

INDIZI DI PALEOPEDOGENESI IN UN SUOLO BRUNO ACIDO DELLA FORESTA DI VALLOMBROSA (FIRENZE)

D. Magaldi

Dipartimento di Ingegneria delle Strutture, delle Acque e del Terreno, Università di L'Aquila

RIASSUNTO - *Indizi di paleopedogenesi in un suolo bruno acido della Foresta di Vallombrosa (Firenze)* - Il Quaternario, 6(2), 1993, p. 39-46 - Sono state studiate al microscopio elettronico a scansione (SEM) le morfologie superficiali di alterazione dei minerali appartenenti alla frazione limosa degli orizzonti di un suolo bruno acido che si osserva nella Foresta di Vallombrosa in Provincia di Firenze. L'analisi delle tipologie di alterazione dei minerali componenti principali della roccia su cui si è formato il suolo (arenarie della Formazione del Macigno del Chianti) mette in evidenza che i minerali più sensibili all'alterazione (biotite e feldspati) presentano forme di attacco chimico, che non sono attribuibili né alla pedogenesi attuale, né all'influenza delle piogge acide, da qualche tempo segnalate nella zona. Secondo quanto si riscontra nella letteratura, la tipologia delle forme di alterazione più spinta è paragonabile con quella osservata comunemente sui minerali dei suoli di ambiente tropicale. Questi risultati vengono messi in relazione con altre tracce di pedogenesi molto spinta (pedogenesi a plintite) osservate alcuni anni fa sulle superfici sommitali dell'Appennino toscano, all'incirca alla stesse quote di Vallombrosa e in alcuni casi, anche a quote più basse. Si suggerisce quindi l'ipotesi che il suolo di Vallombrosa sia stato interessato da una fase pedogenetica in condizioni climatiche di tipo subtropicale probabilmente durante alcuni interglaciali all'inizio del Pleistocene Medio e successivamente sia stato completamente rimaneggiato durante uno o più periodi glaciali da processi di erosione di massa e/o di crioturbazione.

ABSTRACT - *Evidence of palaeopedogenetic processes in an acid brown soil (Umbrept) of the Vallombrosa Forest (Florence, Italy)* - Il Quaternario, 6(2), 1993, 39-46 - Scanning electron microscope (SEM) probes have been carried out on fine-grained residual minerals of soil samples from an acid brown soil (Umbrept) from Vallombrosa Forest near Florence (Italy). Throughout the profile, SEM textural features of the principal mineral components (quartz, feldspars, biotite and muscovite) of the soil parental rock show clear signs of severe chemical weathering. This cannot be explained by recent pedogenetic processes or by the influence of acid rains, which have recently been falling in the area. Using a standard technique, studied weathering textures are compared to those observed in silicates from tropical soils subjected to deep weathering. Results obtained are discussed taking into account evidence of severe pedogenetic phases (plinthite pedogenesis) observed on mountain tops of the northern Apennines at an elevation (~1,000 m) almost equal to or lower than that of Vallombrosa. Weathering textures in the Vallombrosa soil are interpreted as resulting from a strong pedogenetic process under subtropical climatic conditions in early Quaternary times (perhaps lower Middle Pleistocene interglacial periods). An initial well-developed soil would have subsequently been reworked by erosion and crioturbation processes during one or more glacial phases.

Parole chiave: Paleosuolo, alterazione chimica, Pleistocene, microscopia elettronica a scansione.

Key words: Palaeosol, alteration, Pleistocene, Scanning Electron Microscopy.

1. INTRODUZIONE

Da alcuni anni è in corso uno studio multidisciplinare sui suoli bruni acidi della Foresta di Vallombrosa posta sulla dorsale del Pratomagno, a meno di un centinaio di chilometri da Firenze (Fig. 1). La ricerca, guidata da G. Sanesi e F. Ugolini del Dipartimento di Scienza del Suolo e Nutrizione della Pianta dell'Università di Firenze si propone di studiare i processi attuali di formazione del suolo in relazione all'attività biologica della foresta di Abete bianco (*Abies alba*) presente da oltre 50 anni e agli effetti determinati dalle recenti "piogge acide" di origine antropica. Nel corso dello studio sono stati prelevati campioni di suolo e di soluzioni circolanti a diversa profondità del profilo pedologico.

Nell'ambito di questa ricerca fu affidato allo scrivente lo studio delle morfologie superficiali di alterazione indotte dalla pedogenesi e/o dalle piogge acide sui minerali della frazione limosa più grossolana presente nel suolo e nella sospensione della soluzione del suolo. È stata scelta questa frazione poiché essa soddisfa contemporaneamente a

due requisiti: a) avere dimensioni tali da poter essere agevolmente esaminata con mezzi di facile uso come il microscopio elettronico a scansione; b) essere particolarmente sensibile ai processi chimici di alterazione.

Anche lo studio dei minerali in sospensione appariva promettente nell'ipotesi che questi minerali, maggiormente a contatto con la soluzione, potessero essere più fortemente interessati dai processi di alterazione in atto.

2. I SUOLI E I PROCESSI PEDOGENETICI

I suoli bruni acidi della Foresta di Vallombrosa, a circa 1000 m di quota appartengono, secondo la *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 1975) a diverse Famiglie degli Umbrepts e dei Dystrachrepts. Per lo studio dei processi pedogenetici e delle relazioni suolo pianta è stato tenuto sotto controllo un profilo appartenente al Sottordine degli Umbrepts e caratterizzato da uno sviluppo di quasi 2 m. Questo suolo si è formato su materiali interessati per la

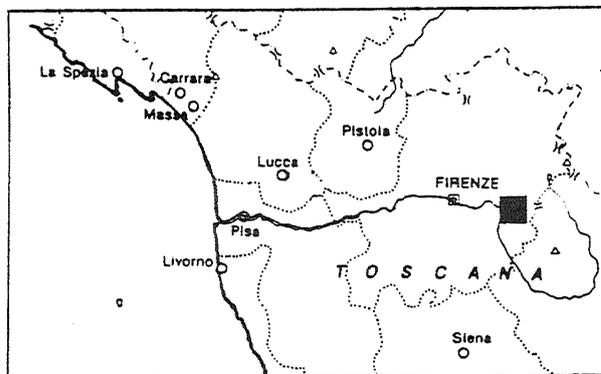


Fig.1 - Localizzazione della Foresta di Vallombrosa.
Geographical location of the Vallombrosa Forest.

maggior parte da vecchi movimenti di massa e costituiti da arenarie e argilliti della formazione del Macigno oligocenico. Il principale processo pedogenetico che interessa il suolo è la brunificazione secondo l'accezione di Duchaufour (1977); l'azione delle piogge acide invece appare neutralizzata e mitigata dagli orizzonti superficiali del suolo. Il pH ha valori compresi tra 4.4 in superficie e 5.0 in profondità, mentre la classe tessitura è franca. La composizione mineralogica della frazione granulometrica superiore ai 2 mm rispecchia quella tradizionalmente attribuita alle arenarie della formazione del Macigno del Chianti, sia per i minerali "leggeri" che per quelli "pesanti" (Cipriani, 1958; Gazzi, 1962). La distribuzione dei minerali "leggeri" mostra un arricchimento di quarzo e muscovite negli orizzonti superiori nei confronti, rispettivamente, di feldspati e biotite. La frazione argillosa rivela la presenza dominante di vermiculite alluminifera, vermiculite e illite in tutto il profilo. Scarsa la frequenza della caolinite e della clorite. La vermiculite e l'Al-vermiculite si arricchiscono negli orizzonti superiori a scapito dell'illite da cui sono sicuramente derivate.

Tutte le informazioni precedenti sono ricavate da un Rapporto interno non pubblicato di Alioto *et al.* (1990), disponibile presso il Dipartimento di Scienza del Suolo e Nutrizione della Pianta dell'Università di Firenze. I citati AA. forniscono inoltre altre informazioni utili per il

presente lavoro, quali l'osservazione di una intensa attività biologica nell'orizzonte A, che determina la genesi di complessi metalloorganici insolubili con Fe e Al, e il riconoscimento della formazione dell'orizzonte B per alterazione *in situ* con liberazione di Fe e Al ma senza apparente migrazione delle argille.

3. METODI DI CAMPIONAMENTO E DI STUDIO

Sono state prese in esame le frazioni limose grossolane (approssimativamente tra 50 e 20 μm) di suolo *in situ* e delle sospensioni presenti nella soluzione circolante entro i vari orizzonti pedogenetici. Le soluzioni prelevate con le apparecchiature proposte da Ugolini *et al.* (1977), sono state centrifugate e filtrate in modo da raccogliere a varie profondità le particelle inferiori a 50 μm portate in sospensione. Lo stato di alterazione è stato valutato con le tecniche della microscopia elettronica a scansione (SEM) eseguito con un apparecchio Philips sui granuli minerali più grossi. Insieme alla osservazione morfologica e morfoscopica sono state eseguite misure a mezzo di spettrometro a dispersione di energia (EDS) allo scopo di ottenere l'analisi elementare, il più delle volte indispensabile per il riconoscimento del minerale.

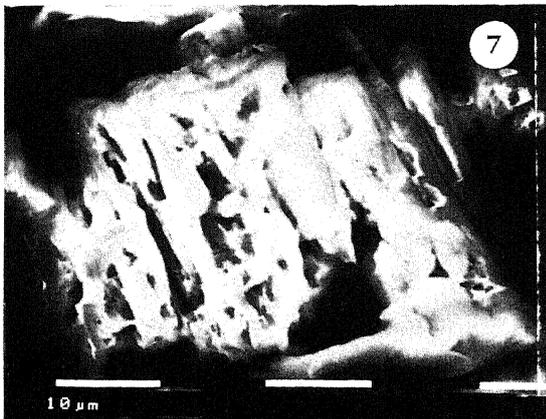
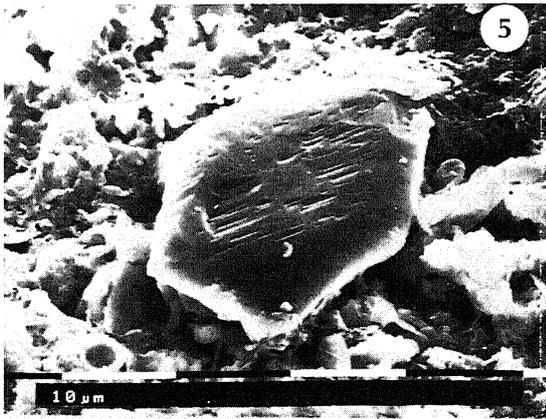
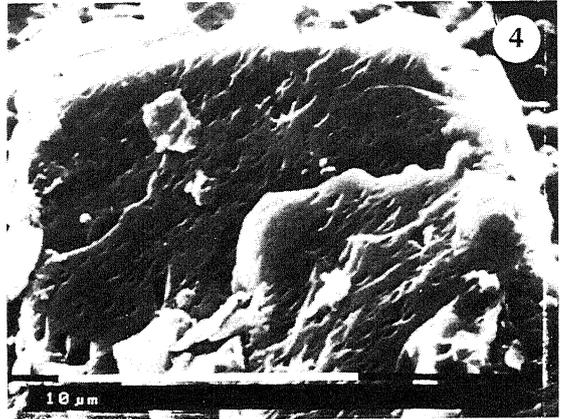
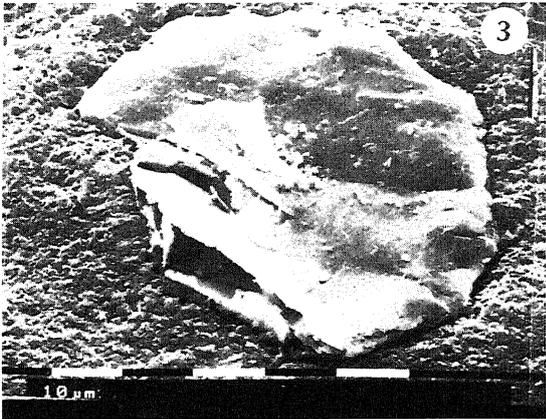
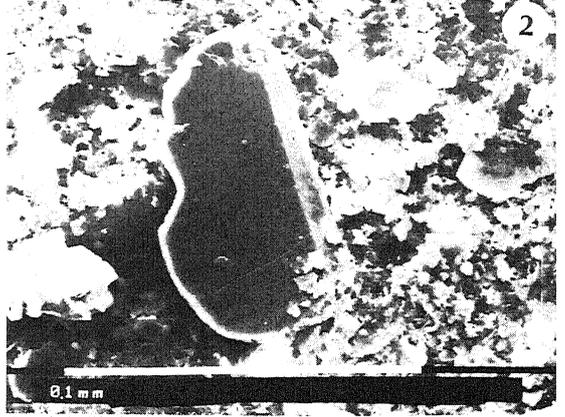
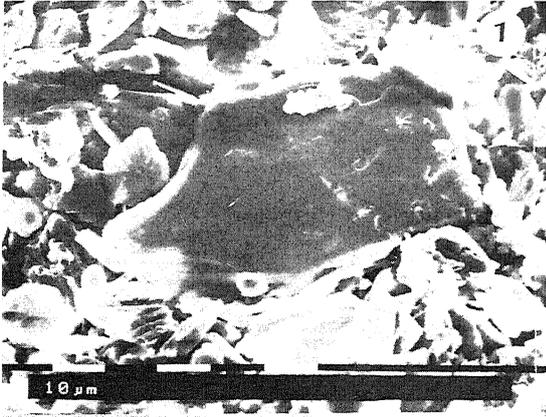
Questa metodologia viene comunemente usata per un riconoscimento relativamente veloce delle più vistose morfologie di alterazione presenti su minerali troppo piccoli per l'osservazione al microscopio polarizzatore (Magaldi, 1977; Bisdorn, 1981).

L'esame morfoscopico dei granuli minerali ha messo in evidenza varie tipologie di alterazione dei cristalli e in alcuni casi di neoformazione di minerali secondari, che sono state descritte secondo lo schema seguente:

- 1) Nessuna traccia di alterazione (*fresh mineral* = FRM);
- 2) Arrotondamento degli spigoli (*rounding of corners* = ROC);
- 3) Sfogliettamento dei bordi (*edge splitting* = EDS);
- 4) Forme di corrosione chimica a incisioni curve (*curved etch grooves* = ECG);
- 5) Forme di corrosione chimica a V (*V-shaped etch pits* = EPV);
- 6) Forme di corrosione chimica a quadrilatero (*square shaped etch pits* = EPQ);
- 7) Forme di corrosione chimica a cavità

Fig.2 - Tipologie di alterazione riscontrate al SEM nei minerali provenienti da frazioni limose del suolo (SU), di sospensioni entro le soluzioni circolanti nel profilo (SO) e dei frammenti di arenaria alterata entro il suolo (SR). Le tipologie sono indicate con il simbolo definito nel testo. Anche se determinate tipologie sono più frequenti in alcuni minerali, la maggior parte di esse si osserva in tutte le specie mineralogiche. 1) FRM = biotite fresca (SU, 20+30 cm di profondità); 2) ROC = biotite con bordi smussati (SO, 10+20 cm); 3) EDS = biotite idratata tendente alla vermiculite (SR); 4) ECG = plagioclasio oligoclasico con segni di corrosione a incisione curve (SO, 30+40 cm); 5) EPV = plagioclasio oligoclasico con segni di corrosione a V (SO, 20+30 cm); 6) EPQ = plagioclasio oligoclasico con segni di corrosione a quadrilatero (SU, 40+50 cm); 7) EPI = plagioclasio oligoclasico fortemente alterato (SU, 150+160 cm); 8) NEO = cristalli di ematite disposti a rosa di ferro sulla parete di una cavità entro un granulo di quarzo fortemente usurato (SU, 10+20 cm).

Weathering textures in minerals from: fine-grained fraction of soil (SU); solid matter in suspension in circulating waters (SO); weathered sandstone fragments in the soil (SR). Weathering textures are identified with symbols as defined in the text. Even if there are textures which are more frequent in some minerals, most of them are common to all studied minerals. 1) FRM = fresh biotite (SU, 20+30 cm deep); 2) ROC = biotite with rounded corners (SO, 10+20 cm); 3) EDS = hydrated biotite changing into vermiculite (SR); 4) ECG = oligoclase with crescent corrosion grooves (SO, 30+40 cm); 5) EPV = oligoclase with V-shaped corrosion pits (SO, 20+30 cm); 6) EPQ = oligoclase with square-shaped corrosion pits (SU, 40+50 cm); 7) EPI = oligoclase with irregular corrosion pits (SU, 150+160 cm); 8) NEO = "Iron-rose"-arranged hematite crystals on the walls of a cavity in a deeply corroded quartz grain (SU, 10+20 cm).



irregolari (*irregular etch pits* = EPI); 8) Deposizione di minerali di neoformazione sulle facce cristalline e/o entro le cavità di alterazione (*neoformed crystals deposition* = NEO).

Le principali tipologie sono riportate dalle foto presentate in Figura 2.

una stima semi quantitativa strettamente legata alla casualità con cui è possibile esaminare i preparati al microscopio elettronico. I risultati ottenuti sono presentati separatamente per i minerali prelevati dal suolo e per quelli raccolti nelle acque circolanti entro il profilo, nelle Tabelle 1 e 2. Tenendo conto della difficoltà di effettuare

Tabella 1 - Tipologie di alterazione dei minerali più comuni in sospensione nella soluzione del suolo. Il simbolo # indica la presenza della forma, senza riferimento alla frequenza; solo in un caso sono stati introdotti due simboli per indicare la maggior frequenza. I simboli dei minerali, secondo la simbologia internazionale proposta da Kretz (1983), hanno il seguente significato: Qtz, quarzo; Ms, muscovite; Or, ortoclasio; Bt, biotite; Pl, plagioclasio.

Weathering textures of the most common minerals in suspension in soil water. The symbol # indicates the presence of weathering textures (not their frequency); in one case only, a double # indicates frequency. Mineral abbreviations as in Kretz (1983): Qtz = quartz; Ms = muscovite; Or = orthoclase; Bt = biotite; Pl = plagioclase.

TIPOLOGIE DI ALTERAZIONE DEI MINERALI									
Profondità (cm)	Minerale	FRM	ROC	EDS	ECG	EPV	EPQ	EPI	NEO
0 ÷ 5	Qtz	#							
	Ms								
	Or		#						Ematite
	Bt	#		#					
	Pl						#	#	
10 ÷ 20	Qtz	#				#			
	Ms	#							
	Or								
	Bt								
	Pl				#		#		
20 ÷ 30	Qtz	#	#						
	Ms								
	Or	#							
	Bt	#							
	Pl	#						#	
30 ÷ 40	Qtz	#							
	Ms	#							
	Or	#			#				
	Bt			#					
	Pl					#	##	#	
60 ÷ 70	Qtz	#							
	Ms								
	Or								Ca solfato
	Bt			#					
	Pl						#		
110 ÷ 120	Qtz	#							
	Ms								
	Or		#						
	Bt			#					
	Pl					#	#	#	
150 ÷ 160	Qtz	#							
	Ms	#							
	Or								
	Bt		#	#					
	Pl					#		#	#

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

Le osservazioni al SEM sono state eseguite cercando di classificare le varie tipologie secondo lo schema precedente; ove possibile si è anche tentato di darne

al SEM stime quantitative sia della frequenza delle singole specie minerali, sia di quella delle tipologie di alterazione, l'esame delle tabelle mette in evidenza i seguenti fatti: 1) la distribuzione del fenomeno non è sostanzialmente diversa nelle due tabelle, vale a dire le tipologie di

alterazione si distribuiscono all'interno del profilo e negli stessi minerali con le stesse modalità; anche se in un caso sono stati esaminati solo gli orizzonti superficiali, sembra che non vi siano variazioni di alterazione in relazione alla profondità;

2) i plagioclasti (in genere termini molto ricchi di sodio), la biotite e, meno di frequente, l'ortoclasio sono interessati da forme di alterazione chimica molto spinta;

3) quarzo e muscovite sono invece freschi, a parte qualche granulo di quarzo che presenta forme di attacco chimico a V;

4) molto raramente si osservano cristalli di neoformazione come l'ematite "a rosa" entro il quarzo e il solfato di calcio (gesso?) in cristalli tabulari a spigoli vivi. L'ematite rappresenta una patina depositatasi sul granulo in condizioni microclimatiche relativamente povere d'acqua e fortemente ossidanti durante un periodo di tempo non attuale; al contrario il solfato di calcio presente solo nelle "sospensioni" è chiaramente un prodotto attuale determinato dalla mutua precipitazione del calcio e dello ione solfato al momento del disseccamento della soluzione del suolo durante la preparazione del campione.

orizzonti superficiali (Alioto *et al.*, 1990). L'elevato grado di alterazione chimica manifestato particolarmente dai plagioclasti, richiede quindi un'altra spiegazione. Una prima ipotesi può consistere nel ritenere che già nella roccia madre (arenaria) i minerali possedessero queste tipologie. Allo scopo di verificare questa possibilità, sono stati esaminati con le stesse tecniche i minerali provenienti dalle frazioni limose rispettivamente di un frammento di arenaria alterato presente nel suolo e di un frammento fresco proveniente da uno sbancamento nelle immediate vicinanze del profilo campionato.

Secondo quanto è possibile vedere dalla Tabella 3, i minerali appaiono sostanzialmente freschi, a parte qualche cristallo di plagioclasio che manifesta forme di alterazione chimica irregolare senza tuttavia raggiungere mai l'intensità della alterazione osservata nei granuli provenienti dal suolo.

Non resta quindi che ipotizzare una forte alterazione del substrato pedogenetico precedente alla impostazione della pedogenesi attuale. Forme di alterazione chimica analoghe a quelle riscontrate a Vallombrosa sono paragonabili a forme di corrosione in ambiente tropicale

Tabella 2 - Tipologie di alterazione dei minerali della frazione limosa del suolo a diverse profondità. La spiegazione della simbologia è riferita nella didascalia della Tabella 1.

Weathering textures of minerals in the silt fraction of soil at various depths. Symbols as in Table 1.

TIPOLOGIE DI ALTERAZIONE DEI MINERALI									
Profondità (cm)	Minerale	FRM	ROC	EDS	ECG	EPV	EPQ	EPI	NEO
0 ÷ 5	Qtz	#							
	Ms	#							
	Or		#						
	Bt								
	Pl								
10 ÷ 20	Qtz	#							
	Ms		#						
	Or					#	#	#	
	Bt			#					
	Pl		#						
20 ÷ 30	Qtz	#							
	Ms	#							
	Or								
	Bt			#					
	Pl					#	#	#	
30 ÷ 40	Qtz	#							
	Ms	#							
	Or		#						
	Bt			#					
	Pl					#	#		

Sulla base di questi risultati appare evidente che la pedogenesi attuale non può essere la causa né della maggior parte delle tipologie riscontrate, né tanto meno della loro distribuzione lungo il profilo. Infatti la pedogenesi attuale non viene ritenuta molto spinta (brunificazione) e l'azione delle piogge acide è limitata solo agli

(Krinsley & Doorkamp, 1973; Smart & Tovey, 1981). D'altra parte tracce di antica pedogenesi probabilmente in condizioni climatiche abbastanza simili sono state già segnalate su alcune superfici sommitali dell'Appennino a quote intorno ai 1000 m (Bartolini *et al.*, 1984). Ne deriva quindi che i minerali del suolo di Vallombrosa potrebbero

essere stati interessati da processi di questo tipo durante più periodi interglaciali. La mancanza di altre testimonianze della sovrapposizione di più fasi pedogenetiche sullo stesso profilo può essere spiegata con l'azione dei processi erosivi di massa e/o di quelli periglaciali dell'ultima glaciazione, che secondo quanto riferito da F. Ugolini (com. pers.) sembrerebbero avere sensibilmente disturbato il *parent material* del suolo attuale. Proprio la scarsità di caolinite, minerale in genere comune in molti suoli delle regioni caldo-umide potrebbe essere attribuita ad un processo di asportazione determinato dall'intenso rimaneggiamento periglaciale del suolo.

ghiaccio). E' interessante notare che tutte queste figure si osservano soltanto negli orizzonti più profondi, insieme a lito- e pedorelliti. In definitiva, sembra che l'ipotesi dell'antica alterazione sia più sostenibile di quella dell'apporto eolico.

5. CONCLUSIONI

Il ritrovamento di minerali fortemente alterati non compatibili con l'attuale pedogenesi ripropone ancora una volta il ruolo e l'importanza che hanno avuto nelle

Tabella 3 - Tipologie di alterazione dei minerali della frazione limosa di alcuni frammenti di roccia a diversa profondità. La simbologia è quella riferita nella didascalia della Tabella 1. Cal = calcite.

Weathering textures of minerals of the silt fraction from rock fragments at various depths in the profile. Symbols as in Table 1.

TIPOLOGIE DI ALTERAZIONE DEI MINERALI									
Profondità (cm)	Minerale	FRM	ROC	EDS	ECG	EPV	EPQ	EPI	NEO
200 cm (pietra alterata)	Qtz	#							
	Ms	#							
	Or	#							
	Bt	#							
	Pl	#							
roccia in superficie	Qtz	#				#			
	Ms	#							
	Or	#							
	Bt	#		#					
	Pl	#						#	
	Cal	#							

Un'ipotesi alternativa potrebbe essere rappresentata da un eventuale apporto eolico dai deserti del Nord Africa, che come è ormai accertato può influenzare la composizione mineralogica di molti suoli italiani (Sevink & Kummer, 1984; Tomadin *et al.*, 1984; Lenaz *et al.*, 1986). In realtà i minerali principali presenti nel suolo sono simili come morfologia e composizione a quelli osservati nei campioni di roccia più o meno fresca, né d'altra parte compaiono nelle frazioni sabbiose "pesante" e "leggera" né in quella argillosa — secondo quanto risulta dallo studio di Alioto *et al.* — minerali diversi da quelli comunemente riscontrati nel Macigno. Una ulteriore indagine di controllo eseguita su alcuni campioni in sezione sottile dei vari orizzonti pedologici non ha tuttavia messo in evidenza chiare figure pedologiche attribuibili a processi pedogenetici propri di ambienti climatici diversi da quello attuale. Gli unici indizi, anche se sporadici ed opinabili, potrebbero essere rappresentati da alcuni noduli di idrossidi di ferro molto arrossati che inglobano muscovite e quarzo con *fabric* diversa da quella della matrice del suolo (indizi di pedogenesi in ambiente più caldo e più umido di quello attuale) e da concentrazioni di minerali argillosi sotto forma di bande orientate e arcuate (effetto dell'accrescimento di lenti di

nostre regioni i processi pedogenetici avvenuti in condizioni climatiche differenti da quelle attuali. Tracce di una antica e intensa pedogenesi sono già state segnalate alle stesse quote e in zone appenniniche non molto distanti (Appennino lucchese e pistoiese) da Bartolini *et al.* (1984). Veri e propri paleosuoli interpretati come testimoni di condizioni climatiche perlomeno di tipo subtropicale (pedogenesi a plintite) e attribuibili a fasi pedogenetiche simili e forse identificabili con quella precedente sono state segnalati anche a quote più basse dell'Appennino lucchese e pistoiese, del M. Albano e del M. Pisano da Magaldi *et al.* (1981; 1983) e da Magaldi & Bidini (1991). La coincidenza delle quote, del tipo e dell'intensità della alterazione e la vicinanza delle località della stazione potrebbero suggerire, sia pure in via preliminare, una corrispondenza tra il suolo di Vallombrosa e la fase o le fasi pedogenetiche dell'Appennino lucchese-pistoiese. Considerando valida questa relazione, l'età della pedogenesi dovrebbe risalire, secondo quanto si ricava da Bartolini *et al.* (1984) e Puccinelli (1992), all'inizio del Pleistocene medio. Il completo rimaneggiamento del suolo, dovuto sia a processi periglaciali che a movimenti franosi sarebbe quindi avvenuto in tempi più recenti, durante uno degli ultimi periodi glaciali.

Sulla base di queste conclusioni sembra quindi giustificato prevedere che altri suoli dell'Appennino settentrionale possano mantenere tracce di antiche pedogenesi fossilizzate, per così dire, non nel suolo ma soltanto in alcuni minerali primari più alterabili (ad esempio plagioclasti e biotite) della frazione limosa.

LAVORI CITATI

- Alioto M.N., Cecchini G., Sanesi G. & Ugolini F., 1990 - *Solid phase and solution chemistry of Acid Brown Soils (Umbrepts) in the Vallombrosa Forest*. Rapporto interno non pubblicato del Dipartimento di Scienza del Suolo e Nutrizione della Pianta dell'Università di Firenze.
- Bartolini C., Bidini D., Ferrari G. & Magaldi D., 1984 - *Pedostratigrafia e morfostratigrafia nello studio delle superficie sommitali situate tra Serchio e Ombrone pistoiese*. Geogr. Fis. e Dinam. Quater., **7**, 3-9.
- Bisdorf E.B.A., 1981 - *Submicroscopy of soils and weathered rocks*. PUDOC, Wageningen, 320 pp.
- Duchafour Ph. & Souchier B., 1977 - *Pédologie. 1: Pedogenèse et Classification*. Masson & Cie., Paris, 477 pp.
- Cipriani C., 1958 - *Ricerche sui minerali costituenti le arenarie. II: sulla composizione mineralogica della frazione sabbiosa di alcune arenarie del Macigno*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., serie A, **65**, 165-220.
- Kretz E., 1983 - *Symbols for rock forming minerals*. Amer. Mineral., **68**, 277-279.
- Gazzi P., 1962 - *Ricerche sulla distribuzione dei minerali pesanti nei sedimenti arenacei dell'Appennino toscano romagnolo*. Acta Geol. Alpina, **8**, 379-422.
- Krinsley D.H. & Doorkamp J.C., 1973 - *Atlas of quartz sand surface textures*. Cambridge University Press, Cambridge, 91 pp.
- Lenaz R., Landuzzi V. & Tomadin L., 1986 - *Apports et concentrations de masse des poussières éoliennes sur le bassin oriental et occidental de la Méditerranée*. Mem. Soc. Geol. It., **36**, 189-200.
- Magaldi D., 1977 - *Microstrutture superficiali dei granati clastici in relazione all'ambiente di sedimentazione*. Boll. Serv. Geol. d'Italia, **98**, 117-128.
- Magaldi D., Bazzoffi P., Bidini D., Frascati F., Gregori E., Lorenzoni P., Miclaus N. & Zanchi C., 1981 - *Studio interdisciplinare sulla classificazione e la valutazione del territorio: un esempio nel Comune di Pescia (Pistoia)*. Annali Ist. Sper. Studio e Difesa del Suolo, **12**, 31-114.
- Magaldi D., Bidini D., Calzolari C. & Rodolfi G., 1983 - *Geomorfologia, suoli e valutazione del territorio tra la piana di Lucca e il Padule di Fucecchio*. Annali Ist. Sper. Studio e Difesa del Suolo, **14**, 1-38.
- Magaldi D. & Bidini D., 1991 - *Microscopic and submicroscopic characterization of a well developed plinthite in a buried Middle Pleistocene soil of Northern Tuscany*. Quaderni di Scienza del Suolo, CNR, **3**, 31-44.
- Sevink J. & Kummer E.A., 1984 - *Eolian dust deposition on the Giara Gesturi Basalt Plateau, Sardinia*. Earth Surface Processes and Landforms, **9**, 357-364.
- Smart P., Tovey K., 1981 - *Electron microscopy of soils and sediments: examples*. Clarendon Press, Oxford, 178 pp.
- Soil Survey Staff, 1975 - *Soil Taxonomy — a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Soil Conservation Service, Agriculture Handbook No. **436**, Washington, D.C., 754 pp.
- Ugolini F.C., Dawson H. & Zachara J.M., 1977 - *Direct evidence of particle migration in the soil solution of a Podzol*. Science, **188**, 603-605.
- Tomadin L., Lenaz R., Landuzzi V., Mazzucotelli A. & Vannucci R., 1984 - *Wind blown dusts over the central Mediterranean*. Oceanologica Acta, **7**(1), 13-23.

Manoscritto ricevuto il 19.5.1993

Inviato all'Autore per la revisione il 4.10.1993

Testo definitivo ricevuto il 4.11.1993