Archive of SID

فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۶، شماره ۳، صفحه ۴۴۴-۴۲۹، (۱۳۹۹)

تغییرات فرم‌های هوموس در توده‌های راش و ممرز در جنگل دست‌نخورده و مدیریت‌شده (بررسی موردی: جنگل شصت کلاته گرگان)

معصومه صادقی[۱]، هاشم حبشی*[۲]، امید اسماعیل‌زاده[۳]، جهانگیر محمدی[٤] و تکتم ساجدی[٥]

۱- دانشجوی دکترای جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (sadeghi.m886@gmail.com)
۲- دانشیار، گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (habashi@gau.ac.ir)
۳- استادیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. (oesmailzadeh@yahoo.com)
٤- استادیار، گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (Mohamadi.jahangir@gmail.com)
٥- دانشیار، دانشگاه جنگل و علوم زیستی بریتیش کلمبیا، ونکوور، کانادا، ایران. (tsajedi@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۱۵

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر عوامل محیطی و توده بر تغییرات انواع فرم‌های هوموس در جنگل مدیریت‌شده و دست‌نخورده شصت‌کلاته گرگان انجام شد. ابتدا نقشه‌های زمین‌شناسی، خاک، توپوگرافی و تیپ درختی روی‌هم‌گذاری شده و واحدهای همگن تعیین شدند. در هر واحد نقشه سه قطعه‌نمونه ۲۰×۲۰ متر انتخاب شد و پنج نیم‌رخ هوموس در هر قطعه‌نمونه حفر شد. انواع فرم هوموس در سطوح اصلی و ثانویه با استفاده از طبقه‌بندی جدید اروپایی، شناسایی شدند. عوامل محیطی و خصوصیات توده در هر قطعه‌نمونه به‌عنوان عوامل مؤثر بر تغییرات فرم هوموس بررسی شدند. از آزمون کروسکال والیس و الگوریتم جنگل تصادفی بر اساس میانگین شاخص جینی برای تحلیل استفاده شد. سه فرم هوموس اصلی و یازده فرم ثانویه در منطقه شناسایی شد به‌طوری‌که هوموس اصلی مول با ٤۹ درصد و هوموس ثانویه الیگومول با ۲٦ درصد فراوان‌ترین فرم‌های هوموس بودند. اختلاف معنی‌داری بین انواع فرم هوموس اصلی ($p<0.05$) و ثانویه ($p<0.001$) بین جنگل مدیریت‌شده و دست‌نخورده مشاهده شد. تأثیر اغلب متغیرهای محیطی و خصوصیات توده بر تغییرات فرم‌های هوموس معنی‌دار بود.

واژه‌های کلیدی: افق آلی، جنگل تصادفی، شاخص جینی، فرم هوموس.

---

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۳۷۰۱۰۷۰

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

هوموس قسمتی از خاک سطحی است که از عناصر زیستی (مانند کمیت لاشریزی و کیفیت آن، ماکرو و میکروارگانیسم‌های ساکن در خاک) و غیرزیستی (اقلیم، سنگ‌بستر و نوع خاک) تأثیر می‌پذیرد و به‌ترتیب از افق‌های آلی (OL، OF و OH) و افق آلی–معدنی (Ah) تشکیل شده است (Marland *et al.*, 2003، Zanella *et al.*,2011). فرم‌های هوموس در مدت‌زمان کوتاه‌تری نسبت به خاک ایجاد می‌شوند، بنابراین نیاز به طبقه‌بندی مستقلی دارند (Graefe and Beylich, 2006). تنوع در فرم هوموس ناشی از تنوع زیستی، تنوع در سنگ مادری و اقلیم است (Ponge, 2003). فرم هوموس در مقایسه با خاک، نسبت به تغییرات رشد گیاه، تاج‌پوشش، نوع گونه و مدیریت حساس‌تر است، بنابراین، با توصیف و بررسی فرم‌های هوموس امکان درک تغییرات اقلیمی کوتاه‌مدت وجود دارد (De Nicola *et al*,. 2014). علاوه بر این، بررسی فرم‌های هوموس به‌دلیل واکنش سریع نسبت به تغییرات خاک و محیط، به‌صرفه بودن از نظر اقتصادی و راحتی مشاهده خواص آن‌ها به‌عنوان ابزاری کلیدی برای بررسی اکوسیستم‌های جنگلی پیشنهاد شده است (Andreetta *et al.*, 2011، Ponge *et al.*, 2011, 2014). فرم‌های مختلف هوموس، درنتیجه بازخوردهای پیچیده و متفاوت به وجود آمده است و شناخت وزن نسبی هر یک از عوامل مؤثر بر تفاوت فرم‌های هوموس به‌منظور ایجاد استراتژی‌های مدیریت جنگلداری بسیار مؤثر است (Andreetta *et al.*,2018). پژوهش‌های انجام‌گرفته در سال‌های اخیر در شناسایی و طبقه‌بندی فرم‌های هوموس می‌تواند برای مدیریت مناسب اکوسیستم‌ها مفید واقع شوند (Anschlag *et al.*, 2017، Bayranvand *et al.*, 2018).

Dwyer and Merriam (1981) در پژوهشی پیرامون تأثیر توپوگرافی بر تجزیه لاشبرگ پهن‌برگان در آمریکا، بیان کردند که میکروتوپوگرافی بر تنوع فرم‌های هوموس مؤثر است. Bernier و همکاران (1993) به بررسی لایه‌های آلی خاک و رابطه آن‌ها با پویایی جنگل در دو توده نوئل و سیاه‌گیله در فرانسه پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که تنوع فرم‌های هوموس بیشتر تحت تأثیر پوشش گیاهی، مراحل چرخه جنگل و شیوه جنگل‌شناسی اجرایی در جنگل است. Berg و همکاران (1999) در پژوهشی درباره تجزیه لاشبرگ، بیان می‌کنند که ریزش سالانه لاشبرگ در سطح توده جنگلی تحت تأثیر سطح تاج‌پوشش و رویه زمینی درختان قرار دارد. Podrazsky and Rames (2006) در تحقیقی در کشور چک، بیان داشتند که تغییرات هوموس در روشنه‌های جنگل‌های نیمه‌طبیعی راش نشان‌دهنده تأثیر روشنه بر کیفیت و کمیت هوموس است. Van Calster و همکاران (2007) در تحقیقی به بررسی تأثیر تغییرات مدیریت بر اسیدیته خاک و جوامع گیاهی در جنگل‌های بلژیک پرداختند و به این نتیجه رسیدند که انواع مدیریت بر ضخامت لایه‌های OF و OH و تغییرات فرم هوموس تأثیر می‌گذارد. Zanella و همکاران (2009) در اکوسیستم‌های خاکی، فرم‌های اصلی هوموس را در پنج کلاسه با نام‌های مول، آمفی، مودر، مور و تانژل معرفی کردند. Ponge و همکاران (2011) در پژوهشی متغیرهای زمین‌شناسی و اقلیم را در مقایسه با تاج‌پوشش در ارتباط با تغییرات هوموس مهم‌تر یافتند، ایشان همچنین نوع خاک را بر تغییرات فرم هوموس مؤثر دانستند. De Nicola و همکاران (2014)، در تحقیقی در ایتالیا درباره اثربخشی کلاسه‌بندی اروپایی هوموس بر اساس خصوصیات مورفو–ژنتیکی افق‌های آلی و آلی–معدنی، تفاوت معنی‌داری را در ضخامت

www.SID.ir

Archive of SID

افق Ah در آمفی نسبت به مول و مودر، به‌دست آوردند. Andreetta و همکاران (2018) در یک مقاله مروری در مورد فرم‌های هوموس در ایتالیا، بیان کردند که گونه‌های درختی نقش مهمی در پیش‌بینی نوع فرم هوموس دارند. Hellwig (2018) برای تعیین الگوی پراکنش انواع فرم‌های هوموس در جنگل‌های مرتفع کوهستانی آلپ در ایتالیا از وجود و عدم وجود افق H به‌عنوان مهم‌ترین متغیر استفاده کرد. همچنین، Hellwig و همکاران (2018) در تحقیقی با عنوان فرم‌های هوموس و شاخص‌های میکروبی خاک در جنگل‌های کوهستانی با استفاده از الگوریتم RF (Random Forest)، عامل توپوگرافی را از متغیرهای مهم تغییرات هوموس عنوان کردند. Waez Mousavi (2010) در پژوهشی که در سری یک جنگل شصت‌کلاته انجام شد فرم مول را در توده راش آمیخته، هوموس غالب معرفی کرد. Waez Mousavi and Habashi (2014) انواع هوموس و مهم‌ترین عوامل مؤثر بر آن را در راشستان‌های آمیخته جنگل شصت‌کلاته گرگان، بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که بین انواع هوموس زیر تاج‌پوشش و روشنه تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین، وسعت روشنه و شکل زمین را از عوامل مؤثر بر تغییرات هوموس عنوان کردند. Habashi (2015) در بررسی که درباره روابط تنفس میکربی، کربن زی‌توده میکربی خاک و ماده آلی در توده آمیخته راش-ممرز جنگل شصت‌کلاته گرگان داشت، تیپ جنگل، ترکیب و ساختار توده جنگلی را مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر کیفیت لاشریزه ورودی به جنگل معرفی کرد که تأثیر بسیار زیادی بر جمعیت میکروبی، سرعت تجزیه لاشریزه و نرخ ورود مواد غذایی به خاک‌های جنگلی و در نهایت حاصلخیزی خاک داشتند. Bayranvand و همکاران (2017) تأثیر ارتفاع از سطح دریا و نوع جنگل را در جنگل‌های کوهستانی شمال ایران بررسی کردند و ارتفاع و ترکیب گونه‌ها را دو عامل اصلی کنترل حضور فرم‌های مختلف هوموس و ویژگی‌های شیمیایی آن‌ها دانستند. Waez Mousavi (2017) در بررسی سیستم هوموس در جنگل‌های هیرکانی، مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر هوموس در جنگل‌های خزری را شرایط آب‌وهوا، زیست‌توده زمین، شکاف جنگل‌های جنگلی، فون خاک، شکل‌های مرتفع و گونه‌های درختی به‌دست آورد. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که طبقه‌بندی مورفولوژیکی هوموس یک ابزار مناسب برای بررسی اشکال هوموس در این اکوسیستم‌ها است.

بررسی ادبیات پژوهشی تأیید کرد که نوع مدیریت جنگل از عوامل مؤثر بر تغییرات فرم هوموس به‌شمار می‌آید. با توجه به اینکه در کشور ما سابقه بررسی مقایسه‌ای بین انواع فرم هوموس در جنگل مدیریت‌شده با جنگل دست‌نخورده وجود ندارد و اثر متغیرهای محیطی و توده بر تغییرات فرم هوموس، موردتوجه قرار نگرفته است، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر عوامل محیطی و توده بر تغییرات انواع فرم‌های هوموس در جنگل مدیریت‌شده و دست‌نخورده شصت‌کلاته گرگان انجام شد.

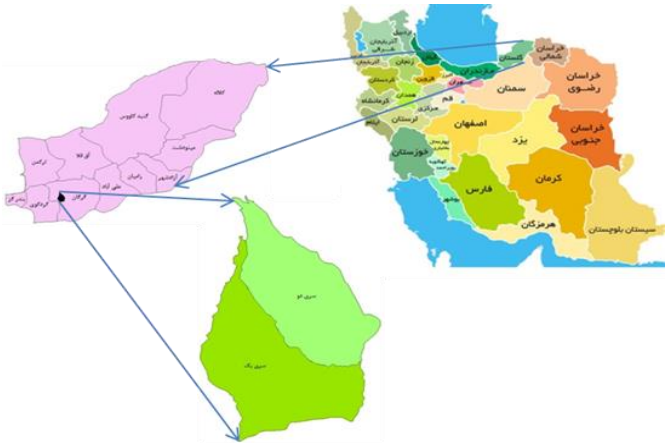
مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سری یک و دو از جنگل آموزشی و پژوهشی شصت‌کلاته (دکتر بهرام‌نیا) دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان واقع در هشت کیلومتری جنوب غربی این شهرستان انجام شد (شکل ۱). مساحت سری یک جنگل شصت کلاته، ۱۷۱۳/۳ هکتار (۳۳ پارسل) است. متوسط بارندگی آن ٦٨٦/٢ میلی‌متر و ارتفاع از سطح دریا بین ۲۱۰ و ۹۹۵ متر متغیر است. سری دو جنگل دارای توده‌های طبیعی و

www.SID.ir

Archive of SID

دست‌نخورده با مساحت ۱۹۹۲ هکتار (۳۱ پارسل) است. حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح دریا به‌ترتیب ۲۵۰ و ۱۹۳۵ متر و متوسط مقدار بارندگی در محدوده سری بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی هاشم‌آباد ۶۸۰/۵ میلی‌متر است. برای شناسایی عوامل مؤثر در تغییر فرم هوموس و تأثیر و درجه اهمیت هر یک از آن‌ها، متغیرهای مدیریت (توده مدیریت‌شده و توده‌های دست‌نخورده)، نوع خاک (کرومیک لویسول و یوتریک کامبیسول)، وجود و عدم وجود روشنه، نوع تیپ درختی (راش خالص، راش آمیخته، ممرز خالص، ممرز آمیخته و روشنه)، جهت جغرافیایی (شمال، جنوب و شرق)، ارتفاع از سطح دریا (۴۰۰ تا ۸۰۰ متر)، انواع کرم‌های خاکی (آنسیک، اپیژیک، اندوژیک و عدم وجود کرم‌های خاکی)، ضخامت افق‌ها، رویه زمینی گونه‌های مختلف و مجموع رویه زمینی گونه‌ها در هر قطعه‌نمونه به‌عنوان متغیرهای پژوهش در نظر گرفته شدند. در ابتدا، واحدهای همگن منطقه، در محیط GIS و با استفاده از روی‌هم‌گذاری نقشه‌های زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، تیپ درختی، ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت دامنه مشخص شدند. سپس مرکز هر واحد یک قطعه‌نمونه و دو قطعه‌نمونه دیگر بر اساس شرایط توده (نوع گونه‌ها، شکل زمین و...) انتخاب شدند (De Nicola *et al.*, 2014؛ Ponge *et al.*, 2014). مساحت هر قطعه‌نمونه ۴۰۰ مترمربع (۲۰×۲۰) مشخص شد و در هر یک، نوع گونه درختی، قطر و ارتفاع برابرسینه آن‌ها یادداشت شد. در هر قطعه‌نمونه پنج نیم‌رخ هوموس به ابعاد ۵۰×۵۰ و به عمق ۳۰ سانتی‌متر حفر شد (یک نیم‌رخ در مرکز قطعه‌نمونه و چهار نیم‌رخ در چهارگوشه قطعه‌نمونه) (Andreetta *et al.*, 2011). تشریح و شناسایی هوموس در نیم‌رخ‌ها، بر اساس روش طبقه‌بندی اروپایی انجام شد (Zanella *et al.*, 2011). در هر نیم‌رخ ضخامت افق‌های آلی (OL، OF و OH) و افق آلی–معدنی Ah، اندازه‌گیری و ثبت شد.



شکل ۱– شکل منطقه مورد بررسی بر روی نقشه ایران

Figure 1. The location of study area on map of Iran

نرمال بودن داده‌های کمی با استفاده از آزمون کولموگروف– اسمیرنوف در نرم‌افزار SPSS، مورد بررسی قرار گرفت. در صورت نرمال نبودن داده‌ها، از روش‌های تبدیل استفاده شد. به‌دلیل عدم نرمال شدن داده‌ها، از روش‌های آماری ناپارامتریک و آزمون کروسکال–والیس برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های مربوط

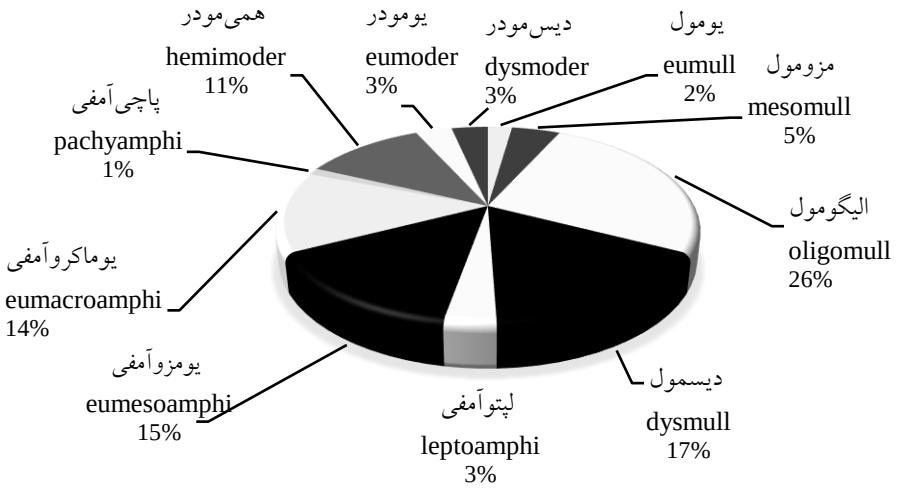
www.SID.ir

Archive of SID

به متغیرهای کمی و کیفی (شامل متغیرهای روشنه، نوع خاک، مدیریت، تیپ درختی) استفاده شد. همچنین برای شناسایی مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر تغییرات فرم‌های اصلی و ثانویه هوموس، از نرم افزار R و الگوریتم Random Forest و همچنین شاخص کاهش جینی (Gini) استفاده شد.

نتایج

بر اساس نقشه تهیه‌شده، ۹۱ نیم‌رخ در سری یک و دو واقع بر واحد نهشته‌های آبرفتی هولوسن (Qal) یکسان بودند. نتایج این پژوهش در ارتباط با طبقه‌بندی فرم هوموس بر اساس سیستم اروپایی، نشان داد که در منطقه مورد بررسی سه فرم هوموس اصلی وجود دارد. سهم هوموس اصلی مول، آمفی و مودر به‌ترتیب ٤٩، ۳۳ و ۱۸ درصد بود. علاوه بر این، در سطح هوموس ثانویه نیز بیشترین فراوانی مربوط به الیگومول با ۲۳ نیم‌رخ و سپس دیس‌مول با ۱۵ نیم‌رخ بود (شکل ۲). در سری یک فرم هوموس اصلی مول ۲۸ نیم‌رخ، آمفی ۱۰ نیم‌رخ و مودر ۷ نیم‌رخ مشاهده شد. همچنین در سطح هوموس ثانویه، الیگومول با ۱۷ نیم‌رخ، دیس‌مول و یوماکروآمفی با ۹ نیم‌رخ بیشترین تکرار را داشتند. در ضمن فرم‌های یومول، لپتوآمفی و پاچی‌آمفی در این سری مشاهده نشدند. در سری دو، فرم هوموس اصلی مول ١٦ مورد، مودر ۹ مورد و ۱۹ مورد آمفی مشاهده شد. در سطح هوموس ثانویه نیز، یومزوآمفی ۱۲ مورد و همی‌مودر با ۷ مورد بیشترین تعداد مشاهدات را داشتند درحالی‌که فرم یومودر مشاهده نشد.



شکل ۲- فراوانی فرم هوموس ثانویه

Figure 2. Secondary humus form frequency

روابط متغیرهای محیطی با انواع هوموس در جدول ۱ بیان شده است. نتایج آزمون کروسکال والیس نشان داد انواع فرم هوموس اصلی در روشنه و خارج از روشنه اختلاف معنی‌داری را در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارد ولی اختلاف معنی‌داری در سطح هوموس ثانویه مشاهده نشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تأثیر متغیرهای محیطی و خصوصیات توده بر تغییرات فرم‌های هوموس

Table 1. The effect of environmental variables and stand properties on changes of humus forms

متغیر Variable	رده هوموس Humus order	درجه آزادی df	مربع کای Chi- square	سطح معنی‌داری Sig.
روشنه Gap	اصلی Main	2	8.929	0.012*
	ثانویه Secondary	10	15.005	0.132ns
مدیریت Management	اصلی Main	2	6.235	0.044*
	ثانویه Secondary	10	28.767	0.001**
نوع خاک Soil type	اصلی Main	2	5.547	0.062ns
	ثانویه Secondary	10	23.754	0.008**
رویه زمینی راش GBH *Fagus orientalis*	اصلی Main	2	28.077	0.000**
	ثانویه Secondary	10	41.622	0.000**
رویه زمینی ممرز GBH *Carpinus betulus*	اصلی Main	2	24.299	0.000**
	ثانویه Secondary	10	29.418	0.001**
رویه زمینی انجیلی GBH *Parrotia persica*	اصلی Main	2	3.998	0.135ns
	ثانویه Secondary	10	15.995	0.100ns
رویه زمینی خرمندی GBH *Diospyros lotus*	اصلی Main	2	5.357	0.069ns
	ثانویه Secondary	10	7.031	0.722ns
رویه زمینی مجموع Total GBH	اصلی Main	2	9.637	0.008**
	ثانویه Secondary	10	19.697	0.032*
ضخامت افق L L Horizon thickness	اصلی Main	2	18.122	0.000
	ثانویه Secondary	10	24.339	0.007**

* معنی‌دار در سطح پنج درصد، ** معنی‌دار در سطح یک درصد، ns: فاقد اختلاف معنی‌دار.

*significant at level 5%; ** significant at level 1%; ns Not significant.

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

متغیر Variable	رده هوموس Humus order	درجه آزادی df	مربع کای Chi- square	سطح معنی‌داری Sig
ضخامت افق F F Horizon thickness	اصلی Main	2	47.214	0.000
	ثانویه Secondary	10	14.057	0.170^{ns}
ضخامت افق H H Horizon thickness	اصلی Main	2	78.461	0.000**
	ثانویه Secondary	10	83.471	0.000**
ضخامت افق Ah Ah Horizon thickness	اصلی Main	2	50.533	0.000**
	ثانویه Secondary	10	52.690	0.000**
ارتفاع از سطح دریا ASL	اصلی Main	2	52.187	0.000**
	ثانویه Secondary	10	56.837	0.000**
جهت جغرافیایی Aspect	اصلی Main	2	24.093	0.000**
	ثانویه Secondary	10	36.722	0.000**
کرم خاکی Soil Worm	اصلی Main	2	38.804	0.000**
	ثانویه Secondary	10	60.880	0.000**

* معنی‌دار در سطح پنج درصد، ** معنی‌دار در سطح یک درصد، ns: فاقد اختلاف معنی‌دار.

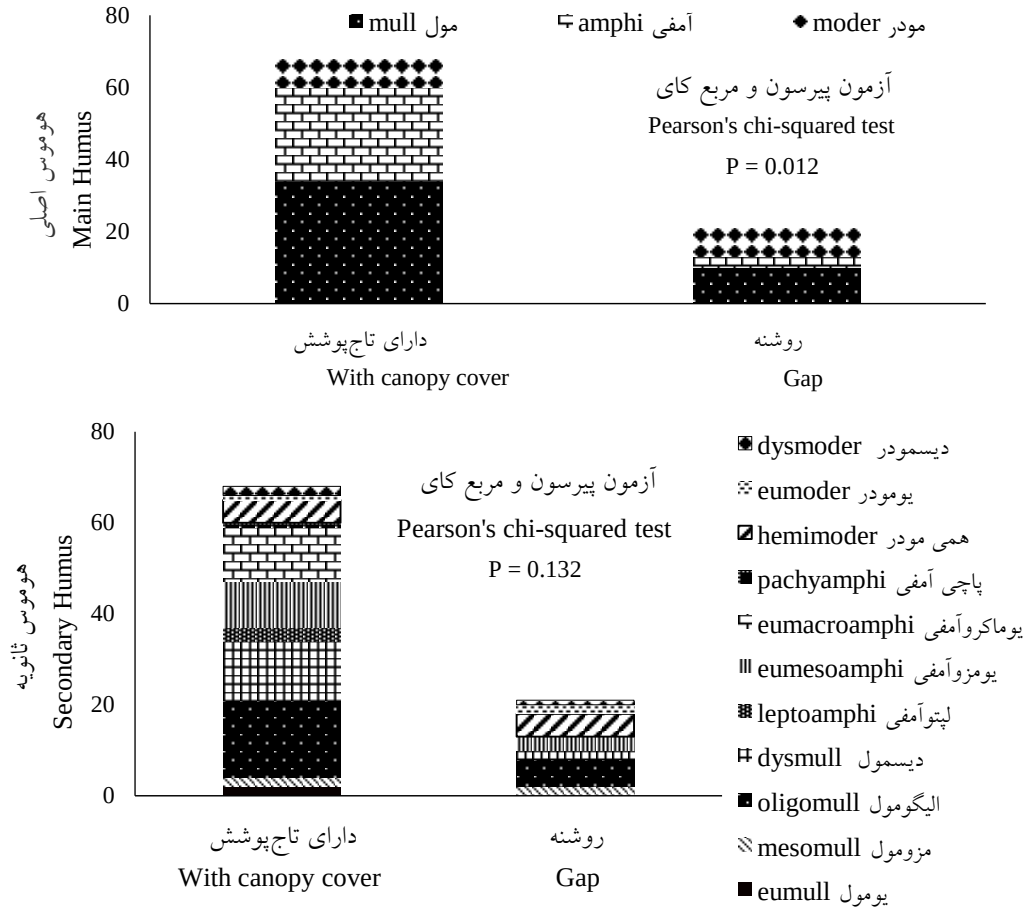
*significant at level 5%; ** significant at level 1%; ns Not significant.

هوموس مول و الیگومول به‌ترتیب در خارج روشنه با ۵۰ و ۲۵ درصد و در روشنه با ٤٧/٦ و ٢٨/٦ درصد غالب بودند. ضمن این‌که در روشنه فراوانی مودر نسبت به خارج از روشنه افزایش یافته بود (شکل ۳).

نتایج به‌دست‌آمده از انواع هوموس در ارتباط با نوع مدیریت جنگل نشان داد که در سری یک، مول با ٦٢/٢ درصد و الیگومول با ٣٧/٨ درصد. بیشترین تکرار را دارد؛ حال‌آنکه در سری دو آمفی با ٤٣/٢ درصد و یومزوآمفی با ٢٧/٣ درصد غالب است. همچنین اختلاف معنی‌داری بین انواع فرم هوموس اصلی در سطح اطمینان ۹۵ درصد و در هوموس ثانویه در سطح اطمینان ۹۹ درصد در دو سری مشاهده شد (شکل ٤).

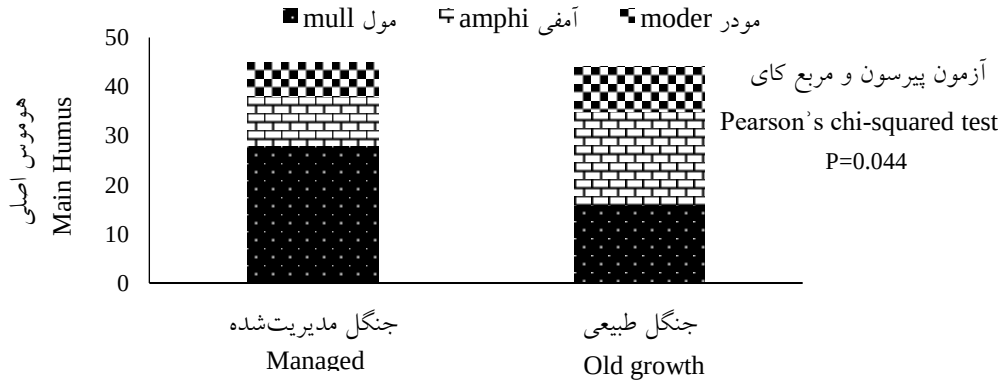
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- فراوانی فرم هوموس‌های اصلی و ثانویه در روشنه. COVER: نیم‌رخ‌های واقع‌شده در مناطق دارای تاج‌پوشش، GAP: نیم‌رخ‌های واقع‌شده در روشنه

Figure 3. Frequency of main and secondary humus forms in gap. COVER: profiles located in areas with canopy cover. GAP: profiles located in the GAP

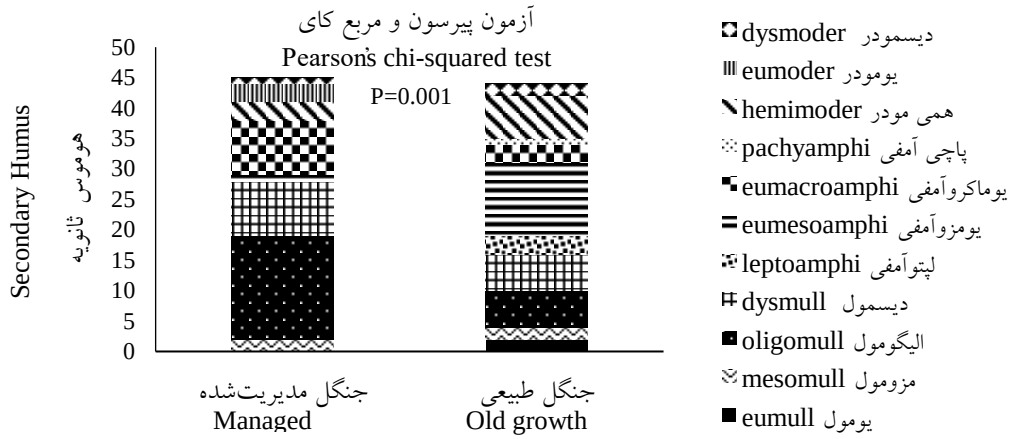


شکل ٤- فراوانی فرم هوموس‌های اصلی و ثانویه در انواع مدیریت

Figure 4. Frequency of main and secondary humus forms through management types

www.SID.ir

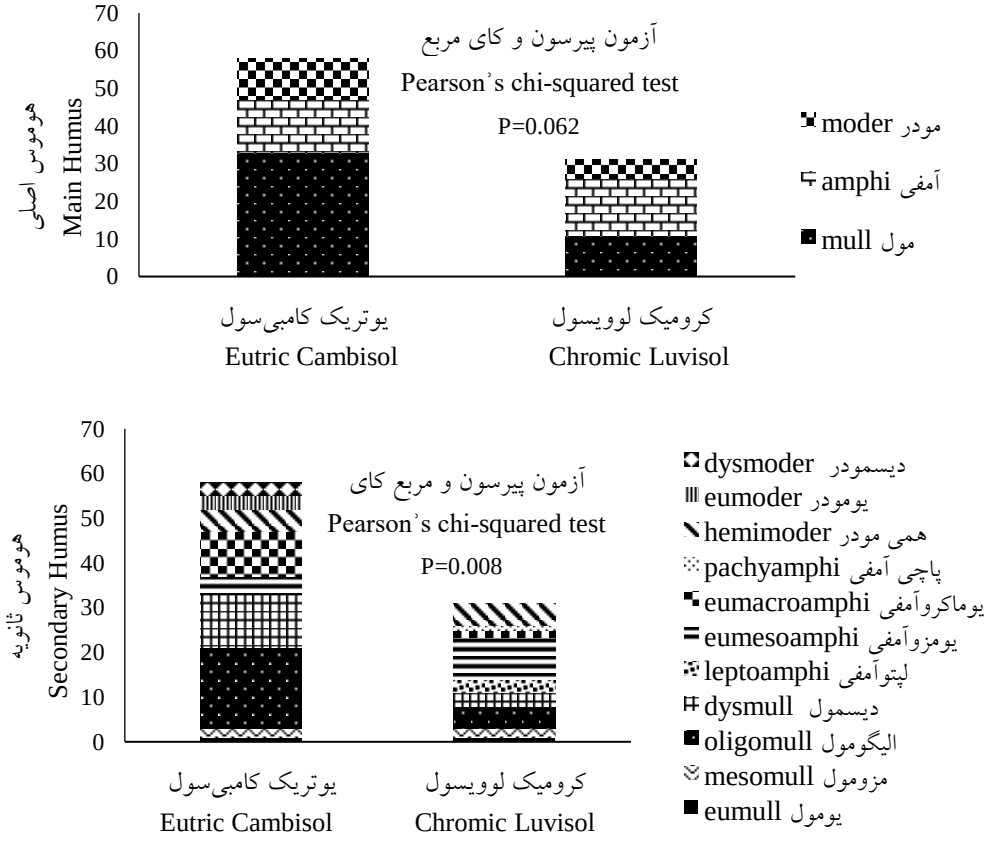
Archive of SID



ادامهٔ شکل ٤.

Continued figure 4.

در خاک یوتریک کامبی‌سول، مول با ٥٦/٩ درصد و الیگومول با ۳۱ درصد بیشترین فراوانی را داشتند. در خاک کرومیک لویسول، آمفی با ٤٨/٤ درصد و یوموزوآمفی با ۲۹ درصد بیشترین تکرار را داشتند. انواع خاک با تغییرات فرم هوموس ثانویه در سطح اطمینان ۹۹ درصد اختلاف معنی‌دار نشان داد (شکل ٥).



شکل ٥- فراوانی فرم هوموس‌های اصلی و ثانویه در انواع خاک

Figure 5. Frequency of main and secondary humus forms through soil types

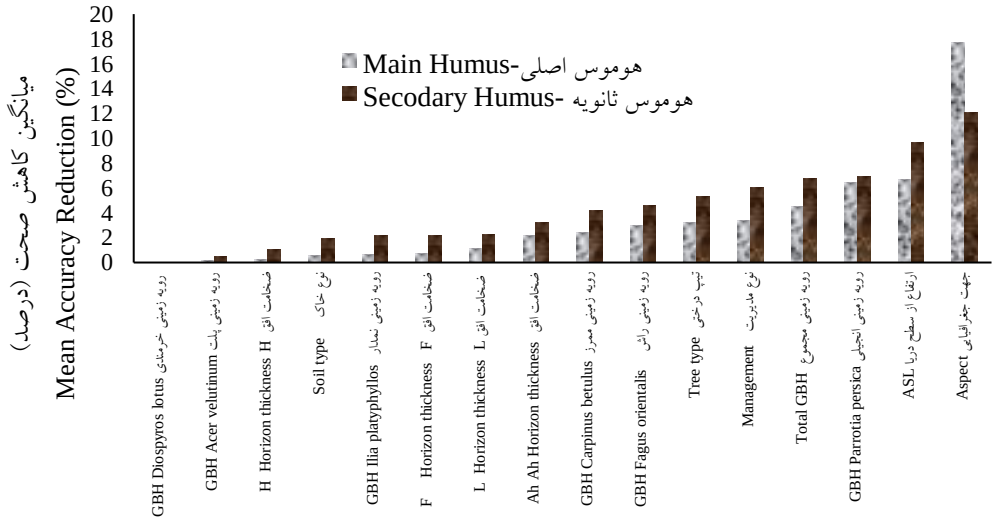
www.SID.ir

Archive of SID

ضخامت افق‌های آلی و آلی- معدنی می‌تواند نشانگر فعالیت فون خاک و همچنین بیانگر وضعیت تجزیه لاشبرگ‌ها باشد که نتایج نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ضخامت افق‌های L، H و Ah، در سطح اطمینان ۹۹ درصد با فرم‌های هوموس اصلی و ثانویه بود درحالی‌که افق F در سطح اطمینان ۹۹ درصد با فرم‌های هوموس اصلی دارای اختلاف معنی‌دار بود ولی با فرم‌های هوموس ثانویه اختلاف معنی‌داری نشان نداد. ارتفاع از سطح دریا با تأثیر بر شرایط آب و هوایی و جهت دامنه از طریق دریافت مقدار نور، بر تغییرات هوموس تأثیرگذارند و نقش این دو عامل در تغییرات فرم هوموس در سطح اطمینان ۹۹ درصد با فرم‌های هوموس اصلی و ثانویه معنی‌دار بود. کرم‌های خاکی با نقشی که در مخلوط کردن بخش آلی با بخش معدنی خاک دارند و همچنین نقش آن‌ها در تجزیه لاشبرگ، بر تغییرات فرم‌های هوموس تأثیر معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد داشتند. کرم خاکی آنیسیک بیشترین فراوانی را در نیم‌رخ‌های متعلق به هوموس مول داشت درحالی‌که گونه اپیژیک در نیم‌رخ‌های مربوط به هوموس آمفی بیشتر مشاهده شد.

در مرحله بعد با در نظر گرفتن تأثیرگذاری عوامل محیطی و خصوصیات توده بر تغییرات فرم هوموس متغیر با اهمیت مشخص شد. در سطح هوموس اصلی، ضخامت افق H با اهمیت‌ترین متغیر و متغیرهای ارتفاع از سطح دریا و ضخامت افق Ah در رده دوم و سوم بودند درحالی‌که متغیرهای رویه زمینی خرمندی، نوع خاک و نوع مدیریت کم‌اهمیت‌ترین متغیرها بودند.

در رده هوموس ثانویه جهت دامنه مهم‌ترین متغیر، ارتفاع از سطح دریا و رویه زمینی انجیلی در رتبه بعدی متغیرهای با اهمیت قرار داشتند. رویه زمینی خرمندی همراه با ضخامت افق H و نوع خاک متغیرهای کم‌اهمیت بودند (شکل ٦). بررسی کلی ترتیب قرارگیری متغیرها در سطح هوموس اصلی نشان‌دهنده نقش مهم ضخامت افق‌ها در تغییرات فرم هوموس اصلی است درصورتی‌که در سطح هوموس ثانویه رویه زمینی گونه‌ها متغیر مهمی به شمار می‌رود.



شکل ٦- متغیرهای مؤثر بر تغییرات فرم هوموس اصلی و ثانویه بر اساس شاخص جینی

Figure 6- The most important variables influencing the changes in the main and secondary humus form based on the Gini index

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

در این پژوهش فرم هوموس بر اساس طبقه‌بندی Zanella و همکاران (2011) در دو سطح اصلی و ثانویه کلاسه‌بندی شد. غالب بودن هوموس مول به مقدار ٤٩ درصد در کل منطقه مورد پژوهش بیانگر سرعت تجزیه بالا است. پژوهش‌های مختلف نشان داده است که سرعت تجزیه هوموس به مقدار رطوبت، درجه حرارت خاک، اندازه نور دریافتی، اسیدیته خاک و نوع گونه بستگی دارد. قبلاً غالبیت هوموس مول در بیشتر بخش‌های جنگل‌های هیرکانی اثبات شده است (Waez Mousavi and Habashi, 2014، Bayranvand *et al.*, 2017).

متفاوت بودن شرایط محیطی، شیمیایی و زیستی روشنه نسبت به خارج روشنه موجب تفاوت در فراوانی فرم‌های هوموس آنهاست. مقدار تابش نور خورشید و دمای هوا در روشنه نسبت به خارج روشنه بیشتر بوده ولی رطوبت خاک کمتر است. هم‌چنین مقدار کربن به نیتروژن در روشنه بزرگ‌تر است (He *et al.*,2015)؛ بنابراین به‌دلیل کمیت و کیفیت متفاوت لاشبرگ و کاهش مقدار آب موجود در خاک به‌دلیل افزایش دمای خاک، تعداد و زی‌توده کرم‌های خاکی به‌ویژه اپیژئیک در روشنه کاهش می‌یابد (Nachtergale *et al.*, 2002، Eisenhaver *et al.*, 2014). ازآنجایی‌که فعالیت کرم‌های خاکی به‌ویژه اپیژئیک در مودر نسبت به آمفی کمتر است (Zanella *et al.*,2016)، بنابراین مودر در روشنه، فراوانی بیشتری نسبت به آمفی دارد. تفاوت معنی‌دار فرم هوموس اصلی و ثانویه تحت تأثیر نوع مدیریت بین دو سری همسو با نتایج پژوهش Van Calster و همکاران (2007) بود. De Nicola و همکاران (2014) تأثیر ترکیب گونه‌ای بر فرم هوموس را مهم بیان می‌کنند. Waez Mousavi and Habashi (2014)، Bayranvand و همکاران (2017) و Andreetta و همکاران (2018) نیز در تحقیقات خود تأثیر گونه بر تغییرات فرم‌های هوموس را ذکر کرده‌اند. در سری یک گونه ممرز غالب است که با فرم هوموس مول مرتبط است ولی در سری دو راش بر ممرز غلبه دارد. لاشبرگ راش نسبت به ممرز کندتر تجزیه می‌شود که می‌توان وجود تعداد بیشتر فرم آمفی نسبت به مول را به آن نسبت داد. اساس تفکیک آمفی از مول و قرار گرفتن در کلاسه جدید داشتن تمام افق‌های تشخیصی از L تا A در آمفی‌مول و نوع ساختار افق A است. بر اساس کلاسه‌بندی Zanella و همکاران (2011) در یومزوآمفی افق H پیوسته و ساختار افق A، بیومیکرو همراه با بیومزو است. درصورتی‌که در الیگومول افق H غایب است و افق A دارای ساختار بیومزو یا بیوماکرو است. بر اساس اظهارات Butt and Lowe (2011) کرم خاکی آنیسیک مسئول ترکیب مواد آلی از سطح خاک با افق معدنی خاک هستند، فون غالب افق آلی و آلی–معدنی در هوموس مول را تشکیل می‌دهند. این فون در ساختار بیوماکرو، بیشترین نقش را دارد درحالی‌که دربیومیکرو، غایب است و در مزو نقش آنیسیک کمتر و نقش اپیژیک بیشتر است (Zanella *et al.*, 2016). کرم‌های آنیسیک، خاک‌های خنثی و قلیایی را بر خاک اسیدی ترجیح می‌دهند (Zanella *et al.*, 2011). درحالی‌که کرم‌های اپیژیک نسبت به گروه آنیسیک قادرند دامنه بزرگ‌تری از رطوبت، حرارت و اسیدیته خاک را تحمل کنند (Butt and Lowe, 2011). تحقیق Brethes و همکاران (1995) بیانگر کاهش فعالیت بیولوژیکی و کاهش نقش آنیسیک از یومول به‌سمت آمفی است. با توجه به ویژگی خاک‌های کامبیسول و لویسول بر اساس رده‌بندی جهانی خاک (2006) خاک لویسول دارای لایه آرجیک است و نسبت به کامبیسول رس بیشتری دارد؛ بنابراین

www.SID.ir

Archive of SID

کامبیسول دارای زهکشی بهتری نسبت به لویسول است. همچنین لویسول نسبت به کامبیسول تا حدودی اسیدی‌تر است (تشریح نیم‌رخ خاک شصت‌کلاته). با توجه به موارد ذکر شده، فراوانی بیشتر هوموس آمفی در خاک لویسول و معنی‌دار بودن رابطه نوع خاک با تغییرات فرم هوموس ثانویه توجیه می‌شود. این نتیجه با نتایج Ponge و همکاران (2011) و همچنین Ponge و همکاران (2014) منطبق است. تأثیر رویه زمینی هر یک از گونه‌ها و مجموع آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت که به‌جز انجیلی و خرمندی، بقیه تأثیر معنی‌داری بر تغییرات فرم‌های هوموس داشتند. در تحقیق Berg و همکاران (1999) و همچنین Pietikainen و همکاران (2007) افزایش رویه زمینی درختان دلیلی بر افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌های خاک عنوان‌شده که به‌نوبه خود این جوامع نقش مهم و تأثیرگذاری در تجزیه لاشبرگ و تغییرات فرم هوموس دارند. معنی‌دار نبودن خرمندی و انجیلی با تغییرات فرم هوموس را می‌توان به کوچک بودن قطر تاج این دو گونه نسبت به دیگر گونه‌های موجود، نسبت داد (Amini, 2018). نتایج نشان‌دهنده معنی‌دار بودن رابطه ضخامت افق‌های آلی و آلی–معدنی با تغییرات فرم هوموس بود. پژوهش Ponge و همکاران (2014) بیانگر آن است که ضخامت OH و OF از لپتوآمفی به‌سمت پاچی‌آمفی افزایش پیدا می‌کند و تحقیق De Nicola و همکاران (2014)، نتایج این تحقیق را تأیید می‌کند. Dwyer and Merriam (1981) و Bayranvand و همکاران (2017) تأثیر ارتفاع را بر تغییرات هوموس معنی‌دار اعلام کردند که هم‌راستا با نتایج این پژوهش است. در این پژوهش ضخامت افق H به‌عنوان مهم‌ترین متغیر مؤثر بر تغییرات هوموس اصلی معرفی شد. Hellwig (2018)، برای تعیین الگوی پراکنش انواع فرم‌های هوموس از وجود و عدم وجود افق H به‌عنوان مهم‌ترین متغیر استفاده کرد. همچنین Zanella و همکاران (2011)، در کلاسه‌بندی فرم هوموس عدم وجود افق H را تعیین‌کننده هوموس مول و ضخامت همین افق را جزء مهم‌ترین عوامل تعیین هوموس آمفی و مودر دانستند. در سطح هوموس ثانویه مهم‌ترین متغیر جهت دامنه تشخیص داده شد. در تحقیق دیگر نیز Ponge و همکاران (2014) توپوگرافی را به همراه سنگ مادری، اقلیم و خاک و پوشش گیاهی بااهمیت‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تغییرات فرم هوموس می‌دانند. جهت دامنه با توجه به تأثیری که بر نور دریافتی و همچنین رطوبت دارد و به‌صورت غیرمستقیم در مقدار تنوع جانوری و گیاهی مؤثر است، بر ضخامت لایه‌های هوموس و در نتیجه بر تغییرات هوموس تأثیرگذار است. در تأیید نتیجه کسب‌شده می‌توان به تحقیق Egli و همکاران (2009) اشاره کرد که در ارتفاعات آلپ انباشتگی مواد آلی در جهت شمالی را به خاطر فعالیت پایین میکروبی ناشی از پایین بودن دما در تابستان و بالا بودن رطوبت، بیشتر از جهت جنوبی عنوان کردند. همچنین Waez Mousavi (2010)، در جنگل شصت‌کلا تأثیر جهت دامنه را بر ضخامت افق‌های آلی معنی‌دار دانستند. ارتفاع از سطح دریا متغیری است که در هر دو سطح هوموس در رده دوم اهمیت قرار دارد. Badia و همکاران (2016)، ارتفاع از سطح دریا و عوامل مرتبط (اقلیم و پوشش گیاهی) را مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تغییرات فرم هوموس از مول به‌سمت مور (از ارتفاع کم به زیاد) بیان کردند. Ponge و همکاران (2014) هوموس آمفی را تحت تأثیر گرادیان ارتفاع می‌دانند، طبق پژوهش ایشان تغییر ارتفاع از کم به بالا با تأثیری که بر فعالیت قارچ‌ها، باکتری‌ها، کرم‌های خاکی و دیگر موجودات زنده خاک می‌گذارد، یکی از مؤثرترین عوامل در تشکیل فرم آمفی است.

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی تمامی متغیرها به‌ترتیب اهمیت نشان داد که برای هوموس اصلی، ضخامت افق‌ها، به‌خصوص افق H و متغیرهای توپوگرافی اهمیت بیشتری دارند درحالی‌که در هوموس ثانویه همراه با متغیرهای توپوگرافی، رویه زمینی انجیلی و مجموع مهم‌ترین هستند که بیانگر اهمیت متغیر توپوگرافی بر تغییرات انواع هوموس در هر دو سطح هست. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، برای مدیریت نوع فرم هوموس در سطح اصلی می‌توان ضخامت افق‌ها را به‌عنوان متغیر مهم در نظر گرفته و نور دریافتی، حرارت و رطوبت کف جنگل را مدیریت کرد و در نتیجه بر ضخامت افق‌ها تأثیر گذاشت ولی در سطح هوموس ثانویه متغیر رویه زمینی به‌عنوان متغیر مهم شناخته شد و با مدیریت مقادیر این متغیر می‌توان در تغییرات نوع هوموس ثانویه تأثیرگذار بود. ضمن اینکه غالب بودن هوموس مول در جنگل مدیریت‌شده، بیانگر سرعت‌بالای تجزیه در این جنگل بوده و نشان‌دهنده اجرای موفق شیوه نزدیک به طبیعت در جنگل مدیریت‌شده است. پیشنهاد می‌شود در بررسی تغییرات فرم هوموس، متغیرهای محیطی ارتفاع از سطح دریا و جهت جغرافیایی و متغیر توده‌ای رویه زمینی به‌عنوان متغیرهای تأثیرگذار مدنظر قرار گیرند. همچنین نتیجه این تحقیق که در سطح گسترده‌تری نسبت به پژوهش‌های پیشین انجام‌شده می‌تواند در تهیه نقشه پراکندگی فرم‌های مختلف هوموس مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

از جناب آقای مهندس علی مستوری به‌دلیل کمک در تهیه نقشه واحدهای همگن کمال تشکر و قدردانی را داریم.

References

- Amini, R., 2018. Comparison of Silvicultural characteristics in Beech-Hornbeam stands at developmental stages of mid- elevation Hajikala. PhD thesis. Silviculture and Forest Ecology group. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran, 191 p. (In Persian)
- Andreetta, A., G. Cecchini & S. Carnicelli, 2018. Forest Humus Forms in Italy: a research approach, *Applied Soil Ecology*, 123: 384-390.
- Andreetta, A., R. Ciampalini, P. Moretti, S. Vingiani, G. Poggio, G. Matteucci, F. Tescari & S. Carnicelli, 2011. Forest humus forms as potential indicators of soil carbon storage in Mediterranean environments, *Biology and Fertility of Soils*, 47(1): 31-40.
- Anschlag, K., D. Tatti, N. Hellwig, G. Sartori, J. M. Gobat & G. Broll, 2017. Vegetation-based bioindication of humus forms in coniferous mountain forests, *Journal of Mountain Science*, 14(4): 662-673.
- Badia, D., A. Ruiz, A. Girona, C. Marti, J. Casanova, P. Ibarra & R. Zufiaurre, 2016. The influence of elevation on soil properties and forest litter in the siliceous Moncayo Massif, SW Europe, *Journal of Mountain Science*, 13(12): 2155-2169.
- Bayranvand, M., Y. Kooch & G. Alberti, 2018. Classification of humus forms in Caspian Hyrcanian mixed forests ecoregion (Iran): Comparison between two classification methods, *Catena*, 165:390-397.
- Bayranvand, M., Y. Kooch, S. M. Hosseini & 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.
- Berg, B., A. Albrektson, M. P. Berg, J. Cortina, M. B. Johansson, A. Gallardo, M. Madeira, J. Pausas, W. Kratz, R. Vallejo & C. McClaugherty, 1999. Amounts of litter fall in some pine forests in a European transect, in particular Scots pine, *Annals of Forest Science*, 56(8): 629-635.
- Bernier, N., J. F. Ponge & J. Andre, 1993. Comparative study of soil organic mayers in two bilberry-spruce forest stands (Vaccinio-Piceetea): relation to forest dynamics, *Geoderma*, 59(1-4): 89-108.
- Brêthes, A., J. J. Brun, B. Jabiol, J. F. Ponge & F. Toutain, 1995. Classification of forest

www.SID.ir

Archive of SID

humus forms: a French proposal, *Annales des Sciences Forestières*, 52(6): 535-546.
- Butt, K. R. & C. N. Lowe, 2011. Controlled Cultivation of Endogeic and Anecic Earthworms. In: Karaca, A., (Ed.), Soil Biology: Biology of earthworms. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, pp. 107-121.
- De Nicola, C., A. Zanella, A. Testi, G. Fanelli & S. Pignatti, 2014. Humus forms in a Mediterranean area (Castelporziano Reserve, Rome, Italy): classification, functioning and organic carbon storage, *Geoderma*, 235: 90-99.
- Dwyer, L. M. & G. Merriam, 1981. Influence of topographic heterogeneity on deciduous litter decomposition, *Oikos*, 37(2): 228-237.
- Egli, M., G. Sartori, A. Mirabella, F. Favilli, D. Giaccai & E. Delbos, 2009. Effect of north and south exposure on organic matter in high Alpine soils, *Geoderma*, 149(1-2): 124-136.
- Eisenhaver, N., A. Stefanski, N. A. Fisichelli, K. Rice, R. Rich & P. B. Reich, 2014. Warming shifts 'worming': effects of experimental warming on invasive earthworms in northern North America, *Scientific Reports*, 4(1): 1-7.
- Graefe, U. & A. Beylich, 2006. Humus forms as tool for upscaling soil biodiversity data to landscape level?, *Mitteilungen der Deuteschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 108: 6-7.
- Habashi, H., 2015. Microbial respiration and microbial biomass C relationship with soil organic matter in different types of mixed beech forest, *Forest Research and development*, 1(2): 135-144.
- He, Zh., J. Liu, S. Su, Sh. Zheng, D. Xu, Z. Wu, W. Hong & J. L. Wang, 2015. Effects of Forest Gaps on Soil Properties in *Castanopsis kawakamii* Nature Forest, *Plos One*, 10(10): e0141203.
- Hellwig, N., 2018. Spatial patterns of humus forms, soil organisms and soil biological activity at high mountain forest sites in the Italian Alps. PhD thesis. Institute of Geography. Osnabrück University. Osnabrück, Germany, 144 p.
- Hellwig, N., M. Gómez-Brandón, J. Ascher-Jenull, T. Bardelli, K. Anschlag, F. Fornasier, G. Pietramellara, H. Insam & G. Broll, 2018. Humus forms and soil microbiological parameters in a mountain forest: Upscaling to the slope scale, *Soil Systems*, 2(1):12.
- IUSS Working Group WRB, 2006. World reference base for soil resources 2006- A framework for international classification, correlation and communication. World Soil Resources, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. Reports number: 103, 128 p.
- Marland, G., R. A. Pielke Sr, M. Apps, R. Avissar, R. A. Betts, K. J. Davis, P. C. Frumhoff, S. T. Jackson, L. A. Joyce, P. Kauppi, J. Katzenberger, K. G. McDicken, R. P. Neilson, J. O. Niles, D. D. S. Niyogi, R. J. Norby, N. Pena, N. Sampson & Y. Xue, 2003. The climatic impacts of land surface change and carbon management, and the implications for climate-change mitigation policy, *Climate Policy*, 3(2): 149-157.
- Nachtergale, L., K. Chekiere, A. De Schrijver, B. Muys, S. Lussaert & N. Lust, 2002. Earthworm biomass and species diversity in windthrow sites of a temperate lowland forest, *Pedobiologia*, 46(5): 440-451.
- Pietikainen, J., J. Tikka, S. J. Valkonen, A. Isomaki & H. Frize, 2007. Is the soil microbial community related to the basal area of trees in a Scots pine stand?, *Soil Biology & Biochemistry*, 39(7): 1832-1834.
- Podrazsky, V. V. & J. Rames, 2006. Changes in Humus Forms in gaps of the canopy of semi-natural beech stand, *Journal of Science*, 52(6): 243-248.
- Ponge, J. F., 2003. Humus forms in terrestrial ecosystems: a framework to biodiversity, *Soil Biology & Biochemistry*, 35(7): 935-945.
- Ponge, J. F., B. Jabiol & J. C. Gégout, 2011. Geology and climate conditions affect more humus forms than forest canopies at large scale in temperate forests, *Geoderma*, 162(1-2): 187-195.
- Ponge, J. F., G. Sartori, A. Garlato, F. Ungaro, A. Zanella, B. Jabiol & 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.
- Van Calster, H., L. Baeten, A. De Schrijver, L. De Keersmaeker, J. E. Rogister, K. Verheyen & M. Hermy, 2007. Management driven changes (1967-2005) in soil acidity and the understorey plant community following conversion of a coppice-with-

www.SID.ir

Archive of SID

standards forest, *Forest Ecology and Management*, 241(1-3): 258-271.
- Waez-Mousavi, S. M. & 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): 153-166. (In Persian)
- Waez-Mousavi, S. M., 2010. Effects of Gap Size and Shape on Humus Forms, with Regard to Landform Elements, in Shast-kalate Forest. M.Sc. thesis. Faculty of Forest sciences. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran, 166 p. (In Persian)
- Waez-Mousavi, S. M., 2017. Humus systems in the Caspian Hyrcanian temperate forests, *Applied Soil Ecology*, 123: 664-667.
- Zanella, A., B. Jabiol, J. F. Ponge, G. Sartori, R. De Waal, B. Van Delft, U. Graefe, N. Cools, K. Katzensteiner, H. Hager & M. Englisch, 2011. A European morphofunctional classification of humus forms, *Geoderma*, 164(3-4):138-145.
- Zanella, A., J. F. Ponge, J. Juilleret, N. Bernier, S. Topoliantz & M. Blouin, 2016. Soil aggregates and Humus systems. In: ESSC, European Society for Soil Conservation Conference, Cluje-Napoca, Romania.

www.SID.ir

Archive of SID

Model Humus forms changes in the beech and hornbeam stands in the old growth and managed forest (Case study: Shast-kalate forest of Gorgan)

M. Sadeghi[1], H. Habashi[*2], O. Esmailzadeh[3], J. Mohammadi[4] and T. Sajedi[5]

1- Ph.D. Student of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. (sadeghi.m886@gmail.com)
2-Associate Professor, Department of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. (habashi@gau.ac.ir)
3- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran. (oesmailzadeh@yahoo.com)
4- Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Forest Science, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. (Mohamadi.jahangir@gmail.com)
5- Associate Professor, University of British Columbia Forest and Conservation Sciences, Vancouver, Canada. (tsajedi@gmail.com)

Received: 10.04.2019 Accepted: 07.10.2019

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of environmental factors and stand properties on changes of humus forms in the managed and old growth forest of Gorgan. First we superimposed geological, soil, topography and tree type maps to producing homogeneous units. In each unit, three sample plots (20 × 20 meters) were selected and five humus profiles were described in each plot. Main and secondary humus forms were identified based on new European classification. Environmental factors and stand characteristics were investigated in each sample as factors influencing the changes in the humus form. Kruskal-Wallis test and random forest algorithm were used based on the Gini index for analysis. Three main humus forms and eleven secondary forms were identified in the research area, so that the main humus of the MULL (49%) and the secondary humus of the Oligomul (26%) were the most abundant humus forms. There was a significant difference between the main ($p<0.01$) and secondary ($p<0.001$) humus forms between the managed and old growth forest. The effect of most environmental variables and stand characteristics were significant on the changes of humus forms. The effective important variables in the main and secondary humus forms classification were thickness of H horizon, altitude from sea level, geographic direction and tree basal area.

Keywords: Organic horizon, Random forest, Gini index, Humus form.

[*] Corresponding author Tel: +989113701070

www.SID.ir