



## کاربرد شاخص MISECA در مطالعات خاکشناسی پارینه توالی های لس-خاک قدیمی در طول یک ردیف اقلیمی در شمال ایران

علی شهریاری<sup>۱</sup>، فرهاد خرمالی<sup>۲</sup>، علیرضا کریمی<sup>۳</sup> و مارتین کهل<sup>۴</sup>  
۱- استادیار گروه علوم خاک دانشگاه زابل، ۲- استاد گروه علوم خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۳- دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه فردوسی مشهد، ۴- استاد انستیتوی جغرافیا دانشگاه گلن

### چکیده

رسوبات لسی شمال ایران، منعکس کننده چندین چرخه تغییر اقلیم و تکامل سیمای سرزمین برای دوره میانی تا انتهایی کواترنری هستند. برای بررسی کاربرد شاخص میکرومورفولوژیکی MISECA در مطالعات خاکشناسی پارینه، سه توالی لس-خاک قدیمی (آق بند، مبارک آباد و نکا) در طول یک شیب آکولوژیکی در استان های گلستان و مازندران، در شمال ایران مطالعه شد. نتایج مطالعات خاکشناسی پارینه نشان داد که توالی آق بند تنها یک دوره ابتدایی خاک سازی را در گذشته نشان می دهد، در صورتی که توالی مبارک آباد حدود ۵ دوره و نکا حداقل ۶-۴ دوره مختلف خاک سازی با درجه تکاملی مختلف و بیشتر را نشان می دهند. با حرکت در طول شیب آکولوژیکی میزان تکامل و تنوع افق ها که نتیجه فعالیت های پدوژنیک بودند و با اقلیم رابطه مستقیم دارند، بیشتر می شود. نتایج مطالعات میکرومورفولوژیکی تأییدی بر نتایج مطالعات مورفولوژیکی صحرائی و آزمایش های فیزیکوشیمیایی بود. شاخص MISECA به خوبی تغییرات پدولوژیکی را در افق های مختلف در توالی های مورد مطالعه نشان داد.

واژه های کلیدی: میکرومورفولوژی خاک، محیط گذشته، آق بند، مبارک آباد، نوده

### مقدمه

یکی از فرآیندهای دوره کواترنز، دوره های یخچالی و بین یخچالی است که در دوره های یخچالی رسوب لس و در دوره های بین یخچالی خاک های قدیمی در رسوبات لسی تشکیل شده اند (Liu et al., ۱۹۹۹). از این رو توالی های لس-خاک قدیمی در فراهم آوردن اطلاعات و داده های مختلف در مورد اقلیم و محیط گذشته می توانند بکار گرفته شوند (Schaeztl & Anderson, ۲۰۰۵). خاکشناسی پارینه<sup>۵۲</sup> مطالعه ی پیدایش، خصوصیات، اقلیم و زمین نما ثبت شده در خاک های فسیلی<sup>۵۳</sup> و یا خاک های قدیمی است (Driese, ۲۰۰۹). هدف اصلی مطالعات خاکشناسی پارینه، بازسازی شرایط پیدایش خاک برای شناسایی عوامل خاک ساز و همچنین بازسازی شرایط محیطی گذشته می باشد (Morozova & Velichko, ۲۰۰۹). یکی از تکنیک های مهم برای شناسایی و تفسیر لس-خاک قدیمی در راستای مطالعات اقلیم شناسی گذشته، بررسی میکرومورفولوژیکی خاک می باشد. از بررسی نیمه کمی و کمی مشخصه های میکرومورفولوژی می توان در تشخیص افق های مشخصه مانند کلسیک و آر جیلیک، تشخیص افق های مدفون، شبیه سازی رسوب گذاری لس ها، پیش بینی تغییرات اقلیم و دوره های خشک و مرطوب گذشته، فرآیند رسوب گذاری و فرسایش، بهره گرفت (کریمی، ۱۳۸۷).

Khormali et al. (۲۰۰۳) برای طبقه بندی افق های آر جیلیک بر اساس میزان تحول، شاخص میکرومورفولوژیکی<sup>۵۴</sup> MISECA را ارائه نمودند. غفارپور (۱۳۹۱) نیز با مقایسه درجه تکامل افق های B خاک های جدید و خاک های قدیمی در دو منطقه آق بند و مبارک آباد با استفاده از شاخص MISECA نشان داد، که افق آر جیلیک پائوسول ها در منطقه مبارک آباد داری بیشترین درجه تکامل می باشند. همچنین ضیایی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از خصوصیات میکرومورفولوژیکی چند مقطع لسی در گرگان اظهار داشتند که خاک های قدیمی از تکامل پروفیلی قابل توجهی برخوردار بودند که در مقاطع نازک آن ها شستشوی آهک و مهاجرت متعاقب رس و افق آر جیلیک در آن ها مشاهده شد.

با توجه به این موضوع که می توان از خصوصیات پدولوژیکی توالی های لس-خاک قدیمی جهت بازسازی فرایندهای خاک سازی گذشته حاکم بر خاک استفاده نمود و به تبع آن، شرایط اقلیمی زمان تشکیل را بازسازی کرد، این تحقیق با هدف امکان بکارگیری شاخص MISECA در مطالعات خاکشناسی پارینه در کلیه افق های توالی های لس-خاک قدیمی به عنوان شاخص تحول و تکامل خاک، در طول یک ردیف اقلیمی در رسوبات لسی شمال ایران انجام شد.

۵۲. Paleopedology

۵۳. Fossil soils

۵۴. Micromorphological index of soil evolution in highly calcareous arid to semiarid conditions

## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - پیدایش، رده بندی، ارزیابی خاک و زمین نما

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در شمال کشور واقع و دارای مواد مادری لسی و مشتق از لس است. مناطق مورد مطالعه شامل توالی‌های لس-خاک قدیمی در سه منطقه آق‌بند، مبارک‌آباد (استان گلستان) و نکا (استان مازندران) می‌باشند (جدول ۱).

جدول ۱. خصوصیات عمومی توالی‌های لس-خاک قدیمی مورد مطالعه

منطقه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)	متوسط بارندگی سالیانه (mm)	متوسط دمای سالیانه (C°)	نوع کاربری
آق‌بند	۵۵.۰۹.۴۶	۳۷.۳۷.۱۰	۱۷۰	۳۵۰	۱۷	مرتع
مبارک‌آباد	۵۵.۱۸.۱۴	۳۷.۰۹.۳۳	۳۱۰	۶۷۰	۱۷	بوته زار
نکا	۵۳.۲۰.۴۶	۳۶.۳۹.۳۷	۱۱۶	۷۵۰	۵/۱۶	بوته زار

منطقه آق‌بند در ابتدای پلاتوی لسی شمال ایران قرار دارد و دارای میزان بارندگی کمتری نسبت به دو منطقه دیگر است و به عبارت دیگر در خشک‌ترین قسمت این شیب اکولوژیکی قرار دارد. این مقطع با ضخامت حدود ۴۰ متر، تنها یک خاکرخ قدیمی دارد. توالی مبارک‌آباد در نزدیکی روستایی به همین نام در جاده آزادشهر به گنبد کاووس واقع شده است. توالی لس-خاک قدیمی نکا در ۱۰ کیلومتری شهر نکا در جاده بهشهر به نکا واقع شده است. در زیر این توالی معدن سنگ آهک وجود دارد و در بالای تپه، اراضی کشاورزی (باغ) و در حاشیه آن بوته‌زارهای تمشک قرار گرفته است.

جهت نمونه‌برداری، ابتدا پس از کنار زدن خاک رویی (حداکثر تا نیم متر)، ترانسه‌هایی در محل ایجاد شد و پس از حصول اطمینان از دست نخورده بودن خاک، اقدام به تشریح بر اساس راهنمای تشریح و نمونه برداری صحرایی خاک (National soil survey center, ۲۰۱۲) و نمونه‌برداری از افق‌ها خاک انجام شد. برای مطالعات میکرومورفولوژی نمونه‌های دست‌نخورده از افق‌های مورد نظر برداشته شد و با استفاده از روش‌های متداول از این نمونه‌ها، مقاطع نازک تهیه شدند. مقاطع با میکروسکوپ پلاریزان در نور عادی (PPL) و نور پلاریزه (XPL) و بر اساس روش (Bullock et al., ۱۹۸۵) و تعاریف (Stoops ۲۰۰۳) مطالعه شدند.

### نتایج و بحث

در توالی آق‌بند (جدول ۲) بی‌فابریک غالب از نوع کریستالیتیک<sup>۵۵</sup> است. کریستال‌های عدسی شکل گچ در اکثر افق‌ها حضور دارند که نشان‌دهنده اقلیم خشک‌تر این منطقه می‌باشد. تجمع کربنات کلسیم ثانویه به صورت پوشش‌های آهکی، نودول‌های کوچک، آهک سوزنی شکل و پرشدگی‌ها بخصوص در افق Bky نشان‌دهنده شستشو در افق‌هایی بالایی است و با بی‌فابریک افق Bw که در بعضی مناطق اسپیکلد (لکه‌ای)<sup>۵۶</sup> است، هم‌خوانی دارد. بیشترین تکامل را بر اساس شاخص MISECA افق Bw داراست اما به‌طور کلی همه افق‌های مورد بررسی در این توالی جزء خاک‌هایی با تحول ضعیف طبقه‌بندی می‌شوند.

جدول ۲. برخی خصوصیات عمده میکرومورفولوژیکی توالی لس-پالئوسول آق‌بند

خاکرخ/افق	میکروساختمان	بی-فابریک	پوشش رسی	منطقه تخلیه شده از آهک %	درجه هواپدیدی	اکسیدهای آهن و منگنز	MISECA
A/۱	Vughy	Calcitic crystallitic	-	-	.	Few	weakly :۳ developed
C۱/۱	Massive and partially Vughy	Calcitic crystallitic	-	-	.	-	weakly :۲ developed
Bw۱/۱	Moderately separated sbk* and few channels	Crystallitic and partially speckled	-	۲۰	.	Few to common	weakly :۶ developed
Bky/۱	Weakly separated sbk and few channels and chambers	Calcitic crystallitic	-	-	.	-	weakly :۳ developed
Ck/۱	Massive and partially vughy	Calcitic crystallitic	-	-	.	-	weakly :۲ developed

\* sbk: مکعبی گوشه دار، مکعبی بدون گوشه.

در توالی لس-خاک قدیمی مبارک‌آباد (جدول ۳) به علت شرایط بهتر اقلیمی و خاک‌سازی میزان تحول و تکامل بیشتر بود. خاکرخ ۱ این توالی در شرایط کنونی تشکیل شده و دارای افق Bt با تحول متوسط ولی نزدیک به خوب است. در این خاکرخ خاک مدفونی (افق BAKb) با تکامل ضعیف دیده شد. خاکرخ‌های ۲، ۳ و ۴ دارای تکامل و تحول ضعیفی هستند و فعالیت‌های خاک‌سازی رخ داده در این خاکرخ‌ها تغییر رنگ، تشکیل ساختمان، شستشو و تجمع کربنات‌های ثانویه می‌باشد. حضور سخت لایه‌های آهکی پتروکلسیک بخصوص در خاکرخ ۴ نشان از شستشوی زیاد آهک از افق‌های بالایی و تجمع آن در این افق‌ها و احتمالاً دوره‌ای پایدار در شرایط محیطی برای تشکیل این افق، دارد. در خاکرخ پنجم این توالی همانطور که در بخش قبل نیز اشاره شد افق آرچلیکی با ضخامت زیاد با بی‌فابریک اسپیکلد (لکه‌ای) و بخش‌هایی استریپتد (خطی)<sup>۵۷</sup> مشاهده شد. این افق دارای درجه تحول خوب بر اساس شاخص MISECA بود و بالاترین عدد را در کل توالی‌ها و افق‌های مورد مطالعه به خود اختصاص داده است. پوشش‌های رسی تکامل و زیادی بر روی سطوح خاکدانه‌ها، حفرات و در ماتریکس خاک به صورت هیپوکوتینگ، کوازی کوتینگ<sup>۵۸</sup> و طولیل‌شدگی در

۵۵. Crystallitic

۵۶. Speckled

۵۷. Striated

۵۸. Quasicoating

## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - پیدایش، رده بندی، ارزیابی خاک و زمین نما

این خاکرخ مشاهده شد. در خاکرخ ششم نیز افق Bt با تحول متوسط مشاهده شد که نشان از یک دوره مناسب اقلیمی و خاکسازي دارد.

خاکرخ اول توالی لس - خاک قدیمی نکا که در شرایط کنونی تشکیل شده است بر اساس شاخص MISECA دارای تکامل متوسط تا خوب می باشد. ساختمان خوب و پوشش های رسی زیاد نشان از شرایط خاکساز و اقلیمی مناسب در این خاکرخ دارد. خاکرخ ۲ یک دوره خاکسازي ضعیف را نشان داد و خاکرخ ۳ با حضور افقی Bt با تحول متوسط شرایطی بهتر را نشان می دهد. خاکرخ ۴ اما با وجود افق تیره رنگ ABtk در وسط این خاکرخ می تواند نشان دهنده دو دوره خاکساز در شرایط اقلیمی مناسب باشد زیرا که درجه تحول این خاک نیز متوسط و نزدیک به خوب است. شستشوی زیاد در این خاکرخ نیز باعث تشکیل پتروکلسیک شده است. شرایطی مشابه را در خاکرخ پنجم نیز با حضور افق تیره رنگ ABtkc شاهد هستیم. در این خاکرخ حضور نودول های آهن و منگنز و هم وجود افق Btkg نشان از شرایط احیایی دارد. در توالی های قبلی بیشتر اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و منگنز در افق ها دیده می شد ولی در این توالی (بخصوص این خاکرخ) مقدار زیادی نودول مشاهده شد. در انتهای این توالی نیز همانطور که در بخش قبل اشاره شد افق Crtk وجود دارد که در میکرومورفولوژی نیز خصوصیات این افق موید تشریح صحرائی بود ولی بر اساس شاخص MISECA جزء خاک های با تحول متوسط طبقه بندی شد که آن هم به دلیل تعاریف این شاخص و نحوه امتیازدهی است. به هر حال به نظر می رسد فراهمی رطوبت در این توالی از توالی های دیگر در طول زمان و دوره های مختلف بیشتر بوده است.

جدول ۳. برخی خصوصیات عمده میکرومورفولوژیکی توالی لس - پالتوسول مبارک آباد

MISECA	اکسیدهای آهن و منگنز	درجه هوادیدگی	منطقه تخلیه شده از آهک %	پوشش رسی	بی-فابریک	میکروساختمان	خاکرخ / افق
moderately :۱۵ developed	Few to common	۱	۸۰	Common to many	Speckled	Moderately separated sbk	Bt/۱
weakly :۷ developed	Few to common	۱	۳۵	-	Crystallitic and partially speckled	Moderately separated sbk and many channels and chambers	Bk/۱
weakly :۵ developed	Few	۱	۴۰	-	Crystallitic and partially speckled	weakly separated sbk and many channels and chambers	BAkb/۱
weakly :۴ developed	-	۰	۳۰	-	Calcitic crystallitic	Weakly separated sbk and few channels	CBk/۲
weakly :۵ developed	Few	۰	۳۵	-	Crystallitic and partially speckled	Weakly separated sbk and few channels	ABk/۲
weakly :۵ developed	Few	۰	۳۰	-	Crystallitic and partially speckled	Weakly separated sbk	CBk/۳
weakly :۶ developed	Few to common	۰	۴۰	-	Crystallitic and partially speckled	Weakly separated sbk and few channels	BA/۳
weakly :۳ developed	Few	۰	-	-	Calcitic Crystallitic	Massive and vughy	Bkk/۳
weakly :۴ developed	Few	۰	-	-	Crystallitic and partially speckled	Massive and vughy	CBk/۴
weakly :۷ developed	Few to common	۰	۶۰	-	Crystallitic and partially speckled	Weakly separated sbk and few to common channels and chambers	Bw/۴
weakly :۳ developed	Few	۰	-	-	Calcitic crystallitic	Massive and vughy	Bkkm/۴
moderately :۱۷ developed	Few to common	۱	۸۰	Common to many	Speckled	Moderately separated abk and common channels	Bt/۵
well :۲۰ developed	Common	۲	۸۵	Many	Speckled partially striated	Well separated abk and many channels	Bt/۵
well :۲۰ developed	Common	۲	۸۰	Many	Speckled partially striated	Well separated abk and many Channels	Bt/۵
weakly :۳ developed	Few	۰	-	-	Calcitic crystallitic	Massive and vughy	Ck/۵
weakly :۶ developed	Few to common	۰	۴۵	Few	Crystallitic and partially speckled	Vughy and few chamber	CBk/۶
moderately :۱۳ developed	Few to common	۱	۷۰	Common	speckled	Moderately separated abk and common channels	Bt/۶
weakly :۴ developed	Few	۰	۱۰	-	Calcitic crystallitic	Weakly separated sbk and few chamber	Bk/۶

جدول ۴. برخی خصوصیات عمده میکرومورفولوژیکی توالی لس - پالتوسول نکا

MISECA	اکسیدهای آهن و منگنز	درجه هوادیدگی	منطقه تخلیه شده از آهک %	پوشش رسی	بی-فابریک	میکروساختمان	خاکرخ / افق
moderately :۱۲ developed	Few to common	۱	۸۰	-	Speckled	Moderately separated abk and many channels	A/۱
well :۱۸	Common	۲	۸۵	Many	Speckled	Well separated abk to well	Bt/۱



## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - پیدایش، رده بندی، ارزیابی خاک و زمین نما

developed				separated sbk			
۱۳: moderately developed	Few to common	۱	۶۰	Many	Crystallitic and partially speckled	Moderately separated sbk	Btk/۱
۴: weakly developed	-	۰	-	-	Calcitic crystallitic	Massive and vughy	Ck/۲
۶: weakly developed	Few	۰	۴۰	-	Crystallitic and partially speckled	Weakly separated sbk	BAk/۲
۳: weakly developed	Few	۰	-	-	Calcitic crystallitic	Weakly separated sbk and vughy	CBk/۲
۲: weakly developed	-	۰	-	-	Calcitic crystallitic	Massive and partially vughy	C/۳
۱۰: moderately developed	Few to common	۱	۴۵	Few to common	Crystallitic and partially speckled	Weakly separated sbk and few to common channels	Bt/۳
۳: weakly developed	-	۰	۱۰	-	Calcitic crystallitic	Weakly separated sbk and few channels	Bk/۳
۳: weakly developed	-	۰	-	-	Calcitic crystallitic	Massive and vughy	C/۴
۳: weakly developed	-	۰	-	-	Calcitic crystallitic	Massive and vughy	Ck/۴
۱۳: moderately developed	Few to common	۱	۷۵	Common	Speckled	Moderately separated abk and many channels	Bt/۴
۱۵: moderately developed	Few to common	۱	۷۵	Common to many	Speckled	Well separated abk to well separated sbk	ABtk/۴
۱۲: moderately developed	Few to common	۱	۶۰	Common	Speckled and partially crystallitic	Moderately separated abk to moderately separated sbk	BAtk/۴
۳: weakly developed	-	۰	-	-	Calcitic crystallitic	Massive and vughy	Bkkm/۴
۳: weakly developed	Few	۰	-	-	Calcitic crystallitic	Massive and vughy	Ck/۵
۱۱: moderately developed	Many	۱	۴۰	Common	Crystallitic and partially speckled	Weakly separated sbk and common channels	Btkc/۵
۱۷: moderately developed	Many	۱	۷۰	Many	Speckled and partially crystallitic	Well separated abk to moderately separated sbk	Btkg/۵
۸: moderately developed	Few	۰	-	Many	Calcitic crystallitic	Massive	۵/۲Crk

شستشو و تجمع کربنات‌های ثانویه از اشکال میکرومورفولوژیکی متداول در توالی‌های لس-خاک قدیمی می‌باشد (ضیایی و همکاران، ۱۳۹۲) که در این مطالعه در همه توالی‌ها با شدت و تکامل مختلف در اکثر افق‌ها مشاهده شد. (Khorrali et al., ۲۰۰۳). در رابطه با تشکیل افق آرجیلیک بیان می‌کنند که طی شرایط مرطوب، آهک‌زدایی انجام می‌شود و سپس با شستشوی متعاقب رس افق آرجیلیک تکوین خواهد یافت. از این رو، می‌توان گفت وجود افق تحت‌الارض آرجیلیک در این توالی‌ها بیانگر وجود اقلیم گرم و مرطوب در زمان تشکیل پالئوسول‌ها می‌باشد (ضیایی و همکاران، ۱۳۹۲) و با مساعد شدن اقلیم فرایند خاک‌سازی با پیشرفت بیشتر انجام شده است و به عبارت دیگر، درجه تحول افق‌ها نشان‌دهنده شرایط اقلیمی و محیطی زمان تشکیل می‌باشد. به‌طور کلی، می‌توان گفت که با حرکت در طول برش اقلیمی مورد مطالعه در خاک‌های قدیمی تغییرات مشهودی به لحاظ تکاملی رخ می‌دهد که می‌توان به ناپدید شدن گچ در توالی‌های با رطوبت بیشتر و همچنین نوع کربنات‌های موجود و میزان تکامل افق آرجیلیک اشاره نمود. این تغییرات نشان‌دهنده وجود تفاوت در میزان رطوبت در زمان تشکیل خاک‌های قدیمی بوده و به عبارت دیگر برش اقلیمی در طول زمان نیز وجود داشته است (Khorrali & Kehl, ۲۰۱۱).

### منابع

- ضیایی، ع.، پاشایی، ع.، خرمالی و روشنی. م. ۱۳۹۲. برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی، کانی‌شناسی و میکرومورفولوژیکی توالی لس-خاک قدیمی به‌عنوان شاخصی از تغییر اقلیمی رسوب‌گذاری و خاک‌سازی (مطالعه موردی: گرگان، استان گلستان). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. جلد (۱) ۲۰: ۲۸-۱.
- غفارپور ا. ۱۳۹۱. مقایسه درجه تحول و خصوصیات خاک‌های مدرن با خاک‌های قدیمی لسی زیر آن در نقاط مختلف اقلیمی در استان گلستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی. دانشکده مهندسی آب و خاک. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ایران. ۸۱ صفحه.
- کریمی، ع. ۱۳۸۷. تعیین منشأ سن‌یابی رسوبات سیلنتی و بررسی تکامل خاک‌ها در لندفرم‌های اطراف مشهد. رساله دکتری خاکشناسی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی اصفهان. ایران. ۱۵۰ صفحه.
- Bullock, P., Federoff, N., Jongerius, A., Stoops, G., Tursina, T., and Babel, U. ۱۹۸۵. Handbook for soil thin section Description. Wainer research Publication, Wolverhampton, U.K.



## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - پیدایش، رده بندی، ارزیابی خاک و زمین نما

- Driese, S.G. ۲۰۰۹. Paleosols, pre-Quaternary. In: Gornitz, V (Ed). Encyclopedia of paleoclimatology and ancient environments. Encyclopedia of earth sciences series. Springer, Dordrecht, Netherlands. ۷۴۸-۴۵۲ pp.
- Khormali, F., Abtahi, A., Mahmoodi, S., and Stoops, G. ۲۰۰۳. Argillic horizon development in calcareous soils of arid and semi-arid regions of southern Iran. *Catena*. ۵۳: ۲۷۳-۳۰۱.
- Khormali, F., and Kehl, M. ۲۰۱۱. Micromorphology and development of loess-derived surface and buried soils along a precipitation gradient in Northern Iran. *Quaternary International*. ۲۳۴: ۱۰۹-۱۲۳.
- Liu, T.S., Ding, Z., and Rutter, N. ۱۹۹۹. Composition of Milankovitch periods between continental loess and deep sea records over the least ۲.۵ Ma. *Quaternary Science Review*. ۱۸: ۱۲۰۵-۱۲۱۲.
- Morozova, T.D., and Velichko, A.A. ۲۰۰۹. Paleosols, Quaternary. In: Gornitz, V (Ed). Encyclopedia of paleoclimatology and ancient environments. Encyclopedia of earth sciences series. Springer, Dordrecht, Netherlands. ۷۵۲-۷۵۷ pp.
- National soil survey center. ۲۰۱۲. Field book for describing and sampling soils, Ver. ۳. U.S. department of agriculture, Natural resources conservation service.
- Schaetzl, R.J., and Anderson, S. ۲۰۰۵. *Soils: Genesis and Geomorphology*. Cambridge University Press. ۸۳۳ p.
- Stoops, G. ۲۰۰۳. *Guidelines for the Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections*. SSSA. Madison, WI.

### Abstract

The loess record of northern Iran reflects numerous cycles of climate change and landscape evolution for the Middle to Late Quaternary period. To investigate the efficiency of MISECA as a micromorphological index in palaeopedological studies, three loess-palaeosol sequences (Agh Band, Mobarak Abad and Neka sections) were studied along a climosequence gradient in Golestan and Mazandaran provinces, in northern Iran. Results of palaeopedological studies showed one preliminary soil formation stage in Agh Band section whereas in Mobarak Abad about ۵ and in Neka at least ۴-۶ pedogenesis periods with different degree of development were observed. Soil development and diversity in soil horizons increase along the climosequence gradient that reflects pedogenic processes which has a direct relationship with climate. Micromorphological features were in agreement with morphological evidences in the field and physico-chemical characteristics. MISECA index showed perfectly pedological changes in different horizons in the studied sequences