دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی شاخص هوموس (Humus Index) در رابطه با متغیرهای پوشش جنگلی و گرادیان ارتفاعی

محمد بیرانوند[۱]، مسلم اکبری‌نیا[۲]، غلامرضا صالحی جوزانی[۳]، جواد قره‌چاهی[۴] و یحیی کوچ[۵]

۱- دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، نور- مازندران
۲- دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران، (نویسنده مسوول: akbarim@modares.ac.ir)
۳- استاد پژوهش، بخش تحقیقات بیوتکنولوژی میکروبی، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴- استادیار ژنتیک، مرکز تحقیقات ژنتیک انسانی دانشگاه علوم پزشکی بقیة الله (عج)، تهران
۵- استادیار گروه مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۴/۸
صفحه: ۱۶۹ تا ۱۷۸

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: شاخص هوموس یک نمره عددی مبتنی بر ارزیابی بصری افق‌های ارگانیک و شناسایی اشکال هوموس است که می‌تواند ویژگی‌های توده‌های جنگلی و خاک را منعکس کند. هوموس جنگلی حد واسط بین گیاهان و خاک است که تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند توپوگرافی، اقلیم، پوشش گیاهی و خاک قرار می‌گیرد. با حفر پروفیل هوموس و تعیین شاخص آن می‌توان در مورد بسیاری از عوامل بوم‌شناختی اظهار نظر کرد. هدف از پژوهش حاضر بررسی شاخص هوموس و ارتباط آن با مشخصه‌های توپوگرافی، خاک و پوشش جنگلی در امتداد یک گرادیان ارتفاعی در قالب چهار طبقه‌ی ۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ متر از سطح دریا، در جنگل‌های واز واقع در استان مازندران است.

مواد و روش‌ها: در هر طبقه ارتفاعی مشخصه‌های درختی مانند تاج‌پوشش، تراکم، قطر برابر سینه و ارتفاع و همچنین مشخصه‌های توپوگرافی و خاک مانند ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب، رطوبت و دمای خاک در نه قطعه‌نمونه ۴۰۰ مترمربعی در قالب طرح تصادفی برداشت شد و همچنین برای شناسایی نیمرخ اشکال هوموس در هر قطعه‌نمونه پنج پروفیل ۳۰ × ۳۰ سانتی‌متری حفر و بر اساس طبقه‌بندی هوموسیکا شناسایی و طبقه‌بندی شدند. به منظور ارزیابی شاخص هوموس بین طبقات مختلف ارتفاعی از آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و جهت بررسی ارتباط آن با مشخصه‌های مذکور از تحلیل رگرسیون چندگانه خطی استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیشترین میزان شاخص هوموس و ضخامت لاشبرگ متعلق به طبقه ارتفاعی ۱۵۰۰ متر بوده است و روند آنها در امتداد گرادیان ارتفاعی افزایشی است. همچنین نتایج رگرسیون چندگانه بیانگر وجود ارتباط خطی و معنادار بین شاخص هوموس و مشخصه‌های توپوگرافی و خاک با ضریب تعیین بالا (R^2 =۰/۷۶)، بخصوص دمای خاک با (p-value =۰/۰۰۰) است در حالی که مشخصه‌های پوشش درختی با ضریب تعیین (R^2 =۰/۳۱)، به خوبی نمی‌توانند پیش‌گوی مناسبی برای ارزیابی شاخص هوموس باشند. در این بین مشخصه‌های دمای خاک و تاج‌پوشش درختی عواملی هستند که بالاترین آمارهٔ t را در رابطه با شاخص هوموس نشان داده‌اند به‌طوری که کاهش دمای خاک و تاج‌پوشش جنگلی باعث افزایش شاخص هوموس شده است.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، کمیت بخش آلی کف جنگل و شاخص هوموس افزایش می‌یابند و تغییرپذیری آنها بیشتر به واسطه تغییر در مشخصه‌های توپوگرافی و دمای خاک است.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع از سطح دریا، انواع هوموس، ترکیب گونه‌های درختی، رگرسیون خطی چندگانه، دمای خاک، طبقه‌بندی هوموسیکا

مقدمه

نیاز روزافزون به شاخص‌ها برای استفاده گسترده از بوم سامانه‌های خاکزی و همچنین ارزیابی آنها همیشه مورد نیاز و توجه بوده است، زیرا با استفاده از شاخص‌ها می‌توان به خوبی در مورد بسیاری از عوامل اظهارنظر کرد (۱۱). از این رو شاخصی که ساده، کم هزینه و قابلیت اندازه‌گیری به صورت فیزیکی در عرصه بدون نیاز به متخصص را داشته باشد و بتواند بسیاری از ویژگی‌های بوم‌سامانه را نشان دهد بسیار مفید است (۱۵). از این حیث پژوهشگران اروپایی شاخص هوموس را برای ارزیابی کیفیت و کمیت بخش آلی سطح خاک ارائه کرده‌اند (۱۲). در بوم سامانه‌های جنگلی، مواد آلی سطح خاک تحت تأثیر بسیاری از عوامل از جمله آب و هوا، سنگ بستر، ترکیب و تاج‌پوشش درختان، حاصلخیزی خاک و دخالت‌های انسانی دچار تغییراتی می‌شوند (۲۰،۱۶،۱۴) و به صورت لایه‌های مختلف بر روی هم انباشته می‌شوند (۵). پژوهشگران بر طبق مشخصه‌های ریخت‌شناسی لایه‌های آلی که روی هم انباشته شده و همچنین فعالیت‌های بیولوژیکی آنها شاخص عددی قراردادی که قابلیت تحلیل آماری دارد را به عنوان شاخص هوموس برای ارزیابی بسیاری از ویژگی‌های بوم‌سامانه مورد استفاده قرار داده‌اند (۱۱،۴). انباشته شدن و تغییر وضعیت لایه‌های آلی قابلیت شناسایی و طبقه‌بندی دارد؛ به طوری که می‌توان آنها را با انواع هوموس نامگذاری کرد (۲۰،۸). از طریق شناسای اشکال هوموس می‌توان به بسیاری از ویژگی‌های بوم‌سامانه مانند حاصلخیزی خاک، فعالیت میکروارگانیسم‌ها و سرعت تجزیه مواد آلی، نوع لاشبرگ توده‌های جنگلی و بسیاری از عوامل توپوگرافی و اقلیمی نظر داد (۲۲،۱۲). بررسی لایه‌های آلی و آلی- معدنی سطح خاک‌های جنگلی در قالب طبقه‌بندی اشکال هوموس تا به حال تحت پنج نظام هوموس شامل مول، مودر، مور، آمفی و تانجل که هر کدام دارای سه تا چهار شکل هوموس می‌باشند در قالب طبقه‌بندی‌های اروپایی معرفی شده‌اند (۲۱،۲۰). هر چند شناسایی اشکال هوموس به صورت مستقیم در عرصه و با هزینه خیلی کم قابل انجام است؛ اما نمی‌تواند شاخص ساده و قابل فهم برای عموم در نظر گرفته شود، زیرا شناسایی اشکال هوموس دارای جزئیات فراوان است و نیازمند نیروی متخصص در زمینه طبقه‌بندی است (۱۰). با این وجود پژوهشگران در زمینه بوم‌شناختی خاک‌های جنگلی شاخص ساده و قابل درک به نام شاخص هوموس را مورد استفاده قرار

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-08-18]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.18.8.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.18.169]

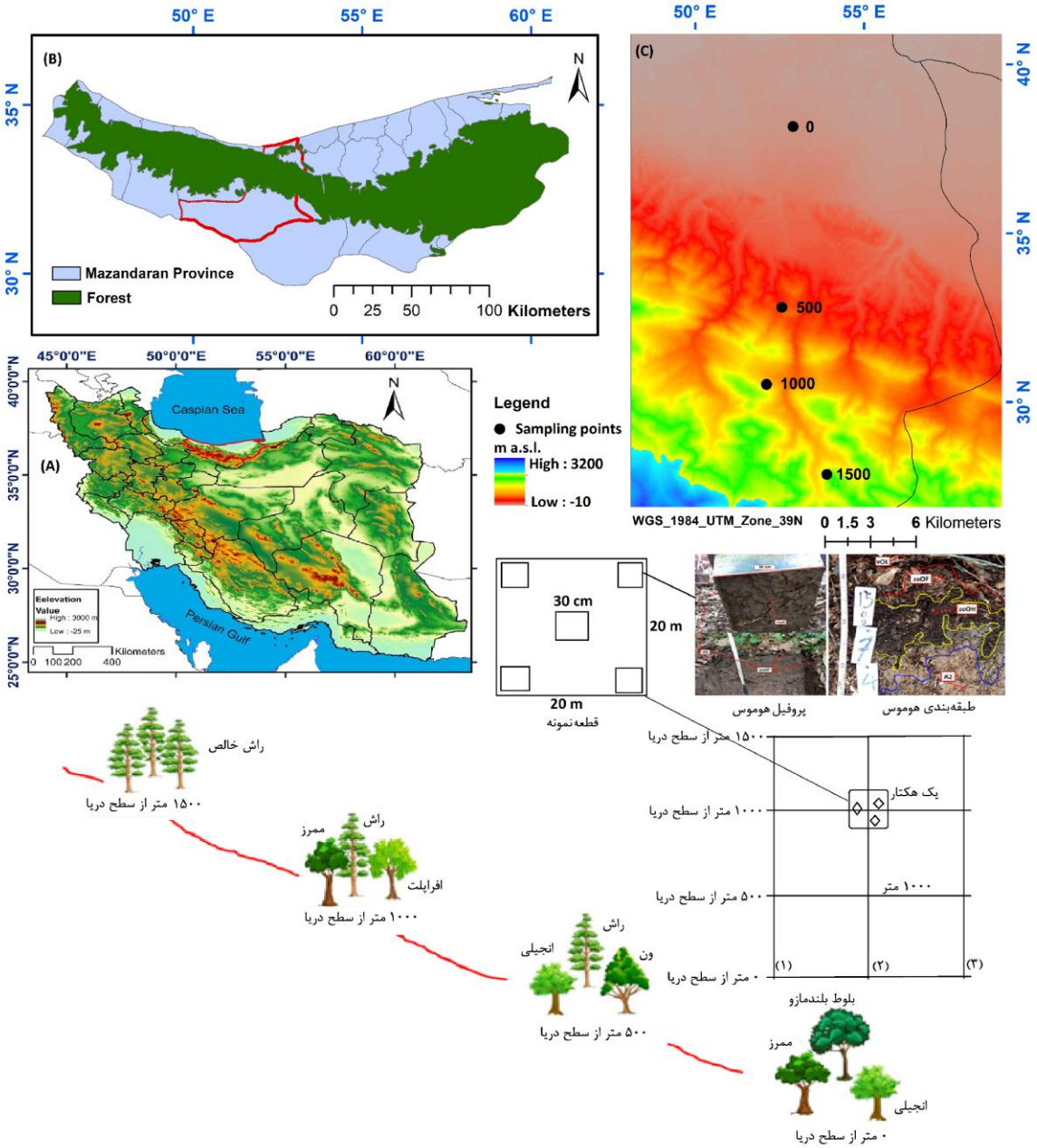
داده‌اند (۱۴). از این رو شاخص هوموس برای تبدیل مقیاس اشکال هوموس در قالب یک پارامتر عددی طراحی شده است که می‌تواند با استفاده از آمار تحلیل شود (۱۰). این در حالی است که برای هر شکل هوموس یه عدد صحیح مثبت در نظر گرفته شده است که در نهایت از روی این اعداد می‌توان بسیاری از پارامترهای محیطی را پیش‌بینی کرد (۱۰). اولین پژوهش در این زمینه توسط پونگ و شوالیر (۱۵) صورت پذیرفت که از طبقه‌بندی اروپایی معروف به برتس برای کشور فرانسه استفاده شد و همچنین در کشور روسیه کورکینا و وروبیویچ (۱۰) از طبقه‌بندی اروپایی زانلا و همکاران (۲۰) برای سه سیستم هوموس مول، مودر و مور برای ارزیابی سطوح آلودگی خاک استفاده کردند. در زمینه طبقه‌بندی انواع هوموس پژوهشگران اروپایی از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۹ مقالات متعددی در این زمینه به چاپ رسانده‌اند و سعی شده است این طبقه‌بندی‌ها برای همه بوم‌سامانه‌های جنگلی بخصوص جنگل‌های معتدله در سراسر دنیا قابل استفاده باشند (۲۲). اساس و مشخصه‌های همه این مقالات تقریبا مشابه است و به مرور زمان جزئیات آنها تکمیل و گسترش پیدا کرده است به‌طوری که آخرین طبقه‌بندی به نام هوموسیکا توسط زانلا و همکاران (۲۱) در سال‌های ۲۰۱۸ معرفی شده است. در این زمینه پژوهشگران ایرانی (۷،۴) طبقه‌بندی‌های جدید اروپایی (۲۱،۱۲) را برای جنگل‌های شمال ایران (مازندران و گلستان) مناسب عنوان کرده‌اند. این پژوهش قصد دارد بر اساس طبقه‌بندی جدید هوموسیکا شاخص هوموس را برای جنگل‌های خزری ایران مورد استفاده قرار دهد. در بسیاری از مطالعات نشان داده شده است که شاخص هوموس به طور قابل توجهی با برخی از پارامترهای زیست محیطی بوم سامانه‌های جنگلی مانند ویژگی‌های کیفی خاک و لاشبرگ، جوامع گیاهی و اقلیم و توپوگرافی ارتباط دارد (۲۲،۱۶،۱۵). در بوم سامانه‌های جنگلی خصوصیات توده‌ها و مشخصه‌های کف جنگل برای مدیریت، ارزیابی، سلامت و بهره‌وری زیست‌بوم از اهمیت حیاتی برخوردارند (۶). پژوهش حاضر به دنبال بررسی شاخص هوموس در طبقات مختلف ارتفاعی و تعیین ارتباط بین این شاخص با مشخصه‌های قابل اندازه‌گیری در عرصه مورد نظر مانند ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب، ویژگی‌های پوشش جنگلی، ضخامت لاشبرگ، دما و رطوبت خاک است.

مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق

منطقه مورد بررسی، در جنگل‌های حوزه آبخیز واز، با عرض جغرافیایی ۳۰″ ۱۲′ ۳۶° تا ۳۰″ ۳۰′ ۳۶° و طول جغرافیایی ۱۵″ ۱۲′ ۵۲° تا ۵۵″ ۱۵′ ۵۱° به مساحت ۱۴/۱۰۲ هکتار از توابع شهرستان نور است. حداقل ارتفاع از سطح دریا در حدود ۲۰- متر از سطح دریا از پارک جنگلی نور شروع شده و تا مرز جنگل در ارتفاع حدود ۱۸۰۰ متر از سطح دریا ادامه دارد. به‌طور کلی منطقه مورد مطالعه را می‌توان به چهار سطح ارتفاعی شامل جنگل‌های مسطح کمتر از ۱۰۰ متر از سطح دریا، جنگل‌های پایین‌بند کوهستانی بین ۳۵۰ از ۶۰۰ متر از سطح دریا، میان‌بند گوهستانی بین ۷۰۰ تا ۱۲۰۰ متر از سطح دریا و راشستان خالص بالابند بالاتر از ۱۳۰۰ تا حدود ۱۸۰۰ متر از سطح دریا تقسیم کرد (۹). شیب منطقه در طبقات مختلف ارتفاعی متفاوت است که بیشترین درصد شیب در راشستان‌ها گزارش شده است و همچنین ترکیب گونه‌های درختی با افزایش ارتفاع تغییر کرده است (۹). گرادیان میانگین سالیانه بیشینه و کمینه دمای هوا در سطح منطقه به ترتیب معادل سه و پنج درجه سانتی‌گراد کاهش به ازای هر هزار متر افزایش ارتفاع از سطح دریا است. میانگین سالانه دمای هوا در بخش پایین‌دست حدود ۱۵، در بخش میانی حدود ده درجه و در ارتفاعات بالا پنج درجه سانتی‌گراد است. میزان بارندگی سالیانه در قسمت پایین‌دست حدود ۹۰۰ و در بخش میان‌بند حدود ۶۰۰ و در مناطق فوقانی حدود ۳۰۰ میلی‌متر است (۹). بافت خاک سنگین بوده و ساختمان خاک معمولاً توده‌ای و در سطح دانه‌ای ریز است. این خاک‌ها روی سنگ بستر کنگلومرا با لایه‌های دولومیتی به وجود آمده است (۹).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-08-18]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.18.8.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.18.169]



شکل ۱- نقشه گرادیان ارتفاعی همراه با تیپ‌های جنگلی و مشخصات نمونه‌برداری در جنگل‌های واز واقع در استان مازندران
Figure 1. Altitudinal gradient map with forest types and sampling specifications in Vaz forests located in Mazandaran Province

نمونه‌برداری مشخصه‌های توپوگرافی، گونه‌های درختی و تحلیل شاخص هوموس

با توجه به تغییر ترکیب گونه‌های درختی با افزایش ارتفاع چهار تیپ مختلف جنگلی در چهار طبقه ارتفاعی به فاصله ۵۰۰ متر از هم انتخاب شد. تیپ‌های جنگلی شامل: ۱. تیپ جنگلی آمیخته ساحلی با غالبیت گونه‌های انجیلی (*Parrotia persica* C. A. Meyer)، بلوط بلند مازو (*Quercus castaneifolia* C. A. M.)، و ممرز (*Carpinus betulus* L.) در محدوده ارتفاعی ۳۰- تا ۳۰+ متر از سطح دریا؛ ۲. تیپ جنگلی آمیخته پایین‌بند کوهستانی با غالبیت گونه‌های راش (*Fagus orientalis* Lipsky) ون (*Fraxinus* excelsior) و انجیلی در محدوده ارتفاعی ۵۰۰ از سطح دریا؛ ۳. تیپ آمیخته میان‌بند کوهستانی با غالبیت راش، ممرز و افراپلت (*Acer velutinum* Boiss) در محدوده ۱۰۰۰ از سطح دریا؛ ۴. تیپ جنگلی راش خالص در محدوده ۱۵۰۰ از سطح دریا بود. در هر تیپ جنگلی سه محدوده یک هکتاری به فاصله ۱۰۰۰ متر از یک‌دیگر در قالب طرح تصادفی انتخاب و در هر محدوده سه قطعه‌نمونه در امتداد منحنی تراز به صورت سیستماتیک جهت اندازه‌گیری مشخصه‌های درختی پیاده شد و در هر قطعه‌نمونه پنج نمونه تصادفی (۳۰ ×

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-08-18]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.18.8.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.18.169]

۳۰ سانتی‌متری به عمق ۳۰ سانتی‌متر) به منظور کاهش اثر حاشیه‌ای قطعه‌نمونه (۴)، به وسیله قاب فلزی واقع در چهار گوشه و مرکز هر قطعه‌نمونه به منظور شناسایی نیمروخ و نوع هوموس در نظر گرفته شد. مساحت قطعات نمونه مطابق با اندازه قطعه‌نمونه پیشنهادی برای جنگل نواحی معتدله، ۴۰۰ متر مربع در نظر گرفته شد (۳). همچنین مشخصه‌هایی نظیر تعداد درختان، تاج‌پوشش درختان (با اندازه‌گیری قطر کوچک و قطر بزرگ تاج)، ارتفاع درختان (با استفاده از دستگاه سونتو) و قطر برابر سینه درختان (با دستگاه کالیپر) در هر قطعه‌نمونه ثبت شد. همچنین فاکتورهای فیزیوگرافی از قبیل درصد شیب عمومی قطعه‌نمونه با استفاده از شیب‌سنج، ارتفاع از سطح دریا و مختصات جغرافیایی منطقه با استفاده از GPS به ثبت رسید. همچنین رطوبت و دمای خاک با استفاده از دستگاه‌های رطوبت‌سنج و دماسنج قابل حمل در عرصه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. همزمان با حفر پروفیل در لایه‌های آلی و آلی- معدنی کف جنگل، انواع هوموس شناسایی شد و همچنین جهت تعیین شاخص هوموس از هر پروفیل عکس‌برداری صورت پذیرفت (۱۵). به منظور شناسایی انواع هوموس از طبقه‌بندی‌های اروپایی (۲۰،۱۶،۷) موسوم به هوموسیکا استفاده شد. همزمان با شناسایی اشکال هوموس ضخامت لایه‌های لاشبرگی با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری شد (۴). جهت دقت بیشتر در شناسایی نیمرخ هوموس عکس‌های مربوطه شناسایی ریختی شد و در نهایت شاخص هوموس تعیین گردید (جزئیات در جدول ۱). در طبقه‌بندی هوموسیکا بر اساس صفات ریخت‌شناسی و فعالیت‌های بیولوژیکی لایه‌ها طبقه‌بندی شده‌اند به‌طوری که هوموس یومول با کمترین ضخامت لایه‌های آلی و بیشترین فعالیت بیولوژیکی دارای شاخص هوموس یک و یومور با بالاترین ضخامت لایه‌های آلی و فعالیت کم بیولوژیکی دارای شاخص هوموس ۱۷ است (۲۰،۱۹). در طبقه‌بندی هوموسیکا پنج نظام اصلی هوموس شامل مول، مور، مودر، آمفی و تانجل طبقه‌بندی شده است که ضخامت لایه‌های آلی به ترتیب از نظام هوموس مول، آمفی، مودر، تانجل و مور افزایش پیدا می‌کند در حالی که فعالیت‌های بیولوژیکی از مول به مور کاهش می‌یابد. در تحقیق حاضر دو نظام مول و آمفی و همچنین ۷ نوع هوموس شامل یومول با شاخص هوموس = یک، مزومول = دو، اولیگومول = سه، لپتوآمفی = پنج، یوماکروآمفی = شش، یومزوآمفی = هفت، پچی‌آمفی = هشت، شناسایی و طبقه‌بندی شدند (جزئیات در جدول ۱) دیگر اشکال هوموسی که در طبقه‌بندی هوموسیکا عنوان شده است در این پژوهش دیده نشد. نکته قابل توجه این است که شاخص هوموس برای طبقه‌بندی‌های مختلف متفاوت است و بر اساس رنک‌بندی اشکال هوموس طبقه‌بندی مورد نظر به طور قراردادی تنظیم می‌شود (۱۳). باید توجه شود که از کدام طبقه‌بندی استفاده می‌شود به عنوان مثال در برخی طبقه‌بندی‌ها فقط سه رده اصلی هوموس مول، مودر و مور که در مجموع شامل ۱۰ زیررده هوموس است وجود دارد. در چنین طبقه‌بندی‌هایی رده اصلی هوموس مول دارای شاخص هوموس بین یک تا چهار، هوموس مودر از پنج تا هفت و هوموس مور از هشت تا ده است (۱۳،۱۱).

تحلیل داده‌ها

در این پژوهش چهار طبقه ارتفاعی در طول سه ترانسکت ارتفاعی (با سه تکرار) در قالب طرح تصادفی سیستماتیک مورد تحلیل قرار گرفت. در اولین مرحله، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف‌اسمیرنوف و همگنی واریانس داده‌ها با استفاده آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر مشخصه‌های شاخص هوموس و ضخامت لاشبرگ، درصد شیب، رطوبت و دمای خاک و همچنین مشخصه‌های پوشش جنگلی در ارتباط با طبقه‌های مختلف ارتفاعی از آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و از آزمون توکی ($p<۰/۰۵$) برای مقایسه چندگانه میانگین‌ها استفاده شد. همچنین روش آماری داده‌ها شامل تحلیل رگرسیون خطی چندگانه به منظور پیش‌بینی شاخص هوموس به عنوان یک متغیر وابسته از طریق متغیرهای توپوگرافی، خاک و پوشش جنگلی به عنوان متغیرهای مستقل در سطح پنج درصد (آمارهٔ t-ratio) در نظر گرفته شد. تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری در بسته نرم‌افزاری SPSS نسخه ۱۶ انجام گرفت (۱۷).

نتایج و بحث

نتایج حاکی از آنست که شاخص هوموس و ضخامت لاشبرگ تفاوت آماری معنی‌داری بین طبقات مختلف ارتفاعی دارند (شکل ۱). بالاترین مقدار شاخص هوموس به طبقه ارتفاعی ۱۵۰۰ متر از سطح دریا در زیر تیپ جنگلی راش خالص و کمترین آن به تیپ راش-ون-انجیلی و انجیلی-بلوط-ممرز در طبقات ارتفاعی ۰ و ۵۰۰ متر از سطح دریا تعلق داشته است در حالی که طبقه ارتفاعی ۱۰۰۰ متر تحت تیپ جنگلی راش-ممرز-افراپلت حالت بینابینی را نشان داده است (جدول ۲، شکل ۲).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-08-18]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.18.8.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.18.169]

جدول ۱- میانگین مشخصه‌های ترکیب تاج‌پوشش درختی، مشخصه‌های درختان و هوموس در طبقات مختلف ارتفاعی
Table 1. Mean of the tree canopy composition, tree and humus characteristics in different elevation classes

طبقات ارتفاعی (متر از سطح دریا) Elevation classes (meter above sea level)	ترکیب تاج‌پوشش درختان (درصد) Tree canopy composition (%)
۰ متر	انجیلی (۵۴)، بلوط (۳۳)، ممرز (۸)، سفید پلت (۴)، توسکا (۱)
۵۰۰ متر	راش (۵۷)، ون (۲۴)، انجیلی (۱۸)
۱۰۰۰ متر	راش (۵۴)، ممرز (۲۱)، افراپلت (۲۰)، انجیلی (۵)
۱۵۰۰ متر	راش (۱۰۰)

طبقات ارتفاعی	تراکم (سطح مقطع) راش	تراکم (سطح مقطع) ممرز	تراکم (سطح مقطع) انجیلی	تراکم (سطح مقطع) افراپلت	تراکم (سطح مقطع) ون	تراکم (سطح مقطع) بلوط	تراکم (سطح مقطع) توسکا	تراکم (سطح مقطع) سفیدپلت
۰ متر	–	۲۲ (۳)	۱۹۴ (۱۲)	–	–	۳۳ (۱۱)	۳ (۰/۳)	۱۱ (۶)
۵۰۰ متر	۲۳۱ (۶)	–	۷۵ (۲۱)	۳ (۱/۳)	۹۷ (۱۲)	–	–	–
۱۰۰۰ متر	۹۲(۲۸)	۳۶ (۱۱)	۸ (۱/۵)	۳۳ (۲۱)	–	–	–	–
۱۵۰۰ متر	۵۸۶ (۱۷)	–	–	–	–	–	–	–

طبقات ارتفاعی	نظام هوموس (درصد)	شکل هوموس (درصد)	شاخص هوموس	مشخصه‌های ریختی لایه‌های هوموس بر اساس طبقه‌بندی هوموسیکا
۰ متر	مول (۱۰۰)	یومول (۱۱/۱۱)	۱	(OLn), maA
		مزومول (۳۳/۳۳)	۲	OLn, (OLv), maA
		اولیگومول (۵۵/۵۶)	۳	OLn, OLv, (OFzo) maA or meA
۵۰۰ متر	مول (۱۰۰)	یومول (۱۱/۱۱)	۱	(OLn), maA
		مزومول (۳۳/۳۳)	۲	OLn, (OLv), maA
		اولیگومول (۵۵/۵۶)	۳	OLn, OLv, (OFzo) maA or meA
۱۰۰۰ متر	مول (۶۷) و آمفی (۳۳)	اولیگومول (۶۶/۶۷)	۲	OLn, OLv, (OFzo) maA or meA
		لپتوآمفی (۳۳/۳۳)	۵	OLn, OLv, OFzo, OH < 1 cm, maA > OH/2
		مزوآمفی (۳۳/۳۳)	۶	OLn, OLv, OFzo, OH > 1 cm, maA > OH/2
۱۵۰۰ متر	آمفی (۱۰۰)	ماکروآمفی (۳۳/۳۳)	۷	OLn, OLv, OFzo, OH < 3 cm, A > OH/2, miA and/or meA or only meA
		مزوآمفی (۳۳/۳۳)	۸	OLn, OLv, OFzo, OH > 3 cm, A > OH/2, miA and/or meA or only meA

مخففهای مشخصه‌های ریختی لایه‌های هوموس بر اساس طبقه‌بندی هوموسیکا در جدول نمایش داده شده است. وجود و پیوسته بودن لایه‌های هوموس بدون پرانتز در جدول نوشته شده است. لایه‌های هوموس ناپیوسته در داخل پرانتز نوشته شده است. OLn = لاشبرگ تازه ریخته شده، OLv = لاشبرگ تغییر رنگ یافته، OF = لایه آلی با لاشبرگ قطعه قطعه، zo = بیانگر وجود فعالیت بیولوژیکی، OH = لایه آلی هوموسی شده سیاه رنگ، maA = لایه آلی- معدنی با خاک‌دانه‌های درشت، meA = لایه آلی- معدنی با خاک دانه‌های متوسط، miA = لایه آلی- معدنی با خاک‌دانه‌های ریز، > و < علامت‌های کمتر و بیشتر.

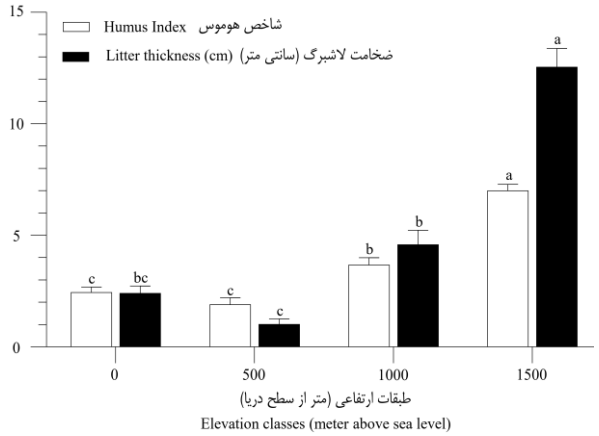
بالاترین میزان ضخامت لاشبرگ به ترتیب در طبقات ارتفاعی ۱۵۰۰، ۱۰۰۰، ۰ و ۵۰۰ متر از سطح دریا مشاهده است این درحالی است که با افزایش حضور راش ضخامت آن بیشتر شده است (جدول ۲، شکل ۲). در بوم‌سامانه‌های جنگلی در سطح محلی با روند کاهش تنوع گونه‌ای افزایش شاخص هوموس نشان داده شده است این درحالی است که تغییر شکل انواع هوموس از مول به فرم‌های هوموس مودر و مور بوده است (۱۳). در پژوهش حاضر در ارتفاع ۰ متر از سطح دریا، تیپ‌های جنگلی انجیلی-بلوط-ممرز همراه با گونه‌های توسکا و سفیدپلت با تنوع گونه‌ای بالاتر دارای اشکال هوموس مول و شاخص هوموس پایین نسبت به تیپ‌های جنگلی آمیخته و خالص راش در ارتفاعات بالاتر بوده است که با پژوهش واعظ موسوی و حبشی (۱۸) هم‌راستا است. در بسیاری از پژوهش‌های علمی تأثیر و رابطه نزدیک بین ترکیب گونه‌های درختی و تنوع فعالیت موجودات زنده خاک با تجزیه لاشبرگ و شاخص هوموس به صراحت بیان شده است (۱۱،۵). به عنوان مثال پونگ و شوالیر (۱۵) بیان کردند که بالا بودن تنوع گونه‌های درختی باعث بهبود کیفیت خاک شده که این امر به واسطه حضور و فعالیت گونه ممرز همراه با توده جنگلی بلوط است، به‌طوری که حضور گونه ممرز منجر به افزایش سرعت تجزیه لاشبرگ و کاهش شاخص هوموس می‌شود. اشکال هوموس مول تحت تیپ‌های جنگلی با سرعت تجزیه لاشبرگی و انتقال بالای مواد آلی به لایه‌های آلی- معدنی، لایه‌های آلی به ویژه لایه OH به خوبی شکل نمی‌گیرد (۷). در این تیپ‌های جنگلی شاخص هوموس معمولا کمتر از ۴ است (۱۱،۱۰). علاوه بر این، ارتفاع از سطح دریا به طور مستقیم بر مشخصه‌های پوشش و خاک تأثیر می‌گذارد که به واسطه آنها اشکال و شاخص هوموس دچار تغییر می‌شود (۴،۱۶). به‌طوری که گذر از اشکال هوموس مول (با میانگین شاخص هوموس کمتر از چهار) به هوموس‌های با شاخص هوموس بالاتر از پنج هنگامی صورت می‌پذیرد که بستر آلی کف جنگل حاصل از لاشبرگ گونه‌های درختی، دارای مواد مغذی ضعیف باشد (۱۵،۵). مطابق با این موضوع در جنگل‌های شمال ایران گونه راش نسبت به گونه‌های مانند ممرز، توسکا، ون و افراپلت دارای لاشبرگ‌های با کیفیت و مواد مغذی پایین‌تر و ضخامت لاشبرگ بیشتر است (۱۸،۵). در بسیاری از پژوهش‌های داخل کشور تأثیر غالبیت گونه راش که معمولا در بالابند جنگل‌های شمال قرار دارند در شرایطی که دمای هوا و خاک پایین‌تر از

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-08-18]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.18.8.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.18.169]

جنگل‌های پایین‌بند و میان‌بند است، بر افزایش اسیدیته و کاهش سرعت تجزیه کف جنگل به صراحت بیان شده است (۵،۱). نتیجه این عوامل به افزایش ضخامت بخش آلی کف جنگل می‌انجامد و از عوامل اصلی افزایش شاخص هوموس می‌باشند (۱۳،۴). همچنین تأثیر منفی گونه درختی راش بر فعالیت بیولوژیکی خاک تا زمانی که درصد بازه اشغال شده توسط راش افزایش می‌یابد به تدریج افزایش ضخامت لایه‌های آلی و شاخص هوموس را در پی دارد (۱۳).

جدول ۲- تجزیهٔ واریانس شاخص هوموس و ضخامت لاشبرگ در طبقات مختلف ارتفاعی
Table 2. Variance analysis of humus index and litter thickness in different elevation classes

مشخصه‌ها	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	معنی‌داری
شاخص هوموس	بین گروه‌ها	۱۴۱/۶۳۹	۳	۴۷/۲۱۳	۶۰/۱۶۵	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۲۵/۱۱۱	۳۲	۰/۷۸۵		
	کل	۱۶۶/۷۵۰	۳۵			
ضخامت لاشبرگ	بین گروه‌ها	۷۱۷/۲۷۳	۳	۲۳۹/۰۹۱	۸۲/۰۸۵	۰/۰۰۰
	درون گروه‌ها	۹۳/۲۰۷	۳۲	۲/۹۱۳		
	کل	۸۱۰/۴۸۰	۳۵			



شکل ۲- مقایسه شاخص هوموس و ضخامت لاشبرگ در طبقات مختلف ارتفاعی
Figure 2. Comparison of humus index and litter thickness in different elevation classes

نتایج رگرسیون چندگانه نشان داد بین شاخص هوموس و مشخصه‌های ارتفاع از سطح دریا، شیب، رطوبت و دمای خاک رابطه خطی و معنی‌داری وجود دارد و از طریق مدل شماره (۱) می‌توان شاخص هوموس را با ضریب تعیین (R^2 =۰/۷۷) پیش‌بینی کرد (جدول ۳). همانگونه که از مقادیر p-value هریک از متغیرها دیده می‌شود تنها مشخصه دمای خاک است که به صورت معناداری شاخص هوموس را پیش‌بینی می‌کنند (جدول ۳). بین شاخص هوموس و رطوبت خاک ارتباط نسبتا ضعیفی وجود دارد و بیانگر این است که با استفاده از رطوبت خاک نمی‌توان به راحتی در مورد شاخص هوموس اضهارنظر کرد (جدول ۳). ارتفاع از سطح دریا به واسطه تأثیر زیادی که بر اقلیم و همچنین ترکیب پوشش گیاهی دارد تغییرپذیری فرم‌های هوموس را در پی دارد. در این زمینه بیرانوند و همکاران (۵) بیان داشتند که فرم‌های هوموس مول بیشترین فراوانی را در ارتفاعات پایین تحت تیپ‌های جنگلی با گونه‌های غالب توسکا، افراپلت و ممرز نشان داده‌اند که نتیجه آن را دمای بالاتر هوا و خاک، سرعت تجزیه بالای لاشبرگی و مواد مغذی بالای گونه‌های مانند توسکا و افراپلت بوده است، در حالی که با افزایش ارتفاع و غالب شدن گونه راش با لاشبرگ‌های کم کیفیت و همچنین کاهش دمای خاک موجب کاهش فعالیت موجودات زنده خاک شده (۵) و ضخامت لایه‌های آلی افزایش پیدا کرده که به نوبه خود افزایش شاخص هوموس را در پی خواهد داشت. نتایج تحقیق حاضر با نتایج زایتس و پوچ (۱۹) در جنگل‌های مدیترانه‌ای کوهستانی مطابقت دارد. همچنین بادیا-ویلاس و جیرونا-گارسیا (۲) در جنگل‌های معتدله اسپانیا به این نتیجه رسیدند که ارتفاع از سطح دریا مهمترین عامل تغییر لایه‌های آلی به ویژه تجمع لایه‌های OF و OH است که با افزایش ارتفاع فراوانی فرم‌های هوموس مول کاهش یافته و به فرم‌های هوموس مودر افزوده شده است و عامل اصلی آن را کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و افزایش نرخ C/N بیان داشته‌اند. علاوه بر ارتفاع از سطح دریا شیب نیز به عنوان عامل توپوگرافی تأثیرگذار، تغییرپذیری اشکال و شاخص هوموس را به دنبال دارد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که شیب ارتباط ۲۵ درصدی با شاخص هوموس دارد به طوری که مشابه این نتایج در مطالعه بیرانوند و همکاران (۴) بیان شده است این موضوع می‌تواند به دلیل فراوانی بالای گونه راش در جنگل‌های کوهستانی و پر شیب نسبت به جنگل‌های مسطح بدون گونه راش باشد. علاوه بر عوامل توپوگرافی دو عامل رطوبت و دمای خاک بر ضخامت و تجزیه لاشبرگ‌های سطح خاک که خود متاثر از ارتفاع می‌باشند تأثیرگذار هستند (۱۲). در این پژوهش، بین شاخص هوموس و رطوبت خاک ارتباط نسبتا کمی برقرار است که می‌توان نتیجه گرفت رطوبت خاک شاخص زیاد مناسبی برای پیش‌بینی شاخص هوموس نیست. در مجموع افزایش

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-08-18]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.18.8.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.18.169]

رطوبت خاک باعث افزایش فعالیت موجودات خاک شده و سرعت فعل و انفعالات خاک را افزایش می‌دهد که می‌تواند شاخص هوموس خاک را کاهش دهد در حالی که افزایش رطوبت از حد معمول (حدود ۲۵ درصد) بیشتر شود این روند تغییر می‌کند و موجب انباشت لاشبرگ‌ها شده که در نهایت شاخص هوموس افزایش پیدا می‌کند (۵). در مقابل شاخص هوموس ارتباط بسیار بالا و منفی با دمای خاک نشان داد به طوری که می‌شود نتیجه گرفت که با بررسی روند تغییرات دما می‌توان به راحتی در مورد افزایش شاخص هوموس نظر داد. این در حالی است که زانلا و همکاران (۲۰) و لاباز و همکاران (۱۲) دما را یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر فعالیت میکروارگانیسم‌ها و تجزیه مواد آلی بیان داشته‌اند به طوری که با افزایش ارتفاع از سطح دریا کاهش دما رخ می‌دهد و شکل‌گیری لایه‌های آلی و ضخامت آنها را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد که باعث افزایش میزان عددی شاخص هوموس می‌شود.

جدول ۳- نتایج تحلیل رگرسیون خطی چندگانه شاخص هوموس و مشخصه‌های توپوگرافی و خاک

Figure 3. The results of the multivariate regression analysis of the humus index and topographic and soil characteristics

مدل Model	تجزیه واریانس مدل رگرسیون (ANOVA)					
	مجموع مربعات Sum of Squares	درجهٔ آزادی df	میانگین مربعات Mean Square	مقدار F	معنی‌داری Sig.	
سهم مدل(Regression)	۱۲۹/۲۹۶	۴	۳۲/۳۲۴	۲۶/۷۵۴	۰/۰۰۰	
سهم خطا (Residual)	۳۷/۴۵۴	۳۱	۱/۲۰۸			
تغییرات کل (Total)	۱۶۶/۷۵۰	۳۵				
متغیرهای پیش‌بین	VIF	Tolerance	B	SE	Beta	T- test	P-value
مقدار ثابت	–	–	۱۴/۰۳۵	۳/۳۸۵	–	۴/۱۴۶	۰/۰۰۰
ارتفاع از سطح دریا (Altitude)	۱۶/۶۶۹	۰/۰۶	−۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	−۰/۲۸۴	−۰/۸۱۷	۰/۴۲۰
درصد شیب (Slope)	۷/۶۸۳	۰/۱۳	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۲۴۶	۱/۰۴۲	۰/۳۰۶
رطوبت خاک (SM)	۱/۲۲	۰/۸۱۸	−۰/۰۰۶	−۰/۰۴۶	−۰/۰۱۳	−۰/۱۳۵	۰/۸۹۳
دمای خاک (ST)	۷/۷۵۲	۰/۱۲۹	−۰/۶۶۹	۰/۱۶۹	−۰/۹۳۷	−۳/۹۳۵	۰/۰۰۰
مدل شماره (۱)	Humus Index = 14.035 – 0.001Altitude + 0.019Slope – 0.006SM – 0.669ST						
خلاصه مدل	ADJ.R2 = 0.746; R2 = 0.775; R = 0.881; Std. Error of the Estimate = 1.09917; Durbin-Watson = 1.804						

نتایج رگرسیون چندگانه نشان داد بین شاخص هوموس و مشخصه‌های تراکم درختان، سطح‌مقطع درختان، ارتفاع درختان و تاج پوشش درختان رابطه خطی و معنی‌داری وجود دارد و از طریق مدل شماره (۲) می‌توان شاخص هوموس را با ضریب تعیین (R^2 =۰/۳۱) پیش‌بینی کرد (جدول ۴). همانگونه که از مقادیر P-value هر یک از متغیرها دیده می‌شود تنها مشخصه تاج پوشش درختان است که به صورت معناداری شاخص هوموس را پیش‌بینی می‌کنند (جدول ۴). رابطه بسیاری از مشخصه‌های توده‌های جنگلی مانند قطر برابر سینه، ارتفاع درختان و سن توده توسط پونگ و شوالیر (۱۵) مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج آنها نشان داد که ارتفاع و قطر برابر سینه درختان ارتباط خوبی با شاخص هوموس نشان ندادند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. نبود ارتباط بالا می‌تواند به دلیل این باشد که تیپ‌های مختلف جنگل‌های طبیعی شمال ایران از نظر سن اختلاف زیادی نداشته و معمولا در حالت بالغ است این موضوع باعث می‌شود که از نظر ارتفاع و سطح مقطع اختلاف چندانی با هم نداشته باشند در حالی که کورکینا و وروبیویچ (۱۰) در مطالعه خود بیان داشتند که قطر و ارتفاع در سنین مختلف جنگلی تأثیر بسزایی بر تغییرپذیری فرم‌ها و شاخص هوموس داشته‌اند. بر خلاف ارتفاع و سطح مقطع درختان، پونگ و شوالیر (۱۵) اظهار داشتند که با افزایش تراکم گونه‌های درختی، شاخص هوموس افزایش می‌یابد که دلیل اصلی آن افزایش ورودی زی‌توده درختان و لاشه‌ریزی بیشتر است، این در حالی است که بیشترین تراکم گونه‌های درختی در تحقیق حاضر مربوط به توده راش بوده است. همچنین کورکینا و وروبیویچ (۱۱) بیان کردند که به‌طور کلی تراکم گونه‌های درختی باعث انباشته شدن و افزایش ضخامت لاشبرگ شده و به واسطه آن اسیدیته و آلودگی خاک افزایش می‌یابد به طوری که فرم‌های هوموس از مول به هوموس‌های با شاخص هوموس بالاتر تغییر می‌کنند.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-08-18]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.18.8.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.18.169]

جدول ۴- نتایج تحلیل رگرسیون خطی چندگانه شاخص هوموس و مشخصه‌های پوشش درختی

Figure 4. The results of the multivariate regression analysis of the humus index and tree cover characteristics

مدل Model	تجزیه واریانس مدل رگرسیون (ANOVA)				
	مجموع مربعات Sum of Squares	درجهٔ آزادی df	میانگین مربعات Mean Square	مقدار F	معنی‌داری Sig.
سهم مدل(Regression)	۵۱/۷۴۴	۴	۱۲/۹۳۶	۳/۴۸۷	۰/۰۱۸
سهم خطا (Residual)	۱۱۵/۰۰۶	۳۱	۳/۷۱۰		
تغییرات کل (Total)	۱۶۶/۷۵۰	۳۵			

متغیرهای پیش‌بین	VIF	Tolerance	B	SE	Beta	T- test	P-value
مقدار ثابت	–	–	۹/۳۷۳	۴/۰۵۹	–	۲/۳۱۰	۰/۰۲۸
تراکم درختان (TD)	۱/۳۲۷	۰/۷۵۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۲۸۱	۱/۶۳۶	۰/۱۱۲
سطح‌مقطع درختان (TBA)	۱/۴۰۹	۰/۷۱۰	−۰/۰۱۰	۰/۰۱۳	−۰/۱۳۰	−۰/۷۳۶	۰/۴۶۷
ارتفاع درختان (TH)	۱/۲۱۰	۰/۸۲۷	۰/۰۴۲	۰/۰۸۹	۰/۰۸۴	۰/۴۶۹	۰/۶۴۲
تاج پوشش (TCC)	۱/۴۳۳	۰/۶۹۸	−۰/۰۹۵	۰/۰۴۴	−۰/۳۵۴	−۲/۱۵۹	۰/۰۳۹
مدل شماره (۲)	Humus Index = 9.373 + 0.003TD – 0.010TBA + 0.042TH - 0.095TCC						
خلاصه مدل	ADJ.R^2 = 0.221; R^2 = 0.310; R = 0.557; Std. Error of the Estimate = 1.92611; Durbin-Watson = 0.825						

نتیجه‌گیری کلی

شاخص هوموس به عنوان شاخص عددی و ساده برای ارزیابی بوم‌سامانه‌های جنگلی تحت تأثیر عوامل مختلف از قبیل عوامل توپوگرافی، پوشش جنگلی و خاک قرار می‌گیرد. جهت بررسی آسان‌تر و کم هزینه‌تر کیفیت و بهره‌وری بخش آلی و آلی- معدنی کف بوم‌سامانه‌های جنگلی از مشخصه‌های ریختی پروفیل و شاخص هوموس استفاده شد و از این حیث بسیار حائز اهمیت است. این در حالی است که تعیین کیفیت این بخش از جنگل با اندازه‌گیری مشخصه‌های شیمیایی بسیار پر هزینه است. نتایج نشان داد که طبقات ارتفاعی ۰ و ۵۰۰ متر از سطح دریا با تیپ‌های جنگلی انجیلی- بلوط- ممرز و راش- ون- انجیلی دارای کمترین میزان شاخص هوموس بودند و میزان آن با افزایش ارتفاع از سطح دریا افزایش پیدا کرده است. همچنین پیش‌بینی شاخص هوموس از طریق مشخصه‌های که اندازه‌گیری آنها برای هر پژوهشگری به راحتی قابل انجام است بسیار مفید و به صرفه می‌باشد. برای این منظور از تحلیل رگرسیون چندگانه استفاده شد که نتایج آن بیانگر این است که مشخصه‌های توپوگرافی و خاک نسبت به مشخصه‌های پوشش جنگلی برای پیش‌بینی شاخص هوموس مناسب‌تر می‌باشند. در این بین دمای خاک و تاج پوشش جنگلی به‌طور معنادار با شاخص هوموس در ارتباط بودند و از مهمترین عوامل مؤثر در تعیین آن هستند.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه تربیت مدرس و صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور انجام شد. از آقایان علی خدادوست، احسان شریفی مقدم، مازیار محمدی، جمشید اسلام دوست، محمدرضا سلیمانی و اردلان دریایی برای کمک‌های خستگی ناپذیرشان در هنگام نمونه‌برداری تشکر می‌شود. همچنین از صادق بور و منوچهر نایجی برای کمک هایشان در آزمایشگاه و فراهم کردن وسایل نمونه-برداری در طول مطالعه سپاسگزاری می‌شود. نویسندگان همچنین قدردانی صمیمانه خود را از پروفسور آگستو زانلا به خاطر کمک در شناسایی ریختی اشکال هوموس و تحلیل نتایج ابراز می‌دارند.

منابع

1. Ascher, J., G. Sartori, U. Graefe, B. Thornton, M.T. Ceccherini, G. Pietramellara and M. Egli. 2012. Are humus forms, mesofauna and microflora in subalpine forest soils sensitive to thermal conditions? Biology and Fertility of Soils, 48(6): 709-725.
2. Badía-Villas, D. and A. Girona-García. 2018. Soil humus changes with elevation in Scots pine stands of the Moncayo Massif (NE Spain). Applied soil ecology, 123: 617-621.
3. Barnes, B.V., D.R. Zak, S.R. Denton, and S.H. Spurr. 1998. Forest ecology, John Wiley and Sons. INC., New York, 773 pp.
4. Bayranvand, M., Y. Kooch and G. Alberti. 2018. Classification of humus forms in Caspian Hyrcanian mixed forests ecoregion (Iran): Comparison between two classification methods. Catena, 165: 390-397.
5. Bayranvand, M., Y. Kooch, S.M. Hosseini and G. Alberti. 2017. Humus forms in relation to altitude and forest type in the Northern mountainous regions of Iran. Forest ecology and management, 385: 78-86.
6. Haidari, R.H., A. Sohrabi Zadeh and M. Haidari. 2020. Effect of Physiographic Factors on Plant Biodiversity in the Central Zagros Forests (Case Study: Educational Forest of Razi University of Kermanshah). Ecology of Iranian Forests 13(7): 66-75 (In Persian).
7. Izadi, M., H. Habashi and S.M. Waez-Mousavi. 2017. Variation in soil macro-fauna diversity in seven humus orders of a Parrotio-Carpinetum forest association on Chromic Cambisols of Shast-klateh area in Iran. Eurasian soil science, 50(3): 341-349.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-08-18]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.18.8.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.18.169]

8. Jabiol, B., A. Zanella, J.F. Ponge, G. Sartori, M. Englisch, B. Van Delft, R. de Waal and R.C. Le Bayon. 2013. A proposal for including humus forms in the World Reference Base for Soil Resources (WRB-FAO). Geoderma, 192: 286-294.
9. Khaleghi, p., H. Abbasi, S.M. Hosseini M. Forouhar and H. ghelijnia.1998. Caspian Forest Profile, Vas Research Forest. Ministry of Jihad Sazandegi Deputy of Education and Research, Forest and Rangeland Research Institute, 380 pp (In Persian).
10. Korkina, I.N. and E.L. Vorobeichik. 2016. The humus index: a promising tool for environmental monitoring. Russian journal of ecology, 47(6): 526-531.
11. Korkina, I.N. and E.L. Vorobeichik. 2018. Humus Index as an indicator of the topsoil response to the impacts of industrial pollution. Applied soil ecology, 123: 455-463.
12. Labaz, B., B. Galka, A. Bogacz, J. Waroszewski, and C. Kabala. 2014. Factors influencing humus forms and forest litter properties in the mid-mountains under temperate climate of southwestern Poland. Geoderma, 230: 265-273.
13. Lalanne, A., J. Bardat, F. Lalanne-Amara, T. Gautrot and J.F. Ponge. 2008. opposite responses of vascular plant and moss communities to changes in humus form, as expressed by the Humus Index. Journal of Vegetation Science, 19(5): 645-652.
14. Moslemi Seyed Mahalle, S.M., S.G. Jalali, S.M. Hojjati and Y. Kooch. 2020. The Effect of Different Forest Types on Soil Properties and Biodiversity of Grassland Cover and Regeneration in Central Hyrcanian Forests (Case Study: Seri-Alandan-Sari). Ecology of Iranian Forests, 14(7): 10-21 (In Persian).
15. Ponge, J.F. and R. Chevalier. 2006. Humus Index as an indicator of forest stand and soil properties. Forest Ecology and Management, 233(1): 165-175.
16. Ponge, J.F., G. Sartori, A. Garlato, F. Ungaro, A. Zanella, B. Jabiol, and S. Obber. 2014 .The impact of parent material, climate, soil type and vegetation on Venetian forest humus forms: a direct gradient approach. Geoderma, 226: 290-299.
17. SPSS Inc. Released 2007. SPSS for Windows, Version 16.0 Chicago, SPSS Inc.
18. Waez-Mousavi, S.M. and H. Habashi. 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 & Forest Science and Technology, 20(4): 151-166.
19. Zaiets, O. and R.M. Poch. 2016. Micromorphology of organic matter and humus in Mediterranean mountain soils. Geoderma, 272: 83-92.
20. Zanella, A., B. Jabiol, J.F. Ponge, G. Sartori, R. De Waal, B. Van Delft, U. Graefe, N. Cools, K. Katzensteiner, H. Hager and M. Englisch. 2011. European humus forms reference base.
21. Zanella, A., J.F. Ponge, B. Jabiol, G. Sartori, E. Kolb, R.C. Le Bayon, J.M. Gobat, M. Aubert, R. De Waal, B. Van Delft and A. Vacca. 2018. Humusica 1, article 5: Terrestrial humus systems and forms-Keys of classification of humus systems and forms. Applied Soil Ecology, 122: 75-86.
22. Zanella, A., K. Katzensteiner, J.F. Ponge, B. Jabiol, G. Sartori, E. Kolb, R.C. Le Bayon, M. Aubert, J. Ascher-Jenull, M. Englisch and H. Hager. 2019. TerrHum: an iOS application for classifying terrestrial humipedons and some considerations about soil classification. Soil Science Society of America Journal, 83(1): 42-48.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-08-18]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.18.8.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.18.169]

Humus Index Assessment in Relation to Forest Cover Variables and Altitude Gradient

Mohammad Bayranvand[1], Moslem Akbarinia[2], Gholamreza Salehi Jouzani[3], Javad Gharechahi[4] and Yahya Kooch[5]

1- Ph.D. Student of Forestry, Faculty of Natural Resources & Marine Sciences, Tarbiat Modares University (TMU), I.R. Iran
2- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources & Marine Sciences, Tarbiat Modares University (TMU), I. R. Iran, (Corresponding Author: akbarim@modares.ac.ir)
3- Professor in Microbial Biotechnology Department, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4- Assistant Professor, of Genetics, Human Genetics Research Center, Baqiyatallah University of Medical Science, I.R. Iran
5- Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources & Marine Sciences, Tarbiat Modares University (TMU), I.R. Iran
Received: April 22, 2020 Accepted: Jun 28, 2020

Extended Abstract

Introduction and Objective: The humus index is a numerical score based on the visual assessment of organic horizons and humus forms identification. This index reflects different characteristics of forests stand and soil. Forest humus is an intermediate between plants and soil, which is affected by various factors, such as topography, climate, vegetation and soil. Nevertheless, by digging the humus profile and determining its index, it is also possible to determine many ecological factors. The aim of this study was to investigate the humus index and its relationship with topographic, soil and forest cover characteristics along an altitudinal gradient in the four-altitude class, including 0, 500, 1000 and 1500 meters above sea level (m a.s.l.), in Vaz forests located in Mazandaran province.

Materials and Methods: In each altitude class, the characteristics of the trees such as crown canopy, density, diameter and height, as well as topography and soil characteristics such as altitude, slope percentage, soil moisture and temperature were taken in 400 m^2 plots, and in each plot, five 30 × 30 cm profiles for identification of humus forms were drilled and then identified and classified based on Humusica classification. In order to evaluate the humus index between different altitude classes was used one-way analysis of variance (ANOVA), as well as to analyze its relationship with the mentioned characteristics, multiple linear regression analysis (MLR) was used.

Results: The results showed that the highest amount of humus index and litter thickness belonged to the altitude class 1500 m a.s.l. and their trend is increasing along the altitudinal gradient. Also, the results of MLR indicate the existence of a linear and significant relationship is between humus index and topographic and soil characteristics with high determination coefficient (R^2 = 0.76), especially soil temperature with (P-value = 0.000), while the tree cover characteristics with a low determination coefficient (R^2 = 0.31), cannot well be a good predictor for evaluating the humus index. Meanwhile, soil temperature and trees crown canopy are two factors that have shown the highest t-statistics in relation to the humus index, so that the decrease in soil temperature and trees crown canopy has increased the humus index.

Conclusion: In general, it can be concluded that with increasing altitude, the organic part of the forest floor and Humus index increase, and their variability is mostly due to changes in topographic and soil temperature characteristics.

Keywords: Altitude, Humus forms, Humusica classification, Multiple linear regression, Soil temperature, Tree species composition

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-08-18]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.18.8.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.18.169]