EQA Environmental Quality Qualità Ambientale

book 2012

L'UOMO E IL SUOLO: UNA STORIA INFINITA

NATURMUSEUM SÜDTIROL
MUSEO SCIENZE NATURALI ALTO ADIGE
MUSEUM NATÖRA SÜDTIROL

dicembre 2012

GeoLab

ISSN 2039-9898
ISBN 978-88-906735-6-6

INDICE

pag.

SALUTO INAUGURALE DEL DIRETTORE DEL MUSEO DI SCIENZE NATURALI DELL'ALTO ADIGE 3
Vito Zingerle

SALUTO INAUGURALE DEL DIRETTORE DELL'UFFICIO GEOLOGIA E PROVE MATERIALI DELLA PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO 4
Volkmar Mayr

RELAZIONE INTRODUTTIVA DEL PRESIDENTE DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI PEDOLOGIA (SIPE) 5
Fabio Terribile

SCAVA SCAVA – KOSMOS BODEN: UN PERCORSO PEDOLOGICO DIDATTICO PER GLI UOMINI DI DOMANI 7
G. Meraner, G. Rasola

TERRA, METAFORA D'UMANITÀ: IL SIMBOLISMO DEL SUOLO NELLA POESIA 11
P. Ciarlantini, S. Cocco, G. Brecciaroli, G. Corti

IL CONCETTO DI SUOLO NELL'IMMAGINARIO DEGLI UOMINI DI DOMANI 17
D. G. Sardaro, G. Bono

L'UOMO DEL SIMILAUN TRA MITO E REALTÀ 25
A. Bernardo

PROPRIETÀ CHIMICO-BIOLOGICHE DI ACIDI UMICI E FULVICI ESTRATTI DA SUOLI EVOLUTISI SU LITOLOGIE INCONSUETE DELLA GALIZIA, SPAGNA 41
V. Cardelli, S. Cocco, G. Brecciaroli, D. Pizzeghello, A. Cardinali, S. Nardi, A. Agnelli, M. J. Fernández Sanjurjo, G. Corti

PROPRIETÀ CHIMICO-BIOLOGICHE DI SUOLI DI ALTA QUOTA TURBATI DA *CHIONOMYS NIVALIS* 57
S. Aielli, A. Serallegri, D. Pizzeghello, A. Cardinali, S. Nardi, G. Zanin, G. Brecciaroli, S. Cocco, A. Agnelli, G. Corti

CONFRONTO TRA DATI PRODUTTIVI DI MAIS COLTIVATO SU TERRE RICOSTITUITE E TERRE NATURALI 69
P. Manfredi, D. Tassi, C. Cassinari

I CARATTERI DEL SUOLO DI UN'AREA DEGRADATA: PARAMETRI CHIMICI E INDICATORI ECOLOGICI A CONFRONTO 81
P. Manfredi, L. Giupponi, C. Cassinari, C. Corti, A. Marocco, M. Trevisan

LA VULNERABILITÀ DEI SUOLI ITALIANI 89
G. Lo Papa, C. Dazzi

SUOLI OLOCENICI SEPOLTI NELL'EMILIA ORIENTALE 107
S. Cremonini, G. Falsone, M. Marchesini, G. Vianello, L. Vittori Antisari

Saluto inaugurale del Direttore del Museo di Scienze Naturali dell'Alto Adige

Buongiorno a tutti. Con vivo piacere porgo il saluto mio personale, e del Museo di Scienze Naturali dell'Alto Adige, a voi tutti e ai signori relatori del convegno di oggi. Voglio esprimere il mio più profondo ringraziamento a chi ha voluto collaborare con noi per questo importante evento, e mi riferisco alla Società Italiana di Scienza del Suolo, e per questo saluto e ringrazio il Presidente, Dottor Nicola Senesi, e il Presidente della Società Italiana di Pedologia, Dottor Fabio Terribile. Ringrazio anche il Dottor Volkmar Mair, Direttore dell'Ufficio Geologia e prove materiali della Provincia Autonoma di Bolzano per essere venuto all'apertura di questo importante convegno.
Un ringraziamento particolare va al Dottor Gilmo Vianello e a tutti coloro che hanno collaborato per fare sì che questo convegno sia effettivamente un importante confronto nel nostro territorio; e che hanno reso possibile la realizzazione della mostra "Scava scava – Kosmos Boden" dedicata al suolo e alla sua biodiversità, ringrazio le curatrici della mostra la Dottoressa Meraner Gabriella e la Dottoressa Giulia Rasola.
Il suolo è una risorsa estremamente preziosa ma limitata. Ogni giorno in tutto il mondo grandi aree vengono perse a causa dell'erosione, salinizzazione, compattazione e cementificazione e con queste anche le molteplici funzioni che il suolo svolge. Il suolo è solo una pelle sottile sulla crosta terrestre dove rocce, aria, acqua e organismi viventi si compenetrano.
Questa struttura altamente complessa e dinamica fornisce la base per la vita umana, animale e vegetale. Da qui l'importanza di organizzare una mostra dedicata al suolo per informare i visitatori, ma soprattutto i giovani e i bambini che vengono a visitare il museo, della ricchezza e la fragilità di questa risorsa.
Sono onorato che la Società Italiana di Scienza del Suolo e la Società Italiana di Pedologia abbiano deciso di celebrare la giornata mondiale del suolo con questo convegno qui al Museo di Scienze Naturali dell'Alto Adige e spero che esso possa rappresentare per tutti i partecipanti un proficuo momento di confronto e di discussione.

Vito Zingerle

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Saluto inaugurale del Direttore dell'Ufficio Geologia e prove materiali della Provincia Autonoma di Bolzano

Buongiorno. Rivolgo il mio saluto a tutti i convenuti, al Direttore del Museo di Scienze Naturali dell'Alto Adige Dottor Vito Zingerle, al Presidente della Società Italiana di Pedologia, Dottor Fabio Terribile e al Presidente della Società Italiana di Scienza del Suolo, Dottor Nicola Senesi. Con immenso piacere partecipo all'inaugurazione di questo convegno preziosa occasione per fare il punto sullo studio dei suoli a livello nazionale.
Riguardo alla situazione in Alto Adige non esiste allo stato attuale una carta pedologica. Abbiamo delle ottime carte geologiche in scala 1:10.000 realizzate nell'ambito del progetto CARG che rispecchiano la struttura superficiale.
Queste carte possono costituire una valida base di partenza per la realizzazione di una carta dei suoli. Alcune indagini pedologiche nella Provincia di Bolzano sono state condotte dal Centro di Sperimentazione Agraria e Forestale Laimburg in relazione a progetti volti a migliorare le produzioni agricole.
Altri studi, attualmente in corso, riguardano temi specifici come ad esempio la presenza di metalli pesanti. Vista l'importanza di disporre di accurate e puntuali informazioni dei suoli non solo per coadiuvare le scelte di pianificazione e sviluppo del territorio ma anche per garantirne la sostenibilità spero che in prossimo futuro si possa realizzare una carta dei suoli per la nostra provincia.
Non posso quindi che gioire della realizzazione di una mostra temporanea su questo tema, da parte del Museo di Scienze Naturali dell'Alto Adige, e della scelta di tenere questo importante convegno nella nostra Provincia e auguro a tutti i partecipanti buon lavoro.

Volkmar Mair

Relazione introduttiva del Presidente della Società Italiana di Pedologia

Cari amici e colleghi,

questa mia breve introduzione innanzitutto vuole esprimere quanto mi senta onorato di contribuire, in qualità di Presidente della Società Italiana di Pedologia, ad aprire i lavori del workshop "L'Uomo e il Suolo: una storia infinita" per celebrare la giornata mondiale del suolo nella prestigiosa sede del Museo di Scienze Naturali dell'Alto Adige.

Partecipo con grande piacere a questo evento importante per il quale mi è molto gradito ringraziare caramente il prof. Gilmo Vianello ed il suo staff che hanno fortemente voluto e costruito con grande dedizione, professionalità ed impegno, questa prestigiosa iniziativa.

Un evento che ritengo particolarmente rilevante per diverse ragioni.

Noi tutti siamo consapevoli che il suolo è una risorsa fondamentale per la vita sulla terra, che esso svolge numerose funzioni e fornisce servizi essenziali per le attività umane e per la sopravvivenza degli ecosistemi e che non è rinnovabile.

Eppure, il suolo è sottoposto a minacce sempre crescenti, pressioni ambientali ed antropiche che ne stanno progressivamente ed irreversibilmente danneggiando la sua capacità di fornire l'ampia gamma di funzioni vitali indispensabili per il funzionamento degli ecosistemi agrari e forestali.

È quindi un imperativo al quale non possiamo sottrarci intervenire per proteggere il suolo e garantirne la sua funzionalità alla generazioni future. Il non perseguimento di questo obiettivo mina fortemente la sostenibilità ambientale ed economica della nostra società, ancor di più nel nostro fragile, complesso e tanto maltrattato paesaggio italiano che fu il "Bel Paese".

Nonostante l'importanza di queste tematiche e l'urgenza di una strategia di interventi politici, economici, sociali per la difesa del suolo, si registra una scarsa percezione da parte della società civile.

Ed è in un contesto così problematico che si inserisce questo workshop che tramite lo studio del rapporto uomo-suolo, sia nel contesto locale che in quello nazionale, mira ad affrontare anche il nodo cruciale della divulgazione e della didattica della Scienza del Suolo e della Pedologia in Italia.

Ma la cosa più bella ed innovativa è fare questo workshop qui, presso la sede di un importante museo di scienze naturali, nel momento in cui lo stesso inaugura la bellissima mostra temporanea sul suolo *Scava Scava – Kosmos Boden.*

Credo infatti che vedere, ascoltare ed analizzare il modo in cui viene divulgata la conoscenza del suolo ai piccoli e grandi utenti del museo potrà servirci a meglio comprendere le ragioni sottese alle difficoltà che abbiamo sempre sperimentato nella diffusione della cultura del suolo in Italia ed a cercare nuove strade, strumenti e linguaggi che possano sopperire a questa grave mancanza.

In quest'occasione invito anche il Direttore del Museo Vito Zingerle ad aiutarci in questo percorso e ad attivare forme di collaborazione per portare questa mostra (o simili iniziative ed eventi) in altre realtà italiane.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Ringraziando nuovamente il Prof. Vianello ed il suo staff per il grande sforzo compiuto e per quanto faranno in questi due giorni di Workshop ed i responsabili del Museo di Scienze Naturali dell'Alto Adige per la preziosa ospitalità, invito tutti i convenuti a partecipare attivamente alla discussione.

Fabio Terribile

SCAVA SCAVA – KOSMOS BODEN: UN PERCORSO PEDOLOGICO DIDATTICO PER GLI UOMINI DI DOMANI

DIGS DIGS - KOSMOS BODEN: A PATH SOIL TEACHING FOR MEN OF TOMORROW

Gabriella Meraner *, Giulia Rasola

Museo di Scienze Naturali dell'Alto Adige, Bolzano

* Corresponding Author: E.mail gabriella.meraner@museonatura.it

Riassunto

Per l'anno scolastico 2012-13 il Museo di Scienze Naturali dell'Alto Adige ha realizzato la mostra: "Scava Scava - Kosmos Boden" che illustra l'importanza, la biodiversità e la varietà di habitat del suolo. Vengono qui presentate le 9 attività didattiche ideate per i diversi livelli scolastici per approfondire alcuni temi legati al suolo.
Parole chiave: *didattica, suolo*

Abstract

The Natural History Museum of South Tyrol (I) has realised the exhibit "Scava scava - Kosmos Boden" for the academic year 2012-2013. The exhibit shows the substance, the multiplicity and the biodiversity of the soil's habitat. The show develops 9 educational plans for different school targets to analyze some thematic areas about the soil.
Key words: *didactic, soil*

Relazione

Il Museo di Scienze Naturali dell'Alto Adige rappresenta un importante punto di riferimento per le scuole di ogni ordine e grado sia della provincia di Bolzano che delle regioni limitrofe. Esso svolge un'intensa attività didattica che coinvolge annualmente circa 900 classi, per un totale di 1800 alunni.

La mostra temporanea Scava scava – Kosmos Boden, evento centrale dell'anno scolastico 2012/2013, è nata con lo scopo di mettere in luce l'importanza, la biodiversità e la varietà di habitat del suolo.

Dato che il suolo non è un tema normalmente affrontato nei programmi scolastici, sia della scuola primaria che della scuola secondaria, incentrarvi l'offerta didattica del museo per tutto l'anno scolastico rappresentava una sfida interessante.

Si è quindi deciso di ideare, oltre al percorso guidato nella mostra, ben 9 diverse attività didattiche, adatte ai diversi livelli scolastici e con diversi focus di approfondimento.

Tutte le attività vengono svolte suddividendo la classe in gruppi con un massimo di 12/13 alunni per garantirne la qualità interattiva (Fig. 1)..

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

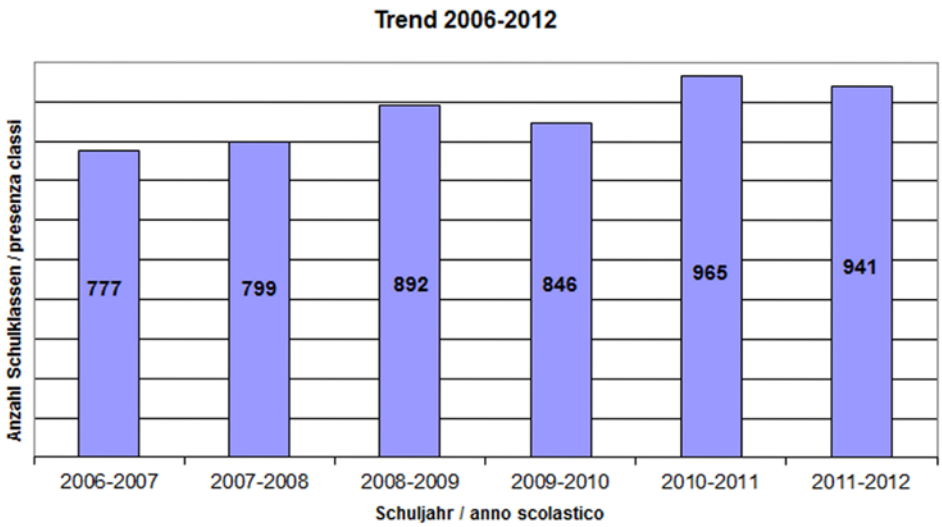


Figura 1 - *Classi che anno visitato il Museo di Scienze Naturali dell'Alto Adige negli anni 2006- 2012*

Con i più piccoli, scuola dell'infanzia e I ciclo della scuola primaria, si è deciso di puntare l'attenzione sui macroinvertebrati del suolo, mediante l'osservazione diretta di animali allevati nei terrari. Il contatto diretto con gli animali garantisce un grande coinvolgimento e stimola la sfera emotiva, determinando un ricordo duraturo dell'esperienza che speriamo si traduca in una maggior attenzione e rispetto per questo ambiente nella vita quotidiana (Fig. 2).

Figura 2
Osservazione ravvicinata di una larva di dinastino.

Alle classi degli ultimi tre anni della scuola primaria vengono offerte due diverse attività: la prima è ancora incentrata sui piccoli abitanti del suolo, con osservazioni dirette in piccoli terrari e alcuni esperimenti comportamentali sul lombrico. La seconda attività pone l'attenzione sulla componente vegetale con esperimenti legati alla funzione e all'attività delle radici e all'importanza della copertura vegetale per la conservazione del suolo (Fig. 3).

Figura 3
Esperimento sulla percolazione dell'acqua nel terreno.

Con la scuola secondaria abbiamo approfondito il tema della biodiversità, proponendo l'utilizzo di macroartropodi come bioindicatori mediante l'applicazione dell' indice QBS. Per affrontare l'aspetto pedologico abbiamo invece preparato un percorso articolato, basato sulla realizzazione di 3 diversi profili (suolo agrario di pianura, suolo forestale a 700 metri di altitudine e suolo forestale a 1800 m di altitudine). Ogni gruppo, composto da 3-4 alunni, ha a disposizione diverso materiale (rocce, diversi tipi di lettiera, radici, ghiaino, diversi tipi di terra ecc.) per la costruzione del proprio profilo che viene poi presentato e discusso con gli altri gruppi. In questo modo i ragazzi possono approfondire importanti temi, quali la composizione e la formazione del suolo e i fattori che la influenzano. Successivamente a ogni gruppo viene dato il compito di decidere circa la presenza/assenza nel proprio profilo di alcune specie di organismi, riportate su una scheda con alcune informazioni circa le loro preferenze ambientali e i loro fattori limitanti. Gli studenti possono quindi, in tre diverse postazioni allestite nell'aula didattica, testare la tessitura, il valore di pH e il contenuto di carbonato del proprio suolo per decidere quali specie eliminare e quali invece possono essere potenzialmente presenti. Nel ciclo di discussione finale viene posto l'accento sul percorso sperimentale seguito dai diversi gruppi, per sottolineare l'importanza della

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

scelta delle prove da effettuare (se un suolo è risultato acido non potrà ovviamente avere un alto contenuto di carbonato, e viceversa se il terreno ha un alto contenuto di carbonato sappiamo già che sarà sicuramente basico, senza bisogno di effettuare il test). In questo modo possiamo integrare il tema "suolo" con importanti considerazioni generali su come si svolge una ricerca scientifica.

Figura 4
Materiale per la realizzazione del profilo di suolo

La mostra e le attività didattiche procederanno fino alla fine di questo anno scolastico. I dati provvisori sull'affluenza delle classi e i feedback avuti con gli insegnanti indicano già un altissimo livello di gradimento. Molti docenti ci hanno riferito di aver scoperto tramite queste attività le enormi potenzialità didattiche del tema suolo e di avere intenzione di inserirlo più spesso nei propri programmi scolastici. Se ciò dovesse avverarsi anche in misura ridotta, avremmo comunque vinto la nostra sfida.

Bibliografia

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2006) Lernort Boden

MENTA C. (2008) Guida alla conoscenza della biologia e dell'ecologia del suolo: funzionalità diversità biologica, indicatori. Gruppo Perdisa Editore

DELL'ABATE M. T., BENEDETTI A., FRANCAVIGLIA R. (2005) Il suolo che vive. Introduzione allo studio della scienza del suolo. CRA Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura

TERRA, METAFORA D'UMANITÀ: IL SIMBOLISMO DEL SUOLO NELLA POESIA

EARTH, METAPHOR OF HUMANITY: THE SYMBOLISM OF SOIL IN POETRY

Piergiorgio Ciarlantini, Stefania Cocco*, Giorgia Brecciaroli, Giuseppe Corti

Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali
Università Politecnica delle Marche, Ancona

* Corresponding author: E.mail s.cocco@univpm.it

Riassunto
La poesia trasmette emozioni in maniera più evocativa e potente della prosa combinando il significato semantico delle parole, il suono e il ritmo. Essa unisce la comunicazione verbale a quella emotiva e rappresenta il linguaggio universale dell'anima e dei sentimenti più veri senza distinzioni di età, nazionalità, sesso o cultura. Tutti gli aspetti della vita, della condizione umana e della natura sono fonte di ispirazione. Suolo e terra vengono spesso evocati anche in analogie e metafore per descrivere sentimenti, idee, sogni e persone e il richiamo al suolo contiene molteplici significati: Il Lavoro come Onore, La Morte e la Distruzione, La Pace e L'Amore, La Gloria e La Sperimentazione.
Parole Chiave: *pensiero umano, simbologia, emozioni*

Abstract
Poetry instils emotion in a more evocative and powerful way than prose, as it combines the meaning of words, sound and rhythm. Poetry connects oral communication with emotion and represents the universal language of soul and feelings, with no difference of age, nationality, gender or culture. Every aspect of life, human condition and nature is source of inspiration. Often, soil and earth have been recalled in analogy and metaphor to describe feelings, ideas, dreams and people, and soil includes various meanings: Work as Honour, Death and Destruction, Peace and Love, Glory and Experimentation.
Key Words: *human thought, symbolism, emotion*

Introduzione

In tutta la sua esistenza, l'uomo ha trovato spunto nella natura che lo circonda per la ricerca di una simbologia dei sentimenti che ha espresso attraverso l'arte. Anche la poesia ricorre spesso a questo simbolismo, rappresentando tutte le sfaccettature delle emozioni umane attraverso gli elementi naturali. Tutto ciò esaltando l'armonia che si crea tra la parola, il sentimento e la musicalità del componimento poetico, molto più di quanto possa fare la scrittura in prosa. Il suolo rientra in questo simbolismo ed è stato per i poeti una grande fonte d'ispirazione poetica, come l'acqua, il vento, il fuoco, le piante e gli animali. Con questo studio

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

sull'importanza del suolo nella poesia si è cercato di esplorare il vasto universo della poesia occidentale, cercando di comprendere dove il suolo sia stato utilizzato per rappresentare o trasmettere un'emozione, un pensiero, oppure la condizione umana.
Durante lo studio sono emersi cinque temi in cui il suolo ricade più spesso, cinque diverse situazioni in cui i poeti hanno visto nel suolo e nella terra i simboli più adatti per descrivere ciò che provavano o che volevano esprimere a chi avrebbe letto i versi.

Il lavoro come onore

Molte poesie esaltano la figura dell'agricoltore, delle comunità rurali che diversamente da altre società convivono pienamente con l'ambiente e la natura. Il rapporto con la terra è centrale, perché il sostentamento dell'uomo agricoltore e la sua sopravvivenza sono determinati dalle sue capacità di coltivarla. Le lavorazioni del suolo sono considerate come le fondamenta della civiltà rurale e, se da una parte comportano sforzo, fatica e sudore, dall'altra conferiscono onore e dignità.
Publio Virgilio Marone arriva ad invidiare gli agricoltori:
"*O fortunati anche troppo, se solo conoscessero i loro beni, gli agricoltori! Per loro, spontaneamente, lontano dalla discordia delle armi, la terra giustissima fa scaturire dal suolo facile sostentamento.*" (Georgiche, 37-30 a.C.).
In questi versi emerge anche una figura di giustizia del suolo, che rende merito a chi sa gestirlo nel modo migliore.
Un altro esempio di questo tema si può trovare nella produzione del poeta contemporaneo Séamus Heaney, di origini irlandesi, che si ispira alla vita sui campi ed all'attività dei genitori agricoltori, osservata durante la sua giovinezza. Nel componimento *Digging*, il poeta onora i suoi antenati mettendo sullo stesso piano il lavoro della terra con l'arte di comporre in versi:
"*Per Dio, il vecchio ci sapeva fare con la vanga. Come il suo vecchio.[…] Il freddo afrore di terriccio di patate, risucchio e stacco da torba in guazzo, secco taglio della lama. Nelle radici vive, mi si risvegliano in testa. Ma non ho vanga per seguire uomini come loro. […]Fra medio e pollice quatta quatta sta la penna. Sarà la mia vanga.*" (Digging, 1966).
Due poetesse inglesi, Vita Sackville e Marion Cran, si sono invece concentrate sul lavoro che bisogna riservare al suolo. V. Sackville lo fa riferendosi al lavoro fisico e manuale:
"Ma gli uomini che lavorano i suoli umidi e lacrimosi, giù nelle Wealds, devono marnare e scavare con sforzo. Queste terre non temono né il sudore né i lavori umili." (The Land, 1926)
mentre M. Cran sottolinea l'importanza di conoscere il più possibile quel che riguarda la terra:
"Se io voglio avere un giardino felice, devo allearmi con il mio suolo, studiarlo e aiutarlo al massimo e senza sosta. Il suolo deve venire sempre per primo." (If I were beginning again, 1924).

La morte e la distruzione

La terra è da sempre un luogo di sepoltura, quindi è intuibile che simboleggi la morte e la desolazione. Di fronte al più estremo e definitivo epilogo della vita i poeti lasciano imprimere i fogli ai pensieri, ognuno seguendo la propria poetica.
Giosuè Carducci ad esempio:
"Tu fior della mia pianta percossa e inaridita, Tu dell'inutil vita estremo unico fior, […] Sei nella terra fredda, sei nella terra negra, né il sol più ti rallegra né ti risveglia amor." (Il Pianto Antico, 1871).
La poesia è incentrata sulla morte prematura del figlio, il dolore è inconsolabile, e il suolo rappresenta l'insensibilità della natura e dell'umanità verso la terribile perdita.
Giacomo Leopardi riesce a portare questo tema a livelli universali; non viene più descritta la morte umana, ma ogni creatura vivente è condizionata da una natura indifferente e distruttrice, con la quale siamo in continuo contrasto. Ne *La Ginestra* è il suolo ad acquistare questo ruolo:
"*Or ti riveggo in questo suol, di tristi Lochi e dal mondo abbandonati amante, e d'afflitte fortune ognor compagna. Questi campi cosparsi di ceneri infeconde, e ricoperti dell'impietrata lava […]*" (La Ginestra, 1836).

La pace e l'amore

Le poesie di guerra di Giuseppe Ungaretti sono componimenti violenti, disperati ed espressivi. Ciononostante, la terra e la natura sono per lui un paragone di pace e possono diventare un rifugio dalla follia umana:
"*La terra s'è velata di tenera leggerezza […] Come una sposa novella offre allibita, alla sua creatura, il pudore sorridente di madre.*" (Prato, Villa di Garda 1918).
Il suolo in poesia diviene un simbolo dell'amore, ma per Baudelaire rappresenta l'amore respinto: *"Con che indifferenza lei si svolge, come la sabbia cupa e l'azzurro dei deserti, insensibili all'umana sofferenza […]"* (Avec ses vetements ondoyants et nacrès, 1857).
mentre per Marion Crane rappresenta una celebrazione di gioia:
"Io guardo indietro con gratitudine al giorno in cui trovai il sentiero per la terra del desiderio del mio cuore, e ringrazio il Fato a gran voce e incessantemente, che non permise di indebolirci a tutti quegli anni distanti, mentre il cuore era rivolto alla voce del vento, al volto di fiore e alle mani della gentile terra." (The Garden of the Ignorance, 1924).

La gloria

Alcune delle più belle poesie che siano mai state scritte sono quelle che mirano a glorificare la vita, l'esistenza del mondo, dell'arte e dell'intelletto. Sono versi

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

prepotenti e vigorosi, tuttavia riescono a essere semplici e armoniosi, come fossero un ritratto della natura stessa.
È famosissima *Gli Auguri dell'Innocenza* di William Blake:
"*Vedere un mondo in un granello di sabbia, e un cielo in un fiore selvatico, tenere l'infinito nel cavo della mano e l'eternità in un'ora.*" (Gli Auguri dell'Innocenza, 1863).
Due poeti, John Keats e Wendell Berry, permettono di dare al suolo un senso d'immortalità. Scrive J. Keats:
"*La poesia della terra non muore mai*" (Il grillo dei campi e il grillo del focolare, 1816);
scrive W. Berry:
"Se un suolo sano è pieno di morte, è anche pieno di vita: vermi, funghi, microrganismi di ogni tipo… Considerando solo la salute del suolo, nulla che muore resta morto a lungo." (The unsettling of America, 1977).

La sperimentazione

Questo tema non è direttamente incentrato sul suolo, ma sulla creatività poetica e racchiude i componimenti che possono essere considerati un esperimento stilistico, qualcosa che nella storia può essere intesa come una nuova direzione. Oppure, può comprendere un testo che non è stato scritto come poesia, ma che di fatto è capace di assumere la stessa bellezza, come nel caso della produzione di Fabrizio De Andrè:
"La terra stanca sotto la neve dorme il silenzio di un sonno greve, l'inverno raccoglie la sua fatica di mille secoli, da un'alba antica." (Inverno, 1968).
Altro esempio stimolante è offerto dalla poetessa Wislawa Szymborska; in *Conversazione con una pietra* troviamo un dialogo con i minerali, che possono simboleggiare la curiosità dell'uomo verso i fenomeni della natura:
"*Busso alla porta della pietra. –Sono io, fammi entrare. Voglio venirti dentro, dare un'occhiata, respirarti come l'aria.[…] –Vattene – dice la pietra. – Sono ermeticamente chiusa. Anche fatte a pezzi saremo chiuse ermeticamente. Anche ridotte in polvere non faremo entrare nessuno. […]*" (Conversazione con una pietra, 1962).
Un ultimo esperimento è offerto da Emily Dickinson, che prova a definire le cose attraverso la loro assenza:
"L'acqua è insegnata dalla sete. La terra, dagli oceani traversati. La gioia, dal dolore. La pace, dai racconti di battaglia. L'amore da un'impronta di memoria. Gli uccelli, dalla neve." (L'acqua è insegnata dalla sete, 1858).

Conclusioni

Questo studio è un viaggio di conoscenza, e ha portato ad alcune considerazioni:
1) E' affascinante scoprire come questi cinque temi preponderanti non siano confinati in un preciso periodo storico o a un determinato movimento letterario. Il

suolo è un simbolo che rimane immutato, passando di epoca in epoca, di poeta in poeta, partendo dalla letteratura classica sino a quella contemporanea.
2) Emerge un messaggio che la poesia vuole trasmettere e cioè che la terra è fondamentale per la vita dell'uomo, tanto che la paragoniamo con ciò che riteniamo importante, è un elemento vivo, influente e partecipe della nostra felicità, come della nostra sofferenza, e merita un profondo rispetto.
Oggigiorno il suolo è vittima di cieco sfruttamento e folle distruzione, e la poesia rappresenta quasi un monito, una lezione per l'umanità, affinché questa ricordi il proprio passato e accetti la responsabilità di assicurare sostenibilità e onore (dignità) alle future generazioni.

Bibliografia

BAUDELAIRE Charles (2011) Tutte le poesie e i capolavori in prosa, Newton Compton Editore.
BLAKE William (2012) Poesie. Newton Compton Editore.
CARDUCCI Giosuè (2004) Poesie. Mondadori.
DICKINSON Emily (2004) Poesie. Mondadori.
LEOPARDI Giacomo (2011) Canti. Mondadori.
RIMBAUD Arthur (2009) Il battello ebbro. Giunti Editore.
SZYMBORSKA Wislawa (2009) La gioia di scrivere – Tutte le poesie (1915-2009). Adelphi.
UNGARETTI Giuseppe (2011) Vita d'un uomo – Tutte le poesie. Mondadori.
VIRGILIO MARONE Publio (2011) Georgiche. Mondadori.

Sitografia

www.soil-net.com: sito anglosassone dedicato al suolo e alla conoscenza della pedologia. Sono presenti sezioni dedicate al rapporto tra il suolo e le arti. In questo sito sono state individuate le opere di Heaney, Cran, Sackville, Keats e Berry.

www.angolotesti.it: sito italiano che racchiude tutti i testi delle canzoni italiane e internazionali, di qualsiasi genere musicale. Qui sono trovati recuperati i testi di De Andrè.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

IL CONCETTO DI SUOLO NELL'IMMAGINARIO DEGLI UOMINI DI DOMANI

THE CONCEPT OF SOIL IN THE IMAGINATIVE WORLD OF THE MEN OF TOMORROW

Domenica Gilda Sardaro [(1)]*, Giuseppe Bono [(2)]

[(1)] Istituto Tecnico Agrario "Arrigo Serpieri", Bologna.
[(2)] Istituto di Istruzione Superiore "Pietro Domina"
Istituto Tecnico Costruzioni, Ambiente e Territorio, Polizzi Generosa (PA)
**Corresponding Author: E.mail gildamimma@virgilio.it*

Riassunto

Per valutare la conoscenza che gli studenti hanno del suolo e dell'importanza che riveste negli equilibri ambientali, è stata condotta un'indagine in cinque istituti superiori dell'Emilia Romagna e della Sicilia. Sono stati impegnati 202 studenti.
Pur riconoscendo la non esaustività dell'indagine svolta per l'esiguo numero degli studenti coinvolti rispetto alla popolazione studentesca italiana, è comunque possibile ricavare alcune considerazioni di base sul livello di conoscenza che gli "uomini di domani" hanno del suolo. Emergono, purtroppo, uno scarso interesse e una bassa conoscenza del sistema suolo da parte degli studenti. Sarebbe opportuno dare più spazio al suolo nella programmazione didattica, al fine di stimolare l'interesse verso il suolo. E' essenziale, infatti, produrre conoscenza del concetto di suolo, risorsa ancora poco conosciuta. Tale opera di conoscenza deve iniziare dalla scuola elementare, che tradizionalmente è particolarmente ricca di fermenti e di efficaci sperimentazioni didattiche ed è in grado di dare un'impronta sostanziale agli uomini di domani.
***Parole chiave**: conoscenza pedologica; didattica del suolo.*

Abstract

To evaluate the knowledge that students have of the soil and of its fundamental role in environmental equilibrium, a survey was conducted in five colleges in the Emilia Romagna and Sicily. 202 students were committed. While recognizing the not completeness of the investigation for the few students involved, with respect to the whole Italian students, we can still derive some basic considerations on the level of knowledge that the "men of tomorrow" have on the soil. There are, unfortunately, a lack of interest and a low knowledge of the soils by the students. It would be better to give more room to the soil in didactic, in order to stimulate the interest toward the soil. It is essential to produce knowledge of the concept of soil, a resource still little known. Such knowledge should begin from primary school, which traditionally is particularly rich in activities and effective in educational experiments and it is able to give a substantial mark to the men of tomorrow.
Key Words: *soil knowledge; syllabus on soil.*

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Introduzione

In occasione dell'edizione 2010 della celebrazione della Giornata mondiale del suolo, il tema della conoscenza di questa fondamentale risorsa è stato affrontato definendone la percezione da diversi punti di vista. È emerso come in effetti, in tutte le sfere sociali, il suolo continua ad essere misconosciuto e come lo sia in particolare fra gli studenti degli istituti superiori anche per via di una offerta formativa che, in questo campo e in diversi casi, appare molto lacunosa (Sardaro, 2011). In effetti, lo studio e l'insegnamento della scienza del suolo e della pedologia in particolare dovrebbero essere una priorità per la conoscenza delle problematiche ambientali. I giovani di oggi, che saranno gli uomini di domani, dovranno avere una solida conoscenza ambientale per potere prendere decisioni coerenti con modelli di vita rispettosi dell'ambiente nel quale si vive e con la diversità delle culture e delle società umane (Reyes-Sánchez, 2012).
È quindi imperativo che gli uomini di domani posseggano una conoscenza adeguata nel campo pedo-ambientale per orientare e favorire la sostenibilità dell'ambiente difendendo il proprio punto di vista nel rispetto di quello degli altri (Gómez e Reyes- Sánchez 2004). La scuola dovrebbe invece essere di fondamentale importanza nel fornire agli studenti, "*uomini del domani*", conoscenze sul suolo al fine di renderli consapevoli e responsabili per una corretta utilizzazione dei suoli. Non vi può essere "Vita" senza il Suolo, prima fra tutte le risorse poiché fornisce materie prime e alimenti indispensabili alla vita dell'uomo. In tutte le sfere sociali, il suolo continua ad essere misconosciuto e lo è in particolare fra gli studenti degli istituti superiori, anche a causa di una offerta formativa che, in questo campo e in diversi casi, appare ancora molto lacunosa, in seguito a carenze nella programmazione didattica, alle poche pagine dedicate al suolo nei testi scolastici, e in generale alla poca attenzione che si dà a questa fondamentale risorsa suolo nella vita di tutti i giorni. L'importanza del concetto di "Suolo" nell'immaginario degli uomini di domani è alla base della formazione culturale di questi studenti, che ancora oggi, nonostante siano immersi nella tecnologia, non sanno cos'è il suolo, a cosa serve, dove si trova e che importanza ha nella vita dell'uomo. Allo scopo di ulteriormente approfondire quest'aspetto, è stata condotta un'indagine in alcuni istituti superiori dell'Emilia Romagna e della Sicilia che, lungi dall'avere la pretesa di essere esaustiva, consente comunque di avere un quadro di riferimento, che dà idea di come il problema "suolo" viene considerato dagli studenti. La divulgazione del suolo a scuola, è perciò un aspetto essenziale, che va potenziato attraverso materiale informativo a supporto della didattica, da parte delle strutture di ricerca universitaria, o dagli enti locali, al fine di produrre conoscenza su una risorsa preziosa, di cui spesso non si conosce il valore.

Materiali e metodi

L'area di indagine è stata svolta in due regioni (Emilia Romagna e Sicilia) e in cinque Istituti Superiori (Istituto Tecnico Chimico-Biologico "L. Ghini" di Imola -

BO); Istituto Tecnico Agrario "A. Serpieri" di Bologna; Istituto Tecnico Industriale e Liceo delle Scienze Applicate "E. Majorana" di S. Lazzaro di Savena (BO) ed Istituto di Istruzione Superiore Pietro Domina - Istituto Tecnico Costruzioni, Ambiente e Territorio di Polizzi Generosa (PA).
In totale sono stati coinvolti 202 studenti, così ripartiti: 72 alunni di due classi prime, 22 alunni di due classi seconde, 68 alunni di tre classi terze, 40 alunni di due classi quinte. A tutti gli studenti degli Istituti presi in considerazione, sono state poste 24 domande tratte dal testo "Il Suolo che vive. Introduzione allo Studio della Scienza del Suolo" (Dell'Abate et al., 2005), sotto forma di un questionario sulla conoscenza del suolo, per verificare il loro grado di conoscenza (Tabella 1).

Tabella 1 – *Questionario sottoposto agli studenti coinvolti nell'indagine (tratto da: Dell'Abate et al., 2005)*

1.	Sapresti dire che cosa è il suolo?
2.	Da dove pensi che venga il suolo? Come nasce il suolo?
3.	Secondo te, il suolo è sempre esistito?
4.	Sai dire dove si può trovare il suolo?
5.	Secondo te, esiste un suolo o esistono molti suoli?
6.	Secondo te, a che cosa serve il suolo?
7.	Pensi che il suolo serva alla vita dell'uomo?
8.	Sai dire come si può inquinare un suolo?
9.	Pensi che sia possibile disinquinare un suolo inquinato?
10.	Secondo te, un suolo inquinato può essere dannoso alla salute dell'uomo?
11.	Quali altre forme di degrado del suolo conosci oltre all'inquinamento?
12.	Ti sarà sicuramente capitato di sdraiarti su un prato. Ti sei mai chiesto/a cosa ci sia sotto l'erba? Ti è mai nata questa curiosità?
13.	Il suolo, secondo te, respira?
14.	Ti sei mai chiesto/a dove va a finire l'acqua che bagna il suolo?
15.	Secondo te, cosa è più importante l'aria, l'acqua o il suolo per la vita degli organismi viventi?
16.	Il suolo, secondo te, si nutre? Ha un suo metabolismo?
17.	Pensi che nel suolo ci sia vita?
18.	Puoi fare un elenco di tutti gli organismi del suolo che conosci?
19.	Secondo te, cosa succede ad una foglia quando cade al suolo?
20.	Hai mai notato che una bottiglia di plastica abbandonata su un prato, nel bosco o sulla spiaggia rimane intatta? Perché?
21.	Sapresti dire dove un albero prende il nutrimento di cui ha bisogno per crescere?
22.	Hai mai preso in mano una zolla di terra? Se "si", cosa hai osservato?
23.	Hai mai sentito l'odore della terra bagnata? Se "si", a cosa pensi sia dovuto?
24.	Quale collegamento pensi ci possa essere tra la Scienza che studia il suolo e la: Fisica; Biologia; Mineralogia; Chimica; Microbiologia; Nutrizione delle piante.

La valutazione delle risposte fornite dagli studenti è stata svolta attribuendo a ciascuna risposta una lettera con il seguente significato:

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

A - Risposta corretta
B - Risposta sostanzialmente corretta
C - Risposta sostanzialmente errata
D - Risposta errata
E - Nessuna risposta.

Risultati

I risultati dell'indagine, espressi in valore percentuale, sono riportati in forma grafica nelle figure (Fig. 1a; 1b; 1c;1d).

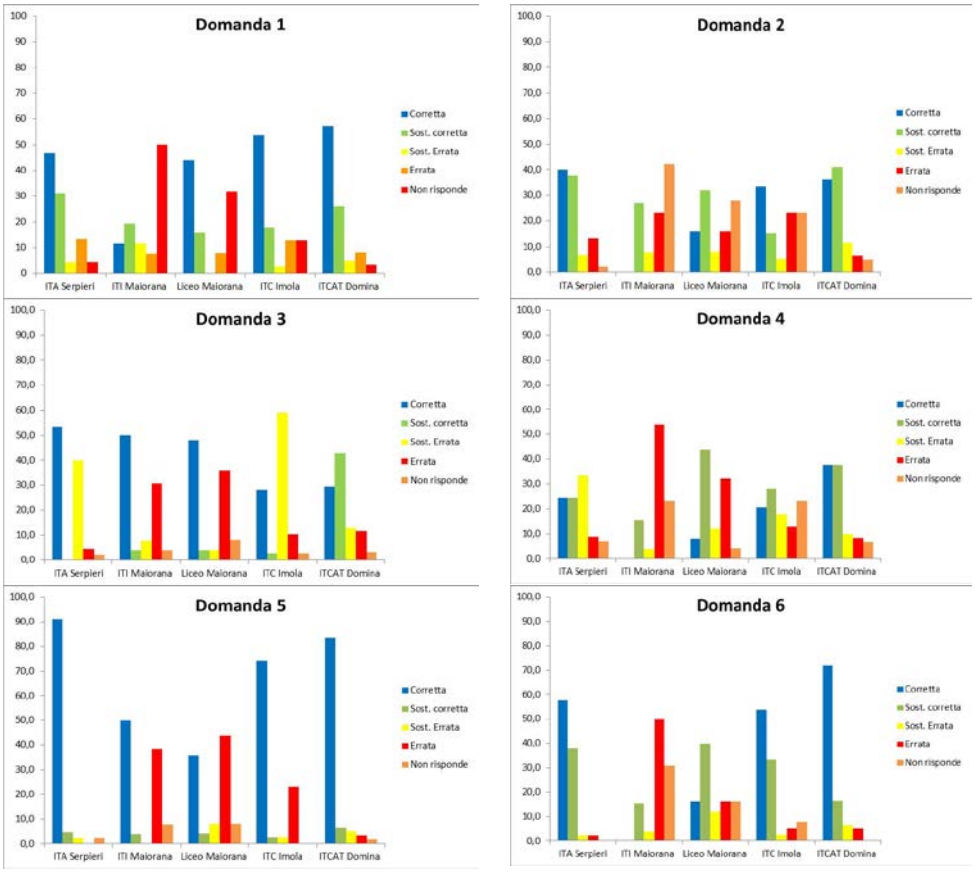


Figura 1a – *Grafici delle risposte concernenti le domande dalla 1 alla 6*

Emerge come gli studenti dell'Istituto "A. Serpieri" (agrario) e dell'Istituto "L. Ghini" (tecnico-biologico) abbiano fornito complessivamente il maggior numero di risposte corrette o sostanzialmente tali per tutte le tipologie di quesiti (conoscenza generale della risorsa; problematiche concernenti l'inquinamento del suolo; importanza del suolo nei sistemi ambientali).

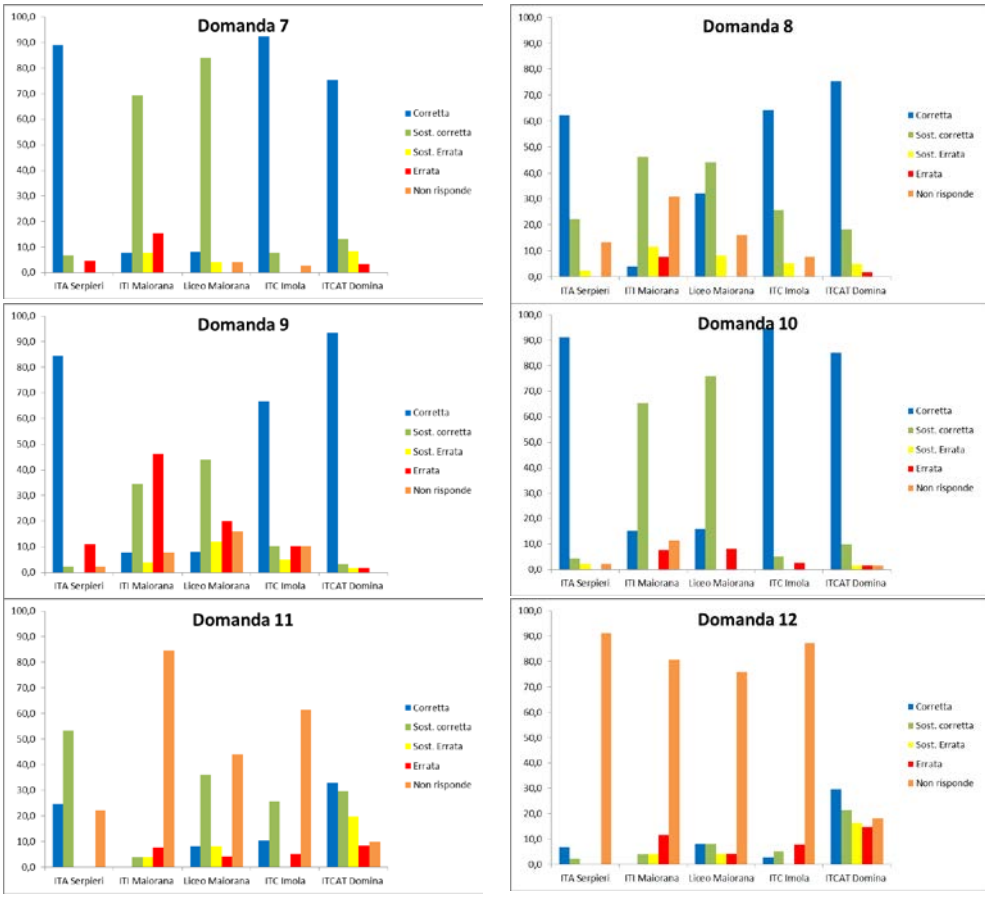


Figura 1b – *Grafici delle risposte concernenti le domande dalla 7 alla 12*

Le risposte fornite dagli studenti dell'Istituto Tecnico Industriale "E. Majorana" e del Liceo delle Scienze Applicate "E. Majorana" sono complessivamente meno soddisfacenti con un alto numero di risposte errate, incomplete e/o non fornite. Per l'istituto Domina si ottengono risultati complessivamente aderenti a quelli ricavati per gli studenti dell'Istituto Serpieri. In particolare, soprattutto negli Istituti Majorana per alcune domande si osserva un'alta percentuale di mancate risposte o di risposte errate. I risultati migliori si sono registrati fra gli studenti dell'Istituto Serpieri e dell'Istituto Domina dove gli uomini di domani hanno mostrato di avere una discreta conoscenza di base sul suolo, purtroppo ancora poco conosciuto in una società attuale evoluta e tecnologica.

I risultati nel complesso sembrano confermare come sia necessario diffondere la cultura del suolo per sensibilizzare non solo gli studenti, ma l'opinione pubblica a conoscere il suolo come risorsa che vive, cresce e muore.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

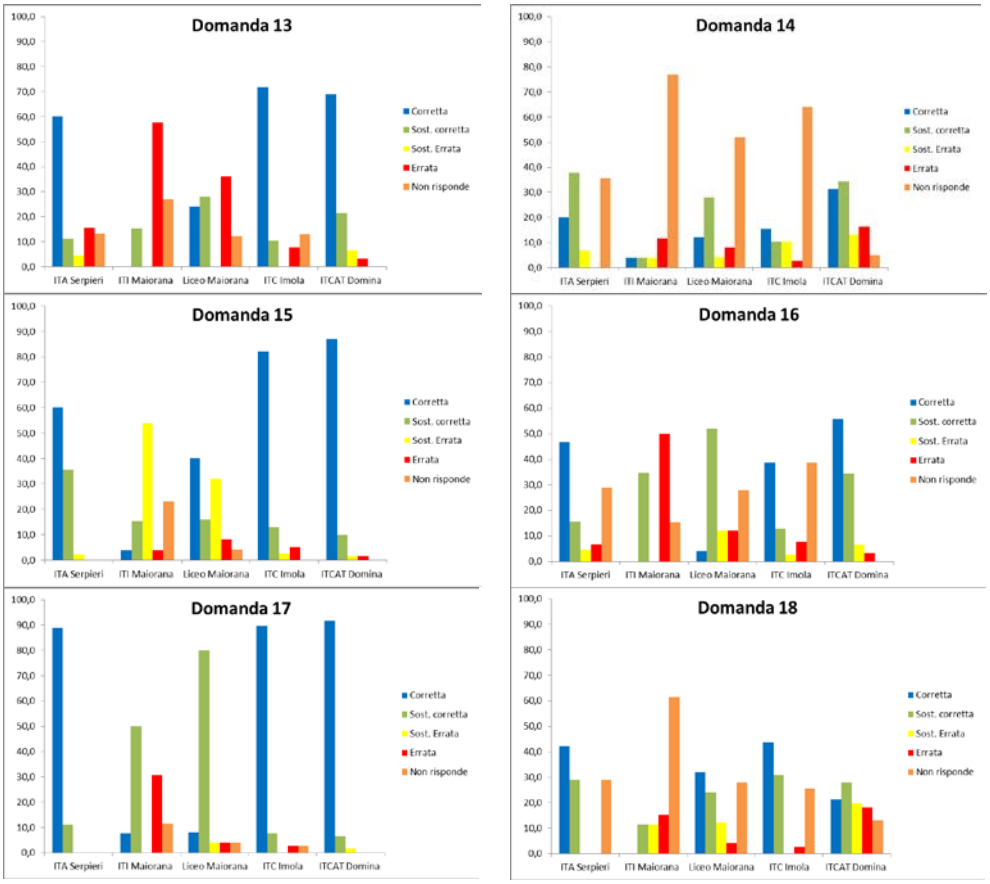


Figura 1c – *Grafici delle risposte concernenti le domande dalla 13 alla 18*

Conclusioni

Può apparire ridondante se non addirittura superfluo, in un incontro di studiosi del suolo, ricordare il ruolo strategico della conoscenza della "risorsa suolo" soprattutto fra i più giovani. Occorre tuttavia considerare che l'U.E. con la strategia tematica sul suolo ha espressamente sottolineato la necessità dell'adozione di opportune azioni di divulgazione per aumentare la consapevolezza pubblica sul tema "risorsa suolo" e per rispondere all'esigenza di raccordo tra ricerca, didattica e società civile (Dell'Abate e Benedetti, 2008). La funzione didattica è sicuramente da annoverare fra quelle di pertinenza del suolo.

Complessivamente, i risultati ottenuti dal test sulla conoscenza del suolo, pur se limitati nel numero dei partecipanti e nella distribuzione regionale degli istituti secondari cointeressati, lasciano trasparire la scarsa attenzione e il poco spazio che è dedicato al suolo come risorsa e, in definitiva la difficoltà di svilupparne la conoscenza nella programmazione didattica.

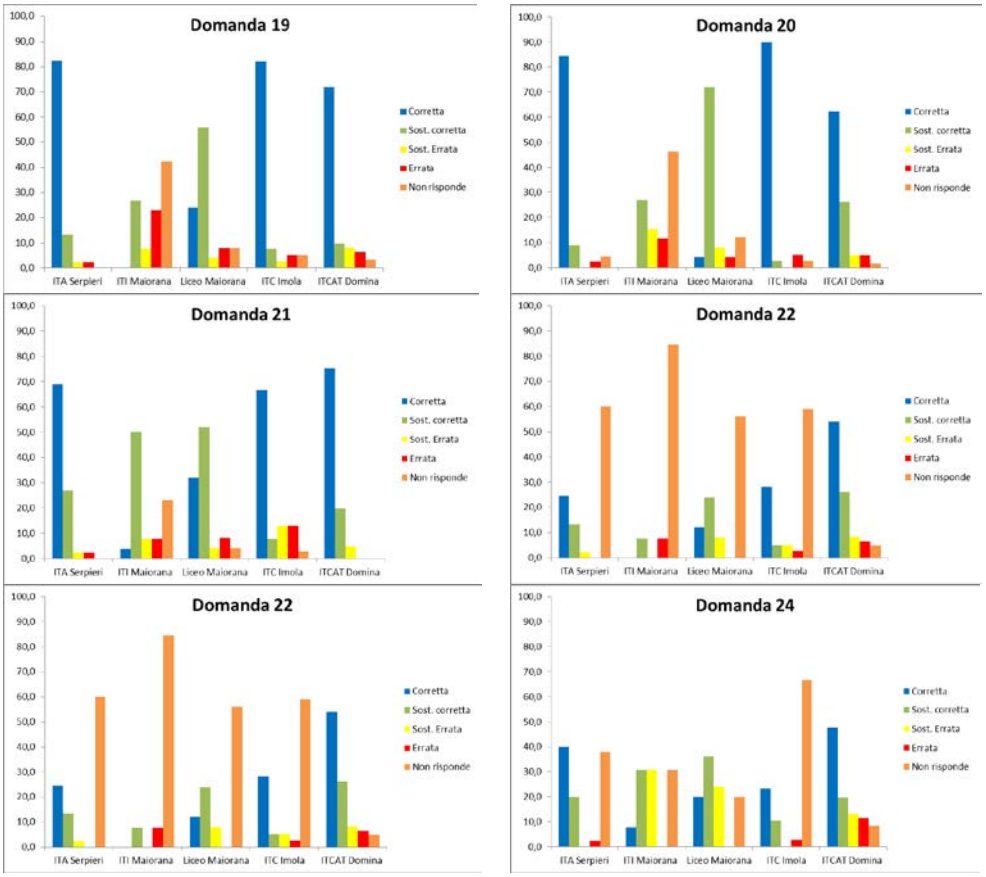


Figura 1d – *Grafici delle risposte concernenti le domande dalla 19 alla 24*

È importante che ci sia la conoscenza del suolo in ambito scolastico, ma ciò richiede un aggiornamento mirato da parte del personale docente a tutti i livelli iniziando dalle scuole elementari. Occorre dunque colmare un evidente deficit conoscitivo per fare sì che gli uomini di domani siano pienamente consapevoli dell'importanza del suolo in tutte le attività dell'uomo.
Si segnala la necessità di fare informazione sul suolo, attraverso il coinvolgimento anche di docenti universitari per ampliare e arricchire il grado di conoscenza del suolo tramite ad esempio seminari o workshop adeguati all'audience.
L'auspicio è di colmare tale gap conoscitivo per fare si che gli uomini di domani siano pienamente consapevoli dell'importanza del suolo in tutte le attività dell'uomo.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Bibliografia

DELL'ABATE M.T., BENEDETTI A. (2008) Le funzioni didattiche del suolo e l'importanza della divulgazione. in "Conservazione e fertilità del suolo, cambiamenti climatici e protezione del paesaggio" CRA-DAF, 10 e 11 dicembre 2008, Roma, pp. 18-19

DELL'ABATE M.T., BENEDETTI A., FRANCAVIGLIA R. (2005) Il Suolo che vive. Introduzione allo Studio della Scienza del Suolo. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali.

GÓMEZ M.R., REYES-SÁNCHEZ L.B. (2004) Educación ambiental, imprescindible en la formación de las nuevas generaciones. TERRA Latinoamericana. 22:515- 522.

REYES-SÁNCHEZ L.B. (2012) Teaching soil science: strategies and guarantees for the future. Spanish Journal of Soil Science, 2(1):1-10. DOI:10.3232/SJSS. 2012.V2.N1.07

SARDARO D.G. (2011) La percezione del suolo nell'offerta formativa degli istituti superiori. in La Percezione del Suolo (C. Dazzi editor.) Edizioni Le Penseur, pp. 79-87. ISBN: 978-88-95315-11-9.

L'UOMO DEL SIMILAUN TRA MITO E REALTÀ

MAN OF THE SIMILAUN BETWEEN MYTH AND REALITY

Anna Bernardo

Master Degree in Medieval Archaeology, University of York, United Kingdom.
Corresponding Author: E.mail: annabernardo@outlook.com

Riassunto

Il ritrovamento dell'Uomo dei Ghiacci è sicuramente una delle scoperte più sensazionali degli ultimi anni se non dell'ultimo secolo. Diversi studi sono stati fatti riguardanti il suo aspetto, le sue patologie, il suo abbigliamento ed equipaggiamento, il suo gruppo culturale e rango sociale e la sua morte. Recentemente, grazie al contributo della geologia e della botanica è stato possibile ricostruire l'ambiente in cui è vissuto dall'infanzia all'età' adulta, i suoi spostamenti, nonché il suo ultimo giorno di vita. Molte delle informazioni raccolte hanno permesso anche di stabilire l'estensione del ghiacciaio Niederjoch in una fase di cambiamento climatico dell'Olocene. Questo dimostra quanto il ritrovamento dell'Uomo dei Ghiacci sia importante per un approccio multidisciplinare che ha permesso di arricchire le nostre conoscenze in merito a quel periodo.
Parole Chiave: *Uomo dei Ghiacci, Età del Rame, Isotopi, Pollini, Geologia*

Abstract

The finding of the Iceman is certainly one of the most sensational discoveries of the last years, if not of the last century. A variety of studies have been conducted regarding his physical appearance, pathologies, clothing and equipment, his cultural group and social rank as well as his death. More recently, owing to geological and botanical contributions, it has been possible to reconstruct the environment in which he lived from childhood to adulthood, his movements, as well as his last day of life. Moreover, the information collected has allowed us to establish the extent of the Niederjoch Glacier during the phase of climatic change known as the Holocene. This has revealed how the finding of the Iceman has been fundamental in the context of a multidisciplinary approach, which enables us to further enrich our knowledge of this period.
Key Words: Iceman, Copper Age, Isotope, Pollen, Geology

Key Words: *Iceman, Copper Age, Isotope, Pollen, Geology*

Introduzione

Il ritrovamento dell'Uomo dei Ghiacci (o Ötzi) può essere senza dubbio considerato come una delle scoperte più sensazionali degli ultimi anni se non dell'ultimo secolo. Dal 1991 egli e' stato studiato da diverse discipline, le quali

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

hanno gettato luce sul suo aspetto, sul suo vestiario, sulle sue patologie e la sua morte. Recentemente anche geologia e botanica hanno dato il loro contributo, fornendo informazioni sull'ambiente, le migrazioni e il clima. Questo articolo ha come scopo quello di riassumere i risultati delle diverse ricerche, con particolare attenzione all'aspetto geologico.

Il ritrovamento

L'uomo dei ghiacci venne ritrovato quasi casualmente il 19 settembre 1991 da due coniugi tedeschi nei pressi del rifugio Similaun (Giogo di Tisa, 210 m.s.l.m) (Fig.1) (Fleckinger 2011). Inizialmente ritenuto il corpo di qualche sfortunato escursionista, fu poi soggetto a diverse analisi tra cui datazioni al radiocarbonio presso l'Università di Zurigo e di Oxford, le quali stimarono l'età del cadavere al 5300 cal B.P (3350 – 3120 a.C) , ovvero all'età del Rame (3500 – 2300). (Murphy *et al*. 2003) Fu una scoperta sorprendente, in quanto fino ad allora non si conosceva in tutto il mondo un reperto umano così antico (Fleckinger 2009).

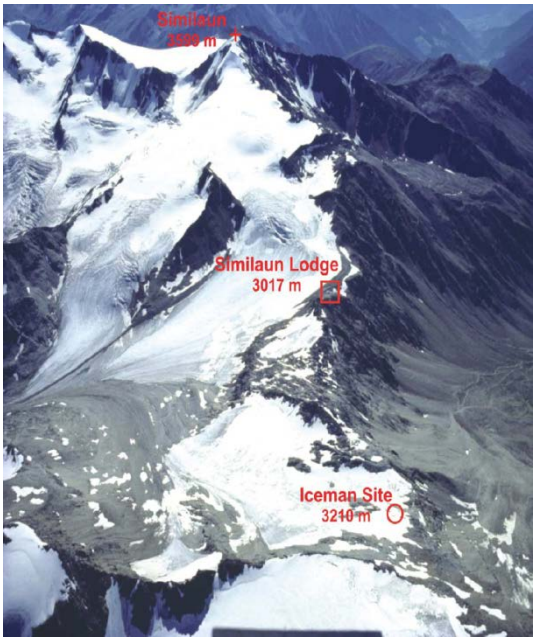


Figura 1
Luogo di ritrovamento del'Uomo dei Ghiacci sul Giogo di Tisa (Kutschera & Müller 2003).

Aspetto, patologie e particolarità

Le prime domande a cui si cercò di rispondere riguardavano naturalmente l'età al momento della morte, l'aspetto e naturalmente le possibili patologie di cui soffriva. Determinare l'età al momento della morte di una mummia o di uno scheletro (sia adulto che non) è particolarmente complicato, in quanto tutti i processi di crescita

sono terminati da molto tempo (Fleckinger 2009). Basandosi sulla struttura ossea di Ötzi, come le epifisi, egli sembrava avere tra i 20 – 30 anni (Murphy *et al.* 2003). Esaminando il tipo di patologie presenti sulle articolazioni sembrava essere piuttosto un individuo oltre i 50 anni (Murphy *et al.* 2003). Tuttavia, considerando che nel passato, a causa del tipo di vita o di attività svolte, le ossa si usuravano certamente con maggior rapidità, si stimò un'età tra i 45 – 46 anni, comunque molto avanzata rispetto alla vita media nel tardo Neolitico (Murphy *et al.* 2003). In origine l'uomo doveva essere alto 1.60 m e pesare 50 kg, quindi una statura piuttosto bassa (Ruff *et al.* 2006). Guardando però le dimensioni della sua tibia (Ruff *et al.* 2006), nonché le lesioni riscontrate sulle ginocchia (Gostner *et al.* 2011) si poté dedurre che si trattasse di un individuo abituato a camminare in montagna e quindi, pur essendo di bassa statura, possedesse una massiccia struttura corporea (Ruff *et al.* 2006). Estremamente interessante è il fatto che le dimensioni della sua tibia si avvicinino maggiormente alle dimensioni riscontrate negli uomini del Mesolitico che in quelli del Neolitico o dell'Età del Bronzo, elemento che potrebbe far pensare a eventuali migrazioni o a un rilevante movimento di popolazioni (Ruff *et al.* 2006). Aveva inoltre i capelli scuri, lunghi, la barba (Pedrotti 2001) e un'arcata sopraorbitale prominente, anche se per quanto riguarda quest'ultima caratteristica, a causa della mancanza di materiale di confronto, non è stato possibile stabilire se fosse una caratteristica sua o della popolazione di cui faceva parte (Murphy *et al.* 2003). Nel 2010 la mappatura del genoma nucleare di Ötzi ha inoltre permesso di scoprire il colore dei suoi occhi, ovvero marroni e non blu come si era invece detto in precedenza e di mettere in luce un'affinità tra tirolesi e sardi, a dimostrazione che vi erano stati forse significativi spostamenti di popolazioni durante il Neolitico (Patterson *et al.* 2012). Ulteriori studi sul genoma nucleare potrebbero in futuro permettere di trovare gli eredi diretti di Ötzi e di sapere di più sullo sviluppo delle malattie (Fleckinger 2011).

Essendo avanti con l'età, Ötzi era affetto da una serie di patologie, di cui in questo articolo vengono riportate le più interessanti. Le corone dei denti sono molto consumate, un'alterazione da attribuire sia al tipo di alimentazione, sia al fatto che egli masticava le pelli per renderle più morbide (Pedrotti 2001). Sono inoltre state riscontrate lesioni arteriosclerotiche nelle arterie del collo (Murphy *et al.* 2003) e, se si pensa che non aveva problemi attuali come obesità o scarsa attività fisica, questo conferma quanto la genetica sia determinante in malattie come l'arteriosclerosi (Galef 2012).

I polmoni sono neri come quelli di un accanito fumatore, segno che egli passava molto tempo davanti al fuoco (Pedrotti 2001) o che era coinvolto nella lavorazione dei metalli (Bolt 2012). Vi è poi una ferita lungo la mano destra e la frattura del polso e delle falangi della stessa mano (Cullen 2003). Ötzi è anche il più antico portatore del batterio Borrelia Burgdorferi, ovvero della malattia di Lyme, (Parry 2012) anche se non è dato sapere quanto questo lo disturbasse in vita (Galef 2012). Vi sono infine le cosiddette Harris Lines sulla tibia, ovvero delle linee che mettono in luce uno stato di stress durante lo sviluppo (Murphy 2003) dovuto per esempio a

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

fame, malattia o intossicamento da metalli. (Hays 2009). Osservando la spina dorsale, è stata riscontrata osteoartrite nelle vertebre cervicali e in particolar modo a livello di C4 – C5, nonché noduli di Schmorl a carico delle vertebre lombari (Murphy *et al.* 2003). Queste due ultime patologie potrebbero essere collegate con i 50 tatuaggi rinvenuti sul corpo della mummia (Fig. 2).
Essi sono i più vecchi al mondo, sono stati eseguiti con incisioni sulle quali veniva successivamente strofinato carbone vegetale (Renaut 2004) e si trovano in corrispondenza delle articolazioni affette da artrosi (Pedrotti 2001), tranne quelli sul polpaccio che servivano forse per curare dolori muscolari (Renaut 2004). Avevano dunque uno scopo terapeutico (Capasso 1993 in Pabst *et al.* 2009), anche se alcuni hanno parlato di un valore simbolico della terapia (Sjovold *et al.* 1995 in Pabs *et al.* 2009). Interessante è la corrispondenza con i punti utilizzati per l'agopuntura, testimonianza che questa tecnica terapeutica probabilmente non era in uso esclusivamente in Asia (Dorfer *et al.* 1999).

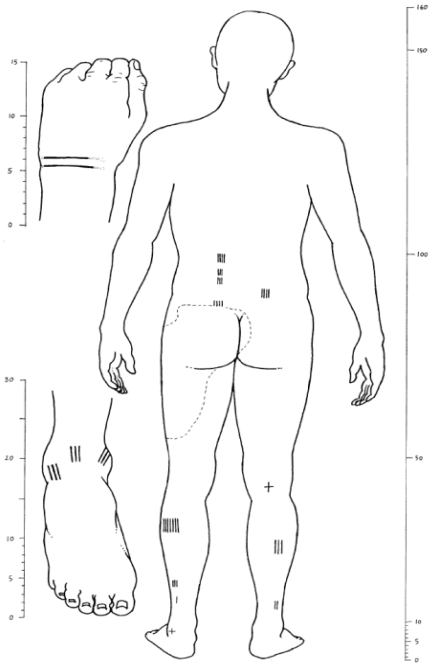


Figura 2
Localizzazione dei tatuaggi (Renaut 2004)

Infine, l'Uomo dei Ghiacci era anche portatore di alcune interessanti anomalie quali l'assenza di ambedue le XII costole, la presenza del diastema (Fig. 3), entrambe malformazioni congenite, e la mancanza dei denti del giudizio (Fig. 4) (Pedrotti 2001).

Figura 3 - *Diastema tra gli incisivi superiori di Otzi (Murphy* et al. *2003).*

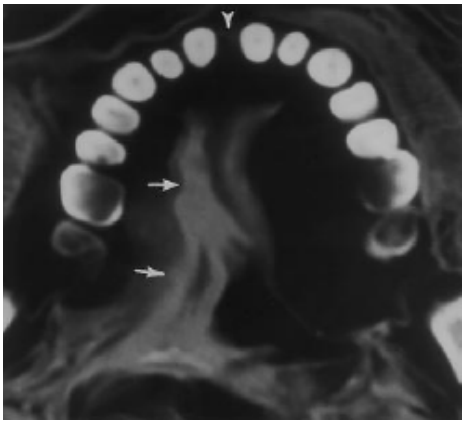


Figura 4 - *Mancanza dei denti del giudizio (Murphy* et al. *2003).*

Abbigliamento ed equipaggiamento

Un aspetto molto interessante di questo ritrovamento è sicuramente l'eccezionale stato di conservazione dell'abbigliamento e dell'equipaggiamento. Lo studio dell'abbigliamento ha confermato che gli abiti, realizzati con la pelle di diversi animali (cervo, orso, capra, pecora), erano adatti ad affrontare le rigide temperature di montagna (Pedrotti 2001). Tuttavia, a causa della mancanza di reperti paragonabili non è stato possibile stabilire quale fosse il livello di evoluzione delle tecniche per confezionare gli abiti (Fleckinger 2009). Da notare sono sicuramente le scarpe in pelle di cervo, all'interno delle quali vi era del fieno che isolava dal freddo (Pedrotti 2001). O ancora i gambali in pelle di pecora molto simili a quelli usati dagli Indiani d'America (Pedrotti 2001). L'Uomo del Similaun indossava inoltre un perizoma di capra, una cintura col marsupio, una tunica in pelle di pecora, un graticcio d'erbe probabilmente usato come parapioggia e un berretto in pelle d'orso (Dickson *et al*. 2005).
Il suo equipaggiamento, realizzato con 18 tipi diversi di legno, era funzionale e variegato e gli permetteva di stare lontano da casa per un lungo periodo (Fleckinger 2009). Con i suoi utensili poteva creare e riparare oggetti senza l'aiuto di nessuno (Fleckinger 2009). Tuttavia l'arco in legno di tasso non sembra finito (Kutschera & Rom 2000) così come la faretra in cui vi erano 14 frecce di cui solo due pronte per l'uso (Fleckinger 2009). Quest'ultime non sembrano essere state realizzate dalla stessa persona, ma rispettivamente da un mancino e da un destrimano (Carancini & Mattioli 2011). Il pugnale in selce e soprattutto l'ascia in rame (Fig. 5) sono sicuramente gli oggetti più significativi dell'equipaggiamento.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Figura 5
Ascia in rame
(Hays 2009)

L'ascia, in particolare, è l'unico esemplare preistorico conservatosi integralmente (Dickson *et al.* 2003). Grazie all'archeologia sperimentale, si è potuto affermare che questo manufatto si doveva prestare in special modo ad abbattere gli alberi (Fleckinger 2009). Un altro oggetto molto interessante e su cui si è molto dibattuto è il ritoccatore in legno di tiglio: non vi sono infatti oggetti paragonabili, ma è probabile che venisse utilizzato per rifinire gli oggetti in selce (Fleckinger 2009). Ötzi aveva con se anche due funghi di poliporo di betulla (*Piptoporus betulinus*), utilizzati come antisettici ed emostatici e un fungo d'esca (*Fomes Fomentarios*), impiegato probabilmente per accendere il fuoco, come risulta dalle tracce di pirite (Peitner *et al.* 1998). Possedeva inoltre due contenitori in corteccia di betulla, che servivano per trasportare la brace e scaldarsi, delle reti forse usate per la caccia e i resti di un manufatto interpretato come gerla e realizzato con legno di nocciolo (Pedrotti 2001). Vi era infine un disco piatto di marmo forato al centro e in cui passavano 9 strisce di pelle, che servivano probabilmente come materiale per le riparazioni (Pedrotti 2001). Secondi alcuni si trattava invece di un amuleto con funzioni magiche apotropaiche (Fowler 2001). Ciò che è interessante, considerando il ritrovamento di questa grande quantità di manufatti, è il fatto che la preistoria viene generalmente ricostruita attraverso la ceramica e le punte di freccia (Cullen 2003). Questo è invece il primo caso in cui viene permesso ampliare il campo d'indagine e avere un'idea del vestiario e di altri oggetti, pur non disponendo di elementi di confronto. (Cullen 2003)

Cultura ed ambiente

In relazione a questi oggetti si è cercato di stabilire di quale gruppo culturale facesse parte Ötzi e si è ipotizzato che egli appartenesse alla cultura di Tamins – Carasso – Isera 5 (Fig. 6), ovvero una cultura che si estendeva tra Svizzera e Trentino negli ultimi secoli del IV millennio a.C (Fleckinger 2011).

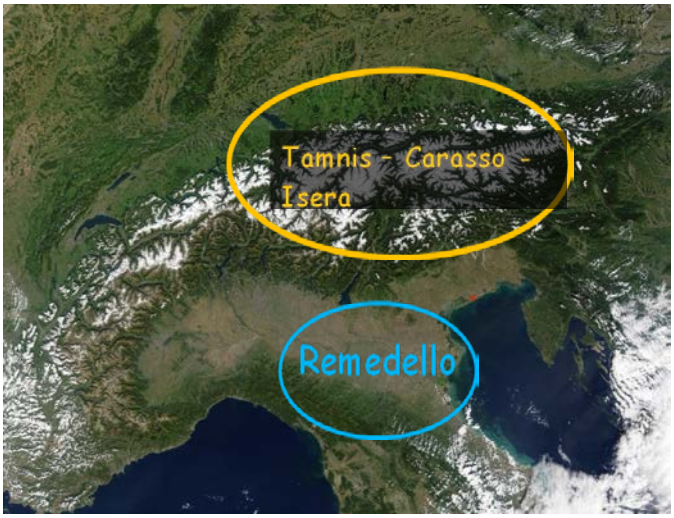


Figura 2
Localizzazione geografica delle culture di Tamnis – Carasso – Isera 5 e Remedello durante il tardo Neolitico e l'Età del Rame (autore).

E' però possibile, guardando alla forma dell'ascia, che egli sia stato influenzato dalla cultura di Remedello, pur essendoci un problema di datazione, essendo questa cultura più recente (2120 a.C) rispetto alla mummia (Hopfel *et al.* 1992). Tuttavia, egli era sicuramente in contatto con popolazioni del Trentino meridionale e del Veneto Occidentale: infatti, la selce utilizzata per il suo pugnale è grigia-maculata, tipica dei monti Lessini (Pedrotti 2001). In quest'area la glaciazione Gunziana, erodendo la roccia, aveva reso la selce visibile e facilmente reperibile senza scavare. E' possibile quindi che l'Uomo dei Ghiacci avesse qui i sui rifornimenti (Veja.it 2011). Purtroppo, l'attribuzione di un individuo ad una cultura in epoca preistorica è generalmente basato sui reperti ceramici: la loro mancanza nel caso di questo ritrovamento, rende molto difficile l'associazione di Ötzi ad un gruppo culturale (Fleckinger 2011).
Recentemente si e' inoltre cercato di capire quale fosse il luogo d'origine di Ötzi. Per capire l'habitat di Ötzi dall'infanzia all'età adulta si è quindi analizzata la concentrazione di isotopi di stronzio, piombo e ossigeno nello smalto dentario e nelle ossa e la si è comparata con quella riscontrata nella geologia e idrologia locale (Müller *et al.* 2003). Lo smalto dentario si forma e soprattutto non cambia durante l'infanzia e incamera quindi informazioni riguardanti questo periodo della vita (Kutschera & Müller 2003); le ossa, al contrario, essendo soggette a continuo rimodellamento, ci danno indicazioni sugli ultimi 10 – 20 anni di vita (Müller *et al.* 2003). Il contenuto di stronzio e piombo, varia a seconda del tipo di roccia e suolo, quindi la loro presenza nello scheletro di un individuo fornisce utili informazioni su provenienza o eventuali migrazioni in relazione ad un determinato ambiente geologico (Hoogewerff & Papesch 2001). Gli isotopi di ossigeno, assunti con l'acqua, sono invece diversi da sud a nord, cambiano a seconda dell'altitudine e danno quindi informazioni sulla distanza dalle fonti d'acqua (Hoogewerff &

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Papesch 2001). Ottenute queste informazioni si direbbe che Ötzi sia nato a 60 km dal luogo di ritrovamento (Hays 2009), probabilmente in Val d'Isarco (Hall 2011). Negli ultimi anni di vita sostò sui suoli di gneiss della Val d'Adige (Müller *et al.* 2003), migrando occasionalmente in Val Venosta: è stato infatti registrato nelle ossa l'utilizzo di diverse fonti d'acqua (Kutschera & Rom 2000). Quando morì aveva da poco iniziato il suo viaggio in Val Senales (Hoogewerff & Papesch 2001). Negli ultimi anni sono stati fatti alcuni scavi sull'altura fortificata di Castel Juval e sono stati trovati alcuni reperti neolitici (Fleckinger 2009). Molti ricercatori si sono domandati se fosse questo il villaggio di Ötzi, anche se risulta improbabile in quanto la concentrazione stronzio – piombo è incompatibile con quella delle sue ossa (Müller *et al.* 2003). Juval è però vicino ad alcuni tipi di piante che sono state trovate con la mummia, come la *Neckera Complanata* e la *Neckera Crispa.* Quindi se non era Juval, era sicuramente un luogo vicino (Acs *et al.* 2005). Sfortunatamente non si sarà mai certi sul suo domicilio in quanto alcuni dati si sono persi con la mummificazione a causa di alterazioni chimiche e contaminazioni avvenute nel suolo (Hoogewerff & Papesch 2001).
Una volta ipotizzato il suo luogo di origine, alcune ricerche hanno anche cercato di capire chi fosse questo individuo. La presenza dell'ascia in rame ha fatto spesso pensare ad una posizione di rilievo all'interno della comunità (Pedrotti 2001), come un capovillaggio o un guerriero (Fleckinger 2009). Konrad Spindler afferma però che l'ascia non deve necessariamente ricondurre ad uno status sociale elevato: essendovi segni d'usura potrebbe trattarsi semplicemente di un oggetto da lavoro (Fleckinger 2009). Altre teorie, basandosi sull'alta concentrazione di arsenico nei capelli, affermano che fosse un fabbro coinvolto nella lavorazione del rame (Bolt 2012). Tuttavia, recenti studi hanno dimostrato come l'arsenico non fosse nella cheratina dei capelli, ma sui capelli e si sarebbe depositato dopo la morte attraverso batteri che fissano i metalli. (Dickson *et al.* 2005). Altre ipotesi sostengono che fosse un pastore, un cacciatore, un mercante, un cercatore di minerali, un reietto, uno sciamano, un agricoltore (Fleckinger 2009).

L'ultimo viaggio

Gli studi su Ötzi hanno anche permesso di ricostruire la sua ultima giornata di vita (Fig. 7). Inizialmente, basandosi sui due chicchi di farro ritrovati sul mantello, si era supposto che egli si fosse allontanato dalla sua residenza abituale in un periodo in cui era in corso la raccolta del grano, quindi intorno a fine agosto, inizio settembre (Pedrotti 2001).
Inoltre vi era anche una susina, immangiabile se non viene raccolta a fine estate (Pedrotti 2001). Tuttavia le analisi condotte da Klaus Oeggl sul contenuto del colon sembrano suggerire la morte a fine primavera, inizio estate (Dickson *et al.* 2005). Nel colon vi sono infatti pollini di carpino nero, pianta che fiorisce intorno a maggio – giugno (De Marinis & Tecchiati 2003).
Questa ipotesi è corroborata dal fatto che egli potesse avere la susina da molto tempo (Dickson *et al.* 2011). Inoltre, grazie all'analisi dei pollini ingeriti tramite cibo, acqua e respirazione, si può ricostruire il suo itinerario (Oeggl *et al.* 2007).

Figura 3
Ricostruzione del tragitto percorso dall'Uomo dei Ghiacci durante la sua ultima giornata (Hall 2007).

Da 9 a 12 ore prima della morte egli si trovava nelle vicinanze di un bosco di latifoglie dove fiorisce appunto il carpino nero e quindi con molta probabilità in Val Venosta/bassa Val Senales (Oeggl *et al.* 2007). Da 7 a 4 ore prima del decesso, grazie alla elevata quantità di pollini di Pinus si è potuto stabilire la sua localizzazione in un bosco di conifere, dove consumò il suo ultimo pasto prima di incamminarsi verso il Giogo di Tisa (Oeggl *et al.* 2007). Notevole è la distanza percorsa, ovvero 15 km con un dislivello di 1800 m (De Marinis & Tecchiati 2003).
Oltre ai pollini, la localizzazione dei residui di cibo nei vari tratti dell'intestino permette di attribuirli ad un lasso temporale. Un primo pasto di cereali e carne (Rollo *et al*. 2002), trovato nel colon discendente, fu consumato 14 – 55 ore prima della morte (Oeggl *et al.* 2007). Nel colon trasverso è stato invece riscontrato DNA di stambecco, farro e orzo (Rollo *et al.* 2002), mangiati tra le 8 – 12 ore prima della morte (Oeggl *et al.* 2007). Infine l'ultimo pasto tra le 3 e le 4 ore antecedenti la morte (Oeggl *et al.* 2007), consistente in cervo nobile e verdure imprecisate (Rollo *et al.* 2002). In tutti i tratti dell'intestino sono inoltre presenti residui di carbone, a testimonianza che egli utilizzò un focolare aperto (Oeggl *et al.* 2007).

La morte

Il probabile tragitto descritto si concluse, come già sappiamo, con la morte. Come questa sia avvenuta è stato a lungo dibattuto. All'inizio si pensava ad un incidente dovuto alla fatica e al freddo (Pedrotti 2001). Tuttavia, nel 2001 venne scoperta la punta di freccia (Fig. 8) e il quadro cambiò (Gostner & Egarter Vigl 2002). Questa penetrò per all'interno della spalla sinistra e si fermò ad un centimetro e mezzo dal polmone (Gostner & Egarter Vigl 2002).
La ferita non sarebbe stata mortale, se non si fossero aggiunti altri elementi come probabilmente l'alta quota e il freddo (De Marinis & Tecchiati 2003). Il ferimento della spalla e il crollo dell'uomo a terra spiegherebbero inoltre l'innaturale posizione del braccio sinistro (De Marinis & Tecchiati 2003), poiché nella zona è

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

localizzato il fascio vascolo – nervoso del braccio che, se reciso, provoca un'emorragia e la paralisi dell'arto (Pertner *et al.* 2007).

Figura 4
Cuspide di freccia nella spalla sinistra di Otzi (Pertner et al. *2007).*

A questo elemento possiamo aggiungere altri dettagli interessanti, come il fatto che il pugnale di selce con fodero, l'arco e la faretra fossero ancora da completare e quindi Ötzi non era in condizione di difendersi (De Marinis & Tecchiati 2003). Se uniamo queste considerazioni al fatto che Ötzi sembra aver percorso velocemente un lungo e faticoso cammino, un'ipotesi abbastanza realistica è che egli fosse un fuggiasco (De Marinis & Tecchiati 2003). Resta da stabilire da chi e per quale motivo fuggisse. Alcuni hanno affermato che egli fosse inseguito, ma che nonostante le avverse condizioni atmosferiche fosse riuscito a togliersi dalla vista del suo inseguitore (Brizzi 2005). Ciò renderebbe conto del fatto che il corredo di Ötzi non venne trafugato (Brizzi 2005). Vi era infatti l'ascia in rame, bottino piuttosto attraente per un ladro (Fleckinger 2009). Tuttavia c'è chi sostiene che vi era qualcosa che valeva di più dell'ascia, come ad esempio il gregge e ipotizza che vi sia stato un abigeato (Fleckinger 2009). Ricapitolando, Ötzi giunse sul Giogo di Tisa e cercò forse un posto per riposare. A quel punto una freccia lo colpì, ed egli cadde a terra battendo la testa (Fleckinger 2011). Infatti, le indagini radiologiche di ciò che rimane del cervello inducono a ritenere che vi fu un'emorragia nel lobo destro (Fig. 9), anche se mancano elementi di conferma a questa ipotesi (Fleckinger 2011). A lungo, la presenza di una ferita alla mano destra (Fig. 10) ha indotto a pensare a uno scontro corpo a corpo (De Marinis & Tecchiati 2003).

Figura 5 - *Possibile trauma nel lobo destro (Murphy* et al*. 2003)*

Figura 6 - *Ferita sulla mano destra della mummia (Nerlich* et al*. 2003)*

Tuttavia Albert Zink, esaminando i bordi della ferita al microscopio ha sostenuto che questa poteva risalire addirittura a tre giorni prima e che l'arto quindi era già fuori uso prima del decesso (Nerlich *et al*. 2003).
Ritornando alla freccia presente nella spalla, il Dott. Gostner ed il Dott. Egarter si sono spesso chiesti se questa possa permettere di determinare la provenienza dell'arciere nemico e far pensare quindi ad uno scontro tra etnie (De Marinis & Tecchiati 2003).
Purtroppo le tipologie possono ripetersi identiche in culture contemporanee (De Marinis & Tecchiati 2003) ed in questi caso la freccia in questione è tipica dell'Italia settentrionale e fa pensare che il nemico di Ötzi fosse nella sua stessa comunità o comunque in una comunità vicina (Brizzi 2012). Ciò che risulta interessante è proprio il fatto che questa ipotesi della morte violenta rientra nel quadro di generalizzata tensione che caratterizzava il IV e III millennio a.C e contribuisce quindi ad arricchire il dibattito sull'origine della violenza umana (De Marinis & Tecchiati 2003). L'Età del Rame è infatti un'epoca di profonde trasformazioni a causa della scoperta del nuovo metallo: gerarchizzazione della società, disuguaglianze, scambi culturali a largo raggio, controllo di territori a discapito di altre comunità, status particolare di chi possedeva i manufatti in rame (Fleckinger 2011).

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Pugnali, asce, alabarde iniziano inoltre a nascere come armi e non come strumenti per la caccia (De Marinis & Tecchiati 2003). Citando Vere Gordon Childe, la guerra sembra quindi un portato della civiltà (Gordon Childe 1941). Questa teoria della morte violenta non è tuttavia l'unica esistente. Studiosi come Reinhard hanno parlato ad esempio di sacrificio alle divinità della montagna (Ives 2003); altri come Vanzetti di rito di sepoltura (Vanzetti *et al.* 2010). Secondo quest'ultimo, il corpo doveva essere su una piattaforma di pietra (Vanzetti *et al.* 2010). L'equipaggiamento non finito era probabilmente simbolico e le frecce diverse l'una dall'altra rappresentavano invece un corredo (Vanzetti *et al.* 2010). Sicuramente un grande contributo alle ricerche e' stato dato nel 2003 da Thomas H. Loy (University of Queensland, Australia): dopo aver analizzato alcune tracce di sangue ritrovate sugli oggetti ed indumenti di Ötzi, egli riportò come si trattasse di DNA mitocondriale di quattro diversi individui (Ives 2003).

Per quanto riguarda il pugnale, Ötzi può averlo ad esempio usato per uccidere, ma è anche probabile che egli lo abbia usato in qualche attività di culto tipica per l'epoca (Hays 2009). Un significato certamente bellico deve essere riconosciuto alla freccia (Oeggl 2009). Anche in questo caso però potrebbe riferirsi a combattimenti molto vecchi (De Marinis & Tecchiati 2003b). Se si prende infatti per vera l'ipotesi di Ötzi fuggiasco, non è pensabile che egli abbia potuto uccidere uno o più inseguitori, prendendosi pure il tempo di recuperare la freccia (De Marinis & Tecchiati 2003b). L'ipotesi più credibile è quindi quella che Ötzi abbia forse combattuto in maniera cruenta prima di fuggire (De Marinis & Tecchiati 2003b). Purtroppo, a meno che non vi siano ulteriori scoperte, la morte dell'Uomo del Ghiaccio non potrà mai essere ricostruita nel dettaglio (Fleckinger 2009).

La mummificazione e la glaciazione

Così come la morte, anche la mummificazione è stata molto dibattuta tra i ricercatori . Alcuni sostengono che il corpo sia stato coperto dalla neve rimanendo per un periodo permeabile all'aria e vi sarebbe pertanto stata un'azione combinata di essicazione e congelamento (liofilizzazione) che avrebbe consentito la mummificazione (Williams *et al.* 1995). Il ghiacciaio avrebbe solo in seguito ricoperto la mummia, concludendo così il processo (Williams *et al.* 1995). Altri dicono che la mummificazione sarebbe avvenuta in superficie o in acqua e che la neve abbia ricoperto l'Uomo dei Ghiacci in un periodo molto successivo (Bereuter *et al.* 1997). In questo caso però il corpo sarebbe stato esposto a insetti di cui invece non vi è traccia (Fleckinger 2009). L'ipotesi più credibile risulta essere quindi la prima. Infine, di grande importanza, è il fatto che questo ritrovamento è utile a livello geologico poiché dà nuove informazioni sulle dimensioni del ghiacciaio Niederjoch durante una parte dell'Olocene e permette quindi di ricostruire la storia climatica del territorio.

Durante l'Ultimo Massimo Glaciale l'area considerata era completamente coperta dalla neve. Tra il 9000 e il 5000 BP, con l'inizio dell'Olocene, i ghiacciai di montagna si fecero invece più piccoli anche se la loro estensione è sconosciuta (Baroni & Ombrelli 1996). Infatti, mentre le fasi di deterioramento climatico e

massima espansione glaciale sono documentate dalle morene, le fasi di maggior ritiro del ghiacciaio sono poco conosciute (Baroni & Ombrelli 1996). Si sa però che tra il 6450 – 6300 BP, ci fu una cintura libera dalla neve che permise l'accumulo di materia organica (Baroni & Ombrelli 1996). Le piante che sono state rinvenute sul luogo di ritrovamento, come il *Poa Alpina* o *Poa Laxa*, oggi trovato a quote più basse, dimostrano un clima piuttosto caldo (Kutschera 2001). Tuttavia, il ghiacciaio cominciò ad avanzare tra il 5740 – 5605 BP, probabilmente a causa di qualche cambiamento nell'attività solare e ebbe quindi inizio un periodo freddo (Frisia *et al.* 2005). Questo sarebbe quindi il motivo per cui Ötzi e i suoi oggetti siano stati preservati in maniera eccezionale (Baroni & Ombrelli 1996).

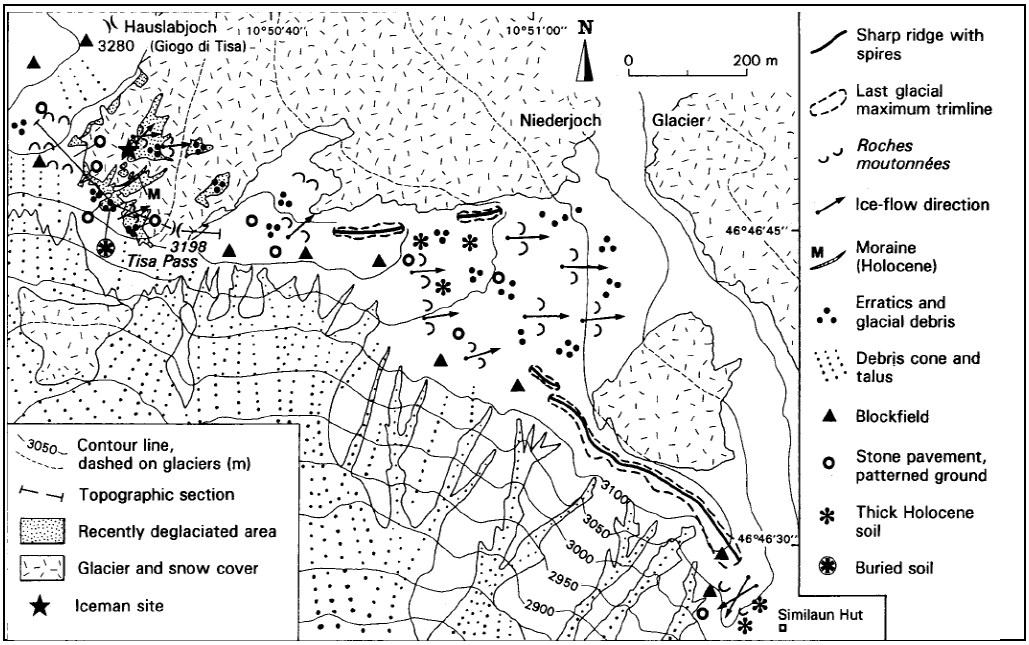


Figura 70 - *Estensione del ghiacciaio al momento della scoperta (Baroni & Ombrelli 1996).*

Il corpo rimase infatti coperto dal periodo successivo all'ablazione del ghiacciaio fino al 1991, con alcune fasi di minor spessore della neve (Baroni & Ombrelli 1996). In conclusione Ötzi rivela che intorno al 5300 – 5050 ci fu un rapido cambiamento climatico che creò una copertura di neve persistente su aree prima lasciate scoperte dal ghiaccio, dando inizio alla Neoglaciazione (Frisia *et al.* 2005). La data di sepoltura di Ötzi coincide inoltre con un aumento di CH4 nel ghiaccio, indicativo di un aumento di umidità (Baroni & Ombrelli 1996) Dati geomorfologici suggeriscono che le dimensioni del ghiacciaio attuali siano simili a quelle che precedevano la Neoglaciazione (Fig. 10), fatto probabilmente da attribuire al riscaldamento globale (Baroni & Ombrelli 1996).

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Conclusione

Il ritrovamento dell'Uomo del Similaun è unico in quanto si tratta di un individuo morto nella sua quotidianità e non frutto di una sepoltura (Hays 2009): egli è quindi una fonte di informazione eccezionale sulla sua epoca non solo a livello culturale, ma anche a livello climatico e geologico, pur essendone l'unico rappresentante (Murphy et al. 2003). Nonostante vi siano ancora problemi irrisolti, è interessante notare quante discipline diverse siano coinvolte nello studio di questo individuo: infatti, pur trattandosi di una mummia, non è studiato esclusivamente da archeologia e antropologia, ma anche da altre discipline quali geologia, pedologia e botanica.

Bibliografia

ACS P., WILHALM T., OEGGLE K., (2005) Remains of Grasses Found with the Neolithic Iceman "Ötzi". Vegeteation History Archaeobotany 14 (3):198–206.

BARONI C., OMBRELLI G. (1996) The Alpine "Iceman" and Holocene Climatic Change. Quaternary Research 46 (1):78 – 83.

BEREUTER T.L., MIKENDA W., REITER, C,. (1997). Iceman's Mummification – Implications from Infrared Spectroscopical and Histological Studies. Chemestry – A European Journal, 3 (7):1032 – 1038.

BOLT H.M. (2012). Arsenic: an Ancient Toxicant of Continuous Public Health Impact, from Iceman Ötzi until Now. Archives of Toxicolology 86 (6):825 – 830.

BRIZZI V. (2005). Ötzi the Iceman: Murder Victim, Thaws out but Whodunit and Why? Bulletin of Primitive Technology 29: 52–58.

CARANCINI G.L., MATTIOLI T. (2011) The Iceman is a burial: new remarks. Antiquity 85 (327). Available at http://www.antiquity.ac.uk/projgall/carancini327/

CULLEN B. (2003) Testimony from the Iceman. Smithsonian.com. Available at www.smithsonianmag.com/science-nature/iceman.html

DE MARINIS R., TECCHIATI U. (2003b) Ötzi Aveva Ucciso ma...Nuovi Dati sulla sua Fine. Archeologia Viva 102:86–89.

DE MARINIS R., TECCHIATI U. (2003). Ötzi: fu Omicidio. Archeologia Viva, 100:42–53.

DICKSON J.H., OEGGLE K., HANDLEY L.L., (2011) Il Ritorno di Ötzi. Le Scienze. Available at http://www.lescienze.it/news/2011/09/15/news/il_ritorno_di_o_tzi-550747/

DICKSON J.H., OEGGLE K., HANDLEY L.L., (2005) The Iceman Reconsidered. Scientific American 15: 4–10.

DORFER L., MOSER M., BAHR F., (1999) A Medical Report from the Stone Age? The Lancet 354:1023–1025.

FLECKINGER A. (2011) Ötzi 2.0 Una mummia tra scienza e mito. Folio Editore.

FLECKINGER A. (2009) Ötzi, l'Uomo venuto dal Ghiaccio. Folio Editore, Vienna - Bolzano e Museo Archaeologico dell'Alto Adige.

FOWLER B. (2001). Iceman. Uncovering the Life and Times of a Prehistoric Man Found in the Alpine Glacier. The University of Chicago Press. pp. 200–205.

FRISIA S., BORSAT A., FAIRCHILD I.J., SUSINI J., (2005) Variations in Atmospheric Sulphate Recorded in Stalagmites by Synchrotron Micro – XRF and XANES Analysis. Earth and Planetary Science Letters 235: 729–740.

GALEF J. (2012) Iceman was a Medical Mess. Science NOW. Available at http://news.sciencemag.org/sciencenow/2012/02/iceman-was-a-medical-mess.html
GORDON CHILDE V. (1941) War in Prehistoric Society. Sociological Review, 33:126–138.
GOSTNER P., PERNTER P., BONATTI G., GRAEFEN A., ZINK A.R., (2011) New Radiological Insights into the Life and Death of the Tyrolean Iceman. Journal of Archaeological Science 38 (12):3425–3431.
GOSTNER P., EGARTER VIGL E. (2002) Insight: Report of Radiological – Forensic Findings on the Iceman. Journal of Archaeological Science, 29(3):323–326.
HALL S., (2011) Iceman Autopsy. National Geographic. Available at http://ngm. nationalgeographic.com/2011/11/iceman-autopsy/hall-text
HAYS J. (2009) Ötzi the Iceman. Facts and Details. Available at http:// factsanddetails.com/world.php?itemid=1496&catid=56&subcatid=362
HOOGEWERFF J., PAPESCH W. (2001) The Last Domicile of the Iceman from Hauslabjoch: A Geochemical Approach Using Sr, C and O Isotopes and Trace Element Signatures. Journal of Archaeological Science 28(9):983–989.
HOPFEL F., PLATZER W., SPINDLER K., (1992) Der Mann im Eis, Bd. I. Editions de l'Universite' de Innsbruck, 187.
IVES S. (2003) Was Ancient Alpine Iceman Killed in Battle? National Geographic News. Available at http://news.nationalgeographic.com/news/2003/10/1030_031030_ icemande ath.html
KUTSCHERA W.,MÜLLER W. (2003) "Isotope Language" of the Alpine Iceman Investigated with AMS and MS. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 204: 705–719.
KUTSCHERA W. (2001) Radiocarbon Dating of the Iceman Ötzi with Accelerator Mass Spectometry. Paper presented at the Workshop of NuPECC (Nuclear Physics European Collaboration Committee) on Nuclear Science: Impact, Applications, Interactions, 21-23 November 2001, Dourdan, France.
KUTSCHERA W., ROM W. (2000) Ötzi the Prehistoric Iceman. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 164–165:12–22.
MÜLLER W., FRICKE H., HALLIDAY A.N.,MCCULLOCH M.T., WARTHO J.A., (2003) Origin and Migration of the Alpine Iceman. Science, 302 (5646):862–866.
MURPHY W.A., ZUR NEDDER D., GOSTNER, P., (2003) The Iceman: Discovery and Imaging. Radiology, 226: 614 – 629.
NERLICH A.G., BACHMEIER B., ZINK A.R., (2003) Ötzi had a Wound on his Right Hand. The Lancet 262 (9380): 334.
OEGGL K., (2009) The Significance of the Tyrolian Iceman for the Archeobotany of Central Europe. Vegetation History and Archeobotany, 18(1):1–11.
OEGGL K., KOFLER W., SCHMIDL A., (2007) The Reconstruction of the Last Itinerary of ''Ötzi'', the Neolithic Iceman, by Pollen Analyses from Sequentially sampled Gut Extracts. Quaternary Science Reviews 26 (7-8): 853–861.
PABST M.A. (2009) The Tattoos of the Tyrolean Iceman: a Light Microscopical, Ultrastructural and Element Analytical Study. Journal of Archaeological Science 36(10):2335–2341.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

PARRY W. (2012) Ötzi The Iceman's Genome Reveals Evidence Of Lyme Disease, Lactose Intolerance and Distant Relatives. Science. Available at http://www. huffingtonpost.com/2012/02/28/otzi-the-icemans-genome-reveals _ n_1307532.html

PATTERSON N.J., MOORJANI P., LUO Y., (2012) Ancient Admixture in Human History. The Genetic Society of America, 192(3):1065–1093.

PEDROTTI, A. (2001). L'Età del Rame. In: M. Lanzinger, F. Marzatico, A. Pedrotti (a cura di), Storia del Trentino. La preistoria e la Protostoria, Bologna: Il mulino. pp. 182 – 253.

PEITNER U., PÖDER R., PÜMPEL T., (1998) The Iceman's Fungi. Mycological Research 120(10):1153–1162.

PERTNER P., GOSTNER P., VIGL E.E., RÜHLI F.J., (2007) Radiological Proof for the Iceman's Cause of Death (ca. 5300 BP). Journal of Archaeological Science 34(11):1784–1786.

RENAUT L. (2004) Les Tatouages de Ötzi et la Petite Chirourgie Traditionelle. L'anthropologie 108(1):69–105.

ROLLO F., UBALDI M.,ERMINI, L., MAROTA I., (2002) Ötzi last meals: DNA Analysis of the Intestinal Content of the Neolithic Glacier Mummy from the Alps. Proceedings of the National Academy of Science USA '99, 20:12594–12599.

RUFF C.B., HOLT B.M., SLADEK V., (2006) Body Size, Body Proportion and Mobility in the Tyrolian "Iceman". Journal of Human Evolution, 51(1):91–101.

VANZETTI A., VIDALE M., GALLINARO M., (2010) The Iceman as a burial. Antiquity 84(25): 681 –692.

VEJA.IT (2011) Il Commercio della Selce dalla Preistoria a Oggi: un'Attività poco studiata. Veja.it. Available at http://www.veja.it/2011/04/14/il-commercio-della-selce-dalla-preistoria-ad-oggi-un%E2%80%99-attivita%E2%80%99-poco-studiata/

WILLIAMS A.C., EDWARDS H.G.M., BARRY B.W., (1995) The "Iceman": Molecular Structure of 5200-year-old Skin characterised by Raman Spectroscopy and Electron Microscopy. Biochimica et Biophysics Acta 1246(1): 98-105.

PROPRIETÀ CHIMICO-BIOLOGICHE DI ACIDI UMICI E FULVICI ESTRATTI DA SUOLI EVOLUTISI SU LITOLOGIE INCONSUETE DELLA GALIZIA, SPAGNA

BIOLOGICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF HUMIC AND FULVIC ACIDS EXTRACTED FROM SOILS FERIVED FROM UNCOMMON LITHOLOGIES OF GALICIA, SPAIN

Valeria Cardelli [(1)], Stefania Cocco [(2)], Giorgia Brecciaroli [(2)], Diego Pizzeghello [(1)], Alessandra Cardinali [(1)], Serenella Nardi [(1)], Alberto Agnelli [(3)], Maria Josefa Fernández Sanjurjo [(4)], Giuseppe Corti [(2)]

[(1)] Dipartimento di Agronomia, Alimenti, Risorse Naturali, Animali e Ambiente, Università degli studi di Padova
[(2)] Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Università Politecnica delle Marche, Ancona
[(3)] Dipartimento di Scienze Agrarie ed Ambientali, Università degli studi di Perugia
[(4)] Departamento de Edafología y Química Agrícola, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Santiago de Compostela, Lugo (Spagna)

* Corresponding Author: E.mail s.cocco@univpm.it

Riassunto

Le sostanze umiche sono la componente principale della sostanza organica del suolo e si originano dalla degradazione e trasformazione fisica, chimica e biologica di molecole provenienti dalle spoglie di organismi vegetali e animali e dei microrganismi. Le sostanze umiche migliorano le proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo, con ripercussioni positive sulla fertilità e sul metabolismo delle piante e, di conseguenza, possono fungere indirettamente da indicatori ecologici. L'obiettivo di questo lavoro è stato quello di studiare le proprietà della sostanza organica di suoli naturali evolutisi su differenti litologie (granito, serpentinite, anfibolite e fillite) e sottoposti a uno stesso regime climatico della Galizia (Spagna). La sostanza organica è stata estratta e frazionata in estraibile in acqua (WEOM), particolato (POM), sostanza organica estraibile totale (TEOM), acidi umici (HA), acidi fulvici (FA) e sostanza organica non estraibile (NEOM). Ogni frazione è stata analizzata per il contenuto di carbonio organico totale e, quindi, l'abbondanza delle frazioni è espressa sotto forma di contenuto di carbonio. Successivamente, l'attività biologica degli HA e FA è stata valutata mediante biosaggio su crescione (*Lepidium sativum* L.). I risultati indicano che sia l'ormone di riferimento sia le sostanze umiche estratte hanno indotto significative risposte dose-dipendente. La relazione tra concentrazione di sostanze umiche e lunghezza delle radici è stata elaborata mediante modello logaritmico che ha spiegato oltre il 91% della variabilità totale dei dati. Il modello considerato ha permesso di stimare l'attività auxino-simile delle sostanze umiche estratte. I risultati sono stati messi in relazione con le caratteristiche fisiche, chimiche e di origine litologica del suolo ed

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

è stato discusso il ruolo ecologico di tali frazioni organiche.
Parole chiave: *granito, serpentinite, anfibolite, fillite, acidi umici, acidi fulvici, attività auxino-simile*

Abstract

Humic substances are the main component of soil organic matter and originate from the degradation and physical, chemical and biological transformation of molecules coming from the remnants of plants, animals and microorganisms. Humic substances are able to improve the soil physical, chemical and biological properties and have a positive impact on soil fertility. Because of this, they have an important role in plant metabolism and can be used as an ecological indicator. The objective of this work was to study the properties of organic matter of natural soils developed on different lithologies (granite, serpentinite, amphibolite and phyllite) under the same climate regime from Galicia (Spain). The organic matter was extracted and fractionated in water extractable organic matter (WEOM), particulate organic matter (POM), total extractable organic matter (TEOM), humic acids (HA), fulvic acids (FA), and not extractable organic matter (NEOM). All the fractions were analyzed for their total organic carbon content and the content of the fractions is expressed in a carbon content basis. The biological activity of HA and FA was evaluated by bioassay on watercress (*Lepidium sativum* L.). Results showed that both the hormone reference and humic substances have significantly induced dose-dependent responses. The relationship between concentration of humic substances and root length was developed by logarithmic model, which explained more than 91% of the data variability. The used model has allowed us to estimate the activity of auxin-like substances. These results have been related to the physical, chemical and lithological properties of the soils and the ecological role of the organic fractions was discussed.
Key words: *granite, serpentinite, amphibolite, phyllite, humic acids, fulvic acids, auxin-like activity*

Introduzione

Il substrato pedogenetico dal quale si origina un suolo influenza le caratteristiche fisiche, chimiche e mineralogiche del suolo stesso. Ciò influisce sulla disponibilità di nutrienti, sulla copertura vegetale e sulla popolazione microbica del suolo, con ripercussioni sulla sua fertilità. In Galizia (Spagna), la notevole variabilità litologica (Figura 1) contribuisce a creare un'elevata pedodiversità (Guitián and Carballas, 1969), nonostante il clima umido con precipitazioni superiori all'evapotraspirazione per buona parte dell'anno induca una intensa lisciviazione dei cationi prodotti dal *weathering* e favorisca l'acidificazione del suolo (Macías, 1982; Álvarez et al., 2009), soprattutto se originatosi da litologie non carbonatiche. In queste condizioni, almeno nei suoli su granito e su scisti quarzosi, i processi pedogenetici determinano la liberazione di Al nel suolo (García-Rodeja and

Macías, 1984), riducendone la fertilità (Foy, 1984; Delhaize et al., 2007). Allo stesso tempo, questi suoli sono ricchi di sostanza organica, la quale ha una elevata capacità di complessare l'Al, tra 30 e 2900 mg Al/g C organico (Álvarez et Steinbach, 2009).

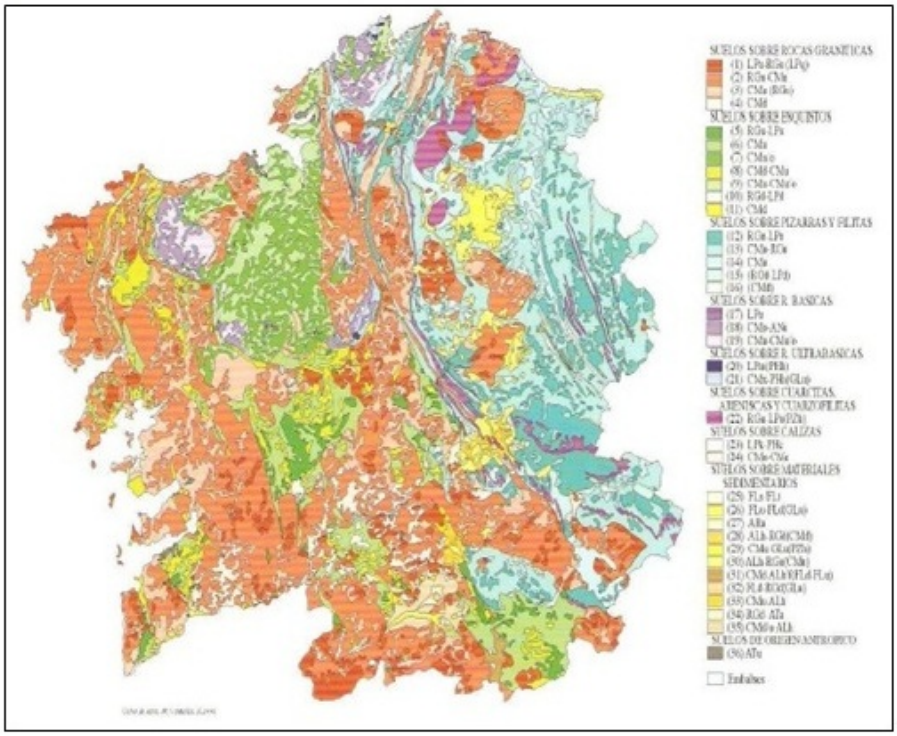


Figura 1 - *Carta litologica della Galizia (Macía et al., 2001)*

La formazione di complessi humus-Al stabilizza la sostanza organica che risulta così protetta dall'attacco microbico. Ciononostante, il ruolo nutrizionale della sostanza organica è di fondamentale importanza negli ecosistemi forestali ed è espletato in particolar modo dalle sostanze umiche (HS). Negli ultimi anni è cresciuta l'attenzione nei confronti dei meccanismi attraverso i quali le HS influenzano la crescita delle piante (Pizzeghello et al., 2012), sia rendendo biodisponibili alcuni nutrienti (Clapp et al., 2001; Chen et al., 2004), sia influenzando il metabolismo vegetale per azione diretta su target fisiologici (Nardi et al., 2009). A questo proposito, quantità identificabili di acido indoleacetico (AIA) sono state individuate nelle HS da Muscolo et al. (1998), e ciò è stato confermato da successivi studi di immunodosaggio da Nardi et al. (2000) e Pizzeghello et al. (2001). La presenza di ormoni fisiologicamente attivi nelle

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

sostanze umiche è stata ulteriormente verificata anche con tecniche di biologia molecolare (Trevisan et al., 2009; Dobbss et al., 2010) e di gas-cromatografia (Jindo et al., 2012). In esperimenti condotti da Muscolo et al. (2007a,b) e Nardi et al. (2009), piante trattate con HS hanno evidenziato differenze metaboliche e di accrescimento quando confrontate con piante trattate con dosi equivalenti di AIA. L'esistenza di una capacità stimolativa indotta da sostanze ormono-simili contenute nelle HS è stata confermata da Trevisan et al. (2009) utilizzando genotipi mutanti di *Arabidopsis*. Come l'AIA sia legato o in associazione con le HS non è ancora chiaro (Schulten e Schnitzer, 1998), ma sembra che i gruppi carbossilici delle sostanze umiche rappresentino i punti chiave di recezione dell'AIA e ne regolino la sua disponibilità (Napier, 2001, 2004; Muscolo et al., 2007a,b; Canellas et al., 2010; Jindo et al., 2012). L'AIA può essere prodotto da batteri e funghi del suolo e può essere contenuto negli essudati radicali di molte piante (Rademacher, 1992; Lebuhn e Hartmann, 1993) e, un volta nel suolo, può andare a legarsi alle HS attraverso interazioni idrofobiche (van der Waals, π–π, ion–dipole) e ponti idrogeno. Le HS sono aggregati di molte molecole la cui stabilità e reattività dipendono dalla forza ionica della soluzione e dal pH dell'ambiente (Piccolo, 2002; Simpson et al., 2002; Schaumann, 2006). Quando questi aggregati entrano in contatto con acidi organici a basso peso molecolare, essi manifestano una elevata attività auxino-simile (Nardi et al., 1988). Ciò è dovuto al fatto che gli acidi organici a basso peso molecolare, così come gli essudati radicali, possono rompere la struttura degli aggregati e dare origine a sub-unità di molecole biologicamente attive (Nardi et al., 2002, 2006). Le sostanze umiche manifestano anche attività gibberellino-simile (Nardi et al., 2000; Pizzeghello et al., 2002) e citochinino-simile (Muscolo et al., 1996; Pizzeghello et al., 2012), ancora non completamente chiarite.

Le condizioni climatiche tendenzialmente omogenee che caratterizzano il territorio galiziano hanno permesso di studiare l'effetto che differenti litologie hanno sulle proprietà mineralogiche, chimiche e biologiche di suoli naturali. Al fine di studiare l'influenza litologica sulla distribuzione della sostanza organica e sull'attività biologica delle HS, sono stati selezionati suoli evolutisi dalle litologie granito, serpentinite, anfibolite e fillite perché vicini tra loro e sottoposti ad uno stesso clima. È sembrato interessante valutare questo aspetto anche in considerazione delle problematiche che la diffusione delle piante incontra nei suoli evolutisi da serpentinite e fillite, noti per la loro fitotossicità.

Materiali e metodi

Area di studio

La Galizia è collocata geograficamente tra il 42° e 44° di latitudine nord, in posizione centrale nel sud-ovest del continente europeo. L'area di studio è collocata nelle provincie di Lugo e A Coruña (Figura 2), nelle valli interne della regione, caratterizzate da rilievi modesti delle catene montuose centro-settentrionali.

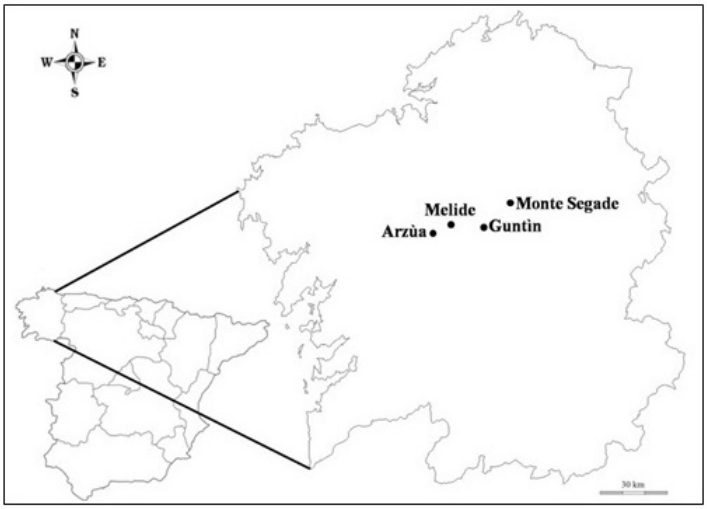


Figura 2
Localizzazione geografica dell'area di studio. Monte Segade = granito; Melide = serpentinite; Arzúa = anfibolite; Guntín = Fillite.

Seppur non molto elevata, l'orografia di questa porzione della regione gioca un ruolo importante nella sua caratterizzazione climatica. Infatti, la sua influenza genera abbondanti precipitazioni sul versante nord e nord-est e limita quelle sul versante sud e sud-ovest. Le cime dei rilievi sono caratterizzate da una presenza di nuvolosità durante tutto l'anno, cosa che genera una forte disponibilità d'acqua nei suoli di quest'area. I siti di indagine sono stati scelti per la vicinanza tra loro così da garantire simili condizioni climatiche. Sono stati campionati suoli evolutisi da *i*) granito, sia sotto copertura vegetale a prevalenza di *Quercus robur* L. sia sotto *Pinus sylvestris* L. (Monte Segade), *ii*) serpentinite (Melide), *iii*) anfibolite (Arzúra) e *iv*) fillite (Guntín). In tutti i suoli è stato aperto un profilo che è stato descritto e campionato in base agli orizzonti. Per questo lavoro sono stati presi in considerazione solo gli orizzonti A.

Caratterizzazione mineralogica

L'analisi mineralogica è stata effettuata con diffrattometro Philips 1830, lavorando a 35kV e 25 mA e utilizzando la radiazione Co-Kαl filtrata dal Fe. L'interpretazione degli spettri ha permesso un'analisi semi-quantitativa dei minerali presenti. Da ogni diffrattogramma elaborato è stata ricavata la composizione mineralogica mediante associazione biunivoca dei picchi caratteristici secondo quanto riportato da Brindley e Brown (1980), Moore e Reynolds (1989), Dixon e Schulze (2002).

Caratterizzazione chimica

La determinazione del pH è stata eseguita per via potenziometrica in H_2O e in KCl. Il contenuto di C e N totali è stato misurato con analizzatore elementare Leco. Il P assimilabile è stato determinato con il metodo Olsen (1954). La capacità di scambio cationico è stata determinata con una soluzione 1N di acetato ammonico a

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

pH 7. Il contenuto degli ioni Ca, Mg, Na e K scambiati dalla soluzione di acetato ammonico è stato determinato mediante spettrofotometria in assorbimento atomico con atomizzatore a fiamma (FAAS). La sostanza organica è stata estratta e frazionata in quella estraibile in acqua (WEOM), particolata (POM), estraibile totale (TEOM) e sostanza organica non estraibile (NEOM), che è quella presente nel residuo di estrazione. La TEOM è stata poi frazionata in acidi umici (HA) e acidi fulvici (FA). Su ogni frazione è stato determinato il C organico totale con il metodo Walkley-Black scaldando a 160°C (Allison, 1960).

Biosaggio

L'attività auxino-simile delle frazioni di HA e FA è stata determinata mediante il test di Audus (1972). Il metodo si basa sulla valutazione dell'effetto inibitorio delle sostanze umiche sulla crescita di radici di crescione comune (*Lepidium sativum* L.). Per comparazione dell'effetto con quello indotto dall'acido indolacetico (AIA), un ormone della classe delle auxine, è possibile stimare la quantità putativa di AIA presente nelle sostanze umiche (Nardi et al., 2006).

Analisi statistica

Le analisi di caratterizzazione del suolo sono state condotte in triplo. I risultati biologici si riferiscono alla media di tre esperimenti indipendenti con 4 repliche per esperimento e l'errore standard è risultato sempre inferiore al 5% (n = 160). Le analisi di regressione sono state eseguite mediante programma SPSS per Windows, versione 18.0 (SPSS, Chicago, IL) e ne è stato calcolato il valore di significatività *P*.

Risultati e discussione

L'interpretazione dei diffrattogrammi ha evidenziato una attesa composizione mineralogica degli orizzonti A considerati, che può essere riassunta come segue (in ordine di abbondanza dei minerali):

- suoli su granito: miche, caolinite, quarzo e plagioclasi;
- suolo su serpentinite: clorite, talco, pirofillite, anfiboli, serpentino, pirosseni, quarzo, plagioclasi, albite;
- suolo su anfibolite: plagioclasi, anfiboli, pirosseni, quarzo, ossidi di ferro;
- suolo su fillite: miche, margarite, serpentino, caolinite, quarzo.

Come indicato in Tabella 1, i valori di pH sono sub-acidi per tutti gli orizzonti considerati. Su granito e anfibolite si sono riscontrati valori simili a quelli riportati in bibliografia per suoli evolutisi da queste litologie (Arbestain, 2004), con l'eccezione degli orizzonti su granito sotto pino dove il relativamente elevato valore di pH dell'orizzonte A1 è dovuto alle calcitazioni che sono state praticate in questo suolo. Il valore di pH più elevato dell'orizzonte A su serpentinite era atteso vista la natura ultrabasica della roccia madre (Oze et al., 2008).

Ciononostante, l'azione di lisciviazione dovuta alle precipitazioni ha contribuito a portare anche il suolo serpentinitico a valori di pH sub-acidi, mentre altrove si rilevano valori di pH generalmente più elevati (Oze et al., 2008; Bonifacio et al., 1997).

Substrato pedogenetico	Orizzonte	pH_{H2O}	pH_{KCl}	P mg kg^{-1}	N totale %
Granito (sotto rovere)	A1	5,21 (0,02)	4,39 (0,04)	3,1 (0,7)	0,30 (0,02)
	A2	5,17 (0,08)	4,38 (0,00)	1,7 (0,1)	0,21 (0,01)
Granito (sotto pino)	A1	5,65 (0,09)	4,72 (0,18)	5,6 (2,4)	0,36 (0,02)
	A2	5,43 (0,32)	4,54 (0,12)	5,3 (2,4)	0,27 (0,02)
Serpentinite	A	6,03 (0,06)	5,05 (0,01)	5,1 (0,2)	0,43 (0,02)
Anfibolite	A	5,51 (0,10)	4,59 (0,00)	2,7 (0,6)	0,59 (0,03)
Fillite	A	5,27 (0,52)	4,11 (0,52)	6,4 (3,5)	0,47 (0,08)

Tabella 1 - *Valori di pH in H_2O e KCl, P disponibile e N totale degli orizzonti A di suoli evolutisi da diverse litologie (Galizia, Spagna). Fra parentesi sono riportati gli errori standard.*

Per quanto riguarda la dotazione di elementi nutritivi (Tabella 1), gli orizzonti considerati sono piuttosto carenti in P e N. Nella Tabella 2 sono riportati i dati riferiti al complesso di scambio.

Substrato pedogenetico	Orizzonte	Cationi di scambio					CSC	Al su CSC
		Ca	Mg	Na	K	Al		
		cmol(+) kg^{-1}						%
Granito (sotto rovere)	A1	0,30 (0,03)	0,08 (0,00)	0,42 (0,07)	0,36 (0,02)	4,18 (0,53)	5,35 (0,46)	78,0 (3,10)
	A2	0,34 (0,03)	0,06 (0,01)	0,40 (0,10)	0,30 (0,01)	4,13 (0,14)	5,24 (0,25)	79,0 (1,18)
Granito (sotto pino)	A1	6,42 (2,62)	0,57 (1,93)	0,27 (0,05)	0,30 (0,04)	2,65 (1,67)	10,19 (1,40)	27,8 (18,98)
	A2	1,17 (0,34)	0,16 (2,93)	0,22 (0,08)	0,26 (0,05)	3,78 (1,48)	5,60 (2,40)	64,9 (12,24)
Serpentinite	A	3,02 (0,32)	16,57 (0,93)	0,35 (0,09)	0,40 (0,09)	0,18 (0,02)	20,51 (0,40)	0,9 (0,11)
Anfibolite	A	0,21 (0,05)	0,29 (0,04)	0,62 (0,00)	0,39 (0,00)	4,03 (1,54)	5,54 (1,63)	70,6 (7,05)
Fillite	A	1,15 (0,06)	0,39 (0,04)	0,30 (0,05)	0,38 (0,02)	6,46 (0,09)	8,69 (0,05)	74,4 (0,60)

Tabella 2 - *Cationi di scambio (Ca, Mg, Na, K, Al), capacità di scambio cationico (CSC), e percentuale di Al sul complesso di scambio degli orizzonti A di suoli evolutisi da diverse litologie (Galizia, Spagna). Fra parentesi sono riportati gli errori standard.*

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Da notare gli elevati valori di Al, tipici dei suoli galiziani. Fa eccezione l'orizzonte A su serpentinite, dove l'Al scambiabile rispetto alla CSC è basso (0,9%) mentre Ca e Mg scambiabili sono relativamente elevati. Su serpentinite, inoltre, abbiamo un elevato valore di ioni Mg con conseguente basso rapporto Ca/Mg che rappresenta uno dei fattori che rallentano o impediscono il diffondersi della vegetazione in questi suoli. Questa caratteristica, unita all'elevata concentrazione di alcuni elementi tossici quali Cr, Ni, Zn, Fe, Mn, Co e Cd (Rabenhorst et al., 1982; Brooks, 1987; Gough et al., 1989; Brooks et al., 1992; Gambi, 1992; Oze et al., 2004a,b), riduce lo sviluppo della vegetazione e favorisce endemismi (Robinson et al., 1935; Walker, 1954; Fernandez et al., 1999; Brady et al., 2005). Nella zona di Melide, sito in cui è stato campionato il suolo su serpentinite, è nota l'elevata concentrazione di Cu e altri metalli pesanti (Xunta de Galicia, 1992). Il suolo evoluto su roccia serpentinite mostra livelli di Cr e Ni (>1000 mg kg^{-1}) e Cu (>150 mg kg^{-1}) molto più elevati di suoli di altra origine della Galizia, dove i livelli di Cr e Ni nel suolo variano tra meno di 50 e 100 mg kg^{-1} e quelli di Cu vanno da meno di 5 a 25 mg kg^{-1} (Xunta de Galicia, 1992).
In Tabella 3 è riportato il contenuto di C organico nelle frazioni di sostanza organica.

Substrato pedogenetico	**Orizzonte**	**WEOC**	**POC**	**TEOC**	**HAC**	**FAC**	**NEOC**	**TOC**
					g kg^{-1}			
Granito (sotto rovere)	A1	0,51 (0,18)	15,88 (8,01)	57,46 (17,16)	43,71 (12,55)	13,75 (4,53)	43,97 (4,58)	117,82 (9,64)
	A2	0,38 (0,14)	5,41 (2,66)	49,52 (10,50)	31,77 (9,30)	17,76 (7,92)	36,02 (3,81)	91,33 (6,84)
Granito (sotto pino)	A1	0,56 (0,17)	0,14 (0,01)	18,86 (3,20)	13,62 (2,39)	5,24 (1,09)	38,35 (1,67)	57,91 (1,82)
	A2	0,35 (0,02)	0,08 (0,00)	18,54 (2,11)	14,15 (1,61)	4,39 (0,85)	32,10 (1,73)	51,07 (1,34)
Serpentinite	A	1,34 (0,04)	3,19 (1,46)	47,51 (18,23)	36,06 (13,26)	11,46 (4,38)	56,61 (4,21)	108,65 (9,55)
Anfibolite	A	0,46 (0,15)	0,31 (0,00)	19,45 (5,04)	13,31 (3,67)	6,13 (1,26)	77,02 (4,66)	97,24 (3,22)
Fillite	A	1,15 (0,29)	5,06 (2,43)	47,39 (10,68)	37,23 (7,86)	10,16 (3,05)	80,68 (7,27)	134,28 (6,38)

Tabella 3 - *Contenuti di C organico come sostanza organica solubile in acqua (WEOC), sostanza organica particolata (POC), sostanza organica estraibile (TEOC), acidi umici (HAC), acidi fulvici (FAC), sostanza organica non estraibile (NEOC) e C organico totale (TOC) degli orizzonti A di suoli evolutisi da diverse litologie (Galizia, Spagna). Fra parentesi sono riportati gli errori standard*

Il contenuto di C organico totale di questi orizzonti è elevato e, nella gran parte dei casi, è dovuto alla NEOC, seguita dalla TEOC. L'unica eccezione è rappresentata dagli orizzonti A sotto rovere, dove la TEOC è maggiore della NEOC. In tutti i casi la frazione maggiormente rappresentata della TEOC sono gli HA. Il contenuto di TOC segue la sequenza di orizzonti:

(A-fillite) > (A1-granito sotto rovere) > (A-serpentinite) > (A-anfibolite) > (A1-granito sotto pino).

Nella valutazione di questi parametri è opportuno tener presente che i profili di suolo aperti nei diversi siti si differenziano tra loro per lo spessore degli orizzonti A, che è maggiore su granito e minore su serpentinite, anfibolite e fillite. Quindi, gli elevati contenuti di TOC degli orizzonti A su fillite e serpentinite sono tali anche perché il C organico si concentra in pochi centimetri di spessore. Questo fatto trova spiegazione nella difficoltà che la pedogenesi incontra nello sviluppare suoli di un certo spessore su queste litologie, anche a causa della loro fitotossicità.

Biosaggio

Sia l'AIA sia le sostanze umiche hanno indotto delle risposte dose-dipendente significative ($0.000<P<0.05$). Il trattamento con AIA ha evidenziato un forte decremento della crescita delle radici all'aumentare della concentrazione dell'auxina (Figura 3a,b). I dati sono stati elaborati mediante equazione logaritmica (Figura 3b) ($P<0.001$) ed il modello ottenuto ha spiegato il 98% della variabilità delle misure di lunghezza delle radici (Tabella 4).

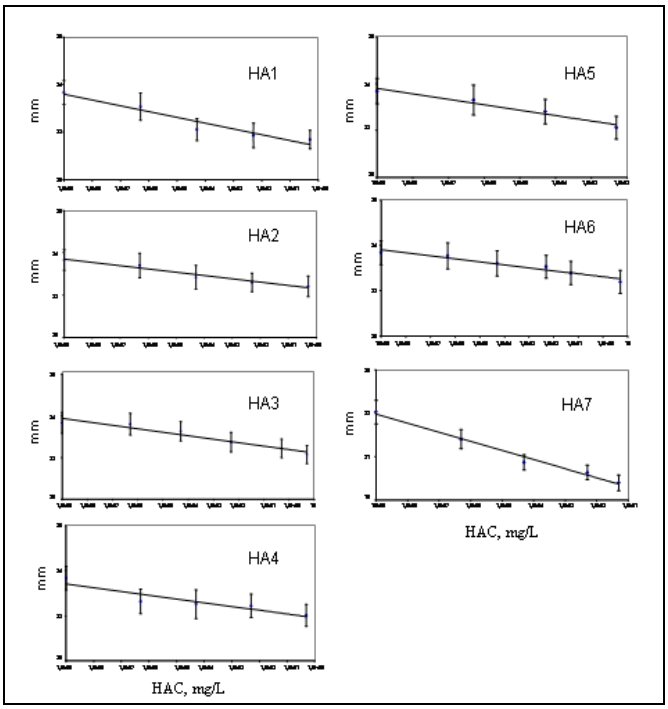


Figura 3
Curve di regressione tra la concentrazione di carbonio come acido umico (HA) nei diversi campioni e la lunghezza (mm) delle radici di crescione comune (*Lepidium sativum*).
1 = granito sotto rovere A1;
2 = granito sotto rovere A2;
3 = granito sotto pino A1;
4 = granito sotto pino A2;
5 = serpentinite 2A;
6 = anfibolite 2A;
7 = fillite 2A**.**

a	**B**	**R2**	***P***
7,439	-1,687	0,980	0,000

Tabella 4 – *Parametri della regressione lineare (Y = a + b Ln(X)) (equazione 1) e valore del coefficiente di determinazione (R2) tra la concentrazione di acido indolacetico e la lunghezza delle radici di crescione.*

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Anche nel caso del trattamento con HS, la relazione tra lunghezza delle radici e concentrazione delle HS è stata spiegata mediante modello logaritmico (Figure 4 e 5). Il trattamento con HA e FA ha dato valori di R2 mediamente oltre il 91% della variabilità totale della variabile dipendente (Tabelle 5 e 6).

Substrato pedogenetico		**a**	**b**	**R2**	***P*<**	**nM AIA**
Granito	HA1	21,399	-0,106	0,935	0,001	22,6
(sotto rovere)	HA2	22,297	-0,067	0,9674	0,050	n.d.
Granito	HA3	21,707	-0,100	0,9621	0,043	17,6
(sotto pino)	HA4	22,621	-0,006	0,9448	0,048	n.d.
Serpentinite	HA5	19,190	-0,182	0,9864	0,000	46,2
Anfibolite	HA6	20,472	-0,117	0,9654	0,001	23,0
Fillite	HA7	20,840	-0,121	0,8335	0,000	26,6

Tabella 5 - *Parametri dell'analisi di regressione (Y = a + b Ln(X)) e valore del coefficiente di determinazione (R2) tra la concentrazione del C come acidi umici e la lunghezza delle radici di crescione (Lepidium sativum) (HA1 = A1-granito sotto rovere; HA2 = A2-granito sotto rovere; HA3 = A1-granito sotto pino; HA4 = A2-granito sotto pino; HA5 = A-serpentinite; HA6 = A-anfibolite; HA7 = A-fillite). La concentrazioni di acido indolacetico (AIA) è stata stimata sulla base dell'equazione 1.*

Substrato pedogenetico		**a**	**b**	**R2**	***P*<**	**nM AIA**
Granito	FA1	10,598	-0,115	0,7531	0,050	48,2
(sotto rovere)	FA2	12,148	-0,045	0,8622	0,000	n.d.
Granito	FA3	12,435	-0,044	0,937	0,050	n.d.
(sotto pino)	FA4	12,85	-0,051	0,8596	0,050	n.d.
Serpentinite	FA5	22,572	-0,062	0,9371	0,009	n.d.
Anfibolite	FA6	21,61	-0,099	0,9889	0,043	16,9
Fillite	FA7	22,329	-0,066	0,9693	0,050	n.d.

Tabella 6 - *Parametri dell'analisi di regressione (Y = a + b Ln(X)) e valore del coefficiente di determinazione (R2) tra la concentrazione del C come acidi fulvici e la lunghezza delle radici di crescione (Lepidium sativum) (FA1 = A1-granito sotto rovere; FA2 = A2-granito sotto rovere; FA3 = A1-granito sotto pino; FA4 = A2-granito sotto pino; FA5 = A-serpentinite; FA6 = A-anfibolite; FA7 = A-fillite). La concentrazioni di acido indolacetico (AIA) è stata stimata sulla base dell'equazione 1.*

Applicando l'equazione ottenuta dalla linearizzazione della curva di taratura (Figura 3b) è stato calcolata la putativa concentrazione di AIA presente in 1 mg di C come HA e FA (nM mg^{-1} HAC/FAC) ed i risultati sono riportati nelle Tabelle 5 e 6. Tra gli HA (Figura 4), quelli dell'orizzonte A su serpentinite hanno riportato la maggiore presenza in AIA (46,2 nM mg^{-1} HAC) (Tabella 5), seguito da quelli su fillite con 26,6 nM mg^{-1} HAC, anfibolite con 23 nM mg^{-1} HAC e quelli su granito (22,6 nM mg^{-1} HAC sotto rovere e 17,6 nM mg^{-1} HAC sotto pino). Tra gli acidi fulvici, invece, solamente quelli dell'orizzonte A1 su granito sotto rovere e dell'A

su anfibolite hanno riportato una presenza di AIA, rispettivamente pari a 48,2 e 16,9 nM mg^{-1} FAC. Regressioni significative sono state evidenziate anche per gli altri HA e FA, ma la ridotta pendenza si è tradotta in una concentrazione di AIA trascurabile.

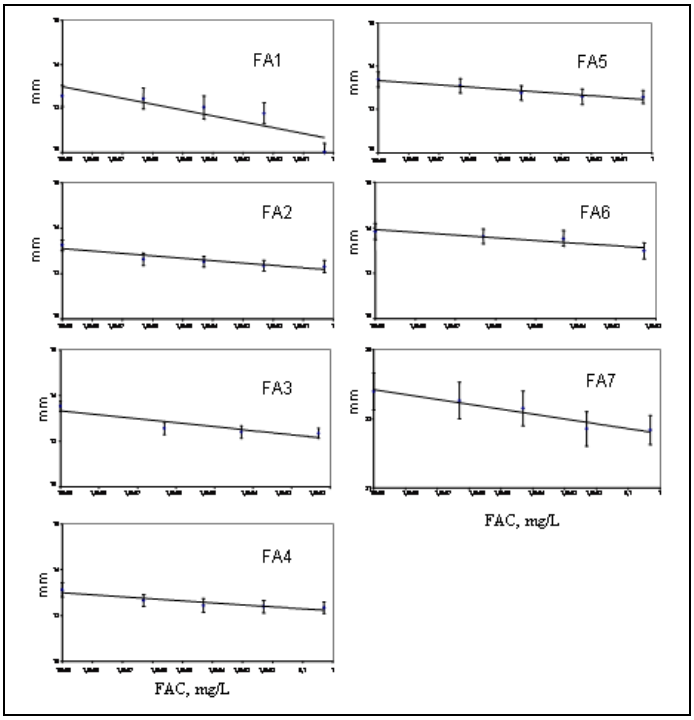


Figura 4
Curve di regressione tra la concentrazione di C in acido fulvico (FA) e la lunghezza (mm) delle radici di crescione comune (*Lepidium sativum*).
1= granito sotto rovere A1;
2 = granito sotto rovere A2;
3 = granito sotto pino A1;
4 = granito sotto pino A2;
5 = serpentinite 2A;
6 = anfibolite 2A;
7 = fillite 2A.

Conclusioni

Lo studio ha evidenziato che, indipendentemente dalla natura del substrato pedogenetico, le condizioni climatiche dell'area, favorendo processi di lisciviazione, influiscono sui processi pedogenetici originando suoli a reazione sub-acida. Su serpentinite, l'abbondante presenza di minerali quali clorite e serpentino determina un rapporto Ca/Mg scambiabili molto basso (inferiore a 0,2); questo, combinato con un'elevata presenza di metalli pesanti, riduce lo sviluppo della vegetazione e favorisce l'insorgere di endemismi. Negli altri suoli, la notevole quantità di sostanze umiche complessa l'Al e parte dei metalli liberi, riducendone la fitotossicità. Quindi, nei suoli "difficili", la sostanza organica è in grado di ridurre l'effetto tossico indotto dai metalli pesanti, ma non quello dovuto al basso rapporto Ca/Mg scambiabili; si può pertanto ritenere che sia per quest'ultimo motivo che i suoli su serpentinite di questa zona siano poco sviluppati. La produzione di biomassa e la produzione di sostanze umiche rimangono quindi l'unico antidoto, per quanto non universale, in grado di favorire un adeguato sviluppo del suolo e della vegetazione che lo occupa. Questo feedback positivo tra

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

substrato pedogenetico e copertura vegetale è risultato essere influenzato dall'attività ormono-simile degli HA e FA. Infatti, queste sostanze hanno manifestato attività auxino-simile variabile in funzione della litologia originaria, con i valori più spiccati per gli HA del suolo su serpentinite e per gli FA del suolo su granito sotto rovere. Il fatto che nei suoli su granito l'attività ormono-simile sia risultata variare con la copertura vegetale trova conferma in precedenti studi che hanno attribuito alla copertura vegetale la capacità di influenzare il ciclo della sostanza organica e la qualità delle sostanze umiche (Pizzeghello et al., 2002; Nardi et al., 2000). Un interesse particolare scaturisce dall'antitesi tra l'azione fitotossica del rapporto Ca/Mg scambiabili e le proprietà biostimolanti delle sostanze umiche che è stata osservata nel suolo su serpentinite. Questo fa ipotizzare che le specie endemiche che si instaurano in ambienti sfavorevoli siano in grado di promuovere la genesi di sostanze umiche capaci di stimolare se stesse.

L'ecosistema forestale è il risultato dell'interazione di numerosi fattori e, fra questi, il substrato pedogenetico, il clima e la vegetazione giocano ruoli determinanti. Lo studio delle proprietà chimiche-biologiche di un suolo e della sua sostanza organica può aiutare nella interpretazione dei processi pedogenetici e dei meccanismi di regolazione tra suolo e pianta, risultando utile alla salvaguardia e comprensione dell'ecosistema forestale.

Bibliografia

ALLISON L.E. (1960) Methods of soil analysis, Eds. C. A. B1ack et al., Agronomy series no. 9, Am. Soc. of Agronomy, Madison, Wisconsin.

ALVAREZ R., STEINBACH H.S. (2009) A review of the effects of tillage system on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. Soil and Tillage Research 104:1-15.

ARBESTAIN M.C., MOURENZA C., ALVAREZ E.Á, MACÍAS F. (2004) Influence of parent material and soil type on the root chemistry of forest species grown on acid soils. Forest Ecology and Management 193:307–320.

AUDUS LJ. (1972) Plant growth substances, 1. Chemistry and physiology. London, UK. Leonard Hill.

BONIFACIO E., ZANINI E., BOERO V., FRANCHINI-ANGELA M. (1997) Pedogenesis in a soil catena on serpentinite in north-western Italy. Geoderma 75:33-51.

BRADY K.U., KRUCKEBERG A.R., BRADSHAW JR., H.D. (2005) Evolutionary ecology of plant adaptation to serpentine soils. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics 36:243–266.

BRINDLEY G.W., BROWN G. (1980) Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification. Mineral Society. pp. 495.

BROOKS R.R. (1987) Serpentine and its Vegetation. Dioscorides Press, Portland.

BROOKS R.R., REEVES R.D., BAKER A.J.M. (1992) The serpentine vegetation of Goias State, Brazil. In: Baker A.J.M., Proctor J., Reeves R.D. (Eds.), The Vegetation of Ultramafic (Serpentine) Soils. Intercept, Andover, pp. 7–81.

CANELLAS L.P., PICCOLO A., DOBBSS L.B., SPACCINI R., OLIVARES F.L., ZANDONADI D.B., FAÇANHA A.R. (2010) Chemical composition and bioactivity properties of size-fractions separated from a vermicompost humic acid. Chemosphere 78:457-466.

CHEN Y., DE NOBILI M., AVIAD T. (2004) Stimulatory effects of humic substances on plant growth, in: Magdoff F.R. Weil R.R. (Eds.), Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture. CRC Press, Boca Raton, pp. 103-129.
CLAPP C.E., CHEN Y., HAYES M.H.B., CHENG H.H. (2001) Plant growth promoting activity of humic substances. In: Swift R.S., Sparks K.M. (Eds.), Understanding and Managing Organic Matter in Soils, Sediments, and Waters. International Humic Science Society, Madison, pp. 243–255.
DELHAIZE E., GRUBER B.D., RYAN P.R. (2007) The roles of organic anion permeases in aluminium resistance and mineral nutrition. FEBS Letters 581:2255-2262.
DIXON J.B., SCHULZE D.G. (Editors) (2002) Soil Mineralogy with Environmental Applications. Soil Science Society of America, Madison, WI. pp. 866.
DOBBSS L.B., CANELLAS L.P., OLIVARES F.L., AGUIAR N.O., PERS L.E.P., AZEVEDO M., SPACCINI R, PICCOLO A., FAÇANHA A.R. (2010) Bioactivity of chemically transformed humic matter from vermicompost on plant root growth. Journal of Agricultural and Food Chemistry 58:3681-3688.
FERNANDEZ S., SEOANE S., MERINO A. (1999) Plant heavy metal concentrations and soil biological properties in agricultural serpentine soils. Communication in Soil Science and Plant Analysis 30:1867-84.
FOY C.D. (1984) Physiological effects of hydrogen, Al, Mn toxicities in acids soils. Adams F. (Ed.) Soil activity and liming. Agronomy monograph 12, 2nd Ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.
GAMBI O.V. (1992) The distribution and ecology of the vegetation of ultramafic soils in Italy. In: Roberts B.A., Proctor J. (Eds.), The Ecology of Areas with Serpentinized Rocks. A World View. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 17-247.
GARCÍA RODEJA E., MACÍAS VAZQUEZ F., GUITIAN OJEA F. (1984) Reacción con FNa del sueolos de Galicia. II: Suelos sobre rocas granticas. Anales de Edafología y Agrobiología 43:787-807.
GOUGH L.P., MEADOWS G.R., JACKSON L.L., DUDKA S. (1989) Biogeochemistry of a highly serpentinized, chromite-rich ultramafic area, Tehama County, California. US Geological Survey Bulletin 1901:1-24.
GUITIÁN F., CARBALLAS T. (1969) Suelos de la zona húrmeda española. V. Factores de formacion: material geologico. Anales de Edafología y Agrobiología 28:191-204.
GUITIÁN F., CARBALLAS T. (1976) Técnicas de análisis de suelos. Ed. Pico Sacro, Santiago de Compostela.
JINDO K., MARTIM S.A., CANTERO NAVARRO E., PÉREZ-ALFOCEA F., HERNANDEZ T., GARCIA C., OLIVEIRA AGUIAR N., CANELLAS L.P. (2012) Root growth promotion by humic acids from composted and non-composted urban organic wastes. Plant and Soil 353:209-220.
LEBUHN M., HARTMANN A. (1993) Method for determination of indole-3-acetic acid and related compounds of L-tryptophan catabolism in soils. Journal of Chromatography A 629: 255-266.
MACIAS F., CALVO R., GARCIA-RODEIA E., GARCIA C., SILVA B. (1982) El material original: su formación e influencia en las propiedades de los suelos de Galicia. Anales de Edafología y Agrobiología 41:1747-1768.
MOORE D.M., REYNOLDS R.C., Jr. (1989) X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. University Press, Oxford, NY.
MUSCOLO A., CUTRUPI S., NARDI S. (1998) IAA detection in humic substances. Soil Biology & Biochemistry 30:1199-1201.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

MUSCOLO A., PANUCCIO M.R., ABENAVOLI M.R., CONCHERI G., NARDI S. (1996) Effect of molecular complexity and acidity of earthworm faeces humic fractions on glutamate dehydrogenase, glutamine synthetase, and phosphoenolpyruvate carboxylase in *Daucus carota* II cells. Biology and Fertility of Soils 22:83-88.

MUSCOLO A., SIDARI M., FRANCIOSO O., TUGNOLI V., NARDI S. (2007a) The auxin-like activity of humic substances is related to membrane interaction in carrot cell cultures. Journal of Chemical Ecology 33:115-129.

MUSCOLO A., SIDARI M., ATTINÀ E., FRANCIOSO O., TUGNOLI V., NARDI S. (2007b) Biological activity of humic substances is related to their chemical structure. Soil Science Society of America Journal 71:75-85.

NAPIER M.R. (2001) Models of auxin bindings. Journal of Plant Growth Regulation 20:244-254.

NARDI S., ARNOLDI G., DELL'AGNOLA G. (1988) Release of the hormone-like activities from *Allolobophora rosea* (Sav.) and *Allolobophora caliginosa* (Sav.) faeces. Canadian Journal of Soil Science 68:563-567.

NARDI S., PIZZEGHELLO D., RENIERO F., RASCIO N. (2000) Chemical and biochemical properties of humic substances isolated from forest soils and plant growth. Soil Science Society of America Journal 64:639–645.

NARDI S., PIZZEGHELLO D., MUSCOLO A., VIANELLO A. (2002) Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology & Biochemistry 34:1527-1536.

NARDI S., TOSONI M., PIZZEGHELLO D., PROVENZANO M.R., CILENTI A., STURARO R., VIANELLO A. (2005) A comparison between humic substances extracted by root exudates and alkaline solution. Soil Science Society of America Journal 69:2012-2019.

NARDI S., ERTANI A., CONCHERI G., PIZZEGHELLO D. (2006) Metodi di determinazione dell'attività biostimolante. Fertilitas Agrorum 1:47-53. ISSN: 1971-0755.

NARDI S., CARLETTI P., PIZZEGHELLO D., MUSCOLO A. (2009) Biological activities of humic substances. In: Senesi N., Xing B., Huang P.M. (Eds.), Volume 2 - Biophysico-Chemical Processes Involving Natural Nonliving Organic Matter in Environmental Systems. PART I. Fundamentals and impact of mineral-organic-biota interactions on the formation, transformation, turnover, and storage of natural nonliving organic matter (NOM). John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, pp. 305–339.

OLSEN S.R., COLE C.V., WATANABE F.S., DEAN L.A. (1954) Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. 939. USDA, Washington, DC.

OZE C.J., FENDORF S., BIRD D.K., COLEMAN R.G. (2004) Chromium geochemistry in serpentinized Ultramafic rocks and serpentine soils from the Franciscan complex of California. American Journal of Science 304:67-101.

OZE C.J., FENDORF S., BIRD D.K., COLEMAN R.G. (2004) Chromium geochemistry of serpentine soils. International Geology Review 46:97-126.

OZE C., SKINNER C., SCHROTH A.W., COLEMAN R.G. (2008) Growing up green on serpentine soils: Biogeochemistry of serpentine vegetation in the Central Coast Range of California. Applied Geochemistry 23:3391-3403.

PICCOLO A. (2002) The supramolecular structure of humic substances: A novel understanding of Humus chemistry and implications in soil science. Advances in Agronomy 75:57-134.

PIZZEGHELLO D., FRANCIOSO O., ERTANI A., MUSCOLO A., NARDI S. (2012) Isopentenyladenosine and cytokinin-like activity of different humic substances. Journal of geochemical exploration. Journal of Geochemical Exploration 129:70-75.

PIZZEGHELLO D., NICCOLINI G., NARDI S. (2002) Hormone-like activities of humic substances in different forest ecosystems. New Phytologist 155:393-402.
PIZZEGHELLO D., NICOLINI G., NARDI S. (2001) Hormone-like activity of humic substances in *Fagus sylvatica* L. forests. New Phytologist 151:647-657.
RABENHORST M.C., FOSS J.E., FANNING D.S. (1982) Genesis of Maryland soils formed from serpentinite. Soil Science Society of America Journal 46:607-616.
RADEMACHER W. (1992) Occurrence of gibberellins in different species of the fungal genera *Sphaceloma* and *Elsinoe*. Phytochemistry 31:4155-4157.
ROBINSON W.O., EDGINGTON G., BYERS H.G. (1935) Chemical studies of infertile soils derived from rocks high in magnesium and generally high in chromium and nickel. US Dept. Agric. Tech. B 471:1-28.
SCHAUMANN G.E. (2006) Soil organic matter beyond molecular structure. Part II: Amorphous nature and physical aging - Review Article. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 169:145-156.
SCHULTEN H.R., SCHNITZER M. (1998) The chemistry of soil organic nitrogen: a review. Biology and Fertility of Soils 26:1-15.
SIMPSON A.J., KINGERY W.L., HAYES M.H.B., SPRAUL M., HUMPFER E., DVORTSAK P., KERSSEBAUM R., GODEJOHANN M., HOFMANN M. (2002) Molecular structures and associations of humic substances in the terrestrial environment. Naturwissenschaften 89:84-88.
SITGA (SISTEMA DE INFORMACIÒN TECNOLOGICA DE GALICIA) (2001) Mapa litologico de Galicia 1:250.000. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela.
TREVISAN S., PIZZEGHELLO D., RUPERTI B., FRANCIOSO O., SASSI A., PALME K., QUAGGIOTTI S., NARDI S. (2009) Humic substances induce lateral root formation and expression of the early auxin-responsive IAA19 gene and DR5 synthetic element in Arabidopsis. Plant Biology 12:604-614.
WALKER R.B. (1954) Factors affecting plant growth on serpentine soils. In: Whittaker R.H. (Ed.), The Ecology of Serpentine Soils. A Symposium. Ecology 35:259-266.
WALKLEY L.W., BLACK I.A. (1934) An examination of Degtajareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37:29-38.
XUNTA DE GALICIA. ATLAS GEOQUIMICO DE GALICIA (1992) Conselleria de industria e comercio. Direccion Xeral de Industria. Santiago de Compostela.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

PROPRIETÀ CHIMICO-BIOLOGICHE DI SUOLI DI ALTA QUOTA TURBATI DA *CHIONOMYS NIVALIS*

CHEMICAL AND BIOCHEMICAL PROPERTIES OF HIGH ALTITUDE SOILS DISTURBED BY *CHIONOMYS NIVALIS*

Sara Aielli [(1)], Alessandra Serallegri [(1)], Diego Pizzeghello [(2)], Alessandra Cardinali [(2)], Serenella Nardi [(2)], Giuseppe Zanin [(2)], Giorgia Brecciaroli [(1)], Stefania Cocco [(1)], Alberto Agnelli [(3)], Giuseppe Corti [(1)]

[(1)] Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Università Politecnica delle Marche, Ancona
[(2)] Dipartimento di Agronomia, Alimenti, Risorse naturali, Animali ed Ambiente, Università degli Studi di Padova
[(3)] Dipartimento di Scienze Agrarie ed Ambientali, Università degli studi di Perugia
Corresponding Author: E.mail s.cocco@univpm.it

Riassunto
Chionomys nivalis è un piccolo mammifero il cui areale frammentato comprende le cime più alte delle montagne dell'Europa centrale e occidentale che trova condizioni favorevoli sul massiccio della Majella (Appennino Centrale) dove i suoli sono ricchi di scheletro e soffici, basse temperature e una copertura nevosa duratura. Con la sua attività di scavo del suolo, la costruzione di gallerie e la raccolta di materiale organico anche per riserva alimentare, l'arvicola esercita una intensa azione di bioturbamento che comporta un arricchimento di sostanza organica in superficie e in profondità. Presentiamo le nostre osservazioni sull'organizzazione del suolo, il contenuto e la distribuzione della materia organica nel suolo colonizzato dall'arvicola e le proprietà biologiche di acidi umici e fulvici del suolo bioturbato, determinate con biosaggio su *Lepidium sativum* L..
Parole Chiave: *arvicola delle nevi, bioturbation, attività auxinica, attività gibberellinica*

Abstract
The snow vole (*Chionomys nivalis*), a little mammal with a fragmented range that includes the summits of the highest mountains of Central and Western Europe, finds favorable conditions in the Majella massif (Central Apennine), where there are skeletal and soft soils, cold temperatures and long lasting snow-coverage. With its soil burrowing activity, building of tunnels at the surface and stacking of food and fiber reserves, the vole exerts an intense soil bioturbation that results in a soil organic matter enrichment above and belowground. We present soil organization, organic matter content and distribution along the profile of the vole-colonized soils and the biological activity of HA and FA of bioturbated soils that was evaluated by bioassay on watercress (*Lepidium sativum* L.).
Key Words: *snow vole, bioturbation, auxin activity, gibberellin activity*

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Introduzione

Il suolo è un habitat complesso nel quale convivono e interagiscono piante, microrganismi, micro-, meso- e macro-fauna (Lavelle et al., 1997; Young and Crawford, 2004). Come osservarono già Darwin (1881) e Shaler (1891), la pedofauna è attiva nei processi di pedogenesi in quanto promuove processi di disgregazione della roccia, influenza gli equilibri geochimici dei processi di alterazione (Richter e Markewitz, 1995; Heimsath et al., 1999; Gabet et al., 2003) e influisce sulla produttività delle piante che crescono nello stesso ambiente (Huhta, 2007). Con la loro attività, animali di taglia più grossa quali roditori, uccelli, rettili e anfibi, ma anche la volpe artica, l'armadillo e l'orso Grizzly creano nel suolo dei micro-habitats per gli organismi di taglia inferiore (Wilkinson et al., 2009). La pedofauna di più piccole dimensioni quale insetti, anellidi, enchitreidi, nematodi, aracnidi e acari è spesso attiva all'interno di gallerie, nidi, cumuli e casts dove possono trovare risorse alimentari costituite da piante, residui animali e vegetali, mucillagini, urine, feci ecc. (Ponge, 2012). La *bioturbation* indotta dall'attività di macro-, meso- e micro-fauna è per questo in grado di condizionare i processi di decomposizione della materia organica (Cragg e Bardgett, 2001; Meysman et al., 2006) e trasformare substrati biotici e abiotici con le loro attività cataboliche (Jones et al., 1994; Anderson, 1995), così da interferire anche sulla tessitura, sulla struttura e sulla mineralogia del suolo (Lavelle et al., 1997). Le modificazioni derivanti dalla bioturbation influenzano gli scambi idrici e gassosi a varie profondità del suolo, nonché le dinamiche della sostanza organica e la sua ridistribuzione lungo il profilo, andando a costituire micro-siti ad elevata attività biologica detti hot spots (Anderson, 1995; Lavelle, 1996; Beare e Lavelle, 1998). Per questi motivi nel suolo si vengono a instaurare fenomeni di feedback tra le sostanze umiche e l'attività di piante, microorganismi e animali che esso ospita (Ponge, 2012).

Tra le innumerevoli funzioni che le sostanze umiche svolgono nel suolo, vi è quella di favorire l'accrescimento delle piante, e questo viene espletato andando a migliorare le condizioni fisiche e chimiche del suolo del suolo, ma anche esercitando sugli organi vegetali un'azione ormone-simile (Muscolo et al., 1998; Nardi et al., 2000, 2002; Dobbss et al., 2010).

Vista la stretta relazione tra le proprietà delle sostanze umiche e le forze della pedogenesi attive in un determinato ecosistema (incluso quindi la *bioturbation*), lo scopo di questo lavoro è stato quello di valutare il ruolo della *bioturbation* dovuta ad un piccolo mammifero detto "arvicola delle nevi" (*Chionomys nivalis* Martins 1842) sull'arricchimento e ridistribuzione della sostanza organica, e sulle proprietà pseudo-ormonali delle sostanze umiche di suoli montani colonizzati dall'arvicola.

A questo scopo sono stati aperti dei profili di suolo bio-turbato differenziando campioni di gallerie superficiali e sotterranee ed è stato condotto un frazionamento fisico-chimico della sostanza organica di campioni di suolo. Successivamente, sono state saggiate l'attività auxinica e gibberellinica degli acidi umici e fulvici estratti dagli stessi campioni per valutarne l'attività pseudo-ormonale.

Materiali e metodi

L'arvicola delle nevi

L'arvicola delle nevi (*Chionomys nivalis* Martins 1842) è un roditore della famiglia dei Muridi, sottofamiglia degli Arvicolini, ha dimensioni relativamente grandi e il suo biotopo principale si colloca in ambienti rocciosi di alta montagna. Diffusa principalmente sui rilievi montuosi di ambiente Mediterraneo, in Italia l'arvicola delle nevi è presente sulle Alpi, sull'Appennino settentrionale, sul Gran Sasso e sulla Majella (Spagnesi e De Marinis, 2002). L'ecologia della specie e la sua distribuzione altitudinale è legata principalmente a condizioni stenotermiche stabili nel suolo (Janeau e Alaugnier, 1997), favorite da pietrosità abbondante (Nappi, 2002) e da una prolungata copertura nevosa. Durante la stagione fredda il microhabitat ideale per questo animale è rappresentato dalle gallerie che esso scava all'interfaccia suolo-neve e dove rimane attivo per tutto il periodo nevoso. In questo periodo, che coincide con la stagione riproduttiva, si verificano migrazioni di individui tra popolazioni vicine (Le Louarn e Janeu, 1975; Leconte, 1983) in quanto la struttura sociale risulta molto più libera a seguito della disgregazione dell'ordine territoriale tipico del periodo estivo (Le Louarn e Janeau, 1975; Krapp, 1982; Luque-Larena, 2002). In estate, invece, la struttura sociale è ben organizzata in *home range* (intesi come l'area di competenza di ciascuna famiglia dove si articolano tane e gallerie) stabili all'interno del suolo. Gli *home ranges* si articolano in diverse camere: *i*) nido vero e proprio; *ii*) magazzino di elementi vegetali secchi che vengono usati per la sostituzione del paglericcio all'interno del nido e come scorta alimentare; *iii*) una o più camere per l'accumulo delle feci (Kahmann e Halbgewachs, 1962). La costruzione di tane così articolate e all'interfaccia suolo-neve determina bioturbazione del suolo, i cui orizzonti vengono rimescolati assieme a residui organici.

Campionamento

Sono stati selezionati alcuni *home ranges* di *Chionomys nivalis* a quote comprese tra 2400 e 2750 m in Valle Cannella, una delle valli glaciali che caratterizzano la parte sommitale del Massiccio della Majella. Si tratta di un'area di notevole interesse scientifico in quanto testimonianza degli effetti di un passato glacialismo e di attuali condizioni periglaciali in ambiente appenninico e, per questo, potenzialmente soggetto a innalzamento termico e quindi a rischio di ulteriore trasformazione. Nell'area sono presenti morfologie glaciali quali *rock glaciers*, *roches montonnées* e suoli a *patterned ground* (*sorted stripes* e *sorted circles*), ma i suoli preferenzialmente colonizzati dall'arvicola sono quelli all'interno dei *kettle holes* formatisi sui sedimenti morenici di fondovalle. Queste morfologie glaciali sono depressioni del suolo che si sono originate dalla fusione di blocchi di ghiaccio precedentemente intrappolati o sepolti da materiale detritico durante la fase di arretramento del ghiacciaio (Castiglioni, 1986). In Appennino i *kettle holes* rappresentano dei punti preferenziali di accumulo di neve che al loro interno si conserva fino ad estate inoltrata (Corti et al., 2012). Le attuali condizioni

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

climatiche sono caratterizzate da temperatura media dell'aria intorno a +1,5°C e precipitazioni generalmente inferiori a 2000 mm all'anno. Sopra i 2000 m di quota il suolo è coperto da neve da settembre a giugno (Basili et al., 2006). Manca la vegetazione arborea e si rinvengono numerosi relitti glaciali fra le specie erbacee ed arbustive (Pirone, 1992): *Silene acaulis* (L.) Jacq., *Saxifraga speciosa* (Dörfl. & Hayek) Engl. & Irmsc, *Salix retusa* L.. La valle è spazzata da forti venti spesso provenienti dai Balcani, che provocano il raffreddamento dei suoli in particolare quando la neve viene a mancare. Il monitoraggio delle temperature indica forti escursioni termiche giornaliere e stagionali per la temperatura dell'aria, con picchi di massima che sfiorano i 30°C nel mese di luglio e temperature minime assolute di -19°C che solitamente si verificano tra gennaio e febbraio. Il regime termico all'interfaccia suolo-aria risulta strettamente correlato alla presenza e allo spessore del manto nevoso. All'interno dei *kettle holes,* dove la neve si mantiene più a lungo, le temperature all'interfaccia suolo-aria si mantengono senza forti variazioni poco al di sopra degli 0°C. Gli *home ranges* di *C. nivalis* sono costituiti da *i*) gallerie superficiali, che sono visibili alla superficie del suolo subito dopo lo scioglimento nivale e sono costituite da materiale di vario tipo (suolo, residui vegetali di vario genere e clasti di piccole dimensioni) e *ii*) gallerie sotterranee, che sono scavate nel suolo a profondità variabili fino a 30 cm circa. Le gallerie superficiali sono state suddivise in base al materiale di costituzione in *gallerie di terra chiara* e *gallerie di terra scura*, presunto indizio di differente contenuto di sostanza organica, e gallerie di paglia, ovvero di materiale vegetale secco e sminuzzato. In Tabella 1 viene riportato un esempio delle dimensioni delle gallerie di un *home range.*

Tipo di galleria	Lunghezza (m)
Gallerie di terra chiara	10,05
Gallerie di terra scura	32,23
Gallerie di paglia	7,95
TOTALE	50,23

Tabella 1
Lunghezza delle gallerie superficiali di un home range di Chionomys nivalis all'interno di un kettle hole della Valle Cannella. Massiccio della Majella.

Sono stati prelevati campioni per ogni tipologia di galleria superficiale. Le gallerie sotterranee sono state campionate lungo il profilo di suolo, separando lo spessore compreso entro 1 cm dal lume interno della galleria ed quello compreso tra 1 e 2 cm, sia per la volta sia per il pavimento (Figura 1).
Il motivo di questa modalità di campionamento è che il suolo più arricchito di materiale organico e maggiormente modificato dall'attività di *C. nivalis* è probabilmente quello che pavimenta le gallerie, e non quello che ne costituisce l'arcata superiore. Durante l'attività di campo sono stati osservati numerosi germogli in corrispondenza delle gallerie, principalmente in quelle costituite da materiale vegetale secco, dove sono presenti anche semi (Figura 2).
Sono stati inoltre campionati escrementi di arvicola rinvenuti nella camera adibita allo stoccaggio delle deiezioni solide che si trovava nei pressi dell'ingresso di una galleria.

I campioni prelevati sono quindi: *i*) gallerie di terra chiara; *ii*) gallerie di terra scura; *iii*) gallerie di paglia; *iv*) esterno della volta della galleria (1-2 cm); *v*) interno della volta della galleria (0-1 cm); *vi*) interno del pavimento della galleria (0-1 cm); *vii*) esterno del pavimento della galleria (1-2 cm); *viii*) escrementi di arvicola.

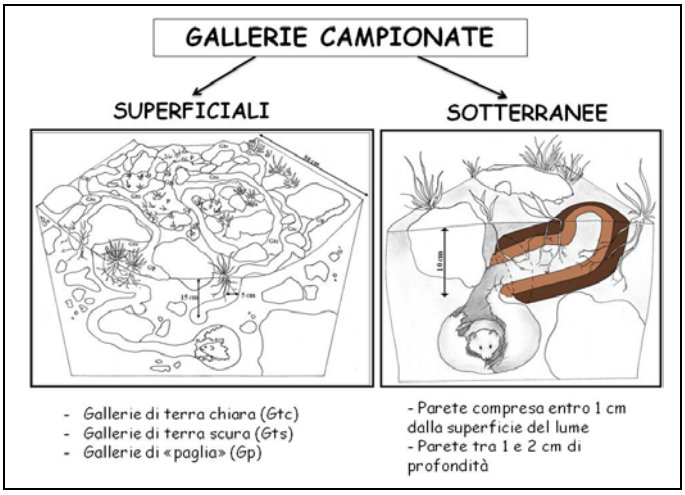


Figura 1
Gallerie di un home range di Chionomys nivalis all'interno di un kettle hole della Valle Cannella. Massiccio della Majella. E' visibile una camera contenente materiale vegetale, tra cui semi che, nella stagione estiva, possono germinare.

Figura 2
Particolare di una galleria superficiale di paglia al momento della scomparsa del manto nevoso (metà luglio), con alcuni semi germogliati.

Metodi

I campioni sono stati trasportati con un *freezer* portatile e successivamente sono stati lasciati ad asciugare all'aria in ambiente buio, asciutto e protetto da possibili inquinamenti. I campioni asciutti sono stati vagliati a 2 mm, per separare lo scheletro dalla terra fine. Su quest'ultima frazione sono state condotte le analisi. La sostanza organica è stata estratta e frazionata in quella estraibile in acqua (WEOM), particolata (POM), estraibile totale (TEOM) e non estraibile (NEOM),

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

che è quella presente nel residuo di estrazione. La sostanza organica estraibile è stata poi frazionata in acidi umici (HA) e acidi fulvici (FA). Su ogni frazione di sostanza organica è stato determinato il C organico totale con il metodo Walkley-Black scaldando a 160°C (Allison, 1960). Sugli acidi umici e fulvici è stata valutata l'attività biologica, espressa in termini di attività auxino- e gibberellino-simile, determinando rispettivamente la riduzione delle crescita di radici di crescione (*Lepidium sativum* L.) e l'incremento della lunghezza di germogli di lattuga (*Lactuca sativa* L.) come previsto dal biosaggio di Audus (1972). Le curve dose-risposta sono state calcolate mediante regressione. L'omogeneità della varianza è stata controllata mediante il test di Barlett. L'Anova a due vie è stata utilizzata per valutare l'effetto del trattamento. I fattori considerati sono stati il tipo di sostanza umica e la concentrazione. Tutte le analisi statistiche sono state effettuate mediante SPSS per Windows versione 18.0 (SPSS, Chicago, IL).

Risultati e discussione

In Tabella 2 sono riportati i contenuti delle frazioni organiche espresse su base di C dei campioni di suolo delle gallerie e delle feci campionate. La quantità di C come frazione solubile in acqua (WEOC) è relativamente elevata nelle gallerie di paglia e ancor più nelle feci. Nelle gallerie di terra scura il WEOC è quasi doppio rispetto a quello delle gallerie di terra chiara, forse perché l'attività di rimescolamento dell'arvicola ha provocato un maggior arricchimento in necromassa del materiale terrigeno costituente le gallerie di terra scura.

Tabella 2. *Frazionamento della sostanza organica e carbonio organico totale di campioni provenienti da un home range di Chionomys nivalis all'interno di un kettle hole della Valle Cannella. Massiccio della Majella.*

	WEOC	POC	TEOC	HAC	FAC	NEOC	TOC
				g Kg^{-1}			
Gallerie di terra chiara	0,20 (0,00)	2,16 (0,17)	9,43 (1,76)	3,88 (1,03)	5,55 (016)	53,00 (2,44)	64,79 (13,47)
Gallerie di terra scura	0,49 (0,04)	2,44 (0,11)	16,99 (0,37)	10,73 (1,46)	6,26 (0,25)	71,25 (6,33)	91,17 (18,32)
Gallerie di paglia	2,83 (0,06)	12,80 (0,54)	17,06 (0,57)	10,89 (0,44)	6,17 (0,25)	261,91 (7,63)	294,6 (65,70)
Esterno della volta delle gallerie	0,05 (0,01)	0,69 (0,03)	7,24 (0,32)	3,60 (0,71)	3,64 (0,13)	16,07 (0,30)	24,05 (4,41)
Interno della volta delle gallerie	0,02 (0,02)	0,31 (0,00)	8,89 (0,87)	4,13 (0,21)	4,76 (0,49)	18,81 (1,44)	28,03 (5,20)
Interno del pavimento delle gallerie	0,10 (0,06)	0,91 (0,08)	12,67 (1,50)	6,74 (0,08)	5,93 (0,12)	20.67 (0,64)	34,35 (6,07)
Esterno del pavimento delle gallerie	0,04 (0,01)	0,74 (0,04)	9,76 (0,78)	4,69 (0,71)	5,07 (0,18)	20,80 (1,42)	31,34 (5,75)
Escrementi arvicola	13,12 (1,31)	5,81 (0,22)	48,49 (6,93)	21,98 (2,81)	26,51 (0,77)	309,19 (13,13)	376,61 (78,32)

WEOC=carbonio organico come frazione estraibile in acqua, POC=carbonio organico come sostanza organica particolata,TEC=carbonio estraibile totale, HAC=carbonio come acidi umici, FAC=carbonio come acidi fulvici, NEOC=carbonio non estraibile, TOC=carbonio organico totale.

Il WEOC, pur rappresentando una piccola parte della sostanza organica del suolo (McGill et al., 1986), influenza importanti processi quali la distribuzione e stabilizzazione del carbonio organico e l'attività biologica (Hassouna et al., 2010). Lo studio della WEOC in suoli di alta quota merita ulteriori indagini in quanto non esistono al momento studi relativi agli effetti che le basse temperature possono avere su questa frazione di carbonio organico che probabilmente rappresenta un pool importante al momento dello scioglimento della neve. Anche il C come sostanza organica particolata (POC) è piuttosto variabile: elevato in tutte le gallerie superficiali dove la necromassa è stata interessata soprattutto da triturazione, e ridotto nelle pareti delle gallerie sotterranee. Il C come carbonio estraibile totale (TEOC) mostra valori di C organico superiori a quelli di WEOC e POC, con valori più alti negli escrementi e nelle gallerie di paglia e di terra scura.

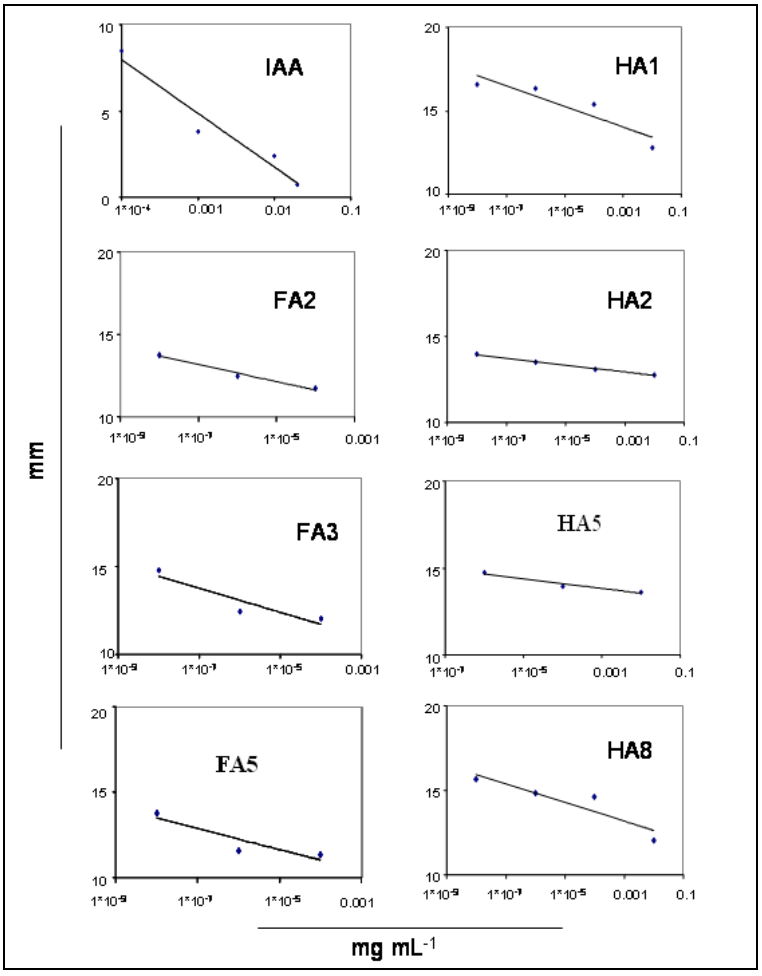


Figura 3
Curve di regressione tra la concentrazione di C come acido indolacetico (IAA), acidi fulvici (FA) e acidi umici (HA), espressa in mg/L, e la lunghezza (in mm) della radice di crescione comune (Lepidium sativum). FA2 = FA delle gallerie scure; FA3 = FA delle gallerie di paglia; FA5 = FA dell'interno della volta delle gallerie; HA1 = HA delle gallerie chiare; HA2 = HA delle gallerie scure; HA5 = HA dell'interno della volta delle gallerie; HA8 = HA degli escrementi di arvicola.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Tra i campioni delle gallerie sotterranee, la maggiore presenza di TEOC si ha nella parte più interna sia della volta sia del pavimento, quelle maggiormente interessate dal passaggio e dalle attività delle arvicole e di altri elementi della pedofauna. Trend simili si osservano per i valori di C come acidi umici (HAC) e acidi fulvici (FAC). In ogni caso, la frazione maggiormente rappresentata è la NEOM, quella cioè intimamente legata alla frazione minerale del suolo e quindi quella più stabile. L'elevato valore di C come NEOM (NEOC) delle feci può essere attribuibile alla geofagia a cui l'animale è inevitabilmente sottoposto. I valori del TOC più elevati negli escrementi e nelle gallerie superficiali dimostrano l'importanza che questa arvicola svolge nell'arricchire di sostanza organica i suoli, come osservato per altre specie e in altri siti da Tonneijck e Jongmans (2008).
Su HA e FA è stata valutata l'attività auxino- e gibberellino-simile, e i risultati sono riportati nelle Figure 3 e 4.

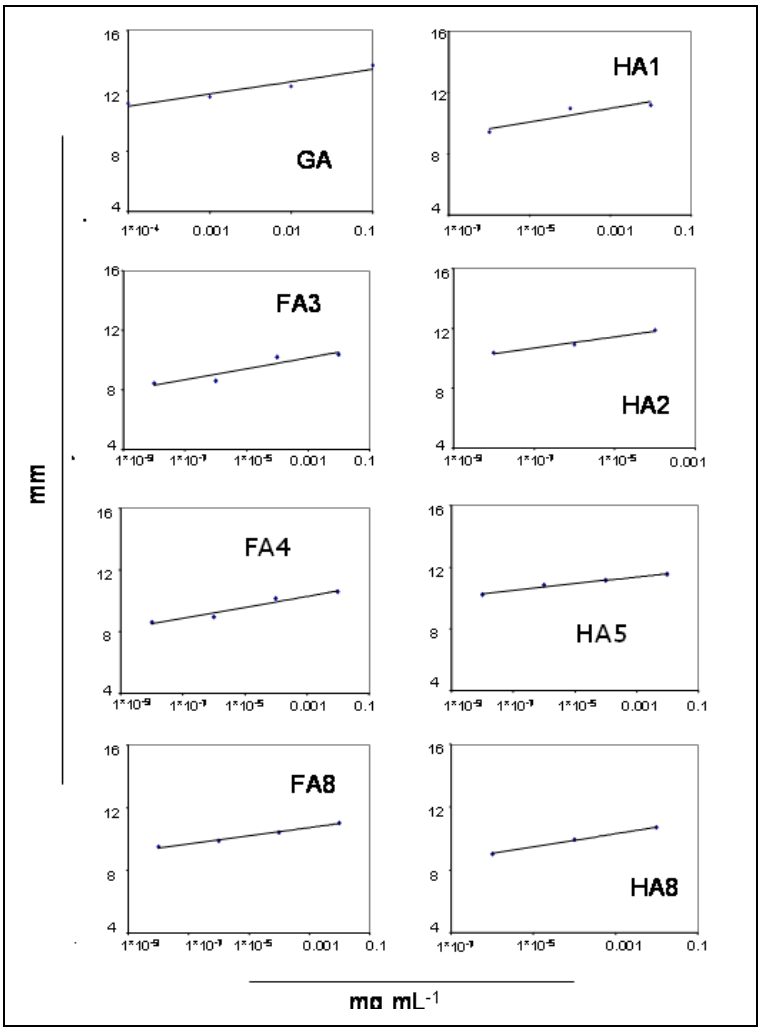


Figura 4.
Curve di regressione tra la concentrazione di C come acido gibberellico (GA), acidi fulvici (FA) e acidi umici (HA), espressa in mg/L, e la lunghezza (in mm) della radice di lattuga (Lactuca sativa).
FA3 = FA delle gallerie di paglia;
FA4 = FA dell'esterno della volta delle gallerie;
FA8 = FA degli escrementi di arvicola;
HA1 = HA delle gallerie chiare;
HA2 = HA delle gallerie scure;
HA5 = HA dell'interno della volta delle gallerie;
HA8 = HA degli escrementi di arvicola.

La crescita delle radici del crescione (Figura 3) è risultata significativamente influenzata sia dal tipo di trattamento sia dalla concentrazione di sostanze umiche ($P \leq 0.001$). Tra i trattamenti, gli FA delle gallerie di terra scura, di paglia e dell'interno della volta delle gallerie, così come gli HA di gallerie di terra chiara, di terra scura, dell'interno della volta delle gallerie e degli escrementi di arvicola, mostravano curve di dose-risposta simili a quella dell'IAA, con decrementi in lunghezza delle radici all'aumentare della concentrazione del carbonio. In particolare, gli FA delle gallerie di terra scura, di paglia e dell'interno della volta delle gallerie hanno indotto curve significative nell'intervallo di concentrazione tra $1x10^{-8}$ e $1x10^{-4}$ mg ml^{-1}, mentre gli HA delle gallerie di terra chiara e degli escrementi di arvicola rispondevano ad un intervallo di concentrazione maggiore. Per contro, gli HA delle gallerie di terra scura e dell'interno della volta delle gallerie non hanno evidenziato curve significative nonostante l'elevato coefficiente di regressione. Non è stato possibile calcolare curve di dose-risposta per FA e HA dei campioni non citati. I risultati dell'attività gibberellino-simile (Figura 4) hanno prodotto una curva standard di dose-risposta significativa ($P \leq 0.002$), mostrando incrementi in lunghezza del fusto a concentrazioni crescenti di acido gibberellico (GA). Sia gli FA delle gallerie di paglia, dell'esterno della volta delle gallerie e degli escrementi di arvicola sia gli HA delle gallerie di terra chiara, di terra scura, dell'interno della volta delle gallerie e degli escrementi di arvicola hanno prodotto significative curve di dose-risposta, con un andamento simile a quello indotto dall'acido gibberellico, mostrando incrementi di lunghezza per concentrazioni di C crescenti.

Conclusioni

L'arvicola delle nevi, con le proprie attività, determina un arricchimento di residui organici di origine animale e vegetale nel suolo (Janeau e Alaugnier, 1997) favorendo un locale accumulo di sostanza organica stabile nel suolo. Gli HA e FA estratti da varie morfologie manifestano un'attività ormono-simile in grado di favorire le piante di suoli montani soggetti a condizioni climatiche ed ambientali fortemente limitanti. Ai fini del mantenimento della copertura e della diversità vegetale sono pertanto da considerare preziose le abitudini alimentari e l'etologia di questa arvicola. Durante la sua esistenza, infatti, essa si nutre di materiale vegetale di vario tipo (Kahamann e Halbgewachs, 1962, Rudyshin, 1975; Janeau e Aulagnier, 1997), crea scorte alimentari all'interno di camere più o meno prossime alla superficie del suolo (Kahmann e Halbgewachs, 1962a) e scava gallerie in superficie e in profondità, rimescolando così terra e materia organica che, grazie anche all'attività dei microrganismi, origina sostanze umiche dotate di attività ormono-simile. L'arvicola e il suo pedo-disturbo rappresentano quindi un anello importante per il mantenimento dell'equilibrio del ciclo del carbonio e degli ecosistemi montani.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Bibliografia

ALLISON L.E. (1960) Methods of soil analysis. In: Black C.A. et al. (Eds.) Agronomy series no. 9, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

ANDERSON J. (1995) Soil organisms as engineers: microsite modulation of macroscale processes. In: Jones C.G., Lawton J.H. (Eds.), Linking Species and Ecosystems. Chapman & Hall, London, pp. 94–106.

AUDUS L.J. (1972) Plant growth substances, 1. Chemistry and physiology. London, UK, Leonard Hill.

BASILI M., CORTI G., AGNELLI A., COCCO S., MOGLIANI L. (2006) Morfologie a *patterned ground* in suoli ben drenati della Majella (Italia Centrale) e loro genesi. In Atti del Convegno Nazionale di Scienza del Suolo. Imola 27-30 giugno.

BEARE M.H., LAVELLE P. (1998) Regulation of microbial activity and organic matter dynamics by macroorganisms: integrating biological function in soil. In: Proceedings of the 16th World Congress of Soil Science, 20-26 August 1998, Montpellier, France. ISSS; AISS, IBG, SICS and AFES, Montpellier, France.

CASTIGLIONI G. (1986) Geomorfologia. UTET. pp. 88-314.

CORTI G., COCCO S., BASILI M., CIOCI C., WARBURTON J., AGNELLI A. (2012) Soil formation in kettle holes from high altitudes in central Apennines, Italy. Geoderma 170:280-294.

CRAGG R.G., BARDGETT R.D. (2001) How changes in animal diversity within a soil trophic group influence ecosystem processes. Soil Biology and Biochemistry 33:2073-2081.

DARWIN C. (1881) The formation of vegetable mould through the action of worms, with observations on their habits. John Murray, London. pp. 326.

DOBBSS L.B., CANELLAS L.P., OLIVARES F.L., AGUIAR N.O., PERS L.E.P., AZEVEDO M., SPACCINI R, PICCOLO A., FAÇANHA A.R. (2010) Bioactivity of chemically transformed humic matter from vermicompost on plant root growth. Journal of Agricultural and Food Chemistry 58:3681-3688.

FONTAINE S., MARIOTTI A., ABBADIE L. (2003) The priming effect of organic matter: a question of microbial competition? Soil Biology & Biochemistry 35:837-843.

GABET E.J., REICHMAN O.J., SEABLOOM E.W. (2003) The effects of bioturbation on soil processes and sediment transport. Annual Review of Earth and Planetary Sciences 31:249–273.

HASSOUNA M., MASSIANI C., DUDALY., PECH N., THERAULAZ F. (2010) Changes in water extractable organic matter (WEOM) in a calcareous soil under field conditions with time and soil depth. Geoderma 155:75-85.

HEIMSATH A.M., DIETRIC W.E., NISHIIZUMI K., FINKEL R.C. (1999) Cosmogenic nuclides, topography, and the spatial variation of soil depth. Geomorphology 27:151–172.

HUHTA V. (2007) The role of soil fauna in ecosystems: A historical review. Pedobiologia 50(6):489-495.

JANEAU G., AULAGNIER S. (1997) Snow vole – *Chionomys nivalis* (Martins 1842). IBEX J.M.E. 4:1-11.

JONES C.G., LAWTON J.H., SHACHAK M. (1994) Organisms as eco system engineers. Oikos 69:373–386.

KAHMANN H.V., HALBGEWACHS J. (1962) Beobachtungen an der Schneemaus, Martins 1842, in den Bayerischen Alpen. Säugetierkund. Mitteil. 10:64-82.

KRAPP F. (1982) *Microtus nivalis* (MARTINS, 1842) – Schneemaus. In: Niethammer J., Krapp F. (Eds.) –Hadbuch der Säugetiere Europas. Band 2/I, Nagetiere II, Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden, pp. 261-283.
LAVELLE P. (1996) Diversity of soil fauna and ecosystem function. Biology International 33:3-16.
LAVELLE P. (1997) Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. Advances in Ecological Research 27:93–132.
LAVELLE P., BIGNELL D., LEPAGE M., WOLTERS V., ROGER P., INESON P., HEAL O.W., DHILLION S. (1997) Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. European Journal of Soil Biology 33:159–193.
LE LOUARN H., JANEAU G. (1975) Répartition et biologie du campagnol des neiges dans la région de Brianqon. Mammalia 39:589-604.
LECONTE M. (1983) Ecologie de *Microtus (Chionomys) nivalis* en milieu alpin. In: Actes du VIIéme Colloque de Mammalogie, Grenoble, 15-16 Octobre 1983. S.F.E.P.M., Paris. pp. 155-164.
LUQUE-LARENA J.J., LÓPEZ P., GOSÁLBEZ J. (2002) Responses of snow voles, *Chionomys nivalis*, towards conspecific cues reflect soci organization during overwintering periods. Ethology 108:947-959.
MARTINS C. (1842) Note sur l'*Arvicola nivalis*, nouvelle espèce de campagnol habitant la region des neiges éternelles dans les Alpes de la Suisse. Annales des Sciences Naturelles - Zoologie et Biologie Animale 2:87-100.
MCGILL W.B., CANNON K.R., ROBERTSON J.A., COOK F.D. (1986) Dynamics of soil microbial biomass and water soluble organic C in Breton L after 50 years of cropping to rotations. Canadian Journal of Soil Science 66:1-19.
MEYSMAN F.J.R., MIDDELBURG J.J., HEIP C.H.R. (2006) Bioturbation: a fresh look at Darwin's last idea. Trends in Ecology and Evolution 21(12):688-695.
MUSCOLO A., CUTRUPI S., NARDI S. (1998) IAA detection in humic substances. Soil Biology & Biochemistry 30:1199-1201.
NAPPI A. (2002) Vertical distribution of the snow vole *Chionomys nivalis* (Martins, 1842) (Rodentia, Arvicolidae) in Italy. Hystix 13:45-52.
NARDI S., PIZZEGHELLO D., MUSCOLO A., VIANELLO A. (2002) Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology & Biochemistry 34:1527-1536.
NARDI S., PIZZEGHELLO D., RENIERO F., RASCIO N. (2000) Chemical and biochemical properties of humic substances isolated from forest soils and plant growth. Soil Science Society of America Journal 64:639–645.
PARR J.F., GARDNER W.R., WILDUNG R.E. (1981) Water potential relations in soil microbiology. Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ. No. 9, SSSA, Madison, WI.
PATON T.R., HUMPHREYS G.S., MITCHELL P.B. (1995) Soils: A New Global View. UCL Press Limited, London. pp. 213.
PAUL J.W., BEAUCHAMP E.G. (1989) Effect of carbon constituents in manure on denitrification in soil. Canadian Journal of Soil Science 69:49-61.
PICCOLO A., CONTE P., TRIVELLONE E., VAN LAGEN B., BUURMAN P. (2002) Reduced heterogeneity of a lignite humic acid by preparative HPSEC following interaction with an organic acid. Characterization of size-separates by Pyr-GC-MS and 1H-NMR spectroscopy. Environmental Science and Technology 36:76-84.
PICCOLO A., MBAGWU J.S.C. (1999) Role of hydrophobic components of soil organic matter in soil aggregate stability. Soil Science Society of America Journal 63:1801-1810.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

PIRONE G. (1992) Lineamenti vegetazionali della Majella. Quaderni d'Abruzzo La valle dell'Orte (ambiente, cultura, società) 14:31-50.
PONGE J.F. (2012) Plant-soil feedbacks mediated by humus forms: A review. Soil Biology and Biochemistry, In Press, Corrected Proof, Available online 17 August 2012.
RICHTER D.D., MARKEWITZ D. (1995) How deep is soil? BioScience 45:600–609.
RUDYSHIN M.P. (1975) Quantitative characterization of the diet of *Microtus Nivalis* Mart. in the Ukranian Carpatians. Vestn. Cesk. Spol. Acta Soc. Zool. Bohem. 5:82-84.
SHALER N.S. (1891) The origin and nature of soils. In: Powell J.W. (Ed.), USGS 12th Annual report 1890–1891. Government Printing Office, Washington, D.C., pp. 213–245.
SPAGNESI M., DE MARINIS A.M. (2002) Mammiferi d'Italia, Quaderni di Conservazione della Natura 14:19.
TONNEIJCK F.H., JONGMANS A.G. (2008) The influence of bioturbation on the vertical distribution of soil organic matter in volcanic ash soils: a case study in northern Ecuador. European Journal of Soil Science 59:1063–1075.
WALKLEY L.W., BLACK I.A. (1934) An examination of Degtajareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37:29-38.
WILKINSON M.T., RICHARDS P.J., HUMPHREYS G.S. (2009) Breaking ground: pedological, geological, and ecological implications of soil bioturbation. Earth-Science Reviews 97:257–272.
YOU S.J., YIN Y., ALLEN H.E. (1999) Partitioning of organic matter in soils: effects of pH and water/soil ratio. Science of the Total Environment 227:155-160.
YOUNG J.M., CRAWFORD J.W. (2004) Interactions and self-organization in the soil-microbe complex. Science 204:1634-1637.

CONFRONTO TRA DATI PRODUTTIVI DI MAIS COLTIVATO SU TERRE RICOSTITUITE E TERRE NATURALI

COMPARISON BETWEEN PRODUCTION DATA OF CORN GROWN IN NATURAL AND RECOSTITUTED SOILS

Paolo Manfredi [(1)*], Dante Tassi [(2)], Chiara Cassinari [(3)]

[(1)] m.c.m. Ecosistemi s.r.l., Gariga di Podenzano, Piacenza
[(2)]Azienda Sperimentale "Vittorio Tadini", Gariga di Podenzano, Piacenza
[(3)] Istituto di Chimica Agraria e Ambientale, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza
[*]Corresponding author: E.mail manfredi@mcmecosistemi.com

Riassunto

Scopo del presente lavoro è valutare le rese produttive di mais coltivato su due suoli differenti, l'uno naturale, l'altro ricostituito, trattate con le stesse dosi di concime ma con differenti quantitativi di acqua di irrigazione. Si vogliono cioè verificare le caratteristiche relative al consumo idrico da parte dei suoli ricostituiti; ovvero, terreni risultanti da un trattamento di suoli degradati mediante una tecnologia di recente realizzazione che permette di produrre un suolo differente da quello originario con proprietà di interesse ambientale ed agronomico. Questa tecnologia è stata ritenuta di interesse e finanziata dall'Unione Europea con lo strumento LIFE+ 2010 mediante un'opera dimostrativa della durata di cinque anni, tutt'ora in corso, per il ripristino di un suolo degradato della provincia di Piacenza.
Le elaborazioni sui dati produttivi hanno permesso di verificare l'efficacia del trattamento di ricostituzione in termini di risparmio idrico. Le produzioni, infatti, così come altri parametri indagati, seppur non mostrando in certi casi differenze significative tra i due suoli, hanno portato a concludere come le terre ricostituite permettono di coltivare una coltura come il mais risparmiando acqua.
Parole chiave: *risparmio idrico, suolo ricostituito, desertificazione, suoli degradati*

Abstract

The aim of this work is to evaluate the production yields of corn grown in two different soils, one natural, the other reconstituted, treated with the same doses of fertilizer but with different quantities of irrigation water. The purpose is to verify that the characteristics relating to water consumption by the reconstituted soils; i.e., soils resulting from treatment of degraded soils by a new developed technology that allows to produce a soil different from the original one with interesting environmental and agronomic properties.This technology has been considered interesting and financed by the European Union by LIFE + 2010 through a demo work during a period of five years, which is still in progress, for restoring a degraded soil in the province of Piacenza.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

The analysis of the production data allowed us to verify the efficacy of reconstitution in terms of water saving. Production, in fact, as well as other parameters investigated, although not showing in some cases significant differences between the two soils, allowed to conclude that on reconstituted soils a crop like corn grows saving water.
Keywords: *water conservation, soil reconstituted, desertification, degraded soils*

Introduzione

Le tematiche della desertificazione, del degrado del suolo e del risparmio idrico sono oggi trattate da numerosi studi e attraverso diverse strategie. Frequentemente le impostazioni di studio sono finalizzate soprattutto all'indagine dei processi di degrado del suolo e sugli effetti della desertificazione, raramente, invece, vengono verificate e analizzate le tecnologie che si occupano del trattamenti di suoli degradati per il loro ripristino.
Si vuole qui presentare una prova agronomica seguita su suolo ricostituito.
La produzione delle terre ricostituite nasce dallo sviluppo di una tecnologia innovativa di trattamento chimico-meccanico di un suolo degradato volta al suo recupero (tecnologia coperta da brevetto). Questa tecnologia è stata ritenuta di interesse e finanziata dall'Unione Europea con lo strumento LIFE+ 2010 mediante un'opera dimostrativa della durata di cinque anni, tutt'ora in corso, per il ripristino di un suolo degradato della provincia di Piacenza.
Il processo si basa su un trattamento di tipo chimico e meccanico applicato ai suoli: una prima disgregazione meccanica del suolo viene seguita da aggiunta nello stesso di matrici di natura ammendante e correttiva, seguita, infine, da un'azione di policondensazione con acidi umici e un'azione meccanica di ricostituzione finale tali matrici vengono di fatto incorporate nella struttura e divengono parte integrante del suolo ricostituito. Tali operazioni consentono una mirata incorporazione di sostanza organica realizzando dei neoaggregati di suolo a partire dal terreno degradato sottoposto al trattamento. Vengono cioè realizzate le azioni che permettono di produrre un suolo differente da quello originario con proprietà di interesse ambientale ed agronomico dimostrate tra l'altro da alcune campagne effettuate in tempi recenti e in corso di ulteriori approfondimenti.
Il presente lavoro è indirizzato, in particolare, a verificare le caratteristiche relative al consumo idrico da parte dei suoli ricostituiti; a questo scopo si sono valutate, in particolare, le rese produttive di mais coltivato su suolo naturale a confronto con suolo ricostituito, trattate con le stesse dosi di concime ma con differenti quantitativi di acqua di irrigazione**.**
Ubicazione della prova sono campi coltivati a mais, l'uno su suolo naturalmente presente nell'area, l'altro su suolo ricostituito, situati presso un'azienda Agricola sita a Gossolengo, località Cà Matta, dove è localizzato l'impianto di produzione di terre ricostituite di proprietà dell'azienda m.c.m. Ecosistemi.
Il terreno presente in località Cà Matta deriva, in parte, dalle operazioni di ritombamento e copertura eseguite dopo il termine di attività estrattive svolte verso la fine degli anni settanta e, per la parte restante, da un suolo poco idoneo alla

produzione agricola. La zona appartiene a quelle aree descritte nel P.I.A.E. della Provincia di Piacenza (Approv. N° 83 14 luglio 2003) come caratterizzate da "cattive condizioni pedologiche" con limitate produttività anche a "colture non specializzate"; da tali suoli infatti - "Carta delle capacità d'uso dei suoli" R.E.R., (suoli della VIII Classe) - "non ci si possono attendere miglioramenti significativi da una gestione a pascolo, coltivi o alberi". Questi terreni, a causa degli assestamenti avuti nel corso degli anni, hanno un profilo disomogeneo con pendenze sfavorevoli e avvallamenti dove si realizzano accumuli e ristagni d'acqua dopo gli eventi piovosi; si ha una notevole erosione del suolo agrario con perdita dello strato di coltivo anche dovuto alla carenza di sostanza organica dei terreni presenti.

Per i suddetti motivi è stato eseguito un intervento di ripristino agronomico della zona attraverso l'utilizzo della ricostituzione dei suoli. Gli obiettivi che hanno finalizzato la realizzazione della produzione di terre ricostituite sono i seguenti:

- - aumentare la sostanza organica nel terreno per una migliore resa agricola;
- - limitare l'erosività del suolo;
- - migliorare le caratteristiche tessiturali e di lavorabilità del terreno;
- - incrementare la concentrazione di acidi umici e fulvici nel suolo con conseguente aumento della capacità di scambio cationico e della capacità di trattenimento degli elementi di fertilità;
- - miglioramento ambientale del sito.

Tutte le finalità sopra elencate sono motivate da diverse considerazioni: la sostanza organica nel terreno del sito risulta scarsa e l'addizione di una matrice di natura ligno-cellulosica ne consente l'incremento; il trattamento integra la sostanza organica all'interno della struttura del suolo il quale subisce al contempo una ricostituzione inglobando nei rapporti tra le unità strutturali le componenti organiche addizionate; da tale ricostituzione derivano conseguentemente miglioramenti quali: aumento della porosità, incremento della sua capacità di ritenzione idrica; accrescimento dell'adesività delle particelle di terreno più minute con una conseguente diminuzione dell'erosività, maggiore lavorabilità, e altri aspetti collegati con la struttura e quindi con la relativa fertilità. L'aggiunta di queste matrici di tipo ligno-cellulosico, con una preponderante componente di carbonio organico, consentono di aumentare il rapporto di concentrazione tra carbonio e azoto (C/N) inducendo la formazione di composti umici e fulvici.

Durante precedenti prove sono stati raccolti dati di analisi di controllo effettuate per la gestione dell'impianto di trattamento e sono stati condotti studi ai fini dello sviluppo più mirato della tecnologia delle terre ricostituite consentendo di affermare che il materiale prodotto dall'impianto porta a dei notevoli vantaggi sia dal punto di vista ambientale che agronomico. Tra gli aspetti più rilevanti sono da segnalare:

- - abbassamento del pH del suolo che comporta una migliore capacità nutrizionale nei confronti delle cultivar presenti, grazie a tale effetto aumenta lo spettro delle specie coltivabili sul fondo;

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

- - riduzione della concentrazione dei metalli pesanti sul prodotto finito tal quale;
- - azione di immobilizzazione dovuta alla sostanza organica non umificata e umificata presente nel suolo ricostituito;
- - aumento della capacità di scambio cationico;
- - netto miglioramento del potere tampone per gli inquinanti organici da parte delle terre ricostituite e incremento generale delle attività biologiche in un suolo che prima dell'intervento risultava fortemente povero;
- - maggiore attività batterica, aumento della presenza di micro e macroinvertebrati terricoli più diversificata a livello qualitativo (maggiore differenza in specie presenti, maggiore numero di specie);
- - formazione di una popolazione di Anellidi dotata di maggiore attività biologica e di diversità in specie che denotano una condizione ottimale dal punto di vista agronomico e ambientale;
- - aumento della concentrazione di acidi umici e fulvici che comportano una maggiore fertilità del suolo e una migliore struttura del terreno;
- - tra la vegetazione osservata durante la colonizzazione del materiale disposto su campo è stata riscontrata una ricchezza in specie vegetali non paragonabile a nessun altro ecosistema della zona sia per la ricchezza di diversità sia per l'abbondanza dello sviluppo vegetale;
- - riscontro di una maggiore coesività tra particelle di suolo grazie all'apporto di sostanza organica stabile che risulta di notevole beneficio contro l'erosione e gli effetti negativi del ruscellamento;
- - migliore lavorabilità dei terreni che in precedenza risultavano tenaci;
- - conversione della struttura del terreno verso forme glomerulari porose;

Si riportano in tabella 1 a titolo esemplificativo alcuni dati relativi alle principali analisi eseguite sui suoli del sito in confronto con gli stessi eseguiti su suoli ricostituiti.

	Capacità di scambio cationico	Conducibilità	pH	Carbonio organico	HA + FA
	meq/100g	dS/m		g/100g	g/100g
Terre ricostituite	59,11	0,352	7,65	1,58	0,99
	51,62	0,300	7,25	2,59	0,45
	42,06	0,389	7,58	2,59	0,54
	57,70	0,220	7,39	2,64	0,97
	52,50	0,348	6,77	2,18	0,82
	42,06	0,312	8,00	1,27	0,32
	41,37	0,142	7,89	1,03	0,08
	32,04	0,227	7,12	1,43	0,72
	49,65	0,292	7,82	1,52	0,27
Terre naturali	33,69	0,317	7,70	0,40	0,05
	26,26	0,239	7,92	1,00	0,72
	29,36	0,315	7,95	1,01	0,11
	37,98	0,247	7,72	0,91	0,45
	33,42	0,375	8,23	1,10	0,15

Tabella 1 *Dati relativi alle principali analisi eseguite sui suoli del sito in confronto con gli stessi eseguiti su suoli ricostituiti.*

Presentazione della prova

L'attività sperimentale è stata impostata sulla valutazione delle rese produttive di piante di mais coltivate sui due suoli, l'uno naturale, l'altro ricostituito, trattate con le stesse dosi di concime ma con differenti quantitativi di acqua di irrigazione, la ricerca, quindi, è volta a testare la capacità delle terre ricostituite di migliorare, tra le altre cose, la disponibilità idrica dei suoli e di conseguenza consentire di utilizzare meno acqua nell'irrigazione della coltura.
La prova è stata organizzata con uno schema sperimentale a due tesi (terreno ricostituito e terreno naturale) con parcelle ripetute.

Protocollo

Gestione della prova e Operazioni colturali

La gestione dell'irrigazione ad aspersione è stata eseguita per entrambe le tesi, nello stesso periodo (a distanza di poche ore) e con lo stesso irrigatore, ma modificando la velocità di rientro in modo da restituire il 45% in meno di acqua sulla tesi delle terre ricostituite.
In tabella 2 sono elencate le irrigazioni fatte, come si può vedere la tesi con le terre ricostituite ha avuto un intervento in meno.

	mm di acqua per irrigazione						
	n°1	n°2	n°3	n°4	n°5	n°6	totale
Terre naturali	51	51	51	51	51	51	306
Terre ricostituite	34	34	34	34	34	---	170

Tabella 2
mm di acqua relativi ad ogni ciclo di irrigazione eseguito

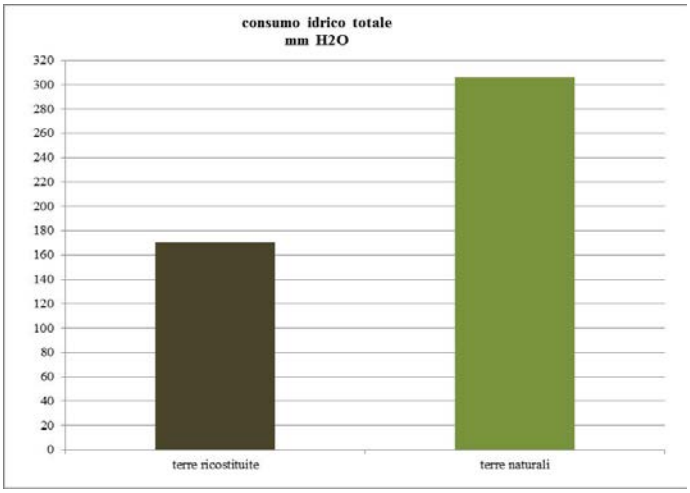


Figura 1
Istogramma relativo consumo idrico totale

Per la sperimentazione si è utilizzato l'ibrido PR31D24 di Pioneer classe 700 (132 gg):

- - densità di semina 72.000 piante ettaro

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

- - larghezza interfila 70 cm
- - larghezza sulla fila 20 cm
- - semina: 25 marzo
- - raccolta come mais da pastone: 16 agosto

Concimazione:
i campi sono stati concimati allo stesso modo:

- alla semina: Nutrigran (titolo N 12%) in dose di 328 Kg/ha pari a 39 KgN/ha
- post-emergenza: in data 15 maggio: Urea (titolo N 46%) 459kg/ha pari a 211 KgN/ha.

Il protocollo dei rilievi utilizzato è il seguente:

- - misurazione del contenuto di clorofilla nelle foglie (SPAD) effettuate attraverso SPAD Minolta;
- - altezza inserzione spiga;
- - altezza ultima foglia;
- - peso di 10 piante intere;
- - peso e numero spighe delle 10 piante.

I prelievi sono stati effettuati su 10 piante scelte all'interno delle 3 file centrali di ogni parcella.

Risultati

	parcella	SPAD	altezza inserzione spiga	altezza ultima foglia	peso 10 piante intere	peso netto spighe (10 piante)
			cm	cm	g	g
Terre ricostituite	1	49,9	145	237	10673,3	2116,7
	2	53,7	157	263	13460,0	2896,7
	3	52,7	157	281	12573,3	2965,3
	4	52,2	167	291	14080,0	3262,0
	5	52,7	160	271	13920,0	2680,7
	6	48,9	143	242	13060,0	3011,3
	7	50,0	133	229	11440,0	2526,7
	8	51,9	131	220	12073,3	2636,0
	media	51,5	149	254	12660,0	2761,9
Terre naturali	9	46,2	135	228	9540,0	2684,7
	10	50,0	137	243	11300,0	2927,3
	11	50,8	111	214	12966,7	4777,3
	12	50,9	128	230	10440,0	2790,0
	13	55,1	139	233	11313,3	2898,7
	14	55,2	141	258	12120,0	3265,3
	15	53,9	126	270	11073,3	3309,3
	16	53,8	136	278	12553,3	3346,0
	media	52,0	132	244	11413,3	3249,8

Tabella 3 *Valori medi relativi ai rilievi effettuati*

	altezza inserzione spiga	altezza ultima foglia	peso 10 piante intere	peso netto spighe (10 piante)
Terre ricostituite	0,01	0,01	0,03	0,07
Terre naturali	0,01	0,01	0,05	0,09
	S.S. pianta	S.S. spiga	produzione 35% umidità	indice di raccolta
Terre ricostituite	0,04	0,03	0,05	0,06
Terre naturali	0,11	0,04	0,17	0,08

Tabella 4
Coefficienti di variazione dei parametri indagati; si noti come essendo tutti <0,5 le medie possono essere considerate indici corretti

Analisi statistica

Tutti i dati prodotti sono stati elaborati statisticamente con l'analisi della varianza (ANOVA) e sono stati utilizzati i test Post Hoc LSD (Least Significant Difference) e SNK (Student–Newman-Keuls) per il confronto delle medie. Il software utilizzato è IBM SPSS Statistics 19. Nelle tabelle seguenti sono riportati gli esiti del test LSD: devono essere letti per colonne, dove lettere uguali indicano valori statisticamente simili tra loro, a lettera maggiore corrisponde valore maggiore, lettere minuscole diverse indicano significatività del 95% ($P<0.05$); lettere maiuscole diverse significatività del 99% ($P<0.01$); n.s. indica che non si ha differenza significativa.

	altezza inserzione spiga	altezza ultima foglia	peso 10 piante intere	peso netto spighe (10 piante)
	cm	cm	g	g
Terre ricostituite	149 ± 1	254 ±2	12660,0 ±331,4	2761,9 ± 184,6
	B	n.s	a	n.s
	132 ± 1	244 ±2	11413,3 ±540,1	3249,8 ± 300,6
	A	n.s	b	n.s
Terre naturali	132 ± 1	244 ±2	11413,3 ±540,1	3249,8 ± 300,6
	A	n.s	b	n.s
	S.S. pianta	S.S. spiga	produzione 35% umidità	indice di raccolta
	%	%	q.li/ha	%
Terre ricostituite	27,3 ± 1,0	45,9 ±1,3	710,7 ± 32,1	21,7 ± 1,3
	n.s	n.s	n.s.	A
Terre naturali	26,1 ±2,8	49,6 ±2,2	619,0 ±104,4	28,4 ±2,4
	n.s	n.s	n.s	B

Tabella 5
Esiti ANOVA condotta sulla media dei due campi.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Dall'elaborazione dei dati dei due campi attraverso ANOVA emerge come i valori relativi solo all'altezza inserzione spiga, al peso di 10 piante intere e all'indice di raccolta siano significativamente differenti.

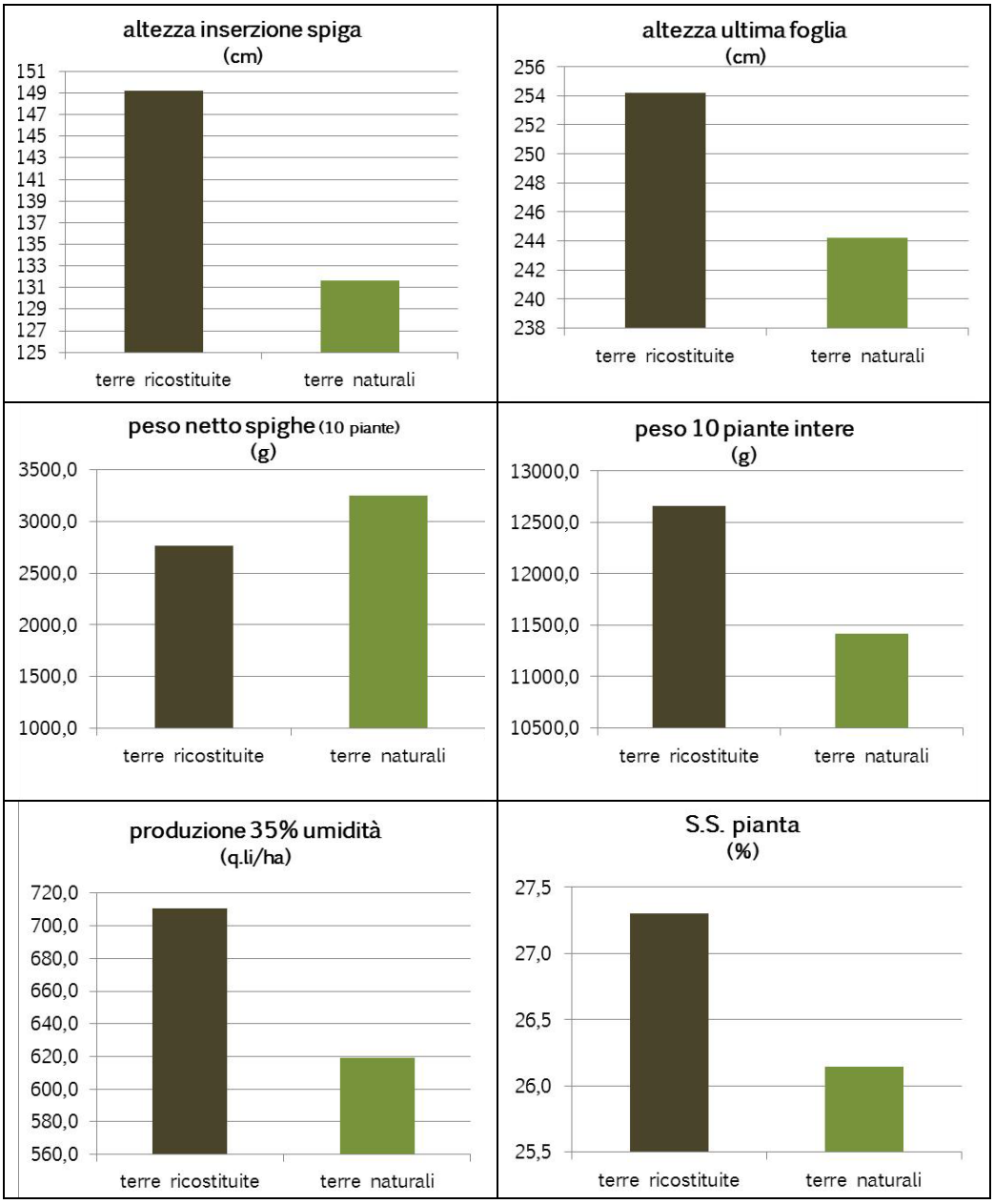


Figura 2 - *Istogrammi relativi ai valori medi dei due campi sui diversi parametri indagati*

I dati sono stati successivamente elaborati per valutare eventuali differenze significative all'interno di ogni singolo campo; a questo proposito sono state eseguite delle ANOVA sui diversi dati confrontando i rilievi fatti all'interno di ogni parcella e considerando le tre file come replica del dato. Le seguenti tabelle mostrano gli esiti delle ANOVA sulle singole parcelle all'interno delle diverse tesi.

parcella	SPAD	altezza inserzione spiga	altezza ultima foglia	peso 10 piante intere	peso netto spighe (10 piante)
		cm	cm	g	g
1	49,9 ±1,9 n.s.	145 ± 3 AB	237 ±5 ABC	10673,3 ±1592,2 A	2116,7 ±754,9 A
2	53,7 ±3,7 n.s.	157 ± 3 BC	263 ±4 BCD	13460,0 ±1304,1 BC	2896,7 ±390,1 AB
3	52,7 ±2,8 n.s.	157 ±6 BC	281 ±6 D	12573,3 ±742,0 ABC	2965,3 ±267,9 AB
4	52,2 ±2,8 n.s.	167 ±5 C	291 ±4 D	14080,0 ±995,8 C	3262,0 ±447,9 B
5	52,7 ± 4,0 n.s.	160 ±5 BC	271 ±4 CD	13920,0 ±541,5 C	2680,7 ±226,0 AB
6	48,9 ±3,1 n.s.	143 ±3 AB	242 ±4 ABC	13060,0 ±774,9 BC	3011,3 ±149,7 AB
7	50,0 ±2,9 n.s.	133 ±1 A	229 ±2 AB	11440,0 ±831,6 AB	2526,7 ±409,9 AB
8	51,9 ±2,5 n.s.	131 ±4 A	220 ±4 A	12073,3 ±716,8 ABC	2636,0 ±318,3 AB

parcella	indice di raccolta	S.S. pianta	S.S. spiga	produzione 35% umidità
	%	%	%	q.li/ha
1	19,4 ± 4,7 a	27,3 ± 2,3 ab	44,8 ± 4,3 n.s.	595,5 ± 39,5 C
2	21,5 ± 1,8 ab	24,9 ± 0,7 b	44,7 ± 0,7 n.s.	689,7 ± 55,8 ABC
3	23,7 ± 2,9 b	26,9 ± 3,0 ab	47,6 ± 2,1 n.s.	690,7 ± 38,7 ABC
4	23,1 ± 1,6 ab	27,5 ± 2,6 ab	47,8 ± 1,9 n.s.	800,7 ± 127,1 AB
5	19,2 ± 1,0 a	29,9 ± 3,0 a	45,0 ± 0,9 n.s.	854,8 ± 64,4 A
6	23,1 ± 0,4 ab	27,4 ± 1,7 ab	46,2 ± 0,7 n.s.	735,5 ± 75,8 ABC
7	22,0 ± 2,3 ab	27,8 ± 4,3 ab	45,9 ± 0,9 n.s.	654,0 ± 112,9 BC
8	21,8 ± 2,1 ab	26,7 ± 2,3 ab	44,9 ± 2,5 n.s.	664,7 ± 75,9 ABC

Tabella 6
Esiti ANOVA condotta sulle parcelle del campo delle terre ricostituite

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

parcella	SPAD	altezza inserzione spiga	altezza ultima foglia	peso 10 piante intere	peso netto spighe (10 piante)
		cm	cm	g	g
9	46,2 ± 2,2 A	135 ± 4 B	228 ± 3 AB	9540,0 ± 471,6 A	2684,7 ± 184,8 A
10	50,0 ± 1,1 AB	137 ± 1 B	243 ± 1 ABC	11300,0 ± 1577,7 AB	2927,3 ± 435,9 A
11	50,8 ± 5,4 AB	111 ± 6 A	214 ± 8 A	12966,7 ± 1761,4 B	4777,3 ± 1049,8 B
12	50,9 ± 3,8 AB	128 ± 2 AB	230 ± 2 AB	10440,0 ± 1663,9 AB	2790,0 ± 461,1 A
13	55,1 ± 4,1 B	139 ± 3 B	233 ± 3 AB	11313,3 ± 1084,9 AB	2898,7 ± 247,7 A
14	55,2 ± 3,2 B	141 ± 2 B	258 ± 6 ABC	12120,0 ± 871,1 AB	3265,3 ± 197,7 A
15	53,9 ± 2,8 AB	126 ± 3 AB	270 ± 5 BC	11073,3 ± 338,4 AB	3309,3 ± 125,6 A
16	53,8 ± 3,2 AB	136 ± 1 B	278 ± 3 C	12553,3 ± 919,2 B	3346,0 ± 231,3 A

parcella	indice di raccolta	S.S. pianta	S.S. spiga	produzione 35% umidità
	%	%	%	q.li/ha
9	28,1 ± 0,7 A	23,8 ± 1,0 B	48,7 ± 4,2 ABC	465,8 ± 17,3 B
10	25,9 ± 0,3 A	22,5 ± 1,9 B	43,8 ± 5,0 C	519,5 ± 25,2 B
11	36,9 ± 7,4 B	34,7 ± 7,0 A	49,2 ± 1,4 ABC	937,5 ± 284,6 A
12	26,7 ± 0,3 A	26,0 ± 0,9 AB	56,0 ± 7,8 AB	558,9 ± 94,0 B
13	25,7 ± 1,2 A	28,4 ± 8,0 AB	46,0 ± 1,8 BC	670,5 ± 243,8 AB
14	27,0 ± 2,1 A	25,4 ± 1,9 AB	46,1 ± 2,1 BC	632,6 ± 25,3 AB
15	29,9 ± 0,5 A	25,9 ± 2,7 AB	49,5 ± 4,7 ABC	590,6 ± 62,7 AB
16	26,7 ± 1,4 A	22,3 ± 1,1 B	57,7 ± 5,4 A	576,3 ± 54,6 AB

Tabella 7
Esiti ANOVA condotta sulle parcelle del campo delle terre naturali.

Considerazioni finali

La sperimentazione effettuata nel 2012 si è rivelata particolarmente interessante per almeno due motivi:

- - tra il terreno ricostituito e quello naturale non esistono differenze significative pur essendo irrigati in modo differente e il vantaggio va tutto alle terre ricostituite che hanno mantenuto alti livelli produttivi con il 45% in meno di acqua;
- - l risparmio idrico è oggi un'importante argomento da affrontare e questa è una buona base di partenza per tante altre verifiche da farsi anche su altre colture come

il pomodoro o, per quanto riguarda le biomasse, il sorgo che potrebbe anche essere coltivato in seccagno o con poche e oculate irrigazioni di "soccorso".
Da non dimenticare il vantaggio derivante dalla sensibile maggior temperatura del suolo che in abbinamento alla maggiore umidità contribuisce non poco ad una migliore e più rapida e omogenea germinazione del seme come si può vedere dalle foto allegate qui sotto.

Mais su terre ricostituite

Mais su terre naturali

I singoli dati e le eventuali disomogeneità registrate all'interno delle stesse tesi saranno comunque indagine di ulteriori controlli analitici a livello pedologico in quanto la georeferenziazione dei punti di prelievo lo permette e questi punti saranno oggetto, anche in futuro, di controlli di vario tipo.
Dalla sperimentazione oltre ad idee sulla gestione irrigua, sono emerse numerose possibilità di sviluppo che riguardano un approccio innovativo per la lotta al degrado dei suoli e ai processi di desertificazione, questa tematica risulta fortemente di attualità sia considerando il continuo processo in atto di deperimento della risorsa suolo ma pure in relazione alle problematiche emerse con il Protocollo di Kyoto a proposito delle azioni di sequestro di anidride carbonica (carbon sink) svolta dal suolo.
Sono inoltre emerse possibilità di un miglioramento nelle azioni in situ ed ex situ per il trattamento dei terreni contaminati mediante pretrattamento di ricostituzione delle terre prima degli interventi di biodegradazione dei contaminanti: land farmbing, biopile, fitorimediazione ecc.

ti meteo

La tabella 8 riassume, suddivisa per decadi mensili, la media relativa alla temperatura minima e massima giornaliera, l'umidità relativa massima e le precipitazioni totali del periodo dalla semina alla raccolta della coltura; i dati sono stati estrapolati da tutti quelli registrati dalla capannina metereologica presente presso l'azienda Sperimentale Vittorio Tadini.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

		temperatura minima giornaliera	temperatura massima giornaliera	umidità relativa massima	precipitazioni
		°C	°C	%	mm
marzo	25-31/03	13,5	14,1	49,3	0
	1ª decade	9,7	10,0	74,7	24,6
aprile	2ª decade	9,1	9,4	81,8	62,8
	3ª decade	14,6	15,3	68,9	10,4
	1ª decade	15,8	16,8	75,2	2,2
maggio	2ª decade	16,0	17,1	60,1	14,6
	3ª decade	18,7	19,7	69,9	1
	1ª decade	20,8	22,0	68,9	8,8
giugno	2ª decade	22,3	23,6	63,1	2,6
	3ª decade	25,9	27,1	60,4	0
	1ª decade	24,7	26,0	62,4	1,2
luglio	2ª decade	24,4	25,8	56,5	0
	3ª decade	23,7	24,9	65,0	12,6
agosto	1ª decade	25,8	27,2	56,1	0
	10-16/08	25,o	26,2	57,4	0

Tabella 8
Andamento meteorologico del periodo di crescita della coltura in esame

Bibliografia

PRRIITT 2010– Misura 3.1, azione A, attività I12, titolo: Ricerca e sviluppo sperimentale per la realizzazione di un prodotto denominato terre ricostituite per il ripristino di suoli esausti.

Tesi di laurea dott.ssa MARIANGELA VECERE, anno accademico 2008-2009, relatore prof. ALESSIO MALCEVSCHI, correlatori: dott. PAOLO MANFREDI, prof. ANNA MARIA SANANGELANTONI: Validazione di una metodologia innovativa per il recupero di terreni esausti mediante utilizzo di fanghi di cartiera.

I CARATTERI DEL SUOLO DI UN'AREA DEGRADATA: PARAMETRI CHIMICI E INDICATORI ECOLOGICI A CONFRONTO

SOIL CHARACTERS OF A DEGRADED AREA: COMPARISON BETWEEN CHEMICAL PARAMETERS AND ECOLOGICAL INDICATORS

Paolo Manfredi [(1)], Luca Giupponi [(2)*], Chiara Cassinari [(3)], Carla Corti [(2)], Adriano Marocco [(2)], Marco Trevisan [(3)]

[(1)] M.C.M. Ecosistemi s.r.l., Gariga di Podenzano (PC)
[(2)] Istituto di Agronomia, Genetica e Coltivazioni erbacee, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza
[(3)] Istituto di Chimica Agraria e Ambientale, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza
[*]Corresponding author: E-mail luca.giupponi@unicatt.it

Riassunto

I risultati dello studio ecologico della vegetazione presente in un'area degradata sono stati confrontati con quelli ottenuti dalle analisi pedologiche al fine di apprendere quelle che sono le caratteristiche del suolo e valutare le informazioni restituite dell'applicazione congiunta dei due approcci.
Parole chiave: *suolo degradato, indici ecologici, carbonio organico, azoto*

Abstract

The results of the ecological study of the vegetation of a degraded area were compared with those obtained from soil analysis in order to learn what are the characteristics of the soil and evaluate the returned information of the combined application of these approaches.
Keywords: *degraded soil, ecological indices, organic carbon, nitrogen*

Introduzione

Il presente lavoro è parte integrante di un progetto co-finanziato dall'Unione Europea "Recupero ambientale di un suolo degradato e desertificato mediante una nuova tecnologia di trattamento di ricostituzione del terreno" (Life 10 ENV IT 400 "New Life") che consiste nella sperimentazione di una tecnologia innovativa di ripristino di suoli degradati e desertificati.
L'area d'intervento (con un estensione di circa 20 ha) si colloca nel territorio comunale di Piacenza dove nel periodo tra gli anni 70 e 80 è stata realizzata una discarica per RSU (Fig. 1) ed una successiva opera di ripristino con uno strato di suolo di copertura; le opere di ripristino effettuate a suo tempo avevano utilizzato terreni di diversa provenienza pertanto il sito presenta una forte eterogeneità nelle sue caratteristiche pedologiche. Tale sperimentazione ha previsto, nella sua fase iniziale, una caratterizzazione del suolo di copertura della discarica ed uno studio

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

sui sintomi e fenomeni di degrado del terreno sul quale verrà applicata la tecnologia.
Il trattamento del suolo verrà sperimentato operativamente mediante l'utilizzo di una tecnologia (brevettata dalla società m.c.m. Ecosistemi) che provvederà ad un trattamento chimico meccanico del suolo dell'area. Il modello concettuale del sistema applicato al suolo consiste in una iniziale disgregazione seguita da una ricostituzione incorporando matrici ammendanti, una successiva policondensazione con acidi umici e una ricostituzione finale.
Obiettivo del presente studio è caratterizzare il suolo attualmente presente nell'area d'intervento comparando i dati ottenuti dalle analisi chimiche di laboratorio con quelli restituiti dallo studio ecologico della vegetazione e valutare la risposta delle comunità vegetali nel descrivere i caratteri del substrato.

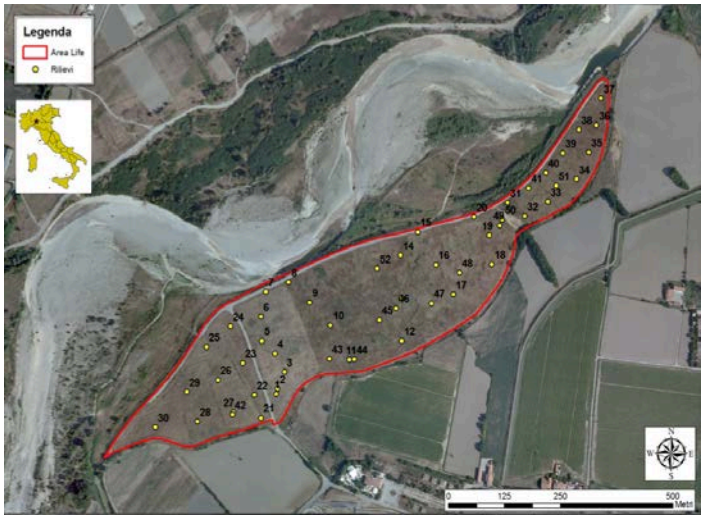


Figura 1
Area di studio e punti di campionamento (suolo/vegetazione)

Materiali e metodi

Per poter descrivere l'intera superficie è stato operato un campionamento su 52 punti georeferenziati del suolo nel cui intorno sono stati effettuati altrettanti rilievi fitosociologici (Fig. 1).

Analisi chimiche del suolo

Sui campioni di suolo sono state condotte tra le altre le seguenti analisi chimiche:
pH - Misura in H_2O (1:2,5), DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 SO n°185 All. III.1
N - Determinazione con analizzatore elementare, DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 SO n°185 All. XIV.1
C org. - Determinazione con metodo Walkley-Black, DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 SO n°185 All. VII.2
Estrazione, frazionamento e determinazione del carbonio organico DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 SO n°185 All. VIII.1

Analisi della vegetazione

I rilievi fitosociologici sono stati condotti in accordo con il metodo della scuola Zurigo-Monpellier (Braun-Blanquet, 1964) considerando per ciascuno una superficie pari a 16 m^2 (4 x 4 m).

Tabella1 - *Indici ecologici e loro significato*

Indici di Ellemberg (1974) modificati da Pignatti (2005)
R = Valore di reazione del substrato (Distribuzione delle specie lungo il gradiente di pH del suolo o contenuto di calcare) 1 – indicatori di forte acidità, non si presentano su suoli basici, neutri o blandamente acidi 2 – condizioni intermedie fra quelle di 1 e 3 3 – indicatori di acidità, vivono su suoli acidi e solo sporadicamente si presentano su suoli neutri 4 – condizioni intermedie tra quelle di 3 e 5 5 – specie mesofile, che mancano sui suoli decisamente acidi o basici 6 – condizioni intermedie tra quelle di 5 e 7 7 – indicatori di ambienti blandamente basici o neutro-basofili, mancano su suoli acidi 8 – condizioni intermedie tra quelle di 7 e 9 9 – specie calcifile oppure di altri substrati marcatamente basici X - specie ad ampio spettro 0 - informazioni insufficienti
N = Valore di nutrienti (Distribuzione delle specie in relazione alla disponibilità di nutrienti nel suolo durante la stagione vegetativa) 1 – specie che crescono in condizioni di oligotrofia, su terreni poveri di fosforo e nitrati 2 – condizioni intermedie fra quelle di 1 e 3 3 – specie di suoli poveri di nutrienti 4 – condizioni intermedie tra quelle di 3 e 5 5 – crescita ottimale su suolo umificato, ben provvisto di nutrienti 6 – condizioni intermedie tra quelle di 5 e 7 7 – occupano gli ambienti nei quali si ha concentrazione di nutrienti nel suolo 8 – condizioni intermedie tra quelle di 7 e 9 9 – specie di ambienti con eccessiva concentrazione di P e N, soprattutto nelle discariche e dove si ha accumulo di escrementi animali X - specie ad ampio spettro 0 - informazioni insufficienti
Indici di Landolt (1977) aggiornati da Landolt et al. (2010)
H = Valore di humus (Indica la quantità di sostanza organica umificata presente nella rizosfera) 1 - piante di suoli grezzi privi di humus 3 - piante di suoli a moderato tenore in humus 5 - piante di suoli ricchi in humus x - piante indifferenti al tenore in humus del suolo

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Per l'assegnazione degli indici di copertura delle specie vegetali è stato fatto riferimento alla scala mista di abbondanza-dominanza di Braun-Blanquet (1928):

r = specie sporadiche
+ = < 1%
1 = 1-5%
2 = 5-25%
3 = 25-50%
4 = 50-75%
5 = 75-100%

Al fine di determinare i caratteri ecologici della vegetazione sono stati utilizzati gli indici di Ellemberg (1974), adattati da Pignatti (2005) per la flora d'Italia, e gli indici di Landolt (1977) aggiornati da Landolt et al. (2010). In particolare sono stati impiegati: R (valore di reazione del substrato), N (valore di nutrienti nel suolo) e H (valore di humus nel suolo). In tabella 1 sono elencati e descritti gli indici ecologici impiegati.
Ad ogni specie sono stati assegnati i relativi indici riferiti ai tre fattori presi in esame. Per ogni rilievo è stato calcolato il valore medio degli indici di ogni variabile pesato per la frequenza delle specie previa conversione degli indici di copertura con i valori ordinali della scala di Van Der Maarel (1972): r = 1; + = 2; 1 = 3; 2 = 5; 3 = 7; 4 = 8; 5 = 9.

Risultati e discussione

In tabella 2 sono inseriti i risultati delle analisi chimiche dei 52 campioni di suolo e quelli riferiti allo studio ecologico della vegetazione.

Confronto R - pH

Sia la media dei valori di pH (7,66) sia la media degli indici R (5,73), è indicatrice di suolo neutro-basico (Fig. 2). I risultati delle due analisi presentano bassa deviazione standard (± D.S. pH = 0,30; ± D.S. R = 0,41) il che evidenzia omogeneità dei campioni di suolo per le due variabili considerate. La prossimità delle due rette che evidenziano (in grafico) i valori medi di R e di pH, indica un'elevata corrispondenza fra quanto espresso dai risultati restituiti dall'applicazione dei due metodi poichè ambedue le variabili presentano scale definite da un preciso valore minimo e massimo.

Confronto N - Azoto

I valori ottenuti dalle analisi chimiche evidenziano buon contenuto d'azoto nel suolo così come la vegetazione è indicatrice di ambienti eutrofici (Fig. 3).
Il contenuto medio di azoto totale presente nel substrato è di 4,21 g/Kg mentre l'indice medio di N ha valore 5,82. Anche in questo caso la deviazione standard è molto bassa per entrambe le serie di valori (± D.S. N = 0,53; ± D.S. Azoto = 1,46).

Campione/rilievo	Analisi chimiche			Analisi vegetazionale		
	pH	Azoto g/Kg	C org. g/Kg	R	N	H
1	7,20	2,91	27,80	5,93	5,17	2,89
2	7,24	2,99	26,43	6,15	5,23	2,92
3	7,24	5,18	50,29	5,86	5,50	3,04
4	7,23	3,20	33,22	6,32	5,89	2,63
5	7,28	2,95	30,96	5,87	5,53	2,65
6	7,18	3,16	32,77	6,32	5,00	2,92
7	6,79	7,96	83,15	6,26	4,23	2,90
8	7,08	7,19	74,71	6,22	4,42	2,92
9	7,85	3,67	45,00	5,46	5,78	2,68
10	7,60	5,18	47,52	5,65	6,16	2,47
11	7,81	5,14	57,21	5,55	5,69	2,47
12	7,53	7,18	63,56	5,20	6,26	2,33
13	7,30	7,18	85,08	5,56	5,96	2,31
14	7,75	5,13	53,79	6,00	6,00	2,47
15	7,59	5,34	62,85	5,88	5,11	2,58
16	7,96	3,18	36,80	5,00	6,43	2,36
17	8,02	3,59	39,81	5,17	6,48	2,14
18	7,90	3,36	31,39	5,79	5,33	2,67
19	8,36	3,68	57,19	5,96	6,55	2,91
20	7,86	4,69	49,23	5,76	5,82	2,70
21	7,76	3,58	41,53	5,80	6,17	2,28
22	7,69	4,13	40,81	6,20	6,03	2,44
23	7,96	2,43	26,44	6,25	5,77	2,71
24	7,85	3,54	36,29	5,00	6,71	2,05
25	7,77	3,49	39,43	5,55	6,59	2,18
26	7,67	4,36	43,24	6,15	6,44	2,60
27	7,92	3,39	32,03	5,57	6,53	2,05
28	7,82	3,70	35,22	5,88	6,24	2,28
29	7,84	3,50	37,04	5,30	5,83	2,57
30	7,85	3,42	32,64	5,00	6,50	2,00
31	7,53	7,56	77,56	5,30	5,96	2,44
32	7,35	2,90	26,18	5,89	5,42	2,53
33	7,55	5,38	58,79	5,50	6,10	2,14
34	8,02	1,95	20,62	5,83	4,78	2,59
35	7,84	1,74	21,53	6,14	5,42	2,50
36	7,98	2,93	27,30	5,91	5,09	2,66
37	8,04	2,57	25,84	5,82	6,16	2,70
38	7,71	4,50	45,14	6,67	5,61	2,22
39	7,69	7,21	67,63	5,65	4,77	2,63
40	7,84	3,73	35,34	5,50	5,96	2,48
41	7,60	3,69	41,53	5,13	6,38	2,14
42	7,42	4,43	42,64	5,44	6,72	2,00
43	7,64	3,97	38,82	5,83	5,00	2,93
44	7,48	5,55	60,29	5,67	5,57	2,85
45	7,53	5,52	52,22	5,74	5,10	2,91
46	7,64	4,47	46,25	6,00	5,76	2,60
47	7,92	3,44	39,97	5,00	6,63	1,88
48	8,05	2,98	46,77	5,00	6,56	1,88
49	7,78	4,75	44,04	6,26	6,17	2,89
50	7,65	3,34	35,84	6,07	5,41	2,33
51	7,63	3,97	38,11	5,77	5,78	2,45
52	7,82	3,84	49,81	5,50	6,92	2,25
Media	**7,66**	**4,21**	**44,15**	**5,73**	**5,82**	**2,50**
± D.S.	0,30	1,46	15,29	0,41	0,63	0,31

Tabella 2
Risultati delle analisi chimiche e vegetazionali

Confronto H - C org

I risultati delle analisi di laboratorio hanno evidenziato buoni quantitativi di carbonio organico nel terreno mentre lo studio ecologico della vegetazione ha espresso scarsità di sostanza organica umificata (Fig. 4).

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

La concentrazione media di carbonio organico è di 44,15 g/Kg mentre l'indice medio di H risulta essere 2,50.
Da ulteriori analisi condotte su alcuni dei campioni di suolo sono emerse basse concentrazioni di acidi umici (HA) e fulvici (FA) (media: 0,9 g/Kg) tali da poter giustificare un possibile blocco dei regolari processi di umificazione della sostanza organica nel terreno. Tale riscontro sarà oggetto di ulteriori indagini ed approfondimenti.

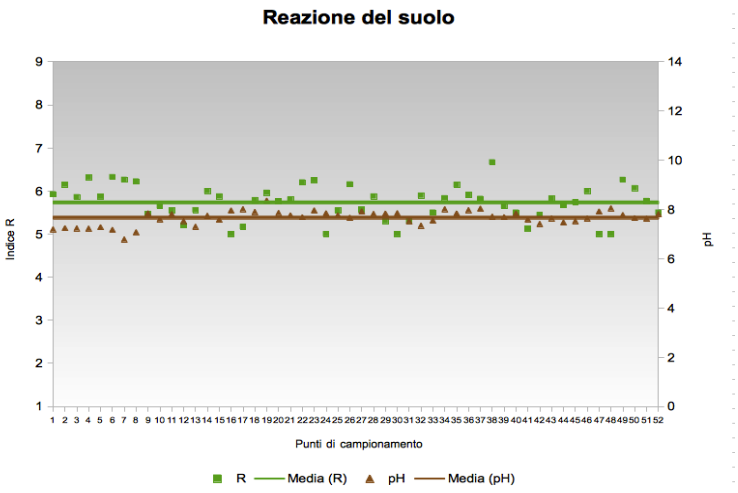


Figura 2
Confronto fra indici di R e pH

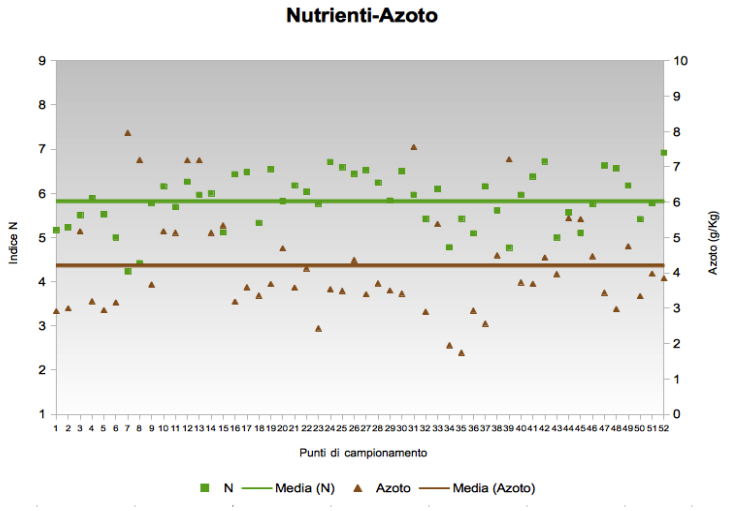


Figura3
Confronto fra indici di N e Azoto totale

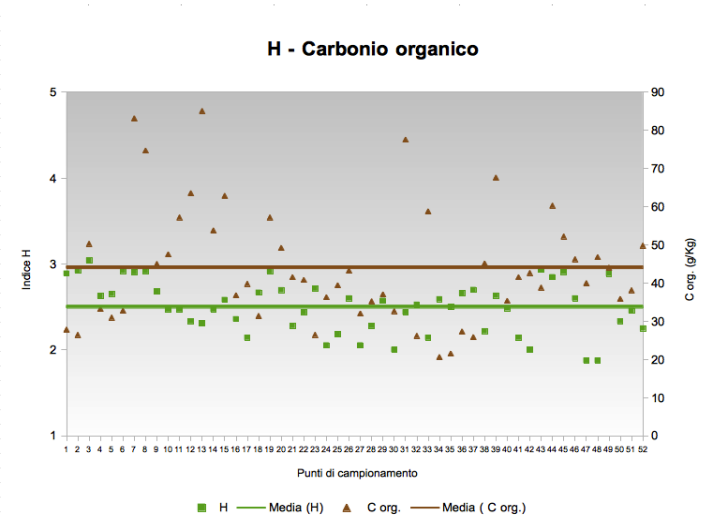


Figura 4
Confronto indici di H e Carbonio organico

Conclusioni

Dalle analisi condotte il suolo di copertura della ex-discarica di Piacenza presenta le seguenti caratteristiche: reazione neutro-basica, buon contenuto in azoto e nutrienti in generale, scarsità di humus (e acidi umici) e media dotazione di carbonio organico.
Le indicazioni sulle caratteristiche del suolo restituite dall'applicazione degli indici ecologici di Pignatti (2005) e Landolt et al. (2010) riferiti alle variabili R, N e H, sono state confermate dai risultati delle analisi chimiche di laboratorio. L'approccio vegetazionale, pur essendo un valido metodo per comprendere quali possano essere i principali caratteri di un suolo, restituisce dati meno precisi di quelli analitici, esso è limitato a poche variabili, applicabile su suoli aventi una copertura vegetale più o meno spontanea e, inoltre, necessita di tempi d'analisi che sono dipendenti dal periodo di fioritura delle varie specie vegetali in quanto i caratteri del fiore sono fondamentali per la loro corretta determinazione. D'altra parte è un metodo meno puntuale che tiene in considerazione le interazioni suolo-pianta-ambiente e che esige, tra le altre cose, minori costi d'applicazione.
Lo studio pedologico congiunto allo studio ecologico della vegetazione è sicuramente una pratica che consente di effettuare una migliore caratterizzazione del suolo di un'area in quanto permette di sfruttare tutte quelle informazioni aggiuntive che possono emergere solamente operando analisi di tipo multidisciplinare e che talvolta si rendono necessarie per avere un quadro integrale della complessità del sistema suolo.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Bibliografia

BRAUN-BLANQUET J. (1928) Pflanzensoziologie. Grundzuge der Vegetatiokunde. Biologische Studienbucher 7, Berlin.

BRAUN-BLANQUET J. (1964) Pflanzensoziologie. 3° ed. Springer-Ver., Wien.

ELLEMBERG H. (1974) Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas. Scripta Geobot. 9, Göttingen.

LANDOLT E. (1977) Okologische zeigerwerte zur Schweizer Flora. Geobotanischen institutes der Eidg. Techn. Hochschulf, Zurich.

LANDOLT E., URMI E., VUST M., THEURILLAT J. P., HEGG O., KLÖTZLI F., ERHARDT A., RUDMANN-MAYRER K., SCHWEINGRUBER H. F., WOHLGEMUTH T., NOBIS M., BÄUMLER B., LÄMMLER W. (2010) Flora indicativa. Ecological Indicator Values and Biological Attributes of the Flora of Switzerland and the Alps. Haupt, Bern.

PIGNATTI S. (2005) Valori di bioindicazione delle piante vascolari della flora d'Italia. Braun-Blanquetia 39, Camerino.

VAN DER MAALER E. (1972) On the transformation of cover-abundance values in phytosociology. Report Bot. Lab., Nijmegen.

LA VULNERABILITÀ DEI SUOLI ITALIANI
VULNERABILITY OF ITALIAN SOILS

Giuseppe Lo Papa*, Carmelo Dazzi

Dipartimento Scienze Agrarie e Forestali – Università di Palermo.
Corresponding author: E-mail giuseppe.lopapa@unipa.it

Riassunto

Negli ultimi decenni la pressione esercitata sul paesaggio dalla popolazione italiana – al pari di quella europea – è cresciuta in maniera più intensa e veloce che nel passato. Questa pressione antropica ha avuto un così elevato impatto sull'ambiente che ha causato un notevole intervento dei processi di degradazione del suolo. In particolare: i) vaste aree del paesaggio italiano sono e rimangono esposte alla erosione del suolo che ancora rappresenta uno dei più gravi problemi per la scarsa addozione di misure e pratiche di conservazione del suolo; ii) Il consumo di suolo è ancora molto più evidente nelle principali aree metropolitane e costiere, spinto anche dalla diffusione degli impianti fotovoltaici su suolo che vengono installati preferenzialmente nelle aree pianeggianti, spesso senza nessuna considerazione e valutazione della qualità del suolo; iii) la contaminazione e l'inquinamento del suolo è principalmente dovuta agli impianti industriali ed urbani e interessa quasi l'1% del territorio nazionale; iv) la salinizzazione/alcalinizzazione, del suolo dovuta principalmente all'uso di acque saline per l'irrigazione, è particolarmente diffusa nelle aree pianeggianti e costiere; v) I suoli italiani sono generalmente molto poveri nel contenuto di sostanza organica e spesso interessati da andamenti temporale negativi a causa del cambio d'uso del suolo e della incorretta gestione; vi) infine, va menzionata la perdità di diversità dei suoli o pedodiversità, che rappresenta una nuova minaccia di degradazione del suolo spesso collegata alla agricoltura intensiva su vasta scala per la produzione di colture molto remunerative.
Parole chiave: *Suoli italiani, minacce del suolo, sostenibilità ambientale*

Abstract

Over the past decades Italians - as well as others European inhabitants - have loaded their soilscapes more intensely and quicker than ever before. This anthropic pressure has such a strong impact on the environment that it sets off degradation processes in soils endangering them in various ways. In particular: i) huge areas of the Italian landscape are exposed to soil erosion that still remain a concern because of the scarce adoption of soil conservation practices; ii) soil consumption is much more evident in the main metropolitan areas and in the coastal areas and recently boosted also by the spread of photovoltaic ground-mounted installations that are preferentially established in flat areas, regardless to any aspect of soil quality; iii) soil pollution/contamination is mainly due to industrial and urban settlements and
ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

concern almost the 1% of the national area; iv) soil salinization/alkalization is mainly due to irrigation with saline waters and is particularly diffused in the plains and along the coastal areas; v) Italian soils are generally poor in organic matter and its decline is mainly due to changes in land use and in soil managements; vi) finally it is to mention the soil diversity loss, a new soils threat that is mainly linked to large scale farming in growing high remunerative crops.
Key-words: *Italian soils, soil threats, environmental sustainability*

Introduzione

In Italia i suoli mostrano un'ampia variabilità genetica ed evolutiva e, al variare della morfologia e del clima evidenziano caratteri che li rendono naturalmente vulnerabili e fragili. Si aggiunga che a far data dagli anni 1960 in concomitanza con lo sviluppo economico ed industriale del Paese, la pressione dell'uomo sul suolo è divenuta sempre più intensa ed ha determinato l'intensificarsi di una serie di fenomeni di degradazione dei suoli che, concernono:

- erosione: gran parte dei pedopaesaggi italiani sono soggetti ad erosione idrica;
- consumo: in Italia è molto elevato e può condurre alla perdita definitiva dei suoli;
- inquinamento/contaminazione: principalmente legato allo sviluppo economico ed industriale;
- salinizzazione/alcalizzazione: principalmente dovuto alla irrigazione con acque improprie;
- diminuzione in sostanza organica: determinata dalle modifiche nell'uso e nella gestione del suolo;
- diminuzione della pedodiversità: favorita dallo sviluppo dell'agricoltura su vasta scala.

L'erosione del suolo in Italia

Le regioni mediterranee sono tra le aree più vulnerabili all'erosione idrica del suolo poichè soggette a lunghi periodi asciutti seguiti da periodi umidi in cui frequentemente si manifestano piogge di elevata erosività. In Italia, i suoli a tessitura argillosa soggetti a questo tipo di regime climatico, coltivati senza l'adozione di pratriche antierosive, sono molto vulnerabili ai processi di erosione acellerata del suolo, soprattutto laddove la pendenza ha gradienti molto elevati. In queste aree l'erosione idrica del suolo ha raggiunto stati di irreversibilità e talvolta ha praticamente eroso completamente l'intero profilo del suolo, dando origine a delle evidenze geomorfologiche del tutto peculiari. I cosidetti calanchi e biancane rappresentano infatti delle forme erosive estreme che si rinvengono su substrati argillosi del periodo che va dal neogene al quaternario molto comuni in Emilia-Romagna, nelle Marche ed in Toscana, così anche in alcune regioni meridionali come la Basilicata, Calabria e Sicilia (Philips, 1998).

La quantificazione ed il controllo dell'erosione del suolo, sia in termini di estensione che nel tempo, risulta spesso molto complicata perchè tale fenomeno è legato sia ed eventi occasionali che frequenti e che hanno fattori influenzanti molto variabili in termini spaziali e di scala di osservazione. Pertanto la quantificazione dell'erosione del suolo richiederebbe indagini sia brevi che lunghi periodi ed in un'ampio range di scala.

Figura 1 – *Morfologie tipiche di aree interessate da erosion idrica intensa: calanchi (in Sicilia), a destra e biancane (in Toscana), a sinistra.*

I principali metodi usati per la stima dell'erosione idrica del suolo si basano su approcci diversi. Esistono infatti: i) modelli soggettivi che fanno uso di conoscenza esperta combinata con dati sperimentali; ii) rilevamento e datazione temporale di erosione e/o deposizione superficiale; iii) modelli empirici basati sui fattori dell'erosione; iv) modelli empirici, semi-empirici o deterministici che fanno uso di dati sperimentali di campo e di laboratorio in condizioni controllate di piogge e flussi idrici simulati; v) modelli a scala di paesaggio implementati su GIS che utilizzano funzioni predittive della variabilità spaziale dell'erosione al variare dei fattori topografici.

Studi di campo di lungo termine dimostrano l'elevata variabilità spaziale e temporale dell'erosione confermando il rischio di elevati errori di stima nel caso in cui si ci affida a monitoraggi di breve termine per ottenere predizioni sul lungo periodo.

Molti modelli sono sati realizzati e calibrati per determinate scale o per specifici range di scala, questo implica spesso l'ottenimento di errori di stima elevati qualora li si utilizzi per scale diverse. Tra questi, i modelli più complessi sono più frequentemente i più problematici da estrapolare su scale diverse ed in contesti diversi da quello in cui sono stati calibrati.

Tutti i modelli, specialmente se applicati in contesti differenti possono essere affetti da valori di incertezza piuttosto consistenti. Per questa ragione gli studiosi prefereiscono fare riferimento alla erosione potenziale del suolo o al rischio di erosione. Le carte d'erosione potenziale del suolo e le carte attuali del rischio di erosione rappresentano documenti molto importanti nella pianificazione e gestione del territorio.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Secondo l'OECD (2008) circa il 30% del terriotorio italiano è a rischio di erosione con valori di perdite superiori a 10 t/ha/anno. Tra l'altro, mentre il trend di alcuni Paesi sembra mostrare un netto miglioramento o una certa stabilità nel tempo, dovute all'adozione di idonee pratiche di conservazione in agricoltura o alla conversione delle aree agricole in pascoli o boschi, in Italia, cosi come altri Paesi dell'area mediterranea, il rischio di erosione rimane preoccupante a causa sia di alcuni fattori antropici (es. coltivazione persistente di suoli vulnerabili e marginali, sovrapascolamento nelle aree collinari e montane, la scarsa adozione di pratiche conservative in agricoltura) che di fattori naturali (aumento dell'incidenza della siccità e di eventi piovosi ad elevata intensità e durata).

Fin dal secolo scorso molti studi sulla quantificazione della perdita del suolo per erosione sono stati realizzati in Italia a differenti scale, soprattutto in bacini interessati da instabilità geolocica e da severi processi di degradazione del suolo. Negli ultimi anni le Regioni italiane hanno avviato speciali programmi per la realizzazione di carte di erosione del suolo a scala regionale come documenti di supporto per lo sviluppo rurale e per la pianificazione territoriale dei contributi europei a supporto delle misure di conservazione del suolo in agricoltura e selvicoltura.

Nella maggior parte delle regioni Obbiettivo Convergenza dei programmi di sviluppo regionale europei le carte dei suoli realizzate a scala di semidettaglio (1:250.000) sono state tutte cofinaziate dall'UE.

Queste carte reppresentano la base informative da cui sono state derivate delle carte del rischio dell'erosione potenziale o attuale utilizzando i modelli USLE, RUSLE o MUSLE. A livello nazionale è stato inoltre avviato uno specifico programma per l'aqquisizione, l'armonizzazione e la correlazione di questi livelli informativi (geoportale SINA.net).

Un primo studio pilota in questa direzione, che fissa tra l'altro razionale e metodologie, è stato già realizzato recentemente per la parte centrale e meridionale dell'Italia usando i pedogeodatabase regionali disponibili (Costantini et al., 2009).

Attualmente la sola informazione geografica sull'erosione idrica del suolo che abbia una copertura nazionale può essere solamente derivata da carte realizzate su scala continentale in differenti progetti europei.

Un primo tentativo in Italia, con lo scopo di cartografare il rischio di erosione idrica del suolo a livello nazionale, è stato fatto utilizzando l'approccio USLE (van derKnijff et al., 1999). Come risultato di questo progetto europeo sono state prodotte sono state realizzate due carte (erosione attuale e potenziale) con risoluzione spaziale di 250 metri. La carta dell'erosione attuale riporta valori stimati di lungo termine superiori a 40 t/ha/anno per le aree alpine, le aree costiere meridionali della Calabria e numerose aree sparse all'nterno della Sicilia e delle regioni Apenniniche centrali. Sulla base dei risultati di questo studio e considerando i valori limiti di tolleranza di perdita del suolo per erosione fissati dall'USDA (United States Department of Agriculture) che variano da 2 a 10 t/ha/anno, la stima della superficie interessata da perdita di suolo per l'italia è a dir poco preoccupante.

Alcuni anni dopo, Grimm et al. (2003) hanno ridefinito il modello migliorando i dati di input pluviometrici ed includendo la suscettibilità del suolo ad essere impermeabilizzato nel calcolo del fattore K. A differenza del precedente modello i risultati ottenuti da questa revisione mostrano un'accentuazione del rischio di erosione nelle aree della Sicilia centrale ed una attenuazione nelle aree alpine ed appenniniche.
Più recentemente un altra mappa dell'erosione è realizzata per tutto il territorio europeo con il progetto MESALES (*Modèle d'Evaluation Spatiale de l'ALéaErosiondesSols*) utilizzando un nuovo modello sviluppato dall'INRA francese (Le Bissonnais et al., 2002). Tale modello si basa su regole esperte e pedofunzioni di trasferimento ed utilizza alcune basi di dati geografiche dipobili all'epoca. Tra i risultati dell'applicazione di questo modello è stata una mappa di suscettibilità al rischio di erosione dei suoli classificata in cinque categorie (molto bassa, bassa, media, alta e molto alta). Ancora più recente del MESALES è il progetto PESERA (Kirkby et al., 2004) il quali risultati indicano per alcune le aree pianeggianti italiane, tra cui la Pianura Padana, valori di rischio di erosione talvolta più elevati che le aree montane alpine. In questo modello infatti altri fattori, tra cui l'uso del suolo e la copertura vegetazionale, hanno un peso più importante che la semplice pendenza. Infatti, nei seminativi, sia irrigui che in asciutto i valori medi di erosione attuale supera valori di 6 t/ha/anno, mentre le aree agroforestali presentano i valori più bassi di perdita di suolo stimata (inferiore a 1 t/ha/anno).
Secondo i criteri di tolleranza di perdità di suolo media accettabile, fissati dall'USDA, I risultati ottenuti dal modello PESERA indicano che circa il 30% del territorio italiano è interessato da una potenziale perdita di suolo per erosione che supera le 10 t/ha/anno.

Il consumo di suolo in Italia

Uno degli aspetti più gravi della vulnerabilità dei suoli è legato all'uso urbanistico che ne rende la perdita, un fatto assolutamente irreversibile. Nel recente passato, diversi movimenti di opinione sono sorti contro la "cementificazione selvaggia", ponendo la coscienza sociale di fronte alla gravità del problema che presenta aspetti analoghi ma non confrontabili fra i Paesi del nord Europa e i Paesi dell'Europa mediterranea. Nei primi la sottrazione di suolo è legata allo sviluppo delle grandi città e della rete dei trasporti; nei secondi (prevalentemente Spagna, Francia, Italia, Grecia ed ex Iugoslavia) interessa prevalentemente le aree costiere ed è diretta conseguenza dello sviluppo del turismo. Nei Paesi dell'est europeo la perdita di suolo legata allo sviluppo urbano ed industriale è stata modesta, ma comincia ad essere un problema sentito in alcuni fra i nuovi stati indipendenti quali l'Ucraina. In Italia, il fenomeno è aggravato dalla particolare conformazione del paesaggio che vede prevalere la collina e la montagna (rispettivamente il 41,6 % e il 35,2 % del paesaggio) sulla pianura (il 23,2%).
Il consumo di suolo è molto evidente in tutte le aree metropolitane ove talora si rinvengono superfici ex-industriali che sono state abbandonate perché non più

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

produttive per via della crisi economica di questi ultimi anni. Un esempio tipico è costituito dall'area di Bagnoli, nei dintorni di Napoli. Da evidenziare il fenomeno dell'urbanizzazione delle aree costiere, esploso soprattutto negli ultimi 30 anni, e la sottrazione di suolo legata allo sviluppo della rete autostradale e ferroviaria che "consuma" preferibilmente i suoli delle aree pianeggianti. Tali infrastrutture occupano lunghe strisce di territorio la cui ampiezza può raggiungere anche alcune decine di metri: queste interrompono la continuità del paesaggio, limitano il deflusso delle acque e modificano la naturalità dell'ambiente. Da segnalare anche lo sviluppo fatto registrare in questi ultimi anni dagli impianti fotovoltaici a terra che impegnano comunemente le aree pianeggianti, ove sono i suoli migliori e più produttivi. Dati indicativi sul consumo di suolo determinate da strade, autostrade ed impianti fotovoltaici sono riportati nella tabella 1.

Tabella 1 – Consumo di suolo (medie) determinato da strade, ferrovie e impianti fotovoltaici (modificato da Barberis, 2005).

Consumo di suolo	Auto strade	Strade statali	Strade provinciali	Strade locali	Ferrovie	Impianti fotovoltaici
	ha/km					ha/400 - 1000kWp
Diretto	3,0	1,5	1,2	0,7	1,0	1,0
Indiretto	6,0	2,5	2,0	1,8	2,0	1,3

Nel nostro Paese, i dati sul consumo di suolo sono purtroppo molto eterogenei. Secondo i rilevamenti del Corine Land Cover (APAT, 2005), in Italia le aree urbanizzate ammontano a 1.474.000 ettari, con una crescita pari a 1,4 m^2/abitante/anno e un valore di 255 m^2/abitante. Tali valori sembrano comunque sottostimati perché studi di dettaglio, forniscono dati più preoccupanti. Un recente studio promosso dall'ISTAT (ISTAT, 2008) e basato sui dati delle concessioni edilizie può essere considerato indicativo della pressione dell'uomo sull'ambiente. Da esso emerge che i livelli massimi di consumo di suolo si registrano nelle regioni del Nord-Est sia considerando l'aspetto dello sviluppo residenziale (35,2 m^3 per abitante, comparato alla media italiana di 22,3), che quello produttivo (147,7 m^3 per abitante, comparato alla media italiana di 96.4). Nelle regioni del Nord-Ovest tali valori sono prossimi alla media mentre nell'Italia meridionale e nelle Isole sono inferiori. Tuttavia, se si analizza la componente non-residenziale emerge che è nelle aree del sud Italia e delle isole che si registrano i valori più elevati che, peraltro, appaiono sottostimati se si considera il fenomeno dell'abusivismo. Uno studio recente sul consumo di suolo in 26 aree urbane italiane (Munafò et al., 2009), evidenzia fra il 1999 e il 2006 incrementi in tutte le realtà metropolitane analizzate (Tab. 2)

Uno studio ancora più recente (Giudice e Minucci, 2011) pone l'Italia al quarto posto a livello europeo per quanto concerne il consumo di suolo, con un valore del 7,1 %. Questo dato trova conferma in uno studio di Legambiente (2010) che stima il consumo complessivo di suolo in Italia in 21.000 km^2 (Tab. 3).

Città	Ettari			Percentuale	
	totale	1999	2006	1999	2006
Monza	3302	1467	1590	***44,4***	***48,2***
Bolzano	5233	1310	1337	*25,0*	*25,5*
Udine	5681	2113	2330	***37,3***	***39,4***
Trieste	8449	2638	2833	***31,2***	***33,5***
Cagliari	8550	2538	2619	*29,7*	*30,6*
Brescia	9068	3799	3997	***41,9***	***44,1***
Padova	9285	3545	3855	***38,2***	***41,5***
Prato	9759	2528	2905	*25,9*	*29,8*
Firenze	10241	3254	3719	***31,8***	***36,3***
Livorno	10479	2101	2297	*20,2*	*22,1*
Bari	11620	4171	4501	***35,9***	***38,7***
Napoli	11727	7009	7302	***59,8***	***62,3***
Ancona	12323	1685	1735	*13,6*	*14,0*
Torino	13017	6993	7127	***53,7***	***54,7***
Bologna	14073	4853	5391	***34,5***	***38,3***
Palermo	15888	5803	6099	***36,5***	***38,4***
Venezia*	16014	11265	12472	*27,3*	*30,2*
Potenza	17397	2177	2443	*12,5*	*14,0*
Modena	18247	3386	3950	*18,5*	*21,6*
Milano	18377	10553	11213	***58,0***	***61,6***
Verona	20664	4971	5277	*24,1*	*26,0*
Taranto	21750	4256	4727	*19,6*	*21,7*
Genoa	24360	4487	4632	*18,4*	*19,0*
Parma	26077	4050	4981	*15,5*	*19,1*
Foggia	50780	3797	4168	*7,4*	*8,1*
Roma	130771	31415	33764	*24,4*	*26,3*

*al netto delle aree di laguna

Tabella 2
Consumo di suolo nel 1999 e nel 2006 in 26 città Italiane di diversa dimensione.
In grassetto i valori superiori alla media (da: Munafò et al., 2009).

Secondo Tempesta (2008) il consumo di suolo in Italia ammonterebbe al 7,6% pari a 2.350.000 ettari (415 m^2/abitante). In ogni caso un elemento da evidenziare concerne il diverso contributo che ciascun regione fornisce a tale problema: nelle regioni del nord si hanno le superfici maggiormente industrializzate con valori superiori alla media; nel sud le regioni ove l'urbanizzazione illegale è maggiormente diffusa.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Regione	Km^2	Percentuale	
		sulla regione	totale
Valle d'Aosta	70	2	0,33
Piemonte	1900	7,6	8,84
Liguria	340	6,3	1,58
Lombardia	3400	14,1	15,82
Trentino Alto Adige	390	2,8	1,81
Friuli Venezia Giulia	740	9,4	3,44
Veneto	2100	11,3	9,77
Emilia Romagna	2000	9,1	9,31
Toscana	1300	5,6	6,05
Umbria	350	4,1	1,63
Marche	540	5,5	2,51
Lazio	1500	9,1	6,98
Abruzzo	360	3,4	1,68
Molise	70	1,6	0,33
Campania	1450	10,7	6,75
Basilicata	210	2,1	0,98
Apulia	1100	5,9	5,12
Calabria	870	5,8	4,05
Sicilia	1900	7,4	8,84
Sardegna	900	3,7	4,19
ITALIA	**21490**	**7,1 ***	**100,00**

***** media

Tabella 3
Consumo di suolo in Italia nel 2010
(fonte:Legambiente, 2010)

In anni recenti le installazioni di impianti fotovoltaici a terra per la produzione di energia elettrica si sono enormemente diffuse determinando un considerevole consumo di suolo. Le superfici che vengono occupate sono solitamente quelle pianeggianti ove i suoli manifestano una notevole potenzialità agronomica. Al momento non vi sono dati sul consumo di suolo indotto da tali impianti, ma il numero totale delle istallazioni fornisce un dato interessante e indica come alla fine del 2009 in Italia esistevano 71.284 installazioni fotovoltaiche con una capacità produttiva di 1.142 MW. Questo dato comparato con quello del 2008 indica un incremento del 165% nel numero delle installazioni, e del 123 % della capacità produttiva.

È utile, per concludere, evidenziare come il consumo di suolo determini non solo la perdita di una risorsa vitale per l'uomo ma comporta anche un impatto negativo

sulla qualità totale dell'ambiente e dell'economia del paesaggio (EEA, 2006a; 2006b). Si ammette che un incremento del consumo di suolo determina anche:

- un incremento del traffico (Vance e Hedel, 2008), delle emissioni di CO_2 e del particolato (Bart, 2009) e del livello di inquinamento da metalli pesanti;
- problemi di salute legati allo stress originato dalla guida, dall'aumento di incidenti stradali e, indirettamente, dall'incremento della obesità causata dal ridotto tempo disponibile per lo svolgimento di attività fisica (Bray et al., 2005; Ewing et al., 2003; Frumkin, 2002).

L'impatto ambientale dell'inquinamento

Negli ultimi 50 anni, la sempre crescente contaminazione dei suoli ha raggiunto livelli tali da rappresentare uno dei maggiori problemi del pianeta suscitando anche l'interesse dell'opinione pubblica.

Un report recente dell'*European Environmental Agency* (EEA, 2007) registra che tra le potenziali attività umane che causano la contaminazione dei suoli nell'Europa occidentale (inclusa l'Italia) l'attività industriale e petrolifera rappresentano assieme più del 50% delle sorgenti contaminanti. Il report specifica inoltre che quasi un quarto della contaminazione dei suoli è causata dal trattamento o l'accumulo di rifiuti sia urbani che industriali.

Il censimento generale dei siti contaminati, realizzato sotto la supervisione dell'ISPRA (*Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale*) sin dall'anno 2000, indica che in attualmente in Italia esistono circa 12.000 potenziali siti contaminati. Questo dato, sebbene si ritenga che possa essere sottostimato, in termine di superficie corrisponde a circa 260.000 ettari di suoli contaminati, un'estensione pari a quasi l'1% del territorio nazionale. Questi dati non includono sia i suoli contaminati da inquinamento diffuso e da attività umane non idustriali che le aree industriali dismesse. Ottenere una stima il più precisa possibile rimane molto problematico e la conoscenza e la percezione del fenomeno di contaminazione dei suoli è ancora lacunosa sia a livello nazionale che per singole regioni. Solo recentemente infatti le autorità regionali responsabili per la protezione ambientale hanno iniziato un censimento organico dei siti contaminati, solo poche (Piemonte, Lombardia, Emilia Romagna e Sicilia) hanno avviato reti di monitoraggio dei suoli ai fini ambientali utilizzando una metodologia di riferimento comune.

I siti contaminati di maggiore estensione e più pericolosi per la salute umana, diffusi in tutto il territorio nazionale, sono catalogati come "Siti di Interesse Nazionale" (SIN). L'individuazione di un SIN avviene considerando la sua estensione e posizione nonchè la tipologia, le concentrazioni ed la pericolosità dei contaminanti per la salute umana e dell'ambiente.

Attualmente in tutto il territorio nazionale sono stati identificati 57 SIN che interessano una superficie pari a 700.000 ettari su cui è stata avviata un'attività di monitoraggio ambientale preliminare. La maggior parte di questi sono aree industriali molto estese, dismesse o funzionanti, centri di produzione di sostanze

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

tossiche pericolose di origine organica, o ricche di metalli pesanti, o amianto (APAT, 2007).

Un problema che recentemente ha scosso l'opinione pubblica è la contaminazione del suolo da amianto, in quanto è stato riconosciuto un agente responsabile di numerose morti di carcinoma. Un report recentissimo stima che la superficie interessata da questo tipo di contaminazione possa essere maggiore di 75.000 ettari (Legambiente, 2010).

La spesso diffusa non corretta gestione dello smaltimento dei rifiuti solidi urbani ha prodotto nel passato livelli di contaminazione dei suoli incresciosi. In molti comuni i riufiuti urbani sono stati spesso sepolti o bruciati per lungi periodi senza nessuna precauzione o del curarsi delle ricadute nel suolo di sostanze inquinanti e pericolose per l'ambiente e la salute umana. Inoltre molti rifiuti sono tuttora smaltiti illegalmente alimentando profitti soprattutto per le organizzazioni criminali (Legambiente, 2010; Caturano, 2011).

Anche la contaminazione del suolo da metalli ha ricevuto particolare attenzione per l'impatto molto pericoloso che ha sulla salute pubblica. Numerosi studi, realizzati soprattutto nell'Italia settentrionale, hanno cercato di cartografare la distribuzione spaziale di questi elementi nel suolo, sforzandosi di discriminarne l'origine antropogenica da quella pedogenetica naturale.

Gerdol et al. (2000) in uno studio sulla deposizione di metalli pesanti sulle Alpi per il periodo 1995-96 hanno dimostrato che il bioaccumulo in campioni di muschi è statisticamente correlato con i fattori ambientali e climatici e le concentrazioni rinvenute nei suoli in seguito alla deposizione del particolato atmosferico originato da emissioni in atmosfera di industrie metallurgiche.

Più recentemente Bini et al. (2011), nel determinare i valori di fondo degli elementi intraccia in 120 profili rappresentativi dell'intera regione del Trentino, hanno dimostrato che i contenuti di Cu, Ni, Pb, Cd, Zn, Cr, Fe, Mn sono equiparabili con le concentrazioni medie dei suoli Europei e che le maggiori concentrazioni negli orizzonti superficiali dei suoli non è dovuta a fattori pedogenetici naturali, bensì alle ricadute atmosferiche di emissioni atmosferiche di sostanze tossiche per attività agricola ed industriale.

Adamo et al. (2006) in uno studio geochimico e pedologico su un'area rappresentativa della Campania hanno trovato che il Cr ed Cu nel suolo superano abbondamente i limiti considerati dalla legislazione nazionale, concludendo che mentre la contaminazione da Cr è dovuta alle innondazioni di torrenti che hanno acque contaminate, quella da Cu è dovuta alle attività agricole intensive del passato.

L'accumulo di nitrati raprresenta un'altra forma di contaminazione severa dei suoli soprattutto in alcune regioni dove l'attività agricola è molto intensiva, come ad esempio nella valle del Pò (Rossi et al., 1991) ed in altre aree di pianura. Tuttavia recenti report dimostrano che i livelli di accumulo di nitrati nel suolo e nelle acque soprattutto nelle aree ad alta vulnerabilità di accumulo sono diminuite a partire dall'adozione della Direttiva Europea sui Nitrati (APAT, 2005).

L'utilizzo massivo e ripetuto di pesticidi e fertilizzanti, sia organici che minerali, posso rappresentare un pericolosa forma di contaminazione dei suoli soprattutto nelle aree interessate da agricoltura intensiva e specializzata. La mancanza di dati attuali non permette un'analisi sitematica della situazione dei suoli italiani, tuttavia i dati regionali ambientali ottenuti dal monitoraggio delle acque superficiali e profonde indicano che presumibilmente in alcune aree agricole esiste una considerevole contaminazione da sostanze xenobiotiche che possono essere estremamente pericolose per la salute umana.

L'impatto ambientale della salinizzazione

E' questo un problema che non è nuovo nella storia del mondo, che ha acquisito un'importanza scientifica e pratica crescente di anno in anno, e che è destinato ad aggravarsi per effetto dei cambiamenti climatici globali previsti per il prossimo futuro. Si prevede che nell'Europa mediterranea tali cambiamenti dovrebbero condurre ad un incremento dell'indice di aridità che, influenzando il regime di umidità ed il bilancio salino dei suoli, finirebbero col determinare una minore lisciviazione ed una maggiore salinizzazione, fino a raddoppiare, nei prossimi 40 anni, le aree affette da salinità.

Dati molto recenti sulla presenza e distribuzione dei suoli salini in Italia consentono di affermare che questi insistono su di una superficie di circa 3,2 milioni di ettari e che sono presenti in modo variabile in quasi tutte le regioni italiane.

In particolare, nel Veneto (Giandon e Cappellin, 2008), Friuli Venezia Giulia (Michelutti e Barbieri, 2008) e nell'Emilia Romagna (Buscaroli e Zannoni, 2010), i terreni salini sono distribuiti principalmente lungo la costa e occupano una fascia che, a seconda delle diverse caratteristiche morfologiche e dell'influenza umana, varia da alcune decine ad alcune centinaia di metri. La loro presenza è legata principalmente all'intrusione di acqua marina nelle falde freatiche dovuta alla subsidenza dei terreni salini delle lagune e nelle vicine aree lagunari causato, principalmente, dal pompaggio di acque di falda a fini irrigui o per usi industriali e di bonifica. Alcuni dati sulla conduttività e sul sodio scambiabile dei suoli della fascia costiera della provincia di Gorizia rilevano valori massimi di circa 12 mS/cm e di 2.500 mg/kg, rispettivamente. Ne consegue diminuzione della produzione vegetale e il deterioramento della struttura del suolo con formazione di croste superficiali. In Toscana (Gardin e Vinci, 2008; Cecchi e Zanchi, 2008) processi di salinizzazione del suolo sono diffusi lungo la costa e possono interessare fino a pochi chilometri nell'entroterra. Si distinguono due situazioni: la prima riguarda l'intrusione della falda salina nelle piane costiere e in particolare di Albenga, in provincia di Grosseto e intorno al lago di Massaciuccoli; la seconda riguarda i suoli che si sviluppano su argille del Pliocene e argilliti della val d'Orcia. I suoli che evolvono su questi substrati sono generalmente liberi di sali nel "topsoil", ma in caso di troncamento del profilo del suolo (a causa dell'erosione o piccoli movimenti di massa), è possibile mettere in evidenza problemi di salinità che influenzano pesantemente la produzione vegetale. Nel caso della pianura di Pisa, la salinità del suolo è dovuta prin-

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

cipalmente ai solfati ed è causata principalmente dall'inefficacia della rete di drenaggio. In Liguria (APAT,2008), oltre ad alcune zone della costa interessata da ingresso di acqua di mare (la valle del Magra; il Ceriale costa), vi sono suoli salini a causa dell'eccessivo uso di fertilizzanti, particolarmente evidente nelle aree serricole, ove non c'è lisciviazione causata dalle precipitazioni. Nella regione Marche vi sono suoli salini vicino alla costa (Tiberi, 2008). In Campania si è verificato un aumento di aree con problemi di salinizzazione (D'antonio e Ingenito, 2008), non solo lungo la costa, dove il suolo presenta una conducibilità di 10 dS/cm, ma anche in zone dove, grazie alla presenza di numerosi pozzi vi è un forte ingresso di acqua marina. In Puglia, Basilicata, Calabria e Sardegna, suoli salini sono presenti soprattutto lungo le zone costiere a causa della salinizzazione delle acque sotterranee (APAT, 2008). Per esempio in Capitanata (Puglia) un monitoraggio della qualità delle acque sotterranee (Monteleone et al., 2001) ha dimostrato che le acque della maggior parte dei pozzi in estate mostrano un preoccupante livello di salinità con valori che superano 6 - 7 dS/m^{-1}.

Probabilmente è in Sicilia che il problema della salinizzazione secondaria dei suoli per irrigazione è maggiormente acuto, e ciò è da mettere in relazione non solo con la natura dei suoli presenti ma anche con la qualità delle acque disponibili per l'irrigazione. Per questi suoli è necessario tenere conto dei limiti posti dalla bassa permeabilità, dall'elevata capacità di ritenzione idrica, dalla degradabilità della struttura, dal tipo di profilo del suolo e, in ultimo ma non per ultimo, dal tipo di argille presenti: ove predominano le argille smectitiche, infatti, la struttura del suolo mostra gravi problemi di deterioramento già con acque che mostrano valori del rapporto di assorbimento del sodio (adjRNa) superiori a 9; laddove prevalgono le illiti e le vermiculiti la struttura si degrada con valori di adjRNa superiori a 16 mentre i suoli caolinitici o ricchi in sesquiossidi cominciano a mostrare un deterioramento della struttura per valori di adjRNa superiori a 26.

Ne consegue che il processo della sodicizzazione, soprattutto in questi ambienti, è più grave di quello della salinizzazione. Spesso, tuttavia, le due forme di salinità coesistono, come accade per alcuni suoli della piana di Licata che sono divenuti al contempo salini (con orizzonte salico) ed alcalini (con orizzonte natrico) nell'arco di una sola stagione irrigua (Indorante et al., 2001).

Attualmente in Sicilia, circa il 10% della superficie totale, cioè grossomodo 250.000 ettari, è interessata da suoli affetti da salinità (Dazzi, 1995). La loro distribuzione è dovuta in parte alla presenza della Serie Gessoso-Solfifera, in parte è indotta dall'irrigazione; i primi sono particolarmente presenti nelle province di Caltanissetta e di Agrigento, cioè nella zona centrale e meridionale dell'isola, gli altri si rinvengono prevalentemente nella fascia costiera meridionale dell'isola, ove la pratica irrigua continuata nel tempo ha determinato e determina, accumulo di sali solubili nel suolo. Sono da segnalare anche suoli affetti da salinità per cause naturali, legate alla presenza di substrati argillosi di origine marina.

Perdita di sostanza organica del suolo

La perdita di quantità e/o della qualità della sostanza organica rappresenta una seria minaccia del suolo e delle sue funzioni. La perdita di questo importante componente del suolo determina infatti decrementi della sua produttività, degradazione chimica, fisica e biologica in generale nonchè acellera altri processi di degradazione come l'erosione, la compattazione e la perdita di biodiversità.
Sebbene la determinazione in laboratorio del contenuto di carbonio organico del suolo sia immediato e relativamente poco costoso, la valutazione della quantità di carbonio immagazzinato nel suolo a livello nazionale o regionale, o perfino a scala aziendale, rimane tuttora ardua e molto costosa per la grande variabilità spaziale di questo paramentro. Avviare quindi azioni di monitoraggio per la stima di perdita o incremento della sostanza organica dei suoli è difficile, costosa e sicuramente sarà interessata sa elevati livelli di incertezza. La valutazione di trend di lungo periodo possono anche risentire di cambiamenti di uso del suolo intercorsi nel periodo considerato. Prove di laboratorio e di campo hanno dimostrato inoltre che fattori pedogenetici, climatici, pedoclimatici e ancora l'erosione, l'uso del suolo, le lavorazioni e le tecniche colturali possono influenzare l'evoluzione in termini qualitativi e quantitativi della sostanza organica del suolo. I primi dati sperimentali a scala continentale (Smith et al., 2005) indicano che molti suoli europei sono interessati da una perdita media dello 0,6% di carbonio organico ogni anno (Jones et al. 2005). In Italia è stato recentemente completato un primo studio a livello nazionale per la stima delle variazioni nel tempo del contenuto di sostanza organica del suolo. I risultati di tale studio, ottenuti per il topsoil, ovvero considerando la profondità di 0-50 cm, indicano che per il periodo 1979-1988 il carbonio organico totale immagazzinato nei suoli italiani è di 3,32 Pg, mentre diminuisce a, 2,74 Pg nel periodo 1989-1998, per poi innalzarsi nuovamente al valore di 2,93 Pg nel periodo 1999-2008 (Fantappiè et al., 2010). Quest'ultimo incremento, secondo gli autori, è attribuibile all'effetto delle misure agro-ambientali promosse dalla Politica Agricola Comunitaria che sono orientate alla protezione ambientale dei suoli nelle aree rurali e che si pongono anche come obbiettivo proprio l'incremento del carbonio immagazzinato nel suolo. I valori ottenuti su base spaziale indicano che i suoli con più alto valore di carbonio organico sono quelli delle aree boscate nelle aree Alpine, Apenniniche e della Sardegna, mentre i valori più bassi si riscontrano nelle aree collinari e di pianura interessati da agricoltura di tipo intensivo. Altri autori hanno stimato che le aree coltivate del territorio italiano, qualora gestite con le attuali tecniche agricole, presentano dinamiche della sostanza organica del suolo che tendono ad ad una certa stabilità, escludendo quindi sensibili variazioni negative a livello nazionale (Morari et al., 2006; Gardi e Sconosciuto, 2007; Lugato et al., 2010).

Le minacce ai suoli italiani determinate dalla diminuzione della pedodiversità

In generale, i processi pedogenetici di origine antropica e derivanti dalla gestione agricola del suolo, ne influenzano le proprietà nell'arco di centinaia o di migliaia di anni. Nel caso dei suoli soggetti a modificazioni d'uso nella agricoltura su vasta

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

scala i processi antro-pedogenetici possono essere estremamente veloci (Dazzi e Monteleone, 2007). I cambiamenti nell'uso e nella gestione del suolo spesso si verificano contemporaneamente (Halvorson et al., 2000), e determinano modificazioni della qualità del suolo negli aspetti fisici (Wang et al., 2006), biologici (Kennedy e Papendick, 1995) e del contenuto in elementi nutritivi (Kong et al., 2006), oltre che diminuzione di sostanza organica ed incremento dell'erosione (Brandt e Thornes, 1996; Drake e Vafeidis, 2004) e, nel complesso ad una diminuzione della pedodiversità con conseguente creazione di suoli antropogenici. Nel recente passato tali processi hanno fortemente caratterizzato molte aree viticole dell'Europa mediterranea ove gli introiti di capitale derivanti dalla coltivazione di uva da tavola ad alto reddito sono stati cospicui (Dazzi et al., 2004; PlaSentis et al., 2004; Costantini e Barbetti, 2008). Un esempio significativo delle conseguenze che la creazione di suoli antropici può avere sulla diminuzione della pedodiversità - e della qualità totale dell'ambiente – è quello concernente un'indagine svolta entro i confini amministrativi del comune di Mazzarrone, nel sud-est della Sicilia (Dazzi et al., 2007, 2009). Il territorio di Mazzarrone nel decennio tra il 1970 e il 1980 ha conosciuto una rapida trasformazione che ha portato ad un significativo aumento del reddito pro capite dei suoi abitanti. In particolare si è ampiamente diffusa l'uva da tavola e, attualmente, la maggior parte dell'uso del territorio è costituito da vigneti. seminativi, mandorleti, oliveti e pascoli naturali sono stati trasformati in vigneto con una notevole modificazione del pedo-paesaggio. In molti casi per addolcire le morfologie notevoli quantità di calcare marnoso è stato sparso sul suolo per mezzo di camion: una operazione molto costosa. In pochi anni tutte le superfici che non ponevano limiti all'utilizzo di mezzi meccanici per la coltivazione della vite, anche le zone più ripide sono state interessate da un intenso processo di antro-pedogenesi che ha portato alla quasi totale scomparsa della pedodiversità del pedo-paesaggio di Mazzarrone (Lo Papa et al., 2011). Diversi tipi di suolo su varie morfologie e con caratteristiche molto diverse (Calcic, Inceptic, Mollic e TypicHaploxeralfs, Calcic, Humic e TypicHaploxerepts, EnticHaploxerolls, TypicXerorthents), sono stati così profondamente e intensamente modificati per essere destinati a vigneto, che non è possibile distinguere in essi alcun frammento degli orizzonti originali!

Dazzi et al., (2007) hanno stimato che tale processo, solo in Sicilia, ha interessato circa 20.000 ettari nella parte occidentale; circa 25.000 nella parte centrale e circa 15.000 nella parte orientale (soprattutto per i vigneti). Ciò significa che in Sicilia, i pedo-paesaggi antropici incidono per circa 60.000 ettari su 1.281.655 ettari di superficie agricola complessiva (cioè circa il 4,7%). Tale enorme pressione antropica conduce a ben definite forme di degradazione del suolo e dell'ambiente e principalmente ad una intensa erosione (Fig. 2).

In questi vigneti, infatti, ogni anno tonnellate di suolo vengono soffiati via dal vento o trasportati in pianura, attraverso grandi solchi di erosione che poi sono riempiti con materiale terroso trasportato da altri luoghi dove i suoli ancora mantengono la loro peculiare configurazione. In tali condizioni, è chiaro che la

resilienza del suolo, cioè la capacità del suolo di opporsi a condizioni di stress, è molto bassa, se non del tutto nulla.
Accanto a questi aspetti, vi sono quelli che derivano dall'utilizzo di film plastici e pesticidi. I film plastici utilizzati per coprire i vigneti, anche se la legge ne impone il riciclaggio, sono spesso abbandonati nell'ambiente e poi bruciati, rilasciando composti tossici come, ad esempio, la diossina, mentre per mantenere il frutto sulla pianta fino al periodo natalizio, gli agricoltori usano massicce quantità di pesticidi che finiscono per depositarsi e persistono nell'ambiente.

Figura 2
Erosione a gully in un suolo antropico sotto vigneto. (Foto C. Dazzi).

Bibliografia

ADAMO P., ZAMPELLA M., GIANFREDA L., RENELLA G., RUTIGLIANO F.A., TERRIBILE F. (2006) Impact of river overflowing on trace element contamination of volcanic soils in south Italy: Part I. Trace element speciation in relation to soil properties. Environmental Pollution, 144(1): 308-316.
APAT (2005) Annuario dei dati ambientali, edizione 2004, Roma.
APAT (2005) La realizzazione in Italia del progetto europeo Corine Land Cover 2000. Rapporti 36/2005. ISBN 88-448-0162-0.
APAT (2007) Siti Contaminati di Interesse Nazionale: ne esistono 54 e sono altamente pericolosi.APAT Press release. Rome.
APAT (2008) Il suolo, la radice della vita. APAT, Roma, pp. 112-113

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

BARBERIS R. (2005) Consumo di suolo e qualità dei suoli urbani. in: Rapporto sullo stato dell'ambiente in Piemonte. Arpa Piemonte pp. 703-729.
BART I.L. (2009) Does urban sprawl cause the growth of transport CO2 emissions? A statistical analysis and a look at policy options for the EU. Fifth Urban Research Symposium. 18 pp.
BINI C., SARTORI G., WAHSHA M., FONTANA S. (2001) Background levels of trace elements and soil geochemistry at regional level in NE Italy. Journal of Geochemical Exploration, 109(1-3):125-133.
BRANDT J, THORNES J.B. (1996) Mediterranean Desertification and Land Use. Wiley, Chichester, 554 pp.
BRAY R., VAKIL C., ELLIOTT D. (2005) Report on Public Health and Urban Sprawl in Ontario: A review of the pertinent literature. Environmental Health Committee, Ontario. College of Family Physicians. 53pp.
BUSCAROLI A., ZANNONI D. (2010) Influence of ground water on soil salinity in the San Vitale Pinewood (Ravenna - Italy), Agrochimica 5:303–320.
CATURANO G. (2011) La percezione del suolo nella legislazione ambientale. In la percezione del Suolo, Atti del workshop, Dazzi C. (ed). Le Penseur. Brienza. p. 100-112.
CECCHI S., ZANCHI C. (2008) Climatic risk of soil salinization in the Grosseto Plain (Central Italy). Journal of Agriculture and Environment for International Development, 102(4).
COSTANTINI E.A.C., BARBETTI R. (2008) Environmental and Visual Impact Analysis of Viticulture and Olive Tree Cultivation in the Province of Siena (Italy). Europ. J. Agronomy 28:412–426
COSTANTINI E.A.C., URBANO F., ARAMINI G., BARBETTI R., BELLINO F., BOCCI M., BONATI G., FAIS A., L'ABATE G., LOJ G., MAGINI S., NAPOLI R., NINO P., PAOLANTI M., PERCIABOSCO M., TASCONE F. (2009) Rationale and methods for compiling an atlas of desertification in Italy. Land Degrad. Develop. 20:261-276.
D'ANTONIO A., INGENITO M.R. (2008) Le problematiche dei suoli nelle regioni italiane: Campania. In "Il suolo, la radice della vita". APAT, Roma, pp. 100-101.
DAZZI C. (1995) L'erosione "genetica" dell'ecosistema suolo. Atti del Convegno Nazionale SISS "Il Ruolo della Pedologia nella Pianificazione e Gestione del Territorio". Cagliari, giugno pp.197-202.
DAZZI C., LO PAPA G., PALERMO V. (2009) Proposal for a new diagnostic horizon for WRB Anthrosols. Geoderma, 151:16–21, doi: 10.1016/j.Geoderma .2009.03.013
DAZZI C., MONTELEONE S. (2007) Anthropogenic processes in the evolution of a soil chronosequence on marly-limestone substrata in an Italian Mediterranean environment. Geoderma, 141(3-4): 201-209, doi:10.1016/j.geoderma.2007.05.016
DAZZI C., MONTELEONE, S., SCALENGHE, R. (2004) Anthropogenic soils originated by severe disturbances due to large scale farming. ESSC 4th Inter. Congress - Proceedings Volume. Budapest, pp. 153-156.
DRAKE NA, VAFEIDIS A. (2004) A review of European Union funded research into the monitoring and mapping of Mediterranean desertification. Advance in Environmental Monitoring and Modelling 1(4):1-51.
EEA (2006a) Urban sprawl in Europe. The ignored challenge. EEA report n. 10.
EEA (2006b) Land account for Europe 1990-2000. Towards integrated land and ecosystem accounting. EEA report n. 11.
EEA (2007) Overview of economic activities causing soil contamination in some WCE and SEE countries. Graph. Available Online on http://www.eea.europa.eu/ data-and-

maps/figures/overview-of-economic-activities-causing-soil-contamination -in-some-wce-and-see-countries-pct-of-investigated-sites (verified on 29 septem-ber 2011)
EWING R., SCHMID T., KILLINGSWORTH R., ZLOT A., RAUDENBUSH S. (2003) Relationship between urban sprawl and physical activity, obesity and morbidity. American Journal of Health Promotion. Vol. 18, N. 1
FANTAPPIÈ M., L'ABATE A., COSTANTINI E.A.C. (2010) Factors influencing Soil Organic Carbon stock Variations in Italy during the Last Three Decades. In: Land Degradation and Desertification: Assessment, Mitigation and Remediation (Zdruli, Pagliai, Kapur and Faz Cano (Eds). Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York ISBN-13: 978-9048186563.
FRUMKIN H. (2002) Urban sprawl and public health. Association of Shool of public health. Public Health Report 117:201-217.
GARDI C., SCONOSCIUTO F. (2007) Evaluation of carbon stock variation in Northern Italian soils over the last 70 years. Sustain. Sci. 2:237–243.
GARDIN L., VINCI A. (2008) Le problematiche dei suoli nelle regioni italiane: Toscana. In "Il suolo, la radice della vita". APAT, Roma, pp. 90-91
GERDOL R., BRAGAZZA L., MARCHESINI R., ALBER R., BONETTI L., LORENZONI G., ACHILLI M., BUFFONI A., DE MARCO N., FRANCHI M., PISON S., GIAQUINTA S., PALMIERI F., SPEZZANO P. (2000) Monitoring of heavy metal deposition in Northern Italy by moss analysis. Environmental Pollution, 108(2):201-208.
GIANDON P., CAPPELLIN R. (2008) Le problematiche dei suoli nelle regioni italiane: Veneto. In "Il suolo, la radice della vita". APAT, Roma, pp. 84-85.
GIUDICE M., MINUCCI F. (2011) Il consumo di suolo in Italia. Sistemi editoriali SE. ISBN: 978-88-513-0680-9, pp. 270.
GRIMM M., JONES R.J.A., RUSCO E., MONTANARELLA L. (2003) Soil Erosion Risk in Italy: a revised USLE approach. European Soil Bureau Research Report No.11, EUR 20677 EN, (2002), 28pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
HALVORSON, A.D., REULE, C.A., ANDERSON, R.L. (2000) Evaluation of management practices for converting grass land back to cropland. Soil Water Conserv. 55:57–62.
INDORANTE A., LAUDICINA V. A., RAIMONDI S., TUSA D. (2001) Evoluzione della salinità del suolo durante un biennio di osservazioni in due ambienti irrigui siciliani. Atti Convegno Conclusivo Progetto POM-OTRIS, Bari, pp. 249-262.
ISTAT (2008) Rapporto annuale. La situazione del Paese nel 2008. ISBN: 978-88-458-1617-8
JONES R.J.A., HIEDERER R., RUSCO E., MONTANARELLA L. (2005) Estimating organic carbon in the soils of Europe for policy support. European Journal of Soil Science, 56 (5):655-671.
KENNEDY A.C., PAPENDICK R.I. (1995). Microbial characteristics of soil quality. Soil Water Conserv. 50:243–247.
KIRKBY M.J., JONES R.J.A., IRVINE B., GOBIN A, GOVERS G., CERDAN O., VAN ROMPAEY A.J.J., LE BISSONNAIS Y., DAROUSSIN J., KING D., MONTANARELLA L., GRIMM M., VIEILLEFONT V., PUIGDEFABREGAS J., BOER M., KOSMAS C., YASSOGLOU N., TSARA M., MANTEL S., VAN LYNDEN G.J., HUTING J. (2004) European Soil Bureau Research Report No.16, EUR 21176, 18pp. and 1 map in ISO B1 format. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

KONG X., ZHANG F., WEI Q., XU Y., HUI J. (2006) Influence of land use change on soil nutrients in an intensive agricultural region of North China. Soil & Tillage Research 88:85–94.

LE BISSONNAIS Y., MONTIER C., JAMAGNE M., DAROUSSIN J., KING D. (2002) Mapping erosion risk for cultivated soil in France. Catena, 46, 207-220.

LEGAMBIENTE (2010) I ritardi dei Piani regionali per la bonifica dell'amianto. Rapporto Legambiente. Milano. 21 pp.

LEGAMBIENTE (2010) Un'altra casa? Dossier di Legambiente. Luglio

LO PAPA G., PALERMO V., DAZZI C. (2011) Is land-use change a cause of loss of pedodiversity? The case of the Mazzarrone study area, Sicily. Geomorphology 135(3-4):332-342. doi:10.1016/j.geomorph.2011.02.015.

LUGATO E., ZULIANI M., ALBERTI G., DELLE VEDOVE G., GIOLI B., MIGLIETTA F., PERESSOTTI A. (2010) Application of DNDC biogeochemistry model to estimate greenhouse gas emission from Italian agricultural areas at high spatial resolution. AgrEcosystEnviron 139:546– 556.

MICHELUTTI G., BARBIERI S. (2008) Le problematiche dei suoli nelle regioni italiane: Friuli Venezia Giulia. In "Il suolo, la radice della vita". APAT, Roma, pp. 86-87

MONTELEONE M., DEL VECCHIO S., BASSO G., TARANTINO E. (2001) Monitoraggio della salinità delle acque di falda e dei suoli ubicati nelle aree litoranee della Capitanata. in Atti Convegno Conclusivo Progetto "OTRIS". Eds Tarantino & Monteleone, UniFoggia, pp. 263-269.

MORARI F., LUGATO E., BERTI A., GIARDINI L. (2006) Long term effects of recommended management practices on soil carbon changes and sequestration in north-eastern Italy. Soil Use Manag 22(7):1–81.

MUNAFÒ M., MARTELLATO G., RIITANO N. (2009) Impermeabilizzazione e consumo di suolo. In: Qualità dell'ambiente urbano. VI rapporto annuale, - ISPRA ed., pp. 21-38

PHILIPS C.P. (1998) The badlands of Italy: a vanishing landscape? Applied geography 18(3):243-257.

PLA SENTIS I., RAMOS M.C., NACCI S., FONSECA F., ABREU X. (2004) Soil and water conservation as affected by changing Mediterranean climate and land management in vineyards of Catalonia (NE Spain). ESSC 4th Inter. Congress - Proceedings Volume. Budapest, pp. 86-91.

ROSSI N., CIAVATTA C., VITTORI ANTISARI L. (1991) Seasonal pattern of nitrate losses from cultivated soil with subsurface drainage. Water, Air & Soil Pollution, 60(1):1-10.

SMITH P., ANDREN. O., KARLSSON T., PERALA P., REGINA K., ROUNSEVELL M., WESEMAEL B. (2005) Carbon sequestration potential in European croplands has been overestimated. Global Change Biology 11:2153-2163.

TEMPESTA T. (2008) Consumo di suolo o consumo di ambiente? Rivista di Economia Agraria 4:453-468.

TIBERI M. (2008) Le problematiche dei suoli nelle regioni italiane: Marche. In "Il suolo, la radice della vita". APAT, Roma, pp. 94-95.

VAN DER KNIJFF J.M., JONES R.J.A., MONTANARELLA L. (1999) Soil erosion risk assessment in Italy. European Soil Bureau. EUR 19044 EN, 52pp.

VANCE C., HEDEL R. (2008) On the link between urban form and automobile use: evidence from German survey data. Land Economics 84(1):51-65.

WANG J., HE T., GUO X., LIU A., ZHOU Q. (2006) Dynamic changes of sandy land in northwest of Beijing, China. Environmental Monitoring and Assessment 121:109–125. DOI: 10.1007/s10661-005-9110-8.

SUOLI OLOCENICI SEPOLTI NELL'EMILIA ORIENTALE

HOLOCENE BURIED SOILS IN EASTERN EMILIA REGION

Stefano Cremonini [(1)]*, Gloria Falsone [(2)], Marco Marchesini [(3)], Gilmo Vianello [(2)], Livia Vittori Antisari [(2)]

[(1)] Dip.to di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna
[(2)] Dip.to di Scienze Agrarie, CSSAS – Alma Mater Studiorum, Università di Bologna
[(3)] Soprintendenza Beni Archeologici della Regione Emilia Romagna
* Corresponding author: E.mail stefano.cremonini@unibo.it

Riassunto

Lavori di scavo profondi effettuati negli ultimi anni nella pianura padana centro-orientale per l'esecuzione di infrastrutture di vario genere hanno messo in luce successioni stratigrafiche di cui è stata definita la cronologia mediante indagini archeologiche e radiometriche. Lungo le sequenze stratigrafiche si rinvengono frequentemente suoli sepolti di età compresa tra il Bronzo (talvolta l'Olocene iniziale) ed il tardo medioevo, facenti parte del complesso pedologico olocenico. L'entità degli spessori sedimentari che ne hanno provocato la sepoltura testimonia l'entità dei fenomeni alluvionali sia naturali sia indotti artificialmente (bonifiche per colmata) che hanno interessato la pianura tra il margine montano appenninico ed il corso del fiume Po. Talvolta la rapidità dell'evento che ha provocato l'apporto sedimentario ha contribuito a "sigillare" i suoli interrompendone i processi formativi od evolutivi conservandone fino ai nostri giorni molti dei caratteri originari. Vengono qui descritte e visualizzate le pedosequenze rilevate in alcuni dei siti di interesse archeopedologico ed una sintesi dei relativi caratteri chimico-fisici. In genere tali suoli sono inquadrabili tra gli ordini degli Histosuoli, Entisuoli ed Inceptisuoli, quest'ultimi per lo più a carattere fluventico.

Le caratteristiche chimico-fisiche e pedo-ambientali di alcuni di essi, radiometricamente collocabili nell'Olocene iniziale (cioè, in termini di cronologia culturale, nel Mesolitico) sembrano indicare l'estrinsecarsi di complesse condizioni pedogenetiche nelle aree più depresse dell'alta pianura sviluppatesi a partire da fasi climatiche umide. Altri ancora, probabilmente tardiglaciali, nelle zone più rilevate sono caratterizzati da rubefazione. In altre e più recenti situazioni il frequente rinvenimento negli orizzonti A di frammenti di manufatti e residui di carbone rimanda con sicurezza ad una consistente frequentazione antropica: in tali casi l'uso della multianalisi chimica permette di definire anche tipo ed entità del condizionamento antropico, mentre la definizione della relativa assegnazione tassonomica ad Anthrosols o Technosols può essere definita dall'adozione dei criteri della World Reference Bases (WRB).

Parole chiave: *suoli sepolti, archeopedologia, multi-analisi, datazione ^{14}C, Anthrosols, Technosols*

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Abstract

During the last decade in the central-eastern Po plain deep excavations devoted to new building sites highlighted many stratigraphic sequences well time-constrained both archaeologically and radiometrically. Along the sequences, buried soils, dating between from the Bronze age (sometimes early Holocene) and the late Middle Ages, were often recorded representing the Holocene pedocomplex. The thickness of the sedimentary cover testified the importance of the natural and the man-induced (land filled by reclamation) alluvial phenomena having taken place in the alluvial plain between the Apennine and the Po river. The rapid evolution of the sedimentation processes contributed to seal these soils, leading to stop the pedogenetic processes and to preserve the soil characteristics.
Some selected pedosequences, belonging to archaeological sites, here are described and their physico-chemical soil properties are reported. These soils are ascribed to the orders of Histosols, Entisols and Inceptisols. The Inceptisols often have fluventic characteristics. Some of them, radiometrically constrained to the early Holocene (i.e, Mesolithic), seem to indicate the occurrence of complex pedogenic condition in the relatively more depressed alluvial plain possibly starting to develop in wet climatic phases. Some others, probably dating back to the late Last Glacial Maximum, showed evidence of rubification in the highest alluvial plain sites. In more recent sites, in the A horizons the presence of artefact and charcoal fragments indicates the anthopogenic land-use/settlement. In these latter soils, the use of the chemical multianalysis allows to define the kind and the degree of the anthopogenic influence and the WRB criteria enables to discriminate between Anthrosols and Technosols.
Key words: *buried soils, archaeopedology, multianalysis, ^{14}C dating, Anthrosols, Technosols*

Introduzione

L'applicazione della scienza del suolo alle indagini archeologiche acquisisce particolare significato quando lo studio si focalizza su ambienti del passato fortemente modificati dall'impatto antropico, che si è spesso protratto nel tempo ad intervalli plurisecolari.
L'accesso di geologici e pedologi alla grande e diffusa cantieristica per opere sia pubbliche sia private in affiancamento ai funzionari delle Soprintendenza ai Beni Archeologici della regione Emilia-Romagna ha rappresentato un'eccezionale occasione di raccolta dati altrimenti non acquisibili. Lo spessore dell'insieme dei depositi olocenici (*Subsintema di Ravenna*) nella pianura a N di Bologna varia da 0 a 22-25m, tenuto conto del sovrapporsi dell'eustatismo olocenico alla subsidenza naturale. La cantieristica è in grado di permettere il controllo autoptico in bassa pianura della semiporzione superiore dell'Olocene e in alta pianura il tetto dei depositi del Last Glacial Maximum. L'interesse di tali opportunità è costituito dall'osservazione di suoli "sigillati" dalla sedimentazione naturale che, come tali,non dovrebbero aver subito forti modificazioni relativamente ai caratteri

originari a differenza dei corrispondenti termini affioranti. Procedendo da S a N i tempi a disposizione dei processi pedogenetici per la maturazione di ogni singola unità di suolo diminuiscono dipendentemente dall'aumento dei tassi di accomodamento della sedimentazione. Escludendo l'attualità, il condizionamento diretto del fattore antropico sulla pedogenesi pare connotarsi comunque come minoritario rispetto ai fattori topografico e climatico.

Materiali e metodi

Localizzazione dell'area e dei siti d'indagine. La porzione di pianura indagata, ubicata tra Bologna e Ferrara e compresa tra 80 e 10 m slm. (Fig. 1), è caratterizzata nella parte alta da conoidi alluvionali incisi e, nella parte bassa, da ampi dossi fluviali generati dai corsi d'acqua di origine appenninica. Le zone intercluse tra i dossi nella pianura sono state interessate da ristagni idrici semipermanenti (paludi o "*valli*"), caratterizzate dall'instaurarsi di peculiari ambienti biologici (canneto fisso e galleggiante) e relativi esiti stratigrafici (torbe).

Figura 1
Localizzazione dell'area di indagine su base geologica (a lato) e delle relative sequenze stratigrafiche e pedologiche all'interno dell'area urbana della città di Bologna (in basso.)

La carta geologica riportata in Figura 1 costituisce un'approssimazione semplificata del complesso rapporto in cui la geomorfologia, la litologia, i processi pedogenetici e cronologia influenzano il territorio reale (Preti, 2009). Le aree di conoide pedemontana possiedono estensioni varie in funzione dall'importanza gerarchica del bacino imbrifero sotteso e dalla storia evolutiva specifica della zona di conoide stessa che risulta dal rapporto tra la tettonica locale, la morfologia del fronte montano e le transizioni macroclimatiche.
La media e bassa pianura sono invece dominate da dinamiche fluviali tipicamente improntate a geometrie elongate e non più radiali. La figura 2 mostra il particolare della carta geolitologica su cui sono stati localizzati 7 profili pedologici utilizzati in questo contesto.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

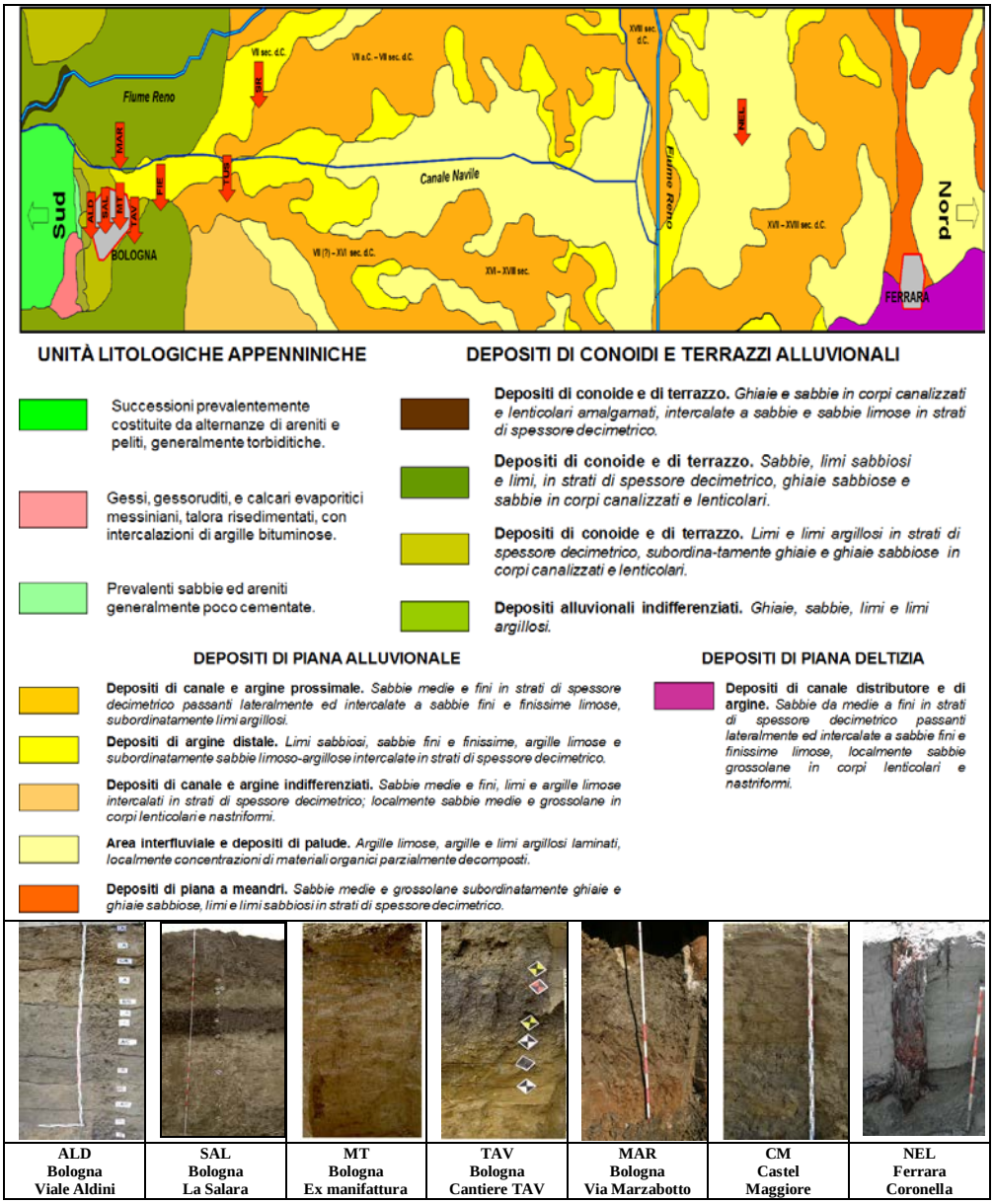


Figura 2 - *Carta geolitologica dell'area in esame (Preti, 2009) e localizzazione dei profili pedologici utilizzati per l'indagine*

.

Dalla figura 3 alla 10 vengono proposte sotto forma di schede le sequenze stratigrafiche e le caratteristiche pedologiche dei siti studiati in oggetto.

Sito ALD – Viale Aldini (Bologna) (Fig. 3).
Il profilo Aldini (Vittori Antisari et al., 2011) è un esempio di suoli antichi sepolti, generati da diversi cicli pedogenetici che sono stati influenzati dall'uomo. Lo scavo archeologico ha messo in evidenza una successione stratigrafica di 4,5 metri di spessore databile dal Rinascimento (ALD II) al periodo etrusco-celtico (ALD IX).

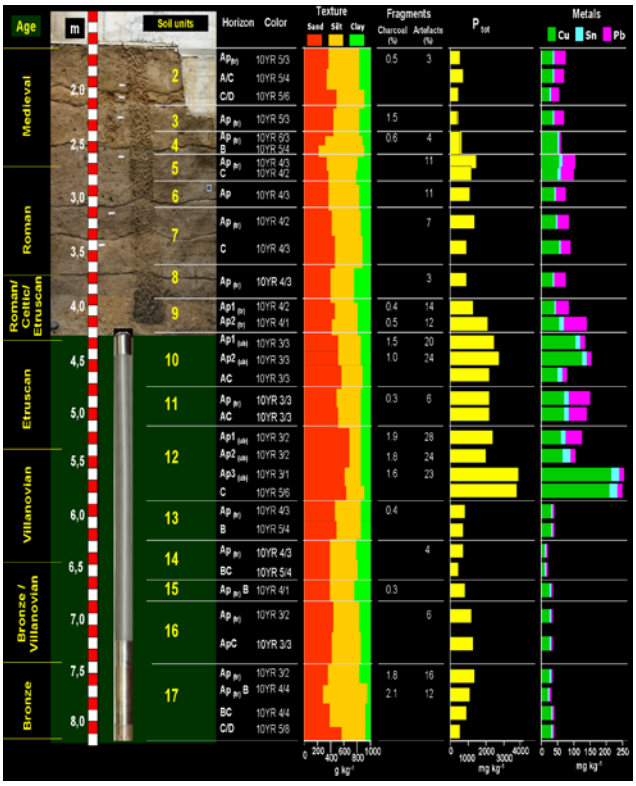


Figura 3
Sito ALD – Viale Aldini (+75 m slm)
Sequenza di cicli pedogenetici caratterizzati mediante alcuni parametri fisici e chimici

Un sondaggio di altri 4 m ha permesso di rilevare una successione di suoli antichi su sedimenti naturali ed antropogenici il più antico dei quali corrisponde alla tarda età del Bronzo (2902±45 anni BP, cioè 1260-970 a.C.). Nella sequenza si sono riconosciuti 17 cicli pedogenetici riconducibili a 8 diverse unità di suolo appartenenti ai gruppi WRB dei Cambisols, Anthrosols e Technosols.
Nel sito ALD, la presenza di insediamenti umani legati alle diverse attività (attività agricole, attività fusorie) hanno lasciato traccia nel suolo influenzandone le sue caratteristiche. L'applicazione di analisi chimiche e fisiche per lo studio del suolo si è dimostrata utile per identificare, per esempio, significative concentrazioni di alcuni elementi chimici come fosforo e metalli pesanti (Cu, Pb, Sn) in suoli coincidenti con l'instaurarsi di attività manufatturiere di età Villanoviana ed Etrusca (Fig. 3). Inoltre l'applicazione del sistema tassonomico della WRB ha permesso di discriminare le diverse unità di suolo antico influenzate dall'attività

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

antropica. È risultato possibile mettere in relazione la successione archeologica con il contesto pedologico, dal momento che i depositi archeologici costituiscono il materiale parentale del suolo.

Sito SAL – La Salara (Via del Macello, Bologna) (Fig. 4)
Il profilo stratigrafico evidenzia alla profondità di 4,05 m dal piano di campagna un orizzonte scuro che insiste su orizzonti caratterizzati da elevate concentrazioni di carbonati.

Figura 4
Sito SAL La Salara (+47 m slm)

Sito MT – Ex Manifattura Tabacchi (Bologna) (Fig. 5)

A circa 3,90 m dal piano di campagna si è rinvenuto un suolo sepolto (Cremonini et al., 2006) in cui la radiodatazione di frammenti di carbone presenti nell'orizzonte A attribuisce un'età di 8080 -/+200 anni BP permettendo così di collocarlo nel periodo iniziale dell'Olocene. Il suolo si presenta sterile dal punto di vista palinologico.

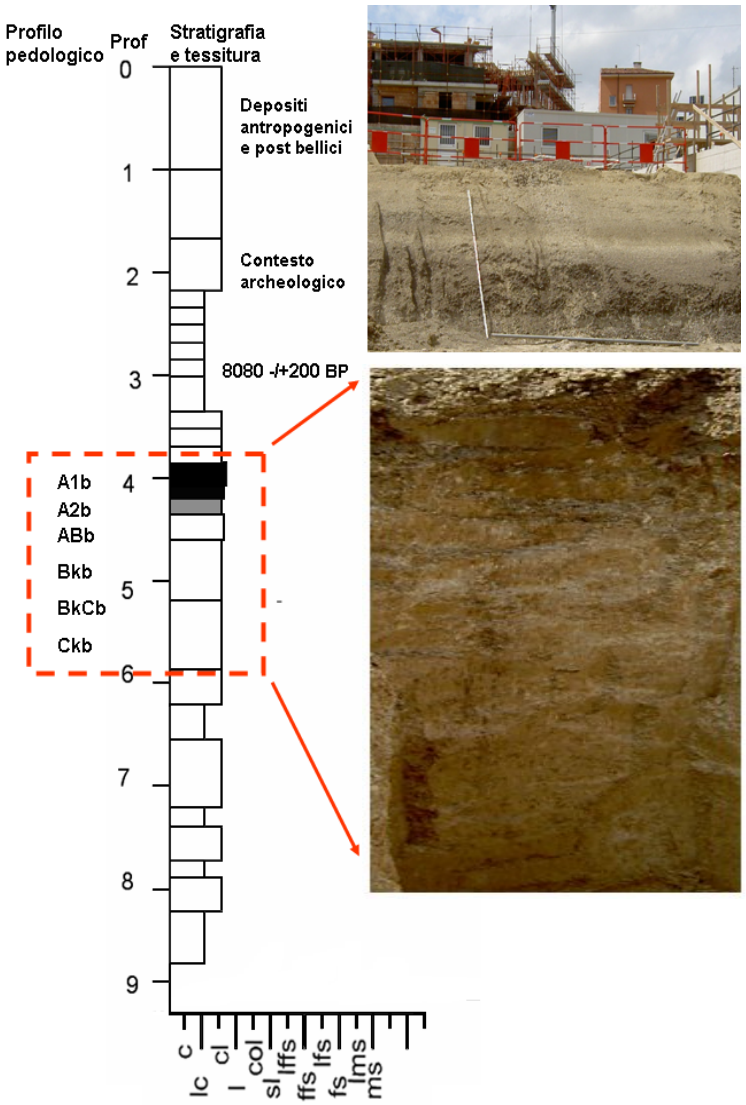


Figura 5
Sito MT Ex Manifattura Tabacchi (Bologna) (+48 m slm)

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Sito TAV – Stazione ferroviaria (Bologna) (Fig. 6)
Al primo profilo di suolo campionato ad un profondità di 2,90 m dal piano di campagna (Cremonini et al., 2007) viene attribuita un' età di circa 2900 anni (Età del Bronzo finale-Protovillanoviano). Il secondo profilo posto ad una profondità di 8 metri ha fornito età radiocarboniche degli orizzonti A comprese tra 6450 e 7200 anni fa.

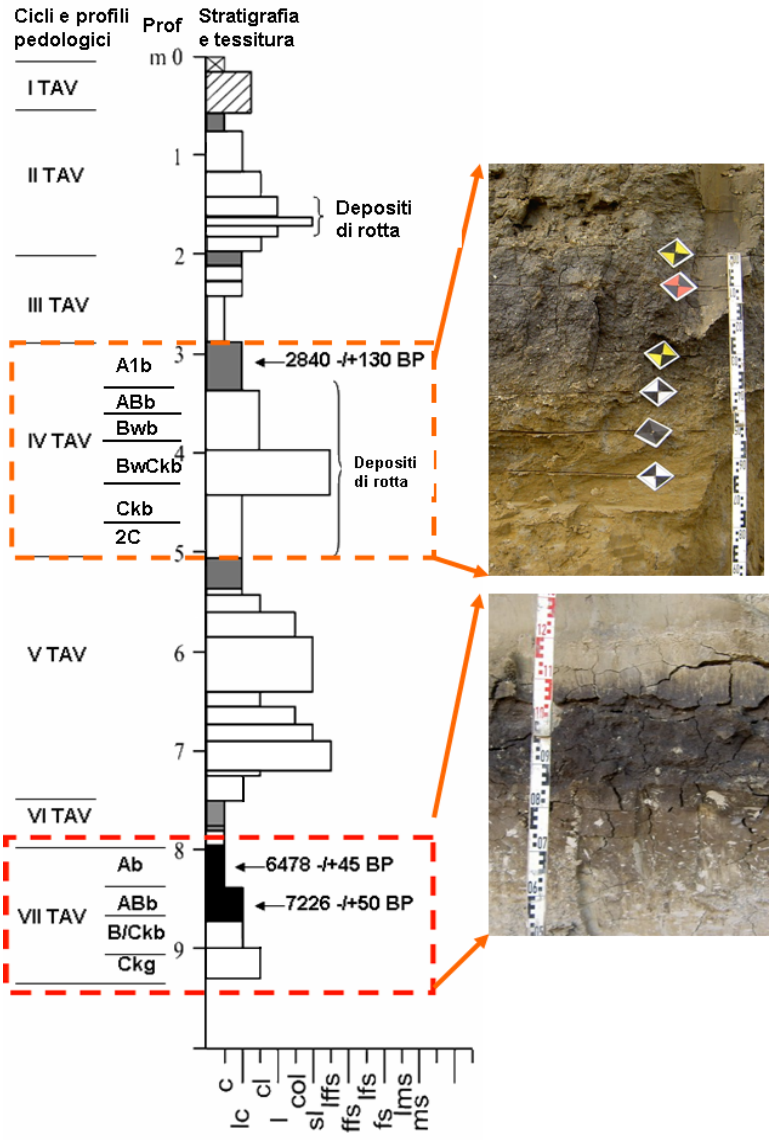


Figura 6
SitoTAV Stazione ferroviaria (Bologna) (+44 m slm)

I profili delle stazioni SAL (Fig. 4), MT (Fig. 5), TAV (Fig. 6) presentano una morfologia simile. Si tratta di suoli sepolti con orizzonti A molto scuri (2,5Y-4/2) che poggiano su orizzonti Bk, BCk o Ck caratterizzati da abbondante presenza di

carbonati secondari. L'ipotesi interpretativa preliminare di massima per lo sviluppo di tali profili potrebbe vedere un ruolo fondamentale della stagione secca ma forse anche la concomitanza con fasi microclimatiche leggermente più freddo-umida dell'attuale con durata poco più che secolare almeno nel caso dei primi suoli olocenici, fermo restando comunque il fortissimo condizionamento stazionale legato alla microgeomorfologia locale (Rittweger, 2000). Pensare ad una loro utilizzazione in termini di orizzonti guida potrebbe rappresentare una della finalità a cui mira nel futuro la presente indagine. I logs stratigrafici di stazione rappresentano lo spessore degli strati e la rispettiva tessitura secondo la classificazione di Shepard (1954) con : c=argilla; lc =argilla limosa; cl=limo argilloso; l=limo; col=limo grossolano; sl= limo sabbioso; lffs= sabbie finissime limose; fs=sabbie fini; ms=sabbie medie.

Sito MAR – Via Marzabotto (Bologna) (Fig. 7).
Ad una profondità di 7,25 m dal piano di campagna è stato individuato un paleosuolo caratterizzato da un orizzonte di potenza di circa 30 cm di potenza, di colore rosso bruno, fortemente alterato, poggiante a sua volta su ghiaie e sabbie a debole o nullo grado di alterazione. Il fenomeno della *rubefazione* incipiente potrebbe testimoniare un periodo climatico più caldo dell'attuale da assegnare non ad un interstadiale würmiano (Cremaschi, 1979), ma al *Bølling*. In Emilia questo paleosuolo prende il nome di Unità di Vignola (Gasperi et al., 1989). Rispetto agli altri siti circostanti la città di Bologna (SAL, MT, TAV) questo luogo veniva originariamente a collocarsi in zona relativamente più rilevata e quindi con limitati fenomeni di ristagno idrico.

Figura 7
Sito MAR
Via Marzabotto (Bologna)
(+45 m slm)

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Sito SR-Castel Maggiore (Fig. 8)..
Al di sotto di una copertura di circa 3 metri di sedimenti alluvionali si è individuata una cronosequenza costituita da tre profili dei quali uno collocato al di sopra di un acciottolato di età romana (III SR, età 1863 anni BP), uno ad esso coevo (IV SR, età: 1984 anni BP) ed uno al disotto di questo (V SR, 2768 anni BP). Il suolo al di sotto dell'acciottolato è stato sigillato, mantenendo caratteristiche chimico-fisiche molto prossime alle originarie. Questo suolo presenta infatti concentrazioni di C organico superiori agli altri due suoli ed in particolare lo studio della dinamica delle sostanze umiche ha messo in evidenza il non apporto di sostanze organiche fresche e quindi una stabilizzazione delle sostanze umiche che tendono ad aumentare la frazione più resistente ad alta polimerizzazione.

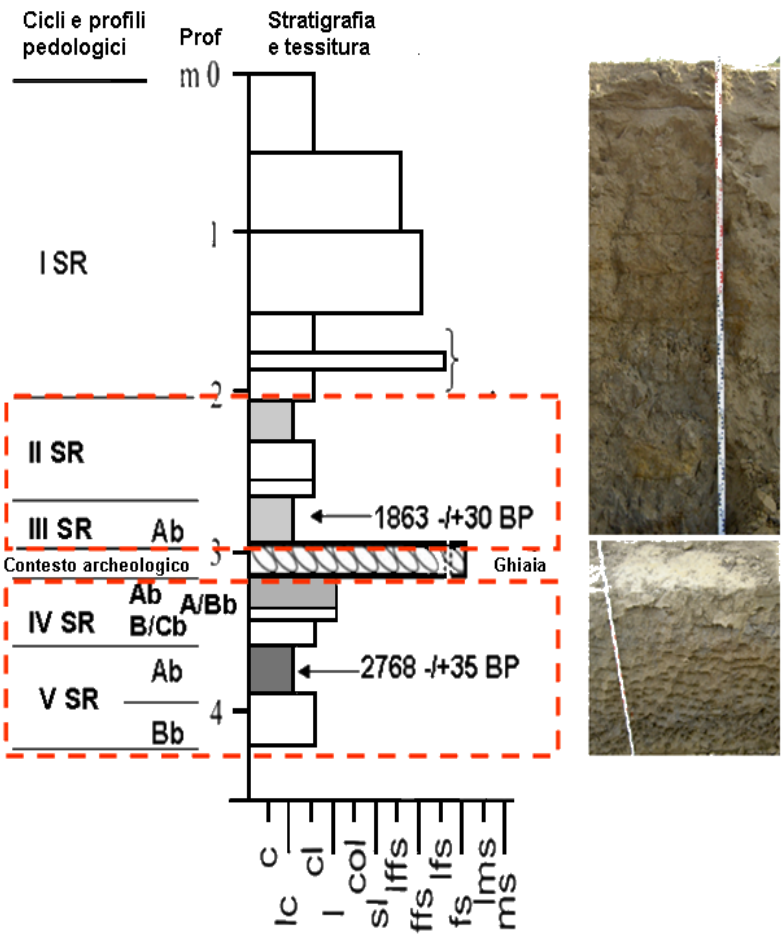


Figura 8
Sito SR Castel Maggiore (+27 m slm)

Sito NEL – Coronella (Fig. 9)
Durante la costruzione di un sottopasso ferroviario effettuato nella bassa pianura, in località Coronella di Ferrara, alla profondità di 9 metri dal piano di campagna si è rinvenuto un suolo sepolto ospitante i resti di un impianto regolare di alberi conservati per una altezza di 130 cm. La datazione radiocarbonica effettuata sulla fibra legnosa di un esemplare arboreo colloca i resti vegetali tra la fine del XVI e gli inizi del XVII secolo d.C. Il rapido seppellimento generato da un'intenzionale avulsione pilotata del fiume Reno nel 1604, ha "sigillato" il profilo originale del suolo sepolto conservandone molti caratteri fisici, chimici e biologici primari.

Figura 9
Sito NEL Coronella (Ferrara) (+ 11 m asl)

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

Nella Tabella 1 sono ripotarti alcuni parametri morfologici, chimici e fisici di alcuni suoli antichi sepolti.

Tabella 1 Caratterizzazione chimico fisica del profilo di alcuni suoli sepolti

Sito	**Profilo**	**Orizzonte**	**Profondità** (cm)	**Colore** (Munsell)	**Tessitura** (USDA)	**pH** (H_2O)	**$CaCO_3$tot** (g kg^{-1})	**Corg** (g kg^{-1})	**Ntot** (g kg^{-1})	**Carboni** (Datazione ^{14}C)
MT ExManifattura		A1b	390-415	5YR 3/1	SiL	8,1	10	6,6	0,38	8080±200BP
		A2b	415-433	2,5Y 3/2	SiL	8,1	14	6,1	0,32	
		ABb	433-473	2,5Y 4/2	CL	8,0	20	6,8	0,24	
		Bkb	473-494	2,5Y 7/2	CSiL	8,3	370	2,6	0,15	
		BkCb	495-538	5Y 6/3	SiL	8,0	290	2,9	0,21	
		Ckb	538-610	5Y 6/3	SiL	8,4	280	2,5	0,15	
TAV Stazione ferroviaria	IV	A1b	290-315	5Y 4/1	CL	8,2	50	5,4	0,42	2840±130BP
		ABb	315-335	5Y 3/1	SiL	8,4	140	6,5	0,29	
		Bwb	335-365	2,5Y 4/2	L	8,3	240	3,1	0,20	
		BwCkb	365-380	2,5Y 5/6	L	8,3	260	2,9	0,19	
		Ckb	380-425	2,5Y 5/6	SL	8,3	230	5,8	0,22	
		2C	425-494	2,5Y 5/6	SL	8,4	250	1,9	0,10	
	VII	Ab	800-820	G13/10Y	LC	8,2	25	9,3	0,85	6478±45BP
		ABb	820-835	G12,5/10Y	LC	7,9	30	9,5	0,86	7226±50BP
		B/Ckb	835-860	G1 6/N	CL	7,9	160	4,4	0,61	
		Ckg	860-885	G2 7/10B	CL	7,9	160	4,5	0,61	
SR Castel Maggiore	III	Ab	265-295	2,5Y 6/2	CSiL	8,7	105	7,4	0,75	1863±30BP
	Contesto archeologico		295-315							
	IV	Ab	315-325	10YR 7/2	SiL	8,4	107	10,7	0,35	
		A/Bb	325-335	10YR 7/2	SiL/L	8,5	136	4,5	0,53	
		B/Cb	335-357	10YR 5/2	CSiL	8,6	87	4,0	0,62	
	V	Ab	357-389	10YR 6/6	CL	8,4	106	11,2	0,65	2768±35BP
		Bb	389-422	10YR 6/2	SiCL	8,4	90	4,1	0,61	

Discussione

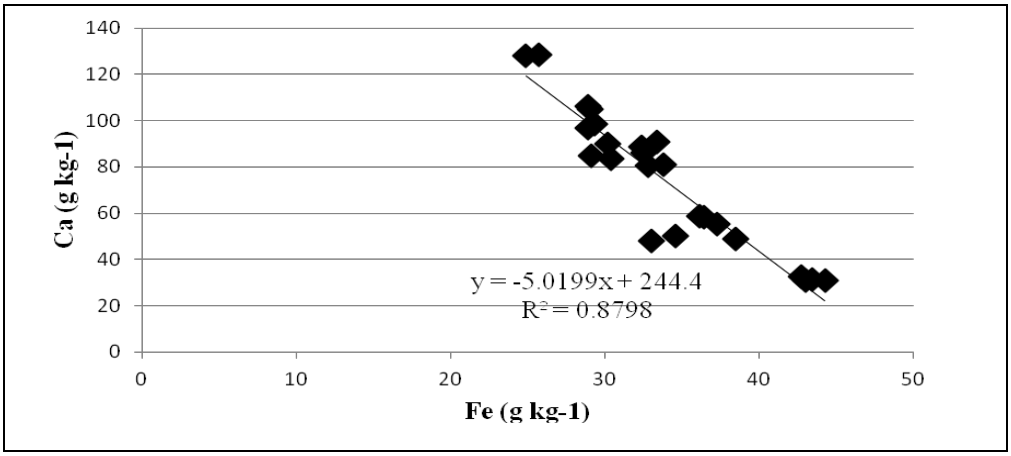
La caratterizzazione pedologica e l'applicazione di analisi chimico-fisiche per la caratterizzazione del suolo e della sua componente organica hanno permesso di studiare in maniera più approfondita i suoli sepoldi individuati, sviluppando ipotesi sui processi pedogenetici di alcuni di essi.

L'incremento delle concentrazione di metalli pesanti (Pb, Cu e Sn) e di fosforo totale nei suoli della sequenza Villanoviana-Etrusca di ALD ha messo in evidenza attività ricollegabili alla lavorazione dei metalli. La sensibilità dei metodi chimici analitici, suffragata dalle risultanze del cantiere archeologico, ha sottolineato l'elevata produzione di cenere sversata nelle vicinanze dei forni fusori o dei focolari con chiara evidenza delle prime forme di inquinamento da metalli del territorio (Vittori Antisari et al., 2013).

L'originale posizione più o meno rilevata dei suoli sepolti può evidenziare il condizionamento preminente del clima come nel caso del profilo MAR in cui condizioni caldo-umide del tardiglaciale wuermiano (*Bølling-Allerød)* hanno permesso l'evoluzione di un alfisuolo xerico, noto in regione come *Unità di Vignola* (Gasperi et al. 1989), sviluppato in tutta l'Italia padana. Tali alfisuoli

presentano moderata rubefazione, decarbonatazione, moderata alterazione del parent material, illuviazione argillosa, ossidazione di Fe, processi tutti che richiedono copertura forestale e pedoclima xerico (Cremaschi, Nicosia 2012).
Di grande interesse sono i suoli "scuri" sepolti che si sono formati nel primo e medio Olocene (sequenze MAN, TAV, SAL). Alla decarbonatazione degli orizzonti superficiali del profilo sepolto fa riscontro un evidente accumulo di carbonati negli orizzonti più profondi. Caratteristica di questi suoli è il rapporto inverso di correlazione tra Ca e Fe (Fig.10).

Figura 10 - *Correlazione tra Ca e Fe nei profili MAN, TAV e SAL*



Gli orizzonti decarbonatati risultano ricchi in Fe che viceversa diminuisce negli oizzonti Bk. Una ipotesi genetica verosimile per tali suoli opotrebbe consistere nell'evoluzione di di suoli originariamente palustri, caratterizzati da orizzonti organici (Pseudogley), nei quali la formazione di orizzonti calcici e gipsici risulterebbe posteriore alla fase pedogenetica originale e caratterizzata da mobilizzazione dei sali in profondità, confinati dalla risalita della falda (fenomeno di marmorizzazione). L'aumento di S negli orizzonti profondiavvalorerebbe tale ipotesi genetica.
La sepoltura dei suoli ha forse comportato l'instaurazione di condizioni riducenti nell'ambiente pedologico con il possibile conseguente utilizzo di C da parte dei microrganismi. È ipotizzabile che il colore scuro sia dovuto alla formazione di solfuri (*Pseudogley noir*), oppure all'azione del carico litostatico sul suolo sepolto favorendone la perdita dei componenti volatili e la conseguente formazione di composti assimilabili ai carboni fossili in grado di fornire la colorazione scura al preesistente orizzonte O o A..
Benchè l'estrazione e sequenzializzazione del DNA microbico non abbia dato risultati significativi, nei suoli sepolti TAV, tuttavia, la caratterizzazione della sostanza organica ha fornito risultati significativi dal momento che il 60% del C

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6

organico totale è presente come umina e le frazioni estraibili umica e fulvica appaiono altamente stabilizzate (Fig.11).

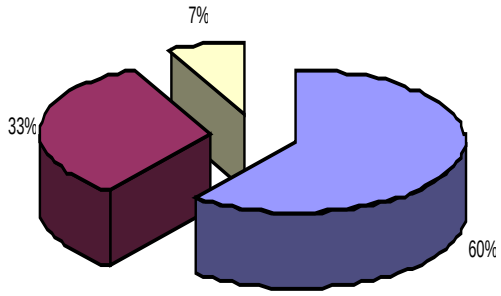
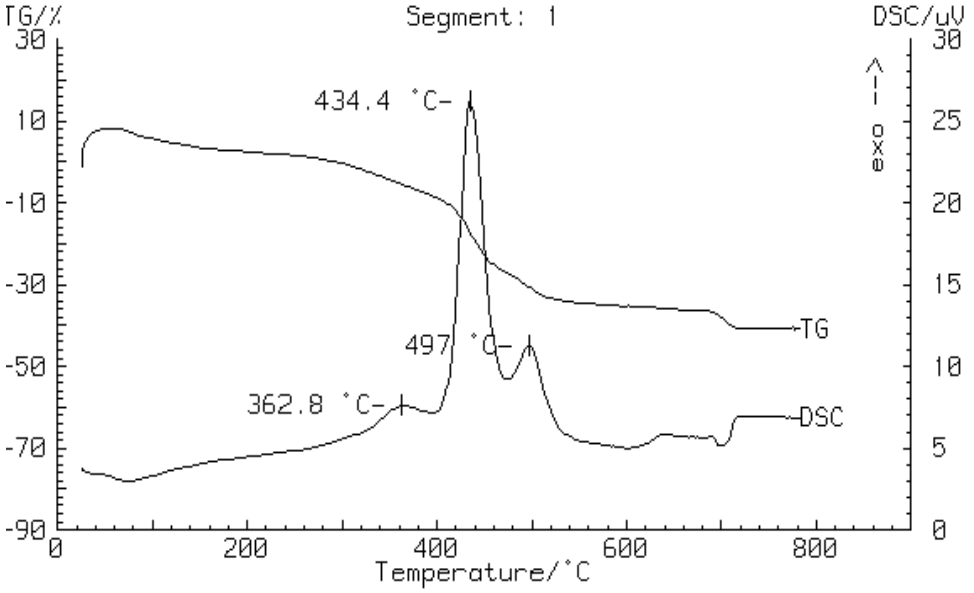


Figura 11
Distribuzione percentuale dell'Umina (60%), degli acidi umici (33%) e fulvici (7%) rispetto al contetuto di C organico totale. Termogramma delle sostanze umiche eseguito da M. T. Dell'Abate (ISNP-CRA, Roma)



Conclusioni

Il rilevamento sistematico di suoli sepolti nelle sequenze sedimentarie del bacino padano centro orientale sta fornendo un importante contributo alla conoscenza del paleoambiente permettendo il riconoscimento di diverse modalità di utilizzazione agro-silvo-pastorale, e non, da parte dell'uomo.
Tali suoli forniscono inoltre informazioni su eventi condizionanti la paleo pedogenesi, quali, ad esempio, l'entità dei processi erosivi nei bacini montani e degli eventi deposizionali succedutisi in pianura attraverso il tempo.

Essi permettono inoltre di stimare il tempo necessario alla formazione ed evoluzione delle varie tipologie pedologiche sulla scorta delle evidenze archeologiche e radiometriche derivabili dalla successione sedimentaria. Infine consentono di accedere ad un più approfondito livello analitico verificando le caratteristiche delle componenti organo-minerali delle diverse epoche mediante indagini chimiche, biochimiche, microbiologiche, palinologiche.
Tra le possibili prospettive future di approfondimento dello studio del pedo complesso olocenico si sottolinea la possibilità e convenienza di migliorare la conoscenza del paleo ambiente tramite l'analisi comparativa delle caratteristiche dei materiali organici presenti negli epipedon dei suoli sepolti con le tipologie polliniche conservate in questi ultimi.

Bibliografia

CREMASCHI M. (1979) Alcune osservazioni sul paleosuolo delle conoidi "würmiane" poste al piede dell'Appennino emiliano. Geogr. Fis. Din. Quat. 2:187-195.
CREMASCHI, M., NICOSIA C. (2012) Sub-Boreal aggradation along the Apennine margin of theCentral Po Plain: geomorphological and geoarchaeological aspects. Geomophologie 2:155-174.
CREMONINI S., LORITO S., VIANELLO G., VITTORI ANTISARI L. (2007) Suoli olocenici sepolti nel centro urbano di Bologna. Prime considerazioni pedologiche e radiometriche. Boll. Società Italiana delle Scienza del Suolo, 56:48-56.
GASPERI G., CREMASCHI M., MANTOVANI UGUZZONI M.P., CARDARELLI A., CATTANI M., LABATE D. (1989) Evoluzione plio-quaternaria del margine appenninico modenese e dell'antistante pianura. Note illustrative alla carta geologica. Mem. Soc. Geol. It. 29:375-431.
PRETI D. (a cura di) (2009) Carta geologica della pianura emiliana. Regione Emilia-Romagna, S.EL.CA. Firenze.
RITTWEGER H. (2000) The "Black Floodplain Soil" in the Amöneburger Becken, Germany: a lower Holocene marker horizon and indicator of an upper Atlantic to Subboreal dry period in Central Europe?. Catena 41:143-164.
SHEPARD F.P. (1954) Nomenclature based on sand-siult-caly ratios. Jour. Sedim. Petr. 24:151-158. 09
VITTORI ANTISARI L., CREMONINI S., DESANTIS P., VIANELLO G. (2011) Anthropedogenic cycles in a chronosequence from the Bronze age to Renaissance period (Bologna, Italy) EQA, 6:1-6.
VITTORI ANTISARI L., CREMONINI S., DESANTIS P., CALASTRI C., VIANELLO G. (2013) Chemical characterisation of antro-technosols from Bronze to Middle Age in Bologna (Italy). Jour. Archaeological Scienze 40:3660-3671.

ISSN 2039-9898/ISBN 978-88-906735-6-6