانی نسبی بندپایان لاشبرگزی استفاده می‌شوند و در اکوسیستم‌های مختلف از توندرا قطب شمال گرفته تا جنگل‌های بارانی گرمسیری مورد استفاده قرار گرفته‌اند. همچنین، تله‌های گودالی یکی از متداول‌ترین روش‌های صید بی‌مهرگان محسوب می‌شوند (Baker, 1996). اساس طراحی این تله‌ها همان ظروف پلاستیکی یکبار مصرف بوده که در درون زمین دفن و با سطح خاک تراز شده و تا نیمه از ترکیب آب و سولفات مس ۳ درصد پر می‌شوند (شکل ۲). سادگی این روش مورد توجه بسیاری از محققانی است که مایل به بررسی الگوهای فراوانی بندپایان هستند (Hohbein & Conway, 2018). این تله‌ها مشابه تله‌هایی است که برای قاب‌بالان خانواده Carabidae روی زمین نصب می‌شوند (Yi *et al.*, 2012).

(pitfall trap) با فاصله دو متر از یکدیگر در داخل زمین و در مجاورت تله پنجره‌ای قرار داده شد. در طول فصل رشد (اردیبهشت تا آبان‌ماه) همزمان با نمونه‌برداری مستقیم (direct sampling)، نمونه‌های به‌دام‌افتاده در تله‌های نصب شده نیز به‌صورت جداگانه جمع‌آوری شدند (Müller *et al.*, 2016).

جمع‌آوری مستقیم حشرات

به‌منظور جمع‌آوری مستقیم حشرات به‌صورت دستی در برخی موارد با شکافتن پوست و تنه‌های در حال پوسیدگی، یا سرشاخه‌ها توسط تبر و کاردک‌های مخصوصی، حشرات داخل آنها به‌طور مستقیم با دست یا با چتر جمع‌آوری‌کننده (club net) نیز جمع‌آوری شدند. چتر جمع‌آوری‌کننده وسیله‌ای است که از یک صفحه دایره‌ای به قطر ۶۰ سانتی‌متر از جنس پارچه پلی‌اتیلنی قوی ساخته شده است (Schauff, 2001). در این روش چتر جمع‌آوری‌کننده در زیر تنه درخت یا خشک‌دار مورد نظر قرار گرفته و با جداسازی پوست و تکاندن آن روی صفحه، حشرات با پنس جدا و داخل ظرف حاوی الکل یا پنبه آغشته به اتیل استات قرار داده شدند؛ همین مراحل برای سرشاخه‌های افتاده هم استفاده شد. نمونه قاب-بالان جمع‌آوری شده، کدگذاری و برای مراحل بعدی به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

تله پنجره‌ای

تله پنجره‌ای در مطالعات قاب‌بالان خشک‌داری در دنیا روشی متداول و رایج است (Yi *et al.*, 2012). این تله‌ها از صفحات پلاستیک شفاف تشکیل شده که به‌صورت عمود بر هم تشکیل چهار لبه را می‌دهند. این تله‌ها روی خشک‌دار سرپا، افتاده، یا در شاخه درختان اطراف خشک‌دار و در ارتفاع ۱/۵ متری در درون هر قطعه نمونه از سطح زمین نصب شدند (شکل ۱). حشرات براساس رفتار پروازی در هر جهتی که باشند به تله برخورد کرده و در قیفی که به آن وصل است سقوط می‌کنند و بعد در ظرف زیرین که می‌تواند حاوی محلول نمک (سدیم کلرید)، ضدیخ (اتیلن گلایکول) یا محلول

کلیدهای شناسایی توسط متخصصان مربوطه شناسایی شدند. گونه‌های شاخص (اندیکاتور) برای شرایط جنگل‌های با قدمت بالا و دست‌نخورده (گونه‌های قاب‌بالان باقی‌مانده از جنگل‌های کهن‌سال) توسط Eckelt و همکاران (۲۰۱۸) معرفی شدند. گونه‌های خشک‌داری براساس منابع مربوطه طبقه‌بندی گردیدند (Ehnstrom & Axelsson, 2002; Ecklet *et al.*, 2018).

تحلیل داده‌ها

برای بررسی کارایی روش‌های نمونه‌برداری قاب‌بالان در به دام انداختن گونه‌های مختلف از روش آماری Rarefaction با پکیج INEXT استفاده شد (Hsieh *et al.*, 2016). این روش نرخ افزایش تنوع گونه‌ای با افزایش تعداد پلات را برآورد می‌کند. در این پژوهش، از عدد هیل (Hill number) صفر (q) استفاده شد که غنای گونه‌ای را بررسی می‌کند (Hsieh *et al.*, 2016). بررسی تفاوت آماری بین روش‌های مختلف براساس عدم همپوشانی فواصل اطمینان انجام شد (Schenker & Gentleman, 2001). همچنین برای استخراج و آزمایش تعیین فاصله‌ها بین روش‌های مختلف نمونه‌برداری از قاب‌بالان، از روش مقیاس‌بندی غیرمتریک چندبعدی (Non-Metric Multidimensional Scaling (NMDS)) براساس فاصله عدم شباهت بری-کورتیس (Bray-Curtis) و با پکیج vegan انجام شد و از تحلیل شاخص تشابه براساس فاصله (Analysis of Similarities (ANOSIM)) استفاده شد (Oksanen *et al.*, 2015). به‌منظور تعیین گونه‌های شاخص، پکیج indicspecies مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار R انجام شد (R Core Team, 2017).

نتایج

در مجموع سه روش نمونه‌برداری، ۲۲۶ گونه از ۳۳۴۱ نمونه (فرد) از راسته قاب‌بالان جمع‌آوری شد که ۶۳۵ نمونه در نمونه‌برداری مستقیم، ۶۹۴ نمونه در تله‌گودالی و ۲۰۱۲ نمونه در تله پنجره‌ای به دام افتاده بودند. نتایج بررسی



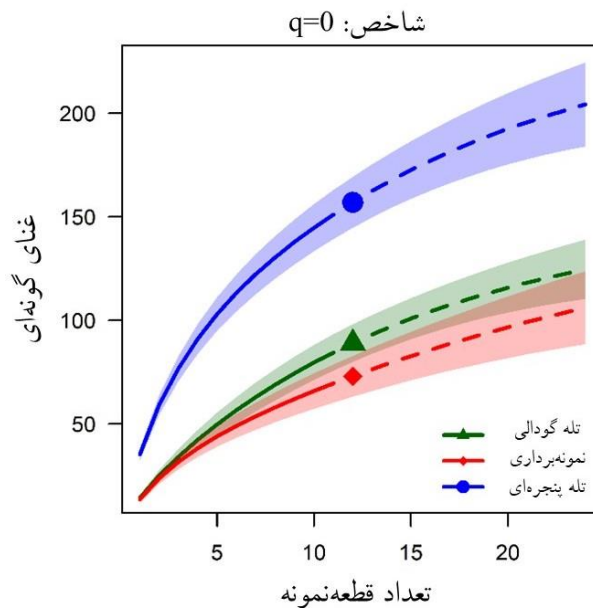
شکل ۲- تله‌گودالی نصب‌شده در راشتستان جنگل آموزشی پژوهشی شصت‌کلاته گرگان

نحوه جمع‌آوری، شناسایی و شمارش نمونه‌های به‌دام‌افتاده در تله‌های مختلف

در طول فصل رشد، تمامی تله‌های مورد استفاده به‌طور منظم و ماهانه بازدید شده و نمونه‌های به‌دام‌افتاده درون ظروف پلاستیکی مخصوص به همراه اطلاعات حاصل از تاریخ نمونه‌برداری، نوع تله، روش نمونه‌برداری و شماره قطعه نمونه ثبت شدند. همچنین، تله‌های مورد نظر داخل قطعات نمونه نیز بعد از هر بار نمونه‌برداری، برای به دام انداختن نمونه‌های جدید دوباره آماده‌سازی شده و نمونه‌برداری‌های مستقیم قاب‌بالان خشک‌داری در داخل قطعات نمونه به‌صورت ماهانه (Müller *et al.*, 2018) نیز با در نظر گرفتن زمان مشخص انجام شد که برای یک فرد آموزش‌دیده و ماهر ۴۵ دقیقه در یک قطعه ۰/۱ هکتاری است (Müller *et al.*, 2016; Roth *et al.*, 2019). تمامی نمونه‌های جمع‌آوری شده حاصل از روش‌های مختلف نمونه‌برداری، در آزمایشگاه آسیب‌شناسی دانشکده علوم جنگل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان براساس برچسب اطلاعات هر نمونه به تفکیک جدا شده، سپس با آب مقطر آب‌شویی شده و داخل محلول حاوی یک سوم سرکه، یک سوم آب مقطر و یک سوم الکل ۹۶ درصد قرار گرفتند (Barimani Varandi *et al.*, 2017). نمونه‌ها در حد گونه براساس مهمترین خصوصیات ریخت‌شناختی و با استفاده از

معنی داری بیشتر بود. با این حال بین تله گودالی و روش نمونه برداری مستقیم اختلاف معنی داری از نظر غنای گونه‌ای مشاهده نشد (همپوشانی فواصل حدود اطمینان) اما روند افزایش غنای گونه‌ای در روش تله گودالی بیشتر از روش نمونه برداری مستقیم بود.

افزایش غنای گونه‌ای ($Hill\ number\ (q) = 0$) با افزایش تعداد پلات در روش‌های مورد بررسی نشان داد که در تله پنجره‌ای، غنای گونه‌ای با نرخ بیشتری افزایش می‌یابد (شکل ۳). همچنین غنای گونه‌ای در تله پنجره‌ای از دو روش تله گودالی و روش نمونه برداری مستقیم به‌طور



شکل ۳- منحنی ریرفکشن رسم شده و انواع روش‌های نمونه برداری از قاب‌بالان در راشستان جنگل آموزشی پژوهشی

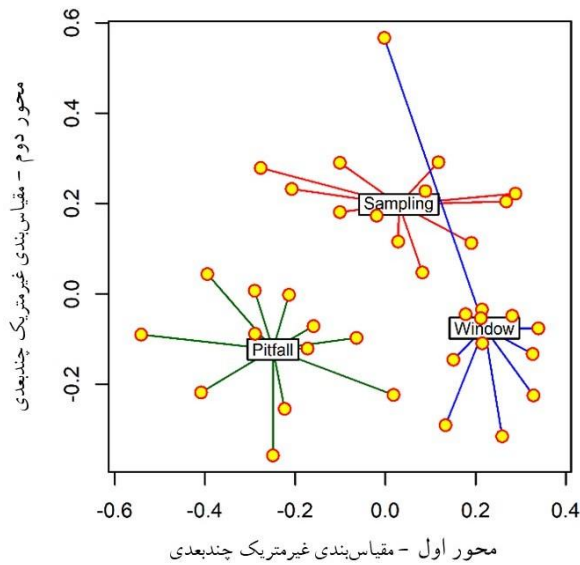
شصت کلاته گرگان

دو نشان داد که بین هر سه روش با یکدیگر اختلاف معنی دار وجود دارد ($P\text{-value} = 0/001$). براساس نتایج نمودار venn از مجموع ۲۲۶ گونه به‌دام‌افتاده، ۲۲ گونه در سه روش نمونه برداری مشترک بودند اما ۹۳ گونه فقط در روش تله پنجره‌ای، ۳۹ گونه فقط در روش تله گودالی و ۲۳ گونه فقط در روش نمونه برداری مستقیم حضور داشتند. همچنین براساس این نمودار، از مجموع ۳۹ خانواده به‌دام‌افتاده در هر یک از روش‌ها، تعداد ۱۶ خانواده در تمام روش‌های نمونه برداری مشترک بودند اما تعداد ۱۳ و یک خانواده به ترتیب فقط در تله پنجره‌ای و نمونه برداری مستقیم مشاهده شدند ولی تله گودالی هیچ خانواده‌ای را به صورت اختصاصی شکار نکرده بود (شکل ۵).

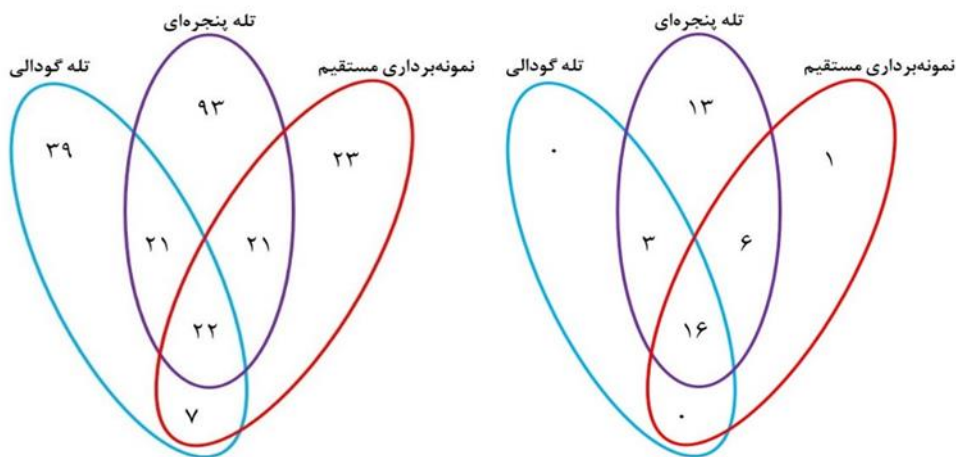
جدول ۱ توزیع خانواده‌های قاب‌بالان در سه روش نمونه برداری را به تفکیک نشان می‌دهد. نتایج تحلیل مقیاس‌بندی غیر متریک چندبعدي (NMDS) نشان داد که بین روش‌های مختلف جمع‌آوری قاب‌بالان هم‌پوشانی وجود ندارد (شکل ۴). به طوری که مقدار استرس پایین وجود ندارد ($Stress = 0/202644$) نشان می‌دهد که ترکیب گونه‌ای در هر یک از روش‌های نمونه برداری مستقیم، تله پنجره‌ای و تله گودالی به‌طور معنی داری متفاوت است. نتایج تحلیل واریانس چندمتغیره نیز نشان داد که بین سه روش مورد بررسی تفاوت معنی داری وجود دارد (جدول ۲). بیشترین همبستگی بین روش تله گودالی با تله پنجره‌ای به‌دست آمد ($R^2 = 0/202$). همچنین مقایسه روش‌ها به صورت دو به

جدول ۱- توزیع خانواده‌های قاب‌بالان در سه روش نمونه‌برداری

خانواده	تله گودالی	نمونه‌برداری مستقیم	تله پنجره‌ای
Anobiidae	✓	✓	✓
Anthribidae	✓	✓	✓
Biphyllidae	-	✓	✓
Buprestidae	-	✓	✓
Carabidae	✓	✓	✓
Cerambycidae	✓	✓	✓
Ciidae	✓	✓	✓
Cleridae	-	-	✓
Cucujidae	-	-	✓
Curculionidae	✓	✓	✓
Elateridae	✓	✓	✓
Endomychidae	-	-	✓
Erotylidae	-	✓	✓
Eucnemidae	-	-	✓
Histeridae	✓	✓	✓
Laemophloeidae	-	✓	✓
Lampyridae	✓	-	✓
Latridiidae	-	-	✓
Lucanidae	✓	✓	✓
Melandryidae	-	-	✓
Melyridae	-	-	✓
Monotomidae	✓	-	✓
Mordellidae	-	-	✓
Nitidulidae	✓	-	✓
Prostomidae	-	-	✓
Pselaphinae	-	-	✓
Salpingidae	✓	✓	✓
Scaphidiidae	-	✓	✓
Scarabaeidae	✓	✓	✓
Scolytinae	✓	✓	✓
Scraptidae	-	-	✓
Silphidae	✓	✓	✓
Silvanidae	-	✓	✓
Sphindidae	-	-	✓
Staphylinidae	✓	✓	✓
Tenebrionidae	✓	✓	✓
Throscidae	-	-	✓
Trogositidae	-	✓	-
Zopheridae	✓	✓	✓



شکل ۴- ترکیب اجتماع قاب بالان جمع آوری شده با انواع روش نمونه برداری با استفاده از تحلیل مقیاس بندی غیر متریک چندبعدي (NMDS) در راشستان جنگل آموزشی- پژوهشی شصت کلاته گرگان



شکل ۵- نمودار ون از مجموع ۳۹ خانواده (سمت راست) و ۲۲۶ گونه (سمت چپ) از قاب بالان جمع آوری شده با انواع مختلف روش نمونه برداری در راشستان جنگل آموزشی- پژوهشی شصت کلاته گرگان

بررسی گونه‌های شاخص به تفکیک نوع روش نمونه برداری نشان داد که از مجموع ۱۷ خانواده و ۳۰ گونه شاخص در این پژوهش، ۲۳ گونه در روش تله پنجره‌ای به دام افتاده بودند که گونه‌ای از جنس *Scaptia* از خانواده *Geotrupes spiniger* در روش تله گودالی گونه

بررسی گونه‌های شاخص به تفکیک نوع روش نمونه برداری نشان داد که از مجموع ۱۷ خانواده و ۳۰ گونه شاخص در این پژوهش، ۲۳ گونه در روش تله پنجره‌ای به دام افتاده بودند که گونه‌ای از جنس *Scaptia* از خانواده *Geotrupes spiniger* در روش تله گودالی گونه

Marsham, 1802 از خانواده Scarabaeidae بیشترین مقدار شاخص (Indicator value) را با ارزش برابر ۰/۷۵۴۴ نشان داد. در روش نمونه‌برداری مستقیم گونه *Uleiota planata* Linnaeus, 1761 از خانواده Silvanidae بیشترین مقدار شاخص را با ارزش ۰/۵۰۰۰ نشان داد. در روش تله پنجره‌ای نیز بیشترین مقدار شاخص با ارزش ۰/۷۵۰۰ مربوط به گونه *Megathous menentriasi* Reitter, 1890 از خانواده Elateridae بود (جدول ۳).

جدول ۲- تحلیل واریانس چند متغیره جایگشت با استفاده از ماتریس‌های فاصله با ۹۹۹ جایگشت برای تمامی قاب‌بالان بین روش‌های مختلف نمونه‌برداری

مقیاسات	F	R ^۲	P-value
سه روش نمونه‌برداری	۴/۶۹۹	۰/۲۲۱	۰/۰۰۱**
مستقیم (DS) ~ پنجره‌ای (WT)	۳/۸۱۷	۰/۱۴۷	۰/۰۰۱**
مستقیم (DS) ~ گودالی (PT)	۴/۷۵۲	۰/۱۷۷	۰/۰۰۱**
پنجره‌ای (WT) ~ گودالی (PT)	۵/۵۸۶	۰/۲۰۲	۰/۰۰۱**

*: بررسی معنی‌داری در سطح ۰/۰۱. DS: Direct Sampling. WT: Window Trap. PT: Pitfall Trap

جدول ۳- گونه‌های شاخص براساس نوع روش نمونه‌برداری

نام خانواده	نام گونه	روش	مقدار شاخص	p-value
Scarabaeidae	<i>Geotrupes spiniger</i> (Marsham, 1802)	تله گودالی	۰/۷۵۴۴	۰/۰۰۱**
Carabidae	<i>Pterostichus caspius</i> (Ménétriés, 1832)	تله گودالی	۰/۶۸۴۸	۰/۰۰۱**
Carabidae	<i>Brosicus karelini</i> Zoubkoff, 1837	تله گودالی	۰/۵۸۳۳	۰/۰۰۱**
Carabidae	<i>Carabus separatus korgei</i> Heinz, 1970	تله گودالی	۰/۵۸۳۳	۰/۰۰۱**
Silphidae	<i>Nicrophorus vespillo</i> (Linnaeus, 1758)	تله گودالی	۰/۵۶۴۱	۰/۰۰۶**
Silvanidae	<i>Uleiota planata</i> Linnaeus, 1761	مستقیم	۰/۵۰۰۰	۰/۰۰۶**
Zopheridae	<i>Niphopelta imperialis</i> Reitter, 1882	مستقیم	۰/۴۳۳۸	۰/۰۲۳*
Elateridae	<i>Megathous menentriasi</i> Reitter, 1890	تله پنجره‌ای	۰/۷۵۰۰	۰/۰۰۱**
Scolytinae	<i>Taphrorychus lenkoranus</i> Reitter, 1913	تله پنجره‌ای	۰/۶۹۶۴	۰/۰۰۱**
Scolytinae	<i>Xyleborinus saxeseni</i> (Ratzeburg, 1837)	تله پنجره‌ای	۰/۶۶۶۷	۰/۰۰۱**
Nitidulidae	<i>Meligethes (Clypeogethes) aeneus</i> Sturm, 1845	تله پنجره‌ای	۰/۶۵۵۷	۰/۰۰۱**
Scolytinae	<i>Platypus cylindrus</i> (Fabricius, 1792)	تله پنجره‌ای	۰/۶۵۴۸	۰/۰۰۱**
Curculionidae	<i>Stereocorynes persicus</i> Folwaczny, 1966	تله پنجره‌ای	۰/۶۴۸۱	۰/۰۰۱**
Curculionidae	<i>Melicius cylindrus</i> (Boheman, 1838)	تله پنجره‌ای	۰/۶۴۳۹	۰/۰۰۱**
Anobiidae	<i>Ptilinus pectinicornis</i> (Linnaeus, 1758)	تله پنجره‌ای	۰/۶۳۷۵	۰/۰۰۱**

نام خانواده	نام گونه	روش	مقدار شاخص	p-value
Latridiidae	<i>Enicmus transversus</i> (Olivier, 1790)	تله پنجره‌ای	۰/۵۸۳۳	۰/۰۰۱**
Curculionidae	<i>Pycnomerus terebrans</i> (Olivier, 1790)	تله پنجره‌ای	۰/۵۸۲۴	۰/۰۰۲**
Melyridae	<i>Dasytes (Mesodasytes) plumbeus</i> (Müller, 1776)	تله پنجره‌ای	۰/۵۰۰۰	۰/۰۰۱**
Carabidae	<i>Trechus liopleurus</i> Chaudoir 1850	تله پنجره‌ای	۰/۵۰۰۰	۰/۰۰۵**
Histeridae	<i>Teretrius fabricii</i> Mazur, 1972	تله پنجره‌ای	۰/۴۵۰۰	۰/۰۱۸*
Cerambycidae	<i>Acanthocinus elegans</i> Ganglbauer, 1884	تله پنجره‌ای	۰/۴۱۶۷	۰/۰۰۳**
Scaptiidae	<i>Scaptia</i> sp.	تله پنجره‌ای	۰/۴۱۶۷	۰/۰۰۷**
Carabidae	<i>Trechus quadristriatus</i> (Schrank, 1781)	تله پنجره‌ای	۰/۳۸۸۹	۰/۰۰۵**
Lampyridae	<i>Nyctophila caucasica</i> (Motschulsky 1854)	تله پنجره‌ای	۰/۳۶۴۶	۰/۰۳۲*
Elateridae	<i>Athous rosinae</i> Reitter, 1899	تله پنجره‌ای	۰/۳۳۳۳	۰/۰۲۳*
Elateridae	<i>Isorhipis melasoides</i> (Laporte de Castelnau, 1835)	تله پنجره‌ای	۰/۳۳۳۳	۰/۰۲۴*
Laemophloeidae	<i>Laemophloeus monilis</i> (Fabricius, 1787)	تله پنجره‌ای	۰/۳۳۳۳	۰/۰۲۹*
Anobiidae	<i>Priobium carpini</i> (Herbst, 1793)	تله پنجره‌ای	۰/۳۳۳۳	۰/۰۰۳**
Cerambycidae	<i>Rutpela inermis</i> (K.Daniel & J.Daniel, 1898)	تله پنجره‌ای	۰/۳۳۳۳	۰/۰۲۴*
Zopheridae	<i>Synchita mediolanensis</i> A. Villa & G.B. Villa, 1833	تله پنجره‌ای	۰/۳۳۳۳	۰/۰۳۸*

روش نمونه‌برداری: تله گودالی (pitfall trap)، نمونه‌برداری مستقیم (direct sampling)، تله پنجره‌ای (window trap)

*: معنی‌داری در سطح ۰/۰۵، **: معنی‌داری در سطح ۰/۰۱

بحث

برای مدیریت حفاظت و تنوع زیستی جنگل، انتخاب تکنیک‌های نمونه‌برداری استاندارد مناسب از حشرات، براساس اجتماع قاب‌بالان بسیار ضروریست. این موضوع شامل بهینه‌سازی تعداد تله‌ها یا روش‌های متناسب با خانواده‌ها و گونه‌های هدف است، به نحوی که باید به‌طور کامل بدون اثرهای منفی روی زیستگاه، جمعیت آنها منعکس‌کننده ناهمگنی محیط‌های جنگلی نیز باشد (Muller & Muller, 2009). البته بسیاری از روش‌های بررسی اجتماع قاب‌بالان خشک‌داری توسط نویسندگان دیگر استفاده شده است (Okland, 1996; Ranius & Jansson, 2002; Hyvärinen) (et al., 2006; Alinvi et al., 2007; Bouget et al., 2009) که بیانگر مناسب بودن تله پنجره‌ای برای مقایسه جوامع

مختلف جنگلی است (Bouget et al., 2009). تله‌های Sverdrup- Thygeson & Birkemoe, 2009; Sverdrup- Thygeson (et al., 2010) و حضور گونه‌های مسافر پاسخ می‌دهد (Bouget et al., 2009). این تله بیشتر قادر خواهد بود تا قاب‌بالان بالغ در حال پرواز را که از طیف وسیعی از منابع چوبی درون جنگل از جمله خشک‌دار افتاده، شاخه‌های هوایی پوسیده و پوست یا درختان توخالی بهره‌مند می‌شوند، به راحتی به دام بیندازد (Saint-Germain et al., 2006; Alinvi et al., 2007; Sverdrup-Thygeson & Birkemoe, 2009). مطالعه Simila و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از تله پنجره‌ای، به تنهایی توانست تقریباً ۶۰ درصد از کل فون قاب‌بالان با توان پروازی را در یک زیستگاه جنگلی

به صورت اختصاصی در تله پنجره‌ای مشاهده شده است و همین‌طور گونه *Dasytes (Mesodasytes) plumbeus* از خانواده Melyridae که به طور اختصاصی تنها در تله پنجره‌ای و به عنوان گونه شاخص مشاهده شده است، با نتایج ذکر شده همخوانی دارد.

تحقیقات Quinto و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که تله پنجره‌ای در فراهم کردن فهرست کلی از گونه‌های فعال پروازی جنگل، همچنین گونه‌های پراکنده در حفره‌های موجود در درختان نیز مؤثر است. تعداد زیادی از گونه‌های خانواده Scolytinae و Cerambycidae و Curculionidae و دیگر فون‌های وابسته به آنها جذب مواد فرّاری از جمله ایزوپروئید مونوترپن‌ها (کایرومون‌ها) و مشتقات الکل، یا استات ساطع شده ناشی از خشک‌دار یا استرس درختان در حال مرگ می‌شوند (Allison et al., 2004; Schlyter, 2007; Miller & Rabaglia, 2009) که در این پژوهش نیز مطابق نتایج جدول گونه‌های شاخص (جدول ۳)، سه خانواده یادشده در تله پنجره‌ای مشاهده شده‌اند که با نتایج ذکر شده مطابقت دارند. به علاوه، بسیاری از گونه‌های شکارچی، از جمله برخی گونه‌های خانواده‌های Melyridae، Histeridae و Trogossitidae به دلیل تمایل شدید به ترکیبات شیمیایی یادشده‌ای که مطلوب اعضای زیرخانواده Scolytinae بوده از بزرگسالان و لاروهای چندین گونه از این خانواده تغذیه می‌کنند (Raffa & Erbilgin, 2001). در نتایج ما نیز که دو خانواده Histeridae و Melyridae به عنوان دو خانواده شاخص از تله پنجره‌ای مشاهده شدند و همین‌طور حضور خانواده Trogossitidae به عنوان تنها خانواده اختصاصی در نمونه‌برداری مستقیم که در این پژوهش مشاهده شده است، بیانگر اهمیت ترکیبات شیمیایی است و با مطالب ذکر شده نیز همخوانی دارد. نتایج ما در تجزیه و تحلیل ترکیب اجتماع قاب‌بالان در میان سه روش نشان داد، تله گودالی دارای مجزاترین جوامع بوده، به عبارت دیگر این روش مکمل روش‌های دیگر است. برای خانواده‌هایی از قبیل Latridiidae، Melyridae و Scaptidae تله پنجره‌ای کارآمد بوده است، زیرا این خانواده‌ها به صورت اختصاصی در این تله به دام افتادند و نیز در نتایج حاصل از گونه‌های شاخص نیز به خوبی حضور

به دام بیندازد که در این پژوهش نیز بیشترین غنای گونه‌ای براساس نمودار ریرفکشن رؤیت شده است و نرخ آن بیش از دو برابر دو روش دیگر نمونه‌برداری است. همچنین بیشترین تعداد خانواده‌های به دام افتاده (۱۳ خانواده) در تله پنجره‌ای رؤیت شده است که با نتایج Navidi و همکاران (۲۰۱۹) و همچنین Barimani Varandi و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت دارد. در این پژوهش پس از تله پنجره‌ای بیشترین میزان غنای گونه‌ای متعلق به تله‌های گودالی بوده است. تله‌های گودالی در زمین، به دلیل محل قرارگیری آنها، توانایی به دام انداختن گونه‌های با توان پروازی را ندارند (Mcintosh et al., 2001) و همین موضوع موجب شده تا در این تحقیق نیز تله‌های گودالی غنای گونه‌ای کمتری را نسبت به تله‌های پنجره‌ای داشته باشند. با این حال، این احتمال نیز وجود دارد که همگنی فضایی فون گونه‌های لاشیرگزی جنگل‌های هیرکانی بالاتر از نمونه‌های به دام افتاده در نمونه‌برداری مستقیم باشد که ارزش برجسته جنگل‌های هیرکانی را به عنوان بستری برای حفاظت از تنوع زیستی و به ویژه غلبه بالای گونه‌هایی با نیاز بالای کیفیت زیستگاه نشان می‌دهد (Müller et al., 2018). بنابراین مطابق این پژوهش تله پنجره‌ای به طور گسترده‌ای کارآمدترین روش برای مطالعات استاندارد در مورد مجموعه قاب‌بالان در جوامع جنگلی در نظر گرفته می‌شود، زیرا بیشترین غنای گونه‌ای افراد را فراهم کرده و فهرستی از ذخایر گونه‌های محلی را بدون نیاز به یک دوره نمونه‌برداری طولانی ارائه می‌دهد (Bouget et al., 2008). تله پنجره‌ای همچنین برای یافتن گونه‌های نادر خشک‌داری که به دست آوردن آنها در محیط‌های جنگلی به دلیل روش‌های دیگر نمونه‌برداری دشوار است، با موفقیت عمل کرده است (Alonso-Zarazaga et al., 2002). بر این اساس، تله پنجره‌ای مؤثرترین روش برای گزارش غنا و تنوع گونه‌ای با حداقل صرف هزینه زمانی نمونه‌برداری برای بسیاری از خانواده‌های قاب‌بالان از جمله Scaptiidae بوده که مرتبط با بسیاری از منابع چوبی است (Hyvärinen et al., 2006; Vinolas et al., 2012). در این مطالعه، گونه‌ای از جنس *Scaptia* از خانواده Scaptiidae حاصل از نتایج جدول گونه‌های شاخص نیز که

دام انداختن ۲۶۲ گونه از قاب‌بالان خشک‌داری در جنگل‌های آمیخته راش- بلوط در کشور آلمان (Müller *et al.*, 2014) و همین‌طور تعداد ۶۰ تله پنجره‌ای برای جمع‌آوری ۲۶۵ گونه از قاب‌بالان خشک‌داری در رانشستان کهن‌سال اوکراین مورد نیاز بود (Lachat *et al.*, 2016). این در حالی است که در پژوهش پیش‌رو، از مجموع ۲۶۲ گونه به‌دام‌افتاده، تعداد ۹۳ گونه تنها با استفاده از ۱۲ تله پنجره‌ای ثبت شده‌اند. البته این میزان نسبتاً بالا می‌تواند ناشی از عوامل متعددی باشد: از جمله رانشستان‌های هیرکانی به‌دلیل ایزوله‌شدن از دوران سوم زمین‌شناسی به‌وسیله دریا از یکسو و کوه‌های بلند و بیابان‌های ورای آن از سوی دیگر، همچنین اینکه گونه راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) ۸ میلیون سال قبل از گونه راش غربی (*Fagus sylvatica* L.) منشعب شده (Renner *et al.*, 2016) و این جدایی فضایی و فیلوژنتیکی می‌تواند شاهدهی بر غنای بالای گونه‌های بومی قاب‌بالان، یا آرایه‌های توصیف‌نشده باشد (Jarzabek-Muller *et al.*, 2017). بالاترین میزان گونه‌های بومی جنگل‌های کهن‌سال هیرکانی و گونه‌های توصیف‌نشده روی خشک‌دارهای راش، در تحقیقات Müller و همکاران (۲۰۱۸) گزارش شده است. شایان ذکر است این پژوهش نیز با تمرکز بر رانشستان استان گلستان انجام شده است. بنابراین مقدار بالای گونه‌های شاخص و حتی گونه‌های توصیف‌نشده جنگل‌های بکر راش شرقی را می‌توان براین‌اساس توضیح داد که بیشتر مطالعات پیشین حشره‌شناسی ایران در مناطق باز و بدون درختان راش متمرکز شده است (Barimani Varandi *et al.*, 2009; Platia & Ghahari, 2016). در حالی که رانشستان‌های هیرکانی در مقایسه با جوامع جنگلی بلوط و توسکا در مناطق کم‌ارتفاع، دارای شرایط طبیعی‌تر و وسعت بیشتری هستند (Sagheb-Talebi *et al.*, 2014). بنابراین تحقیقات تنوع زیستی که تاکنون در جنگل‌های هیرکانی انجام شده، نشان داده است که این اکوسیستم با داشتن فون و فلور غنی قاب‌بالان خشک‌داری و خردزیستگاه‌های درختی دلخواه قاب‌بالان، زیستگاه بی‌بدیل این راسته مهم است. از جمله دو گونه از قاب‌بالان شاخک‌بلند *Parandra caspica* و *Paraclytus raddei* از خانواده Cerambycidae که بومی جنگل‌های مترامم هیرکانی بوده و به‌طور منظم از حفره‌های تنه (Rot holes) راش

دارند. همچنین خانواده‌های Cleridae، Latridiidae، Eucnemidae، Endomychidae، Cucujidae، Prostomidae، Mordellidae، Melyridae، Melandryidae، Throscidae و Sphindidae، Scaptidae، Pselaphinae به‌صورت اختصاصی فقط در تله پنجره‌ای مشاهده شدند که کارایی بالای این تله را در میان سایر روش‌های نمونه‌برداری به‌خوبی نشان می‌دهد. همچنین بیش از حدود نیمی از گونه‌های به‌دام‌افتاده توسط انواع روش‌های نمونه‌برداری متعلق به پنج خانواده Staphylinidae (۱۶/۴۰ درصد)، Carabidae (۱۴/۶۰ درصد)، Curculionidae (۸ درصد)، Cerambycidae (۶/۲۰ درصد) و Elateridae (۵/۸۰ درصد) است.

در این پژوهش غنای گونه‌های قاب‌بالان و تنوع ثبت شده مطابق با نمودار NMDS برای سه روش نمونه‌برداری، ساختار متفاوتی از مجموعه قاب‌بالان به‌دام‌افتاده را در هریک از این روش‌ها نشان داد. هر سه نوع روش نمونه‌برداری درصد قابل‌توجهی از انواع گونه‌های قاب‌بالان را به دام انداختند (۴۱/۲-۱۰/۲ درصد) که مکمل بودن روش‌های نمونه‌برداری را با هدف به‌دام‌اندازی اجتماع متنوعی از قاب‌بالان تأیید می‌کند. زیرا هر روش در ابتدا برای مطالعه محیط‌های متفاوت جنگلی طراحی شده است. به‌عنوان مثال، تله‌های پنجره‌ای برای توده‌های جنگلی کاربرد دارد (Okland, 1996; Ranius & Jansson, 2002; Martikainen & Kalia, 2004; Hyvärinen *et al.*, 2006; Alinvi *et al.*, 2007). از آنجایی که در این پژوهش تعداد گونه‌های به‌دام‌افتاده توسط تله پنجره‌ای بیشترین مقدار بوده است (۴۱/۲ درصد)، این تله‌ها را می‌توان مؤثرترین روش به دام انداختن برای نمونه‌برداری گونه‌های شاخص، به‌ویژه قاب‌بالان خشک‌داری دانست. براین‌اساس، تله‌های گودالی فقط می‌توانند به‌عنوان روشی مکمل برای مطالعه گونه‌های مستقر در جنگل استفاده شوند، مگر اینکه تمرکز مطالعه به‌طور واضح فقط روی گونه‌های لاشبرگزی باشد.

در مطالعات قبلی تعداد ۲۰ تله پنجره‌ای برای جمع‌آوری ۲۶۸ گونه از قاب‌بالان خشک‌داری در جنگل‌های هیرکانی استان مازندران (Müller *et al.*, 2018)، تعداد ۳۴ تله پنجره‌ای برای به

- sampling with pitfall traps. Zoologischer Anzeiger Jena, 202: 177-184.
- Alexander, K.N., 2008. Tree biology and saproxylic Coleoptera: issues of definitions and conservation language. *Revue d'écologie*, 63: 9-13.
- Alinvi, O., Ball, J.P., Danell, K., Hjältén, J. and Pettersson, R.B., 2007. Sampling saproxylic beetle assemblages in dead wood logs: comparing window and elector traps to traditional bark sieving and a refinement. *Journal of Insect Conservation*, 11(2): 99-112.
- Allison, J.D., Borden, J.H. and Seybold, S.J., 2004. A review of the chemical ecology of the Cerambycidae (Coleoptera). *Chemoecology*, 14(3): 123-150.
- Alonso-Zarazaga, M.A., Moreno, I.P and Grijalba, F.M., 2002. Presence of two rare species of Anthribidae (Coleoptera) in the Iberian Peninsula. *SEA Bulletin*, 31(1): 141-143.
- Anonymous, 2008. Forest management plan: Dr. Bahramnia forest, watershed 85. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, 284p (In Persian).
- Banerjee, M., 2014. Diversity and composition of beetles (Order: Coleoptera) of Durgapur, West Bengal, India. *Journal of Entomology*, 2014: 1-7.
- Barimani Varandi, H., Kalashian, M., Barari, H. and Taleshi, S.R., 2018. The diversity of wood-boring beetles caught by different traps in northern forests of Iran. *Tropical Drylands*, 2(2): 65-74.
- Barimani Varandi, H., Kalashian, M.Y. and Barari, H., 2009. Contribution to the knowledge of the jewel beetles (Coleoptera: Buprestidae) fauna of Mazandaran province of Iran. *Caucasian Entomological Bulletin*, 5(1): 63-69.
- Barimani Varandi, H., Muller, j. and Farashiani, M.E., 2017. Saproxylic beetles assemblages in Caspian hyrcanian forest. Conservation and recommendations for sustainable forest management. 2nd International Conference on Forests. Bavarian Forest National Park, Germany, 26-29 April.
- Baker, J.E., 1996. Micro-and macro-arthropods. Methods for the examination of organismal diversity in soils and sediments, 1(1): 163-174.
- Bellamy, CL., 2000. Buprestidae (Coleoptera: Buprestoidea) Dâures– biodiversity of the Brandberg Massif, Namibia. *Cimbebasia Memoir Windhoek*, National Museum of Namibia, 9: 185-191.
- Bouget, C., Brustel, H., Brin, A. and Noblecourt, T., 2008. Sampling saproxylic beetles with window flight traps: methodological insights. *Revue d'écologie*, 63(1): 21-32.
- Bouget, C., Brustel, H., Brin, A. and Valladares, L., 2009. Evaluation of window flight traps for effectiveness at monitoring dead wood-associated beetles: the effect of ethanol lure under contrasting environmental conditions. *Agricultural and Forest*

برای زیست استفاده می‌کنند. همچنین، این جنگل‌های سایه‌پسند راش، یکی دیگر از خرد زیستگاه‌های نسبتاً نادر یعنی تاج خشکیده (Crown deadwood) و در معرض آفتاب را برای یک گونه از قاب‌بالان جواهری با نام علمی *Dicerca fritilla* از خانواده Buprestidae فراهم می‌کند که نتایج این پژوهش نیز این موضوع را به‌درستی تأیید می‌نماید (Rafiei-Jahed *et al.*, 2020).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تله پنجره‌ای نه تنها در مقایسه با دو روش دیگر بهتر عمل کرده است، بلکه بالاترین فراوانی را از نظر تعداد گونه‌های به‌دام‌افتاده نسبت به دیگر روش‌های مورد مطالعه نشان داده است. با توجه به این استدلال‌ها، ما ترکیبی از روش‌های نمونه‌برداری استاندارد شده و قابل تکرار را برای توصیف و مقایسه قاب‌بالان پروازگر در راشستان‌های هیرکانی توصیه می‌کنیم. نتایج ما نشان داد که چگونه کارایی تله با توجه به خانواده و گونه‌های مختلف قاب‌بالان متفاوت است، بنابراین در انتخاب، یا ترکیب روش‌ها باید این حساسیت را در نظر گرفت که روش‌های نمونه‌برداری باید با بخشی از مجموعه قاب‌بالان مورد مطالعه تطبیق پیدا کند. این یافته‌ها برای مطالعات دقیق اکولوژیکی و ایجاد راهبردهای حفاظتی در جنگل‌های هیرکانی و در انواع دیگر جنگل‌ها با در نظر گرفتن این گروه عملکردی مهم، یعنی قاب‌بالان و به‌ویژه قاب‌بالان خشک‌داری اساسی خواهد بود.

سپاسگزاری

بدون شک انجام این پژوهش بدون حمایت‌های دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور میسر نبود. بدین‌وسیله نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از تمامی افرادی که در بخش میدانی این پژوهش و جمع‌آوری نمونه‌ها مشارکت داشتند، اعلام می‌کنند.

منابع مورد استفاده

- Adis, J., 1979. Problems of interpreting arthropod

- Lachat, T., Chumak, M., Chumak, V., Jakoby, O., Müller, J., Tanadini, M. and Wermelinger, B., 2016. Influence of canopy gaps on saproxylic beetles in primeval beech forests: a case study from the Uholka-Shyrokyi Luh forest, Ukraine. *Insect conservation and diversity*, 9(6): 559-573.
- Lindenmayer, D.B. and Franklin, J.F., 2002. *Conserving forest biodiversity: a comprehensive multiscaled approach*. Island press, Washington, DC, 368p.
- Martikainen, P. and Kaila, L., 2004. Sampling saproxylic beetles: Lesson from a 10-year monitoring study. *Biological Conservation*, 120(2): 175-185.
- Mcintosh, R.L., Katinic, P.J., Allison, J.D., Borden, J.H. and Downey, D.L., 2001. Comparative efficacy of five types of trap for woodborers in the Cerambycidae, Buprestidae and Siricidae. *Agricultural and Forest Entomology*, 3(2): 113-120.
- Miller, D.R. and Rabaglia, R.J., 2009. Ethanol and (-)- α -Pinene: attractant Kairomones for bark and ambrosia beetles in the Southeastern US. *Journal of Chemical Ecology*, 35(4): 435-448.
- Müller, J., Jarzabek-Müller, A., Bussler, H. and Gossner, M.M., 2014. Hollow beech trees identified as keystone structures by analyses of functional and phylogenetic diversity of saproxylic beetles. *Animal Conservation*, 17(2): 154-162.
- Müller, J., Thorn, S., Baier, R., Sagheb-Talebi, K., Barimani, H.V., Seibold, S., Ulyshen, M.D. and Gossner, M.M., 2016. Protecting the forests while allowing removal of damaged trees may imperil saproxylic insect biodiversity in the Hyrcanian beech forests of Iran. *Conservation Letters*, 9(2): 106-113.
- Müller, J., Varandi, H.B., Babaii, M.R., Farashiani, M.E., Sageb-Talebi, K., Lange, F., Gossner, M.M., Jarzabek-Muller, A., Roth, N., Thorn, S. and Seibold, S., 2018. The diversity of saproxylic insects (Coleoptera, Heteroptera) on four tree species of the Hyrcanian forest in Iran. *Journal of Insect Conservation*, 22(3): 607-625.
- Navidi, S., Ghobari, H. and Sadeghi, A., 2019. Evaluation of the efficiency of different traps to capture some flying Coleopteran families using biodiversity indices and rarefaction method. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 8(3): 65-75 (In Persian).
- Okland, B., 1996. A comparison of three methods of trapping saproxylic beetles. *European Journal of Entomology*, 93(1): 195-210.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B. and Wagner, H., 2015. *Vegan: community ecology package. Ordination methods, diversity analysis and other functions for community and vegetation ecologists*. R package ver, pp. 2-3.
- Peris, D. and Rust, J., 2019. Cretaceous beetles (*Insecta*: Entomology, 11(2): 143-152.
- Bußler, H., and Müller, J., 2009. Vacuum cleaning for conservationists: a new method for inventory of *Osmoderma eremita* (Scop., 1763) (Coleoptera: Scarabaeidae) and other inhabitants of hollow trees in Natura 2000 areas. *Journal of Insect Conservation*, 13(3): 355-359.
- Eckelt, A., Müller, J., Bense, U., Brustel, H., Bußler, H., Chittaro, Y., Cizek, L., Frei, A., Holzer, E., Kadej, M., Kahlen, M., Kohler, F., Moller, G., Muhle, H., Sanchez, A., Schaffrath, U., Schmidl, J., Smolis, A., Szallies, A., Nemeth, T., Wurst, C., Thorn, S., Christensen, R. and Seibold, S., 2018. Primeval forest relict beetles of Central Europe: a set of 168 umbrella species for the protection of primeval forest remnants. *Journal of Insect Conservation*, 22(1): 15-28.
- Ehnstrom, B. and Axelsson, R., 2002. *Insect galleries in bark and wood*. SLU University Press, Uppsala, 512p.
- Erbilgin, N. and Raffa, K.F., 2001. Modulation of predator attraction to pheromones of two prey species by stereochemistry of plant volatiles. *Oecologia*, 127(3): 444-453.
- Fagundes, C.K., Di Mare, R.A., Wink, C. and Manfio, D., 2010. Diversity of the families of Coleoptera captured with pitfall traps in five different environments in Santa Maria, RS, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 1(2): 381-390.
- Ghobari, H., Nozari, J. and Kalashian, M., 2013. Investigation of Buprestidae diversity by using different traps in rangelands of Kurdistan Province-IRAN. *Soaj Entomological Studies*, 2: 57-61.
- Grove, S.J., 2002. Saproxylic insect ecology and the sustainable management of forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33(1): 1-23.
- Hohbein, R.R. and Conway, C.J., 2018. Pitfall traps: A review of methods for estimating arthropod abundance. *Wildlife Society Bulletin*, 42(4): 597-606.
- Hosking, G.P. and Knight, F.B., 1975. Flight habits of some Scolytidae in the spruce-fir type of northern Maine. *Annals of the Entomological Society of America*, 68(5): 917-921.
- Hsieh, T.C., Ma, K.H. and Chao, A., 2016. iNEXT: An R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7(12): 1451-1456.
- Hyvärinen, E., Kouki, J. and Martikainen, P., 2006. A comparison of three trapping methods used to survey forest-dwelling Coleoptera. *European Journal of Entomology*, 103(2): 397-407.
- Jarzabek-Muller, A., Moriniere, J., Varandi, H.B. and Muller, J., 2017. *Synaptus iranicus* sp nov., a second species of the genus *Synaptus* Eschscholtz, 1829 from Iran (Coleoptera: Elateridae) discovered by an integrative approach. *Zootaxa*, 4232(4): 568-574.

- significance of differences by examining the overlap between confidence intervals. *The American Statistician*, 55(3): 182-186.
- Schlyter, F., 2007. Semiochemical in the life of bark feeding weevils. In: Lieutier, F., Day, K.R., Battisti, A., Grégoire, J.C., Evans, H.F., (Eds) *Bark and wood borers insects in living trees in Europe: a synthesis*. Springer, Dordrecht, pp. 351-364.
- Siitonen, J., 1994. Decaying wood and saproxylic Coleoptera in two old spruce forests: a comparison based on two sampling methods. *Annales Zoologici Fennici*, 31(1): 89-95.
- Simila, M., Kouki, J., Martikainen, P. and Uotila, A., 2002. Conservation of beetles in boreal pine forests: the effects of forest age and naturalness on species assemblages. *Biological conservation*, 106(1): 19-27.
- Skvarla, M.J. and Ashley, P.G.D., 2017. A comparison of trapping techniques (Coleoptera: Carabidae, Buprestidae, Cerambycidae, and Curculionidea excluding Scolytinae). *Journal of Insect science*, 17(1): 1-28.
- Stoeckle, B.C., Dworschak, K., Gossner, M.M. and Kuehn, R., 2010. Influence of arthropod sampling solutions on insect genotyping reliability. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 135(2): 217-223.
- Sverdrup-Thygeson, A. and Birkemoe, T., 2009. What window traps can tell us: effect of placement, forest openness and beetle reproduction in retention trees. *Journal of Insect Conservation*, 13(2): 183-191.
- Sverdrup-Thygeson, A., Skarpaas, O. and Odegaard, F., 2010. Hollow oaks and beetle conservation: the significance of the surroundings. *Biodiversity and Conservation*, 19(3): 837-852.
- Topping, C.J. and Sunderland, K.D., 1992. Limitations to the use of pitfall traps in ecological studies exemplified by a study of spiders in a field of winter wheat. *Journal of Applied Ecology*, 29(2): 485-491.
- Vinolas, A., Soler, J. and Munoz Batet, J., 2012. New records and new locations of coleopterans for the Iberian Peninsula and especially for the Natural Park of l'Albera, Girona (Coleoptera). *Elytron*, 25(1): 3-63.
- Werner, R.A., 2002. Effect of ecosystem disturbance on diversity of bark and wood-boring beetles (Coleoptera: Scolytidae, Buprestidae, Cerambycidae) in white spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss) ecosystems of Alaska. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1(1): 1-15.
- Yi, Z., Jinchao, F., Dayuan, X., Weiguo, S. and Axmacher, J.C., 2012. A comparison of terrestrial arthropod sampling methods. *Journal of Resources and Ecology*, 3(2): 174-182.
- Coleoptera) in amber: the palaeoecology of this most diverse group of insects. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 189(4): 1085-1104.
- Platia, G. and Ghahari, H., 2016. An annotated checklist of click-beetles (Coleoptera, Elateridae) from Iran. *Zookeys*, 4137(2): 239-275.
- Quinto, J., de los Angeles Marcos-Garcia, M., Brustel, H., Galante, E. and Micó, E., 2013. Effectiveness of three sampling methods to survey saproxylic beetle assemblages in Mediterranean woodland. *Journal of insect conservation*, 17(4): 765-776.
- Rafiei-Jahed, R., Kavousi, M.R., Farashiani, M.E., Sagheb-Talebi, K., Babanezhad, M., Courbaud, B., Wirtz, R., Müller, J. and Larrieu, L., 2020. A Comparison of the formation rates and composition of tree-related microhabitats in beech-dominated primeval Carpathian and Hyrcanian forests. *Forests*, 11(2): 1-14.
- Ranius, T. and Jansson, N., 2002. A comparison of three methods to survey saproxylic beetles in hollow oaks. *Biodiversity and Conservation*, 11(10): 1759-1771.
- R Core Team, 2017. R: A language and environment for statistical computing, Available from: <https://www.R-project.org>.
- Renner, S.S., Grimm, G.W., Kapli, P. and Denk, T., 2016. Species relationships and divergence times in beeches: new insights from the inclusion of 53 young and old fossils in a birth-death clock model. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1699): 1-8.
- Roth, N., Doerfler, I., Bässler, C., Blaschke, M., Bussler, H., Gossner, M.M., Heideroth, A., Thorn, S., Weisser, W.W. and Müller, J., 2019. Decadal effects of landscape-wide enrichment of dead wood on saproxylic organisms in beech forests of different historic management intensity. *Diversity and Distributions*, 25(3): 430-441.
- Sagheb-Talebi, K., Sajedi, T. and Pourhashemi, M., 2014. *Forests of Iran-a treasure from the past, a hope for the future*. Springer, Germany, Dordrecht, 152p.
- Saint-Germain, M., Buddle, C.M. and Drapeau, P., 2006. Sampling saproxylic Coleoptera: scale issues and the importance of behavior. *Environmental Entomology*, 35(2): 478-487.
- Sakalian, V. and Langourov, M., 2004. Colour trap a method for distributional and ecological investigations of Buprestidae (Coleoptera). *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 68(1): 53-59.
- Sallé, A. and Bouget, C., 2020. Victims or perpetrators: contribution and response of insects to forest diebacks and declines. *Annals of Forest Science*, 77(4): 1-3.
- Schauff, M.E., 2001. *Collecting and preserving insects and mites: techniques and tools*. Systematic Entomology Laboratory USDA, Washington DC, 68p.
- Schenker, N. and Gentleman, J.F., 2001. On judging the

A comparison of the efficiency of sampling methods beetles (Insecta: Coleoptera) Shast-kalateh beech forest, Golestan province

R. Rafiei-Jahed¹, M.R. Kavousi^{2*}, M.E. Farashiani³, Kh. Sagheb-Talebi⁴, J. Müller⁵ and M. Babanezhad⁶

1- Department of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

2* - Corresponding author, Department of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, E-mail: kavosi.reza66@gmail.com

3- Conservation and Protection Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

4- Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

5- Department of Animal Ecology and Tropical Biology, Julius-Maximilians-University Würzburg, Germany.

6- Department of Statistics, Faculty of Sciences, Golestan University, Gorgan, Iran.

Received: 08.02.2021

Accepted: 10.04.2021

Abstract

Insects are one of the most important biomass components in a forest ecosystem and estimating their species richness can provide a suitable perspective for biodiversity assessments. The present study compares three methods of collecting some beetles in beech forest in Golestan Province of northern Iran. For this purpose, 12 plots were selected, and besides direct sampling, in each of them, one window and two pitfall traps were installed. Based on the results, a total of 226 species belonging to 3341 specimens were collected, of which 635 specimens with direct sampling, 694 specimens by the pitfall traps and 2012 specimens by the window traps were collected. Species richness in the window traps increased at a higher rate in comparison to the other methods. The results of non-metric multidimensional scaling (NMDS) showed that the species composition in each sampling method is significantly different, so that out of the total of 226 identified species, 22 species were common in the three sampling methods but 93, 39 and 23 species were caught only in the window trap, pitfall trap and direct sampling, respectively. In this study, an undescribed species of *Scraptia* (family Scraptiidae) was collected by window traps. Additionally, the indicator species of pitfall traps, direct sampling and window traps with highest index value of 0.7544, 0.5000, and 0.7500 were *Geotrupes spiniger* (Scarabaeidae), *Uleiota planata* (Silvanidae) and *Megathous menentriasi* (Elateridae), respectively.

Key words: Coleoptera, window trap, pitfall trap, saproxylic beetles, NMDS, Rarefaction.