

تعیین کیفیت هوموس با استفاده از روش روجیستر در امتداد گرادیان ارتفاعی جنگل‌های راش (*Fagus orientalis* Lipsky) (مطالعه موردی: جنگل‌های سری ۱ و ۵ کلاردشت)

مسعود دلفان آذری^{۱*}، قوام‌الدین زاهدی امیری^۲

۱. کارشناس ارشد گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۲. استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۷، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۲۰

چکیده

هدف از انجام این پژوهش، تعیین کیفیت هوموس با استفاده از روش روجیستر در امتداد گرادیان ارتفاعی جنگل‌های راش کلاردشت بود. برای این منظور، ابتدا در امتداد یک ترانسکت (شمال-جنوب)، ۳۰ رولوه به ابعاد ۲۰ متر × ۲۰ متر برای آشکوب‌های درختی و درختچه‌ای (رولوه اول) و ۳۰ رولوه در درون رولوه اول به ابعاد ۱۰ متر × ۱۰ متر برای آشکوب علفی (رولوه دوم) پیاده و سپس مقدار پوشش گونه‌های گیاهی با استفاده از امتیازات تعدیل شده برآون بلانکه برآورد شد. در درون رولوه دوم، یک نمونه خاک از افق معدنی A تا عمق حداکثر ۱۰ سانتی‌متر برداشت و رطوبت در دسترس، pH و نیتروژن آن اندازه‌گیری شد. پس از استخراج مقادیر شاخص‌های اکولوژیکی از سه منبع مختلف و واسنجی آنها با داده‌های مورد اندازه‌گیری، طبقه‌بندی پوشش گیاهی با استفاده از TWINSpan انجام و در نهایت، کیفیت هوموس جنگلی برای گروه‌های اکولوژیکی با استفاده از اکوگرام پیشنهاد شده توسط روجیستر تعیین شد. نتایج نشان داد که نوع هوموس در ارتفاعات کم، مول اکتیو، در ارتفاعان میانی، مول تیپیک و در ارتفاعات زیاد، مول اسیدی است. به عبارت دیگر، با افزایش ارتفاع از سطح دریا، کیفیت هوموس کاهش می‌یابد. به علاوه، مشخص شد که نوع هوموس در محلی که گونه راش بیشترین تاج پوشش را دارد، مول اسیدی است. نتیجه‌گیری شد که گونه‌های گیاهی (آشکوب علفی) می‌توانند به‌عنوان معرف ارزشمندی برای تعیین کیفیت نوع هوموس یک اکوسیستم جنگلی به‌کار گرفته شوند. همچنین، می‌توان عنوان کرد که پس از واسنجی مقادیر اصلی شاخص‌های اکولوژیکی، روش روجیستر می‌تواند برای کلاسه‌بندی رویشگاه‌ها در جنگل‌های راش شمال کشور مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: شاخص اکولوژیکی، کلاسه‌بندی رویشگاه، مول اسیدی، مول اکتیو، مول تیپیک، واسنجی.

مقدمه

باشد. جنگلبانان قادرند با آگاهی از حاصلخیزی رویشگاه، رویش و تولید را پیش‌بینی کنند و از این رو مناسب‌ترین گونه‌های درختی را برای یک رویشگاه انتخاب نمایند. با این حال در بسیاری از موارد، اندازه‌گیری مستقیم حاصلخیزی رویشگاه امکان‌پذیر نیست. حاصلخیزی رویشگاه و کیفیت لاشبرگ از مواردی هستند که تحت

حاصلخیزی رویشگاه، یک شاخص کلیدی خدمات اکوسیستم جنگل، مانند تولید چوب و ترسیب کربن است و بنابراین، می‌تواند یک معیار مهم برای مدیران جنگل

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۶۷۹۷۹۸۱

کشور بلژیک انجام دادند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که پوشش علفی همواره یک شاخص قابل اطمینان کیفیت رویشگاه نیست [۳].

یک سیستم شاخص اکولوژیکی برای تعیین کیفیت هموموس با استفاده از روش روجیستر مورد نیاز است. از مشهورترین سیستم‌های شاخص اکولوژیکی می‌توان سیستم شاخص النبرگ را نام برد. بسیاری از مطالعات اظهار داشتند که مقادیر شاخص النبرگ در خارج از اروپای مرکزی، کمتر قابل اعتمادند و نیاز به بررسی دقیق و اعتبارسنجی قبل از پیاده‌سازی دارند (به‌عنوان مثال، [۵]). النبرگ و همکاران (۱۹۹۲)، آزمودن و در صورت نیاز، واسنجی^۲ مقادیر شاخص در مناطق دیگر را توصیه کرده‌اند [۶]. در این تحقیق، پس از آزمودن و واسنجی مقادیر شاخص النبرگ (رطوبت (F)، واکنش (R) و نیتروژن (N))، کیفیت هموموس جنگلی با استفاده از روش روجیستر در امتداد گرادیان ارتفاعی تعیین شد.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

منطقه پژوهش (جنگل‌های سری یک و پنج کلاردشت) در حوضه آبخیز ۳۶ در غرب استان مازندران واقع شده است. جنگل‌های سری یک گردسر و سری پنج تاشگرد به مساحت کل ۴۷۶۳ هکتار در طول جغرافیایی ۱۵° ۴' ۵۱" تا ۴۵' ۹" ۵۱° شرقی و در عرض جغرافیایی ۰۰' ۳۱' ۳۶" تا ۰۰' ۳۷' ۳۶" شمالی و در دامنه ارتفاعی ۳۴۵ تا ۲۵۰۵ متر از سطح دریا قرار دارند. به‌طور کلی با کاهش ارتفاع از سطح دریا، تیپ جنگل از راش خالص به تیپ‌های راش-ممرز و آمیخته تغییر می‌کند. مطابق طبقه‌بندی آمبرژه، آب و هوای کلاردشت با اقلیم نیمه‌مرطوب همراه با زمستان‌های خیلی سرد تطابق پیدا می‌کند [۷].

تأثیر فرم‌های هموموس قرار دارند. گروهی از افق‌های خاک (افق‌های اصلی L, F, H و A_h) که در نزدیکی یا سطح یک بدون واقع شده و از بقایای آلی (جدا از ماده معدنی یا مخلوط با آن) تشکیل شده‌اند را فرم هموموس گویند. فرم‌های هموموس، بر حسب اقلیم، سنگ مادر، تاج پوشش، پوشش گیاهی زیر آشکوب، سن توده، مدیریت، کوددهی، آبیاری و آلودگی متفاوت‌اند [۱].

قدیمی‌ترین و متداول‌ترین روش کلاسه‌بندی رویشگاه و تعیین فرم‌های هموموس، بر مبنای مقدار شاخص پوشش گیاهی زیر آشکوب است (روش غیر مستقیم). سودمندی پوشش گیاهی زمین به‌عنوان یک شاخص برای شناخت فرم هموموس و کیفیت رویشگاه‌ها توسط روجیستر بارها نشان داده شده است [۲]. او گزارش کرد که نوع هموموس رویشگاه با حاصل ضرب mN (میانگین شاخص نیتروژن) × mR (میانگین شاخص واکنش) همبستگی بسیار بالایی دارد. دیگر روش‌های کلاسه‌بندی رویشگاه بر مبنای ویژگی‌های مورفولوژیکی فرم هموموس (روش غیر مستقیم) و آنالیز خاک (روش مستقیم) است [۳]. در این پژوهش، کلاسه‌بندی رویشگاه با استفاده از روش نخست انجام شد.

روجیستر (1978)، یک اکوگرام بر مبنای شاخص‌های اکولوژیکی برای ارزیابی کیفیت رویشگاه راش در فلاندرز^۱ ارائه داد. نتایج پژوهش او نشان داد که رویشگاه‌های مزوفیل با فرم هموموس مول، حاصلخیزترین رویشگاه‌ها هستند [۲]. زاهدی امیری و لوست (۱۹۹۹)، پژوهشی را در یک جنگل آمیخته پهن‌برگ کشور بلژیک با هدف طبقه‌بندی هموموس جنگلی بر اساس خصوصیات جوامع گیاهی انجام دادند. نتیجه‌گیری شد که جوامع گیاهی می‌توانند به‌عنوان معرف ارزشمندی برای تعیین کیفیت نوع هموموس یک اکوسیستم جنگلی به‌کار گرفته شوند [۴]. مادلین و همکاران (۱۹۹۴)، تحقیقی را با هدف کلاسه‌بندی رویشگاه در یک جنگل آمیخته پهن‌برگ

محدوده‌های نمونه‌برداری

برای تعیین محدوده‌های نمونه‌برداری، ابتدا ارتفاع از سطح دریا به ۱۵ طبقه ۱۰۰ متری تقسیم شد. سپس در امتداد یک ترانسکت [۵]، دو محدوده هر یک به مساحت ۱۵۰۰۰ مترمربع (۱۰۰ متر × ۱۵۰ متر) در هر طبقه ارتفاعی انتخاب و مختصات جغرافیایی مرکز هر محدوده در دستگاه GPS وارد شد. در مجموع، ۳۰ محدوده نمونه‌برداری در طول ترانسکت انتخاب شد. طول ترانسکت (۱۰ کیلومتر) با در نظر گرفتن حد گسترش گونه راش (>۵۰۰m) تعیین و ترانسکت در جهت شمال-جنوب و در میانه منطقه پژوهش قرار داده شد.

نمونه‌برداری پوشش گیاهی و خاک

در هر محدوده نمونه‌برداری، دو رولوه در محل حضور گونه راش پیاده شد؛ رولوه اول به مساحت ۴۰۰ متر مربع (۲۰ متر × ۲۰ متر) برای آشکوب‌های درختی و درختچه‌ای و رولوه دوم به مساحت ۱۰۰ متر مربع (۱۰ متر × ۱۰ متر) برای آشکوب علفی [۸]. رولوه دوم در داخل رولوه اول و در محلی که گونه‌های آشکوب علفی (گونه‌های علفی و زادآوری‌ها [۹]) بیشترین پوشش را داشتند، پیاده شد. در درون هر یک از رولوه‌ها، به منظور افزایش دقت برآوردها، یک میکروپلات در مرکز و چهار میکروپلات در گوشه‌ها پیاده و در درون هر میکروپلات، مقدار پوشش گونه‌های علفی و تاج‌پوشش گونه‌های درختی و درختچه‌ای با استفاده از امتیازات تعدیل شده برآون بلانکه [۱۰] برآورد شد. به علاوه، در داخل هر رولوه، افق معدنی A تا حداکثر ۱۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری شد [۹]. در مجموع، ۳۰ رولوه در آشکوب‌های درختی و درختچه‌ای و ۳۰ رولوه در آشکوب علفی برداشت شد [۳]. نمونه‌برداری پوشش گیاهی در فصل تابستان (مرداد) انجام شد.

اندازه‌گیری آب قابل دسترس، اسیدیته و نیتروژن کل

در این پژوهش، اسیدیته و نیتروژن کل نمونه‌های خاک

به ترتیب با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتالی (pH-H₂O)، خاک:آب مقطر=۱:۱) و روش کج‌دال اندازه‌گیری شد [۵]. برای محاسبه آب قابل دسترس، ابتدا درصد رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی با استفاده از مقادیر درصد رطوبت اشباع (SP%) برآورد و سپس از رابطه ۱ استفاده شد [۱۱].

$$AW\% = FC\% - WP\% \quad (1)$$

که در این رابطه AW% درصد آب قابل دسترس؛ FC% درصد رطوبت ظرفیت زراعی (تقریباً برابر است با یک‌دوم SP%) و WP% درصد رطوبت نقطه پژمردگی (تقریباً برابر است با یک‌چهارم SP%).

مراحل تعیین کیفیت هوموس جنگلی

در این تحقیق، مقادیر شاخص‌های رطوبت، واکنش و نیتروژن النبرگ از سه منبع مختلف (جدول‌های EHP) [۶]، [۱۲، ۱۳] استخراج شد و سپس آزمودن و واسنجی [۵، ۹] مقادیر مذکور انجام شد (در پژوهش حاضر، مقادیر استخراج شده از جدول‌های النبرگ (فلور اروپای مرکزی)، هیل (فلور انگلیس) و پیگناتی (فلور ایتالیا) به ترتیب با اندیس E، H و P مشخص شده است). در نهایت، با استفاده از مقادیر شاخص بهبودیافته، کیفیت هوموس جنگلی برای گروه‌های بوم‌شناختی تعیین شد. لازم به ذکر است که دامنه مقادیر شاخص در جدول‌های EHP برای رطوبت، یک تا ۱۲ و برای واکنش و نیتروژن، یک تا نه است. در این پژوهش، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف بررسی و داده‌های غیر نرمال به وسیله تبدیلات باکس-کاکس و جانسون و روش Templeton نرمال شد. به علاوه، در مرحله ۱۰، همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لوین مورد بررسی قرار گرفت. مراحل تعیین کیفیت هوموس به‌قرار زیر است:

۱- محاسبه میانگین وزنی مقادیر اصلی شاخص‌های اکولوژیکی برای هر رولوه (mR_E, mF_P, mF_H, mF_E)

از داده‌های حضور و غیاب استفاده شد [۹]. بهترین منحنی‌های HOF بر حسب معیار اطلاعاتی آکائیکه اصلاح شده (AICc) در $P=0/05$ انتخاب شدند. در این بسته نرم‌افزاری، AICc به صورت پیش فرض برای حجم نمونه کوچک (مجموعه‌های داده کوچک) پیشنهاد شده است. به علاوه، به منظور بهبود و بررسی ثبات مدل از یک مکانیزم باز نمونه‌گیری استفاده شد.

۶- استخراج مقادیر شاخص (F_c ، R_c و N_c) و بردباری (T_N و T_R ، T_F) گونه‌های گیاهی از مدل‌های HOF (مدل II تا V). مقادیر جدید شاخص (اپتیمم‌ها) به صورت مقادیری در طول محور X که سطح زیر منحنی به یک دوم ماکزیمم خود می‌رسد، تعریف شد [۱۴]. به علاوه، از روش شرودر و همکاران (۲۰۰۵)، به منظور استخراج مقادیر بردباری گونه‌های گیاهی از مدل‌های HOF استفاده شد [۱۵]. در این تحقیق، گونه‌های با مدل I، بی تفاوت در نظر گرفته شدند.

۷- تغییر مقیاس مقادیر جدید شاخص‌ها با استفاده از تبدیل تساوی واریانس‌ها ($F_{c(resc)}$ ، $R_{c(resc)}$ و $N_{c(resc)}$) [۹، ۵].
۸- محاسبه میانگین وزنی مقادیر جدید شاخص‌های اکولوژیکی با استفاده از رابطه ۲ برای هر رولوه [۹].

$$mIV_i = \frac{\sum_{k=1}^m \frac{y_{ik} \times IV_k}{T_k^r}}{\sum_{k=1}^m \frac{y_{ik}}{T_k^r}} \quad (2)$$

که در این رابطه mIV_i میانگین مقادیر $F_{c(resc)}$ و $R_{c(resc)}$ و $N_{c(resc)}$ برای i امین رولوه؛ IV_k مقدار شاخص k امین گونه؛ y_{ik} مقدار پوشش k امین گونه در i امین رولوه؛ m تعداد گونه در i امین رولوه و T_k بردباری k امین گونه.

۹- اعتبارسنجی بعد از واسنجی [۹، ۵].

۱۰- تعیین گروه‌های بوم‌شناختی با استفاده از TWINSpan (آشکوب علفی) [۴]. برای این منظور، از داده‌های پوشش و نرم‌افزار WinTWINS 2/3 استفاده شد.

با استفاده از بسته نرم‌افزاری Vegan 2/3 و تابع $wascor()$ در نرم‌افزار R 3/2. در این پژوهش، از گونه‌هایی که در کمتر از ۱۰ درصد رولوه‌ها حضور داشتند و گونه‌های بی تفاوت نسبت به یک عامل محیطی خاص (مقدار شاخص X) صرف نظر شد [۹، ۵]. به علاوه، درختان و درختچه‌های بزرگ برای واسنجی مقادیر اصلی شاخص‌ها مورد استفاده قرار نگرفتند، به این علت که این گیاهان در لایه‌های عمیق‌تر خاک ریشه‌دوانی می‌کنند [۱۰].

۲- برازش مدل‌های رگرسیونی بین مقادیر متغیرهای اندازه‌گیری شده (متغیرهای مستقل) و مقادیر بدست آمده در مرحله اول (متغیرهای وابسته). در این مرحله، اعتبار سیستم‌های شاخص برای برآورد مقادیر متغیرهای محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد (اعتبارسنجی قبل از واسنجی). برای برازش مدل‌های رگرسیونی از دو نوع مدل، شامل مدل‌های خطی و سهمی استفاده شد [۵]. به علاوه، مدل‌های رگرسیونی با استفاده از نرم‌افزار R 3/2 و تابع $lm()$ برازش شدند.

۳- گزینش بهترین مدل‌های رگرسیونی بر اساس بالاترین ضریب تعیین (R^2) و مقدار $P (<0/05)$.

۴- استخراج برآوردهای جدید میانگین مقادیر شاخص‌ها با استفاده از معادلات رگرسیونی ($m\bar{N}$ و $m\bar{R}$ ، $m\bar{F}$).

۵- برازش مدل HOF به منظور تخمین احتمال وقوع گونه‌ها در طول مقادیر بدست آمده در مرحله چهارم. مدل مذکور، اطلاعات گونه را با استفاده از پنج مدل پاسخ به طور فزاینده پیچیده در یک انتخاب رو به جلو برازش می‌دهد. منحنی‌های پاسخ HOF عبارتند از: نوع I: یک رابطه خطی صاف، نوع II: یک رابطه یکنواخت، نوع III: یک رابطه فلات‌مانند، نوع IV: یک رابطه گوسی متقارن، و نوع V: یک رابطه تک‌مدی چوله [۹، ۵]. در این پژوهش، مدل HOF با استفاده از بسته نرم‌افزاری eHOF 1/6 و تابع $HOF()$ بر روی نرم‌افزار R 3/2 اجرا شد. برای این منظور،

۱۶- تعیین کیفیت هوموس جنگلی در محلی که گونه‌های درختی و درختچه‌ای (گونه‌هایی که در بیشتر از ۱۰ درصد رولوها حضور دارند) بیشترین تاج پوشش را دارند.

نتایج و بحث

در مطالعه حاضر، ۱۱ گونه در آشکوب‌های درختی و درختچه‌ای (۱۰ گونه درختی و یک گونه درختچه‌ای) و ۴۳ گونه در آشکوب علفی (۳۵ گونه علفی و ۸ گونه زادآوری) نمونه برداری شد. به علاوه، میانگین آب قابل دسترس، pH و نیتروژن کل نمونه‌های خاک به ترتیب ۱۶/۹۵ درصد، ۵/۵۶ و ۰/۲۴ درصد است.

اعتبار نشانه زیستی با بررسی همبستگی بین میانگین شاخص‌های اکولوژیکی و میانگین متغیرهای محیطی اندازه‌گیری شده مشخص می‌شود [۹، ۵]. نتایج نشان داد که در جنگل‌های راش کلاردشت، تنها بین مقادیر mF_H با متغیر آب قابل دسترس ($R^2=14/64\%$)، mR_P با pH ($R^2=20/59\%$) و mN_P با نیتروژن کل ($R^2=16/74\%$) رابطه معنی‌داری وجود دارد ($P<0/05$)، اما روابط رضایت‌بخش نیستند (جدول ۱). به علاوه، مشخص شد که تکنیک واسنجی پیشنهاد شده توسط لائوسون و همکاران (۲۰۰۳)، نتایج نشانه‌های زیستی را در جنگل‌های راش کلاردشت بهبود می‌بخشد (مقدار R^2 برای شاخص‌های رطوبت، واکنش و نیتروژن به ترتیب حدود ۱۵، ۱۱ و ۳۱ درصد افزایش یافت). یافته‌های فوق با نتایج مطالعات لائوسون و همکاران (۲۰۰۳) و بالکوویچ و همکاران (۲۰۱۲)، مطابقت دارد [۹، ۵]. در جنگل‌های راش شمال کشور، مقادیر شاخص رطوبت، واکنش و نیتروژن خاک برای برخی گونه‌ها تغییر کرد. به عنوان مثال، گونه *Pteris cretica* در جنوب اروپا بر روی خاک‌های اسیدی و فقیر از نیتروژن وقوع می‌یابد، اما نتایج پژوهش حاضر نشان داد که این گونه در جنگل‌های راش شمال کشور، شاخص

۱۱- تفاوت بین گروه‌های بوم‌شناختی از نظر میانگین مقادیر جدید شاخص‌های اکولوژیکی [۴]. برای این منظور، از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و آزمون تعقیبی توکی [۴] در نرم‌افزار Minitab 17/1 استفاده شد.

۱۲- محاسبه میانگین مقادیر جدید شاخص‌ها برای گروه‌های بوم‌شناختی با استفاده از روابط ۳، ۴، ۵ و ۶ [۲].

$$Bc_i = \frac{\sum_{j=1}^n A_{ij}}{n} \times 100 \quad (3)$$

$$mR_g = \frac{\sum_{i=1}^n (Bc_i \times R_i)}{\sum_{i=1}^n Bc_i} \quad (4)$$

$$mN_g = \frac{\sum_{i=1}^n (Bc_i \times N_i)}{\sum_{i=1}^n Bc_i} \quad (5)$$

$$mF_g = \frac{\sum_{i=1}^n (Bc_i \times F_i)}{\sum_{i=1}^n Bc_i} \quad (6)$$

که در این روابط Bc_i میانگین درصد پوشش گونه i ؛ A_{ij} درصد پوشش گونه i در رولوه j ؛ n تعداد رولوها؛ mR_g ، mN_g و mF_g میانگین مقادیر شاخص‌های اکولوژیکی و F_i ، N_i ، R_i مقدار شاخص‌های اکولوژیکی برای i آمین گونه.

۱۳- تعیین کیفیت هوموس جنگلی برای گروه‌های بوم‌شناختی بر روی اکوگرام پیشنهاد شده توسط روجیستر (۱۹۷۸).

۱۴- تعیین ضریب نزدیکی اکولوژیکی (EAC) با استفاده از رابطه ۷ بین دو گروه بوم‌شناختی n و m اگر مقدار EAC کوچک‌تر مساوی ۰/۴۳ باشد، نزدیکی اکولوژیکی بسیار بالاست [۲].

$$EAC_{mn} = \sqrt{(mF_n - mF_m)^2 + (mR_n - mR_m)^2 + (mN_n - mN_m)^2} \quad (7)$$

۱۵- تعیین حداکثر تاج پوشش گونه‌های درختی و درختچه‌ای در امتداد گرادیان ارتفاعی با استفاده از مدل‌های HOF

ایتالیا متفاوت است، اما با فلور ایتالیا (عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر) شباهت بیشتری در مقایسه با فلور آلمان و انگلیس (عرض‌های جغرافیایی بالاتر) دارد. فاصله جنگل‌های شمال ایران از کشورهای اروپایی مانند آلمان، ایتالیا و انگلیس چند هزار کیلومتر است و این جنگل‌ها در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تری حضور دارند. مسلماً پوشش گیاهی در شمال ایران با کشورهای مذکور متفاوت است. نتیجه‌گیری شد که در جنگل‌های راش کلاردشت، واسنجی مقادیر شاخص‌های اکولوژیکی با داده‌های مورد اندازه‌گیری، به دلیل ظهور گونه‌های گیاهی جدید، نیازهای اکولوژیکی متفاوت گونه‌ها و اعتبار اندک شاخص‌های اکولوژیکی، ضروری است [۵، ۶، ۱۰].

خاک‌های قلیایی و غنی از نیتروژن است. البته ایتیم‌های اکولوژیکی برخی گونه‌ها، مانند *Fragaria vesca* و *Mercurialis perennis* در جنگل‌های راش شمال کشور با مقادیر اصلی شاخص‌های اکولوژیکی تقریباً برابر است. عوامل جغرافیایی، مانند عرض جغرافیایی در انتشار رستنی‌ها دخالت دارند. پس از استخراج مقادیر شاخص اکولوژیکی از جدول‌های EHP برای گونه‌های گیاهی جنگل‌های راش شمال ایران (گونه‌هایی که در بیشتر از سه رزله حضور داشتند)، مشخص شد که اسامی حدود ۵۵، ۴۸ و ۶۷ درصد گونه‌های گیاهی به ترتیب در جدول‌های EHP وجود دارد. به عبارت دیگر، فلور منطقه پژوهش به‌طور چشم‌گیری با فلور کشورهای انگلیس، آلمان و

جدول ۱. رابطه بین شاخص‌های اکولوژیکی و متغیرهای محیطی، قبل و بعد از واسنجی (تنها روابط معنی‌دار آورده شده است)

سطح معنی‌داری ضرایب			P	R ^۲	مدل	تبدیل	متغیر مستقل	متغیر وابسته	واسنجی
مدل	X	X ^۲							
*	***	***	۰/۰۳۷	۱۴/۶۴*	خطی	جانسون	mF _H	آب قابل دسترس	قبل
*	***	***	۰/۰۲۵	۱۶/۷۴*	خطی	-	mR _p	pH	
*	*	***	۰/۰۴۵	۲۰/۵۹*	سه‌می	-	mN _p	نیتروژن کل	
**	***	***	۰/۰۰۲	۲۹/۶۹**	خطی	جانسون	mF _{c(resc)}	آب قابل دسترس	بعد
**	ns	ns	۰/۰۰۳	۲۷/۹۶**	خطی	Templeton	mR _{c(resc)}	pH	
***	***	ns	۰/۰۰۰	۵۲/۰۸***	سه‌می	باکس-کاکس	mN _{c(resc)}	نیتروژن کل	

***: معنی‌دار در سطح ۹۹/۹ درصد اطمینان؛ **: معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد اطمینان؛ *: معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد اطمینان؛ ns: عدم معنی‌داری.

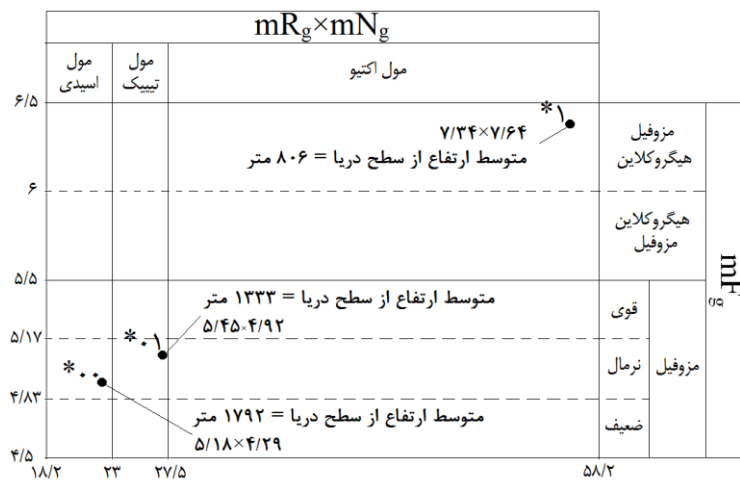
در این تحقیق، پوشش گیاهی با استفاده از TWINSpan، طبقه‌بندی شد. در منطقه پژوهش، سه گروه بوم‌شناختی تشخیص داده شد؛ گروه اکولوژیکی اول (۰۰*) با هفت رولوه و گونه شاخص *Ilex Spinigera* گروه اکولوژیکی دوم (۰۱*) با ۱۲ رولوه و گونه شاخص *Viola odorata* و گروه اکولوژیکی سوم (۱*) با ۱۱ رولوه و گونه شاخص *Mercurialis perennis*. نتایج این پژوهش نشان داد که به‌طور کلی، میانگین مقادیر شاخص‌های جدید (mF_{c(resc)}، mR_{c(resc)} و mN_{c(resc)}) در بین سه گروه بوم‌شناختی، متفاوت است

گروه اکولوژیکی سوم (P=۰/۰۰۰). گروه اکولوژیکی سوم در مقایسه با دو گروه دیگر به استقرار در محل‌هایی با نیتروژن، pH و رطوبت بالاتر تمایل دارد. گروه اکولوژیکی اول در مقایسه با گروه اکولوژیکی دوم، خواص مکان‌هایی با pH و نیتروژن کمتر است. می‌توان گفت که تغییرات رطوبت، واکنش و نیتروژن خاک، تأثیر بسزایی در ترکیب و پراکنش عناصر رویشی دارند [۴]. در ادامه، برای هر گروه اکولوژیکی، کیفیت هوموس جنگلی با استفاده از مقادیر mF_g، mR_g و mN_g در یک اکوگرام مشخص شد (شکل ۲). گروه اکولوژیکی اول (ارتفاعات زیاد)، مزوفیل نرمال و معرف

EAC بین دو گروه بوم‌شناختی اول (*۰۰) و دوم (*۰۱) برابر با ۰/۷۱ است. به عبارت دیگر، دو گروه مذکور نزدیکی اکولوژیکی بالایی دارند [۲]. نزدیکی اکولوژیکی گروه *۰۰ با *۱ و گروه *۰۱ با *۱ ناچیز است (به ترتیب ۴/۲۴ و ۳/۵۵). می‌توان گفت که گروه‌های مجاور هم (*۰۰ و *۰۱)، شرایط رویشگاهی همگن‌تری را نشان می‌دهند [۴]. به علاوه، در ارتفاعات کمتر و بیشتر از ۱۳۰۰ متر، نیازهای اکولوژیک گونه‌های گیاهی (آشکوب علفی) به‌طور چشم‌گیری متفاوت است.

نتایج این پژوهش نشان داد که نوع هوموس در محلی که گونه‌های *Cerasus*, *Carpinus betulus*, *Acer velutinum* بیشترین *Tilia begonifolia* و *Diospyros lotus avium* درصد تاج پوشش را دارند، مول اکتیو و در محلی که گونه‌های *Fagus orientalis* و *Alnus subcordata* بیشترین درصد تاج پوشش را دارند به‌ترتیب مول تیپیک و مول اسیدی است. می‌توان گفت که هوموس جنگلی در محل استقرار درختان برگ‌ریز از نوع مول است [۱۸]. به علاوه، روجیستر (۱۹۷۸)، گزارش کرد که هوموس در محل استقرار گونه راش (*Fagus sylvatica*)، مول اسیدی است [۲]. به عبارت دیگر، نوع هوموس جنگلی در محل استقرار راش شرقی و اروپایی تفاوتی ندارد.

هوموس مول اسیدی، گروه اکولوژیک دوم (ارتفاعات متوسط)، مزوفیل نرمال و معرف هوموس مول تیپیک (مول جنگل) و گروه اکولوژیک سوم (ارتفاعات کم)، مزوفیل هیگروکلاین (گونه‌ای که خاک‌های مرطوب را ترجیح می‌دهد) و معرف هوموس مول اکتیو است. نتیجه‌گیری شد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، کیفیت هوموس جنگلی کاهش می‌یابد ($R^2=0.88$, $n=3$) [۱۶] و در نتیجه، حجم در هکتار جنگل (استخراج شده از نقشه حجم در هکتار) کم می‌شود ($R^2=0.73$, $n=3$) [۲]. رویکوسجوکلا (۱۹۸۰)، گزارش کرد که در فنلاند به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع، حدود سه متر مکعب از حجم سرپا کل کاسته می‌شود [۱۷]. به علاوه، روجیستر (۱۹۷۸)، نشان داد که بین کیفیت هوموس ($mR \times mN$) با حجم در هکتار جنگل، همبستگی مثبت بسیار قوی وجود دارد [۲]. به‌طور خلاصه، نتایج نشان داد که ارتفاع از سطح دریا با کیفیت هوموس، رابطه معکوس و کیفیت هوموس با حاصلخیزی و حجم در هکتار جنگل، رابطه مستقیم دارد و از این نظر با نتایج مطالعات پیشین همسو است. به عبارت دیگر، گونه‌های گیاهی (آشکوب علفی) می‌توانند به‌عنوان معرف ارزشمندی برای تعیین کیفیت نوع هوموس یک اکوسیستم جنگلی به‌کار گرفته شوند [۲، ۴].



شکل ۲. اکوگرام کیفیت هوموس جنگلی و موقعیت سه گروه اکولوژیک

نتیجه گیری

متأسفانه تاکنون در داخل کشور تحقیقی مشابه انجام نشده است. واعظ‌موسوی و حبشی (۲۰۱۴) و ساجدی و همکاران (۲۰۰۴)، از روش‌های دیگر طبقه‌بندی استفاده کردند و کیفیت هوموس در جنگل‌های شمال کشور را به ترتیب اغلب مول (راش آمیخته) و مودر (راشستان) گزارش کردند [۲۰، ۱۹]. در پژوهش حاضر، نوع هوموس در راشستان‌های کلاردشت (ارتفاعات زیاد) را مول اسیدی پیش‌بینی کردیم که بسیار به شرایط مودر نزدیک

است. علت اختلاف اندک می‌تواند مرتبط با کارایی تکنیک واسنجی پیشنهادی [۵] و تفاوت در روش‌های طبقه‌بندی هوموس [۱۹] باشد که نیاز به بررسی بیشتری در این زمینه دارد. لازم به ذکر است که قبل از استفاده از روش روجیستر در جنگل‌های شمال کشور، به‌کارگیری تکنیک واسنجی، ضروری است. همچنین، لازم است انواع تکنیک‌های واسنجی در این جنگل‌ها آزمون شود و بهترین آنها به‌منظور توسعه مقادیر شاخص اکولوژیکی مورد استفاده قرار گیرد.

References

- [1]. Ponge, J.F., and Chevalier, R. (2006). Humus Index as an indicator of forest stand and soil properties. *Forest Ecology and Management*, 233(1): 165-175.
- [2]. Rogister, J.E. (1978). Contribution to the ecological classification of forest plants groups. *Works of Waters and Forests Research Station-Groenendaal series A*, 16, 157p.
- [3]. Maddelein, D., Muys, B., Neiryneck, J., and Sioen, G. (1994). Site classification in a mixed hardwood forest (Hallerbos, Belgium) with a homogeneous ground vegetation dominated by *Hyacinthoides non-scripta* (L.) Chouard ex. Rothm. *Silva Gandavensis*, 59, 15-28.
- [4]. Zahedi Amiri, GH., and Lust, N. (1999). Humus type classification on the basis of plant association characteristics in a mixed hardwood stand, Belgium. *Iranian Journal of Natural Resources*, 52(2): 47-62.
- [5]. Lawesson, J.E., Fosaa, A.M., and Olsen, E. (2003). Calibration of Ellenberg indicator values for the Faroe Islands. *Applied Vegetation Science*, 6(1): 53-62.
- [6]. Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, W., Werner, W., and Paulißen, D. (1992). Indicator values of plants in Central Europe, *Scripta Geobotanica*. 2th Edition., 258p.
- [7]. Memarian, F., Tabari, M., Hosseini, S.M., and Shafiei, A.B. (2006). Comparison of growth in man-made pure and mixed Norway spruce stands of Kelardasht (north of Iran). *Iranian Journal of Pajouhesh and Sazandegi (In Natural Resources)*, 73: 171-176.
- [8]. Mueller-Dombois, D., and Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley and Sons, New York, 547p.
- [9]. Balkovič, J., Kollár, J., and Šimonovič, V. (2012). Experience with using Ellenberg's R indicator values in Slovakia: Oligotrophic and mesotrophic submontane broad-leaved forests. *Biologia*, 67(3): 474-482.
- [10]. Schaffers, A.P., and Sýkora, K.V. (2000). Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements. *Journal of Vegetation Science*, 11(2): 225-244.
- [11]. Peacock, W., and Christensen, L.P. (2000). Interpretation of Soil and Water Analysis (PDF). In: *Raisin Production Manual*. University of California, Agricultural and Natural Resources Publication, Oakland, CA, 115-120.
- [12]. Hill, M.O., Mountford, J.O., Roy, D.B., and Bunce, R.G.H. (1999). Ellenberg's indicator values for British plants. *Technical Annex to Vol. 2, ECOFACT*, CEH, UK.
- [13]. Pignatti, S. (2005). Bioindication through the vascular plants. Indicator values according to Ellenberg (zeigerwerte) for species of flora of Italy. *Braun-Blanquetia*, 39: 3-97.
- [14]. Balkovič, J., Kollár, J., Čemanová, G., and Šimonovič, V. (2010). Indicating soil acidity using vegetation relevés in spatially limited areas-case study from the Považský Inovec, Slovakia. *Folia Geobotanica*, 45(3): 253-277.

- [15]. Schröder, H.K., Andersen, H.E., and Kiehl, K. (2005). Rejecting the mean: Estimating the response of fen plant species to environmental factors by non-linear quantile regression. *Journal of Vegetation Science*, 16(4): 373-382.
- [16]. Grubb, P.J. (1977). Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains: with special reference to mineral nutrition. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 8(1): 83-107.
- [17]. Roiko-Jokela, P. (1980). The terrain height for wood production as a factor in Northern Finland. *Folia Forestalia*, 452: 21p.
- [18]. Miles, J. (1985). Soil in the ecosystem. In: Atkinson, D., Fitter, A.H., Read, D.J., and Usher, M.B. (Eds). *Ecological Interactions in soil; Plants, Microbes and Animals*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, England, 407-427.
- [19]. Waez-Mousavi, S.M., and Habashi, H. (2014). Humus forms and the most important factors affecting its changes in mixed beech forest (Case Study: Shast Kalate forest of Gorgan). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 20(4): 151-166.
- [20]. Sajedi, T., Zahedi Amiri, Gh., and Marvie-Mohadjer, M.R. (2004). Variation of humus forms and nutrient properties in pure and mixed beech stands in north of Iran. *Improvement and Silviculture of Beech*, 7:105-113.

**Determination of humus quality using Rogister method along the elevation gradient in beech forests (*Fagus orientalis* Lipsky)
(Case Study: Districts 1 and 5 of Kelardasht forests)**

M. Delfan Azari*; M.Sc. Student of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran.

GH. Zahedi Amiri; Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran.

(Received: 06 January 2017, Accepted: 10 March 2017)

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the humus quality using Rogister method along an elevation gradient in beech forests. For this purpose, first, along a transect (north-south) in the forests of districts one and five of Kelardasht forest, 30 releves in tree and shrub layers and 30 releves in herb layer were sampled with dimensions of 20m × 20m and 10m × 10m, respectively. Then, the amount of vegetation was estimated using modified Braun-Blanquet scores. The A-horizon was sampled up to a maximum of 10 cm and its available moisture, pH and nitrogen was measured. After extracting ecological indicators' values from three different sources and calibration values with measured data, classification of vegetation was performed using TWINSpan and finally, the humus quality for ecological groups was determined using suggested ecogram by Rogister. The results showed that humus type at low, middle and high elevations is active mull, typical mull and acid mull, respectively. In other words, the humus quality decreases with increasing elevation. In addition, it was found that humus type for beech is acid mull. It is concluded that plant species (herb layer) can be a useful indicator for determining the humus quality of a forest ecosystem. In other words, after calibration of the main ecological indicators' values, Rogister method can be used for sites classification in beech forests of Iran.

Keywords: Acid mull, Active mull, Calibration, Ecological indicator, Site classification, Typical mull.

* Corresponding Author, Email: m.delfanazari@ut.ac.ir, Tel: +989116797981