

## Research Article

# Quantitative characteristics of natural regeneration of woody species in managed stands of Hyrcanian forests, Iran

Sairan Khoonsiavashan<sup>1\*</sup>, Sohrab Moradi<sup>2</sup> and Jalil Karami<sup>3</sup>

1\* - Corresponding author, M.Sc. of Silviculture and Forest Ecology, Marivan County Department of Justice, Marivan, Iran  
Email: [sairankhoonsiavashan@gmail.com](mailto:sairankhoonsiavashan@gmail.com)

2- Assistant Prof., Department of Agricultural & Natural Resources Development, Faculty of Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran

3- Ph.D. of Silviculture and Forest Ecology, National Deputy Director of Hyrcanian Multifunctional Management Project, Chalus, Iran

Received: 01.01.2025

Revised: 17.03.2025

Accepted: 09.04.2025

## Abstract

**Background and objectives:** Natural regeneration is considered one of the most important factors affecting the survival and sustainability of natural forests. Understanding the diversity, distribution, and status of natural regeneration of woody species provides important insights into the ecological health and ecosystem services of forests and helps predict future forest sustainability. Considering the ecological and productive importance of the Hyrcanian forests, conducting a comprehensive study on the status of natural regeneration in these forests appears necessary. Therefore, the aim of this study was to investigate the quantitative status of natural regeneration of woody plant species in managed stands of the Hyrcanian forests in northern Iran.

**Methodology:** To conduct this study, four forest landscapes in the Hyrcanian forests were selected, including Fariroud–Zilkiroud (watersheds 22 and 23) in Gilan Province, Dohezar–Sehezar (watersheds 33 and 34) and Beliran (watershed 53) in Mazandaran Province, and Chehel Chai (watershed 92) in Golestan Province. Using a systematic random sampling method, 4 m<sup>2</sup> sample plots were established at the intersections of a 150 × 200 m inventory grid, resulting in a total of 34,723 sample plots (Fariroud: 5,345; Zilkiroud: 4,377; Dohezar: 5,185; Sehezar: 7,522; Beliran: 6,847; and Chehel Chai: 5,447) for regeneration assessment. All seedlings and saplings within the sample plots were counted, and their quantitative characteristics were measured. In each forest habitat, the quantitative status of regeneration, including tree species, growth stages, growth form, number of regenerating individuals, collar diameter, and seedling height, was identified and recorded. Natural regeneration in each habitat was classified into three collar diameter classes (< 2.5 cm, 2.5–7.5 cm, and 7.5–12.5 cm) and three height classes (< 30 cm, 30–130 cm, and > 130 cm) by woody species. Graphs and statistical analyses were performed using Excel and SPSS 26.

**Results:** The highest and lowest regeneration frequencies among woody species were observed for beech (*Fagus orientalis* Lipsky) (38.03%) and oak (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey.) (0.95%), respectively. The collar diameter class of less than 2.5 cm had the highest frequency (74.13%), whereas the 7.5–12.5 cm class had the lowest frequency (9.3%). Similarly, the height class of less than 30 cm showed the highest frequency (69.38%), while the height class greater



than 130 cm had the lowest frequency (10.35%). Comparison of the frequency percentages of species with collar diameters less than 2.5 cm showed the highest and lowest frequencies in the Zilkiroud and Chehel Chai habitats, respectively. The highest frequency percentage of species with collar diameters of 2.5–7.5 cm was observed in the Zilkiroud habitat, whereas the lowest was recorded in the Sehezar habitat. Comparison of regeneration frequency in the 7.5–12.5 cm collar diameter class showed the highest frequency in the Fariroud habitat and the lowest in Sehezar. Comparison of natural regeneration frequencies among woody species showed that the highest regeneration frequencies in Chehel Chai and Beliran habitats, with values of 38.11% and 40.61%, respectively, belonged to maple (*Acer velutinum* Boiss.), while in Fariroud habitat the highest frequency belonged to hornbeam (*Carpinus betulus* L.) (29.31%). In the Dohezar, Sehezar, and Zilkiroud habitats, beech showed the highest regeneration frequencies, with values of 60.59%, 90.5%, and 53.54%, respectively. The results of one-way analysis of variance (ANOVA) indicated significant differences among height and collar diameter classes, whereas no significant differences were observed among the different habitats.

**Conclusion:** The managed stands of the western Hyrcanian forests (Fariroud–Zilkiroud forest landscape) contained more young seedlings (collar diameter less than 7.5 cm) compared to the managed stands of the eastern Hyrcanian forests (Chehel Chai forest landscape). In contrast, the managed stands of the eastern Hyrcanian forests had a greater number of regeneration seedlings with collar diameters of 7.5–12.5 cm and heights greater than 130 cm. These findings indicate more favorable regeneration establishment in the eastern Hyrcanian forests and suggest the presence of less favorable environmental conditions in the western Hyrcanian forests.

**Keywords:** Collar diameter, Hyrcanian Forests, quantitative characteristics, regeneration, seedling height.

## ویژگی‌های کمی زادآوری طبیعی گونه‌های چوبی در توده‌های مدیریت شده جنگل‌های هیرکانی

سیران خون سیاوشان<sup>۱\*</sup>، سهراب مرادی<sup>۲</sup> و جلیل کرمی<sup>۳</sup>

\*۱- نویسنده مسئول، کارشناسی ارشد علوم و مهندسی جنگل، دادگستری شهرستان مریوان، مریوان، ایران

پست الکترونیک: [sairankhoonsiavashan@gmail.com](mailto:sairankhoonsiavashan@gmail.com)

۲- استادیار، گروه توسعه کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۳- دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، معاون پروژه ملی مدیریت چندمنظوره جنگل‌های هیرکانی، جالوس، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۰

تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۱۲/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۲

### چکیده

سابقه و هدف: زادآوری طبیعی، یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر بقا و پایداری جنگل‌های طبیعی تلقی می‌شود. درک تنوع، توزیع و وضعیت زادآوری طبیعی گونه‌های چوبی، بینش‌های مهمی در مورد سلامت بوم‌شناختی و خدمات بوم‌سازگان جنگلی ارائه می‌دهد و به پیش‌بینی پایداری جنگل در آینده کمک می‌کند. با توجه به اهمیت بوم‌شناختی و تولیدی جنگل‌های هیرکانی، لزوم انجام پژوهشی جامع در مورد وضعیت زادآوری طبیعی موجود در این جنگل‌ها، ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین هدف از پژوهش پیش‌رو، بررسی وضعیت کمی زادآوری طبیعی گونه‌های چوبی در توده‌های مدیریت شده در جنگل‌های هیرکانی ایران است.

مواد و روش‌ها: برای اجرای این پژوهش، چهار سیمای جنگلی در حوضه‌های آبخیز جنگل‌های هیرکانی شامل فریرود-زیلکی رود (حوضه‌های آبخیز ۲۲ و ۲۳) در استان گیلان، دوهزار-سه‌هزار (حوضه‌های آبخیز ۳۳ و ۳۴) و بلیران (حوضه آبخیز ۵۳) در استان مازندران و چهل‌چای (حوضه آبخیز ۹۲) در استان گلستان انتخاب شدند. با استفاده از روش آماربرداری منظم تصادفی، ریزقطعه‌نمونه‌هایی به مساحت چهار متر مربع در محل تقاطع شبکه آماربرداری به ابعاد ۱۵۰×۲۰۰ متر مربع برای بررسی زادآوری انتخاب شدند. در مجموع، ۳۴۷۲۳ ریزقطعه‌نمونه (۵۳۴۵ ریزقطعه‌نمونه در فریرود، ۴۳۷۷ ریزقطعه‌نمونه در زیلکی رود، ۵۱۸۵ ریزقطعه‌نمونه در دوهزار، ۷۵۲۲ ریزقطعه‌نمونه در سه‌هزار، ۶۸۴۷ ریزقطعه‌نمونه در بلیران و ۵۴۴۷ ریزقطعه‌نمونه در چهل‌چای) برداشت شدند. همه نونهال‌ها و نهال‌ها در داخل قطعه‌نمونه‌ها، شمارش و ویژگی‌های کمی آن‌ها اندازه‌گیری شد. در هر رویشگاه جنگلی، وضعیت کمی زادآوری گونه‌ها شامل نوع گونه درختی، مراحل رویشی، فرم رویشی، تعداد زادآوری، قطر یقه و ارتفاع نهال‌ها شناسایی و اندازه‌گیری شدند. زادآوری طبیعی در هر رویشگاه در سه کلاسه قطری کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر، ۲/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر و ۷/۵ تا ۱۲/۵ سانتی‌متر و سه طبقه ارتفاعی کمتر از ۳۰ سانتی‌متر، ۳۰ تا ۱۳۰ سانتی‌متر و بیشتر از ۱۳۰ سانتی‌متر به تفکیک گونه‌های چوبی طبقه‌بندی شدند. نمودارها و تجزیه و تحلیل‌ها در نرم‌افزارهای Excel و SPSS 26 انجام شد.

نتایج: بیشترین و کمترین فراوانی زادآوری گونه‌های چوبی به ترتیب در راش (*Fagus orientalis* Lipsky) (۳۸/۰۳ درصد) و بلوط بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey.) (۰/۹۵ درصد) مشاهده شد. همچنین، بیشترین و کمترین فراوانی زادآوری به ترتیب متعلق به طبقه‌های قطر یقه کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر (۷۴/۱۳ درصد) و ۷/۵ تا ۱۲/۵ سانتی‌متر (۹/۳ درصد) بودند. طبقه ارتفاع کمتر از ۳۰ سانتی‌متر، بیشترین فراوانی (۶۹/۳۸ درصد) و طبقه ارتفاع بلندتر از ۱۳۰ سانتی‌متر، کمترین فراوانی (۱۰/۳۵ درصد) را به خود اختصاص دادند. مقایسه درصد فراوانی گونه‌های با کلاسه قطری کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر نشان داد که بیشترین و کمترین فراوانی

به ترتیب متعلق به رویشگاه‌های زیلکی رود و چهل‌چای هستند. بیشترین درصد فراوانی گونه‌های با قطر ۲/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر در رویشگاه زیلکی رود و کمترین درصد فراوانی در رویشگاه سه‌هزار بود. با مقایسه درصد فراوانی نهال‌های با قطر ۷/۵ تا ۱۲/۵ سانتی‌متر، بیشترین فراوانی در رویشگاه فریرود و کمترین در رویشگاه سه‌هزار مشاهده شد. مقایسه فراوانی زادآوری طبیعی گونه‌های مختلف چوبی نشان داد که بیشترین درصد فراوانی زادآوری در رویشگاه‌های چهل‌چای و بلیران به ترتیب با فراوانی ۳۸/۱۱ و ۴۰/۶۱ درصد به افرا پلت (*Acer velutinum* Boiss.)، در رویشگاه فریرود به مرمر (*Carpinus betulus* L.) (۲۹/۳۱ درصد) و در رویشگاه‌های دوهزار، سه‌هزار و زیلکی رود به ترتیب با فراوانی ۶۰/۵۹، ۹۰/۵ و ۵۳/۵۴ درصد به راش اختصاص دارد. نتایج تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار برای ارتفاع و قطر یقه در طبقه‌های مختلف و عدم تفاوت معنی‌دار در رویشگاه‌های متنوع بود.

نتیجه‌گیری کلی: به‌طورکلی، توده‌های مدیریت‌شده غرب جنگل‌های هیرکانی (سیمای جنگلی فریرود- زیلکی رود)، نهال‌های جوان (قطر یقه کمتر از ۷/۵ سانتی‌متر) بیشتری در مقایسه با توده‌های مدیریت‌شده شرق جنگل‌های هیرکانی (سیمای جنگلی چهل‌چای) داشتند. همچنین، در توده‌های مدیریت‌شده شرق جنگل‌های هیرکانی (سیمای جنگلی چهل‌چای)، نهال‌های زادآوری با قطر یقه ۷/۵ تا ۱۲/۵ سانتی‌متر و ارتفاع بیشتر از ۱۳۰ سانتی‌متر بیشتری مشاهده شد. این نتایج نشان‌دهنده استقرار زادآوری مطلوب در شرق جنگل‌های هیرکانی و وجود عوامل محیطی نامطلوب در غرب جنگل‌های هیرکانی است.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع نهال، جنگل‌های هیرکانی، زادآوری، قطر یقه، ویژگی‌های کمی.

## مقدمه

جنگل‌های هیرکانی به‌عنوان یکی از نواحی رویشی پنج‌گانه ایران، جزو مهم‌ترین منابع زیستی و ذخایر ژنتیکی از نظر پوشش گیاهی محسوب می‌شوند که متعلق به دوران سوم زمین‌شناسی هستند (Salehnasab *et al.*, 2022). این جنگل‌ها در حقیقت یک نوع میراث طبیعی و پناهگاه در سطح بین‌المللی به‌شمار می‌آیند. جنگل‌های هیرکانی از نظر تنوع گونه‌های درختی و درختچه‌ای بومی، جزو غنی‌ترین جنگل‌های معتدله محسوب می‌شوند. به‌طوری‌که حدود ۸۰ گونه درختی (به‌طور عمده پهن‌برگ) و ۵۰ گونه درختچه‌ای به‌صورت طبیعی در این جنگل‌ها یافت می‌شود (Hajjarian *et al.*, 2016; Hamidi *et al.*, 2023). این بوم‌سازگان‌ها با مساحت ۱/۷ میلیون هکتار (Hajjarian *et al.*, 2016)، تنها جنگل‌های تولیدی در ایران هستند که در طول سال‌های گذشته در قالب طرح‌های جنگلداری تحت مدیریت درآمده‌اند و بخشی از فراورده‌های چوبی مورد نیاز ایران را تولید کرده‌اند (Delfan Abazari *et al.*, 2004). تداوم

عملکرد تولیدی این جنگل‌ها به پایداری و تداوم بقای جامعه گیاهی و استقرار و تحول زادآوری طبیعی در آن وابسته است (Vahedi, 2021; Ravanbakhsh *et al.*, 2024).

در بوم‌سازگان‌های طبیعی، با رسیدن سن دیرزیستی یک گونه درختی و افتادن در بستر جنگل، روشنه‌ها در تاج‌پوشش توده‌های جنگلی ایجاد می‌شوند (Diaci *et al.*, 2020; Lu *et al.*, 2021) و با مهیا بودن شرایط محیطی، بذر گونه‌های چوبی در این روشنه‌ها، جوانه می‌زند (Yan *et al.*, 2010). نهال‌های حاصل در نتیجه رقابت و طی مراحل رویشی گوناگون، توده جنگلی نهایی را به‌وجود می‌آورند (Cooper *et al.*, 2014). زادآوری طبیعی، فرایند حیاتی برای حفظ تنوع گونه‌های بومی و ایجاد نسل جدید درختان در بوم‌سازگان‌های جنگلی است (Gazda *et al.*, 2019) و یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر بقا و پایداری جنگل‌های طبیعی تلقی می‌شود (Crouzeilles *et al.*, 2020). در واقع، درک تنوع، توزیع و وضعیت فعلی زادآوری طبیعی گونه‌های

سطح دریا، فراوانی نسبی نهال‌های راش در توده‌های مدیریت‌نشده در روضه‌های کوچک افزایش یافت (Faraji *et al.*, 2021). همچنین، فراوانی نسبی نهال‌های راش در ارتفاع ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ و ۱۴۰۰ تا ۱۶۰۰ متر از سطح دریا در روضه‌های کوچک بین پارسل مدیریت‌نشده و پارسل مدیریت‌شده، تفاوت معنی‌داری را نشان داد. فراوانی نسبی نهال‌های راش در ارتفاع ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ متر از سطح دریا در روضه‌های متوسط نیز اختلاف معنی‌داری بین دو توده مذکور داشتند. مقایسه مشخصه‌های کمی و کیفی زادآوری درختان در راضستان‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده شفاورد در استان گیلان نشان داد که به‌جز تراکم و غنای گونه‌های درختی، میانگین مشخصه‌های دیگر نهال‌ها (شامل قطر یقه، طول نهال، عرض تاج، طول نوشاخه بهاره و طول بالاترین میان‌گره) به‌طور چشمگیری در قطعه مدیریت‌نشده بیشتر از مدیریت‌شده بود، درحالی‌که بیشترین فراوانی نهال‌های سالم و میانرو (دارای تنه واحد) در قطعه مدیریت‌شده مشاهده شد (Parhizkar *et al.*, 2022).

زادآوری طبیعی، ضامن استقرار جنگل و حافظ تنوع گونه‌ای است، بنابراین باید در اولویت طرح‌های مدیریتی چندمنظوره جنگل‌داری قرار گیرد. آگاهی از وضعیت جامعه نونهال و نهال در بوم‌سازگان‌های طبیعی، اطلاعات باارزشی در مورد ظرفیت زادآوری درختان بالغ و استقرار نهال در جنگل ارائه می‌دهد. باتوجه‌به اهمیت بوم‌شناختی و تولیدی جنگل‌های هیرکانی، لزوم انجام پژوهشی جامع در مورد وضعیت زادآوری طبیعی موجود در این جنگل‌ها ضروری به‌نظر می‌رسد، بنابراین در پژوهش پیش‌رو، وضعیت کمی جامعه نونهال و نهال گونه‌های گیاهی چوبی در چهار سیمای جنگلی در قالب شش رویشگاه مدیریت‌شده به‌صورت چندمنظوره در جنگل‌های هیرکانی ایران بررسی شد. تمرکز اصلی این پژوهش بر مقایسه وضعیت کمی زادآوری از نظر نوع گونه درختی، مراحل رویشی، فرم رویشی، تعداد زادآوری، قطر یقه و ارتفاع نهال‌ها در رویشگاه‌های مختلف هیرکانی بود.

چوبی، بینش‌های مهمی در مورد سلامت بوم‌شناختی جنگل و خدمات بوم‌سازگان آن ارائه می‌دهد و به پیش‌بینی پایداری جنگل در آینده کمک می‌کند (Kim *et al.*, 2022). تنوع گونه‌های گیاهی چوبی و پتانسیل زادآوری، عناصر کلیدی در بوم‌سازگان‌های طبیعی هستند. زیرا ساختار و زیستگاه گیاهان و جانوران متفاوتی را فراهم می‌کنند (Subashree *et al.*, 2021). کسب دانش و اطلاعات در مورد تراکم جمعیت نونهال‌ها و نهال‌ها، اهمیت بسزایی دارد. زیرا ساختار جمعیت و وضعیت کمی و کیفی زادآوری هر جامعه جنگلی را تعیین می‌کند (Paul *et al.*, 2019).

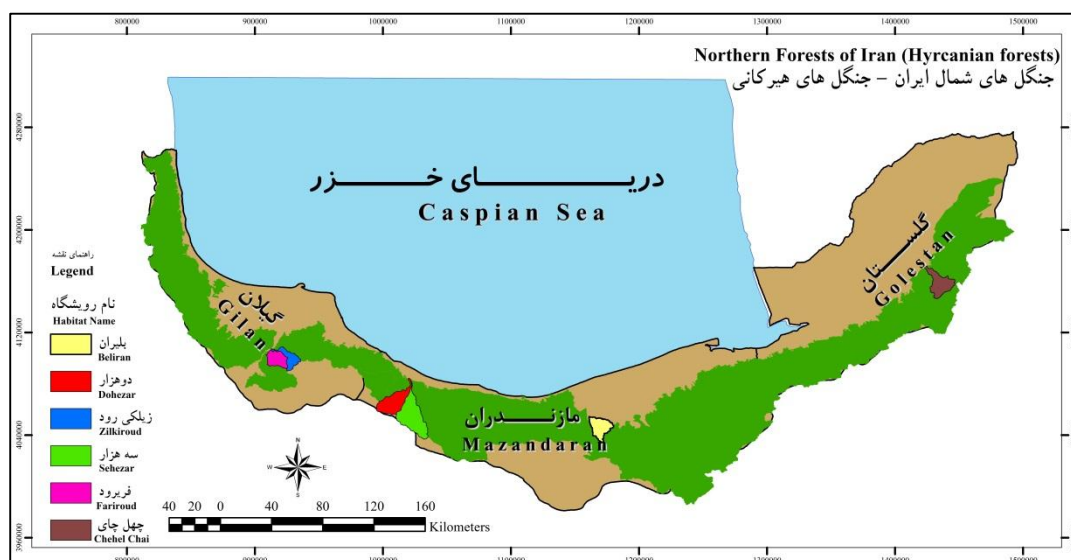
باتوجه‌به اهمیت زادآوری طبیعی گونه‌های چوبی بر پایداری جنگل‌ها به برخی از پژوهش‌هایی که به ویژگی‌های کمی زادآوری طبیعی پرداخته‌اند، در ادامه اشاره می‌شود. ارزیابی کمی و کیفی زادآوری طبیعی در حفره‌های ایجادشده در راضستان‌های لبند (سری جمند) بیانگر غالبیت راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) از نظر فراوانی زادآوری (۷۵ درصد) بود (Shahnavazi *et al.*, 2005). همچنین، با افزایش سطح حفره‌ها، از تعداد نهال‌ها در واحد سطح کاسته و بر ارتفاع نهال‌ها افزوده شد. بررسی ویژگی‌های نهال‌های استقرار یافته در روضه‌های طبیعی و روضه‌های ناشی از بهره‌برداری در بخش نم‌خانه در جنگل خیرودکنار نوشهر نشان داد که در روضه‌های طبیعی، میانگین فراوانی نهال‌ها و نیز فراوانی نهال‌های راش، رابطه معنی‌داری با مساحت روضه دارند، درحالی‌که فراوانی نهال‌های بلندتر از ۱/۳ متر، ارتباط معنی‌داری با اندازه روضه نشان ندادند (Mohammadi *et al.*, 2014). همچنین، راش به‌تنهایی بیشتر از ۹۰ درصد از نهال‌های بلندتر از ۱/۳ متر را به‌خود اختصاص داد. مقایسه وضعیت کمی زادآوری در روضه‌ها با سطوح مختلف در توده‌های جنگلی مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده در طبقه‌های ارتفاعی نشان داد که تا ارتفاع ۱۴۰۰ متر از سطح دریا، بین میانگین فراوانی نسبی نهال‌ها هم در بین روضه‌ها و هم بین روضه‌ها و زیر پناه پوشش تاجی در توده‌های مدیریت‌شده و توده‌های مدیریت‌نشده، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، اما با افزایش ارتفاع از

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد بررسی

پژوهش پیش‌رو در جنگل‌های هیرکانی در شمال ایران اجرا شد. جنگل‌های هیرکانی در میان سه استان شمالی ایران شامل گلستان، مازندران و گیلان قرار دارند و ۴۱ درصد از مجموع وسعت این سه استان را پوشانده‌اند (Javanmiri Pour *et al.*, 2019). چهار سیمای جنگلی

برای اجرای این پژوهش در حوضه‌های آبخیز جنگل‌های هیرکانی شامل فریرود-زیلکی رود (حوضه‌های آبخیز ۲۲ و ۲۳) در استان گیلان، دوهزار-سه‌هزار (حوضه‌های آبخیز ۳۳ و ۳۴) و بلیران (حوضه آبخیز ۵۳) در استان مازندران و چهل‌چای (حوضه آبخیز ۹۲) در استان گلستان به صورت پایلوت در پروژه ملی مدیریت چندمنظوره جنگل‌های هیرکانی انتخاب شد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure 1. Location of the study area

تقاطع شبکه آماربرداری، ریزقطعه‌نمونه‌هایی به مساحت چهار متر مربع (۲×۲ متر مربع)، در مجموع به تعداد ۳۴۷۲۳ ریزقطعه‌نمونه (۵۳۴۵ ریزقطعه‌نمونه در فریرود، ۴۳۷۷ ریزقطعه‌نمونه در زیلکی رود، ۵۱۸۵ ریزقطعه‌نمونه در دوهزار، ۷۵۲۲ ریزقطعه‌نمونه در سه‌هزار، ۶۸۴۷ ریزقطعه‌نمونه در بلیران و ۵۴۴۷ ریزقطعه‌نمونه در چهل‌چای) برای بررسی زادآوری انتخاب شدند. پژوهش‌های پیشین انجام‌شده در استان گیلان (Amanzadeh *et al.*, 2019) و راشستان‌های هیرکانی (Sagheb-Talebi *et al.*, 2020) مناسب بودن قطعه‌نمونه کوچک چهار متر مربعی (۲×۲ متر مربعی) را برای بررسی زادآوری تأیید کرده‌اند.

برخی از ویژگی‌های رویشگاه‌های مورد مطالعه مانند مساحت هر رویشگاه به تفکیک، مساحت جنگل تولیدی، متوسط ارتفاع از سطح دریا، تعداد قطعه‌نمونه‌ها، اطلاعات هواشناسی و ویژگی‌های خاک‌شناسی در جدول ۱ آورده شده است.

### روش پژوهش

باتوجه به مساحت رویشگاه‌ها و وضعیت زادآوری و با انجام جنگل‌گردشی‌های متعدد در داخل منطقه مورد پژوهش، از روش آماربرداری منظم تصادفی (تصادفی-سیستماتیک) استفاده شد. شبکه‌ای به ابعاد ۱۵۰×۲۰۰ متر مربع (سه هکتار) برای هر سیمای جنگلی طراحی و در محل

جدول ۱- ویژگی‌های رویشگاه‌های منطقه مورد مطالعه و تعداد قطعات نمونه هر رویشگاه

Table 1. Habitat characteristics of the study area and the number of sample plots for each habitat

Forest habitat	Chehel Chai	Beliran	Dohezar	Sehezar	Zilkiroud	Fariroud
Province	Golestan	Mazandaran	Mazandaran	Mazandaran	Guilan	Guilan
Total Area (ha)	25816	21421	30870	47016	13817	16721
Production forest area (ha)	16340	20540	15556	22567	13133	16035
Number of sample plots	5447	6847	5185	7522	4377	5345
Elevation (m.a.s.l.)	200-2500	100-2000	100-3800	200-3950	100-2650	100-2500
Average slope (percent)	30-60	10-60	30-80	30-80	20-60	30-60
Average tree canopy	60-80	40-80	40-80	40-80	40-80	40-80
Soil depth (percent)	74% Topsoil	90% Semi-deep Soil	46.7% Semi-deep Soil	62.5% Semi-deep Soil	40% Semi-deep and 20% Deep Soil	57.1% Deep Soil
Soil erosion rate (percent)	100% Types of erosion	32.5% Types of erosion	50% Surface erosion	100% Types of erosion	75% Surface erosion	57.1% No-erosion
Rain (mm/year)	220-530	640-800	640-800	640-800	900-1100	900-1100
Average annual temperature (°C)	18	14.3	14.1	14.1	14.6	14.6
Average annual rainfall (mm)	440	760	740	740	972	972

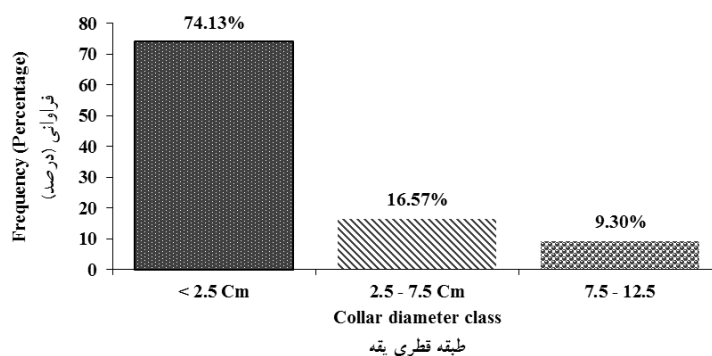
شد. نمودارها و تجزیه و تحلیل‌های مربوطه در نرم‌افزارهای Excel و SPSS 26 انجام شد.

## نتایج

### مشخصه‌های کمی

قطر یقه: براساس آماربرداری از شش رویشگاه جنگلی (چهل‌چای، بلیران، دوهزار، سه‌هزار، زیلکی‌رود و فریرود)، بیشترین و کمترین درصد فراوانی گونه‌های چوبی با هر دو فرم رویشی دانه‌زاد و شاخه‌زاد به ترتیب مربوط به طبقه قطر یقه کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر (۷۴/۱۳ درصد) و طبقه قطر ۷/۵ تا ۱۲/۵ سانتی‌متر (۹/۳ درصد) بودند. طبقه قطر ۲/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر نیز ۱۶/۵۷ درصد از فراوانی گونه‌ها را به خود اختصاص داد (شکل ۲).

همه نونهال‌ها و نهال‌ها در داخل قطعه‌نمونه‌ها شمارش و مشخصات کمی آن‌ها اندازه‌گیری شد. در هر رویشگاه جنگلی با توجه به الگوی نامنظم پراکنش نونهال‌ها و نهال‌ها و تراکم جمعیت آن‌ها، وضعیت کمی زادآوری گونه‌ها شامل نوع گونه درختی، مراحل رویشی، فرم رویشی، تعداد زادآوری، قطر یقه و ارتفاع نهال‌ها شناسایی و اندازه‌گیری شدند. در نهایت، زادآوری طبیعی در هر رویشگاه در سه کلاسه قطری کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر، ۲/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر و ۷/۵ تا ۱۲/۵ سانتی‌متر و سه طبقه ارتفاعی کمتر از ۳۰ سانتی‌متر، ۳۰ تا ۱۳۰ سانتی‌متر و بیشتر از ۱۳۰ سانتی‌متر به تفکیک گونه‌های چوبی طبقه‌بندی شدند. پس از انجام نمونه‌برداری و به منظور افزایش دقت نوع مقایسه وضعیت رویشگاه‌ها، زادآوری گونه‌های چوبی به دو فرم رویشی دانه‌زاد و شاخه‌زاد تقسیم شد. در هر فرم رویشی زادآوری، خصوصیات کمی همچون نوع گونه درختی، مراحل رویشی، فرم رویشی، تعداد زادآوری، قطر یقه و ارتفاع نهال‌ها ثبت



شکل ۲- درصد فراوانی گونه‌های چوبی براساس طبقه قطر یقه

Figure 2. Percentage frequency of woody species based on Collar diameter class

*Pterocarya fraxinifolia* (لرگ (*Diospyros lotus* L.)) در *Buxus sempervirens* L.)) و شمشاد ((Poir.) Spach بین زادآوری‌ها مشاهده شدند که جزو سایر گونه‌ها طبقه‌بندی شدند. مطابق انتظار، با افزایش قطر از تعداد گونه‌های راش شرقی و افرا پلت کاسته شد، اما این شرایط برای ممرز و سایر گونه‌ها برعکس بود. به طوری که درصد فراوانی سایر گونه‌ها در طبقه قطر کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر، ۲۶/۹۱ درصد و در نهال‌های با قطر ۲/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر، ۵۱/۵۴ درصد بود، اما سایر گونه‌ها در نهال‌های با قطر ۷/۵ تا ۱۲/۵ سانتی‌متر، ۶۰/۴ درصد از فراوانی گونه‌ها را به خود اختصاص دادند (جدول ۲).

براساس آماربرداری در رویشگاه‌های جنگلی منطقه مورد مطالعه، بیشترین و کمترین درصد فراوانی زادآوری گونه‌های چوبی با هر دو فرم رویشی دانه‌زاد و شاخه‌زاد بین گونه‌های راش شرقی (*F. orientalis*)، ممرز (*Carpinus betulus* L.)، افرا پلت (*Acer velutinum* Boiss.) و بلوط بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey.) به ترتیب متعلق به راش شرقی (۳۸/۰۳ درصد) و بلوط بلندمازو (۰/۹۵ درصد) بود (جدول ۲). البته گونه‌های دیگری مانند توسکا بیلاقی (*Alnus subcordata* C.A.Mey.)، توسکا قشلاقی (*A. glutinosa*)، افرا شیردار (*A. cappadocicum*)، انجیلی (*Parrotia persica* C.A.Mey.)، خرمندی

جدول ۲- درصد فراوانی زادآوری انواع گونه‌های چوبی براساس قطر و ارتفاع نهال

Table 2. Percentage of regeneration frequency of various woody species based on seedling diameter and height

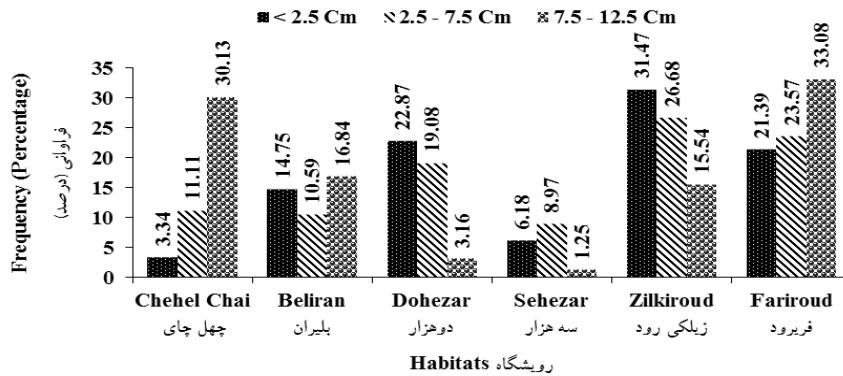
Seedling diameter and Height (cm)	<i>Fagus orientalis</i>	<i>Carpinus betulus</i>	<i>Acer velutinum</i>	<i>Quercus castaneifolia</i>	Other species	
Diameter	< 2.5	43.15	12.57	16.42	0.95	26.91
	2.5 - 7.5	25.03	13.1	9.27	1.07	51.54
	7.5 - 12.5	20.4	15.24	3.17	0.79	60.4
Height	< 30	33.52	9.84	19.09	1.05	36.5
	30 - 130	50.36	18.9	2.62	0.8	27.31
	> 130	44.15	21.68	2.21	0.57	31.38

۲/۵ سانتی‌متر نشان داد که بیشترین و کمترین فراوانی به ترتیب متعلق به رویشگاه‌های زیلکی‌رود و چهل‌چای هستند. همچنین، بیشترین درصد فراوانی در نهال‌های با قطر

در شکل ۳، درصد فراوانی زادآوری گونه‌ها براساس قطر یقه به تفکیک در هر شش رویشگاه جنگلی هیرکانی آمده است. مقایسه درصد فراوانی نهال‌های با قطر کمتر از

نهال‌های با قطر ۷/۵ تا ۱۲/۵ سانتی‌متر، بیشترین فراوانی در رویشگاه فریرود و کمترین در سه‌هزار به‌دست آمد.

۲/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر در زیلکی‌رود و کمترین درصد فراوانی در سه‌هزار مشاهده شد. با مقایسه درصد فراوانی

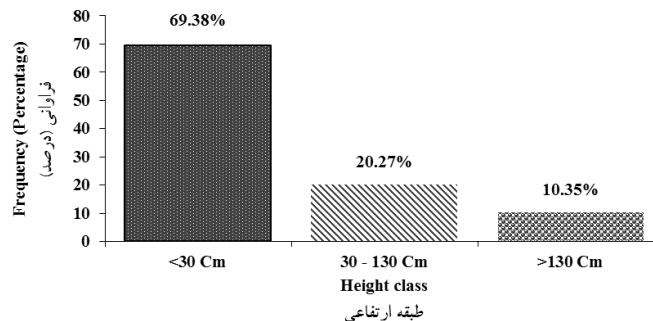


شکل ۳- درصد فراوانی زادآوری براساس قطر بینه در رویشگاه‌های مختلف

Figure 3. Percentage of regeneration frequency based on collar diameter in various habitats

درصد) و بلندتر از ۱۳۰ سانتی‌متر (۱۰/۳۵ درصد) بودند. طبقه ارتفاع ۳۰ تا ۱۳۰ سانتی‌متر نیز ۲۰/۲۷ درصد از فراوانی گونه‌ها را به‌خود اختصاص داد (شکل ۴).

ارتفاع نهال: براساس آماربرداری در هر شش رویشگاه جنگلی هیرکانی، بیشترین و کمترین درصد فراوانی گونه‌های چوبی با هر دو فرم رویشی دانه‌زاد و شاخه‌زاد به‌ترتیب مربوط به طبقه‌های ارتفاع کمتر از ۳۰ سانتی‌متر (۶۹/۳۸)



شکل ۴- درصد فراوانی گونه‌های چوبی براساس طبقه ارتفاعی

Figure 4. Percentage frequency of woody species based on height class

و بیشتر از ۱۳۰ سانتی‌متر، راش شرقی و بلوط بلندمازو به‌ترتیب بیشترین و کمترین فراوانی زادآوری را به‌خود اختصاص دادند. همچنین روند تغییرات درصد فراوانی گونه‌های چوبی طی مراحل مختلف رویش ارتفاعی را می‌توان در جدول ۳ مشاهده کرد. چنانچه در همه گونه‌ها مطابق انتظار پس از افزایش سن نهال‌ها از تعداد آن‌ها در

در جدول ۳، درصد فراوانی گونه‌های چوبی (دانه‌زاد و شاخه‌زاد) در کلاس‌های مختلف ارتفاعی به‌تفکیک نهال‌های با ارتفاع کمتر از ۳۰، ۳۰ تا ۱۳۰ و بیشتر از ۱۳۰ سانتی‌متر است. بیشترین و کمترین فراوانی در طبقه ارتفاعی کمتر از ۳۰ سانتی‌متر به‌ترتیب مربوط به سایر گونه‌ها و بلوط بلندمازو بودند، درحالی‌که در طبقه‌های ارتفاعی ۳۰ تا ۱۳۰

واحد سطح کاسته شد، اما روند کاهشی برای گونه‌های مختلف، متفاوت بود.

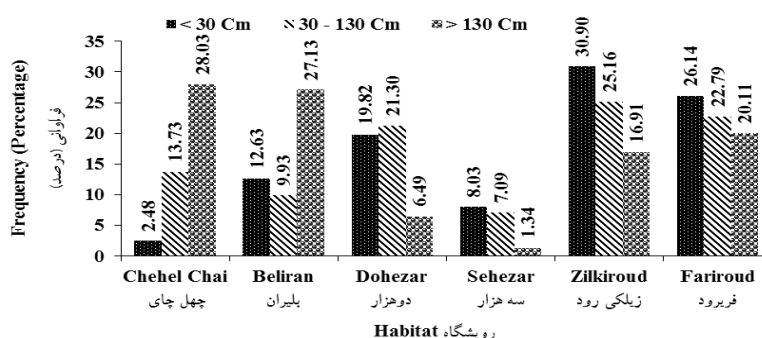
جدول ۳- درصد فراوانی و روند تغییرات فراوانی زادآوری انواع گونه‌های چوبی براساس ارتفاع نهال

**Table 3. Percentage of regeneration and trends of regeneration frequency of various woody species based on seedling height**

Seedling height (cm)	<i>Fagus orientalis</i>	<i>Carpinus betulus</i>	<i>Acer velutinum</i>	<i>Quercus castaneifolia</i>	Other species	Total
Trends of regeneration frequency						
< 30	61.14	52.92	94.57	76.74	74.24	
30 - 130	26.84	29.69	3.8	17.05	16.23	
> 130	12.01	17.39	1.63	6.2	9.52	
Total	100	100	100	100	100	
Percentage of regeneration frequency						
< 30	33.52	9.84	19.09	1.05	36.5	100
30 - 130	50.36	18.9	2.62	0.8	27.31	100
> 130	44.15	21.68	2.21	0.57	31.38	100

همچنین، بیشترین درصد فراوانی نهال‌های با ارتفاع ۳۰ تا ۱۳۰ سانتی‌متر در زیلکی‌رود و کمترین درصد فراوانی در سه‌هزار مشاهده شد. با مقایسه درصد فراوانی نهال‌های با ارتفاع بیشتر از ۱۳۰ سانتی‌متر، بیشترین فراوانی در رویشگاه چهل‌چای و کمترین در سه‌هزار به‌دست آمد.

در شکل ۵، درصد فراوانی زادآوری گونه‌ها براساس ارتفاع به‌تفکیک در هر شش رویشگاه جنگلی هیرکانی آمده است. مقایسه درصد فراوانی نهال‌های با ارتفاع کمتر از ۳۰ سانتی‌متر نشان داد که بیشترین و کمترین فراوانی به‌ترتیب متعلق به رویشگاه‌های زیلکی‌رود و چهل‌چای هستند.



شکل ۵- درصد فراوانی زادآوری براساس ارتفاع در رویشگاه‌های مختلف

**Figure 5. Percentage of regeneration frequency based on height in various habitats**

فراوانی نهال‌های دانه‌زاد با قطر ۷/۵ تا ۱۲/۵ سانتی‌متر، بیشترین فراوانی در رویشگاه فریرود و کمترین در سه‌هزار مشاهده شد.

درصد فراوانی زادآوری گونه‌های چوبی شاخه‌زاد براساس قطر نهال‌ها به‌تفکیک در بین شش رویشگاه جنگلی هیرکانی در جدول ۴ نشان داده شده است. مقایسه درصد فراوانی نونهال‌های شاخه‌زاد (قطر کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر) نشان داد که

فراوانی فرم رویشی براساس قطر: در جدول ۴، درصد فراوانی زادآوری دانه‌زاد براساس قطر نهال‌ها به‌تفکیک در هر شش رویشگاه جنگلی هیرکانی آمده است. مقایسه درصد فراوانی نونهال‌ها (قطر کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر) و نهال‌های (قطر ۲/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر) دانه‌زاد نشان داد که بیشترین و کمترین فراوانی به‌ترتیب متعلق به رویشگاه‌های زیلکی‌رود و چهل‌چای هستند. همچنین، در مقایسه درصد

بیشترین و کمترین فراوانی به ترتیب متعلق به رویشگاه‌های زیلکی‌رود و سه‌هزار هستند. همچنین، بیشترین فراوانی شاخه‌زاد (قطر ۲/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر) در فریرود و کمترین درصد فراوانی در سه‌هزار به دست آمد. با مقایسه درصد فراوانی

بیشترین و کمترین فراوانی به ترتیب متعلق به رویشگاه‌های زیلکی‌رود و سه‌هزار هستند. همچنین، بیشترین فراوانی شاخه‌زاد (قطر ۲/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر) در فریرود و کمترین درصد فراوانی در سه‌هزار به دست آمد. با مقایسه درصد فراوانی

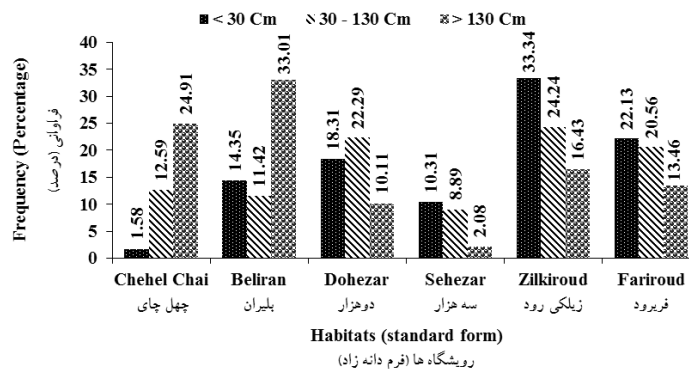
جدول ۴- درصد فراوانی زادآوری با فرم‌های دانه‌زاد و شاخه‌زاد براساس قطر

**Table 4. Percentage of regeneration frequency of standard and coppice forms based on diameter**

Regeneration form	Diameter (cm)	Chehel Chai	Beliran	Dohezar	Sehezar	Zilkiroud	Fariroud
Standard	< 2.5	2.39	17.14	22.81	7.21	31.35	19.1
	2.5 - 7.5	10.84	12.71	18.88	12.59	28.65	16.33
	7.5 - 12.5	27.57	12.39	4.62	1.83	16.2	37.39
Coppice	< 2.5	7.08	5.31	23.1	2.11	31.96	30.44
	2.5 - 7.5	11.73	5.75	19.51	0.71	22.19	40.11
	7.5 - 12.5	35.66	26.47	0	0	14.1	23.77

همچنین، بیشترین فراوانی دانه‌زاد با ارتفاع ۳۰ تا ۱۳۰ سانتی‌متر، در زیلکی‌رود و کمترین درصد فراوانی در سه‌هزار مشاهده شد. با مقایسه درصد فراوانی نونهال‌های دانه‌زاد با ارتفاع بیشتر از ۱۳۰ سانتی‌متر، بیشترین فراوانی در رویشگاه بلیران و کمترین در سه‌هزار به دست آمد.

فراوانی فرم رویشی براساس ارتفاع: در شکل ۶، درصد فراوانی زادآوری دانه‌زاد براساس ارتفاع نونهال‌ها به تفکیک در هر شش رویشگاه جنگلی هیرکانی آمده است. مقایسه درصد فراوانی نونهال‌های دانه‌زاد (ارتفاع کمتر از ۳۰ سانتی‌متر) نشان داد که بیشترین و کمترین فراوانی به ترتیب متعلق به رویشگاه‌های زیلکی‌رود و چهل‌چای هستند.

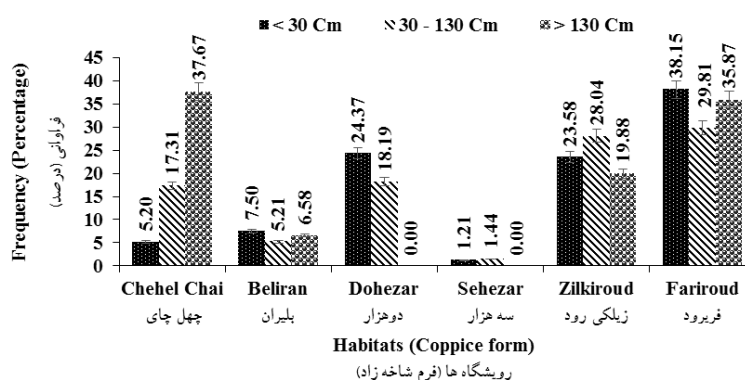


شکل ۶- درصد فراوانی زادآوری فرم دانه‌زاد براساس ارتفاع

**Figure 6. Percentage of regeneration frequency of standard form based on height**

مقایسه درصد فراوانی نونهال‌ها (ارتفاع کمتر از ۳۰ سانتی‌متر) و نونهال‌های شاخه‌زاد با ارتفاع بین ۳۰ تا ۱۳۰ سانتی‌متر در رویشگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که بیشترین و کمترین فراوانی به ترتیب متعلق به رویشگاه‌های فریرود و سه‌هزار هستند. همچنین با مقایسه درصد فراوانی

نونهال‌های شاخه‌زاد با ارتفاع بیشتر از ۱۳۰ سانتی‌متر، بیشترین فراوانی در رویشگاه چهل‌چای و کمترین در رویشگاه‌های دوهزار و سه‌هزار مشاهده شد. این دو رویشگاه، فاقد زادآوری گونه‌های چوبی شاخه‌زاد با ارتفاع بیشتر از ۱۳۰ سانتی‌متر بودند (شکل ۷).



شکل ۷- درصد فراوانی زادآوری فرم شاخه‌زاد براساس ارتفاع

Figure 7. Percentage of regeneration frequency of coppice form based on height

زادآوری دانه‌زاد بلوط با ۶۳/۱۶ درصد به رویشگاه چهل‌چای تعلق داشت، اما سه رویشگاه زیلکی‌رود، سه‌هزار و فریرود، فاقد زادآوری دانه‌زاد بلوط بودند. رویشگاه بلیران نیز فقط ۲/۱۱ درصد از زادآوری دانه‌زاد بلوط را به‌خود اختصاص داد. بیشترین درصد فراوانی زادآوری طبیعی دانه‌زاد افرا پلت (۴۰/۷۵ درصد) در رویشگاه بلیران مشاهده شد، درحالی‌که رویشگاه سه‌هزار فاقد زادآوری دانه‌زاد این گونه بود. ۳۹/۷۹ درصد از زادآوری طبیعی دانه‌زاد سایر گونه‌ها در رویشگاه زیلکی‌رود مشاهده شد. کمترین میزان فراوانی زادآوری دانه‌زاد سایر گونه‌ها (۱/۸۵ درصد) در رویشگاه سه‌هزار به‌دست آمد.

فراوانی فرم رویشی براساس نوع گونه چوبی: جدول ۵، درصد فراوانی زادآوری دانه‌زاد و شاخه‌زاد را براساس نوع گونه چوبی به‌تفکیک در هر شش رویشگاه جنگلی هیرکانی نشان می‌دهد. مقایسه درصد فراوانی زادآوری طبیعی دانه‌زاد براساس نوع گونه چوبی نشان داد که بیشترین درصد فراوانی راش متعلق به رویشگاه زیلکی‌رود است. کمترین درصد فراوانی نیز در رویشگاه بلیران مشاهده شد. باین‌حال، رویشگاه چهل‌چای، فاقد زادآوری دانه‌زاد راش بود. بیشترین درصد فراوانی زادآوری دانه‌زاد ممرز (۵۰/۶۴ درصد) در رویشگاه فریرود و کمترین (صفر درصد) در سه‌هزار مشاهده شد. همچنین، بیشترین درصد فراوانی

جدول ۵- درصد فراوانی زادآوری فرم دانه‌زاد و شاخه‌زاد براساس نوع گونه چوبی

Table 5. Percentage of regeneration frequency of standard and coppice form based on species

Regeneration form	Species	Chehel Chai	Beliran	Dohezar	Sehezar	Zilkiroud	Fariroud
Standard	<i>Fagus orientalis</i>	0	0.16	30	19.34	34.23	16.27
	<i>Carpinus betulus</i>	14.85	0.77	25.67	0	8.07	50.64
	<i>Quercus castaneifolia</i>	63.16	2.11	34.74	0	0	0
	<i>Acer velutinum</i>	25.71	40.75	1.94	0	12.13	19.47
	<i>Other species</i>	11.25	31.98	5.7	1.85	39.79	9.44
Coppice	<i>Fagus orientalis</i>	0	1.47	29.91	0	64.47	4.15
	<i>Carpinus betulus</i>	23.66	0	26.88	0	0	49.46
	<i>Quercus castaneifolia</i>	100	0	0	0	0	0
	<i>Acer velutinum</i>	54.03	29.84	0	0	10.48	5.65
	<i>Other species</i>	12.1	10.11	17.47	1.98	16.58	41.76

داد که بیشترین درصد زادآوری شاخه‌زاد راش با ۶۴/۴۷ درصد متعلق به رویشگاه زیلکی‌رود است. رویشگاه‌های

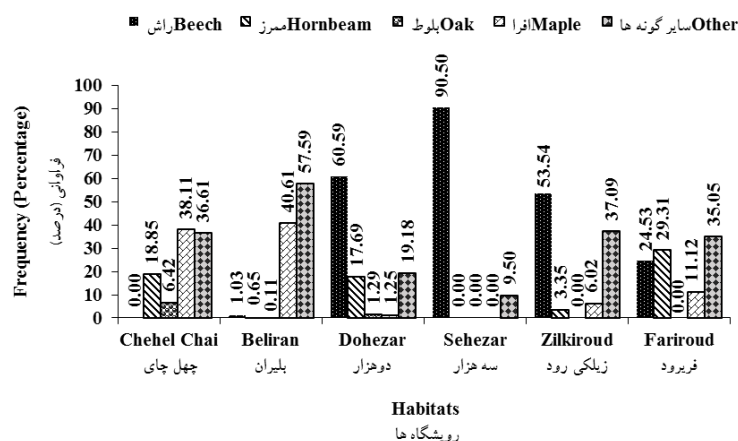
مقایسه درصد فراوانی زادآوری طبیعی شاخه‌زاد براساس نوع گونه چوبی در رویشگاه‌های مختلف (جدول ۵) نشان

دو هزار، بیشینه فراوانی زادآوری را به خود اختصاص داد و سایر گونه‌ها و ممرز در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفتند. بیشترین فراوانی زادآوری در رویشگاه سه هزار به راش اختصاص یافت. ممرز، بلوط و افرا در این رویشگاه، فاقد زادآوری بودند. عمده فراوانی زادآوری رویشگاه زیلکی رود به راش و سایر گونه‌ها اختصاص داشت. افرا و ممرز در این رویشگاه دارای کمینه فراوانی زادآوری و بلوط، فاقد زادآوری بود. سایر گونه‌ها در رویشگاه فریرود، بیشینه فراوانی زادآوری را به خود اختصاص دادند و ممرز و راش در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه میانگین از روش تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA) نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار برای ارتفاع و قطر یقه در طبقه‌های مختلف و عدم تفاوت معنی‌دار در رویشگاه‌های متنوع است (جدول‌های ۶ و ۷). از تجزیه واریانس یک طرفه برای تعیین اینکه آیا بین میانگین‌های چند سطح از متغیر مستقل، تفاوت معنی‌داری وجود دارد یا خیر، استفاده می‌شود. در این پژوهش، میانگین‌های قطر یقه و ارتفاع در طبقه‌های مختلف با احتمال ۹۵ درصد، تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۶)، اما میانگین‌های قطر یقه و ارتفاع در رویشگاه‌های مختلف با توجه به بیشتر بودن مقدار معنی‌داری نسبت به ۰/۰۵، معنی‌دار نبود.

چهل چای و سه هزار، فاقد زادآوری طبیعی شاخه‌زاد راش بودند. بیشترین فراوانی ممرز با فرم شاخه‌زاد در رویشگاه فریرود با ۴۹/۴۶ درصد مشاهده شد، درحالی‌که سه رویشگاه بلیران، سه هزار و زیلکی رود، فاقد زادآوری ممرز با فرم شاخه‌زاد بودند. همچنین، در میان رویشگاه‌های مورد مطالعه فقط چهل چای دارای زادآوری شاخه‌زاد بلوط بلندمازو بود. بیشترین درصد فراوانی افرا پلت (۵۴/۰۳ درصد) در رویشگاه چهل چای مشاهده شد، درحالی‌که رویشگاه‌های دو هزار و سه هزار، فاقد زادآوری این گونه جنگلی با فرم شاخه‌زاد بودند. ۴۱/۷۶ درصد از زادآوری طبیعی شاخه‌زاد سایر گونه‌ها در رویشگاه فریرود مشاهده شد. کمترین میزان فراوانی زادآوری شاخه‌زاد سایر گونه‌ها با ۱/۹۸ درصد در رویشگاه سه هزار به دست آمد.

در نهایت، شکل ۸ نشان‌دهنده درصد فراوانی زادآوری گونه‌های مختلف چوبی به تفکیک در هر شش رویشگاه جنگلی هیرکانی است. مقایسه فراوانی زادآوری طبیعی گونه‌های مختلف چوبی نشان داد که بیشترین درصد فراوانی زادآوری در رویشگاه چهل چای به افرا پلت اختصاص دارد. سایر گونه‌ها و ممرز به ترتیب در جایگاه‌های دوم و سوم قرار گرفتند. عمده فراوانی زادآوری رویشگاه بلیران به افرا و سایر گونه‌ها اختصاص یافت. راش، ممرز و بلوط، کمینه فراوانی زادآوری را در این رویشگاه داشتند. راش در رویشگاه



شکل ۸- درصد فراوانی زادآوری گونه‌های چوبی در رویشگاه‌های مختلف

Figure 8. Percentage of regeneration frequency of woody species in various habitats

جدول ۶- نتایج تحلیل واریانس برای ارتفاع و قطر یقه در طبقه‌های مختلف

**Table 6. Variance analysis results for height and collar diameter in different classes**

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Diameter	Between Groups	1725250.333	2	862625.167	3.89	0.044*
	Within Groups	3326280.167	15	221752.011		
	Total	5051530.5	17			
Height	Between Groups	1720421.444	2	860210.722	3.543	0.035*
	Within Groups	3641710.333	15	242780.689		
	Total	5362131.778	17			

\*: Significant at  $p < 0.05$ 

جدول ۷- نتایج تحلیل واریانس برای ارتفاع و قطر یقه در رویشگاه‌های متنوع

**Table 7. Variance analysis results for height and collar diameter in different habitats**

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Diameter	Between Groups	2016419.167	5	403283.833	1.594	0.235 <sup>ns</sup>
	Within Groups	3035111.333	12	252925.944		
	Total	5051530.500	17			
Height	Between Groups	1960451.111	5	392090.222	1.383	0.298 <sup>ns</sup>
	Within Groups	3401680.667	12	283473.389		
	Total	5362131.778	17			

ns: non-significant

در مقایسه طبقه‌های مختلف ارتفاعی، بیشترین میانگین فراوانی زادآوری (۴۶۷ اصله) در طبقه ارتفاعی کمتر از ۳۰ سانتی‌متر مشاهده شد، درحالی‌که کمترین میانگین فراوانی زادآوری به طبقه ارتفاعی بیشتر از ۱۳۰ سانتی‌متر اختصاص یافت که برابر با ۷۰ اصله نهال بود. همچنین، میانگین زادآوری در طبقه ارتفاعی ۳۰ تا ۱۳۰ سانتی‌متر برابر با ۱۳۶ اصله نهال به‌دست آمد (جدول ۸).

بیشترین میانگین فراوانی زادآوری (۴۹۹ اصله) در طبقه قطر یقه کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر مشاهده شد. کمترین میانگین فراوانی زادآوری نیز به طبقه قطر یقه ۷/۵ تا ۱۲/۵ سانتی‌متر اختصاص یافت که برابر با ۶۳ اصله نهال بود. میانگین زادآوری قطر یقه در طبقه ۲/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر برابر با ۱۱۲ اصله نهال به‌دست آمد (جدول ۸).

جدول ۸- میانگین فراوانی زادآوری براساس قطر یقه و ارتفاع

**Table 8. Average of regeneration frequency based on collar diameter and height**

	Class (cm)	Average of regeneration frequency
Diameter	< 2.5	499
	2.5 - 7.5	112
	7.5 - 12.5	63
Height	< 30	467
	30 - 130	136
	> 130	70

(Oliver & Larson, 1996). در این سناریوها، درختان در مناطق باز از طریق بذر، جوانه یا زادآوری طبیعی شروع به رشد می‌کنند. عوامل محیطی و بوم‌شناختی متعددی همچون ترکیب پوشش گیاهی، ترکیب زادآوری و تنوع گونه‌ای در

**بحث**

عواقب آشفته‌گی‌های بزرگ مانند آتش‌سوزی‌ها، طوفان‌های بادی یا قطع درختان اغلب سبب ایجاد فرایندهای مشابه در جنگل‌های سراسر جهان می‌شود

چرای شدید یا حفاظت از جنگل‌ها و عرصه‌های طبیعی به‌عنوان مؤثرترین راه‌حل در این زمینه مطرح است. ارزیابی الگوهای زادآوری نشان‌دهنده پتانسیل زادآوری دانه‌زاد و شاخه‌زاد در جنگل‌های هیرکانی است. با این حال، گونه‌های غالب در این منطقه، به‌ویژه راش نسبت به گونه‌های جنگلی دیگر، نهال‌های به‌نسبت کمتری را با قطرهای ۲/۵ تا ۱۲/۵ سانتی‌متر داشت. این پدیده ممکن است نشان‌دهنده جایگزینی بالقوه گونه‌های دیگر باشد که سازگاری بهتری با اختلالات محیطی دارند ( Mataji & Vahedi, 2023; Pradhan & Khaling, 2024).

در حالی‌که زادآوری در دهه‌های اخیر، توجه فزاینده‌ای را به‌خود جلب کرده است، پیچیدگی افزایش‌یافته در توده‌های آمیخته جوان ناشی از فعل‌وانفعالات بین‌گونه‌ای به درک بیشتری نیاز دارد. فعل‌وانفعالات گونه‌ها، جنبه‌های مثبت و منفی را دربرمی‌گیرد و مؤلفه‌های کلیدی پویایی جنگل‌ها را تشکیل می‌دهد که اغلب زیربنای همزیستی گونه‌ها و فرایندهای جایگزینی هستند ( Goldberg & Barton, 1992). فعل‌وانفعالات منفی، مانند رقابت بین‌گونه‌ای یا درون‌گونه‌ای، زمانی رخ می‌دهد که تقاضای هم‌زمان منابع از گونه‌ها یا افراد مختلف به‌طور منفی بر بقا، رشد یا زادآوری گونه‌ها تأثیر بگذارد ( Begon et al., 1996). برعکس، تعاملات مثبت که تسهیل‌ناپذیر می‌شود، زمانی به‌وجود می‌آیند که یک گونه، بقا، رشد یا بازسازی گونه دیگری را افزایش دهد ( Callaway, 2007). این اثرات مثبت ممکن است از طریق سازوکارهایی مانند محافظت در برابر گیاه‌خواران، شرایط سخت محیطی یا رقیبان دیگر آشکار شود ( Brooker et al., 2008). در جنگل‌های آمیخته، اثرات کاهش رقابتی و تسهیل اغلب به‌طور هم‌زمان اتفاق می‌افتد که تمایز آن‌ها چالش‌برانگیز است، بنابراین در مجموع، به‌عنوان اثرات مکمل توصیف می‌شوند (Forrester, 2014).

ترکیب زادآوری دانه و شاخه‌زاد درختان راش در توده زیلکی‌رود (جنگل‌های هیرکانی غربی) به‌طور قابل‌توجهی از توده‌های دیگر بیشتر به‌دست آمد که نشان‌دهنده وضعیت

یک توده جنگلی طبیعی بر ویژگی‌های مختلف بوم‌سازگان تأثیر می‌گذارد. با این حال، این ویژگی‌ها ممکن است به‌دلیل شیوه‌های مدیریت جنگل، دستخوش تغییرات شوند (Southon et al., 2018).

زادآوری طبیعی، یک شاخص کلیدی از وضعیت بهینه و طبیعی یک جنگل است (Dubravac et al., 2024). براساس یافته‌های پژوهش پیش‌رو، فراوانی نسبی نهال در مراحل اولیه و ویژگی‌های کمی زادآوری، تغییراتی را در پاسخ به شرایط محیطی و شیوه‌های مدیریت جنگل از جمله برداشت نشان می‌دهد. با تحلیل ویژگی‌های کمی به‌دست‌آمده از توده‌های مدیریت‌شده در سراسر مناطق غربی (زیلکی‌رود و فریرود)، مرکزی (بلیران، دوهزار و سه‌هزار) و شرقی (چهل‌چای) در جنگل‌های هیرکانی مشخص شد که توده‌های غربی جنگل‌های هیرکانی در مقایسه با توده‌های مرکزی و شرقی، نهال‌های دانه و شاخه‌زاد بیشتری با قطر یقه کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر (نونهال)، ۲/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر و نیز نهال‌هایی با ارتفاع کمتر از ۱۳۰ سانتی‌متر دارند. نسبت قطر و ارتفاع آن‌ها، نشان‌دهنده جوان بودن توده و وجود نور کافی است. این توده‌ها، شرایط مساعدی را برای زادآوری از نظر کیفیت خاک و وجود درختان دانه‌زاد فراهم می‌کنند ( Karami et al., 2017; Mataji & Vahedi, 2023).

برعکس، جنگل‌های هیرکانی شرقی در مقایسه با هم‌تایان خود در جنگل‌های هیرکانی غربی، تعداد بیشتری زادآوری دانه و شاخه‌زاد را در هر هکتار با قطر یقه ۷/۵ تا ۱۲/۵ سانتی‌متر و ارتفاع بیشتر از ۱۳۰ سانتی‌متر نشان می‌دهند. این امر نشان‌دهنده استقرار زادآوری مطلوب در جنگل‌های هیرکانی شرقی و وجود عوامل محیطی نامطلوب در جنگل‌های هیرکانی غربی است. چنانچه در توده‌های هیرکانی غربی، با افزایش سن، تعداد نهال‌ها کاهش می‌یابند. عوامل زیستی مانند رقابت برای نور و عوامل محیطی مؤثر بر تخریب نهال مانند چرای وسیع در این مناطق (Javanmiri Pour et al., 2012; Karami et al., 2017) نقش محوری دارند. اجرای اقداماتی برای جلوگیری از

به گردشگری، دامداری، باغداری و کشاورزی می‌پردازند. کشاورزی و دامداری، فعالیت‌های اصلی معیشت در منطقه بلیران را تشکیل می‌دهند. در رویشگاه چهل‌چای، منابع درآمد اولیه جنگل‌نشینان اغلب از طریق دامداری، کشاورزی، زنبورداری و کشت درختان میوه به‌دست می‌آید. در مناطق مجاور دامداری و چرای دام، فراوانی نهال‌های جنگلی به‌طور مستقیم با چرا برای حفظ گونه‌های جنگلی و ویژگی‌های بوم‌شناختی گونه‌های جنگلی ارتباط دارد (Khoonsiavashan *et al.*, 2021).

در نهایت، مناطق زیلکی‌رود و فریرود از نظر استقرار نهال، بیشترین پایداری را داشتند. برعکس، منطقه سه‌هزار با استقرار نهال کمتر نشان‌دهنده کاهش قابل توجه تنوع گونه‌ای است. به‌طور خلاصه، نتایج این پژوهش، نقش محوری استقرار نهال طبیعی را در افزایش تنوع گونه‌ای در بوم‌سازگان‌های جنگلی هیرکانی تأیید می‌کند، بنابراین توصیه می‌شود به‌عنوان بخشی از تلاش برای افزایش استقرار نهال، فعالیت‌هایی مانند چرای دام در این مناطق به‌شدت محدود شود. به‌علاوه، حذف دام از جنگل، ابتکارات حفاظت و احیا و مشارکت جوامع محلی در برنامه‌های مدیریت چندمنظوره می‌تواند به احیای استقرار زادآوری گونه‌های چوبی در این بوم‌سازگان‌های ارزشمند کمک کند.

### سیاسگزاری

این مقاله برگرفته از پروژه ملی «مدیریت چندمنظوره جنگل‌های هیرکانی» تحت قرارداد ۸۵۰۱۱/۹۵/۹۳ است. از برنامه عمران ملل متحد، تسهیلات جهانی محیط زیست و سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور که هزینه‌های اجرایی این طرح را برعهده گرفته‌اند، تشکر می‌شود. همچنین، از جناب آقای دکتر محسن جوانمیری‌پور که به غنای مقاله افزودند، قدردانی می‌شود.

مطلوب در برنامه‌های مدیریت جنگل‌داری این رویشگاه است. با این حال، توده جنگل‌های هیرکانی شرقی (چهل‌چای) فاقد زادآوری دانه و شاخه‌زاد راش بود. همچنین، کمینه زادآوری این گونه در رویشگاه بلیران مشاهده شد. عدم زادآوری راش، جنگل‌های آینده منطقه چهل‌چای و بلیران را به‌خطر می‌اندازد. این توده‌ها را می‌توان از طریق اقداماتی مانند حذف دام و مشارکت جوامع محلی در برنامه‌های مدیریت جنگل‌داری، تضمین پایداری و تسهیل شرایط اوج حفظ و احیا کرد. این یافته‌ها با نتایج گزارش‌شده توسط Haidari و همکاران (۲۰۱۳) و Pourbabaei و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارند. ترکیب زادآوری دانه و شاخه‌زاد افرا و ممرز در جنگل‌های هیرکانی شرقی (رویشگاه چهل‌چای) از توده‌های دیگر بیشتر بود. همچنین، زادآوری ترکیبی افرا در جنگل‌های رویشگاه بلیران از توده‌های دیگر بیشتر به‌دست آمد. با این حال، تعداد کل زادآوری گونه‌های دیگر در توده‌های غربی (رویشگاه زیلکی‌رود) نسبت به توده‌های دیگر بیشتر بود. هرچند زادآوری راش موجود در رویشگاه سه‌هزار فقط ۱۶/۲۷ درصد از کل زادآوری راش بین رویشگاه‌های مورد مطالعه را به‌خود اختصاص داد، اما رویشگاه سه‌هزار نیز تنها رویشگاهی بود که عمده زادآوری موجود در آن به راش اختصاص داشت (۹۰/۵ درصد). این موضوع می‌تواند در آینده، جنگل‌های رویشگاه سه‌هزار را به‌سمت توده‌های خالص راش سوق دهد که از نظر بوم‌شناختی و تنوع‌زیستی نامناسب است.

علاوه بر پدیده‌های طبیعی و فرایندهای تکاملی، معیشت و فعالیت‌های مردم بومی به‌طور مستقیم بر زادآوری تأثیر می‌گذارند (Javanmiri Pour *et al.*, 2012; Nasiri *et al.*, 2023). معیشت جنگل‌نشینان محلی فریرود و زیلکی‌رود اغلب حول محور کشاورزی و دامداری می‌چرخد. در رویشگاه‌های دوهزار و سه‌هزار، جوامع محلی به‌طور معمول

## References

- Amanzadeh, B., Saghebtalebi, Kh., Pahrizkar, P., Shahinroksar Ahmadi, P., Moradi, A., Pourbabaee, H. and Yousefpour, M., 2019. Comparison of regeneration and diversity of herbaceous species in created and natural gaps. *Journal of Forest Research and Development*, 5(1): 153-167 (In Persian with English summary).
- Begon, M., Harper, J.L. and Townsend, C.R., 1996. *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. Blackwell Science, Oxford, 1068p.
- Brooker, R.W., Maestre, F.T., Callaway, R.M., Lortie, C.L., Cavieres, L.A., Kunstler, G., ... and Michalet, R., 2008. Facilitation in plant communities: the past, the present, and the future. *Journal of Ecology*, 96(1): 18-34.
- Callaway, R.M., 2007. *Positive Interactions and Interdependence in Plant Communities*. Springer, Dordrecht, 404p.
- Cooper, A., Moshe, Y., Zangi, E. and Osem, Y., 2014. Are small-scale overstory gaps effective in promoting the development of regenerating oaks (*Quercus ithaburensis*) in the forest understory? *New forests*, 45(6): 843-857.
- Crouzeilles, R., Beyer, H.L., Monteiro, L.M., Feltran-Barbieri, R., Pessôa, A.C.M., Barros, F.S.M., ... and Strassburg, B.B.N., 2020. Achieving cost-effective landscape-scale forest restoration through targeted natural regeneration. *Conservation Letters*, 13(3): e12709.
- Delfan Abazari, B., Sagheb - Talebi, Kh. and Namiranian, M., 2004. Regeneration gaps and quantitative characteristics of seedlings in different development stages of undisturbed beech stands (Kelardasht, Northern Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 12(2): 266-251 (In Persian with English summary).
- Diaci, J., Rozman, J. and Rozman, A., 2020. Regeneration gap and microsite niche partitioning in a high alpine forest: Are Norway spruce seedlings more drought-tolerant than beech seedlings? *Forest Ecology and Management*, 455: 117688.
- Dubravac, T., Barcic, D., Rosavec, R., Spanjol, Z., and Vojnikovic, S., 2024. The dynamics of stand structure development and natural regeneration of common beech (*Fagus sylvatica* L.) in Plitvice Lakes National Park. *Forests*, 15(2): 357.
- Faraji, F., Eshaghi Rad, J., Parhizkar, P. and Manthey, M., 2021. Quantitative characteristics of regeneration in natural and harvested made canopy gaps in different elevations in oriental beech (*Fagus orientalis*) forests. *Journal of Forest Research and Development*, 6(4): 661-678 (In Persian with English summary).
- Forrester, D.I., 2014. The spatial and temporal dynamics of species interactions in mixed-species forests: from pattern to process. *Forest Ecology and Management*, 312: 282-292.
- Gazda, A., Kościelniak, P., Hardy, M., Muter, E., Kędra, K., Bodziarczyk, J., ... and Szwagrzyk, J., 2019. Upward expansion of distribution ranges of tree species: Contrasting results from two national parks in Western Carpathians. *Science of The Total Environment*, 653: 920-929.
- Goldberg, D.E. and Barton, A.M., 1992. Patterns and consequences of interspecific competition in natural communities: a review of field experiments with plants. *The American Naturalist*, 139(4): 771-801.
- Haidari, M., Etemad, V. and Khosropour, E., 2013. Study of tree regeneration in the grazed and non-grazed areas in the Iran-o-Turanian Ecological Zones. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(1): 18-24.
- Hajjarian, M., Hosseinzadeh, O. and Khaledi, F., 2016. Using combined MADM approach for Hyrcanian forests management. *Environmental Sciences*, 14(3): 1-12 (In Persian with English summary).
- Hamidi, S.K., de Luis, M., Bourque, C.P.A., Bayat, M. and Serrano-Notivoli, R., 2023. Projected biodiversity in the Hyrcanian Mountain Forest of Iran: An investigation based on two climate scenarios. *Biodiversity and Conservation*, 32: 3791-3808.
- Javanmiri Pour, M., Marvie Mohadjer, M.R., Etemad, V. and Zobeiri, M., 2012. Effects of grazing on natural regeneration of tree and herb species of Kheyroud forest in northern Iran. *Journal of Forestry Research*, 23(2): 299-304.
- Javanmiri Pour, M., Nobakht, A.A., Ataei, I., Bayat, D., Karami, J. and Bayat, N., 2019. Public awareness about the values of Hyrcanian forests in the Fariroud-Zilkiroud, Dohezar-Sehezar, Balairan and Chehelchai Watersheds. *Journal of Environmental and Natural Resource Economics*, 3(6): 1-28 (In Persian with English summary).
- Karami, A., Karamshahi, A. and Shahi, E., 2017. Effects of forestry practices on the regeneration and biodiversity of woody plants in the northern forest ecosystems of Iran. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 1(4): 264-270.
- Khoonsiavashan, S., Shakeri, Z., Mohammadi Samani, K. and Maroofi, H., 2021. Effect of livestock type and grazing intensity on vegetation composition and diversity in Armardeh forests, Baneh. *Journal of Forest Research and Development*, 7(2): 213-234 (In Persian with English summary).
- Kim, M., Lee, S., Lee, S., Yi, K., Kim, H.S., Chung, S., ... and Yoon, T.K., 2022. Seed dispersal models for natural regeneration: a review and prospects. *Forests*, 13(5): 659.

- Lu, D., Zhu, J., Wang, X., Hao, G. and Wang, G.G., 2021. A systematic evaluation of gap size and within-gap position effects on seedling regeneration in a temperate secondary forest, Northeast China. *Forest Ecology and Management*, 490: 119140.
- Mataji, A. and Vahedi, A.A., 2023. Response of established oriental beech (*Fagus orientalis* L.) regeneration to canopy gap formation in the Hyrcanian forest ecosystems. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(1): 777-790.
- Mohammadi, L., Marvie-Mohadjer, M.R., Etemad, V. and Sefidi, K., 2014. Quantitative characteristics of regeneration in natural and tree fall canopy gaps in the mixed beech stands, Northern Iran (Case Study: Namkhaneh district, Kheyroud Forest). *Iranian Journal of Forest*, 6(4): 457-470 (In Persian with English summary).
- Nasiri, V., Heidarlou, H.B., Abbasnezhad Alchin, A., Moradi, F., Rahmanian, S., Afshari, S., ... and Griess, V.C., 2023. How do conservation policies, climate and socioeconomic changes impact Hyrcanian forests of northern Iran? *Ecological Informatics*, 78: 102351.
- Oliver, C.D., and Larson, B.C., 1996. *Forest Stand Dynamics*, Update Edition. John Wiley, New York, 544p.
- Parhizkar, P., Sadeqzadeh Hallaj, M.H. and Hassani, M., 2022. Quantitative and qualitative characteristics of regeneration in Shafarood managed and unmanaged beech forests. *Journal of Forest Research and Development*, 8(4): 343-354 (In Persian with English summary).
- Paul, A., Khan, M.F. and Das, A.K., 2019. Population structure and regeneration status of rhododendrons in temperate mixed broad-leaved forests of western Arunachal Pradesh, India. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 3(3): 168-186.
- Pourbabaee, H., Ebrahimi, S.S., Torkaman, J. and Pothier, D., 2014. Comparison in woody species composition, diversity and community structure as affected by livestock grazing and human uses in beech forests of northern Iran. *Forestry Ideas*, 20: 1-11.
- Pradhan, A. and Khaling, S., 2024. Structure, composition, and regeneration status of trees in non-protected forests of Eastern Himalaya. *Tropical Ecology*, 65: 443-459.
- Ravanbakhsh, H., Pourhashemi, M., Hamzeh'ee, B., Rashidi, F., Iranmanesh, Y., Bordbar, S., ... and Rahimi, H., 2024. Reproduction and the importance of nurse species in the monitoring plots of Zagros forests, Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 32(1): 61-76 (In Persian with English summary).
- Sagheb-Talebi, Kh., Parjizkar, P., Hassani, M., Amanzadeh, B., Hemmati, A., Khanjani Shiraz, B., ... and Delfan Abazari, B., 2020. Regeneration and establishment of natural young generation in intact oriental beech stands of Hyrcanian forests. *Journal of Forest Research and Development*, 6(3): 519-541 (In Persian with English summary).
- Salehnasab, A., Burkhart, H.E., Bayat, M., Khaleghi, B., Heidari, S. and Masood Awan, H.U., 2022. Projection matrix models: a suitable approach for predicting sustainable growth in uneven-aged and mixed Hyrcanian forests. *Sustainability*, 14(11): 6777.
- Shahnavaizi, H., Sagheb-Talebi, Kh. and Zahedi-Amiri, G., 2005. Qualitative and quantitative evaluation of natural regeneration in gaps within beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands of Caspian Region. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 13(2): 141-154 (In Persian with English summary).
- Southon, G.E., Jorgensen, A., Dunnett, N., Hoyle, H. and Evans, K.L., 2018. Perceived species-richness in urban green spaces: Cues, accuracy and well-being impacts. *Landscape and Urban Planning*, 172: 1-10.
- Subashree, K., Dar, J.A., Karuppusamy, S. and Sundarapandian, S., 2021. Plant diversity, structure and regeneration potential in tropical forests of Western Ghats, India. *Acta Ecologica Sinica*, 41(4): 259-284.
- Vahedi, A.A., 2021. Introducing canopy gap optimum size for established regeneration of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in the Hyrcanian mixed-forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 29(1): 41-52 (In Persian with English summary).
- Yan, Q., Zhu, J., Zhang, J., Yu, L. and Hu, Z., 2010. Spatial distribution pattern of soil seed bank in canopy gaps of various sizes in temperate secondary forests, Northeast China. *Plant and Soil*, 329(1): 469-480.