مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۹ شماره ۱، صفحه ۵۲-۴۱، (۱۴۰۰)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijfpr.2021.351926.1957
شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350883.1400.29.1.3.0

معرفی سطح بهینه روشنه‌های تاجی برای زادآوری استقراریافته راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) در جنگل‌های طبیعی و آمیخته هیرکانی

علی‌اصغر واحدی

استادیار، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران. پست الکترونیک: as.vahedi@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۴

چکیده

استقرار زادآوری درختان در ارتباط با انواع روشنه‌ها و عوامل مرتبط به آن‌ها مانند ویژگی‌های فیزیوگرافی و درختان حاشیه، تضمین‌کننده پویایی و چرخه جای‌گشت در جنگل‌های طبیعی است. هدف پژوهش پیش‌رو، تعیین سطح بهینه روشنه‌ها در ارتباط با تغییرات تنوع گونه‌ای درختان حاشیه و واحدهای فیزیوگرافی برای بررسی تراکم و ارتفاع زادآوری مستقر راش (*Fagus orientalis* Lipsky) در مراحل مختلف رویشی است. بدین‌منظور، زادآوری مستقر درون روشنه‌ها در قطعه شاهد سری سه در گلندرود نور، آماربرداری صددرصد شد و مساحت هر روشنه با استفاده از روش شعاعی اندازه‌گیری شد. پس از تفکیک طبقه‌های سطحی روشنه‌ها، زادآوری استقراریافته درختان راش برمبنای قطر آن‌ها به سه طبقه ۱/۳ تا ۲/۵ (نهال)، ۲/۵ تا پنج (خال) و بزرگ‌تر از پنج سانتی‌متر (پیش‌به‌جا) تقسیم‌بندی شدند. تجزیه‌وتحلیل اطلاعات نشان داد که تغییرات تراکم هیچ‌کدام از انواع زادآوری، رابطه معنی‌داری با تغییرات سطح روشنه‌ها و عوامل مرتبط با آن‌ها نداشتند، اما ارتفاع نهال‌ها در ارتباط با واحدهای فیزیوگرافی و غنای گونه‌ای درختان حاشیه بین طبقه‌های سطحی روشنه‌ها، تغییرات معنی‌دار نشان داد. همچنین، ارتفاع خال‌گروه‌ها تنها با متغیر سطح روشنه و ارتفاع پایه‌های پیش‌به‌جا فقط با فراوانی درختان حاشیه روشنه‌ها، همبستگی وارونه معنی‌دار داشتند (ضریب‌های همبستگی به‌ترتیب ۰/۳۴- و ۰/۷-). نتایج این پژوهش نشان داد که مساحت بهینه روشنه‌ها برای استقرار انواع مراحل زادآوری راش با احتساب ویژگی‌های فیزیوگرافی، غنای گونه‌ای و فراوانی درختان حاشیه، شامل طبقه‌های سطحی کمتر از دو آر تا حداکثر ۱۰ آر است.

کلیدواژه: آشفتگی‌های طبیعی، تنوع گونه‌ای، درختان حاشیه روشنه‌ها، زادآوری راش، واحدهای فیزیوگرافی.

مقدمه

روشنه‌های تاج‌پوشش جنگل، نتیجه وقوع انواع مختلف آشفتگی‌های طبیعی یا غیرطبیعی و روند زیستی مانند مرگ‌ومیر، پایان دیرزیستی و رقابت گونه‌ای هستند. روشنه‌ها به‌عنوان اصلی‌ترین و مناسب‌ترین جایگاه استقرار زادآوری درختان گونه‌های مختلف در بوم‌سازگان‌های جنگلی شناخته

می‌شوند. پویایی موجود در روشنه‌ها مانند استقرار و رویش زادآوری درختان، ضامن چرخه جای‌گشت (Forest turnover) و کیفیت توده‌های جنگلی در آینده است. رخدادهای زیستی و وقوع آشفتگی‌ها با شدت و مقیاس‌های مکانی و زمانی مختلف می‌توانند انواع روشنه‌ها با فضاهای متفاوتی در توده‌های درختی ایجاد کنند که به‌تناسب فضای به‌وجودآمده، ویژگی‌های بوم‌شناختی متفاوتی در آن‌ها حکم‌فرما می‌شود. ازجمله این ویژگی‌ها می‌توان به شرایط خرداقلیم، تغییر مقدار عناصر غذایی، تغییرات رطوبت محیط و خاک، نوسان‌های درجه‌حرارت، شدت مقدار نور پخش و نور مستقیم و بسیاری از موارد دیگر در داخل این فضاها اشاره کرد. پژوهش‌های بسیاری نشان داده‌اند که همه ویژگی‌های بوم‌شناختی و زیست‌شناسی فضای درون روشنه‌ها تحت تأثیر اندازه سطح روشنه‌ها هستند. درواقع، سطح روشنه‌ها یکی از بارزترین و مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده ویژگی‌های داخل هر روشنه مانند استقرار زادآوری درختان است (Gray & Spies, 1996; Schliemann & Bockheim, 2011; Mohammadi *et al.,* 2019). از موارد اثرگذار دیگر می‌توان به شکل هندسی روشنه‌ها اشاره کرد، اما از آنجایی‌که شکل هندسی روشنه‌ها به‌ویژه در جنگل‌های طبیعی اغلب نامنظم است، نمی‌توان از آن مانند مساحت به‌عنوان شاخص تعیین‌کننده در تبیین ویژگی‌های بوم‌شناختی جنگل نام برد. به همین دلیل در بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده، روشنه‌ها به‌شکل بیضی درنظر گرفته می‌شوند و برمبنای طول و عرض شکل فرض‌شده، مساحت هندسی روشنه‌ها محاسبه یا تخمین زده می‌شود (Runkle, 1982). Bolton و همکاران (۲۰۱۱) نیز با بررسی مساحت روشنه‌ها، شکل هندسی آن‌ها را دایره‌ای یا بیضی درنظر گرفتند. نتایج پژوهش‌های مذکور نشان می‌دهند که اندازه‌گیری دقیق مساحت روشنه‌ها در رویشگاه‌های جنگلی می‌تواند بیانگر اثرات مستقیم و جانبی شکل‌های مختلف هندسی روشنه بر ویژگی‌های بوم‌شناختی، زیستی و درنهایت، استقرار زادآوری طبیعی درختان باشد.

در پژوهش پیش‌رو برای معرفی سطح بهینه روشنه‌ها در استقرار زادآوری، متغیرهای تراکم، قطر و ارتفاع زادآوری استقراریافته راش شرقی (*Fagus orientalis* Lipsky) در داخل روشنه‌های موجود در یکی از جنگل‌های آمیخته راش شمال کشور بررسی شد. نهال‌هایی که از دوره رویشی شل‌گروه خارج شده‌اند، در اصطلاح رایج به‌عنوان زادآوری استقراریافته معرفی می‌شوند (Orman *et al.,* 2018). با این استناد، در پژوهش پیش‌رو نیز زادآوری استقراریافته درنظر گرفته شد و از بررسی نونهال‌ها و زادآوری‌های غیرمستقر در آستانه ورود به مرحله چوبی صرف‌نظر شد. زادآوری مستقر در داخل روشنه‌ها برخلاف نونهال‌ها یا گروه‌های رویشی شل، زنده‌مانی بیشتری دارند و در مقابل آشفتگی‌های موضعی داخل روشنه‌ها، مقاومت بیشتری نشان می‌دهند. انتخاب راش در پژوهش پیش‌رو به‌دلیل فراوانی بیشتر این گونه نسبت به گونه‌های دیگر و نیز حضور آن در اغلب روشنه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه بود. از دلایل دیگر می‌توان به غالب بودن درختان این گونه، اهمیت بوم‌شناختی و سهم قابل‌توجه زی‌توده آن در جنگل‌های هیرکانی اشاره کرد. پژوهش‌های زیادی در راشستان‌های شمال کشور درمورد تغییر ویژگی‌های رویشی زادآوری راش در ارتباط با سطح روشنه‌ها انجام شده‌اند (Sagheb-Talebi, 2004; Sefidi *et al.,* 2011; Abrari Vajari *et al.,* 2012; Amanzadeh *et al.,* 2015; Nasiri *et al.,* 2018; Mohammadi *et al.*, 2019). اغلب آن‌ها گزارش کردند که در روشنه‌های با مقیاس سطحی کوچک و متوسط، شرایط بهینه‌ای برای استقرار زادآوری راش و افزایش کیفی و کمی آن فراهم است. براساس نتایج پژوهش Wagner و همکاران (۲۰۱۰)، روشنه‌های کوچک برای استقرار زادآوری گونه‌های مختلف راش به‌عنوان سطح بهینه محسوب می‌شوند، به‌طوری‌که بهترین شرایط رویشگاهی و بوم‌شناسی برای روند رویشی زادآوری راش در این روشنه‌ها فراهم است. با این‌حال، Nasiri و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی زادآوری طبیعی در جنگل‌های هیرکانی گزارش کردند که سایه و عدم دسترسی به نور کافی در روشنه‌های در حال بسته شدن باعث ایجاد استرس و روند معکوس رویشی در زادآوری راش می‌شوند.

در پژوهش پیش‌رو علاوه‌بر سطح روشنه‌ها، ویژگی‌های

مؤثر دیگر بر زادآوری مانند تنوع گونه‌ای درختان حاشیه روشنه‌ها و واحدهای فیزیوگرافی داخل روشنه‌ها نیز بررسی شد. احتمال درستی این فرضیه وجود دارد که سطح روشنه‌ها تحت تأثیر ویژگی‌های درختان حاشیه و تغییرات توپوگرافی زمین قرار گیرند. اگرچه این امکان نیز وجود دارد که در رویشگاه‌های مختلف بوم‌سازگان جنگل، این اثرات و ارتباطات متقابل بین سطح روشنه‌ها و ویژگی‌های مذکور، تغییرات متفاوتی باهم داشته باشند. از این‌رو، باتوجه‌به تغییرات ویژگی‌های زادآوری در ارتباط با تغییرات سطح روشنه‌ها می‌توان گفت که استقرار زادآوری درختان و روند رویشی آن‌ها نیز می‌تواند متأثر از معیارهای تنوع گونه‌ای درختان حاشیه روشنه‌ها و ویژگی‌های توپوگرافی داخل آن‌ها باشد. Wang و همکاران (۲۰۱۹) عنوان کردند که گسترش سطح روشنه‌ها به تنوع ترکیبی درختان حاشیه آن‌ها بستگی دارد. همچنین، تنوع گونه‌ای درختان حاشیه با ایجاد شرایط سایه در اطراف روشنه‌ها می‌تواند افت رطوبت داخل روشنه‌ها را جبران کند، بنابراین این معیارها، تأثیر مثبت و صعودی بر روند زادآوری درختان داخل روشنه‌ها می‌گذارند. در ارتباط با سطح روشنه‌ها، انواع واحدهای فیزیوگرافی مانند تغییرات شیب سبب ایجاد اختلاف معنی‌دار در مقادیر عناصر غذایی و عمق سطحی خاک می‌شوند. دریافت مقدار متفاوت انرژی خورشیدی و نور نیز در دامنه‌های مختلف رخ می‌دهد. درنهایت، گرادیان‌های مختلف ارتفاع از سطح دریا سبب تغییرات درجه‌حرارت و ایجاد شرایط خرداقلیم می‌شوند (Holeksa *et al.*, 2017). Collins و Carson (۲۰۰۴) و Tinya و همکاران (۲۰۱۹) عنوان کردند که تغییرات شیب، جهت دامنه و ارتفاع از سطح دریا در جنگل‌های آمیخته، اثرات بارزی بر نهال‌های درختان دارند. از این‌رو، بدیهی است که استقرار زادآوری درختان و پاسخ‌های بوم‌شناختی آن‌ها به تغییرات سطح روشنه‌های طبیعی در جنگل‌های آمیخته باید در ارتباط با ویژگی‌های دیگر مانند ویژگی‌های زیست‌فیزیکی و درختان حاشیه روشنه‌ها بررسی شود. هدف پژوهش پیش‌رو نیز بررسی اثرگذاری سطح روشنه‌ها در ارتباط با تغییرات تنوع گونه‌ای درختان حاشیه روشنه‌ها و واحدهای فیزیوگرافی بر تراکم و ارتفاع زادآوری مستقر درختان راش در همه مراحل رویشی در داخل روشنه‌ها بود. براین‌اساس، یک سطح بهینه برای انواع زادآوری در جنگل مورد مطالعه معرفی شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پژوهش پیش‌رو در سری سه جنگل‌های گلندرود نور واقع در حوزه آبخیز ۴۸ از جنگل‌های هیرکانی انجام شد. این سری از نظر تقسیمات اداری در حوزه استحفاظی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران- نوشهر قرار دارد. سری سه با مساحت ۱۵۲۱ هکتار در محدوده عرض جغرافیایی ″۳۰ ′۲۷ °۳۶ تا ″۱۵ ′۳۲ °۳۶ شمالی و طول ″۲۵ ′۵۳ °۵۱ تا ″۲۵ ′۵۷ °۵۱ شرقی پراکنش دارد. محدوده مورد مطالعه در سری منتخب، پارسل سه بود که به قطعه شاهد معروف است و طی مدت حداقل ۳۵ سال گذشته، فاقد هرگونه عملیات جنگل‌شناسی و دخالت‌های انسانی بوده است. مساحت پارسل مورد مطالعه ۳۸ هکتار است که در دامنه ارتفاعی ۹۸۰ تا ۱۳۲۰ متر از سطح دریا قرار دارد. جهت‌های عمومی در کل سری و نیز در پارسل سه، اغلب غربی و جنوب غربی هستند. بیشینه شیب منطقه در برخی نقاط تا ۸۰ درصد می‌رسد. البته در برخی از بخش‌های رویشگاه، کمینه شیب حدود ۱۰ درصد است که به‌شکل اراضی مسطح مشاهده می‌شود. در رویشگاه جنگلی مورد مطالعه، درختان راش به‌شکل آمیخته با گونه‌هایی مانند پلت، ممرز، بلندمازو، آزاد، انجیلی و توسکای ییلاقی پراکنش دارند. سنگ مادری و تیپ خاک در پارسل مورد مطالعه به‌ترتیب آهک مارن و قهوه‌ای جنگلی تا راندزین هستند. آمار ۳۰ساله نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی (واقع در نوشهر) نشان می‌دهد که میانگین بیشینه و کمینه دما به‌ترتیب ۲۸/۸ (در اواسط مردادماه) و ۳/۹ درجه سانتیگراد (در بهمن‌ماه) هستند. متوسط بارندگی سالانه نیز ۱۲۹۳/۵ میلی‌متر است (Vahedi, 2016).

روش پژوهش

در این پژوهش با آماربرداری صددرصد همه روشنه‌های موجود در پارسل سه، مساحت هریک از آن‌ها با استفاده از روش شعاعی محاسبه شد (Namiranian, 2007). برای تفکیک روشنه‌ها طبق پژوهش Sefidi و همکاران (۲۰۱۱) به‌شکل ازپیش‌تعیین‌شده، حداقل مساحت ۱۵ متر مربع برای انجام عملیات میدانی و بررسی زادآوری استقراریافته درنظر گرفته شد. مساحت هندسی روشنه‌های تاجی به سه طبقه سطحی شامل کوچک‌تر از دو آر، دو تا پنج آر و پنج تا ۱۰ آر تقسیم‌بندی شدند (Sefidi *et al.,* 2011; Amanzadeh *et al.,* 2015). همچنین، قطر برابر سینه و ارتفاع کل برای همه درختان حاشیه مرزی روشنه‌ها اندازه‌گیری شد. در هر روشنه، ارتفاع و قطر یقه زادآوری مستقر در مراحل مختلف رویشی از مرکز هر روشنه به‌سمت حاشیه‌های اطراف، آماربرداری صددرصد شد. قطرهای اندازه‌گیری‌شده برمبنای مراحل رویش زادآوری به سه طبقه ۱/۳ تا ۲/۵ (نهال)، ۲/۵ تا پنج (خال) و بیشتر از پنج سانتی‌متر (زادآوری پیش‌به‌جا) تقسیم‌بندی شدند (Orman *et al.,* 2018). براساس نظر Marvie Mohadjer (۲۰۱۱)، زادآوری استقراریافته با قطر برابر سینه کمتر از ۱۰ سانتی‌متر متعلق به مرحله رویشی خال‌گروه است، اما در پژوهش پیش‌رو باتوجه‌به تفکیک طبقه‌های قطری برمبنای پژوهش Orman و همکاران (۲۰۱۸)، پایه‌های زادآوری استقراریافته با قطر بیشتر از پنج سانتی‌متر، مجزا از مرحله خال‌گروه و به‌عنوان زادآوری پیش‌به‌جا طبقه‌بندی شدند. بیشینه قطر این گروه از زادآوری باتوجه‌به طبقه‌های قطری تعریف‌شده برای درختان جنگل‌های هیرکانی، ۷/۵ سانتی‌متر درنظر گرفته شد. در برخی از روشنه‌ها، پایه‌هایی که حتی قطر کمتر از ۷/۵ سانتی‌متر داشتند، اما ارتفاع آن‌ها به بیشتر از نصف ارتفاع درختان حاشیه رسیده بود، اندازه‌گیری نشدند. چنین روشنه‌هایی به‌عنوان روشنه‌های بسته تلقی شدند (Orman *et al.,* 2018).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

آزمون شاپیرو- ویلک برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها به‌کار برده شد. باتوجه‌به ماهیت آماری داده‌ها برای ارائه رتبه میانگین قطر برابر سینه و ارتفاع درختان حاشیه روشنه‌ها و نیز کمیت‌های مربوط به زادآوری استقراریافته راش در هریک از طبقه‌های سطح روشنه از آزمون کروسکال- والیس استفاده شد. برحسب فراوانی و غنای گونه‌ای، شاخص‌های تنوع گونه‌ای درختان حاشیه روشنه برای تبیین اثرگذاری بر مقادیر تراکم، ارتفاع و قطر زادآوری راش با استفاده از رابطه‌های ۱، ۲ و ۳ محاسبه شدند (Barnes, 1998; Mesdaghi, 2006).

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} P_i Ln(P_i) \qquad \text{رابطه (۱)}$$

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}} = \frac{-\sum_{i=1}^{s} P_i Ln(P_i)}{Ln(s)} \qquad \text{رابطه (۲)}$$

$$D = \sum_{i=1}^{s} (P_i)^2 \qquad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن‌ها: H'، J' و D به‌ترتیب شاخص‌های تنوع شانون- وینر، یکنواختی پایلو و غلبه گونه‌ای، P_i فراوانی نسبی درختان گونه i در حاشیه روشنه و S تعداد گونه‌های موجود در حاشیه روشنه هستند.

باتوجه‌به ماهیت تحلیلی داده‌ها، به‌منظور بررسی معنی‌داری ارتباط بین واحدهای فیزیوگرافی، متغیرهای اندازه‌گیری‌شده در پایه‌های زادآوری و درختان حاشیه با مساحت روشنه‌های متناظر، آزمون‌های همبستگی اسپیرمن و نسبت همبستگی اِتا (Eta (η)) به‌کار برده شد. برای مقایسه میانگین بین دو گروه مستقل در روشنه‌های با مساحت مختلف از آزمون من- ویتنی یو استفاده شد. در پژوهش پیش‌رو، روشنه‌های تاجی به‌عنوان متغیر هدف (پاسخ) درنظر گرفته شدند، بنابراین ویژگی‌های مورد بررسی در انواع زادآوری استقراریافته داخل روشنه‌ها و درختان

حاشیه در ارتباط با متغیر مذکور مورد آزمون‌های تحلیلی قرار گرفتند. برای تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده از نرم‌افزارهای Ecological Methodology و SPSS 23 استفاده شد.

نتایج

براساس نتایج به‌دست‌آمده، کمترین سطح روشنه تاجی در منطقه مورد مطالعه برابر با ۶۸ متر مربع بود (جدول ۱). فراوانی روشنه‌های تاجی در طبقه‌های مختلف سطحی، آمار متفاوتی را نشان دادند، به‌طوری‌که ۸۱ درصد از فراوانی روشنه‌های تاجی مورد مطالعه مربوط به طبقه سطحی کمتر از پنج آر بود. البته باتوجه‌به مقادیر ارائه‌شده در جدول ۱، حداکثر سطح روشنه مشاهده‌شده بیش از ۱۰ آر بود و اگرچه در جدول مذکور مقدار عددی آن در طبقه سوم سطح روشنه نمایان است، اما به‌دلیل تعداد بسیار کم آن در جنگل مورد مطالعه در رسته‌های طبقاتی درنظر گرفته نشد. همچنین، مشخص شد که سطح اشغال‌شده توسط روشنه‌ها در سراسر جنگل مورد مطالعه برمبنای سطح روشنه‌های تاجی نزدیک به ۱۷۵ آر است (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های سطح روشنه‌های طبیعی در جنگل مورد مطالعه

ویژگی روشنه	طبقه اول (کمتر از ۲ آر)	طبقه دوم (۲ تا ۵ آر)	طبقه سوم (۵ تا ۱۰ آر)
کمینه سطح (متر مربع)	۶۸	۲۳۰	۵۴۰
بیشینه سطح (متر مربع)	۱۷۰	۴۸۰	۱۵۳۸
میانگین سطح (متر مربع) ± انحراف‌معیار	۱۳۴/۰۷ ± ۳۱/۳۳	۳۱۱/۹۵ ± ۷۷/۹۲	۸۱۳/۵۱ ± ۲۹۷/۰۶
میانه سطح (متر مربع)	۱۴۰	۳۱۱	۷۲۳
درصد فراوانی	۳۲	۴۹	۱۷
درصد سطح اشغال‌شده در رویشگاه	۰/۵۱	۲/۰۷	۲/۱۶

برمبنای نتایج آزمون شاپیرو- ویلک، توزیع تغییرات در انواع مختلف طبقه‌های سطحی روشنه‌های تاجی (متغیر پاسخ)، نرمال نبود. نتایج آزمون کروسکال- والیس نشان داد که شاخص‌های تنوع گونه‌ای درختان حاشیه روشنه‌ها در بین طبقه‌های مختلف سطحی، اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). با این‌حال، اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد برای فراوانی درختان حاشیه روشنه‌ها بین طبقه‌های مختلف سطح مشاهده شد. از سوی دیگر، واحدهای مختلف فیزیوگرافی شامل شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا بین انواع مختلف طبقه‌های سطحی روشنه‌ها، تغییرات معنی‌دار داشتند (جدول ۲).

نتایج آزمون‌های کروسکال- والیس و من- ویتنی یو نشان داد که به‌طور کلی، ارتفاع و تراکم مراحل رویشی زادآوری بین انواع مختلف طبقه‌های سطحی، تغییرات معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). فقط تغییرات ارتفاع نهال‌های راش بین طبقه‌های مختلف سطح، معنی‌دار بود. گفتنی است که مرحله رویشی پیش‌به‌جا در روشنه‌های کوچک (طبقه اول) حضور نداشت. همچنین، اختلاف معنی‌داری برای تعداد این زادآوری در واحد سطح روشنه‌ها بین طبقه‌های دوم و سوم سطح روشنه‌ها مشاهده نشد (جدول ۳).

جدول ۲- مقایسه تغییرات تنوع گونه‌ای درختان حاشیه و ویژگی‌های فیزیوگرافی روشنه‌های تاجی

شاخص یا متغیر مورد بررسی		آماره مربع کای (χ^2)	میانگین رتبه		
			طبقه اول (کمتر از ۲ آر)	طبقه دوم (۲ تا ۵ آر)	طبقه سوم (۵ تا ۱۰ آر)
درختان حاشیه روشنه‌های تاجی	تنوع گونه‌ای شانون- وینر (H')	۱/۶۳ ns	۳۳/۷۲	۳۷/۹۱	۴۲/۴۱
	یکنواختی پایلو (J')	۱/۲۴ ns	۳۳/۸۲	۳۹/۷۲	۳۷/۹۵
	غلبه گونه‌ای (D)	۳/۷۸ ns	۴۱/۱۸	۳۲/۷۲	۲۹/۷۷
	غنای گونه‌ای (S)	۰/۱۹۴ ns	۳۵/۷۶	۳۶/۵۲	۳۸/۸۶
	فراوانی	۲۳/۸ **	۲۴/۷۱ a	۴۸/۲۴b	۴۸/۴۱b
واحدهای مختلف فیزیوگرافی	شیب (درصد)	۲۲/۳۱ **	۴۷/۵۳ a	۲۸/۴۲ b	۱۸/۷۷ c
	جهت دامنه	۶/۹۴ *	۴۱/۶۷ a	۳۴/۴۱ b	۲۴/۳۶ c
	ارتفاع از سطح دریا (متر)	۲۵/۶۵ **	۴۵/۵۶ a	۳۵/۴۱ b	۹/۳۶ c

ns غیرمعنی‌دار؛ * اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ** اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

حرف‌های انگلیسی متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده معنی‌داری طبقه‌های مختلف هستند.

جدول ۳- تغییرات تراکم و ارتفاع در مراحل رویشی زادآوری راش بین روشنه‌های جنگل مورد پژوهش

متغیر	مرحله زادآوری	آماره مربع کای/آماره Z	میانگین رتبه		
			طبقه اول (کمتر از ۲ آر)	طبقه دوم (۲ تا ۵ آر)	طبقه سوم (۵ تا ۱۰ آر)
تراکم (تعداد در سطح یک آر)	نهال	۰/۰۰۹ ns	۴۷۳/۵۲	۴۷۲/۵۱	۴۷۳/۲۳
	خال	۲/۷۲ ns	۱۲/۱۴	۹	۱۴
	پیش‌به‌جا	-۰/۲۷ ns	–	۲/۱۷	۴/۲۵
ارتفاع (متر)	نهال	۷/۷۷ *	۴۱/۹۲ a	۳۴/۸۶ b	۲۲/۵ c
	خال	۴/۷۸ ns	۲۹/۲۱	۲۰/۳۱	۲۲/۹۱
	پیش‌به‌جا	-۱/۳۴ ns	–	۰/۹	۱/۵

ns غیرمعنی‌دار؛ * اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

حرف‌های انگلیسی متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده معنی‌داری طبقه‌های مختلف هستند.

براساس نتایج موجود در جدول ۴، ارتفاع زادآوری‌های راش در مراحل رویشی نهال و خال با سطح روشنه‌ها، همبستگی وارونه معنی‌دار داشت، اما بین تراکم زادآوری موجود در داخل روشنه‌ها با مساحت آن‌ها، ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین، ارتباط معنی‌داری بین تراکم زادآوری در مراحل رویشی مختلف با هیچ‌کدام از متغیرهای زیست‌فیزیکی درختان حاشیه روشنه‌ها و واحدهای فیزیوگرافی وجود نداشت. نتایج دیگر بیانگر وجود همبستگی وارونه معنی‌دار بین فراوانی درختان حاشیه روشنه‌ها با ارتفاع نهال‌ها و پایه‌های پیش‌به‌جا هستند (جدول ۴). از سوی دیگر، ارتفاع نهال‌های راش با تغییرات جهت دامنه در روشنه‌های با مساحت‌های مختلف، ارتباط معنی‌داری داشت.

جدول ۴- ضریب‌های همبستگی بین تراکم و ارتفاع مراحل رویش زادآوری راش با سطح روشنه‌ها، متغیرهای زیست‌فیزیکی درختان حاشیه و واحدهای فیزیوگرافی

متغیر	سطح روشنه	ضریب همبستگی اسپیرمن: درختان حاشیه روشنه‌های تاجی H'	J'	D	S	فراوانی	شیب	ارتفاع از سطح دریا	جهت دامنه	ضریب اتا (η)
نهال	تراکم	۰/۱۷۱ ns	۰/۲۰۴ ns	۰/۱۰۹ ns	-۰/۰۷۶ ns	۰/۲۰۱ ns	۰/۱۶۳ ns	۰/۱۹۲ ns	۰/۱۵۷ ns	۰/۱۴۳ ns
	ارتفاع	-۰/۳۷۴ **	-۰/۴۳۱ **	۰/۱۲۹ ns	۰/۴۲۹ **	-۰/۴۱۸ **	-۰/۲۳۳ *	۰/۱۴۵ ns	۰/۵۱ **	۰/۳۳۷ **
خال	تراکم	۰/۲۰۹ ns	-۰/۱۰۴ ns	۰/۰۳۱ ns	-۰/۰۵۱ ns	۰/۱۲۷ ns	۰/۲۰۹ ns	۰/۱۶۴ ns	۰/۱۱۳ ns	۰/۱۹۲ ns
	ارتفاع	-۰/۳۶۶ **	-۰/۳۱۲ *	۰/۱۲۶ ns	۰/۳۱۹ *	-۰/۲۷۸ ns	۰/۰۵۹ ns	۰/۲۵ ns	۰/۱۸۱ ns	۰/۲۹۱ ns
پیش‌به‌جا	تراکم	۰/۳۰۱ ns	۰/۱۰۱ ns	۰/۱۵۱ ns	۰/۱۲۵ ns	-۰/۲۴۴ ns	۰/۴۵ ns	-۰/۰۸ ns	۰/۶۵۱ ns	۰/۲۵۱ ns
	ارتفاع	-۰/۴۲۳ ns	۰/۱۰۸ ns	۰/۵۳۳ ns	۰/۱۰۸ ns	۰/۱۱۱ ns	-۰/۷۷ *	-۰/۲۴۱ ns	۰/۴۲۳ ns	۰/۸۴۷ ns

H'، J'، D و S به‌ترتیب بیانگر شاخص‌های تنوع شانون- وینر، یکنواختی پایلو، غلبه گونه‌ای و غنای گونه‌ای هستند.

ns غیرمعنی‌دار؛ * اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ** اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

جدول ۵ نشان می‌دهد که همبستگی معنی‌داری بین سطح روشنه‌ها با میانگین قطر برابرسینه درختان حاشیه روشنه‌ها، شاخص‌های تنوع گونه‌ای شامل تنوع شانون- وینر، غلبه گونه‌ای و فراوانی درختان حاشیه روشنه‌ها وجود دارد، در حالی‌که براساس نتایج آزمون همبستگی اتا، همبستگی معنی‌داری بین متغیر اسمی جهت دامنه و مساحت‌های مختلف روشنه مشاهده نشد.

جدول ۵- ضریب‌های همبستگی بین طبقه‌های مختلف روشنه‌ها با متغیرهای زیست‌فیزیکی درختان حاشیه و واحدهای فیزیوگرافی

سطح روشنه	ضریب همبستگی اسپیرمن: درختان حاشیه روشنه‌های تاجی DBH	H	H'	J'	D	S	فراوانی	شیب	ارتفاع از سطح دریا	جهت دامنه	ضریب اتا (η)
	۰/۳۴۵ **	-۰/۱۶۲ ns	۰/۵۵۲ **	-۰/۰۱۲ ns	-۰/۵۶۳ **	۰/۲۹۵ ns	۰/۴۲۳ *	-۰/۱۶۵ ns	-۰/۰۳۴ ns	۰/۴۵۹ ns	

DBH و H به‌ترتیب نشان‌دهنده قطر برابر سینه و ارتفاع درختان موجود در حاشیه روشنه‌ها هستند.

H'، J'، D و S به‌ترتیب بیانگر شاخص‌های تنوع شانون- وینر، یکنواختی پایلو، غلبه گونه‌ای و غنای گونه‌ای هستند.

ns غیر معنی‌دار؛ * اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ** اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که کمینه و بیشینه سطح روشنه‌ها حدود ۰/۷ و ۱۵ آر بود. البته باتوجه‌به روش آماربرداری استفاده‌شده در پژوهش پیش‌رو (آماربرداری صددرصد) و به‌تناسب تعداد کل روشنه‌ها در جنگل مورد مطالعه فقط یک روشنه، سطحی بیشتر از ۱۰ آر مشاهده شد. همان‌طور که در بخش نتایج نیز اشاره شد، درصد فراوانی روشنه‌های متعلق به طبقه سطحی مذکور ۱۷ درصد از کل روشنه‌های مشاهده‌شده را به‌خود اختصاص داد. در

پژوهش‌های پیشین نیز که در جنگل‌های هیرکانی انجام شده‌اند، فراوانی کمتری برای روشنه‌هایی با مساحت تا ۱۰ آر در مقایسه با پژوهش پیش‌رو گزارش شده است (Sefidi *et al.*, 2011; Sefidi *et al.*, 2015; Amanzadeh *et al.*, 2015). Sefidi و همکاران (۲۰۱۵)، روش‌های متفاوت در آماربرداری روشنه‌ها و اندازه‌گیری سطح آن‌ها را یکی از دلایل ایجاد اختلاف فراوانی روشنه‌ها بین طبقه‌های مختلف سطحی دانسته‌اند. گفتنی است که در جنگل‌های آمیخته معتدله (مانند جنگل‌های هیرکانی) روشنه‌های با مساحت بزرگ به‌ندرت ایجاد می‌شوند. درواقع، روند پویایی و پایداری جنگل‌ها برمبنای الگوی پراکندگی روشنه‌های با سطح کوچک تا متوسط قرار دارند (Garbarino *et al.*, 2012)، اگرچه بدیهی است که اندازه روشنه‌ها تاحدودی به مراحل مختلف تحولی توده‌ها نیز بستگی دارد. یکی از نتایج جالب‌توجه در رابطه با سطح روشنه‌های پراکنده در جنگل مورد مطالعه این است که مساحت اشغال‌شده توسط روشنه‌های بزرگ باتوجه‌به حداقل فراوانی، بیشترین سهم را داشتند. از سوی دیگر، باتوجه‌به فراوانی روشنه‌های متوسط و نسبت سهم اشغال آن‌ها در کل رویشگاه مورد پژوهش می‌توان گفت که برمبنای روند طبیعی حاکم بر رویشگاه، پایداری و پویایی این جنگل‌ها وابسته به تشکیل روشنه‌ها و پراکنش آن‌ها با سطح حداکثر پنج آر است. باید این نکته یادآوری شود که این نتایج قابل تعمیم به مناطق دیگر نیست و برای دستیابی به نتایج جامع باید پژوهش‌هایی در رویشگاه‌های مختلف انجام شوند.

با درنظر گرفتن ویژگی‌های مربوط به انواع طبقه‌های سطحی روشنه و صرف‌نظر از عوامل ایجادکننده روشنه‌ها و گونه درختان روشنه‌ساز، یکی از شاخص‌هایی که نشان‌دهنده شرایط بهینه روشنه‌ها است، ویژگی‌های کمی و کیفی زادآوری درختان گونه‌های مختلف پراکنش‌یافته در منطقه مورد مطالعه است. با استناد به آماربرداری و مشاهدات پژوهش پیش‌رو، زادآوری درختان راش، فراوانی بیشتری نسبت به گونه‌های دیگر داشت. باتوجه‌به حضور زادآوری در مراحل رویشی مختلف و به‌شکل گروهی و لکه‌ای در منطقه مورد مطالعه، ویژگی‌های زادآوری راش برای معرفی سطح بهینه روشنه در جنگل مورد پژوهش، مبنای ارزیابی قرار گرفت. نتایج مراحل رویشی نهال، خال و پیش‌به‌جای مستقر در درون روشنه‌ها نشان داد که تراکم هیچ‌کدام از مراحل رویشی زادآوری راش (تعداد در واحد سطح آر) اختلاف معنی‌داری بین طبقه‌های مساحت روشنه نداشتند. به‌عبارت دیگر، تراکم هریک از طبقه‌های قطری زادآوری‌ها، مستقل از سطح روشنه‌ها بود (جدول‌های ۳ و ۴). گفتنی است که پایه‌های پیش‌به‌جا در روشنه‌های با طبقه‌های سطحی کمتر از دو آر حضور نداشتند، بنابراین عدم معنی‌داری تغییرات تراکم مرحله رویشی مذکور فقط مربوط به طبقه‌های سطحی متوسط و بزرگ بود. درمورد این یافته، دو حالت قابل‌انتظار است. اول اینکه ممکن است سن روشنه‌های کوچک (طبقه سطحی اول) کمتر از سن مرحله رویشی پیش‌به‌جا در گونه مورد پژوهش باشد. به‌این‌معنی که سن روشنه‌های کوچک نسبت به روشنه‌های بزرگ‌تر، کمتر است. احتمال دوم اینکه بسته شدن روشنه‌های بزرگ‌تر و رسیدن زادآوری حاشیه روشنه‌ها به مرحله رویشی فراتر از پیش‌به‌جا و یا به‌جا باعث ایجاد روشنه‌های کوچک پراکنده در جنگل مورد مطالعه شده است. به‌عبارت دیگر، با رسیدن ارتفاع زادآوری مستقر در حاشیه روشنه‌ها به ارتفاع تاج‌پوشش درختان، روشنه‌های بزرگ به روشنه‌های کوچک‌تر تبدیل می‌شوند. Marvie Mohadjer (۲۰۱۱) ماهیت ذاتی زادآوری درختان راش را به‌شکل گروهی و لکه‌ای بیان کرد. مشاهدات پژوهش پیش‌رو نیز گروهی بودن زادآوری‌های استقراریافته راش در بخش‌های مختلف روشنه‌ها را تأیید می‌کند، بنابراین نحوه استقرار زادآوری راش در روشنه‌های طبیعی جنگل مورد مطالعه می‌تواند یکی از دلایلی باشد که سبب شده است تغییرات سطح روشنه در رابطه با تراکم انواع مراحل رویش زادآوری راش اثرگذار نباشد. ازاین‌رو می‌توان گفت که رقابت بوم‌شناسی بین‌گونه‌ای یا درون‌گروهی و یا تغییر در محتوی عناصر غذایی، رطوبت محیط، درجه‌حرارت و شدت نور وارده می‌توانند از عوامل اثرگذار باشند. ناگفته نماند که با تغییر سطح روشنه‌ها، تغییرات قابل‌توجهی در رابطه با همه عوامل مذکور به‌وجود خواهد آمد (Mohammadi *et al.*, 2019)، اما آنچه واضح بود، تغییر

سطح روشنه‌ها، تأثیر معنی‌داری بر تغییر تراکم هیچ‌کدام از انواع مراحل رویشی زادآوری راش نداشت.

نتایج دیگر نشان داد که با افزایش سطح روشنه‌ها، ارتفاع نهال‌های راش کمتر شد، درحالی‌که ارتفاع گروه‌های رویشی خال و پیش‌به‌جا با تغییر سطح روشنه، تغییرات معنی‌داری نداشتند. باید به این نتیجه نیز توجه شود که همبستگی وارونه معنی‌داری بین همه طبقه‌های روشنه‌های موجود در جنگل مورد مطالعه با ارتفاع نهال و نیز ارتفاع خال وجود داشت (جدول ۴). به‌این‌معنی که با بسته شدن تدریجی روشنه‌های تاج‌پوشش، ارتفاع زادآوری راش در مراحل رویشی نهال و خال افزایش خواهد یافت. البته تناقض نتایج جدول‌های ۳ و ۴ می‌تواند در دسته‌بندی مساحت یک طبقه نسبت به مقادیر مطلق سطح روشنه متناظر با ارتفاع همه زادآوری موجود باشد، بنابراین می‌توان گفت که آزمون‌های همبستگی اسپیرمن و نسبت اِتا، نتایج واضحی از تغییرات ارتفاع گروه‌های رویشی نهال و خال با تغییرات سطح روشنه‌ها ارائه می‌دهند. Orman و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که زادآوری راش در مراحل ابتدایی رویش به‌ویژه در مرحله نونهال و نهال اغلب در روشنه‌های کوچک، شرایط بهینه‌ای برای رقابت و کسب نور دارند و بهتر مستقر می‌شوند، بنابراین رویش ارتفاعی آن‌ها بیشتر خواهد بود. Parhizkar و همکاران (۲۰۱۱) و نیز Sefidi و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که در صورت وجود شدت نور نسبی مناسب، راش شرقی در جنگل‌های شمال کشور هم در بخش‌های مختلف درون روشنه و هم در بین روشنه‌های با مساحت‌های مختلف، شرایط رویشی و ارتفاعی بهینه خواهد داشت، بنابراین بدیهی است که بین سطح روشنه‌ها و ارتفاع مراحل اولیه رویشی زادآوری (گروه‌های نهال و خال) راش، همبستگی وارونه وجود داشته باشد.

بررسی تغییرات واحدهای فیزیوگرافی نشان داد که همه واحدهای فیزیوگرافی در بین طبقه‌های مختلف سطح روشنه، اختلاف معنی‌داری دارند (جدول ۲)، اما نتایج اثرات واحدهای فیزیوگرافی درون روشنه‌ها بر زادآوری استقراریافته راش نشان داد که از بین همه مراحل رویشی زادآوری مستقر در روشنه‌ها، فقط ارتفاع نهال‌ها با ارتفاع از سطح دریا و جهت دامنه، همبستگی معنی‌داری داشتند، بنابراین ارتفاع نهال‌ها در طبقه‌های مختلف روشنه‌ها تحت تأثیر تغییرات فیزیوگرافی مذکور داخل روشنه‌ها قرار می‌گیرند. Mohammadi و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که پویایی روند رویشی زادآوری درختان راش در مراحل اولیه رویش مانند نونهال و نهال علاوه‌بر سطح روشنه‌ها، وابستگی زیادی به ویژگی‌های بوم‌شناسی، زیست‌شناسی و شرایط توپوگرافی داخل روشنه‌ها دارد. پژوهش‌های دیگری نیز گزارش کردند که زادآوری انواع مختلف گونه‌های درختان در روند استقرار و گذار مرحله رویشی تحت تأثیر شرایط فیزیوگرافی زمین مانند جهت دامنه و ارتفاع از سطح دریا قرار می‌گیرند (Collins & Carson, 2004; Prévost & Rymond, 2012; Holeksa *et al.,* 2017, Tinya *et al.,* 2019). براساس نتایج Prévost و Rymond (۲۰۱۲) و Holeksa و همکاران (۲۰۱۷)، استقرار نهال‌های درختان اغلب در دامنه‌هایی که در معرض دریافت نور خورشید بیشتری هستند، نسبت به دامنه‌های دیگر زیادتر است.

نتایج اثرات حاشیه‌ای روشنه‌ها در جنگل مورد مطالعه نشان داد که بین اغلب شاخص‌های تنوع گونه‌ای درختان حاشیه روشنه‌ها و ارتفاع نهال‌ها، ارتباط معنی‌داری وجود داشت، بنابراین تغییرات ارتفاع نهال‌های راش در داخل روشنه‌ها در ارتباط با شاخص‌های تنوع گونه‌ای شانون-وینر، غلبه گونه‌ای و فراوانی درختان حاشیه، بیشتر تحت تأثیر سطح روشنه‌ها بود (جدول‌های ۴ و ۵). باتوجه‌به هم‌تراز بودن و روند مشابه همبستگی بین سطح روشنه‌ها و متغیر ارتفاع نهال‌ها با همبستگی بین شاخص‌های تنوع گونه‌ای درختان حاشیه و ارتفاع نهال‌ها، می‌توان گفت که اثرات حاشیه‌ای مذکور خود تحت تأثیر مساحت روشنه و یا خود بر سطح تشکیل روشنه اثرگذار بودند. باتوجه‌به عدم همبستگی بین غنای گونه‌ای درختان حاشیه و متغیر سطح روشنه در جنگل مورد مطالعه می‌توان دریافت که در این حالت، ارتفاع نهال‌های راش مستقل از سطح روشنه‌ها و تحت تأثیر غنای گونه‌ای درختان حاشیه روشنه‌ها خواهد بود. به‌طوری‌که باتوجه‌به همبستگی وارونه بین ارتفاع نهال‌ها با

غنای گونه‌ای درختان حاشیه می‌توان گفت که با افزایش غنای گونه‌ای درختان حاشیه روشنه‌ها، رویش ارتفاعی نهال‌های راش کاهش می‌یابد. همچنین، نتایج دیگر نشان دادند که ارتفاع پایه‌های پیش‌به‌جا در روشنه‌های متوسط و بزرگ با فراوانی درختان حاشیه، ارتباط وارونه داشتند که می‌تواند به‌دلیل رقابت بوم‌شناسی بین پایه‌های پیش‌به‌جا با درختان حاشیه و نیز به‌علت دریافت نور بهینه باشد.

در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که امکان معرفی یک سطح بهینه مطلق برای همه زادآوری‌های استقراریافته راش وجود ندارد. نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که انواع مراحل رویشی زادآوری مستقر در داخل روشنه‌ها، پاسخ‌های بوم‌شناختی متفاوتی نسبت به مساحت روشنه‌ها نشان می‌دهند. همچنین، تغییرات تراکم نهال‌ها، خال‌گروه‌ها و پایه‌های پیش‌به‌جا، هیچ ارتباطی با تغییرات سطح روشنه‌ها و عوامل مرتبط با آن نداشتند، اما برای ارتفاع نهال‌ها در ارتباط با واحدهای فیزیوگرافی و غنای گونه‌ای درختان حاشیه نسبت به سطح روشنه‌ها، تغییرات معنی‌داری مشاهده شد. ارتفاع خال‌گروه‌ها فقط تحت تأثیر متغیر سطح روشنه و ارتفاع پایه‌های پیش‌به‌جا فقط تحت تأثیر فراوانی درختان حاشیه روشنه‌ها بودند، بنابراین در برنامه‌های اجرایی برای اعمال عملیات جنگل‌شناسی و مدیریت بهینه برای پس از اتمام طرح تنفس جنگل‌های شمال کشور باید به مساحت‌های کوچک تا متوسط توجه شود. در استقرار نهال‌های راش باید تغییرات واحدهای فیزیوگرافی زمین و غنای گونه‌ای درختان حاشیه روشنه‌ها نیز مدنظر قرار گیرد. گفتنی است که عملیات جنگل‌شناسی برای بهبود روند استقرار پایه‌های پیش‌به‌جا راش باید در روشنه‌های متوسط تا بزرگ اجرا شود. در این راستا، صرف‌نظر از تغییرات سطح روشنه‌ها، فراوانی درختان حاشیه آن‌ها می‌تواند اثرگذار باشد، بنابراین همه طبقه‌های سطحی مشاهده‌شده در رویشگاه مورد پژوهش به‌تناسب انواع مراحل رویشی گونه راش می‌توانند به‌عنوان طبقه‌های سطحی بهینه با شرایط مناسب بوم‌شناختی معرفی شوند.

منابع مورد استفاده

- Abrari Vajari, K., Jalilvand, H., Pourmajidian, M.R., Espahbodi, K. and Moshki, M., 2012. Effects of canopy gap size and ecological factors on species diversity and beech seedlings in managed beech stands in Hyrcanian forests. Journal of Forestry Research, 23(2): 217-222.
- Amanzadeh, B., Pourmajidian, M.R., Sagheb-Talebi, Kh. and Hojjati, S.M., 2015. Impact of canopy gap size on plant species diversity and composition in mixed stands, case study: Reserve Area, District No.3 Asalem forests. Journal of Forest and Wood Product, 68(2): 287-301 (In Persian).
- Barnes, B.V., Zak, D.R., Denton, S.R. and Spurr, S.H., 1998. Forest Ecology, 4th Edition. John Wiley and Sons, Inc., New York, 774p.
- Bolton, N.W. and D'Amato, A.W., 2011. Regeneration responses to gap size and coarse woody debris within natural disturbance-based silvicultural systems in northeastern Minnesota, USA. Forest Ecology and Management, 262(7): 1215-122.
- Collins, R.J. and Carson, W.P., 2004. The effects of environment and life stage on *Quercus* abundance in the eastern deciduous forest, USA: are sapling densities most responsive to environmental gradients? Forest Ecology and Management, 201(2-3): 241-258.
- Garbarino, M., Borgono Mondinnno, E., Lingua, E., Nagel, T.A., Dukić, V., Govedar, Z. and Motta, R., 2012. Gap disturbances and regeneration patterns in a Bosnian old-growth forest: a multispectral remote sensing and ground-based approach. Annals of Forest Science, 69: 617-625.
- Gray, A.N. and Spies, T.A., 1996. Gap size, within-gap position and canopy structure effects on conifer seedling establishment. Journal of Ecology, 84(5): 635-645.
- Holeksa, J., Jaloviar, P., Kucbel, S., Saniga, M., Svoboda, M., Szewczyk, J., ... and Żywiec, M., 2017. Models of disturbance driven dynamics in the West Carpathian spruce forests. Forest Ecology and Management, 388: 79-89.
- Marvie Mohadjer, M.R., 2011. Silviculture. University of Tehran Press, Tehran, 418p (In Persian).
- Mesdaghi, M., 2006. Plant Ecology. Jahad-e Daneshgahi of Mashhad Press, Mashhad, 187p (In Persian).
- Mohammadi, L., Mohadjer, M.R.M., Etemad, V., Sefidi, K. and Nasiri, N., 2019. Natural regeneration within natural and man-made canopy gaps in Caspian natural beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest, Northern Iran. Journal of Sustainable Forestry, 39(1): 61-75.

- Namiranian, M., 2007. Measurement of Tree and Forest Biometry. University of Tehran Press, Tehran, 574p (In Persian).
- Nasiri, N., Marvie Mohadjer, M.R., Etemad, V., Sefidi, K., Mohammadi, L. and Gharehaghaji, M., 2018. Natural regeneration of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) trees in canopy gaps and under closed canopy in a forest in northern Iran. Journal of Forestry Research, 29: 1075-1081.
- Orman, O., Dobrowolska, D. and Szwagrzyk, J., 2018. 9/Gap regeneration patterns in Carpathian old-growth mixed beech forests – Interactive effects of spruce bark beetle canopy disturbance and deer herbivory. Forest Ecology and Management, 430: 451-459.
- Parhizkar, P., Sagheb-Talebi, Kh., Mataji, A., Nyland, R. and Namiranian, M., 2011. Silvicultural characteristics of Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) regeneration under different RLI and positions within gaps. Forestry, 84(2): 177-185.
- Prévost, M. and Raymond, P., 2012. Effect of gap size, aspect and slope on available light and soil temperature after patch-selection cutting in yellow birch–conifer stands, Quebec, Canada. Forest Ecology and Management, 274: 210-221.
- Runkle, J.R., 1982. Patterns of disturbance in some old-growth mesic forests of eastern North America. Ecology, 63(5): 1533-1546.
- Sagheb-Talebi, Kh., Madsen, P. and Terazawa, K., 2004. Improvement and Silviculture of Beech: Proceedings of the 7th International Beech Symposium. IUFRO Research Group 1.10.00, 10-20 May 2004. Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 186p.
- Schliemann, S.A. and Bockheim, J.C., 2011. Methods for studying treefall gaps: A review. Forest Ecology and Management, 261(7): 1143-1151.
- Sefidi, K., Marvi Mohajer, M.R., Etemead, V. and Mozandel, R., 2015. Canopy gaps properties effect on regeneration of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in the mixed beech stands. Journal of Natural Ecosystems of Iran, 5(2): 25-40 (In Persian).
- Sefidi, K., Marvie Mohadjer, M.R., Mosandl, R. and Copenheaver, C.A., 2011. Canopy gaps and regeneration in old-growth Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands, northern Iran. Forest Ecology and Management, 262(2): 1094-1099.
- Tinya, F., Márialigeti, S., Bidló, A. and Ódor, P., 2019. Environmental drivers of the forest regeneration in temperate mixed forests. Forest Ecology and Management, 433: 720-728.
- Vahedi, A.A., 2016. Simulating commercial biomass in the Hyrcanian mixed-beech stands. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 24(3): 451-462 (In Persian).
- Wagner, S., Collet, C., Madsen, P., Nakashizuka, T., Nyland, R.D. and Sagheb-Talebi, Kh., 2010. Beech regeneration research: From ecological to silvicultural aspects. Forest Ecology and Management, 259(11): 2172-2182.
- Wang, Z., Yang, H., Wang, D. and Zhao, Z., 2019. Spatial distribution and growth association of regeneration in gaps of Chinese pine (*Pinus tabuliformis* Carr.) plantation in northern China. Forest Ecology and Management, 432: 387-399.

Introducing canopy gap optimum size for established regeneration of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in the Hyrcanian mixed-forests

A.A. Vahedi

Assistant Prof., Forests and Rangelands Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran. E-mail: as.vahedi@areeo.ac.ir

Received: 19.09.2020 Accepted: 12.12.2020

Abstract

Establishment and growth of tree regeneration in association with the canopy gap (CG) and its related parameters such as topography and surrounding tree diversity guarantee turnover and dynamics of forest ecosystems. This research was conducted in the control parcel within the third district of Glandroud forests in Mazandaran province and aimed to clarify influences of gap area with respect to the species diversity of surrounding trees and physiography on the density and height responses for established regeneration of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in various growth stages, in order to suggest an optimum gap size for the mentioned regenerations. After measuring and calculating area of each CG using radial method, the gap sizes were classified based on full census. The established regeneration was divided into three classes of 1.3–2.5 cm (saplings), 2.5–5 cm (thickets), and > 5 cm (pole- or advanced regenerations). Following statistical tests, results generally showed that the variation of density of saplings, thickets and poles was not significantly correlated with the CG size and other associated parameters. However, significant difference among the CG size classes was observed for height of saplings in relation with physiographic units and frequency of marginally surrounding trees. In addition, height of thickets and pole individuals were significantly affected by gap size and frequency of surrounding trees. The findings indicated that all CG size classes consisting of an area less than 200 m^2 and the maximum area of 1000 m^2 are the environmentally and ecologically optimum areas for beech regeneration based on establishment proportion of growth stages recruitment in the forest ecosystem, taking account of frequency of surrounding trees and physiographic units.

Keywords: Beech regenerations, gap surrounding trees, natural disturbances, physiographic units, species diversity.