

# STUDI SASSARESI

Sezione III

1977

Volume XXV

ANNALI DELLA FACOLTÀ DI AGRARIA DELL'UNIVERSITÀ  
DI SASSARI

DIRETTORE: O. SERVAZZI

COMITATO DI REDAZIONE: M. DATTOLO - F. FATICHENTI - L. IDDA - F. MARRAS  
A. MILELLA - P. PICCAROLO - A. PIETRACAPRINA - R. PROTA - G. RIVOIRA  
R. SATTA - C. TESTINI - G. TORRE - A. VODRET



ORGANO UFFICIALE  
DELLA SOCIETÀ SASSARESE DI SCIENZE MEDICHE E NATURALI

GALLIZZI - SASSARI - 1978

St. Sass. III Agr.

Istituto di Chimica Agraria dell'Università degli Studi di Sassari

(Direttore: Prof. CIRO TESTINI)

### **Le terre brune della Gallura**

GESSA C., MELIS P., SOLINAS V.

Le terre brune — molto diffuse in Europa in tutta l'area dei climi temperati dalla Scandinavia al Mediterraneo — comprendono suoli assai diversi tra loro classificati « in vari gruppi in funzione dell'andamento della loro genesi che produce un complesso di peculiari proprietà chimiche e fisiche e una determinata morfologia del profilo » (14).

Nel 1955 Mancini (13) proponeva una classificazione delle terre brune d'Italia sostenendo che si tratta di suoli con profilo a tre orizzonti ben distinguibili dei quali l'orizzonte illuviale può essere un (B) strutturale (terra eubruna), un B con liscivazione di argilla (parabruna), un (B)g (a gley). L'autore rilevava inoltre la grande utilità del concetto di « intergrade » per definire termini di passaggio tra tipi pedologici ben definiti. Ciò è di particolare importanza poiché il profilo di questi suoli è caratterizzato da un passaggio molto graduale fra gli orizzonti, gradualità che può essere anche osservata nei profili maturi e nelle forme in via di degradazione.

In Sardegna le terre brune occupano aree piuttosto estese e costituiscono probabilmente il tipo pedologico più diffuso. Si riscontrano suoli bruni su substrati diversi quali i sedimenti marnoso-arenarei miocenici, i graniti, i porfidi, gli scisti cristallini, le quarziti, le trachiti ed altre rocce effusive, i calcari, ecc. Particolare importanza, data la loro notevole estensione, rivestono i suoli bruni su graniti e scisti cristallini. I primi sono di gran lunga i più rappresentati nella Gallura, regione nella quale è stato eseguito il prelevamento dei campioni.

Aru, Baldaccini, Pietracaprina (1) hanno descritto sommariamente le terre brune della Sardegna ed hanno rilevato che solo nelle aree in cui la vegetazione è nella fase climax o molto vicina ad essa il profilo del suolo è di tipo A-(B)-C.

Frequentemente si riscontrano profili troncati del tipo (A)-(B)-C o (B)-C per effetto dei fenomeni erosivi che diventano particolarmente incisivi ogni

qualvolta i suoli vengono messi a nudo dagli incendi, dal disboscamento indiscriminato o dal pascolo irrazionale. In queste condizioni la loro degradazione è più o meno rapida, spesso spinta fin alla formazione del litosuolo.

La vegetazione gioca, infatti, un ruolo primario per la conservazione di questi suoli e risulta di fondamentale importanza nelle aree a morfologia tormentata come quella che caratterizza in generale gli affioramenti granitici. Questo aspetto viene drammaticamente sottolineato da Aru e coll. (1) quando osservano che l'associazione litosuoli e terre brune « potrà risultare assai più diffusa in un prossimo rilevamento ». Basta uno dei soliti incendi estivi seguito dalle piogge autunno-invernali per ridurre l'area delle terre brune a vantaggio di quella dei litosuoli. I suoli degradati con profili troncati presentano condizioni sfavorevoli per la vegetazione a causa della minore profondità del suolo — già abbastanza scarsa anche nei suoli maturi — ma soprattutto per la distruzione dell'orizzonte organico.

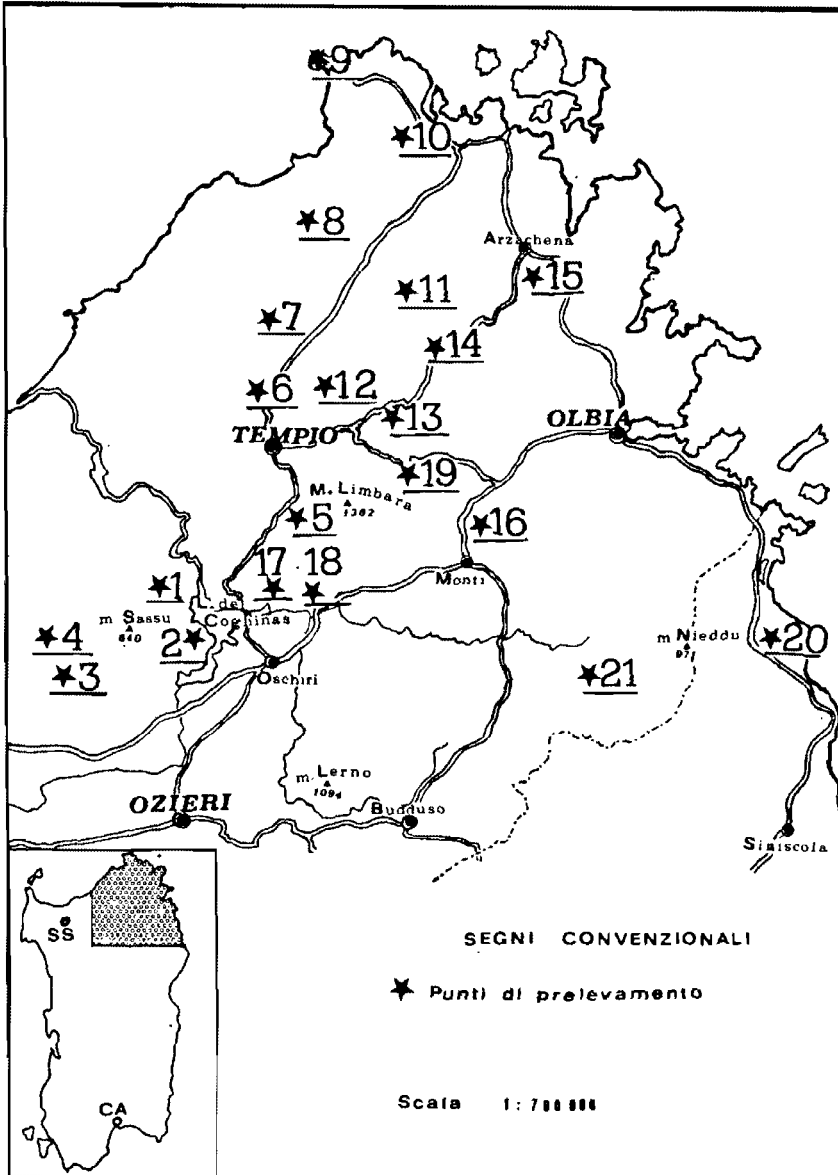
#### *Localizzazione geografica*

Il rilevamento è stato effettuato su un'area di circa 2.000 km<sup>2</sup>, cartografata come associazione terra bruna e litosuoli.

La zona è approssimativamente delimitata a Nord e ad Est dal mar Mediterraneo, ad Ovest dal fiume Coghinas e a Sud dalla statale Chilivani-Monti e dalla provinciale Monti-Sa Serra-Padru-Olbia. Nella fig. 1 sono riportate la superficie rilevata e la localizzazione dei punti di prelevamento dei campioni.

#### *Geologia e geomorfologia*

La Gallura è litologicamente piuttosto omogenea essendo costituita in nettissima prevalenza da graniti. Il complesso granitico costituisce un basamento continuo che interessa tutta la Sardegna; la sua formazione risale all'orogenesi ercinica, cioè al corrugamento che nel paleozoico inferiore (carbonifero) determinò il sollevamento del batolite Sardo-Corso. L'ascesa di ingenti masse magmatiche che caratterizzò la grande intrusione granitica trasformò le rocce detritiche siluriche in un complesso scistoso costituito da scisti argillosi, micascisti e filladi, quarziti, gneiss. La fase superficiale scistosa, in seguito a fenomeni di erosione, fu successivamente spianata o asportata completamente, ed i graniti riaffiorarono e come tali si ritrovano ancora oggi nel settore nord-occidentale della Sardegna. In Gallura ai graniti si sovrappongono, solo marginalmente, scarsi lembi di scisti più antichi, di porfidi, di calcari mesozoici, di tufi vulcanici e di alluvioni recenti.



Il complesso granitico non è però uniforme, ma abbastanza differenziato per composizione e struttura. Si osservano granuliti, apliti, facies porfiriche, dioriti, filoni quarziferi con caratteri diversi di durezza e di erodibilità che si sono riflessi sulle forme dei rilievi.

La regione è essenzialmente montuosa. Il rilievo non è formato da un sistema orografico unitario, ma è inciso da una serie di valli di erosione disposte radialmente che si prolungano fino al mare con lunghe e tipiche « rías » solo in parte colmate da alluvioni.

La morfologia è caratterizzata da un aspetto accidentato e aspro con allineamenti su dorsali e creste rocciose e da un marcato terrazzamento orografico. Si possono rilevare superfici di spianamento a tutte le altezze: molto evidenziata è quella paleogenica intorno ai 1.000 m di altitudine, quella olio-miocenica intorno ai 600 m e quella pliocenica verso i 300 m.

### *Il clima*

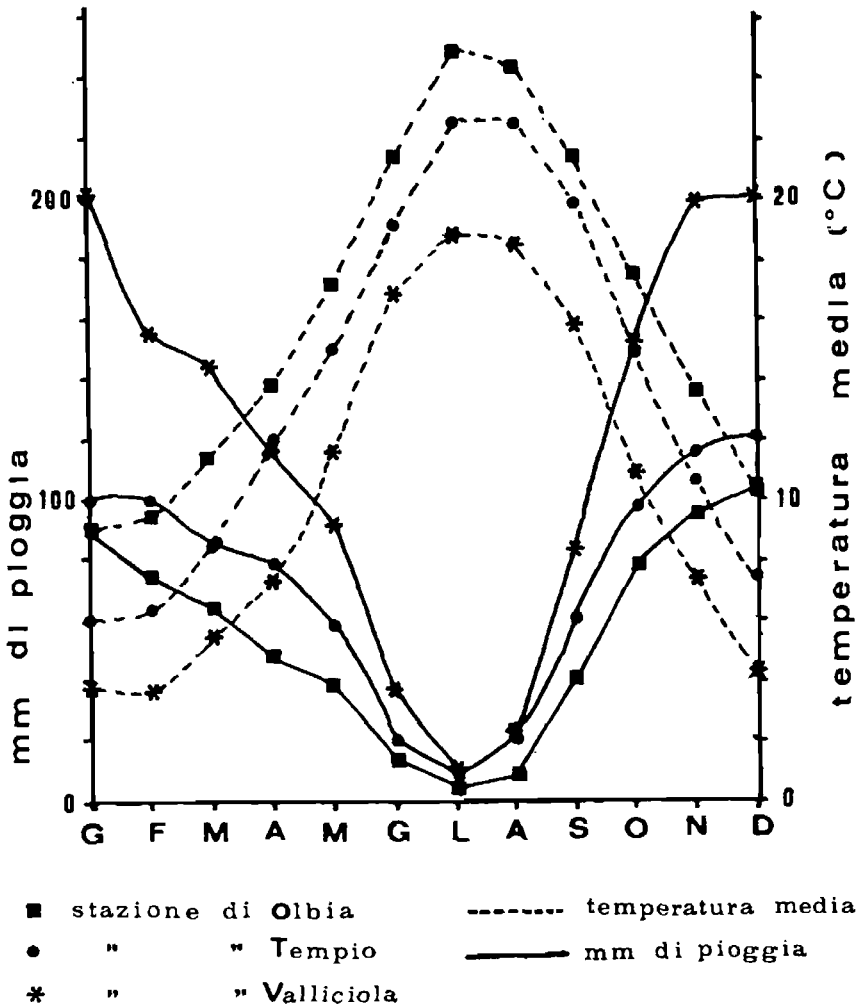
La Sardegna per la sua posizione geografica presenta condizioni climatiche tipiche dell'area mediterranea; subisce l'influenza delle masse d'aria umida di origine atlantica e delle masse d'aria calda provenienti dall'Africa settentrionale, cui si aggiungono sporadiche incursioni di aria fredda artica.

Le piogge sono concentrate nel periodo autunno-inverno, quando le basse pressioni sul Mediterraneo richiamano masse d'aria umida dall'Atlantico. Durante l'estate l'aria calda di origine africana determina elevate temperature e situazioni di alta pressione con conseguente marcato e prolungato periodo di siccità.

L'insularità della regione e la breve distanza dal mare di ogni parte del territorio determinano un clima marittimo particolarmente mite nelle zone costiere con elevate temperature e piccole escursioni termiche. L'aspra morfologia della Sardegna nord-orientale determina però condizioni microclimatiche caratterizzate da una maggiore piovosità, una temperatura media più bassa e una minore ventosità rispetto alle parti occidentale e meridionale dell'Isola. Dai dati meteorologici disponibili si può rilevare che le precipitazioni medie annue sono dell'ordine di 700-1.000 mm per le località comprese tra il livello del mare ed i 700 m di altitudine, hanno essenzialmente carattere piovoso e sono concentrate per circa l'80% tra i mesi di ottobre e di aprile.

I dati termometrici disponibili sono piuttosto scarsi; tuttavia si può ritenere, con buona approssimazione, che le temperature medie annue minime e massime oscillano rispettivamente tra 6,7-11,8 e 13,9-20,8 °C. Questi sono

gli indici termometrici rilevati a Valliciola (altitudine 1.000 m s.l.m.) e ad Olbia (15 m s.l.m.) in un arco di tempo di 15 e 28 anni rispettivamente. Nella fig. 2 sono riportati gli indici pluviometrici e termometrici mensili medi di stazioni a differente altitudine: durante l'estate le precipitazioni sono ovunque molto scarse con un minimo nel mese di luglio di uguale entità nelle tre stazioni. In autunno, inverno e primavera, le piogge sono più abbondanti a quote più elevate. Le temperature medie mensili, invece, raggiungono un massimo nei mesi di luglio ed agosto ma risultano sempre ben differenziate alle diverse altitudini.



### *Vegetazione*

La regione è scarsamente coltivata; la vegetazione, in gran parte naturale, è complessa, varia e tipicamente mediterranea, continuamente e irrimediabilmente perturbata dall'intervento dell'uomo. I boschi, una volta tanto diffusi, sono ora ridotti a piccole formazioni dislocate nelle zone più impervie e meno accessibili all'uomo. Essi sono, per la maggior parte, più o meno degradati e ciò ha determinato una grande diffusione e spesso esuberanza della macchia. Fra le formazioni boschive naturali, le più estese sono le quercete. Le specie più diffuse sono: *Quercus suber*, *Quercus ilex*, *Quercus pubescens*. Il *Quercus ilex* arretra la sua area di vegetazione nella zona di dominio del *Quercus suber* e le due specie si incontrano solo ai limiti del loro areale con la formazione di boschi misti caratterizzati dalla presenza di un loro ibrido, il *Quercus morisii* (24). Il *Quercus pubescens* si trova preferibilmente nelle zone a quote più elevate, è presente anche nei boschi di sughero e di leccio come arbusto del sottobosco o come albero.

Il *Quercus ilex* forma un'associazione, il *Quercetum ilicis*, costituito da specie per lo più sempreverdi: ne fanno parte *Ruscus aculeatus*, *Lonicera implexa*, *Arbutus unedo*, *Hedera helix*, *Smilax aspera*, *Rubia peregrina*.

La flora della sughereta è costituita principalmente da *Cytisus triflorus*, *Cytisus monspessulanum*, *Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Lavandula stoechas*, *Ruscus aculeatus*, *Smilax aspera*, *Rubia peregrina* e molte felci; nelle sugherete degradate prevalgono i cisti (*Cistus incanus*, *Cistus monspeliensis*). Oltre alle superfici ricoperte dal bosco e dalla macchia si trovano zone prevalentemente adibite a pascolo (19).

### *Materiali e metodi*

L'analisi fisico-meccanica è stata eseguita col metodo della pipetta sulla torbida dispersa in esametafosfato. Il carbonio è stato determinato con il metodo Walkley e Black (27) e con il metodo di Tyurin (25); l'azoto col metodo di Kjeldahl.

Il pH è stato determinato con un rapporto acqua-terreno 2,5/1. La capacità di scambio cationico è stata determinata a pH 5 (CEC<sub>5</sub>) e a pH 8 (CEC<sub>8</sub>) applicando il metodo descritto da Helling (10). L'impiego della trietanolammina (TEA) è stato escluso a causa della alta attività scambiante dello ione TEA<sup>+</sup> (5) (6). La carica variabile col pH è stata calcolata per differenza. La capacità di scambio anionico (AEC) è stata determinata col metodo di Mehlich (16). Le basi di scambio sono state dosate dopo spo-

stamento con ammonio acetato a pH7: Na e K sono stati determinati per fotometria di fiamma, Ca e Mg per titolazione con EDTA.

L'acido humico è stato titolato potenziometricamente in modo continuo — utilizzando un complesso di titolazione Radiometer costituito da un titrigrafo SBR<sub>2</sub>C, da un titolatore TTT<sub>1c</sub> e da una buretta ABU<sub>1b</sub> — e conduttometricamente in modo discontinuo impiegando un conducimento W.T.W. tipo LF<sub>3</sub>. Costante della cella 1 cm.

### *Risultati e discussione*

#### *Caratteristiche morfologiche*

Tutti i profili sono stati prelevati da aree tenute a pascolo o a bosco ad eccezione dei profili 12, 18, 20 relativi a suoli in cui vegetavano forme arbustive (macchia) appartenenti principalmente al genere *Cistus*. I pascoli presentavano generalmente una copertura arborea piuttosto rada ed i boschi erano più o meno degradati; solo giovani impianti di sugherete si presentavano ben curati. Ad eccezione dei profili 1, 2, 3, 4, 20, in cui la roccia madre è costituita da scisto (1, 2, 20) e da trachite (3, 4), tutti gli altri hanno come substrato pedogenetico il granito.

Nella tab. 1 sono riportati i dati rilevati in campo. Si riscontrano normalmente tipi di profilo:

1) Profilo A-C. Caratteristico di rankers più o meno brunificati. Normalmente nell'orizzonte A sono identificabili un A<sub>0</sub> di pochi centimetri ed un A<sub>1</sub> abbastanza uniforme, di profondità variabile ma sempre piuttosto scarsa; la sostanza organica è generalmente ben umificata; la struttura grumosa è facilmente sfarinabile in grumi piuttosto piccoli; il profilo si presenta ben drenato principalmente a causa dell'elevato contenuto in sabbia e scheletro.

2) Profilo A-(B)-C. Caratteristico delle terre brune mature. Si differenzia dal profilo precedentemente descritto per la presenza di un (B) strutturale avente rispetto all'orizzonte superficiale un contenuto in sostanza organica nettamente più basso, una struttura poliedrica subangolare o angolare ad elementi più grossi. Il profilo mostra un passaggio molto graduale tra gli orizzonti; esso è sempre ben drenato, scarsamente profondo e raramente superiore ai 50 mm. L'attività biologica appare buona, il feltro radicale ben sviluppato e prevalentemente distribuito nell'orizzonte A.

3) Profilo (A)-(B)-C o (B)-C. Caratteristico di suoli bruni degradati in seguito ad erosione. Si tratta generalmente di suoli nudi non protetti dal



Tabella I

Campione	Quota s.l.m.	Roccia madre	Vegetazione	Profilo	Profondità cm	Colore		Note
						umido	secco	
1A	430	scisti-quarz.	querceto	A-C	20	10YR 3/2	10YR 4/4	ranker bruno
2A	110	scisti	pascolo	A-C	25	10YR 3/3	10YR 5/3	terra bruna con (B) non ben differenziato
3A	220	trachiti	pascolo	A-(B)-C	25	10YR 3/1	10YR 4/3	terra bruna
3(B)					40	10YR 5/8	10YR 6/4	
4A	390	trachiti	pascolo	A-C	40	10YR 3/3	10YR 4/3	terra bruna con (B) non ben differenziato
5A	220	granito	querceto	A-C	20	10YR 3/2	10YR 4/2	ranker bruno
6A	450	granito	sughereto	A-(B)-C	20	10YR 3/3	10YR 4/3	terra bruna
6(B)					20	7.5YR 4/4	7.5YR 5/4	
7A	430	granito	pascolo	A-(B)-C	25	10YR 3/2	10YR 5/4	terra bruna
7(B)					15	10YR 3/3	10YR 5/4	
8A	300	granito	pascolo	A-C	30	10YR 3/2	10YR 5/4	ranker bruno
9A	10	granito	pascolo	A-C	30	10YR 3/2	10YR 4/2	ranker bruno
10A	40	granito	pascolo	A-(B)-C	20	10YR 3/2	10YR 5/4	terra bruna
10(B)					25	7.5YR 3/2	7.5YR 4/4	
11A	160	granito	pascolo	A-C	30	10YR 3/2	10YR 4/3	ranker bruno
12A	280	granito	macchia-cisto	A-(B)-C	5	10YR 4/3	10YR 5/4	terra bruna degradata
12(B)					15	10YR 4/3	10YR 5/4	
13A	470	granito	sughereto	A-(B)-C	25	10YR 3/2	10YR 4/4	terra bruna
13(B)					15	10YR 3/3	10YR 4/4	
14(B)	250	granito	pascolo	(B)-C	15	10YR 4/3	10YR 6/4	terra bruna degradata
15(B)	300	granito	pascolo	(B)-C	20	10YR 4/3	10YR 5/4	terra bruna degradata
16A	360	granito	sughereto	A-(B)-C	25	10YR 3/2	10YR 4/3	terra bruna
16(B)					20	10YR 4/4	10YR 5/4	
17A	270	granito	pascolo	A-(B)-C	10	10YR 4/3	10YR 6/4	terra bruna degradata
17(B)					20	10YR 4/4	10YR 6/4	
18A	300	granito	querceto	A-(B)-C	25	10YR 3/3	10YR 4/4	terra bruna
18(B)			macchia		15	10YR 4/4	10YR 5/4	
19(A)	550	granito	sughereto	A-(B)-C	25	10YR 3/2	10YR 4/4	terra bruna
19(B)					15	7.5YR 3/3	7.5YR 3/3	
20A	100	scisto	macchia-cisto	A-C	20	10YR 3/3	10YR 5/3	ranker bruno
21A	300	granito	pascolo	A-C	30	10YR 3/3	10YR 4/4	ranker bruno

bosco e dalla macchia. Sono molto frequenti sui pendii in cui si sono sviluppati incendi. La profondità del profilo è sempre molto scarsa.

*Proprietà fisiche e chimiche.*

Nella tab. 2 sono riportati i risultati dell'analisi fisico-meccanica, i pH ed i valori di carbonio e di azoto della frazione organica. I suoli presentano una reazione acida. I valori di pH sono perfettamente giustificati dalla natura del substrato madre povero di basi (granito) e dalla loro tessitura sabbiosa che favorisce i fenomeni di liscivazione. Si differenziano i suoli su trachiti caratterizzati da un pH più elevato (superiore a 6,5) e da un maggiore contenuto di argilla.

La distribuzione dell'argilla lungo il profilo è abbastanza uniforme; ciò conferma che in questi suoli l'orizzonte profondo è un (B) strutturale, la cui differenziazione è dovuta ad un minor contenuto di sostanza organica e quindi ad una più spiccata influenza dell'argilla sulla struttura.

I dati relativi alla frazione organica mettono in evidenza la marcata variazione del contenuto in sostanza organica tra gli orizzonti A e (B), ma l'aspetto più interessante è rilevato dai rapporti C/N. L'orizzonte superficiale dei profili A-C presenta un rapporto C/N spesso notevolmente più elevato di quello che caratterizza lo stesso orizzonte dei profili A-(B)-C. Infatti nei rankers bruni il C/N è generalmente superiore a 14 mentre nelle terre brune il C/N è decisamente inferiore a tale valore. Fanno eccezione i campioni 2 e 4 i quali hanno tutte le caratteristiche delle terre brune anche se l'orizzonte strutturale non è ben evidenziato ed il campione 6A caratterizzato da un pH di 4,8. Questi risultati dimostrano che in Gallura le terre brune rappresentano la migliore espressione dei processi pedogenetici che ivi possono aver luogo e sono la naturale evoluzione dei rankers. Probabilmente l'acidificazione dell'orizzonte (camp. 6A) costituisce la fase iniziale della loro degradazione che determina una modificazione dell'equilibrio della microflora con conseguente alterazione del processo di umificazione.

I valori della capacità di scambio sono riportati nella tabella 3. Le analisi sono state eseguite sia sul terreno intero sia sul terreno senza sostanza organica. L'argilla presenta una carica permanente compresa tra 20 e 40 meq per 100g. Si tratta di valori che si spiegano con la presenza di illite, vermiculite e montmorillonite (7). La carica variabile col pH è sempre molto elevata, spesso più elevata della stessa carica permanente; questo è dovuto alla presenza di materiale amorfo e di alluminio interlayer che si è accumulato in seguito ai processi di cloritizzazione (2), (4), (7), (21), (22). La capacità di scambio della sostanza organica, determinata per differenza tra

Tab. 2 - *Analisi fisico-meccanica e chimica. Risultati espressi in g per 100 g di terreno secco all'aria.*

Campione	Sabbia grossa	Sabbia fine	Limo	Argilla	Acqua igroscopica	Sostanza organica	N	C/N	pH
1A	34,85	31,27	11,20	12,93	2,31	6,12	0,19	18,7	6,6
2A	32,45	35,45	12,27	14,81	1,81	3,66	0,21	10,1	5,8
3A	17,53	23,26	19,96	28,08	5,88	5,64	0,28	11,7	6,5
3(B)	15,27	26,86	24,43	28,13	3,19	0,75	0,06	7,3	6,7
4A	20,97	27,03	19,68	20,23	5,80	5,43	0,25	12,6	6,6
5A	54,63	21,20	5,84	10,07	2,17	5,02	0,20	14,6	6,3
6A	40,66	25,15	11,78	14,53	2,68	4,17	0,14	17,3	4,8
6(B)	41,91	27,02	10,50	15,35	1,90	3,00	0,13	13,4	6,0
7A	39,14	33,36	9,98	11,55	1,81	3,36	0,16	12,2	6,3
7(B)	36,16	34,69	13,75	12,02	1,52	2,86	0,14	11,8	6,3
8A	47,49	18,88	9,14	15,03	2,91	5,55	0,20	16,1	5,9
9A	48,95	31,12	4,56	9,37	1,43	3,50	0,13	15,6	6,0
10A	39,92	33,23	9,27	12,32	2,69	2,33	0,12	11,3	6,1
10(B)	38,53	35,75	9,15	11,27	2,40	1,60	0,08	11,6	6,5
11A	41,32	29,97	10,40	9,96	3,20	4,35	0,16	15,8	5,8
12A	48,80	25,45	9,10	10,03	1,71	3,84	0,15	14,8	5,7
12(B)	43,80	29,24	9,62	11,27	1,74	2,57	0,11	13,6	5,9
13A	46,57	21,29	10,50	11,33	3,48	5,55	0,28	11,5	6,1
13(B)	49,47	21,85	10,21	12,66	1,95	3,15	0,16	11,4	6,2
14(B)	49,68	29,64	8,86	8,97	1,22	1,91	0,08	13,8	6,1
15(B)	56,72	22,46	8,91	9,05	0,89	2,02	0,09	13,0	5,9
16A	43,90	25,85	11,27	11,61	2,28	5,05	0,22	13,3	5,3
16(B)	40,88	24,59	14,11	14,65	1,93	1,99	0,09	12,8	6,1
17A	48,48	32,68	7,39	7,83	0,83	1,79	0,07	14,8	5,7
17(B)	44,42	33,06	10,46	9,44	0,68	0,91	0,04	13,2	6,0
18A	45,96	27,05	9,07	10,88	1,46	3,64	0,18	11,7	5,7
18(B)	46,34	27,07	10,89	9,87	1,30	2,67	0,14	11,1	6,0
19A	44,80	26,21	10,45	10,80	2,32	4,17	0,21	11,5	6,8
19(B)	45,34	24,37	12,32	11,71	1,62	3,30	0,17	11,3	6,5
20A	37,85	29,43	12,85	14,46	1,74	3,67	0,15	14,2	6,9
21A	41,68	24,68	12,38	14,52	2,29	3,77	0,13	16,8	6,2

Tab. 3 - Capacità di scambio espressa in meq per 100 g di terreno (tra parentesi è riportata la CEE in meq per 100 g di argilla).

Campione	CEC <sub>p</sub>		CEC <sub>g</sub>		CEC <sub>v</sub>		AEC	
	tal quale	senza sost. organica	tal quale	senza sost. organica	tal quale	senza sost. organica	tal quale	senza sost. organica
1A	13,6	5,4 (41,7)	21,7	8,2	8,1	2,8 (21,6)	—	—
2A	6,6	3,2 (21,6)	15,0	7,5	8,4	4,3 (29,0)	4,0	9,0
3A	17,4	9,0 (32,0)	23,8	13,0	6,4	4,0 (14,2)	6,0	9,2
3(B)	10,0	8,8 (31,2)	14,5	13,0	4,5	4,2 (14,9)	5,6	10,4
4A	8,0	5,0 (24,7)	17,2	9,1	9,2	4,1 (20,2)	2,8	4,2
5A	10,4	4,0 (39,7)	16,0	6,0	5,6	2,0 (19,8)	3,1	2,6
6A	8,5	4,7 (32,3)	16,0	8,0	7,5	3,3 (22,7)	7,3	5,5
6(B)	8,0	4,4 (28,6)	14,0	7,5	6,0	3,1 (20,1)	4,8	4,6
7A	6,5	3,3 (28,5)	12,2	6,0	5,7	2,7 (23,3)	2,8	5,2
7(B)	6,1	3,4 (28,2)	11,4	6,0	5,3	2,6 (21,6)	3,1	5,0
8A	10,1	3,9 (25,9)	18,5	8,0	8,4	4,1 (27,2)	5,5	5,8
9A	5,0	2,4 (25,6)	10,4	4,0	5,4	1,6 (17,0)	2,9	3,1
10A	7,2	3,6 (29,2)	13,0	7,0	5,8	3,4 (27,5)	2,7	6,4
10(B)	6,5	3,2 (28,1)	12,0	7,0	5,5	3,8 (33,7)	2,7	7,9
11A	6,4	3,0 (30,1)	12,6	5,0	6,2	2,0 (20,0)	3,7	5,7
12A	5,6	3,6 (35,8)	10,5	5,5	4,9	1,9 (18,9)	3,2	4,9
12(B)	5,0	3,2 (28,3)	9,5	5,0	4,5	1,8 (15,7)	3,4	5,4
13A	9,4	3,5 (30,8)	17,6	6,0	8,2	2,5 (22,0)	4,0	5,6
13(B)	7,0	3,5 (27,6)	13,0	6,5	6,0	3,0 (23,7)	3,9	5,1
14(B)	3,7	2,4 (26,7)	7,4	4,0	3,6	1,6 (17,8)	1,9	3,3
15(B)	4,0	2,4 (25,2)	8,2	4,2	4,2	1,8 (18,8)	1,7	2,4
16A	8,2	3,2 (27,5)	18,2	7,0	10,0	3,8 (32,7)	4,4	5,8
16(B)	5,5	3,4 (23,2)	11,6	7,5	6,1	4,1 (27,9)	4,3	5,0
17A	3,4	1,6 (20,4)	8,0	4,0	4,6	2,4 (30,6)	1,6	1,9
17(B)	2,6	1,7 (18,0)	6,0	4,0	3,4	2,3 (24,3)	1,3	2,0
18A	6,8	3,2 (29,4)	15,2	7,2	8,4	4,0 (36,7)	2,0	4,8
18(B)	6,0	3,1 (31,4)	13,0	7,0	7,0	3,9 (39,5)	2,6	5,1
19A	7,0	3,1 (28,7)	16,0	6,8	9,0	3,7 (34,2)	3,0	6,0
19(B)	6,0	3,1 (26,4)	13,5	6,8	7,5	3,5 (31,5)	4,5	5,6
20A	7,5	4,2 (29,0)	14,0	7,0	6,5	2,8 (19,3)	1,9	3,5
21A	8,2	4,8 (33,0)	16,4	8,2	8,2	3,4 (23,4)	5,3	6,7

il suolo intero ed il suolo trattato con  $H_2O_2$ , oscilla generalmente intorno ai 200 meq per 100 grammi a pH 8 con variazioni rispetto a tale valore anche abbastanza forti, ma sempre compatibili con i dati che si trovano in bibliografia (10) (12) (29).

Tab. 4 - Valori delle basi di scambio espressi in meq per 100 g di suolo e relativo grado di saturazione in basi.

Campione	Basi di scambio				Somma delle basi	Grado di saturazione
	Ca	Mg	Na	K		
3A	8,27	4,59	0,38	0,48	13,72	0,58
3(B)	6,70	3,02	1,70	0,24	11,66	0,80
6A	3,52	0,96	0,09	0,14	4,71	0,30
6(B)	4,80	0,96	0,77	0,38	6,91	0,49
7A	3,30	1,70	0,10	0,55	5,65	0,46
7(B)	4,80	0,32	0,10	0,37	5,59	0,49
12A	3,25	0,88	0,11	0,23	4,47	0,43
12(B)	3,42	0,64	0,12	0,14	4,32	0,46
13A	4,40	2,35	0,20	0,55	7,50	0,43
13(B)	3,48	2,00	0,25	0,37	6,10	0,47
17A	1,25	0,85	0,22	0,07	2,39	0,30
17(B)	1,04	0,72	0,30	0,06	2,12	0,35
18A	2,56	2,24	0,13	0,13	5,06	0,33
18(B)	2,56	2,24	0,12	0,10	5,02	0,39
19A	5,76	2,24	0,10	0,48	8,58	0,54
19(B)	4,60	1,12	0,10	0,42	6,24	0,46

Nella stessa tabella sono riportati i dati relativi alla capacità di scambio anionico. L'eliminazione della sostanza organica porta ad un notevole incremento del fosforo adsorbito, che nel campione 10 (B) raggiunge circa il 300%. La frazione organica esercita pertanto un effetto soppressivo sulla carica positiva del complesso minerale come è stato dimostrato anche da Hussein e Kyuma (11). Tale effetto deve essere interpretato quale risultato delle interazioni che si stabiliscono tra gli ossidi idrati di ferro e di alluminio — responsabili principali dell'adsorbimento anionico — e le strutture organiche nella formazione dei complessi organo-minerali (8), (9), (17), (24).

Nella tab. 4 vengono riportati i dati relativi alle basi di scambio ed al grado di saturazione. Generalmente il grado di saturazione in basi risulta

leggermente più elevato nell'orizzonte (B), ad eccezione del profilo n. 6 in cui il fenomeno è notevolmente più accentuato. Poiché il prelievamento dei campioni è stato effettuato subito dopo la stagione delle piogge (maggio), è da ritenere che nella maggior parte dei profili non sia in atto alcuna lisciviazione di basi e che i risultati ottenuti siano probabilmente legati alla dinamica stagionale del complesso di scambio. Il profilo n. 6 mostra, invece, un elevatissimo grado di saturazione dell'orizzonte superficiale, in accordo con il basso valore di pH riscontrato. Nella stessa tabella si può rilevare che fra gli ioni di scambio prevale il calcio seguito dal magnesio, ed in quantità molto modeste dal sodio e dal potassio. Il grado di saturazione è generalmente piuttosto basso oscillando, nella maggior parte dei casi, tra il 35 ed il 50%. Se la somma delle basi viene riferita alla carica permanente del suolo si trova che la saturazione interessa solo tale carica.

#### *La frazione organica*

In tab. 5 sono riportati i risultati relativi all'estrazione e frazionamento della sostanza organica secondo la metodica di Tyurin (25). I contenuti in sostanza organica estratta con etanolo-benzene sono abbastanza alti negli orizzonti superficiali e cadono a valori molto bassi negli orizzonti profondi. Ciò è quanto previsto poiché il solvente estrae prevalentemente cere e resine. Gli acidi humici e fulvici vengono estratti in misura maggiore col primo trattamento alcalino e in misura minore, ma ancora piuttosto apprezzabile, col secondo trattamento. Pertanto nelle terre brune i composti humici e fulvici, pur essendo prevalentemente liberi o legati al calcio ed alle forme mobili di  $R_2O_3$ , possono formare con la frazione minerale amorfa complessi abbastanza stabili. I rapporti acido humico/acido fulvico risultano più elevati nell'orizzonte superficiale senza peraltro raggiungere valori molto alti. Nell'orizzonte (B) tali rapporti sono uguali o leggermente superiori ad 1,00 e ciò dimostra un notevole dinamismo della sostanza organica che si riflette sulla evoluzione del profilo. Per avere una idea della complessità molecolare e dello stato di condensazione dei nuclei aromatici sono stati fatti spettri di assorbimento su sospensioni di humato tamponate a pH 8,8 con  $Na_2CO_3-NaHCO_3$  contenenti 12 g di carbonio/litro ed altre determinazioni spettrofotometriche.

Gli spettri di assorbimento sono molto simili a quelli ottenuti sulla frazione humica degli andosuoli di Campeda (3). Questo risultato viene confermato dalle analisi spettrofotometriche eseguite secondo Welte (28), Orlov (18) e Scheffer (23) riportate in tab 6.

Tab. 5 - *Frazionamento della sostanza organica. Risultati espressi in g di C/100 g di terreno e in C% del totale (dati tra parentesi).*

Campione	C/100 g suolo	Solubile in etanol benzene 1:1	estratto con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 4.05 N	Acidi umici			Acidi fulvici			Residuo	Rapporto ac. umico/ac. fulvico	C totale determinato
				I fraz.	II fraz.	totale	I fraz.	II fraz.	totale			
3A	3.27	0.14 (4.28)	0.08 (2.45)	0.25 (7.65)	1.24 (37.92)	0.39 (11.93)	0.12 (3.67)	0.51 (15.60)	1.20 (36.70)	2.43	3.17 (96.94)	
3(B)	0.43	inf. 0.01	0.01 (2.33)	0.04 (8.29)	0.10 (23.26)	0.06 (13.95)	0.04 (8.29)	0.10 (23.46)	0.18 (41.86)	1.00	0.40 (93.02)	
6A	2.42	0.17 (7.02)	0.01 (4.13)	0.45 (18.60)	0.63 (26.04)	0.38 (15.70)	0.05 (2.07)	0.43 (17.77)	1.03 (42.56)	1.47	2.36 (97.52)	
6(B)	1.74	0.03 (1.74)	0.06 (3.45)	0.31 (17.81)	0.45 (25.86)	0.29 (16.66)	0.12 (6.90)	0.41 (23.56)	0.79 (41.38)	1.10	1.67 (95.99)	
10A	1.35	0.06 (4.44)	0.03 (2.22)	0.39 (28.86)	0.43 (31.85)	0.31 (22.96)	0.03 (2.22)	0.34 (25.18)	0.45 (33.33)	1.26	1.31 (97.04)	
10(B)	0.93	0.01 (1.07)	0.02 (2.15)	0.21 (25.81)	0.26 (27.96)	0.20 (21.51)	0.04 (4.30)	0.24 (25.81)	0.36 (38.70)	1.08	0.89 (95.70)	
13A	3.22	0.20 (6.21)	0.12 (3.73)	0.82 (25.47)	0.96 (29.82)	0.53 (16.46)	0.09 (2.80)	0.62 (19.26)	1.32 (40.99)	1.55	3.22 (100.00)	
13(B)	1.83	0.01 (1.20)	0.04 (2.10)	0.45 (24.59)	0.52 (28.41)	0.32 (17.49)	0.06 (3.28)	0.38 (20.77)	0.79 (43.17)	1.37	1.74 (95.08)	
17A	1.04	0.05 (4.81)	0.03 (2.88)	0.21 (20.19)	0.29 (27.88)	0.20 (19.23)	0.04 (3.85)	0.24 (23.08)	0.38 (36.54)	1.21	0.99 (95.10)	
17(B)	0.53	inf. 0.01	0.01 (1.89)	0.10 (18.86)	0.12 (22.64)	0.10 (18.86)	0.02 (3.77)	0.12 (22.64)	0.21 (39.62)	1.00	0.48 (91.00)	

Tab. 6 - *Determinazioni spettrofotometriche eseguite sulle frazioni I e II degli acidi umici estratti dagli andosuoli di Campeda e dalle terre brune (valore medio).*

Terreno	secondo Welte (28)	secondo Orlov (18)	$\frac{E_4}{E_6}$
	$\frac{C_{\text{ottico}}}{C_{\text{chimico}}}$	$E_{0,001\%}$ $\lambda = 465 \text{ m}\mu$ 1 cm	
Andosuolo Sardegna			
Ac. umico I	1,13	0,095	4,29
Ac. umico II	1,36	0,135	—
Suolo bruno			
Ac. umico I	1,06	0,125	—
Ac. umico II	1,34	0,131	4,27

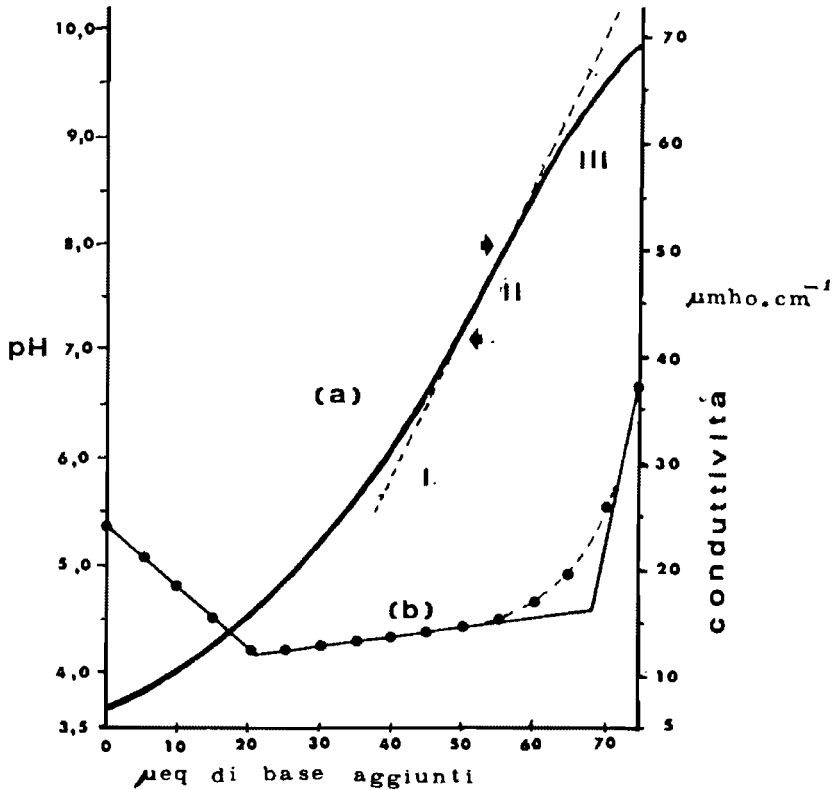
Nella fig. 3 sono riportate le curve di titolazione potenziometrica e conduttometrica degli acidi humici preparati mediante lavaggi acidi e dialisi spinta fino ad eliminazione dell'acido in eccesso.

La curva di titolazione potenziometrica (a) eseguita in NaCl 0,1 N è di difficile interpretazione poiché il punto finale della titolazione non è facilmente identificabile. Tuttavia si possono rilevare tre regioni: la prima viene assegnata alla deprotonazione dei gruppi -COOH ed è compresa tra pH 3,6 e pH 7, la terza viene assegnata alle deprotonazioni degli -OH fenolici e si sviluppa a pH superiori ad 8; la seconda tra pH 7 e pH 8, costituisce uno stadio intermedio in cui i processi di deprotonazione delle due funzioni si sovrappongono (20).

Il punto finale della prima regione cade a pH 7,2 dove cioè la variazione di pH in seguito all'aggiunta della base diventa massima. Questo punto varia generalmente tra pH 7 e pH 7,6 in relazione alla forza ionica del sistema (20). Martin e Reeve (15) scelgono il pH 8 come fine della titolazione; a questo valore di pH corrisponde la parte finale della seconda regione della curva di titolazione in cui i gruppi carbossilici sono completamente deprotonati, mentre ha avuto inizio la neutralizzazione degli -OH fenolici. Pertanto se il punto finale della titolazione viene stabilito tra pH 7,2 e pH 8, il valore di  $pK_a$  apparente degli acidi umici di questi suoli, determinato estrapolando al 50% di neutralizzazione l'equazione di Henderson-



Hasselbach, risulta compreso tra 4,8 e 5,3. Tale valore è molto vicino a quello calcolato sugli andosuoli della Sardegna, confermando « l'affinità strutturale » tra i composti humici di questi due tipi di suolo.



Tuttavia la presenza nella curva di titolazione potenziometrica di un tratto tamponato a pH superiore a 8 indica chiaramente che la neutralizzazione di tutte le funzioni acide avviene ad un valore di pH più elevato. Potenziometricamente è molto problematico cogliere tale valore: questo può essere determinato con l'ausilio di una titolazione conduttometrica. La curva b rappresenta la titolazione conduttometrica dell'acido humico con  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Essa mostra due tratti — il primo discendente ed il secondo ascendente leggermente inclinato — interpretabili come risultato dell'interazione tra la base e le funzioni organiche acide, ed un terzo tratto in cui l'incremento di conduttanza del sistema è tale da indicare la presenza di base libera. Il punto

di incontro tra il secondo ed il terzo tratto, come rappresentato in figura, definisce il punto finale della titolazione.

La quantità di base impegnata nella titolazione risulta di 70 meq su 6,5 mg di C humico. Nella curva di titolazione potenziometrica si può rilevare che dopo l'aggiunta di 70 meq di NaOH il sistema raggiunge un pH di 9,6; questo pertanto può essere considerato il valore di pH in cui la neutralizzazione dell'acido humico può considerarsi completa. Sulla base di questo risultato si trova un valore di  $pK_e$  apparente di 5,8.

Per concludere si rileva che la stretta « affinità » tra gli acidi humici dei suoli bruni presi in esame e quelli degli andosuoli dell'altopiano di Campeda non è sorprendente se si considera che la vegetazione e le condizioni climatiche in cui si sono formati questi due tipi pedologici sono molto simili.

#### RIASSUNTO

I suoli bruni della Gallura si sono sviluppati prevalentemente su graniti la cui formazione risale all'orogenesi ercinica del Paleozoico inferiore.

Questi suoli sono caratterizzati da profili scarsamente profondi, non superiori generalmente ai 50 cm, ben drenati in relazione principalmente al basso contenuto di argilla che varia tra il 7,83% ed il 15,35%. La distribuzione dell'argilla lungo il profilo risulta abbastanza uniforme. La frazione colloidale inorganica ha una carica permanente che oscilla tra 20 e 40 meq per 100 g ed una carica variabile col pH spesso superiore alla carica permanente. Il complesso di scambio dei suoli è principalmente saturato in calcio. Il grado di saturazione risulta piuttosto basso essendo generalmente compreso tra 0,30 e 0,58, ma rimane praticamente costante lungo il profilo; le piccole differenze determinate tra i due orizzonti non devono essere interpretate come risultato della liscivazione di basi, ma piuttosto in relazione al periodo di prelevamento dei campioni. In Gallura sono anche presenti terre brune liscivate, che sembrano, però, essere poco diffuse. Il contenuto in sostanza organica raramente supera il 7% nell'orizzonte superficiale e cala nettamente nell'orizzonte (B) a valori generalmente inferiori al 3%. Il rapporto C/N è inferiore a 14 nelle terre brune mature; le proprietà ottiche, le curve di titolazione potenziometrica e conduttometrica rivelano una stretta somiglianza tra gli acidi humici di questi suoli e quelli degli andosuoli di Campeda.

## SUMMARY

The brown soils of Gallura have been developed chiefly on granites whose formation dates back to Ercinic Orogenesis.

These soils are characterized by little deep profiles, generally lower than 50 cm, well drained mainly because of small clay contents (7.83 - 15.35%). The clay distribution along the profile is rather uniform. The permanent charge of the inorganic colloidal fraction oscillates between 20 and 40 meq/100g, while the pH dependent charge is frequently higher than the permanent charge. The exchange complex of soil is chiefly calcium saturated. The base saturation percentage is rather low, varying between 0.30 and 0.58, but remains practically constant along the profile; the small differences between the two horizons could be explained on the basis of the soils' sampling time rather than the basic cations leaching.

Leached brown soils are also present in Gallura, but they very scarce. The organic matter of the soils rarely overcomes 7% in the superficial horizons and decreases to values usually below the 3%. In the more typical brown soils the C/N ratio is below 14. The optical properties, the potentiometric and conductometric curves reveal a close resemblance between the humic acids of these soils and those of Campeda andosols.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) ARU A., BALDACCINI P., PIETRACAPRINA A. - 1967 - I suoli della Sardegna. - Studi Sass. Sez. III, XV, 308/362.
- 2) DIXON J.B., JACKSON M.L. - 1962 - Properties of intergradient chlorite-expandible layer silicates of soils. - Soil Sci. Soc. Am. Proc. 26, 358/63.
- 3) ESCHENA T., GESSA C. - 1968 - Gli andosuoli della Sardegna. - Studi Sass. Sez. III, XV, 363/8.
- 4) FRINK C.R. - 1965 - Characterization of aluminum interlayers in Soil Clays. - Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29, 379/82.
- 5) GESSA C. - 1972 - Sull'adsorbimento dello ione trietanoloammonio da parte di bentoniti: prove conduttometriche. - Agrochimica XVI, 427/34.
- 6) GESSA C. - 1973 - Sullo scambio reversibile fra ioni inorganici e lo ione trietanoloammonio nell'argilla. - Agrochimica XVII, 504/10.
- 7) GESSA C., MELIS P., GRUBESSI O. - 1977 - La frazione minerale delle terre brune della Gallura (in press).
- 8) GESSA C., MELIS P., BELLU G., TESTINI C. - 1978 - Inactivation of clay pH-dependent charge in organo-mineral complexes. - J. Soil Sci. 29, 58/64.
- 9) GREENLAND D.J. - 1971 - Interactions between humic and fulvic acids and clays. - Soil Sci. III, 34/41.
- 10) HELLING C.S., CHESTERS C., COREY R.B. - 1964 - Contribution of organic matter and clay to soil cation exchange capacity as affected by the pH of the saturating solution. - Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28, 517/20.
- 11) HUSSAIN A., KYUMA KAZUTATE - 1970 - Charge characteristics of soil organo-mineral complexes and their effect on phosphate fixation. - Soil Sci. Plant. Nutr. 16, 154/62.

- 12) KAMPRATH E.J., WELCH C.D. - 1962 - Retention and cation exchange properties of organic matter in coastal Plain Soils. - Soil Sci. Soc. Am. Proc. 26, 263/5.
- 13) MANCINI F. - 1955 - Delle terre brune d'Italia. - Ann. Acc. It. Sci. For., Firenze, III, 254/326.
- 14) MANCINI F. - 1963 - Recenti acquisizioni sulla genesi e la sistematica dei suoli. - Ann. Acc. It. Sci. For., Firenze, XII, 269/312.
- 15) MARTINI A.E., REEVE R. - 1958 - Chemical studies of Podzolic Illuviat Horizons. III Titration Curves of Organic Matter Suspensions. - J. Soil Sci. 9, 89/100.
- 16) MEHLICH A. - 1960 - Charge Characterization of Soils. - Trans. 7<sup>th</sup> Congr. Soil Sci., Madison 2, 292/302.
- 17) MORTLAND M.M. - 1970 - Clay-Organic complexes and Interactions. - Adv. Agron 22, 75/117.
- 18) ORLOV D.S. - 1966 - Spectrophotometric Analysis of Humic Substances. - Soviet Soil Sci. 12, 78/86.
- 19) PIETRACAPRINA A., VALSECCHI F., - 1966 - Vegetazione e morfologia della Piana dei « Grandi Sassi » di Aggius (Sardegna). - Studi Sass. Sez. III, XIV, 339/352.
- 20) POSNER A.M. - 1964 - Titration curves of Humic Acid. - Int. Congr. Soil Sci. Trans. 7<sup>th</sup> (Bucharest), III, 161/174.
- 21) SAWHNEY B.L. - 1960 - Aluminum interlayers in Clay Minerals. - Int. Congr. Soil Sci. Trans. 7<sup>th</sup> (Madison, Wis., USA) 4, 476/481.
- 22) SAWHNEY B.L. - 1960 - Weathering and Aluminum Interlayers in a Soil Catena: Hollis - Charlton - Sutton - Leincester. - Soil Sci. Soc. Am. Proc. 24, 221/26.
- 23) SCHEFFER F., 1954 - Neuere Erkenntnisse in der Humusforschung. - Trans. 5<sup>th</sup> Int. Congr. Soil Sci. I, 208.
- 24) SCHNITZER M. - 1969 - Reactions between Fulvic Acid a Soil Humic Compound and Inorganic Soil Constituents. - Soil Sci. Soc. Am. Proc. 33, 75/81.
- 25) TYURIN A. - Rip. da Kononova M.M. - 1966 - Soil Organic Matter. - pag. 378/82. Pergamon Press.
- 26) VALSECCHI F. - 1967 - Le querce della Sardegna. - Boll. Soc. Sarda Sci. Natur. I, 7/16.
- 27) WALKLEY A., BLACK I.A. - 1934 - Soil Sci. 37, 29/38.
- 28) WELTE E. - 1956 - Zur Konzentrationsmessung von Huminsäuren. - Z. Pfl. Dung. Bodenk. 74(3), 219/227.
- 29) YUAN T.L., GAMMON N., LEIGHTY R.G. - 1967 - Relative Contribution of Organic and Clay Fractions to Cation-Exchange Capacity of Sandy Soils from several Soil Groups. - Soil Sci. 104, 123/8.