مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال پانزدهم، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۴۰۲
ص ۲۷۶-۲۵۹
مقاله پژوهشی

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22034/ijf.2022.343424.1870

مقایسهٔ ویژگی‌های ساختاری توده‌های شاخه‌زاد و دانه‌زاد راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) در جنگل‌های هیرکانی (مطالعهٔ موردی: جنگل‌های منطقهٔ کجور نوشهر)

مهران اسمعیلی[۱]، محسن جوانمیری‌پور[۲*]، وحید اعتماد[۳] و منوچهر نمیرانیان[۴]

[۱]کارشناسی ارشد علوم زیستی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج.
[۲]دانش آموخته دکتری علوم جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج.
[۳]دانشیار، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج.
[۴]استاد بازنشسته، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۱۰)

چکیده

در شرایط خاص طبیعی اقلیمی و رویشگاهی و غیرطبیعی ناشی از تخریب انسان راش می‌تواند جست تولید کند و فرم شاخه‌زاد را پدید آورد. این پژوهش به مقایسهٔ ویژگی‌های ساختاری توده‌های شاخه‌زاد و دانه‌زاد راش جنگل‌های هیرکانی در منطقهٔ چتن شهرستان نوشهر می‌پردازد. برای تعیین موجودی، قطر برابرسینهٔ همهٔ درختان با آماربرداری صددرصد اندازه‌گیری شد. برای بررسی ساختار مکانی در دو تودهٔ قطعه نمونه‌های ۰/۵ هکتاری با روش فاصله- آزیموت استقرار یافتند و همهٔ فاکتورهای مربوط برداشت شدند. موجودی خشک‌دارهای سرپا و افتاده در دو توده نیز اندازه‌گیری شد. براساس نتایج در تودهٔ شاخه‌زاد تعداد در هکتار درختان زنده و خشک راش به‌ترتیب ۱۷۴ و ۹/۷ اصله در هکتار و حجم آنها به‌ترتیب ۱۴۶/۲ و ۳/۶ مترمکعب در هکتار بود. در تودهٔ دانه‌زاد تعداد پایه‌های زنده و خشک راش ۱۴۵ و ۱۱ اصله در هکتار را شامل می‌شد که حجم آنها به‌ترتیب ۱۴۷/۵ و ۱۲/۱ متر مکعب بود. ۵۵ درصد از خشک‌دارهای سرپا در تودهٔ شاخه‌زاد و ۳۵ درصد از خشک‌دارهای سرپا و ۴۲ درصد افتاده در تودهٔ دانه‌زاد در درجهٔ یک پوسیدگی قرار داشتند. تعداد جست در جست‌گروه راش چهار پایه است که سهم این جست‌گروه‌ها ۱۷ درصد فراوانی کل جست‌گروه‌ها بود. جست‌گروه‌های شامل پنج جست و دو جست نیز ۱۶/۹ و ۱۶/۵ درصد فراوانی را شامل می‌شدند. شاخص‌های ساختار مکانی راش در تودهٔ شاخه‌زاد شامل تفکیک پیلو، تجمعی کلارک- ایوانز، شاخص آمیختگی، اختلاف قطر، ابعاد قطر و زاویهٔ یکنواخت، به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ پیوستگی گونه‌ای، کپه‌ای، غالبیت شدید راش، اختلاف متوسط، کوچک بودن غالبیت ابعاد و توزیع کپه‌ای بود. در این پژوهش، استفاده‌های سنتی از جنگل بر ویژگی‌های ساختاری رویشگاه‌های راش اثرگذار بوده است. بنابراین پیشنهاد می‌شود که این توده‌ها و دیگر توده‌های مشابه به‌منزلهٔ ذخیره‌گاه جنگلی حفاظت شوند تا سوق یافتن این توده‌ها به‌سوی حالت مطلوب‌تر و پایداری سیمای سرزمین در این مناطق تضمین شود.

واژه‌های کلیدی: تراکم، چتن، خشک‌دار، راش، ساختار مکانی، موجودی حجمی.

مقدمه

جنگل‌ها به پیروی از عوامل زیست‌محیطی ویژگی‌های منحصربه‌فردی دارند؛ یکی از این عوامل ساختار توده است که تأثیر چشمگیری بر زادآوری و خرد اقلیم جنگل می‌گذارد (Esteghamat, 2003؛ Shabani et al., 2022). در فرایند مدیریت جنگل، بررسی ساختار توده‌های جنگلی به‌منظور ارزیابی وضعیت فعلی و طراحی دستورالعمل‌های آینده از قبیل عملیات قطع، پرورش و زادآوری اهمیت فراوانی دارد (Kint et al., 2000). ساختار توده‌های جنگلی از مؤلفه‌های

* نویسنده مسئول
شماره تماس: ۰۲۶۳۲۲۳۰۴۴
ایمیل: mjavanmiri@ut.ac.ir

مهم در شناخت و توصیف بوم‌سازگان‌های جنگلی است (Javanmiri Pour et al., 2016).

تودهٔ جنگلی چه به فرم دانه‌زاد و چه شاخه‌زاد همانند یک ساختمان در مقاطع مختلف زندگی دارای شکل‌های متفاوتی است. برای شناخت، مطالعه و برنامه‌ریزی دقیق دربارهٔ توده‌های جنگلی باید ویژگی‌های آنها را بررسی کرد. بررسی نیمرخ تودهٔ جنگلی دارای اهمیت زیادی است و اطلاعات جامعی دربارهٔ ساختار جنگل ارائه می‌دهد (Javanmiri Pour et al., 2017). ساختار شامل تنوع گونه‌ای، تراکم، موجودی، پراکنش اندازه‌های درختان، پراکنش عمودی شاخ و برگ، پراکنش مکانی درختان و درختچه‌ها، فراوانی خشک‌دارهای سرپا یا افتاده و زادآوری است (Ali, 2019).

در زمینهٔ بررسی ویژگی‌های ساختاری در طی سال‌های گذشته اروپاییان در توده‌های طبیعی دانه‌زاد و شاخه‌زاد پژوهش‌های گسترده‌ای انجام داده‌اند که از جمله می‌توان به تحقیقات Korpel (1995); (1983) Leibundgut; Emborg et al. (2000); Coppini & Nocentini (2008) Hermanin (2007); Šrámek et al. (2015); Sjolund & Jump (2015) و Mariotti et al. (2017) اشاره کرد. در ایران نیز در سال‌های گذشته پژوهش‌هایی دربارهٔ ساختار توده‌های طبیعی دانه‌زاد در جنگل‌های هیرکانی انجام گرفته است (Mehdiani et al., 2012، Delfan Abazari et al., 2004، Mataji & Namiranian, 2007؛ Moridi et al., 2021).

جنگل‌های شمال کشور از هشتاد گونهٔ درختی و پنجاه گونهٔ درختچه‌ای تشکیل شده که در گذشته به‌صورت سنتی و بعد از سال ۱۳۳۸ شمسی در قالب طرح‌های جنگل‌داری با شیوه‌های مختلف جنگل‌شناسی بهره‌برداری شده‌اند (Marvi Mohadjer, 2013). توده‌های به‌جامانده از این بهره‌برداری‌ها اغلب به فرم دانه‌زاد و به‌صورت محدود به فرم شاخه‌زاد وجود دارند.

این جنگل‌های شاخه‌زاد جایگاهی از نظر تولید چوب صنعتی ندارند، اما به‌دلیل تأثیر مهم در تنظیم آب، خاک و تعادل بوم‌شناختی رویشگاه‌ها باید مورد توجه و ارزیابی دقیق به‌ویژه در مناطق کمتر تخریب‌یافته قرار گیرند، چراکه با تخریب بیشتر این‌گونه مناطق و تغییر شرایط طبیعی احیای آنها در آینده میسر نخواهد بود (Pourhashemi, 2019). از مهم‌ترین استفاده‌های صورت‌گرفته از این جنگل‌ها می‌توان به دامداری، برداشت چوب سوخت، جمع‌آوری بذر و محصولات فرعی اشاره کرد (Sagheb Talebi et al., 2014).

یکی از گونه‌های تجاری و مهم جنگل‌های شمال که به‌طور غالب به فرم دانه‌زاد ناهمسال تا همسال و اغلب به‌صورت دو تا سه‌اشکوبه دیده می‌شود گونهٔ راش (*Fagus orientalis* Lipsky) است (Moradi, 2022). این گونه در نتیجهٔ بهره‌برداری سنتی در سال‌های گذشته توسط روستاییان در برخی از مناطق ارتفاعی جنگل‌های راش، توده‌های شاخه‌زاد تشکیل داده است. این درخت با گونه‌های دیگر تیپ‌ها و جوامع مختلفی از جمله راشستان با سرخدار، راشستان با جل، راشستان با خاس، به‌صورت راشستان آمیخته و حتی راشستان خالص تشکیل می‌دهد. گونهٔ راش از گونه‌های مهم در جنگل‌های شمال ایران است. راشستان‌های شمال ایران به‌طور کلی دانه‌زادند و اصولاً راش قابلیت جست‌دهی ضعیفی دارد. اما در موارد خاص رویشگاهی راش می‌تواند جست تولید کند و تودهٔ شاخه‌زاد را به‌وجود آورد (Marvi Mohadjer, 2013) که این شرایط ممکن است به‌صورت طبیعی بر اثر شرایط سخت اقلیمی و رویشگاهی یا غیرطبیعی بر اثر تخریب انسانی باشد (Khoshnevis et al., 2019).

پژوهش‌ها دربارهٔ توده‌های شاخه‌زاد صرفاً در جنگل‌های فندقلو (Aghabarati et al., 2018) و زاگرس (Pilehvar et al., 2015؛ Amirghasemi et al., 2001؛ Pourhashemi et al., 2014؛ Pirozi et al.,

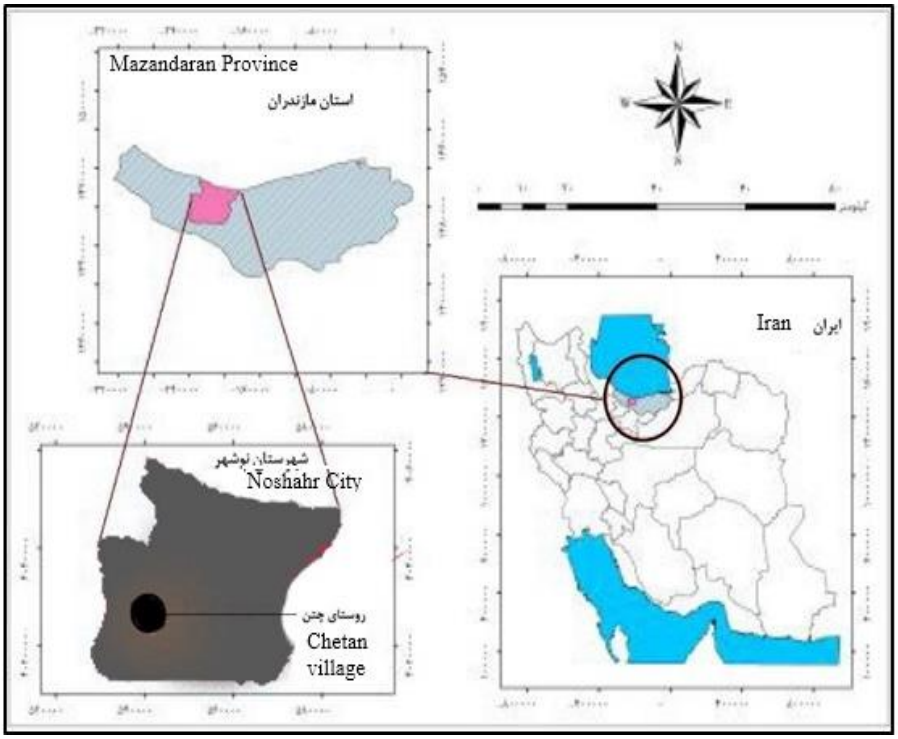
Pourhashemi & alimahmoodi Sarab, ؛2018 2021) صورت پذیرفته است. دربارهٔ توده‌های راش دانه‌زاد جنگل‌های هیرکانی در چند دههٔ گذشته به‌طور مبسوط پژوهش‌های زیادی انجام گرفته، اما نمونه‌ای از این پژوهش‌ها در توده‌های شاخه‌زاد این گونه وجود ندارد. جنگل‌های مجاور روستای چتن به دلایل مختلف شامل تخریب و چرای بی‌رویه، با کاهش تراکم و تغییر فرم رویشی از دانه‌زاد به شاخه‌زاد همراه بوده‌اند؛ با وجود این، شدت تخریب در توده‌های گوناگون متفاوت است، به‌طوری که در برخی مناطق پوشش جنگلی دانه‌زاد مناسب و متراکم مشاهده می‌شود. به‌دلیل وجود توده‌های مختلف از نظر تراکم و تنوع، بررسی دقیق‌تر جنبه‌های مختلف ساختاری این توده‌ها به‌عنوان بوم‌سازگانی که در گذر زمان تحت تأثیر عوامل تهدیدکننده به‌ویژه عوامل انسانی قرار گرفته‌اند ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین تحقیق حاضر تلاش دارد در قالب مقایسهٔ ساختار رویشگاه راش شاخه‌زاد با رویشگاه دانه‌زاد به‌منظور کسب دانستنی‌های بیشتر این موضوع را مدنظر قرار دهد.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

جنگل تحت بررسی در سمت جنوب غربی روستای چتن واقع شده که شامل توده‌های شاخه‌زاد و دانه‌زاد است. این روستا در دهستان پنجک‌رستاق و بخش کجور شهرستان نوشهر در فاصله ۶۷ کیلومتری از این شهر واقع شده است. از نظر موقعیت منطقه در عرض جغرافیایی ″۵۴ ′۱۹ °۳۶ و طول جغرافیایی ″۰۸ ′۲۸ °۵۱ واقع شده و به‌طور میانگین دارای ۱۹۵۰ متر ارتفاع از سطح دریاست. تنوع گونه‌ای در جنگل‌های تحت بررسی بسیار زیاد است که از گونه‌های درختی عمدهٔ آن می‌توان راش (*F. orientalis*)، بلوط (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey)، ممرز (*Carpinus betulus* L.)، پلت (*Acer velutinum* Boiss)، شیردار (*Acer cappadocicum* Gled)، کرب (*Acer campestre* L.)، گلابی جنگلی (*Pyrus glabra* Boiss)، بارانک (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz)، ازگیل (*Mespilus germanica* L.)، اَل (*Cornus* sp.)، لِوَر (*Carpinus orientalis* Mill.)، اوری (*Quercus macranthera* Fisch et Mey)، تیس (*Sorbus aucuparia* L.)، پلاخور (*Lonicera nummularifolia* Jaub. & Spach) و نسترن‌های وحشی (*Rosa* sp.) را نام برد. از گیاهان علفی یکساله و چندساله در محدودهٔ روستا و اطراف آن می‌توان انواع گندمیان (Poaceae)، یونجه (*Medicago sativa* L.) و شبدرهای وحشی (*Trifolium* sp.)، کوکنار (*Papaver somniferum* L.)، اکلیل کوهی (*Rosmarinus officinalis* L.)، گزنه (*Urtica dioica* L.)، پونه‌ی وحشی (*Mentha longifolia* L.)، نعنا (*Mentha spicata* L.)، علف چشمه (*Nasturtium officinale* L.)، ماميران (*Chelidonium majus* L.)، بومادران (*Achillea millefolium* L.)، گل گاوزبان (*Echium amoenum* Fisch. & Mey)، بنفشه (*Viola odorata* L.)، پامچال (*Primula veris* L.)، گل حسرت (*Colchicum automnale* L.)، توت‌فرنگی وحشی (*Fragaria vesca* L.)، بارهنگ (*Plantago major* L)، پلم (*Sambucus ebulus* L.)، گلپر (*Heracleum persicum* Desf.)، ترشک (*Rumex alpinus* L.) و نیلوفر وحشی (*Ipomoea purpurea* (L.) Roth) را نام برد (Avatefi Hemmat & Shamekhi, 2006).

این جنگل کوهستانی فاقد طرح جنگلداری بوده و در گذشته به‌طور وسیع برای تهیهٔ زغال استفاده شده است. در حال حاضر اهالی از پایه‌ها و جست‌های موجود برای مصارف خانگی استفاده می‌کنند، اما مدتی است که از جنگل‌های منطقه به شدت گذشته زغال تهیه نمی‌شود. وجود خاک‌های سیاه‌رنگ دارای زغال در دامنه‌های جنگلی اطراف روستا نشان‌دهندهٔ شدت این عملیات در سال‌های گذشته است.



شکل ۱- موقعیت کلی منطقهٔ پژوهش
Figure 1. location of the study area

شیوهٔ اجرای پژوهش

برای اجرای این پـژوهش یـک تـودهٔ ۲۰ هکتـاری راش شاخه‌زاد و یک تودهٔ ۲۰ هکتاری راش دانه‌زاد در مجاور آن انتخاب و هر دو توده آمـاربرداری صددرصـد شدند. مشخصات گونه، قطر برابرسـینهٔ همـهٔ درختـان بالاتر از حد شمارش (۷/۵ سانتی‌متر)، ارتفـاع و تعـداد جسـت در هـر جسـت گـروه (بـرای تـودهٔ شـاخه‌زاد) اندازه‌گیری و حجـم درختـان بـا اسـتفاده از رابطـهٔ ۱ محاسبه شد (Zobeiri, 2003).

$$v = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times h$$ رابطهٔ ۱

که در آن V حجم به سـیلو (مترمکعـب)، d قطـر برابرسینه (سانتی‌متر) و h ارتفاع درخت (متر) است.

برای بررسی ساختار مکانی که به مطالعهٔ چگونگی پراکنش انواع گونه‌های درختان در توده می‌پردازد، در هر دو توده با توجـه بـه تـراکم آنهـا یـک قطعه‌نمونـه مستطیل‌شـکل ۰/۵ هکتـاری (۱۰۰ × ۵۰ متـر) در جهـت شـیب غالـب طـوری کـه طـول آن در جهـت تغییرات ارتفاع از سطح دریا باشد در نظر گرفتـه شـد. سپس مختصات گوشهٔ جنوب غربی این قطعه نمونه‌ها بـا دسـتگاه موقعیت‌یـاب جهـانی (GPS) در سیسـتم مختصات UTM برداشت و ثبـت شـد. ازآنجـا کـه در جنگل‌هـای هیرکـانی بـه‌ویژه در توده‌هـای شـاخه‌زاد، فاصلهٔ درختان از یکدیگر به‌طـور معمـول کـم اسـت و دقت دستگاه GPS در بهترین حالت پـنج متـر اسـت، برای ثبـت درختـان موجـود در قطعـه نمونـه از روش فاصله- آزیموت استفاده شد. بقیهٔ داده‌های مورد نظـر شامل گونه، ارتفاع، ارتفاع شروع تـاج از سـطح زمـین، قطر تاج در جهت خطوط تراز و شیب عمومی محـل و بیشـترین قطـر تـاج نیـز انـدازه‌گیری و ثبـت شـد (Javanmiri Pour et al., 2017). در قطعـه نمونـهٔ استقراریافته در تودهٔ شـاخه‌زاد ۳۴۰ گـروه و در تـودهٔ دانه‌زاد ۲۱۵ گروه ساختاری انـدازه‌گیری شـد. روابـط، منابع، محدودهٔ مقادیر و تفسیر هر یک از شـاخص‌های ساختار مکانی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- روابط، منابع، محدودهٔ مقادیر و تفسیر هر یک از شاخص‌های ساختار

Table 1. Relationships, references, range of values and interpretation of each structure index

شاخص Index	منبع Reference	فرمول Formula	محدودهٔ مقادیر Range of values
شاخص پیلو (S) Pielou index	Pielou, 1977	$P=\pi\lambda\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} r_{pi}}{n}\right)^2$	1<p<1
کلارک و ایوانز (CE) Clark & Evans	Pommerening, 2002	$R=\frac{\hat{r}_{Observed}}{E(r)}$	$1 \le R \le 1$
زاویهٔ یکنواخت (Wi) Uniform angle	Pommerening, 2002	$W_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} Vj$	$Vj = \begin{cases} 1, \propto j \le \propto 0 \\ 0, otherwise \end{cases}$
آمیختگی گونه‌ها Mixture	Füldner, 1995; Aguirre *et al*., 2003	$M_i = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Vj$	$Vj = \begin{cases} 1, species\ j \neq species\ i \\ 0, otherwise \end{cases}$
تمایز DBH DBH differentiation	Füldner, 1995; Pommerening, 1997, 2002	$TD_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(1-rij)$	$rij = \frac{smaller\ DBH}{higher\ DBH}$
غالبیت DBH DBH dominance	Hui et al., 1998	$U_i = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3} v_{ij}$	$v_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \rightarrow DBH_i \ge DBH_j \\ 0 \rightarrow DBH_i < DBH_j \end{bmatrix}$

شاخص تفکیک پیلو اختلاط دو گونهٔ درختی را تعیین می‌کند. مقدار این شاخص بین ۱+ و ۱- متغیر است. مقدار کوچک‌تر از صفر آن نشان‌دهندهٔ پیوستگی و مقدار بزرگ‌تر از صفر نشان‌دهندهٔ جدایی مکانی گونه‌هاست. اگر در جنگل مدنظر پراکنش درختان از الگوی تصادفی پیروی کند، مقدار CE=۱ می‌شود. اگر CE<۱ باشد، حالت کپه‌ای وجود دارد و مقدار CE>۱ نشان‌دهندهٔ موقعیت منظم درختان است. ارزش کم (Wi) نشان‌دهندهٔ وضعیت منظم درختان است درحالی که در درختان دارای توزیع کپه‌ای این ارزش به‌سمت ۱ میل می‌کند. زمانی که درختان همسایه دارای اختلاف کمی باشند شاخص تمایز DBH به‌سمت صفر میل می‌کند؛ اما اگر ناهمگنی زیادی در میان درختان همسایه مشاهده شود ارزش این شاخص به‌سمت ۱ می‌رود. اگر ابعاد درخت مرجع از چهار همسایهٔ خود بزرگ‌تر یا با آن مساوی باشد، ارزش شاخص غالبیت DBH برابر با ۱ است، درحالی که اگر ابعاد درخت مرجع از همسایگان خود کوچک‌تر باشد ارزش این شاخص به‌سمت صفر میل می‌کند. در شاخص آمیختگی در هنگام استفاده از سه همسایه در یک گروه ساختاری، یکی از مقادیر صفر (همهٔ همسایه‌ها مشابه گونهٔ مرجع هستند)، ۰/۳۳ (یک همسایه متفاوت با گونهٔ مرجع است)، ۰/۶۶ (دو همسایه متفاوت با گونهٔ مرجع هستند) یا ۱ (هیچ کدام از همسایه‌ها شبیه گونهٔ مرجع نیست) به‌دست می‌آید.

برای برآورد حجم خشک‌دارها، ارتفاع و قطر همهٔ خشک‌دارهای سرپا و طول و قطر تنه‌های افتاده اندازه‌گیری شد. برای بخش‌های افتادهٔ تنه‌ها و شاخه‌ها طول، قطر سر نازک، میانه و سر قطرها اندازه‌گیری شد (Javanmiri Pour & Etemad, 2022). همچنین با توجه به اهمیت تجزیه و پوسیدگی خشک‌دارها و نقش آنها در محیط جنگل، درجهٔ پوسیدگی خشک‌دارهای سرپا و افتاده به‌طور جداگانه به چهار طبقه تقسیم شد ۱- پوسیدگی درجه اول؛ درخت تازه خشک‌شده، بالا و تاج درخت سالم، اغلب شاخه‌های نازک هنوز وجود دارند، پوست درخت سالم و چوب آن سخت است؛ ۲- پوسیدگی درجه دوم؛ بالا و تاج خشک‌دار سالم است، بیشتر شاخه‌های نازک خشک و افتاده‌اند، پوست درخت در شروع جدا شدن از تنه رو به کاهش بوده و چوب سخت است ۳- پوسیدگی درجه سوم؛ تاج درخت شکسته، بدون پوست و شاخه، چوب آن سخت است. ۴- پوسیدگی درجه چهارم؛ قسمت بالای خشک‌دار شکسته است، پوست و شاخهٔ بزرگی وجود ندارد، چوب سخت در حال تبدیل به چوب نرم است که بیش از ۷۰ درصد آن به چوب نرم تبدیل شده است (Aticie et al., 2008).

برای محاسبهٔ حجم خشک‌دارهای افتاده به‌دلیل اینکه شکل طولی تنه به‌طور ظاهری شبیه پارابلوییدناقص است (Zobeiri, 2003) از رابطه‌های ۲ و ۳ (Smalian) و (Huber) استفاده شد.

رابطهٔ ۲ $$V = \frac{g_1 + g_2}{h} \times h$$

رابطهٔ ۳ $$V = g_m \times h$$

که در آنها: g_1، g_2 و g_m به‌ترتیب سطح مقطع پایینی، بالایی و میانی و h ارتفاع پارابلوییدناقص است.

از نظر ظاهری شکل طولی تنه درخت از بن درخت ابتدا به‌صورت نلوییدناقص است (Zobeiri, 2003) که فرمول محاسبهٔ حجم برای نلویید ناقص در رابطهٔ ۴ ذکر شده است.

رابطهٔ ۴ $$v = \frac{h}{6}(g_1 + 4g_m + g_2)$$

که در آن h ارتفاع نلویید ناقص، g_1 سطح مقطع پایین، g_2 سطح مقطع بالا و g_m سطح مقطع در میانه است.

برای محاسبهٔ خشک‌دارهای سرپا که سرشکسته شده‌اند به‌دلیل سرشکستگی، استفاده از هیچ یک از روابط ذکرشده ممکن نبود؛ بنابراین از رابطه‌های ۵ و ۶ استفاده شد (Travaglini & Chirici, 2006).

رابطهٔ ۵ برای محاسبهٔ ضریب کاهش قطری (Namiranian, 2010) و به‌صورت زیر است:

رابطهٔ ۵ $$d_{fg} = \frac{d_{1.3}}{h - 1.3}$$

که در آن d_{fg} ضریب کاهش قطری، $d_{1.3}$ قطر در ارتفاع برابرسینه، h ارتفاع کل است.

رابطهٔ ۶ نیز برای محاسبه قطر میانه بوده و به‌صورت زیر است:

رابطهٔ ۶ $$d_m = d_{1.3} - \left(d_{fg} \times \frac{1}{2}\right)$$

که در آن d_m قطر در ارتفاع میانه درخت است.

با استفاده از قطر میانهٔ به‌دست‌آمده از رابطهٔ ۵، از فرمول هوبر (رابطهٔ ۳) برای محاسبهٔ حجم استفاده شد.

روش تحلیل

برای تحلیل‌های آماری از نرم‌افزارهای SPSS 24 برای تعیین تفاوت‌های آماری بین گروه‌ها، از Crancod 1.4 و برای محاسبهٔ شاخص‌های مربوط به الگوی پراکنش مکانی از R استفاده شد. با توجه به رتبه‌ای بودن نوع داده‌های مورد آزمون از آزمون ناپارامتری کروسکال‌والیس به احتمال ۹۵ درصد برای تعیین تفاوت‌های آماری معنی‌دار بین گروه‌ها استفاده شد.

نتایج

در تودهٔ شاخه‌زاد، تراکم گونه‌های موجود ۲۱۹/۳۵ در هکتار به‌دست آمد که راش ۱۸۴ اصله از فراوانی گونه‌های موجود در هکتار در تودهٔ تحت بررسی را شامل می‌شد. گونه‌های ممرز و پلت نیز به‌ترتیب ۱۰ و ۵ اصله از فراوانی در هکتار را شامل می‌شدند. بقیهٔ گونه‌های موجود شامل ولیک، آلوچه، سیب، گلابی وحشی و ون بودند (جدول ۲).

حجم کل گونه‌های موجود در توده ۱۹۸/۵ متر مکعب در هکتار بود. بیشترین حجم مربوط به راش با حدود ۱۴۶/۲ متر مکعب در هکتار و کمترین حجم مربوط به گلابی وحشی با ۰/۷۵ متر مکعب در هکتار بود. حجم در هکتار خشک‌دارهای همهٔ گونه‌های موجود در توده ۷/۳ متر مکعب بود که بیشترین مقدار آن به راش و کمترین مقدار آن به ولیک به‌ترتیب با حدود ۳/۶ و ۰/۱۲ متر مکعب در هکتار تعلق داشت (جدول ۲).

تعداد درختان در تودهٔ دانه‌زاد ۲۹۴ اصله با حجم ۳۰۰/۶ متر مکعب در هکتار بود. گونه‌های راش، ممرز و افرا به‌ترتیب با ۱۵۶، ۶۵ و ۵۳ اصله بیشترین فراوانی را داشتند (جدول ۳). حجم کل خشک‌دارهای موجود در تودهٔ دانه‌زاد ۲۱/۸۵ متر مکعب در هکتار برآورد شد که بیشترین مقدار آن با ۱۲/۱ متر مکعب در هکتار مربوط به راش بود.

بیشترین فراوانی (۱۷ درصد) تعداد جست در جست‌گروه‌های راش مربوط به جست‌گروه‌هایی بود که چهار جست داشتند. جست‌گروه‌های شامل پنج جست و دو جست نیز به‌ترتیب با فراوانی ۱۶/۹ و ۱۶/۵ درصد در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (شکل ۲).

خشک‌دارهای راش موجود در تودهٔ شاخه‌زاد فقط از نوع سرپا بودند. خشک‌دارهای سرپای درجه اول بیشترین فراوانی (۵۵ درصد) را داشتند و خشک‌دارهای درجه سوم، چهارم و دوم به‌ترتیب با ۲۵/۷، ۱۲/۱ و ۷/۲ درصد در رتبه‌های بعد قرار داشتند (شکل ۳).

جدول ۲- حجم کل، میانگین حجم یک اصله و حجم در هکتار انواع گونه‌ها و خشک‌دارهای موجود در تودهٔ شاخه‌زاد بررسی‌شده

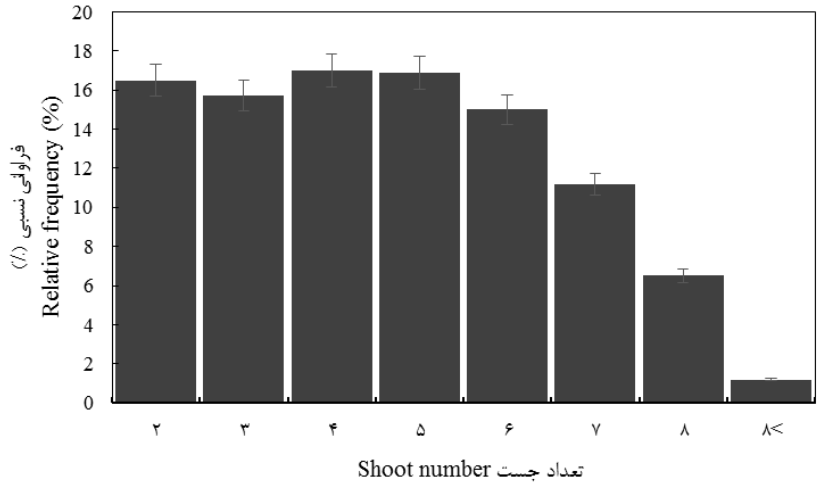
Table 2. The total volume, the mean volume of one stem and the volume per hectare of all types of species and plants existing in the studied coppice stand

نوع گونه Species	نوع Type	میانگین قطر (سانتی‌متر) Mean diameter (cm)	حجم کل (مترمکعب) The total volume (m^3)	فراوانی کل (تعداد) Frequency (number)	تعداد در هکتار Number per hectare	حجم در هکتار (مترمکعب) volume per hectare (m^3)
راش Beech زنده b	زنده Live	18.4	2924	3475	174	146.2
	خشک‌دار Dead tree	13.55	72	194	9.7	3.6
ممرز Hornbeam	زنده Live	20.4	490.9	199	10	24.55
	خشک‌دار Dead tree	14.9	39.34	14	0.7	1.96
افرا Maple	زنده Live	19.5	207	99	5	10.35
	خشک‌دار Dead tree	11	2.5	4	0.2	0.125
گلابی وحشی wild pear	زنده Live	12.7	14.9	12	0.6	0.75
	خشک‌دار Dead tree	13	6.66	7	0.35	0.33
ولیک Hawthorn	زنده Live	9.4	39.6	66	3.3	1.98
	خشک‌دار Dead tree	10.5	2.4	16	0.8	0.12
ازگیل Medlar	زنده Live	9.6	130.7	164	8.2	6.5
	خشک‌دار Dead tree	9.25	22.8	80	4	1.14
ون Ash	زنده Live	36.85	50.4	7	0.35	7
آلوچه Plum	خشک‌دار Dead tree	10.7	23.2	43	2.15	1.15
جمع Sum	زنده Live	-	3970	4072	203.6	198.5
	خشک‌دار Dead tree	-	146	315	15.75	7.3

جدول ۳- حجم کل، میانگین حجم یک اصله و حجم در هکتار انواع گونه‌ها و خشک‌دارهای موجود در تودهٔ دانه‌زاد بررسی‌شده

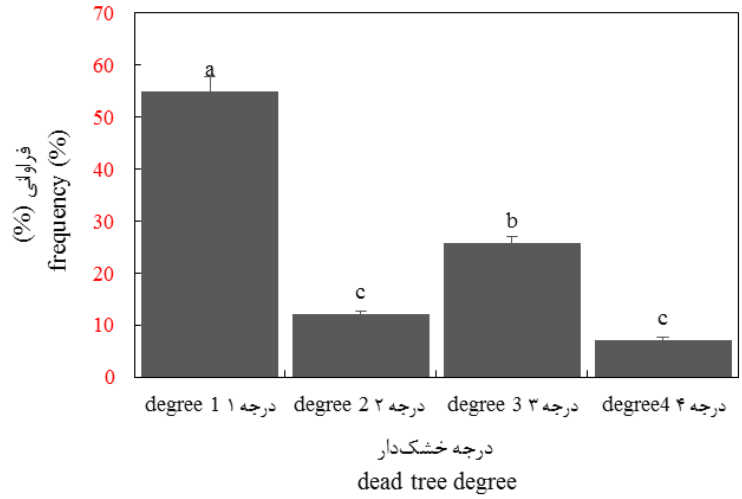
Table 3. The total volume, the mean volume of one stem and the volume per hectare of all types of species and plants existing in the studied standard stand

حجم در هکتار (مترمکعب) Volume per hectare (m^3)	تعداد در هکتار Number per hectare	فراوانی کل (تعداد) Total frequency (N)	حجم کل (مترمکعب) Total volume (m^3)	میانگین قطر (سانتی‌متر) Mean diameter (cm)	نوع Type	نوع گونه Species
147.5	145	2900	2950	42.2	زنده Live	راش Beech
12.1	11	220	242	33.5	خشک‌دار Dead tree	
61.6	61	1220	1232	39	زنده Live	ممرز Hornbeam
4.6	4	80	92	31	خشک‌دار Dead tree	
50.4	10	200	1008	32.5	زنده Live	توسکا Alnus
3.8	1	20	76	36	خشک‌دار Dead tree	
10.5	49	980	210	25.5	زنده Live	افرا Maple
0.84	4	80	17	43	خشک‌دار Dead tree	
8.85	8	160	177	21	زنده Live	بقیهٔ گونه‌ها (بلوط، شیردار، ازگیل و ...) Other Sp.
0.5	1	20	10	15	خشک‌دار Dead tree	
278.85	273	5460	5575	-	زنده Live	جمع Sum
21.85	21	420	437	-	خشک‌دار Dead tree	



شکل ۲- فراوانی تعداد جست‌های موجود در یک جست‌گروه راش

Figure 2. The frequency of the number of shoots in a beech coppice group

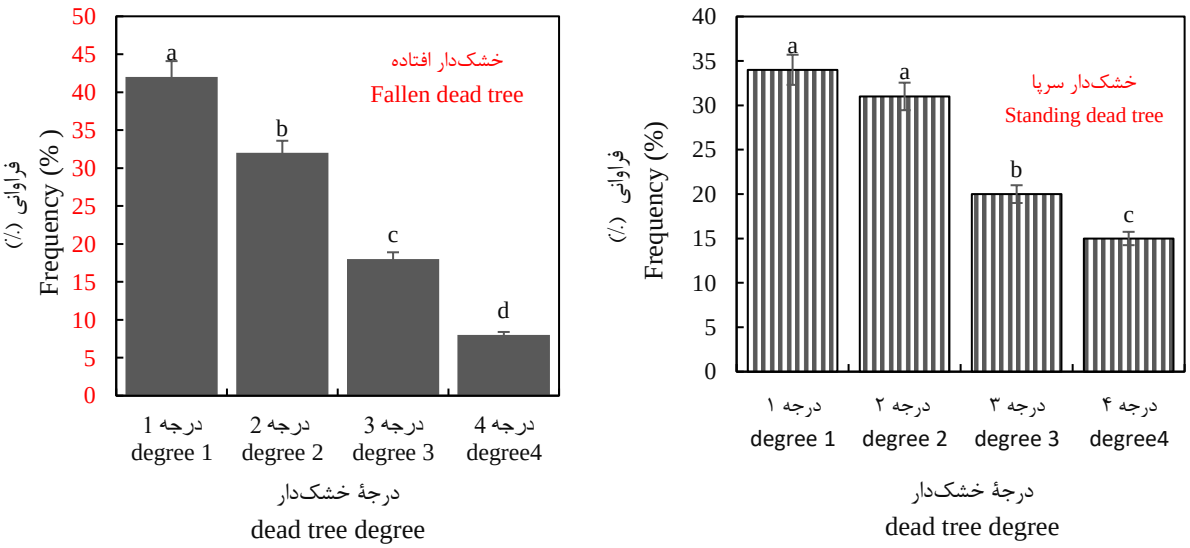


شکل ۳- فراوانی درجات پوسیدگی خشک‌دارهای راش سرپای موجود در تودهٔ شاخه‌زاد بررسی‌شده

Figure 3. The frequency of beech standing dead trees decay in the studied coppice stand

خشک‌دارهای موجود در تودهٔ دانه‌زاد از نوع سرپا و افتاده بودند. خشک‌دارهای سرپای درجه اول بیشترین فراوانی (۳۵ درصد) را داشتند و خشک‌دارهای درجه دوم، سوم و چهارم به‌ترتیب با 31، ۲۰ و 15 درصد در رتبه‌های بعد قرار داشتند. همچنین نوع درجه ۱ خشک‌دارهای افتاده دارای بیشترین فراوانی (۴۲ درصد) بود. دیگر انواع فراوانی شامل درجه دوم، سوم و چهارم نیز به‌ترتیب ۳۲، ۱۸ و ۸ درصد را شامل می‌شدند (شکل ۴).

میانگین شاخص تفکیک پیلو در رویشگاه‌های شاخه‌زاد راش و دانه‌زاد به‌ترتیب ۰/۳۳ و ۰/۵۹ به‌دست آمد. همچنین میانگین ارزش کلارک و ایوانز رویشگاه‌های شاخه‌زاد راش و دانه‌زاد به‌ترتیب ۰/۳۷ و ۰/۴۵ بود (جدول ۴).



شکل ۴- فراوانی درجات پوسیدگی خشک‌دارهای راش سرپا و افتاده در تودهٔ دانه‌زاد بررسی‌شده

Figure 4. The frequency of beech standing and fallen dead trees decay in the studied standard stand

جدول ۴- مقادیر شاخص‌های تفکیک پیلو و کلارک-ایوانز در توده‌های راش شاخه‌زاد و دانه‌زاد

Table 4. Values of Pieluo segregation and Clarke-Evans indices in coppice and standard beech stands

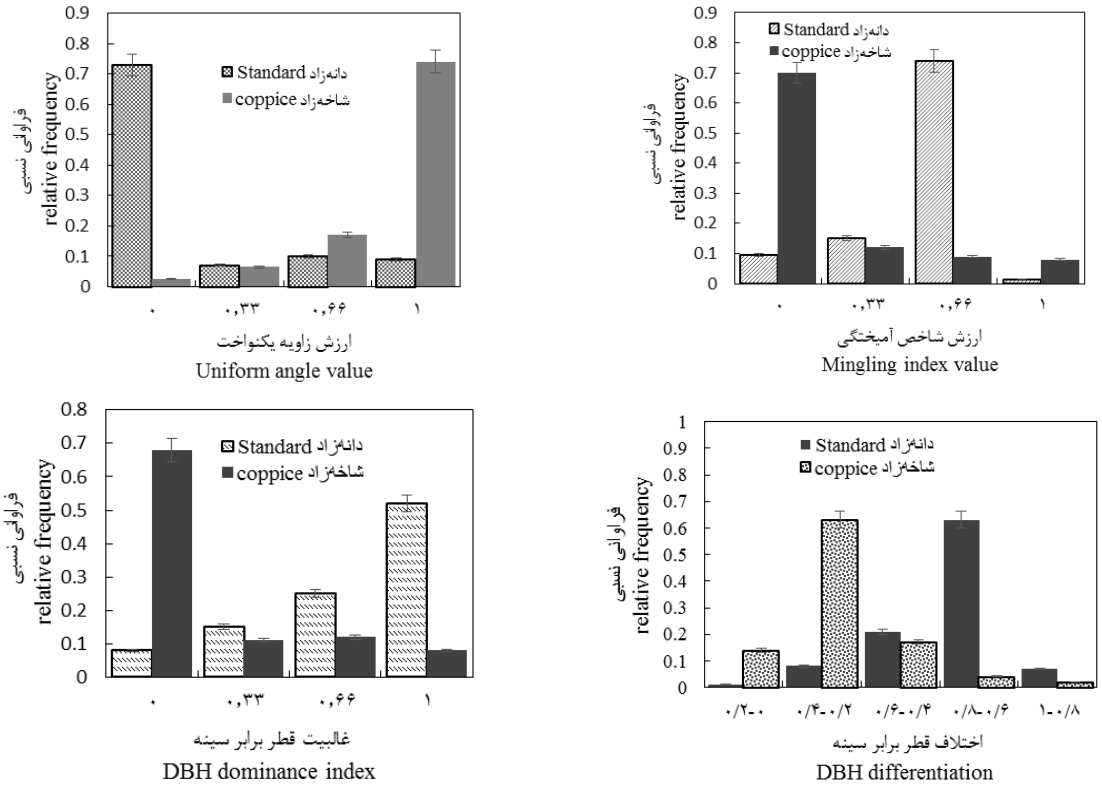
نوع شاخص Index	توده شاخه‌زاد Coppice stand	توده دانه‌زاد Standard stand
شاخص تفکیک پیلو Pieluo segregation index	-0.004	0.59
شاخص کلارک-ایوانز Clarke-Evans index	0.37	1

ارزش شاخص آمیختگی درختان

بیشترین فراوانی شاخص آمیختگی درختان راش در تودهٔ شاخه‌زاد مربوط به طبقهٔ صفر (اختلاف کم) (۰/۷) بود. در تودهٔ دانه‌زاد نیز بیشترین فراوانی شاخص آمیختگی درختان راش مربوط به طبقهٔ یک با مقدار ۰/۷۴ بود (شکل ۵). بیشترین شاخص زاویهٔ یکنواخت در تودهٔ شاخه‌زاد ۰/۷۴ و مربوط به طبقهٔ یک بود، اما در تودهٔ دانه‌زاد بیشترین شاخص زاویهٔ یکنواخت ۰/۷۳ و مربوط به طبقهٔ صفر بود (شکل ۵).

بیشترین ارزش شاخص اختلاف قطر برابرسینه (۰/۶۳) در تودهٔ راش شاخه‌زاد در طبقه ۰/۴-۰/۲ (اختلاف ابعاد کم) مشاهده شد. در تودهٔ دانه‌زاد بیشترین میزان شاخص اختلاف قطر در طبقه ۰/۸-۰/۶ مشاهده شد که ارزش آن برابر با ۰/۶۲ بود (شکل ۵).

در تودهٔ راش شاخه‌زاد بیشترین میزان پراکنش ارزش شاخص چیرگی قطر برابرسینهٔ درختان (۰/۶۸) مربوط به طبقهٔ صفر (اختلاف کم) بود، درحالی که بیشترین مقدار این شاخص در تودهٔ دانه‌زاد ۰/۵۲ و مربوط به طبقهٔ یک بود (شکل ۵).



شکل ۵- نمودار ارزش شاخص‌های آمیختگی، زاویهٔ یکنواخت، اختلاف و غالبیت قطر برابرسینهٔ راش در توده‌های شاخه‌زاد و دانه‌زاد

Figure 5. Graph of mixed, uniform angle, DBH difference and DBH dominance indices of beech in coppice and standard stands

نتایج آزمون ناپارامتری من‌ویتنی نشان داد که از نظر آماری بین فراوانی درجات پوسیدگی خشک‌دارها در توده‌های شاخه‌زاد و دانه‌زاد تفاوت معنی‌دار (۰/۰۰۱) وجود دارد (جدول ۶).

آزمون کروسکال والیس نشان داد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری (۰/۰۰۰) بین تعداد جست‌ها در جست گروه‌های راش در تودهٔ شاخه‌زاد، خشک‌دار سرپا در تودهٔ شاخه‌زاد و نیز خشک‌دار سرپا و افتاده در تودهٔ دانه‌زاد وجود دارد (جدول ۵).

جدول ۵- نتایج آزمون کروسکال‌والیس برای تعداد جست و خشک‌دار سرپا در تودهٔ شاخه‌زاد و خشک‌دارهای سرپا و افتاده در تودهٔ دانه‌زاد

Table 5. Kruskal-Wallis test for the number of shoot and dead trees in coppice stands; and standing and fallen dead trees in standard stands

ردیف Row	نوع فاکتور Factor type	کروسکال والیس Kruskal-Wallis	درجهٔ آزادی df	معنی‌داری Sig.
1	تعداد جست‌ها در جست گروه‌های راش در تودهٔ شاخه‌زاد The number of shoots in the Beech coppice groups in the coppice stand	895	10	0.000*
2	خشک‌دار سرپا در تودهٔ شاخه‌زاد standing dead tree in the coppice stand	199	3	0.000*
3	خشک‌دار سرپا در تودهٔ دانه‌زاد standing dead tree in the standard stand	287	3	0.000*
4	خشک‌دار افتاده در تودهٔ دانه‌زاد Fallen dead tree in the standard stand	124	3	0.000*

*معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

جدول ۶- نتایج آزمون من- ویتنی در مقایسهٔ درجات پوسیدگی خشک‌دار در توده‌های بررسی‌شده

Table 6. The results of the Mann-Whitney test comparing the degrees of decay rate in the studied stands

من-ویتنی the Mann-Whitney	ویلکاکسون Wilcoxon	مقدار Z Z	معنی‌داری Sig.
35505	55605	-3.287	0.001

*معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

بحث

بیشترین مقدار موجودی حجمی در تودهٔ شاخه‌زاد مربوط به گونهٔ راش به‌ترتیب با حدود ۱۸۴ اصله در هکتار (۸۳/۸ درصد) و ۱۴۶/۲ متر مکعب در هکتار (۷۳/۶۵ درصد) بود. درحالی که تعداد در هکتار گونهٔ راش ۱۵۶ اصله (۵۳ درصد) بود که حجمی معادل ۱۵۹/۵ متر مکعب در هکتار (۵۲/۹ درصد) داشت.

Marvi Mohadjer (2013) حجم توده‌های جنگلی شمال ایران را در حدود ۳۰۰ متر مکعب در هکتار برآورد کرده است. در پژوهش Sefidi et al. (2014) در توده‌های مدیریت‌شدهٔ راش شرقی به‌وسیلهٔ شیوهٔ تک‌گزینی در جنگل خیرود نوشهر، متوسط حجم در هکتار ۳۸۶ متر مکعب و متوسط تعداد درختان ۱۸۹ اصله در هکتار محاسبه شد. همچنین در پژوهش Javanmiri Pour et al. (2017) در توده‌های تحت مدیریت به‌وسیلهٔ شیوهٔ تک‌گزینی در جنگل خیرود نوشهر متوسط حجم در هکتار ۳۸۹/۱۴ متر مکعب و تعداد درختان ۲۸۲ اصله در هکتار محاسبه شد. نتایج یادشده مربوط به توده‌های راش دانه‌زاد است که حجم محاسبه‌شده برای آنها حدود دوبرابر حجم محاسبه‌شده برای تودهٔ شاخه‌زاد این بررسی است و از نظر تعداد در هکتار تقریباً با نتایج پژوهش Javanmiri et al. (2017) Pour برابر است؛ گرچه دارای حجم کمتری هستند. این نتیجه نشان‌دهندهٔ فراوانی درختان نامطلوب از نظر کیفی از قبیل سرشکسته، تنه‌شکسته، توخالی، ریشه‌کن‌شده و قارچ‌زده در تودهٔ دانه‌زاد است.

با آنکه فراوانی راش در تودهٔ شاخه‌زاد از تودهٔ دانه‌زاد بیشتر است، حجم آن از حجم تودهٔ دانه‌زاد کمتر است. مهم‌ترین عامل این موضوع کمتر بودن میانگین قطر گونهٔ راش (۱۸/۴ سانتی‌متر) در تودهٔ شاخه‌زاد نسبت به قطر این گونه (۴۲/۲ سانتی‌متر) در تودهٔ دانه‌زاد با وجود بیشتر بودن فراوانی آنها در تودهٔ شاخه‌زاد است.

نتایج پژوهش Aghabarati et al. (2018) در بررسی راش‌های شاخه‌زاد فندقلوی اردبیل نشان داد که حداکثر قطر در رویشگاه سوها و آبی‌بیگلو به‌ترتیب ۵۵ و ۶۰ سانتی‌متر و میانگین قطر برابرسینه به‌ترتیب ۱۹/۶ و ۱۴/۱۵ سانتی‌متر است؛ همچنین رویشگاه نیارق با حداکثر قطر ۳۵ و میانگین قطر برابرسینهٔ ۹/۲۵ سانتی‌متر دارای ساختار ضعیف‌تری است. در تحقیق جاری میانگین قطر برابرسینهٔ درختان راش شاخه‌زاد حدود ۱۸/۴ سانتی‌متر و حداکثر قطر ۱۴۰ سانتی‌متر به‌دست آمد که در مقایسه با تحقیق Aghabarati et al. (2018) رویشگاه چتن از نظر تنوع قطری رویشگاه مناسبی به حساب می‌آید. نتایج تحقیق حاضر از این لحاظ با یافته‌های پیشین در فندقلو مقایسه می‌شود؛ زیرا تا کنون پژوهش مشابهی در زمینهٔ راش‌های شاخه‌زاد جنگل‌های هیرکانی انجام نگرفته است. از طرفی گرچه تحقیق مقایسه‌شده در منطقه‌ای خارج از جنگل‌های شمال ایران انجام گرفت، منطقهٔ فندقلو دارای ویژگی‌هایی است که امکان رویش و بقای راش شاخه‌زاد را فراهم می‌کند و چسبیده به جنگل‌های شمال ایران است و از رطوبت و شرایط موجود در این جنگل‌ها منتفع می‌شود.

چون تعدادی از پهن‌برگان به‌طور کلی قابلیت جست‌دهی یا تولید ریشه‌جوش دارند، از دیرباز مورد توجه انسان برای مصارفی از قبیل چوب سوخت و تولید زغال بوده‌اند (Marvi Mohadjer, 2013). گونهٔ راش در منطقه پژوهش نیز واجد این ویژگی است. وجود توده‌های شاخه‌زاد راش در جنگل‌های معتدله شمال ایران تا حدودی نشان‌دهندهٔ قابلیت سازگاری این گونه است. زیرا این گونه در رویشگاه‌های میان‌بند جنگل‌های شمال از ارتفاع حدود ۱۸۰۰-۷۰۰ متر در بهترین وضعیت ممکن از نظر کمی و کیفی قرار دارد. اما گاهی به‌دلیل شرایط خاص طبیعی یا انسانی، راش‌های شاخه‌زاد نیز پدید می‌آیند.

به‌طور کلی تصور می‌شود که هرچه اقلیم خشک‌تر و خشن‌تر باشد، قابلیت جست‌دهی درختان افزایش می‌یابد (König et al., 2022). به عقیدهٔ Marvi Mohadjer (2013) راشستان‌های شمال ایران به‌طور کلی دانه‌زادند و اصولاً راش قابلیت جست‌دهی ضعیفی دارد؛ اما در شرایط خاصی راش جست تولید می‌کند و تودهٔ شاخه‌زاد به‌وجود می‌آورد که در تودهٔ چتن به‌دلیل دخالت‌های شدید انسانی چنین شرایطی ایجاد شده است. یافته‌های Mariotti et al. (2017) مبنی بر موفقیت‌آمیز بودن تبدیل فرم شاخه‌زاد راش به دانه‌زاد در آلپ به‌دلیل تغییرات اقتصادی-اجتماعی تأییدکننده این موضوع است.

حجم در هکتار خشک‌دارهای همهٔ گونه‌های موجود در تودهٔ شاخه‌زاد ۷/۳ متر مکعب و بیشترین مقدار آن مربوط به راش و کمترین مقدار مربوط به ولیک به‌ترتیب با ۳/۶ و ۰/۱۲ متر مکعب در هکتار است. درحالی که حجم همهٔ خشک‌دارها و خشک‌دار راش در تودهٔ دانه‌زاد به‌ترتیب ۲۲ و ۱۲/۱ متر مکعب در هکتار به‌دست آمد. درحالی که در بقیهٔ مناطق در جنگل‌های شمال، میزان خشک‌دار بسیار بیشتر از این پژوهش است. خشک‌دارهای موجود در رویشگاه شاخه‌زاد صرفاً از نوع سرپا هستند، اما در تودهٔ دانه‌زاد هم نوع سرپا و هم نوع افتاده دیده می‌شود. علت نبود خشک‌دار افتاده در رویشگاه شاخه‌زاد بهره‌برداری روستاییان و خارج کردن آنها از جنگل بلافاصله پس از افتادن است. حتی در بین درجات خشک‌دار سرپا، نوع چهار نیز توسط افراد محلی قطع و برای مصارف خانگی و سوخت از جنگل خارج می‌شود؛ زیرا جنگل فاقد طرح جنگلداری است و به‌دلیل نبود سیستم گازرسانی، مردم محلی به‌شدت به استفاده از جنگل

وابسته‌اند. در تودهٔ دانه‌زاد نیز در هر دو حالت سرپا و افتاده فراوانی خشک‌دار درجه چهار کمتر از درجات دیگر است. مهم‌ترین دلیل این موضوع خارج شدن این مؤلفه‌ها از رویشگاه است. در این حالت خشک‌دار به‌ندرت فرصت می‌یابد تا در زمان مناسب تجزیه شود و مواد آلی آن به خاک برگردند.

ساختمان عمودی جنگل در رویشگاه شاخه‌زاد به‌دلیل بهره‌برداری‌های سنتی حداکثر دواشکوبه است که به بوم‌سازگان‌های جنگلی کمتر دست‌خورده و دانه‌زاد مقایسه‌شده شبیه نیست. وجود آشفتگی‌های بیشتر، حضور گونه‌های نورپسند متعلق به مراحل ابتدایی توالی و ساختار تک‌اشکوبه در رویشگاه نشان‌دهندهٔ روند تخریب در این رویشگاه است که مهم‌ترین عامل آشفتگی دخالت انسانی است.

ارزش شاخص‌های تفکیک پیلو و تجمعی کلارک و ایوانز مربوط به گونهٔ راش در تودهٔ شاخه‌زاد به‌ترتیب ۰/۰۰۴-، ۰/۵۹ بود، اما در تودهٔ دانه‌زاد به‌ترتیب ۰/۳۷ و ۱ محاسبه شد. در تودهٔ راش شاخه‌زاد مقدار شاخص پیلو کوچک‌تر از صفر (۰/۰۰۴-) نشان‌دهندهٔ تلفیق شدید یا پیوستگی گونه‌هاست. برعکس مقدار بزرگ‌تر از صفر آن در تودهٔ دانه‌زاد (۰/۵۹) نشان‌دهندهٔ تفکیک گونه‌ها یا جدایی مکانی گونه‌هاست. مهم‌ترین عامل تلفیق یا پیوستگی شدید گونهٔ راش در رویشگاه شاخه‌زاد فرم زادآوری آن یعنی از طریق جست است؛ درحالی که تکثیر توسط بذر در تودهٔ دانه‌زاد سبب تفکیک یا جدایی مکانی می‌شود. Nouri et al. (2015) مقدار شاخص پیلو را نشان‌دهندهٔ تفکیک گونه‌ها گزارش کردند که با نتایج پژوهش حاضر در رویشگاه دانه‌زاد همسو است.

پراکنش درختان در تودهٔ دانه‌زاد چون از الگوی تصادفی پیروی می‌کند مقدار شاخص کلارک- ایوانز برابر با ۱ می‌شود. درحالی که مقدار این شاخص در رویشگاه راش شاخه‌زاد کمتر از ۱ است که نشان‌دهندهٔ حالت کپه‌ای است. همان‌طور که پیشتر هم گفته شد، فرم غالب زادآوری در توده‌های مقایسه‌شده مهم‌ترین دلایل نتایج شاخص کلارک- ایوانز است. حالت زادآوری به‌وسیلهٔ جست سبب ایجاد پراکنش کپه‌ای راش در تودهٔ شاخه‌زاد می‌شود. Alijani (2012) و نیز Nouri et al. (2015) با استفاده از شاخص کلارک- ایوانز الگوی مکانی درختان در جنگل خیرود نوشهر را به حالت تقریباً کپه‌ای و کپه‌ای تعیین کردند که با نتیجهٔ پژوهش حاضر در رویشگاه دانه‌زاد همخوانی ندارد. مهم‌ترین دلیل این موضوع، نبود طرح مدیریت جنگل در جنگل دانه‌زاد چتن است. Pourhashemi et al. (2014)الگوی پراکنش مکانی جست‌گروه‌های گونهٔ برودار در توده‌های بهره‌برداری‌شده در مریوان را کپه‌ای گزارش کردند که با نتایج این پژوهش همسویی دارد.

ارزش شاخص آمیختگی درختان در تودهٔ راش شاخه‌زاد در طبقهٔ صفر دارای بیشترین مقدار (۰/۷) است، اما مقدار آن برای راش در تودهٔ دانه‌زاد در طبقهٔ ۰/۶۶ به بیشترین میزان (۰/۷۳) می‌رسد. در تودهٔ دانه‌زاد دو همسایه متفاوت با گونهٔ مرجع وجود دارد، زیرا بیشترین مقدار شامل طبقهٔ ۰/۶۶ است. سازوکار غالب زادآوری در تودهٔ شاخه‌زاد سبب می‌شود که گونهٔ مرجع و همسایگان آن از یک گونه باشند درحالی که چنین وضعیتی در رویشگاه دانه‌زاد وجود ندارد و بنابراین آمیختگی گونه‌ای بیشتر از رویشگاه شاخه‌زاد است. در تودهٔ شاخه‌زاد بیشترین آمیختگی و تنوع گونه‌ای مشاهده‌شده مربوط به حاشیهٔ جنگل است. در پژوهش Nouri et al. (2015) مقدار شاخص آمیختگی گونه‌ها کم محاسبه شده است که با نتایج تحقیق حاضر ناهمسو است. علت این اختلاف، غالبیت شدید گونهٔ راش در رویشگاه تحت بررسی و تشکیل جامعهٔ راشستان در آن است.

ارزش شاخص زاویهٔ یکنواخت درختان راش مربوط به تودهٔ شاخه‌زاد در طبقهٔ یک دارای بیشترین مقدار (۰/۷۴) است، درحالی که در تودهٔ دانه‌زاد در طبقهٔ صفر به بیشترین حد (۰/۷۳) می‌رسد و در طبقات

بالاتر کاهش می‌یابد. زیاد بودن ارزش شاخص زاویهٔ یکنواخت در طبقه‌های پایین از قبیل تودهٔ دانه‌زاد پژوهش جاری، نشان‌دهندهٔ وضعیت به‌نسبت تصادفی درختان است، درحالی که زیاد بودن ارزش این شاخص در طبقه یک در درختان مشابه با تودهٔ شاخه‌زاد نشان‌دهندهٔ توزیع کپه‌ای این ارزش است. در توده‌های شاخه‌زاد به‌علت فرم خاص زادآوری از طریق جست که کپه‌هایی را در هر جست‌گروه ایجاد می‌کند، الگوی شاخهٔ زاویهٔ یکنواخت درختان راش به‌شکل کپه‌ای است، درحالی که در رویشگاه دانه‌زاد الگوی غالب این شاخص به‌نسبت منظم است. Alijani et al. (2012) شاخص زاویهٔ یکنواخت در بخش گرازبن جنگل خیرود را کپه‌ای تا تصادفی تعیین کردند که تقریباً با نتایج مربوط به رویشگاه دانه‌زاد همسو است. نتایج Pilehvar et al. (2015) دربارهٔ گونه‌های کیکم و زالزالک در توده‌های شاخه‌زاد زاگرس نشان‌دهندهٔ چیدمان کپه‌ای این گونه‌هاست که با نتایج این تحقیق هماهنگ است.

ارزش شاخص اختلاف قطر برابرسینهٔ تودهٔ شاخه‌زاد در طبقهٔ ۰/۴-۰/۲ دارای بیشترین مقدار است (۰/۶۳)، اما بیشترین مقدار آن در تودهٔ دانه‌زاد مربوط به طبقهٔ ۰/۸-۰/۶ است (۰/۶۲). در موارد دارای اختلاف متوسط (۰/۴-۰/۲) از قبیل تودهٔ راش شاخه‌زاد، اندازهٔ متوسط درختان همسایه ۴۰-۲۰ درصد بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از درخت مرجع است. در موارد اختلاف زیاد (۰/۸-۰/۶) از قبیل تودهٔ دانه‌زاد، اندازهٔ متوسط درختان همسایه ۸۰-۶۰ درصد بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از درخت مرجع است. میانگین قطر راش (۱۸/۴ سانتی‌متر) در تودهٔ شاخه‌زاد نشان می‌دهد که درختان این توده قطر کم دارند و دارای اختلاف متوسط هستند، درحالی که در تودهٔ دانه‌زاد درختان راش دارای میانگین قطر بیشتر و الگوی اختلاف زیاد هستند که با توجه به تنوع ابعاد در تودهٔ دانه‌زاد حقیقتی قابل انتظار است. نتایج شاخص تمایز ابعاد توسط Pirozi et al. (2019) در توده‌های شاخه‌زاد بلوط بیانگر تفاوت زیاد در توده‌های با تراکم و آمیختگی متفاوت نسبت به همدیگر است که تأییدکنندهٔ نتایج پژوهش حاضر است.

ارزش ابعاد قطر برابرسینه برای تودهٔ شاخه‌زاد از طبقهٔ صفر تا یک (به‌ترتیب ۰/۶۸، ۰/۱۱، ۰/۱۲ و ۰/۰۷) کاهش می‌یابد، درحالی که در تودهٔ دانه‌زاد از طبقهٔ صفر تا یک (به‌ترتیب ۰/۰۸، ۰/۱۵، ۰/۲۲ و ۰/۵۲) افزایش می‌یابد. در رویشگاه دانه‌زاد چون ابعاد درخت مرجع از چهار همسایهٔ خود بزرگ‌تر یا مساوی است، ارزش این شاخص برابر ۱ است، درحالی که اگر ابعاد درخت مرجع از همسایگان خود کوچک‌تر باشد (مانند تودهٔ راش شاخه‌زاد) ارزش این شاخص به سمت صفر میل می‌کند. تنوع و اندازهٔ ابعاد در رویشگاه دانه‌زاد و گونه‌های موجود در آن بیشتر است که سبب می‌شود ارزش ابعاد قطر برابرسینه در تودهٔ دانه‌زاد نسبت به رویشگاه شاخه‌زاد بیشتر باشد.

نتایج به‌دست‌آمده دربارهٔ شاخص‌های مربوط به پراکنش مکانی در رویشگاه‌های شاخه‌زاد و دانه‌زاد حاوی یافته‌ها و حقایق جالبی هستند، اما نشان می‌دهند که این شاخص‌ها از حالت مطلوب در وضعیت طبیعی و بدون دخالت بشر فاصله دارند. دربارهٔ رویشگاه راش شاخه‌زاد با وجود غالبیت این گونه به‌دلیل سازوکار زادآوری از طریق جست بیشتر شاخص‌ها نزدیک به حالت کپه‌ای یا خوشه‌ای هستند که مهم‌ترین دلیل آن دخالت شدید به‌منظور قطع برای تأمین مصارف روستایی است.

بر اساس نظر Manabe et al. (2000) الگوی پراکنش بسیار از گونه‌ها در جوامع جنگلی به‌صورت کپه‌ای یا منظم است. تحقیقات دیگر هم نشان داده است که توزیع تصادفی در جنگل به‌ندرت اتفاق می‌افتد، زیرا درختان در جنگل روابط متقابل دارند که بر ساختار مکانی جنگل تأثیر می‌گذارد. افزون‌بر این، استفاده از جنگل نیز بر توزیع درختان اثرگذار است (Kint et al., 2000)، نظیر آنچه در بررسی کنونی اتفاق افتاده و توزیع درختان در تودهٔ دانه‌زاد را دچار

دگرگونی کرده و در تودهٔ شاخه‌زاد نیز تأثیرگذاری خاصی داشته است.

در گذشته‌های نه‌چندان دور از درختان موجود در توده‌های شاخه‌زاد برای زغال‌گیری استفاده شده است که مازاد زغال مذکور برای فروش اغلب به تهران انتقال داده می‌شد. این وضعیت به‌تدریج سبب بر هم خوردن وضعیت طبیعی این توده‌ها شده است. بنابراین نمی‌توان با قطعیت اظهار کرد که وضعیت درختان موجود در این توده‌ها از نظر ساختاری مشابه حالت واقعی آنهاست. اگرچه مقایسهٔ آنها با رویشگاه دانه‌زاد نشان‌دهندهٔ حقایق جالبی دربارهٔ الگوهای مکانی موجود در هر کدام است. امروزه ساکنان روستای چتن به‌دلیل نبود شبکهٔ گازرسانی همچنان در حال بهره‌برداری از درختان به‌منظور تأمین مصارف خانگی هستند، به‌طوری که کارکرد شاخص‌های مربوط به ساختار مکانی با تردید مواجه شده و کمرنگ می‌شود. زیرا تعریف الگو برای این درختان زمانی دارای توجیه منطقی است که درختان موجود در توده‌های بررسی‌شده در وضعیت واقعی خود قرار داشته باشند یا نسبت به حالت واقعی بررسی شوند. در همین زمینه Sadeghi &Sefidi (2021) آشفتگی‌های انسانی مانند قطع یا برش درختان، چرای دام و آتش‌سوزی در بلندمدت را سبب تغییر الگوی مکانی درختان اوری در توده‌های ارسباران دانسته‌اند.

ازآنجاکه شرایط فیزیوگرافی و جغرافیایی این توده‌ها مشابه است، می‌توان عوامل تخریب منطقه‌ای را علت اصلی تفاوت آشکار این توده‌ها دانست؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در صورت کاهش این عوامل و همچنین حفاظت و حمایت از توده‌های شاخه‌زاد تخریب یافته به‌عنوان ذخیره‌گاه جنگلی، وضعیت این توده‌ها به حالت مطلوب‌تر سوق داده شود.

References

Aghabarati, A., Marvie Mohajer, M.R., Etemad, V., & Sefidi, K. (2018). Structural characteristics of coppice forest stand in Fandoghloo Forest, Ardebil Province Province. *Journal Forest Research & Development, 4* (2), 223-239.

Aguirre, O., Hui, G., Gadow, K.V., & Jimenez, J. (2003). An analysis of forest structure using neighborhoodbased variables. *Forest Ecology and Management, 183*, 137-145.

Ali, A. (2019). Forest stand structure and functioning: Current knowledge and future challenges.

Alijani, V., Feghhi, J., Zobeiri, M., & Marvi Mohajer, M. (2012). Quantification of spatial structure of forests in the middle of northern Iran (Case study: Boar section of Khairud forest). *Natural Environment (Iranian Natural Resources)*, *65* (1), 111-125. (In persian)

Amirghasemi, F., Sagheb Talebi, Kh., & Dargahi, D. (2001). Investigating the natural regeneration structure of Arsbaran forests in the study basin of Sten Chai. *Iranian Forest and Poplar Research, 6*, 1-61. (In persian)

Aticie, E., Colak, A.H., & Rotherham, I.D. (2008). Coarse Dead Wood Volume of Managed Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Stands in Turkey. *Investigación Agraria: Sistemasy Recursos Forestales, 17* (3), 216-227.

Avatefi Hemmat, M., & Shamekhi, T. (2006). Traditional knowledge and technologies of forest dwellers in using some non-wood products in the forest (Case study of Chatan village). *Social Science Quarterly, 35-34*, 149-174.

Coppini, M., & Hermanin, L. (2007). Restoration of selective beech coppices: A case study in the Apennines (Italy). *Forest Ecology and Management, 249*, 18–27.

Danilovic, M., Krstic, M., Pantic, D., & Matovic, B. (2003). Assortment structure in beech coppice stands in the Crni vrh region. *Glasnik Sumarskog fakulteta*, 103-111.

Delfan Abazari, B., Sagheb Talebi, Kh., & Namiranian, M. (2004). Investigation of the evolutionary stages of natural beech in the control plot of Kelardasht region (Langa). *Iranian Forest and Poplar Research, 12* (3), 325-307. (In persian)

Emborg, J., Christensen, M., & Heilmann- Clausen, J. (2000). The structure dynamics of Susurrup Skov, a near natural temperate deciduous forest in Denmark. *Forest Ecology and Management, 126*, 173-189.

Esteghamat, M. (2003). The effect stands structure on the regeneration in the natural and managed stands (shelter wood system) in the Ziarat forest (Gorgan). The M.sc thesis of Natural Forestry. Gorgan University of agriculture science and natural resources. 110 p.

Hosseinzadeh, J., Namiranian, M., Marvi Mohajer, M.R., & Zahedi Amiri, Gh. (2004). Investigation of the structure of less destroyed forests in Ilam province. *Iranian Journal of Natural Resources*, *75*(1), 75-90. (In persian)

Javanmiri Pour, M., & Etemad, V. (2022). Development of the dead trees structural legacy in the dynamics process of pure beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands (Case study: Gorazbon district of Kheyrud forest). *Iranian Journal of Forest Ecology*, *10*(20), 73-87. (In persian)

Javanmiri Pour, M., Marvi Mohadjer, M.R, Etemad, V., & Jourgholam, M. (2017). Effect of management intervention on structure of natural stands (Case Study: Gorazbon District of Kheyrud Forest). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 2*, 209-2019. (In persian)

Javanmiri Pour, M., Marvi Mohadjer, M.R., Etemad, V., & Jourgholami, M. (2016). Quantitative changes of forest stand structure through full calipering method. *Iranian Journal of Forest, 8* (4), 493-505. (In persian)

Khoshnevis, M., Teimouri, M., Sadegzadeh Hallaj, M., Matinizadeh, M., & Shirvany, A. (2019). The effect of vegetative form and shading on planting success of Greek Juniper (*Juniperus excelsa* M. B.). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, *27*(2), 125-134. (In persian)

Kint, V., Lust, N., Ferris, R., & Olsthoorn, A.F.M. (2000). Quantification of forest stand structure applied to Scots Pine (*Pinus Sylvestris* L.) Forests. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, 1*, 147-163.

König, L., Mohren, F., Schelhaas, M., Bugmannc, H., & Nabuursa, G. (2022). Tree regeneration in models of forest dynamics – Suitability to assess climate change impacts on European forests. *Forest Ecology and Management*, *520*, 120390.

Korpel, S. (1995). Die Urwalder der westkarpaton. Gustav Fisher, Stuttgart, 310p.

Leibundgut, H. (1983). Über Zweck und Methodik der Struktur- und Zuwachsanalyse von Urwäldern. *Schweizerische Zeitsschrift für Forstwesen*, *110*, 111–124.

Manabe, K., Matsui, T., Yamaya, M., Sato-Nakagawa, T., Okamura, N., Arai, H., & Sasaki, H. (2000). Sleep patterns and mortality among elderly patients in a geriatric hospital. *Gerontology*, *46*(6), 318-22.

Mariotti, B., Alberti, G., Maltoni, A., Tani, A., & Piussi, P. (2017). Beech coppice conversion to high forest: results from a 31-year experiment in Eastern Pre-Alps. *Annals of Forest Science*, *74*, 44.

Marvi Mohadjer, M.R. (2013). Silviculture. University of Tehran Press. 419 p.

Mataji, A., & Nemiranian, M. (2007). Investigation of the structure and development of natural stands in northern Iran (Case study: Khairudkenar, Nowshahr). *Iranian Journal of Natural Resources*, *55*(4), 251-260. (In persian)

Mehdiani, A.R., Heidari, R., Rahmani, R., & Azadfar, D. (2012). Investigation of oak structure (*Quercus macranthera*) in forest stands of Golestan province. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, *19*(2), 23-42.

Moradi, Gh. (2022). A study of the richness of woody plants in the forests of northern Iran and temperate broadleaf forests of Central Europe. *Man and the Environment*, *19*(2), 75-90.

Moridi, M., Fallah, A., Pourmajidian, M., & Sefidi, K. (2021). Quantitative Analysis of Forest Structure at Growing Up Volume Stage in the Evaluation of Natural Beech Stands (Case Study: Kheyroud Forest). Iranian Journal of Forest, *13*(2), 115-128. (In persian)

Namiranian, N. (2010). Tree measurement and forest biometrics. University of Tehran Press. Second edition. 594 p.

Nocentini, S. (2008). Structure and management of beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in Italy. *iForest Biogeosciences and Forestry*, *2*, 105-113.

Nouri, Z., Zobeiri, M., Feghhi, J., & Marvi Mohajer, M.R. (2015). Application of nearest neighbor indices in studying the structure of intact beech stands in Khiroud forest of Nowshahr. *Applied ecology*, *4*(12), 11-20.

Pielou, E.C. (1977). Mathematical ecology. Wiley, New York.

Pilehvar, B., Mirazadi, Z., Alijani, V., & jafari sarabi, H. (2015). Investigation of Hawthorn and Maple's Stands Structures of Zagros Forest Using Nearest Neighbors Indices. *Journal of Forest Ecosystems Researches*, *1*(2), 1-14.

Pirozi, F., Soosani, J., Adeli, K., Maleknia, R., Naghavi, H., & Hosseinzadeh, R. (2018). The comparison of forest structure in Oak stands with different density and mixture (Case study: Noyjian forests of Khorramabad). *Journal of Forest Research and Development*, *4*(1), 15-28.

Pommerening, A. (2002). Evaluating structural indices by reversing forest structural analysis. *Forest Ecolgy and Management*, *224*, 266-277.

Pourhashemi, M. (2019). Breeding operations, a way to improve the structure of small-diameter coppice oak stands in the Zagros forests. *Iran Nature*, *4*(4), 13-17.

Pourhashemi, M., & Alimahmoodi Sarab, S. (2021). Effect of protection on structural characteristics of forest stands (Case study: Izeh forests, Khuzestan). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *29*(4), 339-348. (In persian)

Pourhashemi, M., Zandbasiri, M., & Panahi, P. (2014). Structural characteristics of oak coppice stands of Marivan Forests. *The Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, *27*(5), 766-776. (In persian)

Sagheb Talebi, Kh., Sajedi, T., & Pourhashemi, M. (2014). Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future. Springer, Dordrecht.

Sefidi, K., & Sadeghi, S. (2021). Anthropogenic disturbance impacts on spatial pattern of Caucasian oak (Quercus macranthera) stands in the Hatam Mashe Si forests, Arasbaran. Iranian Journal of Forest, *13*(2), 155-168. (In persian)

Sefidi, K., Marvi Mohajer, M.R., Etemad, V., & Mozandel, R. (2014). Dynamics of the final stage of sequencing in mixed beech forests in northern Iran (Case study: Gorazbon section of Khirud forest in Nowshahr). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *22*(2), 270-283.

Shabani, S., varamesh, S., Sefidi, K., & Haghighi, A. (2022). Studying the plants species diversity under microtopography in mixed beech forests, case study: Deldareh forests, Nowshahr. Iranian Journal of Forest, *14* (1), 1-13. (In persian)

Sjolund, M.J., & Jump, A. (2015). Coppice management of forests affects spatial genetic structure but not genetic diversity in European beech (*Fagus sylvatica* L.). Forest Ecology and Management, *336*, 65-71.

Šrámek, M., Volařík, D., Ertas, A., & Matula, R. (2015).The effect of coppice management on the structure, tree growth and soil nutrients in temperate Turkey. *Journal of forest science*, *61*(1), 27–34.

Travaglini, D., & Chirici, G. (2006). Deadwood assessment. ForestBIOTA project Forest Biodiversity Test-phase Assessments. *Accademia Italiana di Scienze Forestali*, 20 pp.

Zobeiri, M. (2003). Forest inventory (measurement of trees and forests), University of Tehran Press, third edition, 401 p.

Iranian Journal of Forest
Vol. 15, No. 3, Autumn 2023
pp. 259-276

DOI: 10.22034/ijf.2022.343424.1870

Research Article

Comparison of the structural characteristics of coppice and standard stands of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in Hyrcanian forests (Case study: forests of Kojoor, Nowshahr)

M. Esmaeili[1], M. Javanmiri Pour [2*], V. Etemad[3] , and M. Namiranian[4]

[1]M.Sc. of Forest Biological Sciences, Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran.
[2]Ph.D. Forest Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj., I. R. Iran.
[3] Associate Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran.
[4] Retired Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran.

(Received: 26 June 2022; Accepted: 05 August 2022)

Abstract

The beech tree has the ability to produce shoots and form a coppice stands under specific natural climatic and environmental conditions or under unusual circumstances caused by human interference. The current research aims to compare the structural characteristics of coppice and standard stands of beech in the Hyrcanian forests in the Chetan area in Nowshahr. The diameter at breast height of all trees was measured using the full calipering method to determine the stocking volume. Half-hectare sample plots were established using the distance-azimuth method to study the spatial structure. The standing and log stocking volumes were also determined. According to the results, the number of live and dead trees in the coppice stand was 174 and 9.7 per hectare, respectively, and their volume was 146.2 and 3.6 m³/ha, respectively. In the standard stand, the number of live and dead beech individuals was 145 and 11 per hectare, respectively, while their volume was 147.5 and 12.1 m³/ha, respectively. About 55% of the standing dead trees in the coppice stand and 35% of the standing dead trees and 42% of the fallen dead trees in the standard stand were primarily in the first decay degree. The highest number of individuals in a beech coppice group included four, which is 17%. Groups of five individuals and two individuals also accounted for 16.9% and 16.5%, respectively. Spatial structure indices of beech coppice, including the Pielou segregation, Clark and Evans, Mingling, DBH differentiation, DBH dominance, and uniform angle, indicate species continuity, clustering, severe dominance of beech species, moderate differences, small size dominance, and clump distribution, respectively. Traditional uses of forests have influenced the structural characteristics of beech stands. Therefore, it is suggested that these and other similar stands be protected as a forest reserve to ensure the development of these habitats towards a more favorable state and the stability of the landscape in these areas.

Keywords: Chetan, density, dead tree, Beech, spatial structure, stock.

[*]Corresponding author Tel: +98 9183348828 Email: mjavanmiri@ut.ac.ir