

تغییرپذیری شاخص‌های کیفی خاک در ارتباط با میکروتوپوگرافی حادث شده از ریشه‌کن شدن درختان جنگلی

یحیی کوچ^{*}، سید محسن حسینی^۱، جهانگرد محمدی^۲ و سید محمد حاجتی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۷/۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۷/۳۰)

چکیده

ریشه‌کن شدن درختان و ایجاد میکروتوپوگرافی‌های پیت و ماند باعث ایجاد شرایط ناهمگن و غیریکنواخت در اکوسیستم خاکی می‌شوند. با توجه به این‌که اکوسیستم جنگلی هیرکانی ایران، اکوسیستمی کوهستانی محسوب شده و دارای درختانی مسن با قطرهای بالا است بنابراین تصور بر آن است که درختان ریشه‌کن شده در چنین اکوسیستمی به تعداد زیاد قابل ملاحظه باشد. لذا هدف از انجام تحقیق حاضر، مطالعه و بررسی میزان تغییرپذیری برخی مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در محل درختان ریشه‌کن شده و موقعیت میکروسایت‌های پیت و ماند است. به همین منظور، مساحت ۲۰ هکتار از جنگل آموزشی- پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس واقع در استان مازندران پیمایش شده و تعداد ۳۴ درخت ریشه‌کن شده از گونه‌های درختی مختلف شناسایی شد. نمونه‌های خاک از پنج میکروسایت بالای ماند، دیواره ماند، دیواره پیت، ته پیت و زیر تاج پوشش بسته (سطح جنگل) به کمک استوانه‌ای مدور با سطح مقطع ۸۱ سانتی‌متر مربع و از سه عمق ۱۵ - ۰، ۳۰ - ۱۵ و ۴۵ - ۳۰ سانتی‌متری گرفته شد. رطوبت، اسیدپته، ماده آلی، نیتروژن و نسبت کربن به نیتروژن خاک در محیط آزمایشگاه اندازه‌گیری گردید. نتایج آماری صورت گرفته نشان داد که بیشترین مقادیر رطوبت، ماده آلی و نیتروژن به ته پیت، اسیدپته به دیواره و بالای ماند، نسبت کربن به نیتروژن به دیواره ماند اختصاص داشته است. اسیدپته خاک تفاوت آماری معنی-داری را در بین عمق‌های مختلف خاک نشان نداده است. نتایج این بررسی می‌تواند در ارزیابی خاک‌های جنگلی و مدیریت جنگل به‌کار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: پیت و ماند، بادافتادگی، رطوبت، اسیدپته، ماده آلی، نسبت کربن به نیتروژن

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور

۲. دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۳. استادیار گروه جنگل‌داری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: yahya.kooch@yahoo.com

مقدمه

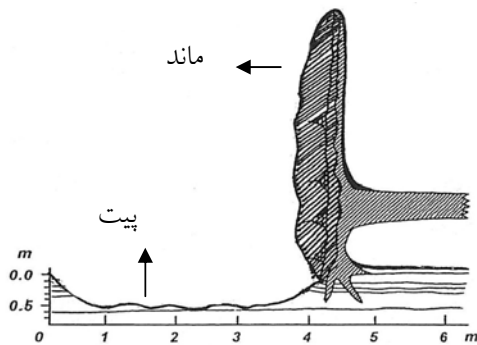
به این که اکوسیستم جنگلی هیرکانی ایران، اکوسیستمی کوهستانی محسوب شده و دارای درختانی مسن با قطرهای بالا می باشد لذا تصور بر آن است که درختان ریشه کن شده در چنین اکوسیستمی به تعداد زیاد قابل ملاحظه باشد. تاکنون مدارک مستندی در منابع داخلی در ارتباط با اثرات درختان ریشه کن شده بر خصوصیات خاک در اکوسیستم های هیرکانی ایران گزارش نشده است. بنابراین هدف از انجام تحقیق حاضر، مطالعه و بررسی میزان تغییرپذیری برخی مشخصه های فیزیکی و شیمیایی خاک در محل درختان ریشه کن شده و موقعیت میکروسایتهای پیت و ماند است.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در جنگل آموزشی - پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس واقع در صلاح الدین کلا از توابع شهرستان نوشهر انجام شد. این منطقه در سری ۳ حوزه آبخیز آغوزچال واقع گردیده که دارای دامنه ارتفاعی ۱۷۰۰ - ۱۰۰ متر از سطح دریا و طول جغرافیایی $51^{\circ}47'39''$ تا $51^{\circ}43'20''$ شرقی و عرض جغرافیایی $36^{\circ}32'56''$ تا $36^{\circ}29'23''$ شمالی است. منطقه مورد مطالعه در تقسیم بندی اقلیمی ایران، جزء نواحی با بارش متوسط ۵۰۰ - ۳۰۰ میلی متر و اختلاف ارتفاع بیش از ۲۰۰ متر واقع شده و براساس دما در اقلیم خیلی سرد قرار می گیرد. میانگین بارندگی سالیانه $1308/8$ میلی متر بوده که با گرادیان منفی به سمت ارتفاعات به حدود ۲۴۰ میلی متر در بالا دست کاهش می یابد (بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی). حداکثر و حداقل متوسط بارندگی ماهیانه به ترتیب در مهرماه و تیرماه با $280/4$ و $37/4$ میلی متر رخ می دهد و حداکثر و حداقل میانگین دمای ماهیانه به ترتیب در تیر و مرداد ۲۵ و در بهمن $6/6$ درجه سانتی گراد است. به منظور انجام این پژوهش، پارسل شماره ۳۰۱ واقع در جنگل مذکور مد نظر قرار گرفت. این پارسل با مساحت ۷۸ هکتار، عرصه حفاظتی بوده و در آن راش با گونه های ممرز، انجیلی، نمدار، شیردار،

به طور کلی عوامل مختلفی مانند یخبندان، آتش سوزی و امثال آنها منجر به ریشه کن شدن درختان می گردد. اما عامل اکولوژیکی باد به عنوان متداول ترین دلیل ریشه کن شدن درختان معرفی گردیده است (۳۴). سالانه تعداد زیادی از درختان در اکوسیستم های جنگلی در اثر وزش بادهای سنگین ریشه کن می شوند. در طی عمل ریشه کن شدن، درخت همراه با حجم بزرگی از ریشه های روی زمین می افتد بنابراین این ریشه ها از خاک بیرون می آیند. آشفته گی ایجاد شده (پیت) شکل ویژه ای در ساختار ریشه ها می باشد (شکل ۱). ریشه های خارج شده از خاک یک ساختار بشقابی شکلی را در مجاورت پیت های ایجاد شده به وجود می آورد که این ساختار بشقابی شکل قسمتی از محتویات خاک را نیز در بر دارد به چنین ساختاری، ماند (شکل ۱) گفته می شود (۲۱). فرآیند خاکسازي تحت تأثیر عوامل مختلفی در اکوسیستم های جنگلی قرار دارد (۴۲). با توجه به طولانی بودن فرآیند پیدایش خاک، بر هم خوردن خاک می تواند نقش بسزایی در پدیده تشکیل خاک داشته باشد (۳۴). ریشه کن شدن درختان آثار متفاوتی را بر خاک اکوسیستم های جنگلی ایجاد می نماید (۱۹). تقریباً ۱۰ تا ۵۰ درصد کف جنگل در اکوسیستم های جنگلی معتدله بوسیله میکروتوپوگرافی پیت و ماند اشغال شده است (۳۷). پراکنش درختان ریشه کن شده و توپوگرافی پیت و ماند به طور تصادفی نمی باشد بلکه پراکنش آنها تا حد زیادی متأثر از مواد مادری، ویژگی های خاک و سیستم ریشه دوانی سطحی در مقابل وزش باد است (۳۲). اکوسیستم هایی با خاک های آلی یا معدنی خیس و مرطوب (سطح ایستابی بالا)، خاک های صخره ای و یا خاک هایی که دارای افق هایی با محدودیت بالا برای ریشه دوانی هستند بیش از سایر محیط در معرض ریشه کن شدن درختان در مقابل وزش باد می باشند (۳۱). ریشه کن شدن درختان و ایجاد میکروتوپوگرافی های پیت و ماند باعث ایجاد شرایط ناهمگن و غیریکنواخت در اکوسیستم خاکی می شوند (۲۱). با توجه



شکل ۱. ساختار پیت و ماند حاصل از ریشه‌کن شدن درخت

پلت و بارانک همراه می‌باشد. ساختار توده، دانه‌زاد ناهمسال و دو اشکوبه بوده و کیفیت توده نیز مناسب می‌باشد. حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح دریا به ترتیب ۲۵۰ تا ۸۰۰ متر بوده و اکثر سطوح این عرصه دارای شیب تند هستند. جهت عمومی پارسل، شمال‌شرقی بوده و دارای سنگ مادر آهکی - دولومیتی است. خاک محدوده مورد مطالعه، راندزین تکامل یافته تا راندزین شسته شده و بافت خاک، سیلتی - کلی - لومی است (۱).

نمونه‌گیری و آنالیز خاک

به منظور انجام این پژوهش، یک محدوده ۲۰ هکتاری از پارسل شماره ۳۰۱ واقع در جنگل مذکور مورد پیمایش صد درصد قرار گرفت. در عرصه مورد نظر، کلیه پیت و ماندها با عمق و ارتفاع حداقل ۰/۳ متر (۲۶) برداشت و ثبت شد. پس از جنگل - گردشی و پیمایش کل محدوده مورد نظر، تعداد ۳۴ درخت ریشه‌کن شده حاوی پیت و ماندهای با عمق و ارتفاع بالای ۰/۳ متر از گونه‌های درختی مختلف شناسایی گردید (جدول ۱). در همه منطقه مورد بررسی پیت و ماندها از افتادن تک درخت حاصل شده بودند. نمونه‌های خاک از پنج میکروسایت بالای ماند، دیواره ماند، دیواره پیت، ته پیت و کف جنگل به کمک استوانه‌ای مدور با سطح مقطع ۸۱ سانتی‌متر مربع (۵، ۱۰ و ۴۳) و از سه عمق ۱۵ - ۰، ۳۰ - ۱۵ و ۴۵ - ۳۰ سانتی‌متری گرفته شد. در داخل هر یک از میکروسایت‌های شناسایی شده،

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در اولین مرحله، نرمال بودن داده‌ها بوسیله آزمون کولموگروف اسمیرنوف و همگن بودن واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر خصوصیات خاک در میکروسایت‌های پیت و ماند و عمق‌های مختلف خاک از تجزیه واریانس دوطرفه استفاده شد. در صورت نرمال نبودن داده‌ها از روش جزری جهت نرمال کردن داده‌ها استفاده گردید. آزمون دانکن نیز به منظور مقایسه چندگانه میانگین به کار گرفته شد. تجزیه و تحلیل آماری کلیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS 11.5 صورت گرفت.

جدول ۱. مشخصات درختان ریشه‌کن شده در عرصه مورد مطالعه

جهت غالب شیب منطقه	شیب غالب عرصه (درصد)	متوسط و دامنه تغییرات ارتفاع از سطح دریا (متر)	میانگین و دامنه تغییرات قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	تعداد درختان	گونه	ردیف
شمال‌شرقی	۶۰ - ۷۰	۶۴۸ (۶۰۲ - ۶۹۴)	۵۹/۵۰ (۴۱ - ۷۸)	۱۸	راش	۱
شمال‌شرقی	۶۰ - ۷۰	۵۹۶ (۵۸۰ - ۶۱۲)	۴۴ (۳۷ - ۵۱)	۱۱	ممرز	۲
شمال‌شرقی	۶۰ - ۷۰	۵۸۰ (۵۵۰ - ۶۱۰)	۳۷ (۳۳ - ۴۱)	۲	افرا شیردار	۳
شمال‌شرقی	۶۰ - ۷۰	۵۶۹/۵۰ (۵۵۳ - ۵۸۶)	۳۸ (۳۷ - ۳۹)	۲	نمدار	۴
شمال‌شرقی	۶۰ - ۷۰	۵۴۶	۳۷	۱	انجیلی	۵

نتایج

تجزیه واریانس مقادیر مشخصه‌های خاک حاکی از آن است که بیشترین مقدار درصد رطوبت به میکروسایت ته پیت، عمق‌های دوم و سوم و کمترین مقدار آن به بالای ماند و عمق اول خاک تعلق داشته و تفاوت آماری معنی‌داری را نشان داده‌اند (جدول ۲ و شکل ۲). بیشترین مقدار اسیدیته خاک در میکروسایت‌های دیواره و بالای ماند و کمترین مقدار این مشخصه در ته پیت دیده شد. عمق‌های مختلف خاک تفاوت آماری معنی‌داری را از نظر این مشخصه نشان نداده است (جدول ۲ و شکل ۳). میکروسایت ته پیت بیشترین مقادیر کربن و ماده آلی خاک را به خود اختصاص داده در حالی که کمترین مقادیر این مشخصه‌ها در دیواره ماند دیده شد. بررسی عمق‌های مختلف خاک نیز بیانگر تجمع بیشتر مقادیر کربن و مواد آلی در قسمت‌های سطحی خاک است (جدول ۲، اشکال ۴ و ۵). میکروسایت ته پیت و عمق اول خاک دارای بیشترین مقدار درصد ازت بوده و کمترین مقدار آن در دیواره ماند و عمق سوم خاک دیده شد (جدول ۲ و شکل ۶). دیواره ماند و عمق سوم خاک دارای بیشترین مقدار نسبت کربن به نیتروژن بوده در حالی که ته پیت کمترین مقدار این مشخصه را به خود اختصاص داده است (جدول ۲ و شکل ۷).

بحث

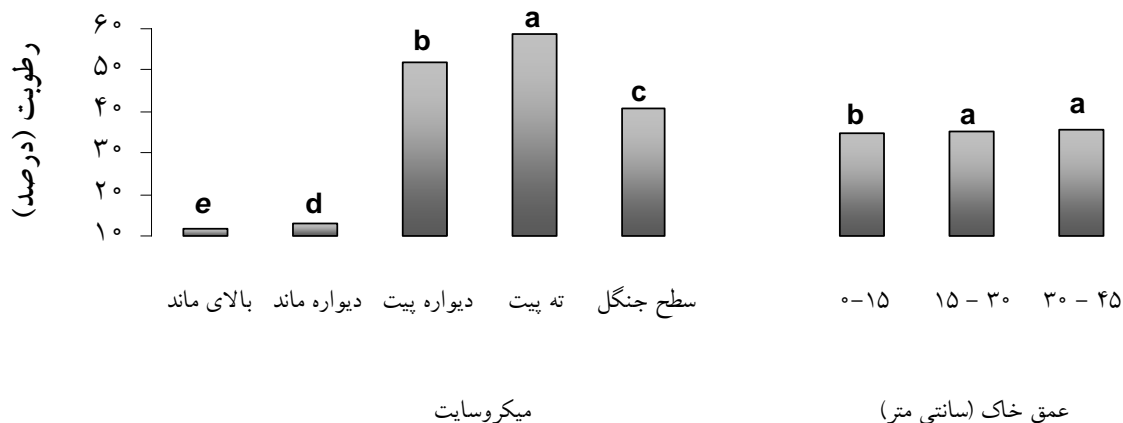
رطوبت

آنالیز آماری صورت گرفته بیانگر آن است که بیشترین مقدار درصد رطوبت به میکروسایت ته پیت، عمق‌های دوم و سوم و کمترین مقدار آن به بالای ماند و عمق اول خاک تعلق داشته و تفاوت آماری معنی‌داری را نشان داده‌اند. به دلیل این که حرکت و تجمع آب روی اجزای متفاوت شیب متفاوت است، انتظار می‌رود خصوصیات خاک‌ها در قسمت‌های مختلف نیز متفاوت باشند (۲۰ و ۲۲). حرکت آب یکی از مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر در فرآیند تشکیل خاک و تکامل زمین‌نماست. توزیع آب هم برای واکنش‌هایی که باعث تغییرات پدولوژیکی می‌شود و هم برای بسیاری از جنبه‌های عملی رفتار خاک مهم است. آب در طول شیب به صورت جریان‌های سطحی و عمقی حرکت می‌کند و در این مسیر نیز قادر است فرسایش شدیدی ایجاد کند. مواد سطحی را از یک قسمت شیب حرکت می‌دهد یا در محل دیگری بر جای می‌گذارد و یا آن را از شیب دور می‌کند. درصد رطوبت از سمت بالای شیب به سمت پایین و انتهای شیب افزایش می‌یابد (۱۲). بنابراین ژئومتری شیب مانند زاویه، طول، جهت و انحنا شیب، بر رواناب و زه‌کشی تأثیر می‌گذارند و در نتیجه مقدار رطوبت با موقعیت‌های مختلف شیب تغییر می‌کند. یکی از مهم‌ترین جنبه‌های ناهمگونی خاک، تأثیر آن بر حرکت آب در خاک است. در بعضی خاک‌ها حرکت جانبی مهم‌ترین عامل تغییرپذیری است. مقدار حرکت جانبی بستگی

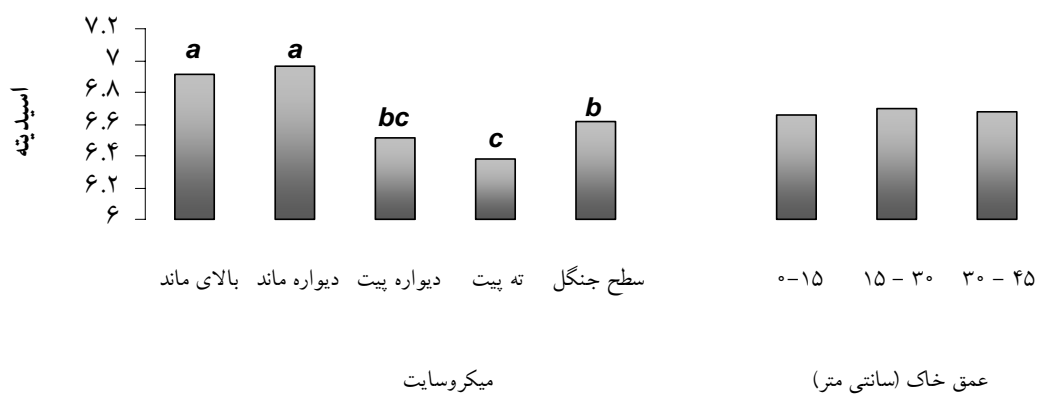
جدول ۲. تجزیه واریانس دوطرفه مشخصه‌های خاک در میکروسایت‌ها و عمق‌های مختلف

F - Value	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	مشخصه‌های خاک / منبع تغییرات	مشخصه‌های خاک
۲۳۰۶۴/۱۸**	۴۸۳۳۸/۳۸	۴	۱۹۳۳۵۴/۵۳	موقعیت	رطوبت
۱۳/۶۴**	۲۸/۶۰	۲	۵۷/۲۱	عمق	
۲۲/۸۵**	۴۷/۹۰	۸	۳۸۳/۲۴	موقعیت × عمق	
۲۶/۷۴**	۶/۳۹	۴	۲۵/۹۵	موقعیت	اسیدیته
۰/۲۷ ^{ns}	۰/۰۶	۲	۰/۱۳	عمق	
۰/۲۵ ^{ns}	۰/۰۶	۸	۰/۴۸	موقعیت × عمق	
۵۱۳۹/۵۷**	۷۷/۴۷	۴	۳۰۹/۸۸	موقعیت	ماده آلی
۱۰۵/۷۰**	۱/۵۹	۲	۳/۱۸	عمق	
۱۳۱/۵۴**	۱/۹۸	۸	۱۵/۸۶	موقعیت × عمق	
۸۲۵۵/۴۶**	۲۶/۵۱	۴	۱۰۶/۰۶	موقعیت	کربن آلی
۱۵۰/۰۱**	۰/۴۸	۲	۰/۹۶	عمق	
۱۹۸/۸۹**	۰/۶۳	۸	۵/۱۱	موقعیت × عمق	
۳۰۲۵/۹۶**	۰/۱۶	۴	۰/۶۶	موقعیت	ازت کل
۱۳۳/۹۴**	۰/۰۰	۲	۰/۰۱	عمق	
۵۹/۷۱**	۰/۰۰	۸	۰/۰۲	موقعیت × عمق	
۲۵۵/۰۶**	۱۷۰/۶۹	۴	۶۸۲/۷۸	موقعیت	نسبت کربن به نیتروژن
۳۱/۷۶**	۲۱/۲۵	۲	۴۲/۵۱	عمق	
۱۱/۱۴**	۷/۴۸	۸	۵۹/۶۶	موقعیت × عمق	

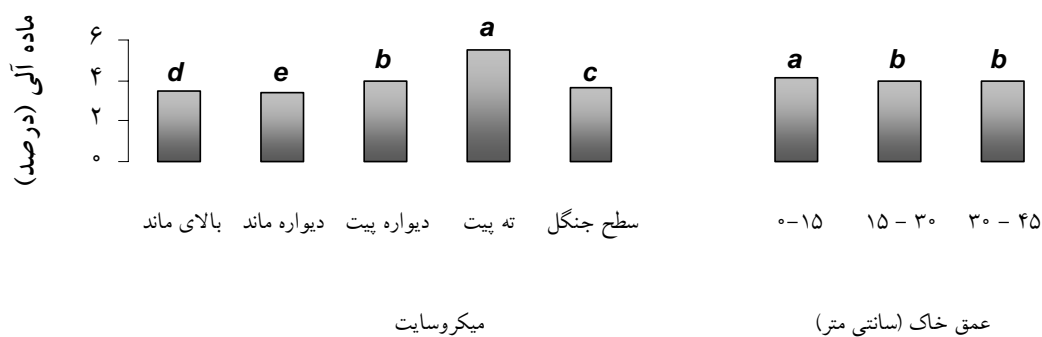
** : معنی‌داری در سطح یک درصد ns : عدم معنی‌داری



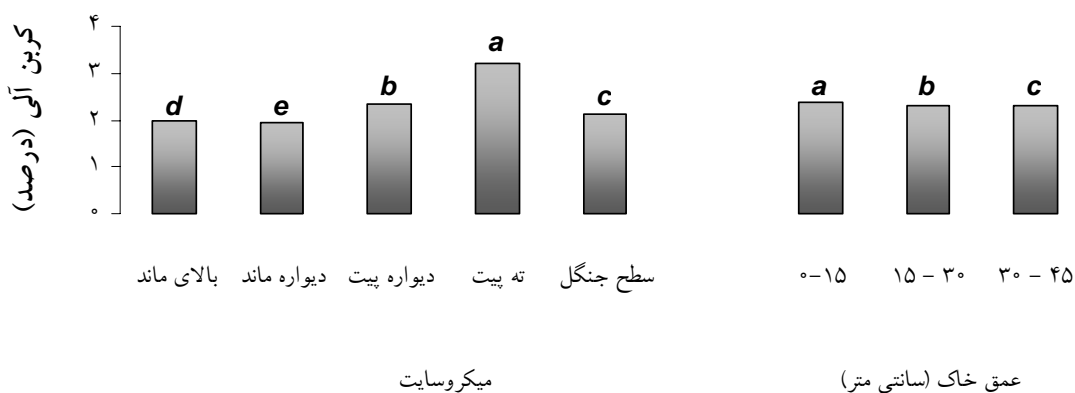
شکل ۲. میانگین مشخصه رطوبت خاک در میکروسایت‌ها و عمق‌های مختلف



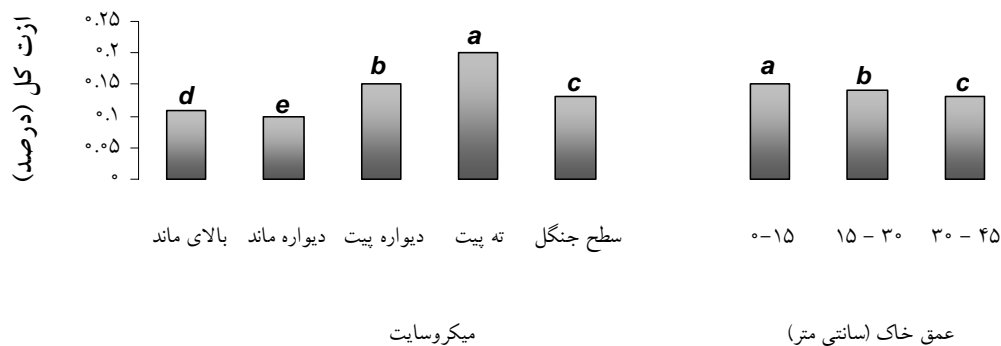
شکل ۳. میانگین مشخصه اسیدیته خاک در میکروسایت‌ها و عمق‌های مختلف



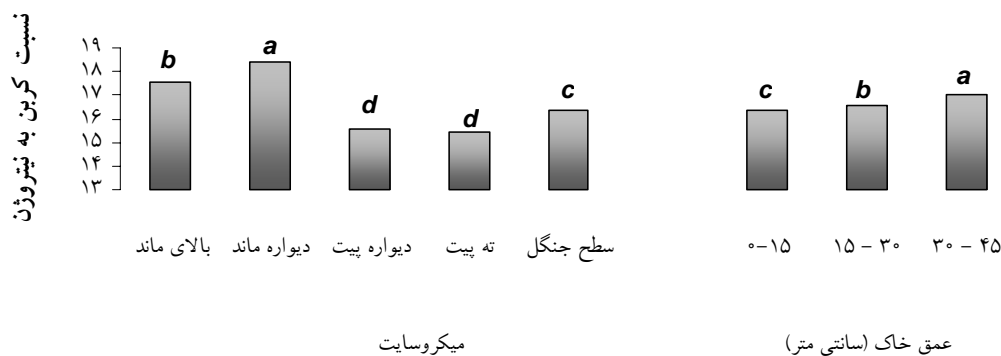
شکل ۴. میانگین مشخصه ماده آلی خاک در میکروسایت‌ها و عمق‌های مختلف



شکل ۵. میانگین مشخصه کربن آلی خاک در میکروسایت‌ها و عمق‌های مختلف



شکل ۶. میانگین مشخصه ازت کل خاک در میکروسایت‌ها و عمق‌های مختلف



شکل ۷. میانگین مشخصه نسبت کربن به نیتروژن خاک در میکروسایت‌ها و عمق‌های مختلف

منجر به زه‌کشی بیشتر خاک در این موقعیت شده و آب خاک در این برآمدگی‌ها به بخش‌های پایین‌تر خاک منتقل شد.

اسیدیته

شونهلنز و همکاران (۳۸) اسیدیته خاک را به عنوان یک شاخص شیمیایی در کیفیت خاک در نظر گرفتند. بسیاری از واکنش‌های شیمیایی که قابلیت دسترسی عناصر غذایی را تحت تأثیر قرار می‌دهند از محیط شیمیایی و بویژه اسیدیته خاک تأثیر پذیرفته‌اند. بنابراین واضح است که اسیدیته خاک باید به عنوان یک شاخص کلیدی در شیمی خاک در نظر گرفته شود. بررسی مقادیر اسیدیته خاک حاکی از وجود تفاوت‌های آماری معنی‌داری در بین میکروسایت‌های مختلف است به طوری که

به شدت تغییرات نفوذپذیری، درجه شیب، شرایط غیراشباع و گرادیان هیدرولیکی دارد و در بیشتر مواقع متناسب با شیب است (۲۳). فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی به علت نوع، جهت و کیفیت حرکت آب روی یا داخل یک شکل زمین تغییر می‌کند و خصوصیات خاک‌ها نیز به دلیل وابستگی مستقیم با این فاکتورها متغیرند. در تحقیق حاضر نیز شیب‌های مختلف موجود در میکروسایت‌های مورد بررسی منجر به حرکت و جریان آب به سمت مناطق پایین‌دست شده و موقعیت پیت نیز با دارا بودن شرایط ویژه‌اش (گودی در زمین) فضای مناسبی را برای تجمع آب فراهم آورده، بنابراین درصد رطوبت در این موقعیت بیش از سایر میکروسایت‌های مورد بررسی دیگر بوده است. در میکروسایت ماند نیز، تشکیل برآمدگی روی زمین

فاکتورهای کیفیت خاک محسوب می‌شود. کربن آلی به عنوان مؤلفه عملکردی و ساختاری حاصل‌خیزی خاک ملاحظه شده و به‌طور وسیعی در مدیریت خاک‌های جنگلی و حاصل‌خیزی رویشگاه استفاده شده است (۱۷). دوران و پارکین (۱۶) از کربن آلی خاک به عنوان یکی از پارامترهای شیمیایی که قابلیت دسترسی به عناصر غذایی را تسهیل می‌کند و یکی از مؤلفه‌های محیطی کیفیت خاک است، نام برده‌اند.

ته و دیواره پیت دارای حداکثر ماده آلی، دیواره و بالای ماند دارای حداقل این مشخصه‌هاست. این تفاوت توسط فرآیند فرسایش که باعث انتقال خاک سطحی غنی از مواد آلی از قسمت‌های بالایی و محدب شیب (بالای ماند) به نواحی مقعر پایین شیب (ته پیت) می‌شود قابل توجیه است. بالا بودن مقدار مواد آلی و محصول‌دهی در بخش‌های مسطح شیب باعث افزایش حجم ریشه و بقایای گیاهی در این موقعیت نیز می‌شود (۲۵ و ۳۰). اثر منفی فرسایش علاوه بر کاهش ضخامت لایه سطحی موجب کاهش مواد آلی و کاهش میکروارگانیسم‌های خاک می‌شود، از این‌رو مقادیر بالای فرسایش خاک مقادیر پایین کربن آلی را به همراه دارد (۲۵، ۲۸ و ۳۹). بنابراین در بخش بالایی شیب با فرسایش شدید، خاکی با رنگ روشن قرار گرفته در حالی که در قسمت‌های پایه و انتهای شیب رنگ خاک بخاطر وجود درصد بالای مواد آلی، تیره‌تر است. در حقیقت تأثیر موقعیت زمین‌نما بر ویژگی‌های مورد اشاره در نتیجه تأثیری است که موقعیت‌های زمین‌نما بر پراکندگی مکانی مواد آلی، رطوبت و احتمالاً کربن بیومس دارد (۱۱). افزایش مقدار رطوبت مؤثر در پایین شیب نیز می‌تواند عامل مؤثری در افزایش کربن آلی در این بخش از زمین‌نما باشد. تفاوت در خصوصیات مانند مواد آلی می‌تواند تأثیر بسزایی در گردش عناصر غذایی و قدرت تحویل عناصر غذایی توسط خاک داشته باشد (۲۴). از طرفی با توجه به تفاوت کربن آلی خاک در میکروسایته‌های مختلف می‌توان گفت که موقعیت زمین‌نما بر توزیع اقلیم‌های میکرو در زمین‌نما اثر می‌گذارد و منجر به تفاوت در پوشش گیاهی و در نتیجه تفاوت در خاک‌ها می‌شود

بیشترین مقدار اسیدیته خاک در میکروسایته‌های دیواره و بالای ماند و کمترین مقدار این مشخصه در ته پیت دیده شد. ولی عمق‌های مختلف خاک تفاوت آماری معنی‌داری را از نظر این مشخصه نشان نداده است. همان‌طور که آشکار است، pH خاک از سمت زمین‌نمای ماند به سمت پیت کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهد. دلیل این تفاوت را می‌توان به فرسایش و نتیجتاً در معرض قرار گرفتن خاک غنی از کربنات کلسیم اقل‌های زیرین در بخش‌های بالایی شیب (بالا و دیواره ماند) نسبت داد. علاوه بر این، به دلیل بالا بودن مواد آلی در بخش‌های انتهایی شیب و وجود کمپلکس‌های اسیدهای آلی، کاهش pH در این قسمت‌ها مورد انتظار است. بالا بودن بیومس میکروبی و در نتیجه افزایش غلظت دی‌اکسید کربن در این موقعیت‌های پایینی شیب از دلایل دیگر کاهش pH در این قسمت‌هاست. نوربخش و همکاران (۸) بیان نمودند که بین مواد آلی خاک با pH یک رابطه منفی معنی‌داری وجود دارد. به‌طوری که با افزایش مواد آلی خاک، مقدار گاز دی‌اکسید کربن حاصل از تجزیه آن نیز افزایش می‌یابد. با افزایش گاز دی‌اکسید کربن، اسید کربنیک بیشتری حاصل می‌شود که باعث کاهش pH می‌شود. نتایج مشابهی نیز توسط اسپارکس (۴۰) و یربی و همکاران (۹) گزارش گردید. نتایج تحقیق خادمی و خیر (۴) نشان داد که pH خاک از سمت شانه شیب به سمت پایه و انتهای شیب کاهش می‌یابد. اگرچه تفاوت معنی‌داری بین بخش‌های بالایی شیب (شانه شیب و شیب پشتی) دیده نشد ولی بین شانه شیب و شیب پشتی با قله، پایه و انتهای شیب تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود داشت. آنها نیز موارد ذکر شده در بالا (فرسایش در بخش‌های بالایی شیب، بالا بودن مواد آلی در پایین شیب و وجود کمپلکس‌های اسیدهای آلی، بالا بودن بیومس میکروبی در پایین شیب) را به عنوان عوامل تأثیرگذار در کاهش pH در بخش‌های پایینی شیب گزارش نمودند.

ماده و کربن آلی

میزان و وضعیت ماده آلی خاک به عنوان یکی از مهم‌ترین

لذا با توجه به میزان کربن آلی در هر یک از موقعیت‌های بالای ماند، دیواره ماند، دیواره پیت، ته پیت و سطح جنگل می‌توان گفت کیفیت خاک در هر یک از موقعیت‌های زمین‌نمای پیت نسبت به میکروسایت‌های ماند و سطح جنگل بهتر است.

بیتی و استون (۱۴) عنوان کرد که پراکنش مواد آلی خاک در جنگل‌های باد افتاده نیویورک به صورت $۵/۷\%$ ($۳/۳۱$) درصد کربن) برای ماند، $۱۷/۸\%$ ($۱۰/۳۲$) درصد کربن) برای پیت، ۱۰% ($۵/۸$) درصد کربن) برای مناطق دست نخورده متغیر بوده است. کلیتون و بیکر (۱۵) گزارش داده‌اند که الگوی پراکنش کربن آلی خاک در حوزه آبخیز کوویتا (Coweeta) در شمال کارولینا، بعد از گذشت یکسال از اتفاق بادافتادگی به صورت: $۲/۱۵$ درصد در ماند، $۲/۱۱$ درصد در دیواره پیت، $۱/۴۲$ درصد در ته پیت و $۴/۷۳$ درصد در کف دست نخورده جنگل دیده شد. بنابراین تغییرات مقادیر کربن نیز در جنگل‌ها متفاوت است. رومیگ و همکاران (۳۳) نیز میزان سلامتی اراضی در فرم‌های مختلف زمین را براساس مقدار ماده آلی تعریف می‌کند. خادمی و خیر (۴) نیز در تحقیق خود نشان داد که موقعیت‌های مختلف زمین‌نما تأثیر شدیدی بر تغییر خصوصیات کیفی خاک دارد. علت تفاوت بسیار فاحش کیفیت خاک براساس ویژگی‌های مورد بررسی در قسمت‌های مختلف شیب را می‌توان به‌طور عمده به تفاوت در سرعت فرسایش و تجمع مواد و درجه تخریب متفاوت در بخش‌های مختلف شکل زمین نسبت داد. شانه شیب به دلیل فرسایش شدید حداکثر تخریب را متحمل شده است و در مقابل بخش‌های پایین زمین‌نما از جمله پایین و انتهای شیب محل تجمع خاک‌های سطحی غنی از مواد آلی بالادست هستند. توکلی و همکاران (۲) نیز ضمن معرفی ماده آلی به عنوان یکی از مهم‌ترین فاکتورهای کیفی خاک، بیان می‌کند که عامل فرسایش منجر به انتقال خاک سطحی غنی از مواد آلی از قسمت‌های بالایی شیب به نواحی گودی شیب می‌شود. در بررسی عمق‌های مختلف خاک نیز در میکروسایت‌های مورد مطالعه، تفاوت آماری معنی‌داری از نظر مشخصه‌های مذکور دیده شد به طوری که بیشترین مقادیر ماده

و کربن آلی به بخش‌های بالایی و افق‌های سطحی خاک تعلق داشته و مقادیر این مشخصه‌ها از افق‌های سطحی به افق‌های زیرین روند کاهشی دارد. لازم به ذکر است با توجه به تجمع لاشبرگ‌ها و بقایای گیاهی در سطح خاک، بالا بودن مقادیر مشخصه‌های مذکور در بخش‌های بالایی خاک کاملاً طبیعی است و با افزایش عمق خاک از مقدار سوبسترا و مواد آلی خاک نیز کاسته می‌شود (۳، ۷ و ۳۸). کیانی و همکاران (۶) نیز در تحقیق خود بیان داشتند که میزان مواد آلی خاک به دلیل افزایش مواد گیاهی تازه در عمق سطحی خاک بسیار زیاد است.

ازت کل

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میکروسایت ته پیت و عمق اول خاک دارای بیشترین مقدار درصد ازت بوده و کمترین مقدار آن در دیواره ماند و عمق سوم خاک دیده شد. میزان نیتروژن کل رابطه مستقیم با درصد مواد آلی دارد که موافق با تحقیقات سانچز - مارانون (۳۵) است. ناچترگال و همکاران (۲۹) بیان می‌کند که ماندها با توجه به این که نسبت به سطح زمین ارتفاع بیشتری را ایجاد می‌کنند بنابراین به دلیل آبشویی و زه‌کشی، محتوی کربن و نیتروژن روی ماند تا حد قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. چنین پدیده‌ای در تحقیق حاضر نیز قابل مشاهده است. جعفری حقیقی (۳) بیان می‌کند که خاک‌های اشباع از آب از نظر ازت غنی‌تر از سایر خاک‌ها هستند و مقدار آن در طبقات زیرین کمتر از لایه‌های سطحی است.

نسبت کربن به نیتروژن

نسبت‌های کربن و نیتروژن خاک بسیار مرتبط با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بیولوژی خاک می‌باشد و به‌طور گسترده به عنوان شاخص‌های کیفیت خاک محسوب می‌شوند (۱۸ و ۴۴). مطالعات مختلفی نسبت‌های کربن و نیتروژن خاک را به عنوان متغیرهای مهم در حاصل‌خیزی خاک‌های جنگلی عنوان نمودند (۲۷ و ۴۴). بررسی صورت گرفته حاکی از آن است که دیواره ماند و عمق سوم خاک دارای بیشترین مقدار نسبت کربن به

نیتروژن بوده در حالی که ته پیت کمترین مقدار این مشخصه را به خود اختصاص داده است. تیلور و همکاران (۴۱) نسبت کربن به نیتروژن را به عنوان شاخصی برای تعیین میزان تجزیه هوموس و لاشبرگ قلمداد می‌کند. بارتون و همکاران (۱۳) نیز مقادیر کربن، نیتروژن و نسبت کربن به نیتروژن را در میکروسایتهای مختلف پیت و ماند مورد بررسی قرار داد. نتایج تحقیق آنها نشان داد که بیشترین مقادیر کربن، نیتروژن و نسبت کربن به نیتروژن در قسمت دست نخورده جنگل بوده و میکروسایتهای مختلف از این لحاظ اختلاف معنی‌داری را نشان دادند.

نتیجه‌گیری

از آنجایی که خصوصیات خاک دارای ارتباط مکانی هستند و نتیجه فعل و انفعالات فرآیندهای تشکیل خاک، پراکندگی مکانی خصوصیات خاک است. از طرفی فاکتورهای مؤثر بر شکل تغییرات لزوماً در مکان‌های مختلف شبیه نیستند و عواملی مانند طول، جهت و انحنای شیب، زاویه، مقدار رواناب، زه‌کشی، دمای خاک و فرسایش تشکیل خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند و در نتیجه کاهش میزان مواد آلی و تخریب

خصوصیات فیزیکی خاک را به همراه دارد. از آنجایی که بهره‌برداری ناآگاهانه و مدیریت‌های ناپایدار در جنگل‌های کشور تهدید جدی برای این منابع می‌باشد و مدیریت‌های اعمال شده توسط انسان بخصوص در دهه‌های اخیر اثری منفی داشته و تخریب خاک و ناپایداری اکوسیستم‌های طبیعی را به همراه داشته است توسعه مدیریتی پایدار با توانایی لازم جهت حفظ یا بهبود کیفیت خاک یکی از راه‌هایی است که برای رفع این مشکل پیشنهاد شده است و برای دستیابی به این نوع مدیریت‌ها برای هر منطقه باید کیفیت خاک در آن منطقه ارزیابی شود. نتایج به دست آمده بر این امر دلالت دارد که ریشه‌کن شدن درختان و تشکیل میکروسایتهای متعدد (پیت و ماندها) می‌تواند باعث ایجاد شرایط ناهمگن و غیریکنواخت در اکوسیستم خاکی (تنوع خاک Pedodiversity) شود که این موضوع می‌تواند در نهایت به افزایش تنوع گونه‌های گیاهی، افزایش تنوع زیستی و پایداری اکوسیستم منجر گردد. مدیریت درختان ریشه‌کن شده از جمله ضروریات اساسی در بحث مدیریت اکوسیستم‌های جنگلی هیرکانی ایران است که باید مورد توجه خاص قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

۱. بی نام، ۱۳۸۱. طرح جنگلداری آغوزچال (سری ۳). اداره کل منابع طبیعی استان مازندران - نوشهر، ۳۲۸ صفحه.
۲. توکلی، م.، ف. رئیسی و م. ح. صالحی. ۱۳۸۷. مطالعه برخی از شاخص‌های کیفیت خاک در باغات بادام واقع در شیب‌های شمالی و جنوبی منطقه سامان شهرکرد. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ۱۵ (۱): ۱۳.
۳. جعفری‌حقیقی، م. ۱۳۸۲. روش‌های تجزیه خاک (نمونه‌برداری و تجزیه‌های مهم فیزیکی و شیمیایی). انتشارات ندای ضحی، ساری.
۴. خادمی، ح. و ح. خیر. ۱۳۸۳. تغییرپذیری برخی از خصوصیات کیفی خاک سطحی در مقیاس زمین‌نما در اراضی مرتعی اطراف شهرستان سمیرم. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان ۲: ۵۹ - ۷۳.
۵. رحمانی، ر. و ح. زارع‌مایوان. ۱۳۸۲. بررسی تنوع و ساختار اجتماع بی‌مهرگان خاکریز در تیپ‌های جنگلی راش، ممرز و بلوط - ممرز. مجله منابع طبیعی ایران ۵۶: ۴۲۵ - ۴۳۷.
۶. کیانی، ف.، ا. جلالیان، ع. پاشایی و ح. خادمی. ۱۳۸۶. نقش جنگل‌تراشی، قرق و تخریب مراتع بر شاخص‌های کیفیت خاک در اراضی لسی استان گلستان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان ۴۱: ۴۵۳ - ۴۶۳.

۷. نوابزاده، م. ۱۳۸۶. خاک‌شناسی عمومی. نشر آموزش کشاورزی، کرج.
۸. نوربخش، ف.، ا. جلالیان و ح. شریعتمداری. ۱۳۸۲. تخمین گنجایش تبدلی کاتیونی خاک با استفاده از برخی ویژگی‌های فیزیک و شیمیایی خاک. مجله علوم و فنون کشاورزی اصفهان ۳: ۱۰۷-۱۱۷.
۹. یثربی، ج.، ن. ع. کریمیان، م. مفتون، ع. ابطحی، ع. رونقی و م. ت. آساد. ۱۳۸۲. توزیع شکل‌های نیتروژن در خاک‌های آهکی تحت کشت استان فارس و رابطه آنها با ویژگی‌های خاک. مجله علوم و فنون کشاورزی اصفهان ۷: ۳۹-۵۱.
10. Alberti, G., M. Kratzmann, C. Blazsak, H. Streit and U. Blumroder. 1991. Soil mites and acidification: A comparative study of four stands near Heidelberg. PP. 491 – 493. *In*: Schuster, R. and P. W. Murphy. (Ed.), The Acari. Chapman and Hall, London.
11. Alef, K. 1995. Soil enzymes. PP. 105 – 116. *In*: Alef, K. and P. Nannipieri (Eds.), Methods in Applied Soil Microbiol. and Biochem. Academic Press, New York, USA.
12. Banerjee, M. R. and D. L. Burton, 1998. Landscape induced variation in soil biological quality in Manitob. Soil Biol. Biochem. 30: 1152 - 1158.
13. Barton, D., C. Corey and R. Baker. 2000. Catastrophic windthrow in the southern Appalachians: characteristics of pits and mounds and initial vegetation responses. Forest Ecol. and Manage. 126: 51 – 60.
14. Beatty, S. W. and E. L. Stone. 1986. The variety of soil microsites created by tree falls. Can. J. Forest Res. 16: 539 – 548.
15. Clinton, B. D. and C. R. Baker. 2000. Catastrophic windthrow in the Southern Appalachians: characteristics of pit and mounds and initial vegetation responses. Forest Ecol. and Manage. 126: 51 – 60.
16. Doran, I. W. and T. R. Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. *In*: Schoenholtz, S. H., Van Miegore, H., and Burger, J. A. 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of soil quality: Challenges and opportunities. Forest Ecol. and Manage. 1328: 335 - 356.
17. Dowling, A. Y., A. A. Webb and Y. C. Scanlon. 1986. Surface soil chemical and physical patterns in a brig low - Dawson gum forest central careens land. J. Ecol. 12: 155 -182.
18. Fu, B. J., S. L. Liu, K. M. Ma and Y. G. Zhu. 2004. Relationships between soil characteristics, topography and plant diversity in a heterogeneous deciduous broad - leaved forest near Beijing, China. Plant and Soil 261: 47 - 54.
19. Gabet, E. J., O. J. Reichmann and E. W. Seabloom. 2003. The effects of bioturbation on soil processes and sediment transport. Ann. Rev. Earth and Planetary Sci. 31: 249 – 273.
20. Gerrard, J. 1992. Soil geomorphology, an integration of pedology and geomorphology. Chapman and Hall Pub. Co. New York.
21. Gomoryova, E., K. Strelcova, J. Skvarenina, J. Bebej and D. Gomory. 2008. The impact of wind throws and fire disturbances on selected soil properties in the Tetra National Park. Soil and Water Res. 3: 574 – 580.
22. Gregorich, E. G., M. R. Carter, J. W. Doran, C. E. Pankhurst and L. M. Dwyer. 1997. Biological attributes of soil quality. PP. 81 – 114. *In*: E. G. Gregorich and M. R. Carter (Eds.), Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health. Elsevier Sciences, Amsterdam, The Netherlands.
23. Harris, R. F., D. L. Karlen and D. I. Mulla. 1996. A conceptual framework for assessment of soil quality and health. Soil Sci. Soc. Amer. J. 49: 61 - 82.
24. Hassink, J. 1999. Effects of soil texture and grassland management on soil organic C and N, and rates of C and N mineralization. Soil Water Conserv. 44: 328 - 332.
25. Jones, A. J., L. N. Midke, C. A. Bartles and C. A. Miller. 1989. Relationships of landscape position and properties to crop production. J. Soil Water Conserv. 44: 328 -332.
26. Liechty, H. O., M. F. Jurgensen, G. D. Mroz and M. R. Gale. 1997. Pit and mound topography and its influence on storage of carbon, nitrogen, and organic matter within an old - growth forest. Can. J. Forest Res. 27: 1992 – 1997.
27. Loffler, J. 2007. The influence of micro - climate, snow covers, and soil moisture on ecosystem functioning in high mountains. J. Geograph. Sci. 42: 128 - 137.
28. Malo, D. D., B. K. Worcester, D. K. Cassel and K. D. Matzdrot. 1974. Soil landscape relationships in closed drainage system. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 38: 813 - 818.
29. Nachtergale, L., K. Ghekiere, A. D. Schrijver, B. Muys, S. Lussaert and N. Lust. 2002. Earthworm biomass and species diversity in windthrow sites of a temperate lowland forest. Pedobiologia 46: 440 – 451.
30. Pennock, D. J., B. L. Mc Cann, E. Dejong and D. S. Lemmen. 1999. Effect of soil redistribution on soil properties in a cultivated Solonchic - Chnozemic landscape of southwestern Sashatchewan. Can. J. Soil Sci. 79: 593 – 601.
31. Peterson, C. J. 2007. Consistent influence of tree diameter and species on damage in nine eastern North America tornado blow downs. Forest Ecol. and Manage. 250: 96 - 106.

32. Phillips, J. D. and D. A. Marion. 2006. The biomechanical effects of trees on soils and regolith: beyond tree throw. *Ann. Assoc. Amer. Geograph.* 96: 233 - 247.
33. Romig, D. E., M. J. Garlynd and R. F. Harris. 1996. Farmer based assessment of soil quality: A soil health scorecard. *In: Doran, J. W., Jones, A. J. (Eds.), Methods for Assessing Soil Quality.* Soil Science Society of America. Special Publication. 49: 39 - 60.
34. Samonil, P., L. Antolik, M. Svoboda and D. Adam. 2009. Dynamics of windthrow events in a natural fir – beech forest in the Carpathian Mountains. *Forest Ecol. and Manage.* 257: 1148 - 1156.
35. Sanchez - Maranon, M., M. Soriano, G. Delgado and R. Delgado. 2002. Soil quality in Mediterranean mountain environment: effect of land use change. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 66: 948 - 958.
36. Scahrenbroch, B. C. and J. G. Bockheim. 2007. Impacts of forest gaps on soil properties and processes in old growth northern hardwood – hemlock forests. *Plant and Soil* 294: 219 - 233.
37. Schaetzl, R. J., S. F. Burns, T. W. Small and D. L. Johnson. 1990. Tree uprooting: review of types and patterns of soil disturbance. *Phys. Geogr.* 11: 277 - 291.
38. Schoenholtz, S. H., H. Van Miegroet and J. A. Burger. 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecol. and Manage.* 138: 335 - 356.
39. Seeling, B. D., J. L. Richardson and W. T. Barker. 1994. Sodic soil toposequence related to focused water flow. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 58: 156 - 163.
40. Sparks, D. L. 1995. *Environmental Soil Chemistry.* Academic Press Inc., N. Y., USA.
41. Taylor, B. R., D. Parkinson and W. F. Parson. 1989. Nitrogen and lignin content as predictors of lignin decay rates. A microcosm test. *Ecology* 70: 97 - 104.
42. Ulanova, N. G. 2000. The effects of windthrow on forests at differential spatial scales: a review. *Forest Ecology and Manage.* 135: 155 - 167.
43. Wolley, T. A. 1982. Mites and other soil micro arthropods. PP. 1131 - 1142. *In: page, A. L. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties.* 2nd ed., Madison, Wisconsin.
44. Zushi, K. 2006. Spatial distribution of soil carbon and nitrogen storage and forest productivity in a watershed planted to Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don). *J. Forest Res.* 11: 351 - 358.