DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijfpr.2012.6109

فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۰ شمارهٔ ۱، صفحهٔ ۱۸۱-۱۶۵، (۱۳۹۱)

بررسی رژیم نوری در توده‌های طبیعی و مصنوعی جنگلهای شمال ایران

خسرو ثاقب‌طالبی[1*]، ژینوس جشنی[2]، شیرزاد محمدنژادکیاسری[3]، حمید محمدی نصرآبادی[2] و محبوبه پایدار[2]

۱*- نویسنده مسئول، دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور. پست الکترونیک: saghebtalebi@rifr-ac.ir
۲- کارشناس ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۳- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۱۵

چکیده

با توجه به اهمیت فاکتور نور به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل اکولوژیک در مباحث جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، در این مقاله تلاش شده که اطلاعاتی در مورد این فاکتور و تغییرات آن در توده‌های مختلف جنگلی در اختیار متخصصان قرار گیرد تا با توجه به آن بتوان دخالتهای جنگلشناسی را بهتر انجام داد. بدین منظور قطعات نمونه‌ای در تیپ‌های مختلف جنگلهای طبیعی شمال ایران (انجیلی- ممرز، بلوط- ممرز، راش خالص و آمیخته، ممرز- راش و پهن‌برگ آمیخته) و همچنین در توده‌های جنگل‌کاری شده با گونه‌های مختلف (بلوط، پلت، توسکا و زربین) انتخاب و ضمن آماربرداری خصوصیات کمی درختان، نسبت به عکس‌برداری از پوشش تاجی (canopy cover) توده با دوربین مجهز به عدسی چشم ماهی و تهیه عکسهای نیم‌کروی و تفسیر آنها با نرم‌افزار GLA اقدام گردید. نتایج نشان داد که میزان بازشدگی تاج‌پوشش (canopy openness) توده‌های طبیعی مورد بررسی بین ۹/٦ تا ۲۹/٤ درصد و در جنگل‌کاریها بین ۰/۹ تا ۱۷/۲ درصد متغیر بود. شدت نور نسبی بین ۱۱/۸ تا ۳۵/۹ درصد در توده‌های طبیعی و بین ۱/٤ تا ۲۵/۱ درصد در جنگل‌کاریها نوسان داشت. کمترین شاخص سطح برگ (LAI) در توده ممرز- راش به میزان ۱/٤ و بیشترین میزان این شاخص در توده زربین خالص (۵/۸) اندازه‌گیری شد. در توده‌های مورد بررسی، لکه‌های نوری (sun fleck) متفاوتی وجود دارند که از ۲ دقیقه در روز، حداکثر به تعداد ۲۱۰۰ لکه در جنگل‌کاری توسکا تا ۲۰۰ دقیقه در روز به تعداد ۲۰ لکه در توده انجیلی- ممرز نور مستقیم دریافت می‌کنند. بیشترین انرژی دریافت شده در جنگلهای مورد بررسی در منطقه هیرکانی به میزان ٤۳ MJm-2 در تیرماه می‌باشد. شناخت رژیم نوری در توده‌های جنگلی و سرشت نوری درختان می‌تواند در انجام عملیات پرورشی باعث افزایش کمیت رشد و بهبود کیفیت درختان شده و با بهبود شرایط نور در کف جنگل سهولت و تقویت تجدیدحیات طبیعی گونه‌های بومی را فراهم کند.

واژه‌های کلیدی: جنگلهای هیرکانی، تیپ جنگل، جنگل‌کاری، نور، تابش مستقیم، شدت نور نسبی.

مقدمه

نور بخشی از امواج الکترومغناطیس با طیف بین ۳۸۰ تا ۷٦۰ نانومتر است که توسط چشم انسان دریافت می‌شود. اما از آنجایی که در مطالعات اکولوژیک عموماً فتوسنتز محور اصلی بررسیهاست، آن بخشی از نور مورد توجه قرار می‌گیرد که قابل استفاده در این فرایند باشد؛ یعنی طیف بین ٤۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر که نور مؤثر در فتوسنتز (Photosynthetically Active Radiation = PAR) نام دارد (Brunner, 1994).

نور از سه جهت حائز اهمیت است: شدت (Light intensity)، کیفیت (Light quality) و طول مدت تابش (Radiation duration). شدت نور در اکوسیستم‌های

مختلف بسیار متنوع است، برای مثال در یک اکوسیستم جنگلی، تاج‌پوشش درختان از ورود نور به لایه‌های زیرین ممانعت بعمل می‌آورد، در نتیجه انرژی قابل دسترس گیاهان آشکوب تحتانی را محدود می‌سازد (اردکانی، ۱۳۸۳).

هنگامی که نور از لایه‌های مختلف تاج و تنه‌ی درختان در جنگل عبور می‌کند، به شکلهای مختلف تغییر می‌نماید که عبارتند از: تابش (Insolation)، پخش (Diffusion)، انعکاس (Reflection)، جذب (Absorption) و انتقال (Transmission) (Brunner, 1994; Barnes *et al*., 1998). به‌طور کلی نور از نظر کمی و کیفی و حتی تقسیم آن در توده‌ی جنگلی تغییرات زیادی می‌کند که میزان این تغییرات علاوه بر تیپ جنگل، به ساختمان جنگل، گونه‌های درختی، درجه‌ی تراکم و وضعیت رویشگاه بستگی دارد. نور علاوه بر اهمیت فوق‌العاده‌اش در کربن‌گیری گیاهان، در پرورش جنگل نیز اهمیت زیادی دارد، زیرا اساس عملیات پرورش جنگل را تشکیل می‌دهد و تنها عامل اکولوژیکی است که می‌توان مقدار و شدت آن را در داخل توده‌های جنگلی تغییر داد. مقدار و شدت نور برای تجدید حیات جنگل نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. درختان و گیاهان جنگلی با توجه به سرشت نوری خود در آشکوب‌های مختلف قرار می‌گیرند (مروی‌مهاجر، ۱۳۸٤).

میزان نوری که در یک توده‌ی گیاهی نفوذ می‌کند تا به زمین برسد به کمیت و موقعیت برگها بستگی دارد و بر همین اساس متفاوت خواهد بود. کمیت برگها و یا تراکم شاخ و برگ به طور کلی در واژه‌ی شاخص سطح برگ (Leaf Area Index = LAI) مطرح و رابطه‌ی کلی بین میزان نور در دسترس و شاخص سطح برگ توسط قانون Beer بیان می‌شود (Smith & Smith, 1998). شاخص سطح برگ یک شاخص اکولوژیک بسیار مهم است، زیرا اندازه‌گیری آن یک روش اندازه‌گیری مستقیم فتوسنتز است که انرژی نور دریافتی را به بیوماس تبدیل می کند که در میزان رویش درخت و در نتیجه پتانسیل رویش حجمی یک توده جنگلی بسیار مؤثر است (Barnes *et al*., 1998; O'Hara *et al*., 1999; Gonsamo & Pellikka, 2008; Davi *et al*., 2008). در شمال آمریکا، افزایش رویش حجمی توده‌های سوزنی‌برگ آمیخته با افزایش LAI گزارش شده است (Schroeder *et al*., 1982).

نور از دو حالت مستقیم یا پخش تشکیل شده است؛ اختلافی که این دو حالت دارند از نظر شدت، طیف و جهت پراکنش یا تابش آنهاست. نور مستقیم معمولاً انرژی گرمایی لازم را تأمین می‌کند، در حالی که نور پخش یا غیرمستقیم، نور مورد نیاز در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه را تأمین می‌کند و چون این دو حالت نور، هنگام عبور از توده‌ی جنگلی دچار تغییرات می‌شوند باید جداگانه بررسی شوند (Brunner, 1994). در اثر وضعیت قرار گرفتن خورشید در طول روز، وضع هوا و وضعیت توده، تغییراتی در نور در کف جنگل ایجاد می‌شود؛ زاویه‌ی تابش تغییر می‌کند و همین‌طور باعث ایجاد لکه‌های نوری (Sunfleck) متفاوت در کف جنگل می‌شود (Chazdon,1988; Barnes *et al*., 1998).

به‌دلیل تغییرات آب و هوایی، تغییرات روزانه نور و همین‌طور تغییراتی که در توده‌های جنگلی به‌دلیل مراحل رویشی مختلف ایجاد می‌شود، تغییراتی در میزان نور دریافتی به وجود می‌آید. در نتیجه، اندازه‌گیریهای کوتاه‌مدت نتیجه‌های متفاوتی را نشان می‌دهند و ممکن است در زمان‌های مختلف، نتایج متغیری ارائه دهند که میزان خطای تحقیقات را بالا ببرند؛ در حالی که اندازه‌گیریهای بلندمدت و با تکرار، خطا را کاهش می‌دهد (Anderson, 1964b; Brunner, 1994). مستندسازی رابطه‌ی میان ساختار جنگل و رژیم نوری زیرآشکوب، با استفاده از داده‌های حاصل از چند روش مختلف انجام می‌شود. چالش‌ها و محدودیت‌های اندازه‌گیری مستقیم و سلیقه‌های متفاوت، منجر به افزایش استفاده از روشهای غیرمستقیم و سریعتری شده که تکرار زمانی و مکانی آن

ساده‌تر است (Frazer *et al*., 1999). این مسئله باعث استفاده از روشهای عکس‌برداری و تفسیر آنها جهت اندازه‌گیری نور شده است.

در خصوص تجدید حیات راش در روشنه‌های زادآوری و میزان نور وارده و تأثیر آن بر نهالها نیز مطالعات زیادی صورت گرفته است. Le Tacon (1985) و Sagheb-Talebi (1995) اثر محیط، به‌ویژه نور را بر روی کمیت و کیفیت نهالهای راش مستقر شده در روشنه‌ها و فضاهای باز بررسی نموده‌اند. Mosandl (1984) در برشهای حفره‌ای و Sagheb-Talebi (1996) در برشهای شیوه فمل شلاگ وضعیت نهالهای راش اروپایی را در روشنه‌های با بزرگی ۱۰ تا ٤۰ آر مطالعه و میزان نور نسبی وارده را بین ٦ تا ۹٤٪ نور فضای باز اندازه‌گیری نمودند. در این مطالعات مشخص گردید که نور شدید در روشنه‌های بزرگ باعث افزایش رشد طولی ولی در عین حال باعث از بین رفتن نوشاخه‌ها در اثر افزایش صدمات محیطی از جمله سرما و یخبندان می‌شود. قورچی‌بیگی (۱۳۸۱) در منطقه رامسر شدت نور نسبی وارده در روشنه‌های مورد بررسی را اندازه‌گیری نموده و تغییرات آنها را در سطوح و نقاط مختلف روشنه‌ها مورد بررسی قرار داده و بهترین وضعیت کمی و کیفی نهالهای راش را در ارتباط با نور و سطح روشنه در روشنه‌های با بزرگی ۲۰۰ تا ۵۰۰ مترمربع معرفی نموده است. پرهیزکار و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعات نورسنجی در راشستانهای دست‌نخورده کلاردشت، شدت نور نسبی را بین ۳/۳ تا ۱۹/۵ درصد اندازه‌گیری کردند.

هدف از این مطالعه، ارائه اطلاعات اولیه در خصوص اهمیت فاکتور نور در تیپ‌های جنگلی مختلف در منطقه هیرکانی می‌باشد، که می‌توان از آن تحت عنوان اقلیم نوری یا رژیم نوری در توده‌های جنگلی نام برد. تفکیک و ارائه نتایج مربوط به نور مستقیم، نور پخش، ضریب شاخص برگ و میزان انرژی دریافتی برای اولین بار در جنگلهای طبیعی و مصنوعی کشور انجام می‌شود که می‌تواند اطلاعات جدید در مورد نور را در اختیار متخصصان و علاقمندان به این رشته قرار دهد و سرآغازی برای مطالعات بیشتر در این زمینه باشد.

مواد و روشها

برای بررسی رژیم نوری در توده‌های طبیعی جنگلهای هیرکانی، جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود واقع در نوشهر (عرض جغرافیایی '۳۰ °۳٦ شمالی و طول جغرافیایی '٤۰ °۵۱ شرقی) و برای جنگلکاریها، توده‌های دست‌کاشت موجود در منطقه دارابکلا واقع در جنوب‌شرقی شهرستان ساری (عرض جغرافیایی '۲۸ °۳٦ شمالی و طول جغرافیایی '۱٤ °۵۲ طول شرقی) در نظر گرفته شدند. جنگلهای دارابکلا در سال ۱۳٦٦ به‌دلیل مخروبه بودن توسط سازمان جنگلها و مراتع کشور قطع یکسره و جنگل‌کاری شد. مهمترین گونه‌های درختی مورد استفاده در سطح این منطقه شامل بلندمازو (*Quercus castaneifolia*)، پلت (*Acer velutinum*)، توسکای ییلاقی (*Alnus subcordata*) و زربین (*Cupressus sempervirens* var. *horizontalis*) می‌باشد. در ضمن یک قطعه جنگل پهن‌برگ آمیخته مجاور این جنگل‌کاریها نیز برای مقایسه در نظر گرفته شد. نهالکاری‌ها با فاصله ۲×۲ متر انجام شده و عملیات پرورشی در طول مدت ۲۰ سال گذشته فقط به حفاظت از عرصه‌های جنگل‌کاری محدود شده است (محمدنژاد کیاسری، ۱۳۸۸).

برای توده‌های طبیعی، بعد از جنگل‌گردشی اولیه در سریهای پاتم و نم‌خانه جنگل خیرود، تیپ‌های کمتر دست‌خورده انجیلی- ممرز (پارسلهای ۱۰۹ و ۱۱۰)، بلندمازو- ممرز (پارسل ۲۱۰)، ممرز- راش (پارسلهای ۱۱٦ و ۱۱۷)، راش خالص (پارسلهای ۲۱۷ و ۲۱۸)، راش آمیخته (پارسلهای ۱۱۷ و ۲۰۸) انتخاب شدند. سعی شد نقاطی در نظر گرفته شود که خصوصیات میانگین توده را از نظر تراکم و تاج‌پوشش دربرداشته باشند. ابتدا در هر تیپ دو قطعه نمونه به مساحت هرکدام ۱۰۰۰ مترمربع

انتخاب و مشخصات عمومی منطقه (شامل شیب، جهت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، فرم زمین، درصد تاج‌پوشش و تعداد و ارتفاع آشکوبها) و همچنین تعداد درختان، گونه و قطر برابرسینه آنها برداشت گردید. مشخصات عمومی قطعات نمونه در جدول ۱ ارائه شده است.

برای اندازه‌گیری نور وسایل مختلفی وجود دارند. ارزیابی شرایط محیط نوری زیر تاج‌پوشش جنگل به‌دلیل تفاوت‌های زمانی و مکانی زیادی که امکان مواجه شدن با آن وجود دارد، بسیار دشوار و چالش‌آور است. اندازه‌گیری نور در زیر تاج‌پوشش به صورت درصدی از کل نور در بالای تاج و یا در محیطی عاری از هر گونه پوشش گیاهی ارزیابی می‌شود. یکی از روشهای اندازه‌گیری خصوصیات مختلف نور محیطی، استفاده از عکس‌برداری نیم‌کروی (Hemispherical photograph) با لنزهای چشم ماهی (Fish-eye) است که تاریخچه‌ی طولانی در اکولوژی گیاهی دارد و به تلاشهای اولیه‌ی محققان در این زمینه باز می‌گردد (Evans & Coombe, 1959; Anderson, 1964 a,b; Dohrenbusch, 1989). این نوع عکس‌برداری یک روش سریع برای ثبت ساختار تاج‌پوشش جنگل در یک نقطه و زیر تاج درختان است. با روی هم قرار دادن شبکه‌ی خط سیر خورشید بر روی عکس‌ها، می‌توان یک بررسی کلی انجام داد که آیا اندازه‌گیری نور محیط جنگل در شرایط نماینده‌ی واقعی شرایط نوری آن محیط انجام شده و آیا تابش مستقیم نور خورشید در آن محل در یک زمان خاص از طول سال رخ خواهد داد (Thormann, 1997). با عکس‌برداری از تاج‌پوشش تغییرات فصلی و بلندمدت می‌تواند به آسانی ثبت شود.

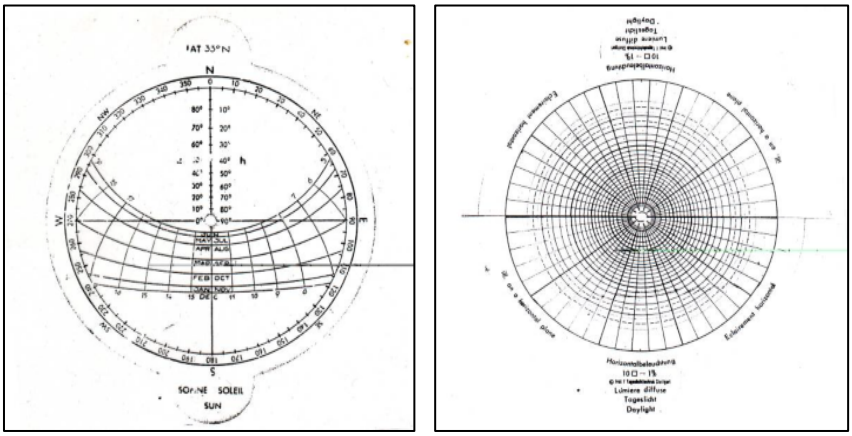
استفاده از این دوربین بسیاری از مشکلات عکس‌برداری از تاج‌پوشش را حل کرده است، زیرا این دوربین تصویر تمام نیمکره (180°) بالای سطح دوربین، شامل اندازه و شکل تاج درختان، روزنه‌ها و روشنه‌های موجود در تاج‌پوشش را روی یک عکس مسطح مشخص می‌کند که دریافت تمام نور رسیده را امکان‌پذیر ساخته و دقت اندازه‌گیری میزان نور را بالا می‌برد. عکس‌ها را می‌توان به‌صورت دستی یا با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری برای کاربردهای گوناگون و نتیجه‌گیریهای مختلف تجزیه و تحلیل کرد. به‌عنوان مثال می‌توان از این عکسها برای مطالعه ترکیب و ساختار تاج‌پوشش از لحاظ میزان گشایش، تعیین مسیر خورشید در زمان‌های مختلف و تخمین غیرمستقیم خصوصیات محیط‌های نوری زیر تاج‌پوشش گیاهی با توجه به خصوصیات تاج، سود برد. این موضوع با قرار دادن شابلون‌ها بر روی تصاویر برای دنبال کردن خط سیر خورشید در هر ماهی از سال که مورد نظر باشد، بسیار سودمند است (شکل ۱). البته برای استفاده از این روش، در نظر گرفتن عرض جغرافیایی محل انجام مشاهده برای استفاده از مسیرهای خورشید که برای دوره‌ای طولانی در طول سال به‌صورت استاندارد شده و دارای دقت مورد نیاز محقق هستند، باید مورد توجه قرار گیرد.

این نوع عکس‌برداری از تاج‌پوشش به صورت نیم‌کروی، یک تکنیک غیرمستقیم اپتیکی است که به‌طور وسیعی در مطالعات ساختار تاج‌پوشش و میزان نور عبور کرده از تاج استفاده شده است. اسکنرها یا دوربین‌های دیجیتال تصاویر نیم‌کروی را به‌صورت نقشه‌های Bitmap تبدیل می‌کنند که بعداً با نرم‌افزارهایی همانند Gap Light Analyzer (GLA) تجزیه و تحلیل می‌شوند که در این هنگام تصویر را به پیکسل‌های آسمان و غیرآسمان طبقه‌بندی می‌کنند. این اطلاعات اغلب برای انجام تخمین‌هایی از میزان نور عبور کرده از تاج‌پوشش در فصل رشد استفاده شده و نتایجی بخوبی نتایج اندازه‌گیریهایی که به‌طور مستقیم‌تر وابسته به ساختار تاج‌پوشش هستند حاصل می‌شود (Frazer *et al*., 1999; Frazer *et al*., 2001; Inoue *et al*., 2004). تفسیر تصاویر نیم‌کره‌ای با نرم‌افزار GLA و مقایسه آن با دستگاه‌های دیگر نشان داد که این یک امکان جدید با دقت قابل قبول برای آنالیز ساختمان تاج‌پوشش و میکروکلیما ایجاد می‌کند که می‌توان نتایج بدست آمده را در اکولوژی

مطرح کرد (Cescatti, 2007). همچنین این روش، امکان برآورد میزان نور عبوری را برای هر دوره‌ی مشخص (روزانه یا فصل رویش) فراهم می‌سازد. علاوه بر این با استفاده از این روش می‌توان ترکیب میزان نور مستقیم و پخش عبور کرده از میان تاج‌پوشش را نسبت به محیط باز (شدت نور نسبی)، تخمین زد که اغلب تحت عنوان Site factor بیان می‌شود. گام مهم در فرایند تجزیه و تحلیل قسمت‌های مختلف تصاویر رقومی مربوط به قسمت‌های تاریک (قسمت‌های پوشیده شده توسط تاج‌پوشش) و روشن (قسمت‌های پوشیده شده توسط آسمان)، تشخیص آستانه‌ی میان آسمان و عناصر تاج‌پوشش است (Newton, 2000).

با توجه به توضیحات فوق، به مرکزیت قطعات نمونه یک عکس (یعنی در هر تیپ جنگل طبیعی دو عکس) با دوربین عکاسیCanon مدل AE1 مجهز به عدسی چشم ماهی با فاصله کانونی ۸ میلی‌متر و فیلم سیاه و سفید با حساسیت ۱۰۰ ASA گرفته شد. به‌دلیل همگن بودن جنگل‌کاریها و شرایط یکسان در آنها، یک عکس نیز در مرکز هر قطعه جنگل‌کاری گرفته شد. عکسها پس از ظهور با کنتراست بالا، توسط دستگاه اسکن شده و با دو روش دستی و کامپیوتری با نرم‌افزار GLA مورد پردازش و تعیین مقادیر شدت نورنسبی، تابش مستقیم نور در مدت دوره رویش و برآورد شاخص سطح برگ (LAI) قرار گرفتند (Frazer *et al*., 1999; Schleppi *et al*., 2007). شاخص سطح برگ نسبت سطح کل برگ درختان به سطح زمین است (سطح زمین/ سطح کل برگها = LAI) که در واقع بیانگر مقدار انرژی دریافتی از کل انرژی ورودی به‌وسیله‌ی گیاه است (Smith & Smith, 1998). در گذشته شاخص سطح برگ به‌صورت دستی محاسبه می‌شد ولی امروزه با استفاده از GLA نیز محاسبه می‌شود.

اندازه‌گیریهای دستی روی عکسها با الهام از روش Anderson (1964 a,b) و با استفاده از شابلونهای شبکه مسیر حرکت خورشید (شکل ۱) در ماه‌های مختلف در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شمالی (برای تابش مستقیم) انجام شد. برای اندازه‌گیری طول مدت تابش مستقیم در زمان فعالیتهای حیاتی درختان، طول دوره رویش با توجه به پدیده‌های فنولوژیکی درختان مختلف در تیپ‌ها و تغییرات دما در ارتفاعات مختلف (جوانشیر و همکاران، ۱۳۷۶) در نظر گرفته شد. بر این اساس، برای توده‌های انجیلی- ممرز فصل رشد از اواخر اسفندماه (مارس میلادی) تا اواسط آبان (نوامبر)، برای بلوط- ممرز اوایل فروردین تا اوایل آبان، برای توده‌های دست‌کاشت که در ارتفاع پائین‌تری از سطح دریا و در شرق مازندران واقع شده‌اند از اواسط اسفند (مارس) تا اواخر آبان (نوامبر)، و برای توده‌های راش خالص و آمیخته که در ارتفاع بالاتری قرار دارند، طول دوره رویش کوتاهتر و بین اواخر فروردین (آوریل) تا مهر (اکتبر) در نظر گرفته شد.



شکل ۱- شابلونهای مورد استفاده جهت برآورد شدت نور نسبی (راست) و طول مدت تابش (چپ).

جدول ۱- مشخصات عمومی قطعات و تیپ‌های مورد برسی در خیرود و داربکلا

منطقه	شماره پارسل	تیپ جنگل	جهت جغرافیایی	شیب (درصد)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	فرم زمین	تاج‌پوشش (درصد)	تعداد آشکوب
خیرود	۱۰۹	انجیلی- ممرز	شرق	۲۹	۳۹۰	دامنه	٦٥	۲
خیرود	۱۱۰	انجیلی- ممرز	غرب	۲۷	٤۹۰	دامنه	٦٥	۲
خیرود	۲۱۰	بلوط- ممرز جوان	جنوب‌غرب	۲٥	۱۰۰۰	یال	٦۰	۲
خیرود	۲۱۰	بلوط- ممرز	جنوب‌غرب	۲۲	۱۰۰۰	یال	٦۰	۲
خیرود	۲۱۸	راش خالص	شمال‌غرب	۲٥	۱۰۲۰	دامنه	۷٥	۳
خیرود	۲۱۷	راش خالص	غرب	۲۱	۱۰۲٥	دامنه	۸٥	۳
خیرود	۲۰۸	راش آمیخته	غرب	۳۳	۸۹۰	دامنه	۷۰	۳
خیرود	۱۱۷	راش آمیخته	شمال‌شرق	۲۰	۷۸۰	حاشیه دره	۷۰	۳
خیرود	۱۱٦	ممرز- راش	جنوب‌غرب	۱۷	۷۹۰	دامنه	٥٥	۳
خیرود	۱۱۷	ممرز- راش	جنوب	۲۲	٦۹۰	دامنه	٥٥	۳
دارابکلا		جنگل‌کاری بلوط	جنوب‌غرب	۷	۲٥۰	نسبتاً مسطح	۸٥	۱
دارابکلا		جنگل‌کاری پلت	جنوب‌غرب	۷	۲٥۰	نسبتاً مسطح	۹۰	۱
دارابکلا		جنگل‌کاری توسکا	جنوب‌غرب	۷	۲٥۰	نسبتاً مسطح	۷٥	۱
دارابکلا		جنگل‌کاری زربین	جنوب‌غرب	۷	۲٥۰	نسبتاً مسطح	۹٥	۱
دارابکلا		پهن‌برگ آمیخته	جنوب‌غرب	۷	۲٥۰	نسبتاً مسطح	۹۰	۳

نتایج

مشخصات کمی توده‌های مورد بررسی

مشخصات جنگل‌شناسی و کمی توده‌های مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده‌اند. نتایج نشان می‌دهند که تعداد درختان در قطعات نمونه هزار مترمربعی خیرود بین ۱٦ اصله در تیپ راش خالص (قطعه ٥) و ٦٤ اصله در تیپ بلوط- ممرز جوان متغیر بود. در توده‌های دست‌کاشت دارابکلا پس از گذشت ۲۲ سال و با احتساب زنده‌مانی، تعداد در هکتار بین ٤۹۸ اصله در توده توسکا و ۱۸۹۱ اصله در توده بلوط نوسان داشت.

حداقل میانگین قطر برابرسینه در قطعات خیرود ۲۲/٦ سانتی‌متر در تیپ بلوط- ممرز جوان و حداکثر میانگین قطر برابرسینه ٥۸/۲ سانتی‌متر در تیپ راش خالص (قطعه ٥) متغیر بود؛ در حالی که در دارابکلا میانگین قطر برابرسینه بین ۱۱ سانتی‌متر در توده بلوط خالص و ۱۷/٤ سانتی‌متر در توده توسکای خالص اندازه‌گیری شد. میانگین قطر برابرسینه در جنگل پهن‌برگ آمیخته شاهد در داربکلا ۲۳/۷ سانتی‌متر محاسبه شد.

میانگین ارتفاع درختان در خیرود بین ۱۸/۸ متر در تیپ انجیلی- ممرز (قطعه ۱) و ۳٥/۸ متر در تیپ راش خالص (قطعه ٥) متغیر بود؛ در حالی که در دارابکلا میانگین ارتفاع بین ۹ متر در توده زربین خالص و ۱٦/۹ متر در توده توسکای خالص اندازه‌گیری شد. میانگین ارتفاع در جنگل پهن‌برگ آمیخته شاهد در دارابکلا ۱۷/۲ سانتی‌متر محاسبه شد (جدول ۲).

جدول ۲- مشخصات جنگل‌شناسی و کمی قطعات مورد بررسی در خیرود و دارابکلا

منطقه	تیپ جنگل	تعداد درختان در قطعه نمونه	قطر برابرسینه (سانتی‌متر)			ارتفاع (متر)		
			حداقل	حداکثر	متوسط	حداقل	حداکثر	متوسط
خیرود	انجیلی- ممرز	۳۵	۸	٦٤	۳٦/۰	۷/۸	۲۹/۸	۱۸/۸
خیرود	انجیلی- ممرز	٤٦	۹	۱۰۲	۵۵/۵	۱۳/۰	۳٦/٦	۲٤/۸
خیرود	بلوط- ممرز جوان	٦٤	۸	۵۲	۲۲/٦	۱۳/٦	۲۵/۸	۱۹/٤
خیرود	بلوط- ممرز	۳۲	۱٤	۷۳	۳۳/٦	۱۳/۰	۲۹/۰	۱۹/۳
خیرود	راش خالص	۱٦	۱۱	۱۲۸	۵۸/۲	۲۹/٦	٤۲/۰	۳۵/۸
خیرود	راش خالص	۳۲	۸	۸۰	۲٤/۹	۱۸/۹	۳۷/۵	۲۸/۳
خیرود	راش آمیخته	۲٤	۱۱	۸۲	٤۰/۹	۱۱/۷	۳۸/۳	۲٦/٦
خیرود	راش آمیخته	۲٤	۸	۷۰	۳۱/۰	۱۹/۹	۳۵/۰	۲٦/۹
خیرود	ممرز- راش	۲۵	۱۰	۱۰۰	۳۸/٤	۲۲/۱	۳۱/٤	۲۸/٤
خیرود	ممرز- راش	۲٤	۸	۹۱	۳۵/۱	۲۵/۵	۳۳/۸	۲۸/٤
دارابکلا	جنگل‌کاری بلوط	۱۸۹	۲/۵	۲٦/۵	۱۱/۰	۱/۵	۲۳	۱۲/٦
دارابکلا	جنگل‌کاری پلت	۱۵٦	۲/۵	۳۹/۳	۱۲/۳	۱/۳	۲٤	۱٤/٤
دارابکلا	جنگل‌کاری توسکا	۵۰	۲/۵	۳۹/۵	۱۷/٤	۱/۳	۳۱	۱٦/۹
دارابکلا	جنگل‌کاری زربین	۱٤۲	۲/۵	۳۲/۲	۱۱/۷	۱/۵	۲۰	۹/۰
دارابکلا	پهن‌برگ آمیخته	۳۲	۲/۵	۱٤۷	۲۳/۷	۱/۵	٤۳	۱۷/۲

نورسنجی

اندازه‌گیری شدت نور نسبی نشان داد که حداقل مقدار این مؤلفه در تیپ راش خالص (قطعه ۵) ۱۱/۸۲ درصد و حداکثر آن در تیپ ممرز- راش (قطعه ۹) به میزان ۳۵/۹۲ درصد بود. شدت نور نسبی در سایر تیپ‌ها بین این دو مقدار نوسان داشت (جدول ۳). شکل ۲ (سمت چپ) تصاویر نیم‌کروی برداشت شده با شبکه سنجش شدت نور نسبی را در تیپ‌های مختلف نشان می‌دهد.

در جنگل‌کاریهای دارابکلا، کمترین مقدار شدت نور نسبی در توده خالص زربین ۱/۳۹ درصد اندازه‌گیری شد، در حالی که بیشترین مقدار این مؤلفه در توده خالص توسکا ۲۵/۰۹ درصد محاسبه شد. شدت نور نسبی در توده‌های خالص بلوط و پلت تقریباً مشابه و کمتر از توسکا بود (جدول ۳).

مطالعه میزان تابش نور مستقیم نشان داد که حداقل مقدار این مؤلفه در دوره رویش در تیپ راش خالص (قطعه ۵) به میزان ۳٦۹ ساعت و حداکثر آن در تیپ ممرز- راش (قطعه ۹) به میزان ۱۳۸٤ ساعت است. میزان تابش مستقیم در کف عرصه بین ۱۲/۳٤٪ در تیپ راش خالص (قطعه ٦) و ٤۰/۱۱٪ در تیپ ممرز- راش (قطعه ۹) نوسان داشت. شدت تابش مستقیم در سایر تیپ‌ها بین این دو مقدار اندازه‌گیری شد (جدول ۳). شکل ۲ (سمت راست) تصاویر نیم‌کروی برداشت شده با مسیر حرکت خورشید در طول دوره رویش را در تیپ‌های مختلف نشان می‌دهد.

در جنگل‌کاریهای دارابکلا، کمترین مقدار تابش مستقیم آفتاب در توده زربین به میزان ۱٤۰ ساعت و بیشترین مقدار آن در توده توسکا به میزان ۱٤٤۳ ساعت است. میزان تابش مستقیم در کف عرصه بین ۱/٤٤٪ در توده پهن‌برگ آمیخته و ۲۷/۷۹٪ در توده خالص توسکا

نوسان داشت. شدت تابش مستقیم در توده جنگل‌کاری خالص بلوط کمی بیشتر از ۲۲٪ و در سایر قطعات کمتر از ۷٪ بود (جدول ۳).

جدول ۳- مقدار مؤلفه‌های مختلف نور و شاخص سطح برگ در تیپ‌های مورد بررسی

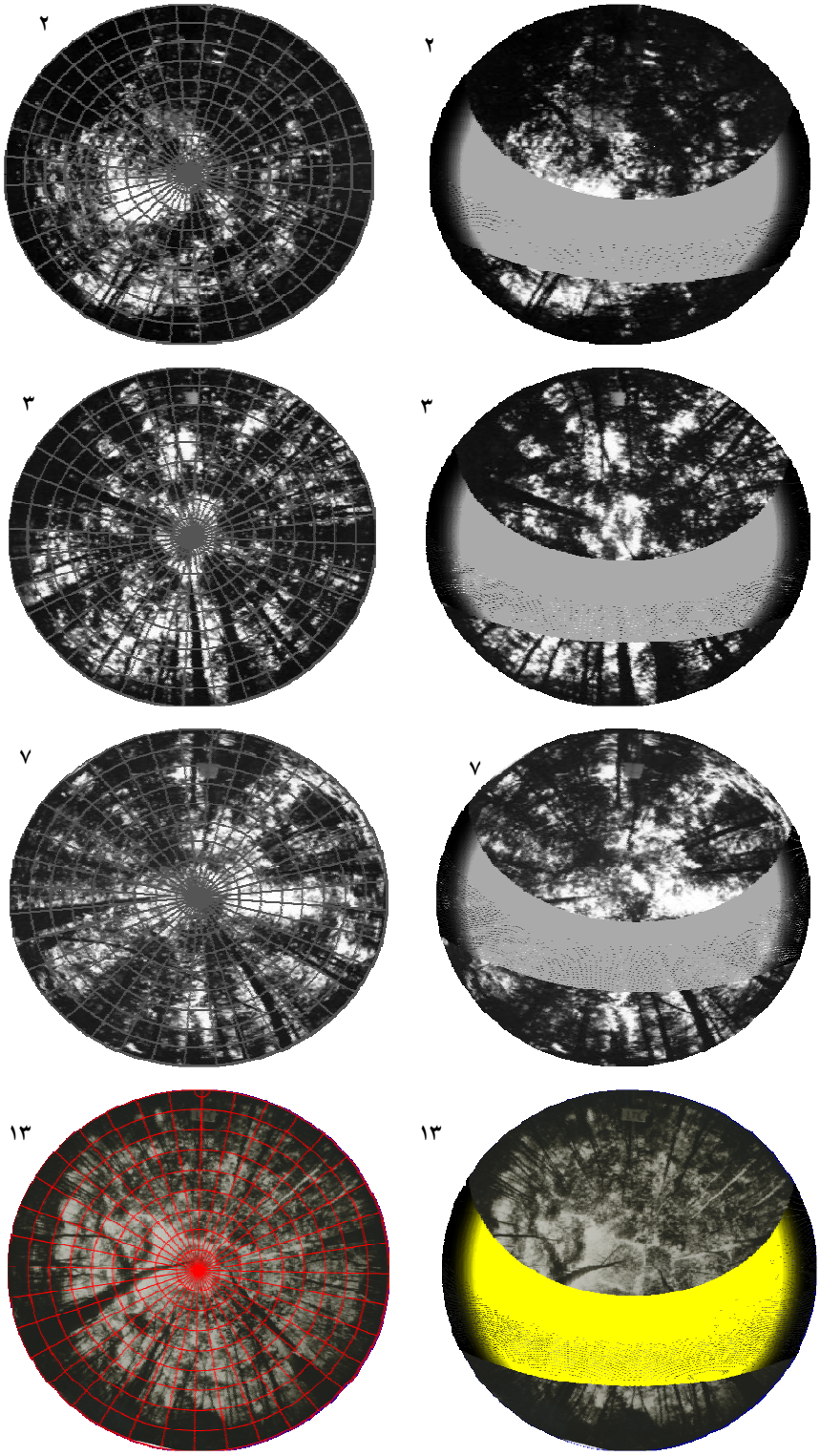
منطقه	تیپ جنگل	بازشدگی تاج (درصد)*	شدت نور نسبی (درصد)	میزان تابش نور مستقیم		شاخص سطح برگ (LAI)
				مدت تابش (ساعت)**	درصد تابش (GLA)	
خیرود	انجیلی- ممرز	۱۳/٦	۱۷/٥٦	۱۰۰۹	۱۷/٦۸	۲/۳
خیرود	انجیلی- ممرز	۱٤/۹	۲۱/۳٤	٥۸۹	۳۷/۰۹	۲/۳
خیرود	بلوط- ممرز جوان	۲۰/٥	۲٤/٤٦	٦٥۸	۲۱/۹۸	۱/۹
خیرود	بلوط- ممرز	۲۱/۱	۳۰/٦۲	۸٥٥	۲۹/۰۷	۱/۷
خیرود	راش خالص	۹/٦	۱۱/۸۲	۳٦۹	۲۱/۰۰	۲/۹
خیرود	راش خالص	۱۱/٦	۱٥/۲۹	٤٥٦	۱۲/۳٤	۲/٤
خیرود	راش آمیخته	۲٥/۰	۳۰/۸۷	۸٥۲	۳۱/۷۳	۱/۷
خیرود	راش آمیخته	۱۹/۷	۲٤/۳۰	۱۰۰۸	۳۰/٦٤	۱/۸
خیرود	ممرز- راش	۲۹/٤	۳٥/۹۲	۱۳۸٤	٤۰/۱۱	۱/٤
خیرود	ممرز- راش	۱۷/۸	۲٥/۲٤	٥۷٦	۳٤/۰۲	۱/۷
داربکلا	جنگلکاری بلوط	۸/٤	۱۲/٤٦	۸۳٦	۲۲/۸۰	۲/۸
داربکلا	جنگلکاری پلت	۷/۱	۱۰/۸۳	٤۱۷	٦/۸۳	۳/۰
داربکلا	جنگلکاری توسکا	۱۷/۲	۲٥/۰۹	۱٤٤۳	۲۷/۷۹	۱/۸
داربکلا	جنگلکاری زربین	۰/۹	۱/۳۹	۱٤۰	۲/٦۹	٥/۸
داربکلا	پهن‌برگ آمیخته	۱/۹	۱/۷۰	۲۰٦	۱/٤٤	٦/۰

*: Canopy openness محاسبه شده از عکسهای نیم‌کروی با نرم‌افزار GLA

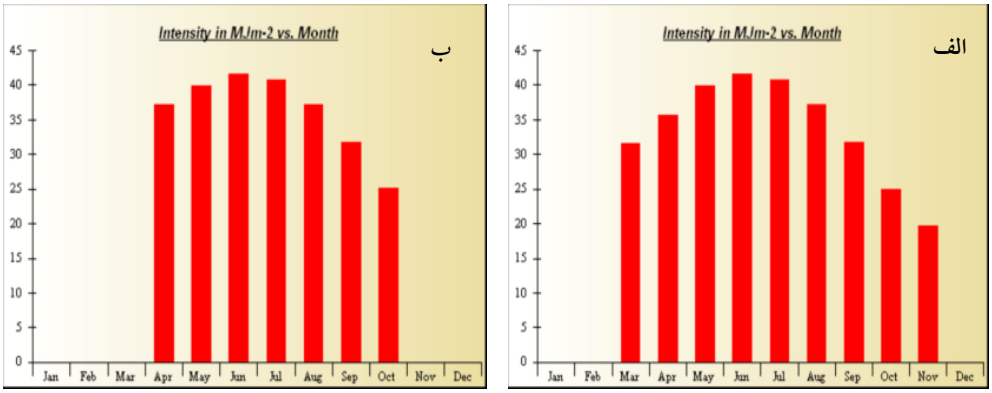
**: مدت تابش با روش دستی و در طول دوره رویش محاسبه شده است.

کمترین میزان شاخص سطح برگ (LAI) معادل ۱/٤ در تیپ ممرز- راش (قطعه ۹) و بیشترین مقدار آن در تیپ راش خالص (قطعه ٥) و معادل ۲/۹ محاسبه شد. در سایر تیپ‌های جنگلی مورد مطالعه، این شاخص عموماً کمتر از ۲ بود. در جنگل‌کاریهای دارابکلا، کمترین میزان شاخص سطح برگ (LAI) معادل ۱/۸ در توده خالص توسکا و بیشترین مقدار آن در توده پهن‌برگ آمیخته و معادل ٦/۰ محاسبه شد (جدول ۳).

از آنجایی که توده‌های مورد بررسی در عرض جغرافیایی مشابه قرار دارند، میزان انرژی دریافتی آنها نیز مشابه می‌باشد اما مدت دریافت این انرژی با توجه به تفاوت دوره رویش، متفاوت خواهد بود. به‌عنوان مثال در توده‌های انجیلی- ممرز، بلوط- ممرز و توده‌های دست‌کاشت که در ارتفاع پایین‌تری از سطح دریا واقع شده‌اند و فصل رشد در آنها از اواسط اسفند و اوایل فروردین (ماه مارس میلادی) آغاز و تا آبان (ماه نوامبر میلادی) ادامه می‌یابد، میزان انرژی دریافتی در ابتدای فصل رشد معادل MJm^{-2} ۳۲، سپس به میزان حداکثر MJm^{-2} ٤۳ در تیرماه و سرانجام MJm^{-2} ۲۰ در آبان‌ماه در نوسان می‌باشد (شکل ۳- الف). در توده‌های راش خالص و آمیخته که در ارتفاع بالاتری قرار دارند، طول دوره رویش کوتاهتر و بین اواخر فروردین (آوریل) تا مهر (اکتبر) بوده و میزان انرژی دریافتی آن بین حداقل MJm^{-2} ۲٥ در مهرماه (اکتبر) و MJm^{-2} ٤۳ در تیرماه (ژوئن) محاسبه شد (شکل ۳- ب).



شکل ۲- تصاویر نیم‌کروی برداشت شده در بعضی از قطعات مورد مطالعه جهت محاسبه شدت نور نسبی (چپ) و تابش مستقیم (راست).
(۲: انجیلی- ممرز، ۳: بلوط- ممرز، ۷: راش آمیخته و ۱۳: جنگل‌کاری توسکا).

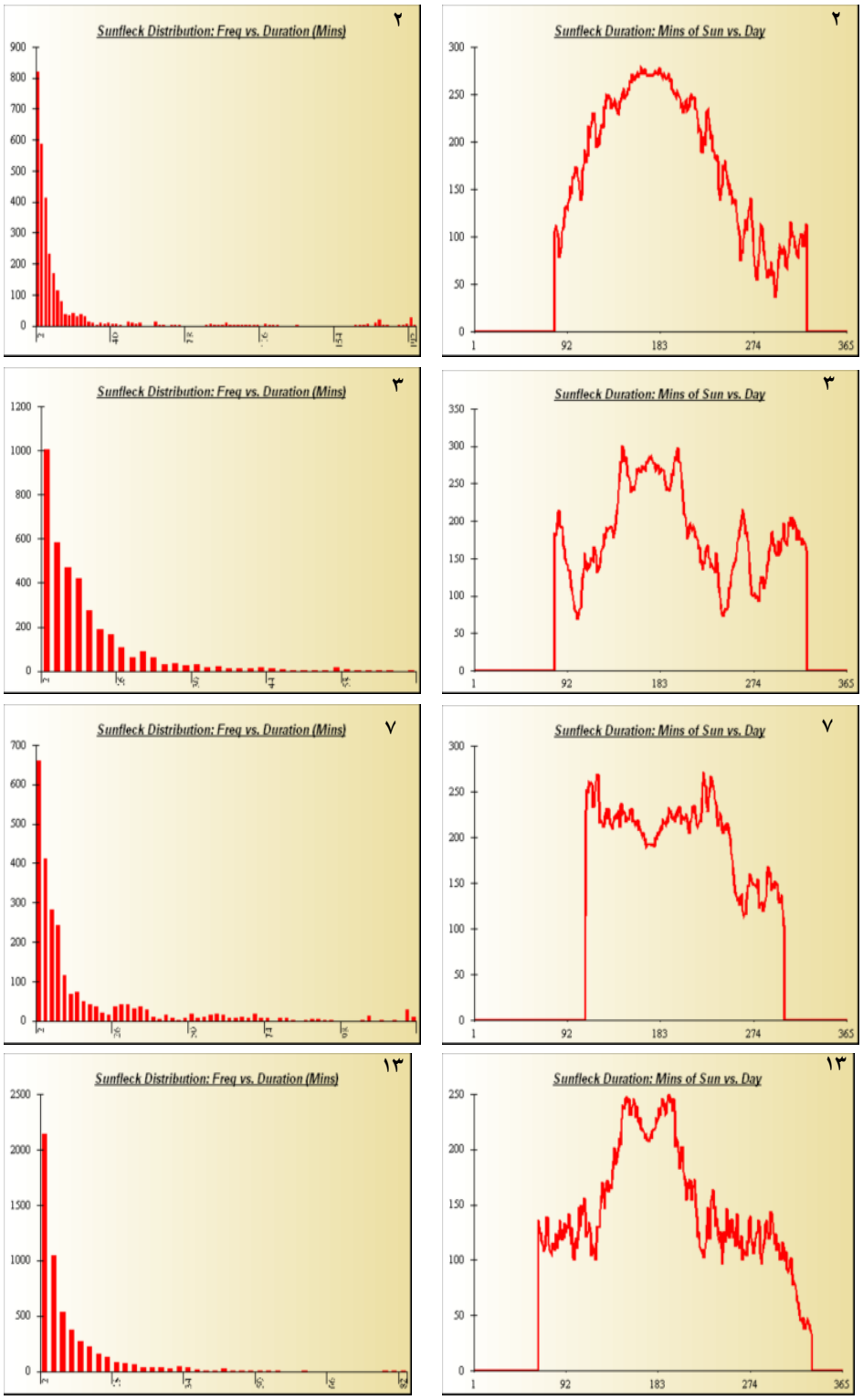


شکل ۳- میزان انرژی دریافتی توده‌های مورد بررسی (انجیلی- ممرز، بلوط- ممرز و توده‌های دست‌کاشت با دوره رویش بلندتر در پایین‌بند (الف) و توده‌های راش خالص و آمیخته با دوره رویش کوتاه‌تر در میان‌بند (ب)).

فراوانی لکه‌های نوری و مدت زمان تابش در لکه‌ها در توده‌های مختلف مورد بررسی تغییرات زیادی داشت (جدول ٤)، به‌عنوان مثال در توده انجیلی- ممرز (دامنه غربی) از حدود ۸۲۰ لکه با دریافت تابش ۲ دقیقه در روز تا ۲۰ لکه با دریافت تابش ۲۰۰ دقیقه در روز ثبت شد. همین توده در اواسط سال میلادی (ماه ژوئن = خردادماه خورشیدی) بیشترین زمان تابش در سطح عرصه جنگل را معادل ۲٦۸ دقیقه در روز نشان داد (شکل ٤). در قطعه جنگل‌کاری توسکا در دارابکلا، ۲۱۰۰ لکه با دریافت ۲ دقیقه تابش تا ۱۰ لکه با تابش ۹۲ دقیقه، چشمگیرتر از بقیه قطعات نشان می‌دهد. سایر اطلاعات قطعات در جدول ٤ ارائه داده شده است.

جدول ٤- فراوانی لکه‌های نوری و مدت زمان تابش در آنها

تیپ جنگل	لکه‌های نوری				بیشترین تابش	
	حداقل دریافت تابش		حداکثر دریافت تابش		زمان (ماه)	مدت (دقیقه)
	مدت (دقیقه)	تعداد لکه	مدت (دقیقه)	تعداد لکه		
انجیلی- ممرز	۲	۸۲۰	۲۰۰	۲۰	خرداد (ژوئن)	۲٦۸
انجیلی- ممرز	۲	۸٦۰	٦۹	۵	تیر	۲۲۰
بلوط- ممرز جوان	۲	۱۰۰۰	۷۲	۵	شهریور	۲٤۰
بلوط- ممرز	۲	۱۰۸۰	۹۰	۲۰	خرداد	۳۰۰
راش خالص	۲	۳۹۰	۱۲۰	۵	مرداد	۱۸۸
راش خالص	۲	۵٦۰	۵۰	۵	مرداد	۱۲۰
راش آمیخته	۲	۱۲۰۰	۱۳۰	۵	تیر	۳۲۰
راش آمیخته	۲	٦٦۰	۱۲۰	۵	مرداد	۲۷۰
ممرز- راش	۲	۹٤۰	۱۲۰	۲	مرداد	۳۹۰
ممرز- راش	۲	۳۷۵	۱٤۰	۵	تیر	۲٦۰
جنگل‌کاری بلوط	۲	۱۷۲۰	۷۰	۱۰	اردیبهشت	۲۸۰
جنگل‌کاری پلت	۲	۸۰۰	۵۵	۵	مرداد	۱۰۰
جنگل‌کاری توسکا	۲	۲۱۰۰	۹۲	۱۰	تیر	۲۵۰
جنگل‌کاری زربین	۲	۱۰۵	۳۸	۱۰	تیر	۳۷
پهن‌برگ آمیخته	۲	۲٤۰	۳۲	۱۰	اردیبهشت	٦۸



شکل ٤- فراوانی تعداد لکه‌های نوری با زمانهای تابش متفاوت (چپ) و مدت زمان دریافت تابش در لکه‌های نوری در طول دوره رویش (راست). (۲: انجیلی- ممرز، ۳: بلوط- ممرز، ۷: راش آمیخته و ۱۳: جنگل‌کاری توسکا).

بحث

در یک رویشگاه با ویژگیهای اقلیمی و خاکی ثابت، نور مهمترین عامل اکولوژیک در حضور گونه‌های مختلف، آمیختگی توده، میزان رشد درختان و حضور عناصر کف جنگل (گیاهان علفی و تجدید حیات)، تنوع زیستی و غنای گونه‌ای می‌باشد. به همین دلیل در شیوه‌های جنگل‌شناسی مختلف و عملیات پرورش جنگل از این عامل استفاده زیادی می‌شود و با تغییرات آن می‌توان اهداف مختلف جنگل‌شناسی مورد نظر را دنبال نمود. تغییرات نور در جنگل و سرشت نوری درختان مختلف باعث می‌شود تا درختان در اشکوبهای مختلف قرار بگیرند (مروی مهاجر، ۱۳۸٤).

تغییرات نور علاوه بر تأثیر بر فاکتورهای زیستی (گیاهان، جانوران و حشرات)، بر فاکتورهای غیرزیستی مانند دما و وقوع یخبندان، رطوبت هوا و رطوبت خاک نیز اثرگذار است (Schütz, 2004). شدت نور در عرضهای جغرافیایی متفاوت بوده، به علاوه اینکه پستی و بلندی، ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی و شیب زمین از عواملی هستند که بر شدت نور دریافتی اکوسیستم تأثیرگذارند (اردکانی، ۱۳۸۳).

ساختار جنگل و رژیم نوری داخل توده‌های جنگلی دو موضوع مورد علاقه محققان جنگل هستند. از یک طرف اکولوژیستها علاقمند به مطالعه فرایندهای توالی مربوط با روشنه‌های ایجاد شده توسط مرگ و میر درختان هستند و از طرف دیگر جنگل‌شناسان در پی تعیین مقدار نور موجود در کف جنگل و اثر آن بر کمیت و کیفیت تجدید حیات می‌باشند.

روشهای مختلفی برای اندازه‌گیری نور ابداع شده ولی استفاده از عکسهای چشم ماهی و تفسیر آنها با استفاده از نرم‌افزار GLA یکی از سریعترین، ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روشهاست که نتایج آن در مقایسه با سایر روشها نیز قابل قبول بوده (Thorman, 1997; Frazer *et al*., 1999; Frazer *et al*., 2001; Inoue *et al*., 2004; Cescatti, 2007) و در بین متخصصان نیز مقبولیت ویژه‌ای دارد.

مطالعات ما در توده‌های طبیعی و جنگل‌کاری با گونه‌های مختلف در شمال کشور اطلاعاتی را در ارتباط با نور و تغییرات آن ارائه نمود، به‌طوری که شدت نور نسبی در توده‌های راش مورد بررسی بین ۱۱/۸ و ۳۰/۹ درصد نوسان داشت. مطالعات پرهیزکار و همکاران (۱۳۹۰) در راشستان‌های دست‌نخورده کلاردشت مقدار این مشخصه نور را بین ۳/۳ تا ۱۹/۵ درصد نشان می‌دهد. در مطالعات ثاقب‌طالبی و همکاران (۱۳۹۰) مقدار شدت نور نسبی در شفارود (۱٦/۲ تا ۳۰/٦٪) و در نکا (٤/۹ تا ۵/۷٪) گزارش شده است. همچنین در راشستانهای دست‌نخورده و مدیریت نشده سری ۲ شصت‌کلا شدت نور نسبی معادل ٤/۲ تا ۱۵/۸ درصد اندازه‌گیری شده است (Sagheb-Talebi *et al*., 2011). در راشستانهای مطالعه حاضر، مدت تابش بین ۳٦۹ تا ۱۰۰۸ ساعت، درصد تابش مستقیم بین ۱۲/۳ تا ۳۱/۷ درصد و شاخص سطح برگ (LAI) بین ۱/۷ تا ۲/۹ اندازه‌گیری شد. پرهیزکار و همکاران (۱۳۹۰) در کلاردشت میزان تابش مستقیم را بین ۷/۵ تا ۱۹/۲ درصد و شاخص سطح برگ را بین ۲/٤ تا ٤/۷ اعلام کردند. این مقادیر در شصت‌کلای گرگان به‌ترتیب ۳ تا ۲۵/۵٪ و ۲/۲ تا ٤/۱ اندازه‌گیری شده است (Sagheb-Talebi *et al*., 2011).

در توده‌های بلوط- ممرز بررسی حاضر، شدت نور نسبی بین ۲٤/۵ تا ۳۰/٦ درصد و شاخص سطح برگ بین ۱/۷ تا ۱/۹ تغییر کرد، در حالی که شاهینی (۱۳۹۰) مقدار این دو مشخصه را در زیر توده‌های بلوط لوه گرگان به‌ترتیب ۱/٦ تا ۲٦/٦ درصد و ۲/۸ تا ٤/٤ اندازه‌گیری نموده است. مطالعات صائب و همکاران (۱۳۹۰) در توده‌های بلوط- ممرز جنگل خانیکان، میزان شدت نور نسبی را در زیر توده بین ۲ تا۲۰ درصد نشان داد.

به‌طور کلی در توده‌های طبیعی مورد بررسی، شدت نور نسبی در توده‌های خالص راش کمتر از توده‌های

آمیخته است، زیرا در توده‌های خالص با توجه به شاخص سطح برگ (۲/٤ و ۲/۹) که بیشتر از سایر توده‌های مورد بررسی است، به علت کم بودن فضای خالی و بسته بودن تاج، نور کمتری عبور می‌کند. از طرف دیگر، تاج درختان راش پُرتر و انبوه‌تر از تاج درختان بلوط، ممرز و انجیلی بوده، در حالی که تاج تنک درختان بلوط نور بیشتری را به کف جنگل می‌رساند. همچنین نحوه قرار گرفتن برگ درختان راش طوری است که عبور نور کمتری را به سطوح پایین میسر می‌سازد (Walter, 1979). اگرچه میزان رویش حجمی در ارتباط با شاخص سطح برگ توده است، ولی این رابطه بشدت تحت تأثیر ساختار توده و سرشت نوری گونه‌های موجود و همچنین نوع و شدت دخالت و عملیات پرورشی است، به‌طوری که مقدار LAI در توده‌های سوزنی‌برگ فنلاند بین ۲ تا ۷/۳ و رویش حجمی آنها بین ۸/۹ تا ۱٤/٤ مترمکعب در هکتار و در سال اندازه‌گیری شده است (O'Hara *et al*., 1999). آنها مقدار LAI را در آشکوب بالا بیش از آشکوب پایین محاسبه نموده و نقش آشکوب بالا را در فتوسنتز و تولید بیشتر توده بیان کردند. همچنین نشان دادند که برداشت درختان در تمام طبقات قطری در شیوه تک‌گزینی باعث کاهش نسبی کمتر LAI و در نتیجه افزایش رویش حجمی توده می‌شود. Davi *et al*., (2008) میزان LAI را در توده‌های مسن راش بین ٦/۲ و ۷/٦ و در توده‌های جوان راش قبل از تنک کردن معادل ٤/۱ و پس از آن ۱/۷ اندازه‌گیری کردند.

پایدار (۱۳۸۷) مدت تابش مستقیم در طول دوره رویش را در بلوط- ممرزستان‌های مورد مطالعه خود به‌طور متوسط ۲/۷ تا ۳/۵ ساعت در روز، جشنی و ثاقب‌طالبی (۱۳۸۸) این مؤلفه را در انجیلی- ممرزستانهای مورد بررسی به‌طور متوسط ۲/۵ تا ٤ ساعت در روز و محمدی نصرآبادی (۱۳۸۷) آن را در راشستانهای خالص بین ۱/۷ تا ۲ ساعت در روز و در راشستانهای آمیخته بین ٤/۱ تا ۵/۸ ساعت در روز محاسبه کردند. آنها کم بودن نهالهای ممرز، بلوط و انجیلی در مناطق مورد مطالعه را به‌دلیل کم بودن نور دریافتی در کف جنگل و کوتاه بودن مدت آن برای جوانه‌زنی بذرها دانسته‌اند. البته شایان ذکر است، ممکن است عوامل دیگری نیز در این مسئله دخالت داشته باشند که مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. به‌طور کلی، به حاشیه روشنه‌ها در زیر تاج‌پوشش طول موج‌های مناسب برای فرایند فتوسنتز نمی‌رسد. این امر نه تنها میزان وقوع نور را در جوانی‌زنی بذرها کاهش می‌دهد، بلکه می‌تواند باعث کاهش تولید و انبوهی گیاهان کف جنگل نیز بشود (Bjurkman & Ludlow, 1972).

مطالعه نور در جنگلهای پیسهآ در مناطق آلپی سوئیس نشان داد که مدت تابش مستقیم نور در جوانه‌زنی بذر و استقرار نهال پیسهآ بسیار مهم است. مقدار این مؤلفه به‌طور متوسط ۳ ساعت در روز و در ماه‌های می/ ژوئن (خرداد و تیر) بوده است. گرمای بدست آمده به همراه رطوبت حاصل از ذوب برف عامل مهمی در استقرار نهال پیسهآ در مناطق کوهستانی بیان شده است (Luscher, 1990). در مطالعات Brang (1996) در جنگلهای مناطق آلپی کوهستانی سوئیس مشخص شد که مدت دریافت نور مستقیم بین صفر تا ٤ ساعت نوسان داشت. این مقدار در شیبهای شمالی روند جوانه‌زنی را مختل نمی‌نماید، در حالی که در شیب‌های جنوبی با افزایش آن به بیش از ۲ ساعت در روز، به‌دلیل گرما و خشکی زیاد، سبز کردن بذرها با مشکل مواجه می‌شود.

نور دریافتی در فضای داخل توده و کف جنگل نه تنها در استقرار تجدیدحیات و رشد نهالهای موجود مؤثر است، بلکه بر ضریب فضای رشد نهالها نیز تأثیرگذار است (ثاقب‌طالبی و همکاران ۱۳۸۱؛ پرهیزکار و همکاران، ۱۳۹۰؛ Parhizkar *et al*., 2011). شدت نور وارده در توده‌های جنگلی روی رشد و توسعه جوانه انتهایی نهالها و همچنین فرم ساقه و شاقولی بودن آنها تأثیر زیادی دارد، به‌طوری که نور کم باعث پلاژیوتروپ (Plagiotrop) شدن نهالها و خروج از فرم جنگل‌شناسی مطلوب می‌شود.

از طرف دیگر، شدت نور زیاد هم باعث کوتاه شدن طول بالاترین میان‌گره و بروز ناهنجاری و دو شاخه یا چنگالی شدن محور اصلی نهال می‌گردد (ثاقب‌طالبی و همکاران، ۱۳۸۱؛ پرهیزکار و همکاران، ۱۳۹۰؛ شاهینی، ۱۳۹۰؛ Sagheb-Talebi, 1996).

در جنگل‌کاریهای منطقه دارابکلا، بیشترین شدت نور نسبی (۲۵/۰۹٪)، بیشترین مدت تابش (۱٤٤۳ ساعت) و بیشترین میزان تابش مستقیم (۲۷/۷۹٪) و کمترین مقدار شاخص سطح برگ (۱/۸) در توده دست‌کاشت توسکا ملاحظه شد که بیانگر سبک و باز بودن تاج این گونه و اجازه ورود نور بیشتر به عرصه جنگل است. شدت نور نسبی، نور مستقیم و مدت تابش در توده پهن‌برگ آمیخته کمتر از توده‌های دست‌کاشت پهن‌برگ مجاور بود. البته با توجه به میزان بالای شاخص سطح برگ در این توده (٦/۰) می‌توان اظهار نمود که ناهمسالی و چند آشکوبه بودن توده موجب افزایش سطح برگ و در نتیجه تعدیل یا کاهش شدت نور دریافتی در کف جنگل می‌شود. این موضوع در مطالعات دیگر نیز تأیید شده است (Mitscherlich, 1981; Brunner, 1994; Barnes *et al*., 1998; Sagheb-Talebi *et al*., 2011).

در جنگل‌کاریهای مورد بررسی، بیشترین میزان بازشدگی تاج و شدت نور نسبی و کمترین شاخص سطح برگ مربوط به توده توسکاست که بیانگر کم بودن سطح برگها و باز بودن نسبی تاج‌پوشش این توده است. کم بودن تعداد درختان در این توده به‌دلیل نورپسندی این گونه و کاهش تدریجی تعداد به‌دلیل رقابت نوری می‌باشد. نتایج فوق نشان می‌دهد که عملیات پرورشی در جنگل‌کاریهای توسکا می‌تواند زودتر و در سنین پایین‌تر انجام شود تا درختان با کیفیت با دریافت فضای مناسب برای رشد تاج، امکان رشد بهتری پیدا کنند. برخلاف توسکا، توده زربین دارای کمترین بازشدگی تاج و شدت نور نسبی دریافتی و بیشترین شاخص سطح برگ (۵/۸) است که نشان از انبوهی توده دارد. در مطالعات انجام شده در جنگل‌کاریهای سرو (*Cupressus* sp.) در کنیا، مقدار LAI معادل ٤/۵ اندازه‌گیری شده است (Gonsamo & Pellikka, 2008). تراکم زیاد در توده زربین و کند رشد بودن این گونه دلیل کمتر بودن مشخصه‌های قطر و ارتفاع متوسط آن در مقایسه با سایر گونه‌های موجود در جنگل‌کاریهای مورد بررسی است. انجام عملیات پرورشی در این توده و کاهش رقابت تاجی و افزایش نور دریافتی می‌تواند باعث افزایش رشد و تولید آن شود.

در نهایت، با شناخت رژیم نوری در توده‌های جنگلی و سرشت نوری درختان می‌توان با انجام عملیات پرورشی نه تنها باعث افزایش کمیت رشد و بهبود کیفیت درختان شد، بلکه با ایجاد شرایط نور و حرارت و رطوبت مناسب در کف جنگل می‌توان موجب سهولت و تقویت تجدیدحیات طبیعی گونه‌های بومی نیز گردید تا جنگل‌کاریهای خالص پهن‌برگ یا سوزنی‌برگ غیربومی را به تدریج به سمت توده‌های آمیخته با گونه‌های بومی سوق داد.

منابع مورد استفاده

- اردکانی، م.ر.، ۱۳۸۳. اکولوژی. انتشارات دانشگاه تهران، ۳٤۰ صفحه.
- پایدار، م.، ۱۳۸۷. نورسنجی در بخش نم‌خانه جنگل خیرودکنار. جلسه بحث کارشناسی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۳۰ صفحه.
- پرهیزکار، پ.، ثاقب‌طالبی، خ.، متاجی، ا.، نمیرانیان، م.، حسنی، م. و مرتضوی، م.، ۱۳۹۰. بررسی وضعیت درختان و زادآوری در مراحل مختلف تحولی در راشستانهای طبیعی کلاردشت (مطالعه موردی: پارسل شاهد، سری یک لنگا). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۹ (۱): ۱۵۳-۱٤۱.
- ثاقب‌طالبی، خ.، شوتز، ژ.ف. و آس، گ.، ۱۳۸۱. بررسی نقش بعضی از عوامل محیطی بر روی خصوصیات کیفی نهالهای راش. فصلنامه منابع طبیعی ایران. ۵۵ (٤): ۵۲۰-۵۰۵.

- ثاقب‌طالبی، خ.، ۱۳۹۰. گزارش اولیه طرح ملی شناخت ویژگیهای مناسب راشستانهای شمال کشور برای اعمال جنگل‌شناسی نزدیک به طبیعت (شیوه تک‌گزینی). گزارش داخلی موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۵۰ صفحه.
- جشنی، ژ. و ثاقب‌طالبی، خ.، ۱۳۸۸. بررسی شدت نور نسبی و طول مدت تابش در جامعه انجیلی- ممرزستان (مطالعه موردی در بخش پاتم جنگل آموزشی خیرود). مجموعه مقالات پوستری سومین همایش ملی جنگل، انجمن جنگلبانی ایران، ۲۲-۲٤ اردیبهشت ۱۳۸۸: ۸ صفحه.
- جوانشیر، ک.، رحمانی، ر.، شیروانی، ا. و یزدیان، ف.، ۱۳۷٦. بررسی فنولوژی درختان جنگلی و الگوی تغییرات دما در جنگلهای خیرودکنار خزر. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۰ (۱): ۲۹-٤۲.
- شاهینی، ی.، ۱۳۹۰. اثر نور بر مشخصه‌های کمی و کیفی نهال بلندمازو (مطالعه موردی: جنگل لوه). پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۰۱ صفحه.
- صائب، ک.، نوری شیرازی، م.، کیالاشکی، ع. و جعفری حاجتی، ر.، ۱۳۹۰. بررسی اثر نور بر ویژگیهای کمی و کیفی نهالهای ممرز (مطالعه موردی: بخش خانیکان جنگل کرکرود، مازندران). فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۹ (٤): ٤۹۰-٤۷۸.
- قورچی‌بیگی، ک.، ۱۳۸۱. بررسی ارتباط خواص کمی و کیفی نهالهای راش با سطح حفره در جنگلهای رامسر. پایان‌نامه دکتری جنگل‌داری، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۷۵ صفحه.
- مروی مهاجر، م.ر.، ۱۳۸٤. جنگل‌شناسی و پرورش جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۸۷ صفحه.
- محمدنژاد کیاسری، ش.، ۱۳۸۸. نقش جنگل‌کاریهای پهن‌برگ و سوزنی‌برگ بر تنوع پوشش گیاهی و ماکروارگانیسم‌های خاک در جنگلهای دارابکلا. پایان‌نامه دکتری جنگل‌داری، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، ۱٦۱ صفحه.
- محمدی نصرآبادی، ح.، ۱۳۸۷. نورسنجی در جنگل. جلسه بحث کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۷۳ صفحه.
- Anderson, M.C., 1964a. Studies of the woodland light climate. I. The photographic computation of light conditions. L. Ecol., 52: 27-41.
- Anderson, M.C., 1964b. Light relations of terrestrial plant communities and their measurement. Biol. Rev., 39: 425-486.
- Barnes, B.V., Zak., D.R., Denton, S.R. and Spurr, S.H., 1998. Forest Ecology. 4th edition. John Willey and Sons Inc., New York, 774 p.
- Brang, P., 1996. Experimentelle Untersuchungen für Ansamungsökologie der Fichte im Zwischenalpinen Gebirgswald. Switzerland, SZF, No.77, 375 p.
- Bjurkman, O. and Ludlow, M.M., 1972. Characterization of the light climate on the floor of a Queensland rainforest. Carnegie Institute Washington Yearbook, 71: 94-102.
- Brunner, A., 1994. Ökologische Lichtmessungen im Wald. Forstarchiv, 65: 133-138.
- Cescatti, A., 2007. Indirect estimates of canopy gap fraction based on the linear conversion of hemispherical photographs Methodology and comparison with standard thresholding techniques. Agricultural and Forest Meteorology, 143: 1-12.
- Chazdon, R.L., 1988. Sunflecks and their importance to forest under-storey plants. Advanc. Ecolo. Res., 18: 1-63.
- Davi, H., Baret, F., Huc, R. and Dufrêne, E., 2008. Effect of thinning on LAI in heterogeneous forests. Forest Ecology and Management, 256: 890-899.
- Dohrenbusch, A., 1989. Die Anwendung der fotographischer Verfahren zur Erfassung des Kronenschlussgrades. Forstarchiv., 60 (4): 151-155.
- Evans, G.C. and Coombe, D.E., 1959. Hemispherical and Woodland Canopy Photography and the Light Climate. J. Ecol., 47: 103-113.
- Frazer, G.W., Canham, C.D. and Lertzman, K.P., 1999. Gap Light Analyzer (GLA): Users Manual and Program Documentation. Version 2.0, Simon Frazer Univ., British Columbia, Canada, 36 p.
- Frazer, G.W., Fournier, R.A., Trofymow. J.A. and Hall, R.J., 2001. A comparison of digital and film fisheye photography for analysis of forest canopy structure and gap light transmission. Agriculture and Forest Meteorology, 109: 249-263.
- Gonsamo, A. and Pellikka, P., 2008. Methodology comparison for slope correction in canopy leaf area index estimation using hemispherical photos. Forest Ecology and Management, 256: 749-759.
- Inoue, A., Yamamoto, K., Mizoue, N. and Kawahara, Y., 2004. Effects of image quality, size and camera type on forest light environment estimates using digital hemispherical photography. Agriculture and Forest Meteorology, 126: 89-97.
- Le Tacon, F., 1985. Die Pflanzungen auf der Freifläche: Einer der Gründe für die schlechte Form der Buche in Nordosten von Frankreich. Der Forst- und Holzwirt, 40 (12): 339-342.
- Luscher, F., 1990. Untersuchungen zur Hohenentwicklung der Fichtennaturverjüngung im

Karimidoost, A., Maghsoudloo, M.K. and Moghadasi, D., 2011. Some structural characteristics in the far east border of the distribution range of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands. Proceedings of the 9th International Beech Symposium, Dresden, Germany, 12-17 Sept., 61-63 p.
- Schleppi, P., Conedera, M., Sedivy, I. and Thimonier, A., 2007. Correcting non-linearity and slope effects in the estimation of the leaf area index of forests from hemispherical photographs. Agriculture and Forest Meteorology, 144: 236-242.
- Schroeder, P.E., McCandish, B., Waring, R.H. and Perry, D.A., 1982. The relationship of maximum canopy leaf area to forest growth in eastern Washington. Northwest Sci., 56: 121-130.
- Schütz, J.P., 2004. Opportunistic methods of controlling vegetation, inspired by natural plant succession dynamics with special reference to natural out mixing tendencies in a gap regeneration. Ann. For. Sci., 61: 149-156.
- Smith, R.L. and Smith, T.M., 1998. Elements of Ecology. Benjamin Cumming Science, San Francisco, 567 p.
- Thorman, J.J., 1997. Zur Methodik der Lichtmessung im Wald. Professur für Waldbau, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, 36 p.
- Walter, H., 1979. Vegetation of the earth and ecological systems of the geo-biosphere. Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin, 276 p.

inneralpinen Gebirgaswald. Prof. für Waldbau, Diss. ETH, Nr.8879, 83 p.
- Mitscherlich, G., 1981. Wald, Wachstum un Umwelt. 2 Band; Waldklima und Wasserhaushalt. Sauerlander's Verlag, 402 p.
- Mosandl, R., 1984. Loecherhiebe in Bergmischwald. Forstl. Foreschungsberichte, Munchen, 61: 298 p.
- Newton, A.C., 2000. Forest Ecology and Conservation. Oxford University Press Inc, New York, 454 p.
- O'Hara, K.L., Lähdi, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. and Saska, T., 1999. Leaf area and tree increment dynamics on a fertile mixed-conifer site in southern Finland. Ann. For. Sci., 56: 237-247.
- 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.
- Sagheb-Talebi, Kh., 1995. Study of some characteristics of young beeches in the regeneration gaps of irregular shelter-wood system. In: Madsen, S.F., (Ed.). Genetics and silviculture of beech. Denmark, Forskingsserin: 105-116.
- Sagheb-Talebi, Kh., 1996. Quantitative und qualitative Merkmale von Buchen-jungwüchsen (*Fagus sylvatica* L.) unter dem Einfluss des Lichtes und anderer Standorts-faktoren. Zurich, Beiheft zur Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen (SZF), Nr. 78, 219 p.
- Sagheb-Talebi, Kh., Mirkazemi, Z., Akhavan, R.,

Light regime in natural and planted stands of the Caspian Forests

Kh. Sagheb-Talebi [1*], J. Jashni [2], Sh. Mohammadnejad Kiasari [3], H. Mohammadi Nasrabadi [2] and M. Paydar [2]

1*- Coressponding author, Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.
E-mail: saghebtalebi@rifr-ac.ir
2- M.Sc. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Karaj, Iran
3- Assistant Prof., Research centre of Agriculture and Natural Resources, Mazandaran province, Sari, Iran
Received: 31.10.2011 Accepted: 03.02.2012

Abstract

Considering the light as one of the important ecological factors in silviculture and forest ecology, this paper aims to present some information about light regime at different forest stands. Sample plots were laid out in natural forest types, including: Ironwood (*Parrotia persica*)-Hornbeam (*Carpinus betulus*), Chestnut leaved Oak (*Quercus castaneifolia*)-Hornbeam, pure and mixed Beech (*Fagus orientalis*), Hornbeam-Beech and mixed broadleaves stands as well as in some pure and man made stands including chestnut leaved oak, Maple (*Acer velutinum*), Alder (*Alnus subcordata*) and Cypress (*Cupressus sempervirens*). Quantitative characteristics of the trees were assessed and one hemispherical photo was taken with fisheye camera within the plots. The photos were analyzed with GLA. Results showed that the canopy openness varied from 9.6% to 29.4% in the natural stands and from 0.9% to 17.2% in the plantations. Relative light intensity varied between 11.8% (pure beech) and 35.9% (hornbeam-beech) in the natural stands and between 1.4% (pure cypress) and 25.1% (pure alder) in the plantations. The minimum Leaf Area Index (LAI=1.4) was computed in the hornbeam-beech stand, whereas the maximum (LAI=5.8) was found in the pure cypress plantation. A various range of sun flecks was observed within the studied stands from 20 sun flecks with 200 minutes of direct sun light per day in the ironwood-hornbeam stand up to 2100 sun flecks with receiving of 2 minutes direct sunlight per day in the pure alder plantation. The maximum energy received in the studied stand of the Caspian forests was 43 MJm^{-2} in June. Knowledge of light climate in the forest stands can be applied in silvicultural tendings, to improve tree quality.

Key words: Hyrcanian region, forest type, plantation, light, direct and diffuse sun light