نشریه علمی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۷ شماره ۲، صفحه ۲۰۶-۱۹۴، (۱۳۹۸)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijfpr.2019.120126
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0883.1398.27.194.76.2.1605.41

مقایسه تنوع گونه‌ای زادآوری جنسی در خردزیستگاه‌های درختی جنگل‌های زاگرس میانی (مطالعه موردی: جنگل بابا یادگار، استان کرمانشاه)

ساحل امیری [۱]، مرتضی پوررضا [۲*] و احسان صیاد [۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگل‌داری، گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. پست الکترونیک: pourreza@razi.ac.ir

۳- دانشیار، گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۷

چکیده

زادآوری جنسی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر بقا و پایداری جنگل‌ها محسوب می‌شود که تحقق آن تحت تأثیر مجموعه‌ای از منابع و شرایطی قرار دارد. در این بین، خردزیستگاه اهمیت زیادی در استقرار زادآوری دارند. پژوهش پیش‌رو با هدف شناسایی نقش خردزیستگاه‌ها در بخشی از جنگل‌های زاگرس میانی منطقه بابایادگار شهرستان دالاهو در استان کرمانشاه انجام شد. در منطقه مورد مطالعه، ۳۷۲ قطعه‌نمونه به ابعاد ۵ × ۵ متر مربع که تعیین‌کننده خردزیستگاه‌های درختی مختلف شامل برودار (*Quercus brantii* Lindl.)، مازودار (*Q. infectoria* Oliv.)، زالزالک (*Crataegus pontica* C. Koch)، آمیخته و فضای باز بدون درخت) بودند، در امتداد هفت خط‌نمونه نمونه‌برداری شدند. در هر قطعه‌نمونه، ویژگی‌های زیست‌سنجی درختان، زادآوری جنسی آنها و عمق لاش‌برگ خاک اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که خردزیستگاه مازودار بیشترین میانگین قطر برابر سینه و خردزیستگاه آمیخته بیشترین تعداد جست را داشتند. همچنین، بیشترین میانگین تنوع زادآوری در خردزیستگاه برودار مشاهده شد. نتایج تجزیه‌وتحلیل چندمتغیره نشان داد که مهم‌ترین عوامل تفکیک خردزیستگاه‌ها تنوع و وفور درختان بود که بیشتر از ۸۳ درصد خردزیستگاه‌های مورد مطالعه را به‌درستی تفکیک کردند. درمجموع، براساس نتایج پژوهش پیش‌رو مشخص شد که خردزیستگاه‌ها و ویژگی‌های آنها، نقش کلیدی در استقرار و تنوع زیستی زادآوری و درنتیجه، ساختار آینده توده‌های جنگلی دارند، بنابراین توجه به آنها می‌تواند تأثیر به‌سزایی در موفقیت برنامه‌های احیایی جنگل‌های زاگرس داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: احیای جنگل، برودار، دالاهو، عمق لاش‌برگ.

مقدمه

زادآوری جنگل فرایندی پویا است که درنتیجه استقرار و رشد درختان جدید، به جمعیت درختان بالغ اضافه می‌شود و از دست رفتن درختان بالغ را در اثر مرگ‌ومیر تدریجی جبران می‌کند (Tahmasebi, 2015). زادآوری طبیعی، یک عامل تأثیرگذار بر آینده جنگل است که نقش مهمی در استقرار و پویایی این بوم‌سازگان دارد (Gould, 2005; Heidari *et al*., 2011). در مقیاس منطقه‌ای، پویایی زادآوری در زیستگاه‌های مختلف، بسیار متفاوت است که دلیل آن ظهور و زنده‌مانی نهال‌ها در زیستگاه‌ها است (Gómez-Aparicio *et al*., 2008). در سال‌های اخیر پژوهش‌های بسیاری با هدف بررسی اثر شرایط محیطی در

مقیاس خرد بر موفقیت استقرار زادآوری در جنگل‌های دنیا انجام شده‌اند که به مفهوم اثر خردزیستگاه اشاره کرده‌اند. برخی از این پژوهش‌ها نشان دادند که محیط زیر تاج درختان از گونه‌های مختلف می‌تواند با ایجاد خردزیستگاه‌های متنوع، تأثیر معنی‌داری بر استقرار و رویش زادآوری جنگل داشته باشد (Fan *et al*., 2014; Gholami *et al*., 2018). خردزیستگاه‌ها، یکی از عوامل حیاتی در توده‌های طبیعی محسوب می‌شوند که ویژگی‌های آن‌ها می‌تواند بر موفقیت استقرار زادآوری، تأثیر مهمی داشته باشد (Winter & Möller, 2008; Heydari *et al*., 2017b)، به‌طوری‌که الگوی استقرار نهال‌ها به‌طور عمده تحت تأثیر اختلاف‌های بین ویژگی‌های خردزیستگاه‌ها است (Gómez-Aparicio *et al*., 2005). نقش خردزیستگاه‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت بیشتری دارد. درواقع، خردزیستگاه‌ها در این مناطق، جایگاه‌های ویژه‌ای دارند که شرایط و منابع مناسبی را برای استقرار زادآوری ایجاد می‌کنند (De Boever *et al*., 2015).

پژوهش‌های پیشین نشان دادند که ترکیب گونه‌ای اشکوب بالا به‌طور مستقیم غنا و تنوع گونه‌ای زادآوری را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Ádám *et al*., 2013)، زیرا حضور یا ساختار درختان اشکوب بالا می‌تواند در ایجاد شرایط ریزاقلیم، نقش مهمی ایفا کنند (Kovács *et al*., 2017). در این راستا، نتایج پژوهش Tinya و همکاران (۲۰۱۹) در جنگل‌های آمیخته راش اروپا نشان داد که ترکیب و تنوع زادآوری به‌طور کامل به شرایط خردزیستگاهی ایجادشده توسط درختان اشکوب بالا و ویژگی آن‌ها وابسته است، به‌طوری‌که ترکیب گونه‌های درختی اشکوب بالا و حضور درختان با ابعاد بزرگ از مهم‌ترین عوامل در ترکیب جمعیتی زادآوری بودند. همچنین، در پژوهش Asbeck و همکاران (۲۰۱۹) اثرات بعضی از ویژگی‌های جنگل بر فراوانی و تنوع خردزیستگاه‌های درختی در جنگل‌های کوهستانی واقع در اروپای مرکزی بررسی شد. آن‌ها گزارش کردند که میانگین قطر برابر سینه، یک عامل مؤثر در تعیین خردزیستگاه‌های درختی و اثر آن‌ها بر تنوع زیستی است. Kardiman و همکاران (۲۰۱۹) نیز به‌منظور احیای جنگل‌های استوایی، خردزیستگاه‌های درختی گونه‌های ویژه‌ای را ارزیابی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که زنده‌مانی نهال‌های کاشته‌شده به‌طور کامل تحت تأثیر خردزیستگاه درختی است. همچنین، آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که شناخت شرایط خردزیستگاهی مربوط به نوع گونه درختی یا درختچه‌ای می‌تواند در موفقیت احیای این جنگل‌ها، نقش مهمی داشته باشد.

اگرچه تاکنون در ایران به‌اصطلاح «خردزیستگاه» اشاره چندانی نشده است، اما پژوهش‌هایی انجام شده که تأثیر شرایط محیطی در مقیاس‌های خرد بر استقرار زادآوری جنسی جنگل را هم در جنگل‌های هیرکانی (Dehdashtifar *et al*., 2014; Bayat *et al*., 2016; Fallahchai *et al*., 2016) و هم در جنگل‌های زاگرس بررسی کرده‌اند (Mirnaseri *et al*., 2016; Heydari *et al*., 2017a; Hosseini & Aazami, 2018). در جنگل‌های زاگرس برای اولین‌بار Gholami و همکاران (۲۰۱۸) به‌وضوح مفهوم خردزیستگاه را تشریح کردند و به‌بررسی نقش خردزیستگاه‌های درختی در پراکنش مکانی زادآوری جنسی پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که پراکنش مکانی زادآوری جنسی وابسته به نوع خردزیستگاه‌های درختی و شرایط ناشی از این خردزیستگاه‌ها است.

از آنجایی‌که زادآوری جنسی تضمین‌کننده استمرار حیات و پایداری جنگل‌ها است (Brashears *et al*., 2004) و از سویی، مجموعه فعالیت‌های انجام‌شده برای احیای جنگل‌های زاگرس تا به امروز در افزایش زادآوری طبیعی مؤثر نبوده است (Hosseini & Aazami, 2018)، بنابراین بررسی فرایندهای زیستی و غیرزیستی که زادآوری جنسی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، برای پایداری این جنگل‌ها بسیار ضروری است (Singh *et al*., 2016). در این میان، پرداختن به نقش خردزیستگاه‌ها در جنگل‌های زاگرس و چگونگی تأثیر آن‌ها بر ایجاد زادآوری جنسی، اهمیت ویژه‌ای دارد. به‌دلیل اهمیت و نقش خردزیستگاه‌ها در عملکرد سیمای بوم‌سازگان و تأثیر آن‌ها بر استقرار زادآوری، در پژوهش پیش‌رو سعی شد که

اثر خردزیستگاه‌های مختلف که تحت تأثیر گونه‌های درختی ایجاد می‌شوند، بر استقرار زادآوری جنسی گونه‌های درختی در بخشی از جنگل‌های زاگرس در استان کرمانشاه بررسی شود. به‌طور کلی، هدف از این پژوهش، پاسخ به پرسش‌های زیر بود:

۱) آیا خردزیستگاه‌های درختی درنظر گرفته‌شده ازنظر ویژگی‌های زیست‌سنجی با یکدیگر متفاوت هستند؟ ۲) آیا زادآوری جنسی گونه‌های درختی ازنظر تعداد و تنوع گونه‌ای، تحت تأثیر خردزیستگاه‌های درختی است؟ ۳) آیا خردزیستگاه‌های درختی درنظر گرفته‌شده را می‌توان برمبنای ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده تفکیک کرد؟ ۴) کدام‌یک از ویژگی‌ها در تفکیک خردزیستگاه‌ها مهم‌ترین نقش را دارند؟ ذکر این نکته نیز ضروری است که با شناخت بهتر خردزیستگاه‌های جنگل‌های زاگرس و تعیین ارتباط آن‌ها با زادآوری، برنامه‌ریزی‌های مربوط به احیای این جنگل‌ها می‌تواند بهتر انجام شود.

مواد و روش‌ها

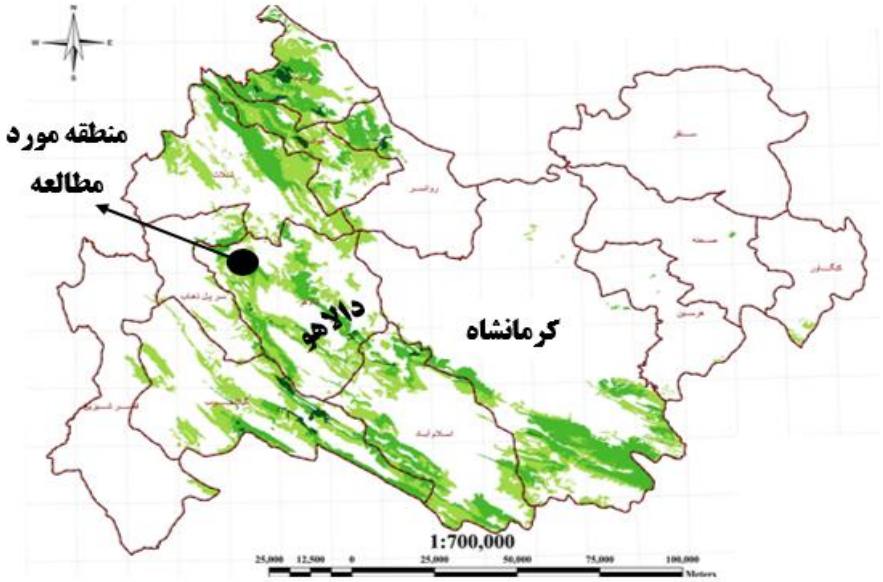
منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از جنگل‌های بابایادگار واقع در شهرستان دالاهو از توابع استان کرمانشاه بود (شکل ۱). مرکز منطقه مورد مطالعه در عرض جغرافیایی ″۵۰ ′۳۳ °۳۴ شمالی و طول جغرافیایی ″۴۰ ′۵۸ °۴۵ شرقی واقع شده است که در شمال غربی شهرستان دالاهو قرار دارد. این شهرستان از شمال به جوانرود و ثلاث باباجانی، از غرب به سرپل ذهاب، از جنوب غربی به گیلان‌غرب، از شرق و جنوب شرقی به اسلام‌آباد غرب و از شمال شرق به کرمانشاه محدود شده است. اقلیم این شهرستان براساس تقسیم‌بندی دومارتن، مدیترانه‌ای است. براساس آمار ۱۰ساله (۱۳۸۷ تا ۱۳۹۶) ایستگاه سینوپتیک شهرستان دالاهو، میانگین بارش و دمای سالانه به‌ترتیب ۵۷۵ میلی‌متر و ۱۵ درجه سانتیگراد است. دوره خشکی منطقه مورد مطالعه براساس منحنی آمبروترمیک، حدود پنج ماه طول می‌کشد. سنگ مادر این منطقه از نوع آهکی و تیپ غالب جنگل، برودار- مازودار است که به‌همراه آن زالزالک (*Crataegus pontica* C. Koch.) نیز مشاهده می‌شود. فرم پرورشی، شاخه و دانه‌زاد است، به‌طوری‌که درختان برودار (*Quercus brantii* Lindl.) اغلب به فرم شاخه‌زاد مشاهده می‌شوند، اما درختان مازودار (*Q. infectoria* Oliv.) و زالزالک بیشتر به فرم دانه‌زاد هستند. اگرچه این منطقه قرق نیست و تحت چرای دام قرار دارد، اما زادآوری جنسی مناسبی در آن مشاهده می‌شود.

روش پژوهش

در این پژوهش، نمونه‌برداری به‌روش خط‌نمونه با نقطه شروع تصادفی انجام شد. هفت خط‌نمونه موازی با فاصله ۲۰ متر از یکدیگر در منطقه مورد مطالعه پیاده شد. در امتداد هر خط‌نمونه، خردزیستگاه‌های درختی بررسی شدند. این خردزیستگاه‌ها به‌تفکیک نوع گونه درختی در هر قطعه‌نمونه شامل پنج خردزیستگاه برودار، مازودار، زالزالک آمیخته و فضای باز بین درختان بودند. همچنین، زادآوری جنسی در این خردزیستگاه‌ها ارزیابی شدند. در امتداد هر خط‌نمونه، باتوجه‌به وجود خردزیستگاه‌ها، یک خط عمود بر خط‌نمونه به‌نحوی پیاده شد که چهار قطعه‌نمونه با ابعاد ۵ × ۵ متر مربع (در چهار ربع مابین خط‌نمونه و خط عمود بر آن) به‌عنوان قطعه‌نمونه‌های معرف هر خردزیستگاه درنظر گرفته شد (Gholami et al., 2018). هریک از قطعه‌نمونه‌های ۲۵ مترمربعی باتوجه‌به حضور نوع گونه یا گونه‌های درختی، معرف یک نوع خردزیستگاه درختی بود (Gholami et al., 2018). طول خط‌نمونه‌ها بسته به تعداد خردزیستگاه‌های مورد بررسی ۶۰۰ تا ۸۰۰ متر بود. به‌طور میانگین، ۵۳ خردزیستگاه در هر خط‌نمونه درنظر گرفته شد. درمجموع، ۳۷۲ قطعه‌نمونه شامل ۸۹ خردزیستگاه برودار، ۷۷ خردزیستگاه مازودار، ۴۹ خردزیستگاه زالزالک، ۷۶ خردزیستگاه آمیخته (ترکیب دو یا سه نوع از گونه‌های درختی در هر قطعه‌نمونه) و ۸۱ خردزیستگاه فضای باز

(عاری از گونه درختی) برداشت شد. در هر قطعه‌نمونه، ویژگی‌های زیست‌سنجی درختان شامل ارتفاع، قطر برابر سینه، تعداد جست در هر جست‌گروه، قطر برابر سینه قطورترین جست در درختان شاخه‌زاد و درصد تاج‌پوشش اندازه‌گیری شد. علاوه‌براین، زادآوری جنسی (پایه‌هایی با ارتفاع کمتر از ۱۳۰ سانتی‌متر) در هر قطعه‌نمونه به‌تفکیک گونه و با اندازه‌گیری قطر یقه و ارتفاع آن‌ها ثبت شد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در شهرستان دالاهو و استان کرمانشاه

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

پس از دسته‌بندی داده‌های جمع‌آوری‌شده، نخست شاخص‌های تنوع زیستی شامل یکنواختی شلدون، غنای منهنیک و تنوع شانون- وینر برای زادآوری جنسی و نیز برای درختان خردزیستگاه‌ها محاسبه شد. سپس با استفاده از آزمون‌های کولموگروف- سمیرنوف و لیون به‌ترتیب نرمال بودن و همگنی واریانس‌های هریک از ویژگی‌ها بررسی شد. پس از بررسی داده‌ها، فرض نرمال بودن آن‌ها مورد پذیرش واقع نشد، بنابراین روش‌های ناپارامتری به‌کار گرفته شدند. برای مقایسه میانگین متغیرها از آزمون کروسکال- والیس استفاده شد. در صورت معنی‌دار بودن اختلاف آن‌ها، برای مشخص شدن وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها به‌صورت دوبه‌دو از آزمون من‌ویتنی- یو استفاده شد.

به‌منظور بررسی درستی گروه‌بندی خردزیستگاه‌های مورد نظر از تجزیه‌وتحلیل چندمتغیره تابع تشخیصی استفاده شد. این تجزیه‌وتحلیل قادر است که با بررسی تفاوت دو یا چند گروه، مهم‌ترین عوامل و سهم هریک را در جداسازی بین گروه‌ها تعیین کند (Rencher, 2002). آماره استانداردی که برای مشخص کردن معنی‌دار بودن قدرت تفکیک‌کنندگی مدل تابع تشخیص استفاده می‌شود، ویلکس لامبدا است که مقدار آن در محدوده صفر تا یک قرار دارد. هرچه مقدار این شاخص کمتر باشد، نشان‌دهنده قدرت تفکیک‌کنندگی بیشتر تابع به‌دست‌آمده است. دو مشخصه در تحلیل تابع تشخیص مهم هستند. یکی ضریب همبستگی کانونی است که توانایی تابع را در تمایز بین گروه‌ها نشان می‌دهد و مشخصه دوم مقدار ویژه است که نشان‌دهنده نسبت واریانس اندازه‌گیری‌شده از کل واریانس است. مقدار ویژه یک تابع بیان می‌کند که چه اندازه از کل واریانس توسط تابع به‌دست‌آمده قابل تفسیر است (Rencher, 2002). هرچه مقدار این دو شاخص بیشتر باشد، درصد صحت طبقه‌بندی بیشتر است. برای محاسبه تنوع درختی خردزیستگاه‌ها و تنوع زادآوری از

نرم‌افزار PAST 3.14 استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 21 انجام شد.

نتایج

خلاصه نتایج مربوط به فرم رویشی درختان در خردزیستگاه‌ها

نتایج بیانگر تفاوت در فرم رویشی درختان در خردزیستگاه‌های مورد بررسی بود، به‌طوری‌که در خردزیستگاه‌های بروادر و مازودار به‌ترتیب سه و ۲۲ درصد درختان فرم رویشی دانه‌زاد داشتند، درحالی‌که ۹۴ درصد درختان در خردزیستگاه زالزالک را فرم رویشی دانه‌زاد تشکیل می‌داد. همچنین، ۱۰۰ درصد درختان در خردزیستگاه آمیخته، فرم رویشی شاخه‌زاد داشتند (جدول ۱).

جدول ۱- فرم پرورشی درختان در خردزیستگاه‌ها (درصد)

خردزیستگاه	دانه‌زاد	شاخه‌زاد
بروادر	۳	۹۷
مازودار	۲۲	۷۸
زالزالک	۹۴	۶
آمیخته	۰	۱۰۰

مقایسه میانگین ویژگی‌های درختی و تنوع آن‌ها در خردزیستگاه‌ها

باتوجه‌به یافته‌ها، فرض برابری میانگین‌ها در هریک از ویژگی‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد پذیرفته نشد که بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار میان همه ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده در خردزیستگاه‌های مختلف بود (جدول ۲). مقایسه میانگین ارتفاع درختی در خردزیستگاه‌ها نشان داد که خردزیستگاه مازودار به‌طور معنی‌داری نسبت به خردزیستگاه‌های دیگر، ارتفاع بیشتری داشت. کمترین ارتفاع مربوط به خردزیستگاه زالزالک بود (شکل ۲- الف). نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ارتفاع درختان در خردزیستگاه‌های بروادر و زالزالک وجود نداشت. بیشترین قطر برابر سینه در خردزیستگاه مازودار اندازه‌گیری شد. همچنین اختلاف معنی‌داری بین میانگین قطر برابر سینه در خردزیستگاه‌های بروادر، زالزالک و آمیخته مشاهده نشد (شکل ۲- ب).

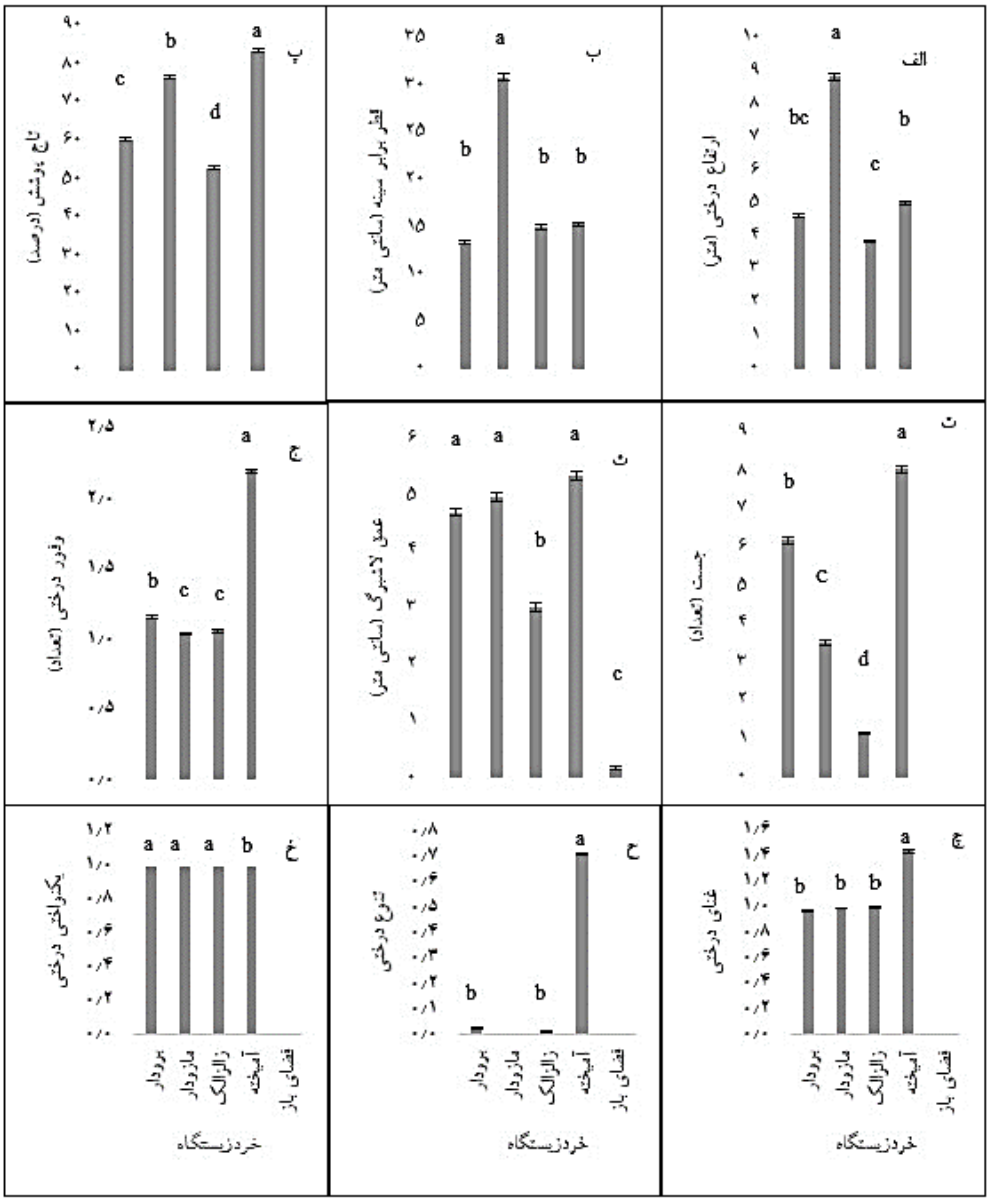
جدول ۲- نتیجه آزمون کروسکال- والیس برای متغیرهای مورد بررسی

منبع تغییرات	درجه آزادی	آماره مربع کای
ارتفاع درخت (متر)	۳	۸۳/۰۸**
قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	۳	۸۶/۷۱**
تاج‌پوشش (درصد)	۳	۴۷/۲۱**
جست (تعداد)	۳	۱۴۹/۷۶**
عمق لاش‌برگ (سانتی‌متر)	۴	۱۹۸/۸۹**
وفور درختی (تعداد)	۳	۲۱۴/۷۵**
غنای درختی	۳	۲۲۵/۵۲**
تنوع درختی	۳	۲۵۸/۸۳**
یکنواختی درختی	۳	۲۶/۱۸**
ارتفاع زادآوری (سانتی‌متر)	۴	۱۱/۹۰*
قطر یقه (سانتی‌متر)	۴	۱۳/۳۷**
وفور زادآوری (تعداد)	۴	۱۳/۵۲**
غنای زادآوری	۴	۱۱/۱*
تنوع زادآوری	۴	۹/۰۴**
یکنواختی زادآوری	۴	۱۵/۳۳**

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ * معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

بیشترین درصد تاج‌پوشش و تعداد جست متعلق به خردزیستگاه آمیخته و کمترین آن متعلق به خردزیستگاه زالزالک بود (شکل‌های ۲- پ و ۲- ت). اگرچه اختلاف معنی‌داری ازنظر عمق لاش‌برگ در خردزیستگاه‌های بروادر، مازودار و آمیخته مشاهده نشد، اما مقدار آن در این سه خردزیستگاه به‌طور معنی‌داری بیشتر از خردزیستگاه زالزالک بود. همچنین، کمترین عمق لاش‌برگ در خردزیستگاه فضای باز اندازه‌گیری شد (شکل ۲- ث).

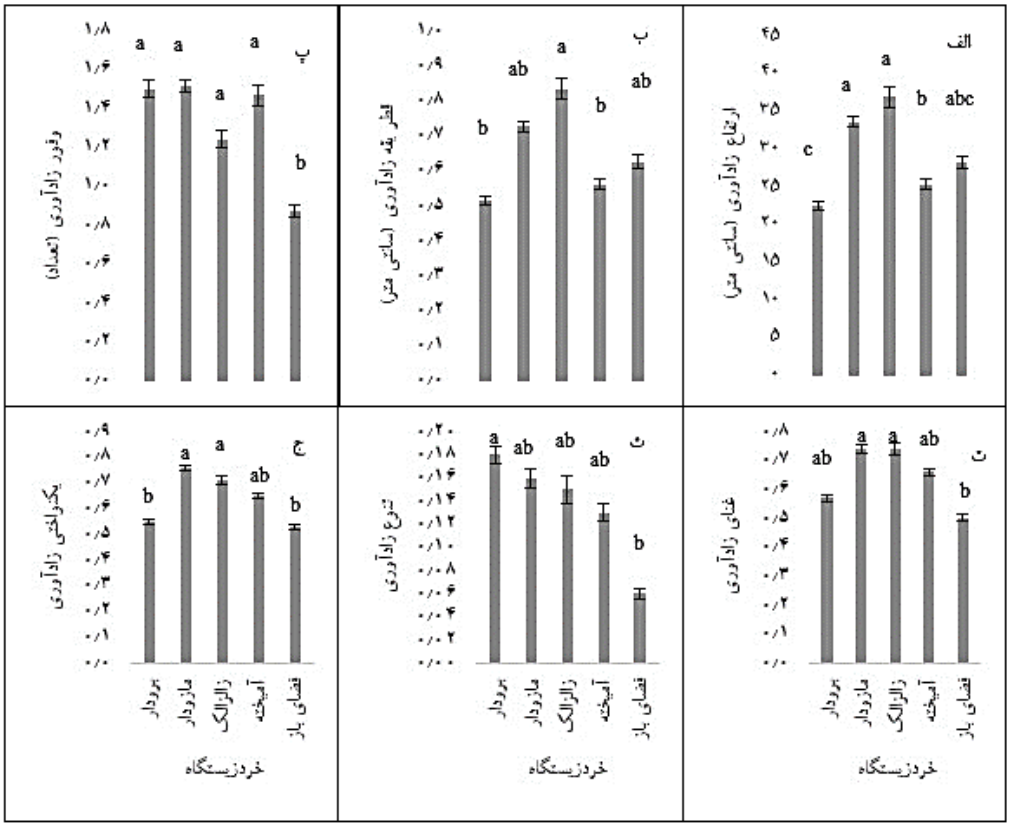
خردزیستگاه آمیخته به‌طور معنی‌داری نسبت به خردزیستگاه‌های دیگر، وفور درختی بیشتری داشت. از این نظر، اختلاف معنی‌داری بین خردزیستگاه‌های مازودار و زالزالک مشاهده نشد (شکل ۲- ج). خردزیستگاه آمیخته به‌طور معنی‌داری نسبت به خردزیستگاه‌های دیگر، غنای درختی بیشتری داشت، درحالی‌که از این نظر، اختلاف معنی‌داری میان خردزیستگاه‌های برودار، مازودار و زالزالک مشاهده نشد (شکل ۲- چ). تنوع درختی در خردزیستگاه آمیخته به‌طور معنی‌داری بیشتر از خردزیستگاه‌های دیگر بود. البته بین خردزیستگاه‌های برودار و زالزالک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲- ح). خردزیستگاه‌های برودار، مازودار و زالزالک ازنظر یکنواختی درختی با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند، درحالی‌که اختلاف آن‌ها با خردزیستگاه آمیخته معنی‌دار بود (شکل ۲- خ).



شکل ۲- مقایسه میانگین ویژگی‌های درختی و تنوع آن‌ها در خردزیستگاه‌ها (بارها، نشان‌دهنده اشتباه معیار هستند). حروف متفاوت در هر نمودار نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.

مقایسه میانگین ویژگی‌های زادآوری و تنوع آن‌ها در خردزیستگاه‌ها

مقایسه میانگین ارتفاع زادآوری در خردزیستگاه‌ها نشان داد که از این نظر، خردزیستگاه‌های مازودار و زالزالک بیشترین مقدار را داشتند که البته اختلاف معنی‌داری با خردزیستگاه فضای باز نداشتند. همچنین، خردزیستگاه برودار، کمترین ارتفاع را داشت (شکل ۳- الف). ویژگی قطر یقه زادآوری در خردزیستگاه زالزالک به‌طور معنی‌داری بیشتر از خردزیستگاه‌های آمیخته و برودار بود، اما بین خردزیستگاه‌های زالزالک، مازودار و آمیخته از نظر این ویژگی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. از سویی، بین خردزیستگاه‌های برودار، مازودار، آمیخته و فضای باز نیز ازنظر قطر یقه زادآوری، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین قطر یقه مربوط به خردزیستگاه‌های برودار و آمیخته بود (شکل ۳- ب). وفور زادآوری در خردزیستگاه‌های برودار، مازودار و آمیخته، بیشترین مقدار بود. البته از این نظر، اختلاف معنی‌داری با خردزیستگاه زالزالک مشاهده نشد، درحالی‌که کمترین وفور زادآوری مربوط به خردزیستگاه فضای باز بود (شکل ۳- پ). بیشترین غنای زادآوری مربوط به خردزیستگاه‌های مازودار و زالزالک بود که البته اختلاف معنی‌داری بین خردزیستگاه‌های برودار، مازودار، زالزالک و آمیخته مشاهده نشد، درحالی‌که کمترین ارزش غنای زادآوری مربوط به خردزیستگاه فضای باز بود که از این نظر، اختلاف معنی‌داری بین خردزیستگاه‌های برودار، آمیخته و فضای باز مشاهده نشد (شکل ۳- ت). بیشترین تنوع زادآوری مربوط به خردزیستگاه برودار بود.

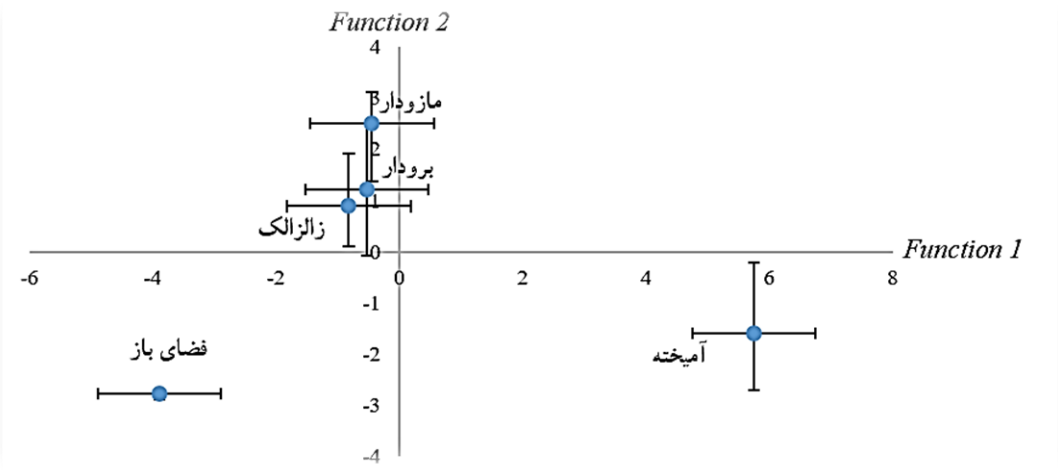


شکل ۳- مقایسه میانگین ویژگی‌های زادآوری و تنوع آن‌ها در خردزیستگاه‌ها (بارها، نشان‌دهنده اشتباه معیار هستند). حروف متفاوت در هر نمودار نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

از این نظر، اختلاف معنی‌داری بین خردزیستگاه‌های برودار، مازودار، زالزالک و آمیخته مشاهده نشد، درحالی‌که کمترین ارزش تنوع زادآوری مربوط به خردزیستگاه فضای باز بود که در اینجا نیز اختلاف معنی‌داری بین خردزیستگاه‌های مازودار، زالزالک، آمیخته و فضای باز مشاهده نشد (شکل ۳- ث). بیشترین یکنواختی زادآوری مربوط به خردزیستگاه‌های مازودار و زالزالک بود. البته از این نظر، اختلاف معنی‌داری بین این خردزیستگاه‌ها با خردزیستگاه آمیخته مشاهده نشد، درحالی‌که کمترین یکنواختی زادآوری مربوط به خردزیستگاه‌های برودار و فضای باز بود، اما از این نظر، اختلاف معنی‌داری بین خردزیستگاه‌های مذکور با خردزیستگاه فضای باز مشاهده نشد (شکل ۳- ج).

تجزیه‌وتحلیل چندمتغیره تابع تشخیصی

نتایج تجزیه‌وتحلیل تابع تشخیصی نشان داد که مهم‌ترین ویژگی‌ها در جداسازی خردزیستگاه‌های مورد مطالعه، ارتفاع درخت، قطر برابر سینه، تعداد جست، درصد تاج‌پوشش، عمق لاش‌برگ، وفور و تنوع درختی بودند که از میان آن‌ها، تنوع و وفور درختی در خردزیستگاه، بیشترین ضریب تابع تشخیص کانونی استانداردشده را داشتند (جدول ۳). درمقابل، وفور، یکنواختی، تنوع و غنای زادآوری، تأثیری در جداسازی نداشتند. در این پژوهش، مقدار ویلکس لامبدا ۰/۰۱ به‌دست آمد که بیانگر قدرت تفکیک‌کنندگی مناسب تابع بود. همچنین، ۰/۹۵۵ همبستگی کانونی و مقدار ویژه ۱۰/۳۸۵ در تابع اول، درصد زیاد موفقیت در گروه‌بندی در پژوهش پیش‌رو را نشان می‌دهند (جدول ۳). طبق تفکیک خردزیستگاه‌ها براساس تجزیه‌وتحلیل تابع تشخیصی، خردزیستگاه‌های آمیخته و فضای باز به‌خوبی تفکیک شدند. همچنین، خردزیستگاه مازودار با خردزیستگاه‌های برودار و زالزالک فاصله داشت، اما خردزیستگاه‌های برودار و زالزالک به‌هم نزدیک‌تر بودند (شکل ۴). از آنجایی‌که در تجزیه‌وتحلیل تابع تشخیصی، صحت دسته‌بندی اولیه خردزیستگاه‌ها (بر پایه حضور نوع گونه یا گونه‌ها) و دسته‌بندی آن‌ها بر پایه ویژگی‌های مورد بررسی خردزیستگاه‌ها مقایسه می‌شوند، نتیجه نهایی تجزیه‌وتحلیل تابع تشخیصی نشان داد که بیشتر از ۸۳ درصد خردزیستگاه‌های درنظر گرفته‌شده در عرصه به‌درستی تفکیک شدند. در این بین، صحت جداسازی خردزیستگاه‌های فضای باز، آمیخته، زالزالک، مازودار و برودار به‌ترتیب ۱۰۰، ۹۸/۷، ۹۵/۹، ۷۰/۱ و ۵۹/۶ درصد بود (جدول ۴).



شکل ۴- پراکنش خردزیستگاه‌ها در راستای تابع یک و دو (نقاط نشان‌دهنده میانگین ارزش کانونی محاسبه‌شده توسط تابع و بارها نشان‌دهنده انحراف از معیار هستند.)

جدول ۳- ضریب‌های تابع تشخیص کانونی استانداردشده

	تابع			
آماره	۱	۲	۳	۴
ارزش ویژه (Eigen value)	۱۰/۳۸۵	۴/۰۰۱	۰/۴۶۴	۰/۲۱۶
درصد واریانس توجیه‌شده	۶۸/۹	۶/۲۶	۱/۳	۴/۱
همبستگی کانونی	۰/۹۵۵	۰/۸۹۴	۰/۵۶۳	۰/۴۲۲
ویژگی‌ها				
ارتفاع درخت (متر)	۰/۰۹۵	۰/۱۴۱	۰/۲۷۶	۰/۴۹۵
قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	۰/۰۲	۰/۲۷	۰/۶۶۴	-۰/۱۲۳
جست (تعداد)	-۰/۱۱۲	-۰/۰۳۷	-۰/۲۲۶	۱/۰۰۶
تاج‌پوشش (درصد)	۰/۱۵۹	۰/۳۷۷	-۰/۲۳۱	-۰/۱۷
عمق لاش‌برگ (سانتی‌متر)	۰/۱۵۳	۰/۲۷۶	۰/۰۵۱	-۰/۰۸
وفور درختی (تعداد)	۰/۵۷۵	۰/۴۰۶	-۰/۴۲۹	-۰/۴۱۴
تنوع درختی	۰/۵۹۲	-۰/۷۴۵	۰/۴۳۳	۰/۱۱۱

جدول ۴- صحت دسته‌بندی خردزیستگاه‌های مشخص‌شده در عرصه براساس تجزیه‌وتحلیل تابع تشخیصی

خردزیستگاه	برودار	مازودار	زالزالک	آمیخته	فضای باز	مجموع
برودار	۵۹/۶	۱۲/۴	۲۴/۷	۳/۴	۰	۱۰۰
مازودار	۱۵/۶	۷۰/۱	۱۴/۳	۰	۰	۱۰۰
زالزالک	۰	۲	۹۵/۹	۲	۰	۱۰۰
آمیخته	۰	۰	۱/۳	۹۸/۷	۰	۱۰۰
فضای باز	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰

بحث

از آنجایی‌که زادآوری جنسی در جنگل‌های زاگرس به مرحله بحرانی رسیده است، با شناخت خردزیستگاه‌ها و اثر آن‌ها بر این نوع زادآوری می‌توان راهکارهای عملی مناسبی را برای احیای زادآوری جنسی در این جنگل‌ها ارائه داد. براساس یافته‌های پژوهش پیش‌رو، بیشتر بودن ارتفاع و قطر برابر سینه درختان در خردزیستگاه مازودار به‌دلیل دانه‌زاد بودن فرم رویشی آن‌ها است. به‌طور معمول پایه‌های دانه‌زاد ارتفاع و قطر بیشتری نسبت به فرم رویشی شاخه‌زاد دارند که دلیل آن، تمرکز پتانسیل رویشی بر روی یک پایه است. همچنین، درختان در خردزیستگاه برودار فرم رویشی شاخه‌زاد داشتند. این موضوع که به‌دلیل تقسیم شدن پتانسیل رویشی بین جست‌ها است (Pourhashemi *et al*., 2015)، می‌تواند منجر به قطر برابر سینه و ارتفاع کمتر درختان برودار در این خردزیستگاه شود.

ارتفاع درخت و قطر برابر سینه ازجمله عوامل اثرگذار بر خردزیستگاه‌ها هستند. به‌نظر می‌رسد که درختانی با ارتفاع و قطر برابر سینه بیشتر، جزء درختانی هستند که

ازنظر سنی در وضعیتی قرار دارند که به‌طور کامل زادآوری و حتی نهال‌های نوظهور را حمایت می‌کنند. از آنجایی‌که بیشترین حمایت از بستر رویش و زادآوری توسط پوشش تاجی توده اعمال می‌شود، تک‌درختان قطور و مسن که اغلب تاجی گسترده‌تر دارند، از نهال‌های روییده زیر تاج درخت، بهتر حمایت می‌کنند. در این راستا، نتایج پژوهش Ouin و همکاران (۲۰۱۵) در جنگل‌های مناطق معتدله نشان می‌دهد که ارتفاع درختان، نقش مهمی در ایجاد و تفکیک خردزیستگاه‌ها دارد. همچنین، یافته‌های پژوهش Großmann و همکاران (۲۰۱۸) در خردزیستگاه‌های جنگل‌های جلگه‌ای و کوهستانی آلمان نشان می‌دهد که قطر برابر سینه یکی از عوامل مؤثر در تعیین خردزیستگاه‌ها است. Paillet و همکاران (۲۰۱۷) در جنگل‌های آمیخته کوهستانی و Johann و Schaich (۲۰۱۶) در جنگل‌های معتدل خزان‌کننده نیز نقش مثبت قطر برابر سینه بر تفکیک خردزیستگاه‌ها را گزارش کردند.

کمتر بودن عمق لاش‌برگ در خردزیستگاه زالزالک نسبت به خردزیستگاه‌های درختی دیگر می‌تواند به‌دلیل سرعت زیاد تجزیه لاش‌برگ زالزالک نسبت به برودار و مازودار باشد. تجزیه لاش‌برگ بلوط، گاهی دو تا سه سال طول می‌کشد (Marvie-Mohadjer, 2013). خاک غنی‌تر این خردزیستگاه می‌تواند باعث افزایش ارتفاع و قطر یقه زادآوری‌ها در این خردزیستگاه شده باشد. شایان ذکر است که مقدار تولید لاش‌برگ به تاج‌پوشش گونه نیز وابسته است. نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که تاج‌پوشش گونه زالزالک به‌طور معنی‌داری کمتر از خردزیستگاه‌های دیگر بود که می‌تواند دلیل دیگری بر کمبود لاش‌برگ در این خردزیستگاه باشد.

زیادتر بودن درصد تاج‌پوشش و تعداد جست در خردزیستگاه آمیخته به‌علت ترکیب دو یا سه نوع از سه خردزیستگاه برودار، مازودار و زالزالک و به‌دنبال آن، افزایش وفور درختان در خردزیستگاه آمیخته بود. زیاد بودن وفور زادآوری در خردزیستگاه‌های برودار، مازودار، زالزالک و آمیخته نسبت به فضای باز به‌علت وجود تاج درختان در نقش پرستار برای زادآوری و عمق بیشتر لاش‌برگ است، درحالی‌که عدم وجود گونه درختی مستقر می‌تواند به‌عنوان بارزترین عامل در کمتر بودن وفور زادآوری در خردزیستگاه فضای باز باشد. زیرا این خردزیستگاه نمی‌تواند شرایط مساعد بوم‌شناختی را برای زادآوری، زنده‌مانی آن‌ها و نیز نقش پرستار فراهم کند (Hoseini, 2010; Hosseini & Aazami, 2018). در این پژوهش در خردزیستگاه زالزالک، میانگین قطر و ارتفاع زادآوری نسبت به رویشگاه‌های دیگر بیشتر بود. با این‌حال، در این خردزیستگاه، اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص‌های تنوع زیستی زادآوری با خردزیستگاه‌های برودار، مازودار و آمیخته مشاهده نشد (به‌جز شاخص یکنواختی زادآوری برای برودار)، در حالی‌که نتایج پژوهش Gholami و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که خردزیستگاه زالزالک نسبت به خردزیستگاه‌های برودار، مازودار، آمیخته و فضای باز، بیشترین تنوع زادآوری جنسی را داشت، اما ازنظر غنای گونه‌ای، اختلاف معنی‌داری بین خردزیستگاه‌های مذکور (به‌جز فضای باز) مشاهده نشد. این پژوهشگران تأکید کردند که زالزالک می‌تواند شرایط خردزیستگاهی مناسبی برای زادآوری گونه‌های دیگر به‌وجود آورد. در پژوهش پیش‌رو، از میان عامل‌های مطالعه‌شده، تنوع درختی، وفور درختی، درصد تاج‌پوشش، عمق لاش‌برگ، تعداد جست، ارتفاع درخت و قطر برابر سینه، مهم‌ترین عوامل در تفکیک خردزیستگاه‌ها بودند. مقایسه نتایج به‌دست‌آمده با پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که ترکیب گونه‌های درختی اشکوب بالا و ساختار آن‌ها با ایجاد شرایط ریزاقلیمی ویژه، تأثیر مستقیمی بر غنا و تنوع زادآوری جنگل دارد (Ádám *et al*., 2013; Kovács *et al*., 2017). نتایج پژوهش Tinya و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که در جنگل‌های آمیخته راش اروپا، ترکیب گونه‌های درختی اشکوب بالا و حضور درختان با ابعاد بزرگ از مهم‌ترین عوامل در ترکیب جمعیتی زادآوری بودند. آن‌ها ذکر کردند که تنوع زادآوری به‌طور کامل وابسته به شرایط خردزیستگاهی ایجادشده توسط درختان و ویژگی‌های درختان اشکوب بالا است. Asbeck و همکاران (۲۰۱۹) نیز فراوانی و تنوع

خردزیستگاه‌های درختی در ارتباط با بعضی از ویژگی‌های جنگل را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که میانگین قطر برابر سینه یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تعیین خردزیستگاه‌های درختی و اثر آن‌ها بر تنوع زیستی است.

تفکیک خردزیستگاه‌های فضای باز و آمیخته به‌دلیل تمایز ویژه‌ای که هریک با خردزیستگاه‌های دیگر داشتند، به‌آسانی قابل توجیه است. خردزیستگاه فضای باز به‌دلیل عدم وجود گونه درختی و خردزیستگاه آمیخته به‌علت وجود بیشتر از یک گونه درختی از سه خردزیستگاه برودار، مازودار و زالزالک به‌خوبی قابل تفکیک بودند. خردزیستگاه مازودار نیز به‌دلیل دانه‌زاد بودن پایه‌ها و بیشتر بودن میانگین ارتفاع و قطر برابر سینه درختان تاحدودی از دو خردزیستگاه برودار و زالزالک تفکیک شد. شباهت زیاد ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده در خردزیستگاه‌های زالزالک و برودار نیز باعث شد که این دو خردزیستگاه در تجزیه‌وتحلیل چندمتغیره تشخیصی، کمترین جداسازی را از هم داشته باشند (شکل ۴).

با جمع‌بندی یافته‌های پژوهش پیش‌رو می‌توان نتیجه‌گیری کرد که خردزیستگاه‌ها و ویژگی‌های آن‌ها، نقش کلیدی در استقرار زادآوری و به‌دنبال آن، تنوع گونه‌ای و ساختار آینده توده‌های جنگلی دارند، بنابراین شناسایی این خردزیستگاه‌ها می‌تواند راهکارهای مناسب و امیدبخشی را در راستای برنامه‌های احیایی در جنگل‌های تخریب‌شده زاگرس ارائه کند. نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که زادآوری در خردزیستگاه‌های فضای باز مابین درختان، وضعیت بحرانی‌تری داشت. برای موفقیت در برنامه‌های احیایی و افزایش تنوع گونه‌ای لازم است که از حمایت خردزیستگاه‌های درختی بهره گرفت. البته لازم به ذکر است که در تعیین ابعاد خردزیستگاه‌ها باید دقت بیشتری به‌کار گرفته شود، به‌طوری‌که ابعاد باتوجه‌به ویژگی‌های هر منطقه و ساختار درختان توده تعیین شوند. در پژوهش پیش‌رو با پیروی از پژوهش Gholami و همکاران (۲۰۱۸) ابعاد خردزیستگاه‌ها ۵ × ۵ متر مربع درنظر گرفته شد. برای پژوهش‌های آینده پیشنهاد می‌شود که ابعاد خردزیستگاه‌های درختی ثابت درنظر گرفته نشوند و باتوجه‌به ابعاد و ساختار درختان از مساحت‌های مختلفی برای بیان اندازه خردزیستگاه‌ها استفاده شود.

منابع مورد استفاده

- Ádám, R., Ódor, P. and Bölöni, J., 2013. The effects of stand characteristics on the understory vegetation in *Quercus petraea* and *Q. cerris* dominated forests. Community Ecology, 14(1): 101-109.
- Asbeck, T., Pyttel, P., Frey, J. and Bauhus, J., 2019. Predicting abundance and diversity of tree-related microhabitats in Central European montane forests from common forest attributes. Forest Ecology and Management, 432: 400-408.
- Bayat, M., Namiranian, M. and Pourshakouri Allahdeh, F., 2017. Presentation of ingrowth models and determination of biotic and abiotic factors affecting regeneration in the Hyrcanian forests. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 24(2): 1-16 (In Persian).
- Brashears, M.B., Fajvan, M.A. and Schuler, T.M., 2004. An assessment of canopy stratification and tree species diversity following clearcutting in central Appalachian hardwoods. Forest Science, 50(1): 54-64.
- De Boever, M., Gabriels, D., Ouessar, M. and Cornelis, W., 2015. Influence of scattered Acacia trees on soil nutrient levels in arid Tunisia. Journal of Arid Environments, 122: 161-168.
- Dehdashtifar, M., Jalali, S.Gh.A., Esmailzadeh, O. and Kahyani, S., 2014. Influence of canopy gaps size and dead trees on natural regeneration in the Experimental Forest Station of Tarbiat Modares University. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 21(2): 149-168 (In Persian).
- Fallahchai, M.M., Salehi, A. and Mardalizad, Gh., 2016. Natural regeneration of (*Populus caspica* Bornm.) and its relationship with soil physical and chemical properties (Case study: Safrabaste region in east of Gilan province). Journal of Plant Researches (Iranian Journal of Biology), 29(1): 118-129 (In Persian).
- Fan, W., Gua, H., Wang, X. and Duan, R., 2014. The effects of microhabitat, plant litter and seed burial on the regeneration of *Quercus wutaishanica* and *Pinus tabulaeformis*. Scandinavian Journal of Forest Research, 29(2): 183-192.
- Gholami, Sh., Saadat, L. and Sayad, E., 2018. Different microhabitats have contrasting effects on the spatial distribution of tree regeneration density and diversity. Journal of Arid Environments, 148: 1-5.

- Gómez-Aparicio, L., Gómez, J.M. and Zamora, R., 2005. Microhabitats shift rank in suitability for seedling establishment depending on habitat type and climate. Journal of Ecology, 93(6): 1194-1202.
- Gómez-Aparicio, L., Pérez-Ramos, I.M., Mendoza, I., Matías, L., Quero, J.L., Castro, J., Zamora, R. and Marañón, T., 2008. Oak seedling survival and growth along resource gradients in Mediterranean forests: implications for regeneration in current and future environmental scenarios. Oikos, 117(11): 1683-1699.
- Großmann, J., Schultze, J., Bauhus, J. and Pyttel, P., 2018. Predictors of microhabitat frequency and diversity in mixed mountain forests in south-western Germany. Forests, 9(3): 104.
- 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 (In Persian).
- Heydari, M., Abdi, T., Mirab-balou, M., Mirzaei, J. and Zabiolahi, S., 2017a. 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). Journal of Forest and Wood Products, 70(2): 281-291 (In Persian).- Heydari, M., Prévosto, B., Naji, H.R., Mehrabi, A.A. and Pothier, D., 2017b. Influence of soil properties and burial depth on Persian oak (*Quercus brantii* Lindl.) establishment in different microhabitats resulting from traditional forest practices. European Journal of Forest Research, 136(2): 287-305.
- Hoseini, A., 2010. Effect of canopy density on natural regeneration in Manesht oak forests of Ilam. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 18(2): 219-229 (In Persian).
- Hosseini, A. and Aazami, A., 2018. Determining the natural establishment pattern of *Quercus persica* generative regeneration in different site conditions to restore Zagros forests. Geography and Sustainability of Environment, 7(25): 53- 63 (In Persian).- Johann, F. and Schaich, H., 2016. Land ownership affects diversity and abundance of tree microhabitats in deciduous temperate forests. Forest Ecology and Management, 380: 70-81.
- Kardiman, R., Afriandi, R., Schmidt, L.H, Ræbild, A. and Swinfield, T., 2019. Restoration of tropical rain forest success improved by selecting species for specific microhabitats. Forest Ecology and Management, 434: 235-243.
- Kovács, B., Tinya, F. and Ódor, P., 2017. Stand structural drivers of microclimate in mature temperate mixed forests. Agricultural and Forest Meteorology, 234: 11-21.
- Kralicek, K., Sánchez Meador, A.J., Rathbun, L.C., 2018. Development and assessment of regeneration imputation models for National Forests of Oregon and Washington. Forest Ecology and Management, 409: 667-682.
- Marvie-Mohadjer, M.R., 2013. Silviculture. University of Tehran Press, Tehran, 418p (In Persian).
- Mirnaseri, F., Rostami, A. and Naderi, M., 2016. The survey of the relationship between regeneration establishment of Persian oak with physiographic factors and the soil properties in Zagros forests (Case study: Rewno Mount of Ilam). Forest Strategical Approchment Journal, 1(3): 15-32 (In Persian).
- Ouin, A., Cabanettes, A., Andrieu, E., Deconchat, M., Roume, A., Vigan, M. and Larrieu, L., 2015. Comparison of tree microhabitat abundance and diversity in the edges and interior of small temperate woodlands. Forest Ecology and Management, 340: 31-39.
- Paillet, Y., Archaux, F., Boulanger, V., Debaive, N., Fuhr, M., Gilg, O., Gosselin, F. and Guilbert, E., 2017. Snags and large drive higher tree microhabitat densities in strict forest reserves. Forest Ecology and Management, 389: 176-186.
- Pourhashemi, M., Mansouri, F., Parhizkar, P., Panahi, P. and Hassani, M., 2015. Spatial pattern of sprout-clumps of Brant`s oak (*Quercus brantii* Lindl.), in utilized forest stands of Marivan. Journal of Plant Researches (Iranian Journal of Biology), 27(4): 534-543 (In Persian).
- Rencher, A.C., 2002. Methods of Multivariate Analysis, 2nd Edition. Wiley, New York, 727p.
- Singh, S., Malik, Z.A. and Sharma, C.M., 2016. Tree species richness, diversity, and regeneration status in different oak (*Quercus* spp.) dominated forests of Garhwal Himalaya, India. Journal of Asia-pacific Biodiversity, 9(3): 293-300.
- Tahmasebi, P., 2015. Ecology of Plant Communities. University of Shahrekord Publication, Shahrekord, 247p (In Persian).
- Tinya, F., Márialigeti, S., Bidló, A., Ódor, P., 2019. Environmental drivers of the forest regeneration in temperate mixed forests. Forest Ecology and Management, 433: 720-728.
- Winter, S. and Möller, G., 2008. Microhabitats in lowland beech forests as monitoring tool for nature conservation. Forest Ecology and Management, 255: 1251-1261.

Comparison of species diversity of sexual regeneration in tree microhabitats of the Zagros forests (Case study: Baba-Yadegar forests, Kermanshah Province)

S. Amiri [1], M. Pourreza [2*] and E. Sayad [3]

1- M.Sc. Student of Forestry, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran
2*- Corresponding author, Assistant Prof., Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: pourreza@razi.ac.ir
3- Associate Prof., Razi University, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

Received: 20.01.2019 Accepted: 17.05.2019

Abstract

Sexual regeneration is amongst the most important factors that affect the survival and sustainability of forests. It is controlled by the total resources and conditions representing the role of microhabitats in the establishment of the regeneration. Thus, identifying the role of microhabitats on the establishment and diversity of regeneration is of great significance. Therefore, the present study was conducted in a central part of the Zagros region in Baba-Yadegar forests of Dalahoo County, Kermanshah province. A total of 372 5 × 5 plots were established with respect to the tree microhabitats, including *Quercus brantii* Lindl., *Q. infectoria* Oliv., *Crataegus pontica* C. Koch., mixed and open spaces (with no trees) along 7 transects. In each plot, the biological characteristics of the trees were measured together with sexual regeneration and soil litter depth. The results showed that the mean value of DBH was significantly higher for *Q. infectoria* microhabitat compared to other microhabitats. In addition, the number of sprouts was significantly higher for mixed microhabitat compared to others. The highest species diversity of regeneration was observed in *Q. brantii* microhabitat. Furthermore, the result of multivariate analysis showed that the species diversity and abundance of trees in the microhabitat were the most important factors in the discrimination among microhabitats with over 83 percent of accuracy. It was concluded that the microhabitats and their characteristics play a major role in the establishment of tree species regeneration, diversity and consequently on the future forest structure that can contribute to the success of the restoration plans in the Zagros forests.

Keywords: Brant`s oak, Dalahoo, forest restoration, litter depth.