

BOLLETTINO
DELLA
SOCIETÀ ITALIANA
DELLA SCIENZA DEL SUOLO

NUOVA SERIE

5



PALERMO
GIUGNO 1995

Numero unico

Arti Grafiche Siciliane - Palermo

Cari Amici,

il numero cinque del bollettino della S.I.S.S. raccoglie numerosi scritti di elevato interesse scientifico.

Di ciò, dopo tanti tribolazioni, ne siamo particolarmente contenti perché è la dimostrazione pratica della fiducia che abbiamo riposto in esso.

L'interesse suscitato nei soci non è occasionale ma è determinato da alcune scelte di fondamentale importanza che sono state fatte nei mesi trascorsi, che possono essere così compendiate:

1) costituzione di un Comitato di redazione alla cui direzione è stato chiamato Luciano Lulli, collaborato attivamente da Carmelo Dazzi, Anna Benedetti, Teodoro Miano, Tiziano Panini;

2) decisione di sottoporre all'attenzione di qualificati referees i lavori pervenuti al bollettino che sono sempre più numerosi e di elevato interesse;

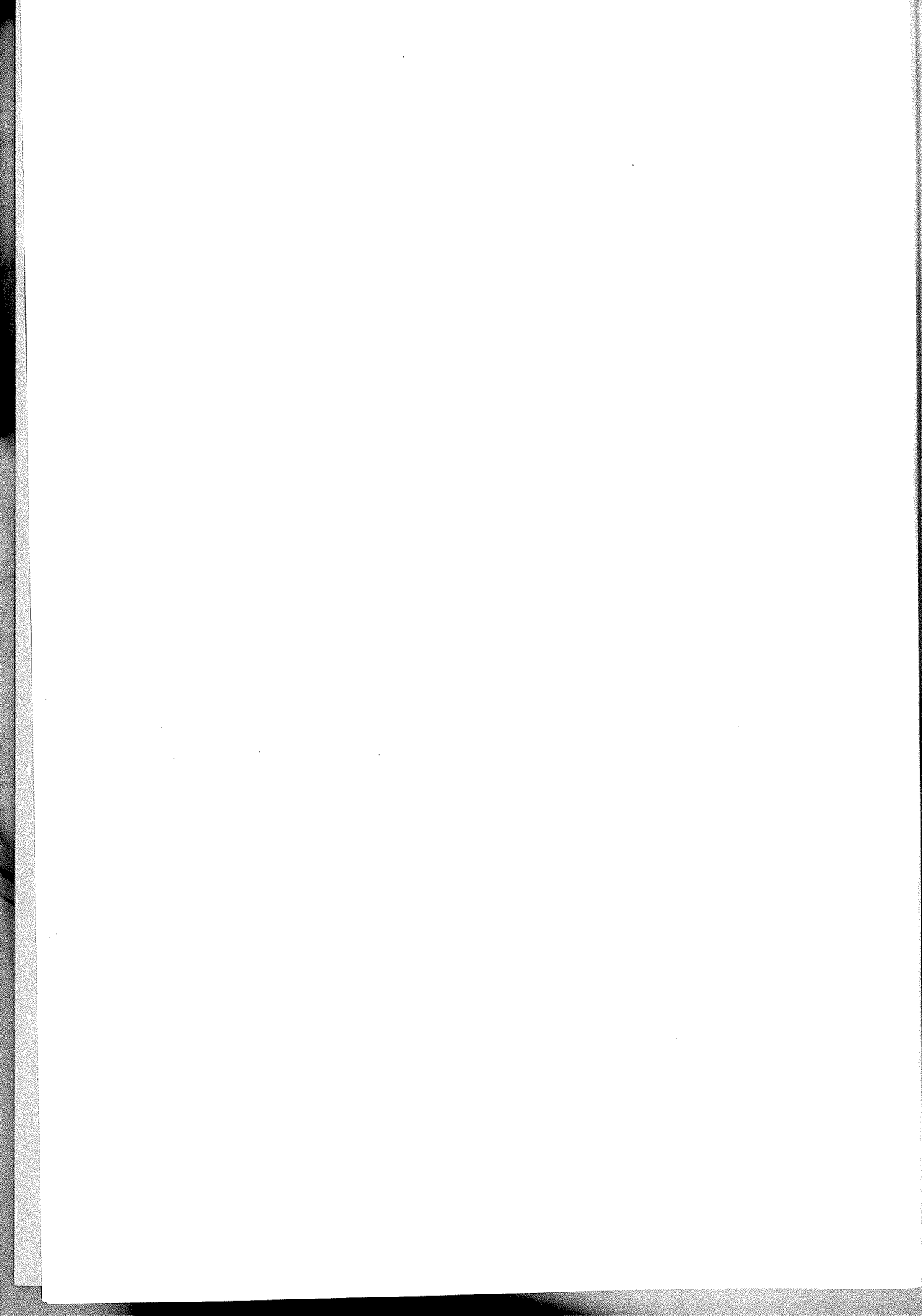
3) aperture di nuove rubriche per dare conto dell'attività della Società e dei singoli soci.

Il futuro del bollettino appare dunque più facile tanto che, a mio avviso, dobbiamo incominciare a pensare alla trasformazione dei numeri unici del bollettino in una rivista periodica (semestrale?).

Certamente è ancora presto per far questo salto di qualità ma non lo è per iniziare a pensare e meditare sulle opportunità del passo.

Il tempo che occorre è lungo ma se in tutti noi c'è la ferma determinazione di attuare la trasformazione, esso si potrà accorciare notevolmente

Giovanni Fierotti



SOCIETÀ ITALIANA DELLA SCIENZA DEL SUOLO

Composizione del Consiglio Direttivo

Presidente:

GIOVANNI FIEROTTI

Istituto di Agronomia
Cattedra di Pedologia
Università di Palermo
Viale delle Scienze - 90128 Palermo

Consiglieri:

GIULIO RONCHETTI

Istituto Sperimentale per lo
Studio e la Difesa del Suolo
P.za D'Azeglio 30 - 50121 Firenze

SANDRO SILVA

Istituto di Chimica Agraria
Università Cattolica
Via E. Parmense 84 - 29100 Piacenza

FIORENZO MANCINI

Istituto Sperimentale per lo
Studio e la Difesa del Suolo
P.za D'Azeglio 30 - 50121 Firenze

ANGELO ARU

Dipartimento di Scienza della Terra
Università di Cagliari
Via Trentino 51 - 09100 Cagliari

GIOVANNI PICCI

Istituto di Microbiologia Agraria e Tecnica
Università di Pisa
Via del Borghetto 80 - 56100 Pisa

Rappresentante ISSS:

PAOLO SEQUI
Istituto Sperimentale per
la Nutrizione delle Piante
Via della Navicella 2 - 00184 Roma

Presidente I Commissione: Fisica del Suolo

MARCELLO PAGLIAI
Istituto Sperimentale per lo
Studio e la Difesa del Suolo
P.za D'Azeglio 30 - 50121 Firenze

Componenti:

LUIGI CAVAZZA
ERMANNO BUSONI
GIROLAMO MECCELLA
PATRIZIA SCANDELLA

Presidente II Commissione: Chimica del Suolo

NICOLA SENESI
Istituto di Chimica Agraria
Università di Bari
Via Amendola 165/A - 70126 Bari

Componenti:

ALESSANDRO PICCOLO
CARLO GESSA
MARIO BUSINELLI
PAOLO FUSI

Presidente III Commissione: Biologia del Suolo

BRUNELLO CECCANTI
Istituto per la Chimica del Terreno, CNR
Via Corridoni 78 - 56100 Pisa

Componenti:

PIER GIACOMO ARCARA
STEFANO GREGO
LILIANA GIANFREDA
CLAUDIO CIAVATTA

Presidente IV Commissione: Fertilità del Suolo

PAOLO NANNIPIERI
Dipartimento di Scienza del Suolo
e Nutrizione delle Piante
Università di Firenze
P.le delle Cascine 15 - 50144 Firenze

Componenti:

ANNA BENEDETTI
ANDREA BUONDONNO
PACIFICO RUGGIERO
LUCIANO SCARPONI

*Presidente V Commissione: Genesi, Classificazione
e Cartografia del Suolo*

LUCIANO LULLI
Istituto Sperimentale per lo
Studio e la Difesa del Suolo
P.za D'Azeglio 30 - 50121 Firenze

Componenti:

SERGIO VACCA
ERMANNIO BUSONI
ROMANO RASIO
ANDREA GIORDANO

Presidente VI Commissione: Tecnologia del Suolo

MARCELLO RAGLIONE
Istituto Sperimentale per lo
Studio e la Difesa del Suolo
Via Casette 1 - 02100 Rieti

Componenti:

DINO TORRI
GIANCARLO CHISCI
ELISABETTA BARBERIS
GIOVANNI TOURNON

Presidente VII Commissione: Mineralogia del Suolo

ENZA ARDUINO
Dipartimento di Valorizzazione e Protezione
delle Risorse Agro-forestali
Università di Torino
Via P. Giuria 15 - 10126 Torino

Componenti:

CLAUDIO BINI
GIUSEPPE RISTORI
ALDO MIRABELLA
GIOVANNI PICCONE

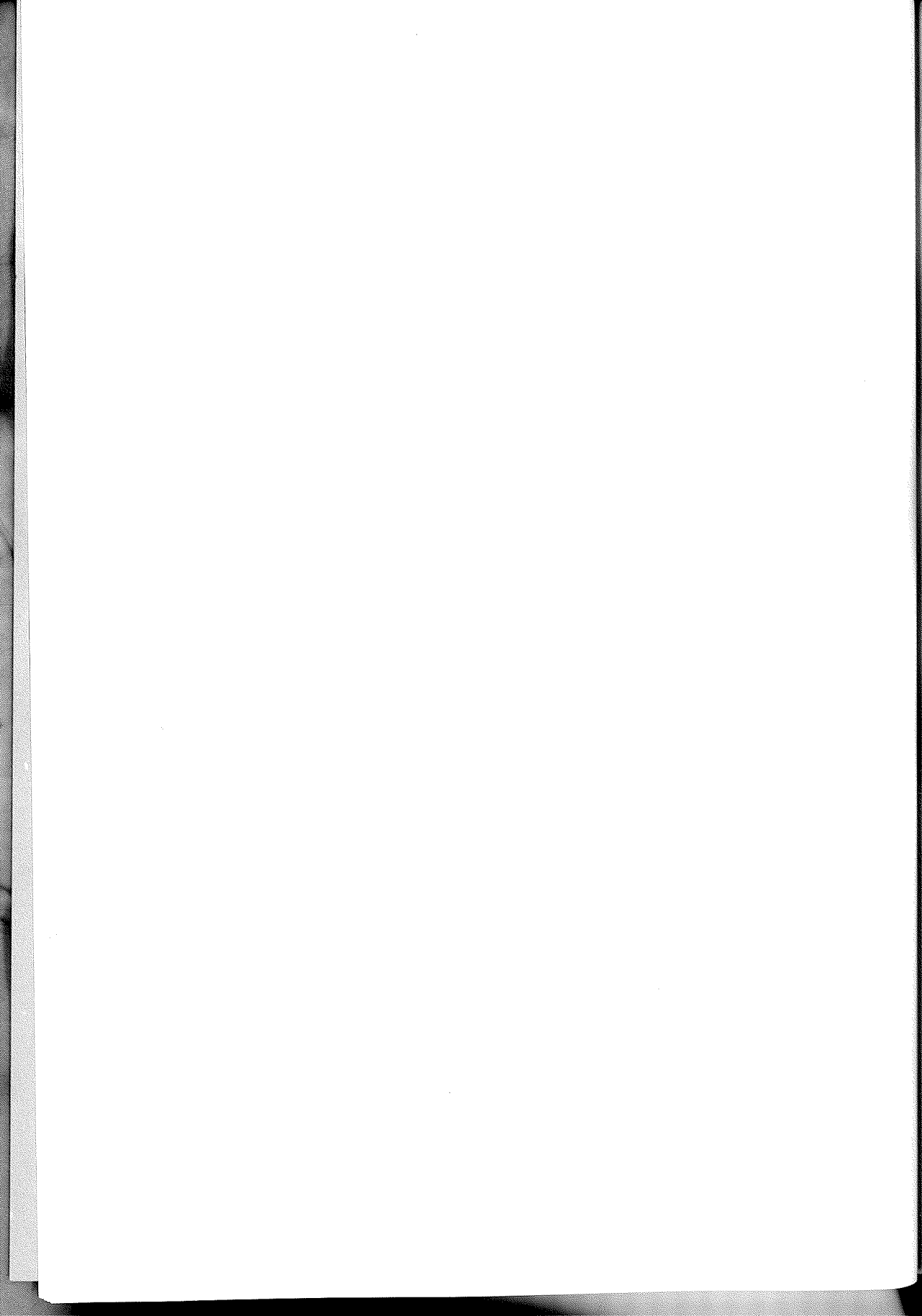
Sindaci effettivi:

CARMELO DAZZI
Istituto di Agronomia
Università di Palermo
Viale delle Scienze - 90128 Palermo

TIZIANO PANINI
Istituto Sperimentale per lo
Studio e la Difesa del Suolo
P.za D'Azeglio 30 - 50121 Firenze

FRANCO PREVITALI
Istituto di Agronomia
Università di Milano
Via Celoria 2 - 20133 Milano

CONTRIBUTI DEI SOCI
Note scientifiche originali



**EMISSIONI GASSOSE DI AZOTO (N₂O)
IN DIFFERENTI SUOLI AGRARI E FORESTALI ITALIANI**

**GASSEOUS NITROGEN EMISSION (N₂O)
FROM DIFFERENT CROP-SOILS
AND FOREST SOILS IN ITALY**

PIER GIACOMO ARCARA, CAMILLA GAMBA
Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo,
Piazza D'Azeglio 30, 50121 Firenze.

Riassunto

La comunicazione riporta i risultati di indagini condotte in vari ambienti italiani al fine di valutare l'entità delle perdite gassose di azoto per denitrificazione e per emissione diretta di N₂O. Queste ricerche consentono di tracciare un primo bilancio sulle variazioni del rapporto tra emissioni dal suolo di protossido di azoto e di azoto molecolare in relazione al tipo di trattamento agronomico e alle caratteristiche vegetazionali.

Le analisi sono state condotte su carote di suolo incubate per 24 ore a temperatura ambiente sia in condizioni aerobiche, per la misura dell'emissione diretta di N₂O, che in atmosfera anaerobica e con aggiunta di acetilene al 10% per la stima dell'attività denitrificante (emissione di N₂ + N₂O).

I risultati presentati mettono in evidenza profonde differenze di attività denitrificante tra suoli agrari e forestali, con perdite complessive di azoto più consistenti nei secondi; i suoli di ambiente forestale, tuttavia, mostrano rapporti N₂O/N₂+N₂O generalmente più bassi dei suoli agrari e che sembrano influenzati dal grado di evoluzione della sostanza organica.

I suoli agrari esaminati, assai diffusi negli ambienti collinari dell'Italia centrale, presentano complessivamente perdite modeste di azoto sia per denitrificazione che per emissione diretta di N₂O ma vanno incontro a marcati

incrementi del rapporto N_2O/N_2+N_2O in funzione della somministrazione di fertilizzanti azotati. L'innalzamento del rapporto è risultato particolarmente forte nei primi due mesi successivi allo spandimento sul suolo di liquame suino.

Summary

This communication reports an experimental work to estimate gaseous nitrogen losses by denitrification (N_2+N_2O) and by direct emission of N_2O from different soils of Italy. Our results suggest in most cases that N_2O/N_2+N_2O ratio varies with the type dressing and the land use.

The methodology involved incubation in laboratory of soil cores for 24 hours both in aerobic condition, to estimate N_2O emission, and in anaerobic condition, to estimate the nitrogen losses by denitrification.

The results show a great difference in denitrification and nitrous oxide emission between soils under crop and forest soils. In forest soils total nitrogen losses are greater, and the N_2O/N_2+N_2O ratio is generally smaller than in the soils under crop. This ratio seems to be straight through correlated to the evolution of the organic matter.

In soils under crop nitrogen losses (N_2O and N_2+N_2O) are moderate; nitrogen losses by emission are often bigger than that by denitrification and the N_2O/N_2+N_2O ratio increased in relation with dressing, this points out especially two months after the supply of slurry to soil.

Introduzione

Nel corso delle ultime due decadi gli studi sulla concentrazione del protossido d'azoto nell'atmosfera terrestre e sull'entità delle emissioni di questo gas traccia, provenienti dal suolo, sono stati notevolmente intensificati. L'interesse per l'origine del protossido d'azoto è aumentata soprattutto per l'importanza riconosciuta di questo gas sia nella partecipazione all'effetto serra che nelle reazioni che portano alla distruzione dell'ozono stratosferico, (Cicerone, 1987). Stime molto recenti attribuiscono ai suoli più del 50% dell'emissione globale di N_2O , (Bouwman, 1990). Il protossido d'azoto viene prodotto nel suolo essenzialmente per via biologica e tramite due processi fondamentali del ciclo dell'azoto: la nitrificazione e la denitrificazione. Dopo il noto lavoro di

Blackmer *et al.* (1980) molteplici indagini successive hanno evidenziato che, nei suoli ben aerati, buona parte dell' N_2O può derivare dall'ossidazione chemioautotrofica dell'ammonio. Molti autori dell'ultimo decennio hanno portato prove a sostegno di una sostanziale equivalenza delle emissioni di N_2O derivanti da nitrificazione e denitrificazione nei suoli agrari fertilizzati con pH neutro o subalcalino, (Sahrawat and Keeney, 1986; Cates and Keeney, 1987; Duxbury and Mc Connaughey, 1986; Galbally, 1989; Shepherd *et al.*, 1991). Un'elevata produzione percentuale di N_2O nei processi di denitrificazione in ambienti acidi, quali la maggior parte dei suoli forestali, è segnalata e riconosciuta da diversi anni (Tamm, 1991), mentre solo molto recentemente è stata sottolineata la possibilità di significative perdite di protossido d'azoto da nitrificazione negli stessi ambienti, ritenuti incapaci di sviluppare una consistente attività nitrificante. Infatti Van Breemen *et al.* (1987) hanno dimostrato che suoli forestali soggetti ad alte deposizioni atmosferiche di azoto sono capaci di nitrificare a dispetto del loro pH acido e De Boer *et al.* (1991) e Martikainen e De Boer (1993) hanno confermato la presenza, nei medesimi suoli, di batteri chemiolitotrofi ossidanti l'ammonio dotati di alta tolleranza all'acidità.

Anche se negli ultimi quindici anni è stato ottenuto un notevole ampliamento, a livello planetario complessivo, delle conoscenze relative alle perdite gassose di azoto sotto forma di N_2O dal suolo, grazie anche al notevole perfezionamento delle tecniche analitiche, il bagaglio delle informazioni raccolte nell'ambiente mediterraneo e nazionale risulta ancora piuttosto modesto. Questa comunicazione vuole portare un piccolo contributo di conoscenze relative all'entità delle perdite gassose di azoto (N_2O) per emissione diretta (nitrificazione) e per denitrificazione dal suolo di alcuni ambienti agrari e forestali italiani e alle variazioni del rapporto tra i due processi in funzione del tipo di fertilizzazione o di soprassuolo.

Suoli e metodologia eseguita

I dati riportati si riferiscono a due ambienti agrari del paesaggio collinare dell'Italia centrale (collina argillosa toscana e

collina sabbiosa romagnola), ad un ambiente forestale appenninico con diversi soprassuoli (abete bianco, faggio e bosco misto di latifoglie) e ad una foresta alpina (con caratteri climatici continentali) di abete rosso. Le tipologie pedologiche ed alcuni caratteri chimici fondamentali del suolo sono riportati nella Tab. 1.

Tab. 1 - Tipo e caratteri dei suoli esaminati

Tab. 1 - *Type and characteristics of the examined soils*

Ambiente	Tipo di suolo	Caratteri del suolo				
		pH	humus	C %	N %	C/N
Colline argillose toscane (Volterra)	Xerorthert vertico	8,1		0,6	0,1	6
Colline sabbiose romagnole (Cesena)	Udorthert tipico	8,2		0,5	0,2	2,5
Foreste appenniniche tosco-romagnole (Casentino)	Haplumbrept tipico		mull			
- Abetina		5,1		4,8	0,2	24
- Faggeta		4,9		7,5	0,4	18,7
- Bosco misto di latifoglie		6,5		8,1	0,4	20,3
Foreste alpine di abete rosso del Trentino (Paneveggio)	Haplorthod tipico	4,3	mor	17,8	0,4	44,5

Le determinazioni dell' N_2O svolto attraverso la denitrificazione e l'emissione diretta sono state effettuate tramite gascromatografia HWD ed ECD. Nel caso dei suoli agrari, le prove sono state effettuate tramite prelievo ed incubazione per 24 h in atmosfera controllata (aerobica ed anaerobica + acetilene al 10%) di carote indisturbate di suolo; per i suoli forestali è stato necessario procedere con campioni disturbati, prelevati alla profondità di 0-10 cm, vagliati a 2 mm ed incubati, come i precedenti, in atmosfera controllata e a 22° C. I valori riportati per i diversi ambienti rappresentano la situazione media calcolata da osservazioni ripetute nel tempo e nello spazio e riportate in dettaglio in precedenti lavori, (Arcara *et al.*, 1985; Arcara *et al.*, 1990; Spallacci *et al.*, 1992; Arcara e Cherubini, 1992).

La determinazione dell'attività nitrificante è stata effettuata su terreno tenuto in incubazione per 15 giorni con solfato di ammonio alla temperatura di 22°C, durante tale periodo, su 20 grammi di campione, sono stati estratti (con KCl 2N) i nitrati analizzati successivamente tramite autoanalyzer.

Esame e valutazione dei risultati

Come risulta chiaramente dall'esame della Tab. 2, i suoli delle colline sia sabbiose che argillose hanno presentato valori estremamente bassi di perdite di N_2O in assenza di trattamenti fertilizzanti. Tali valori ricevono un forte incremento nell'ambito del primo mese dopo la somministrazione di fertilizzante minerale azotato nel suolo su sabbie plioceniche (80 Kg di azoto per ettaro come $(NH_4)_2SO_4$) ed un incremento minore ma significativo in quello su argille (fertilizzato con 100 Kg di azoto per ettaro come NH_4NO_3). Quest'ultimo può manifestare incrementi ulteriori di emissione qualora venga praticato un consistente spandimento di liquame suino, (15-20 t/ha corrispondente alla somministrazione di circa 400 KgN/ha), i cui effetti si ripercuotono inoltre sul rapporto N_2O/N_2+N_2O che viene capovolto. Quindi, in conseguenza dell'apporto a suoli argillosi delle colline del centro Italia di composti fertilizzanti azotati è possibile determinare un notevole incremento dell'emissione diretta di N_2O che può salire da valori inferiori al 20% del totale delle perdite complessive di N_2 ed N_2O (v. Fig. 1) nel suolo non fertilizzato a poco meno del 50% con la fertilizzazione minerale e a quasi il 60% con l'impiego di reflui zootecnici. Il maggiore incremento complessivo di perdite di N_2O osservato nel suolo su sabbie delle colline emiliane dopo la fertilizzazione minerale azotata presenta invece una minore incidenza, rispetto al caso delle argille, sul rapporto emissione diretta/denitrificazione: la percentuale di N_2O derivante da emissione diretta, pari al 10% del totale nel suolo prima della fertilizzazione, non ha superato il 40% dopo il trattamento fertilizzante (Fig. 2).

L'ipotesi di maggior rilascio complessivo (denitrificazione ed emissione diretta) di N_2O dai suoli forestali rispetto a quelli di uso agricolo, formulata nel corso di questi ultimi anni da vari Autori (Tietema *et al.*, 1991; Beese *et al.*, 1991; Ineson *et al.*, 1991) sembra confermata dai primi risultati ottenuti da alcune prove condotte in ambiente forestale alpino e appenninico (ta-

Tab. 2 - Perdite di azoto ($\mu\text{gN-N}_2\text{O} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{t.s.} \cdot \text{d}^{-1}$) per emissione diretta di N_2O e per denitrificazione in suoli agrari di diversa natura e soggetti a vari trattamenti agronomici.

Tab. 2 - *Gaseous nitrogen loss ($\mu\text{g N-N}_2\text{O Kg}^{-1} \text{ t.s. d}^{-1}$) by direct emission and by denitrification in different soils under crop and supplied with different fertilizers.*

	Emissione (N_2O)	Denitrificazione ($\text{N}_2\text{O}+\text{N}_2$)	Rapporto $\text{N}_2\text{O}/\text{N}_2\text{O}+\text{N}_2$
A) Suolo delle colline toscane su argille plioceniche			
Suolo non fertilizzato	6,71	33,57	0,20
Suolo a grano fertilizzato con NH_4NO_3	49,46	55,00	0,90
Suolo a prato fertilizzato con liquame suino	75,05	54,39	1,38
B) Suolo delle colline emiliane su sabbie plioceniche			
Suolo non fertilizzato	1,59	13,57	0,12
Suolo fertilizzato con $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	271,15	431,80	0,63

Tab. 3 - Perdite di azoto ($\mu\text{gN-N}_2\text{O} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{t.s.} \cdot \text{d}^{-1}$) per emissione diretta di N_2O e per denitrificazione in suoli forestali di ambiente diverso e con differente soprassuolo.

Tab. 3 - *Gaseous nitrogen loss ($\mu\text{g N-N}_2\text{O Kg}^{-1} \text{ t.s. d}^{-1}$) by direct emission and by denitrification in different forest stands*

	Emissione (N_2O)	Denitrificazione ($\text{N}_2\text{O}+\text{N}_2$)	Rapporto $\text{N}_2\text{O}/\text{N}_2\text{O}+\text{N}_2$
A) Ambiente appenninico			
Faggeta	337,6	3704,7	0,09
Abetina	132,9	5981,3	0,02
Bosco di latifoglie	272,9	5532,8	0,05
B) Ambiente alpino			
Abetina	5631,7	9542,2	0,59

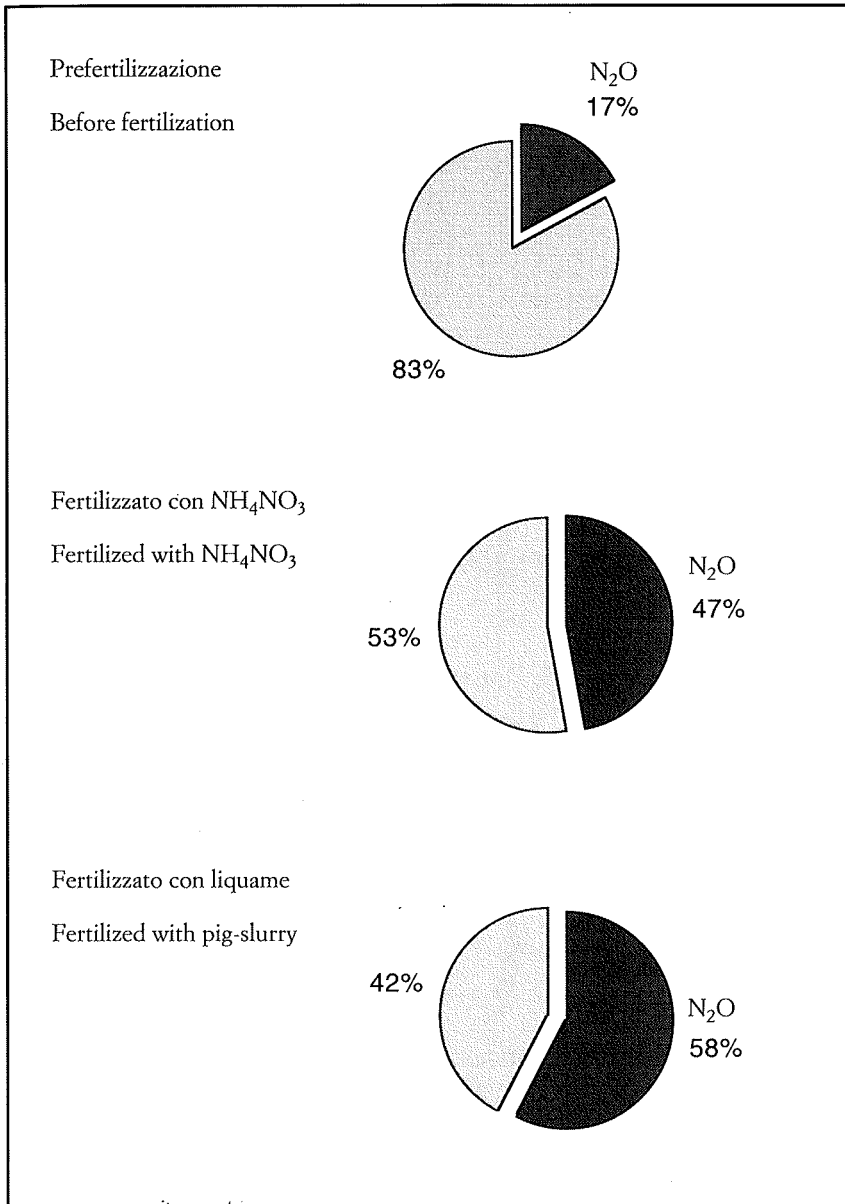


Fig 1 - Influenza della fertilizzazione sui rapporti percentuali N₂O/N₂+N₂O in un suolo coltivato delle aglie plioceniche toscane.

Fig 1 - Influence of different kinds of dressing on N₂O/N₂+N₂O per cent ratio on a clay soil under crop on pliocenic hills of Tuscany.

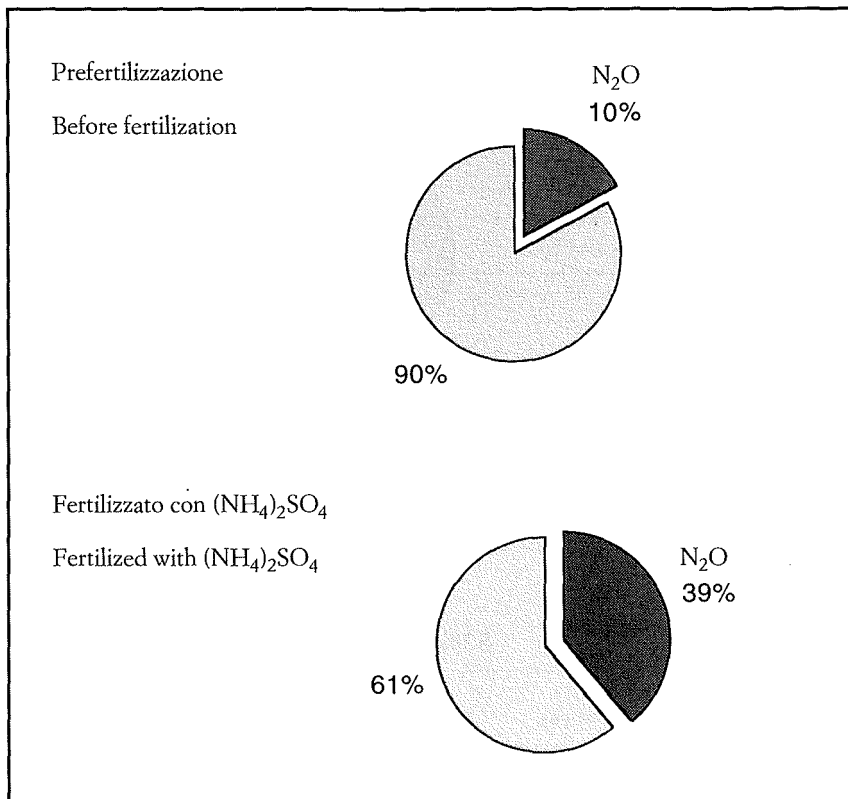


Fig 2 - Influenza della fertilizzazione sui rapporti percentuali N_2O/N_2+N_2O in un suolo coltivato delle sabbie plioceniche romagnole.

Fig 2 - Influence of nitrogen fertilizer on N_2O/N_2+N_2O per cent ratio on a sandy soil under crop on pliocenic hills of Romagna.

bella III). I suoli delle formazioni forestali appenniniche hanno messo in evidenza una rilevante attività denitrificante potenziale ma in essi, a differenza che nel suolo spodico alpino, l'emissione diretta di N_2O , pur assumendo una notevole consistenza, costituisce percentualmente una frazione modesta delle perdite complessive di N_2 ed N_2O , (Fig. 3). Infatti la percentuale di emissione diretta di N_2O varia dal 2% nell'abetina di abete bianco all'8% nelle fustaie di faggio. Un sorprendente valore del rapporto N_2O/N_2+N_2O è stato riscontrato, invece, nella foresta alpina di abete rosso in cui l'emissione diretta di N_2O partecipa

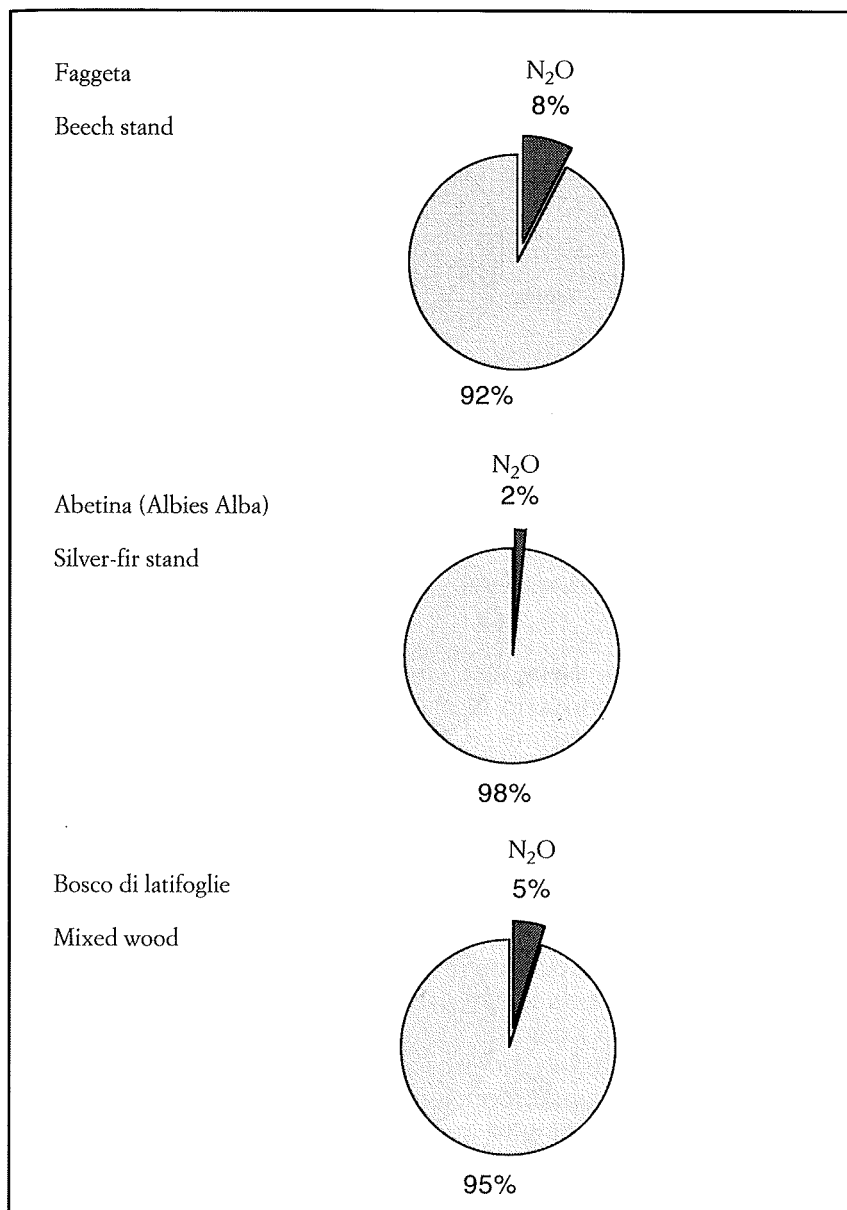


Fig 3 - Rapporti percentuali N_2O/N_2+N_2O nel suolo con differente copertura forestale dell'Appennino centro settentrionale.

Fig 3 - Per cent N_2O/N_2+N_2O ratios in the soil of different forest stands on North-Central Apennine.

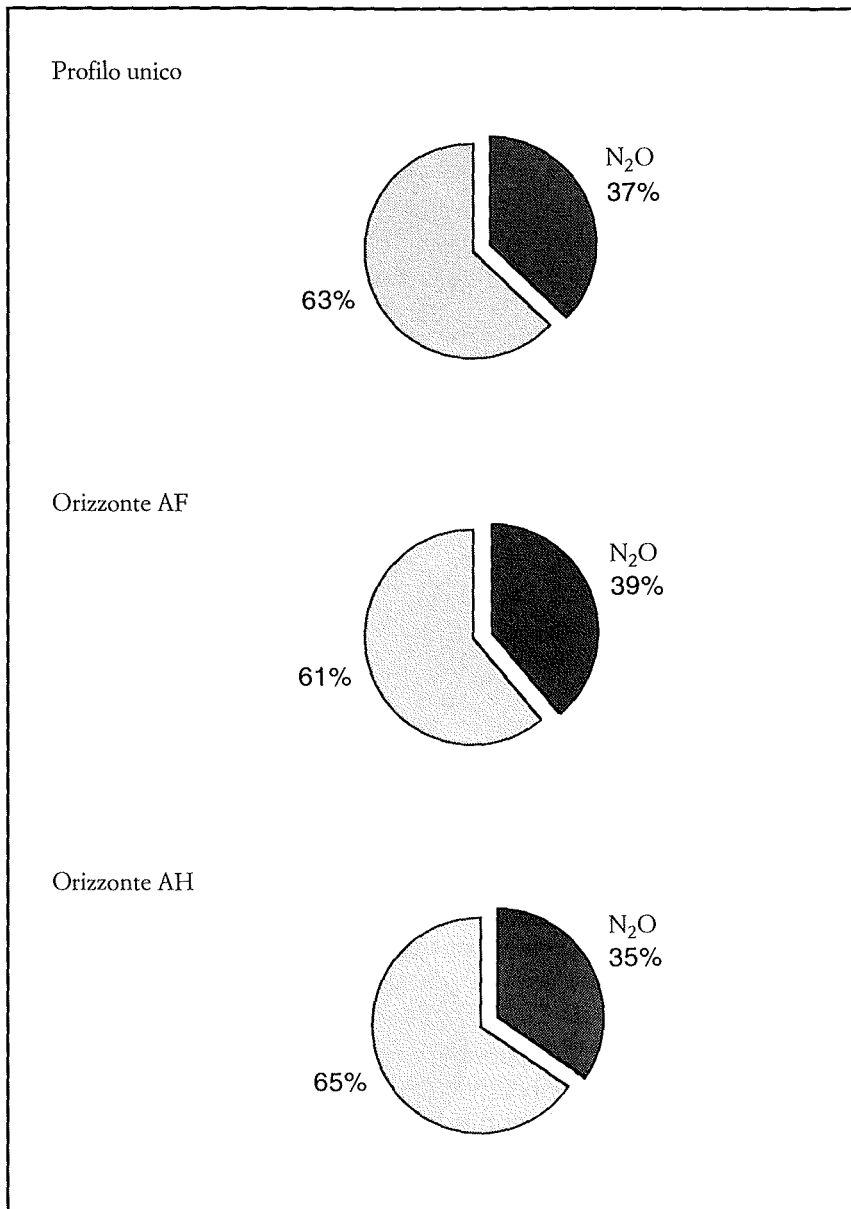


Fig 4 - Rapporti percentuali N_2O/N_2+N_2O nel profilo unico e negli orizzonti relativi nel suolo di una pecceta alpina.

Fig 4 - Per cent N_2O/N_2+N_2O ratios in the humus profile and in different humic horizons of soil in one alpine Norway spruce stand.

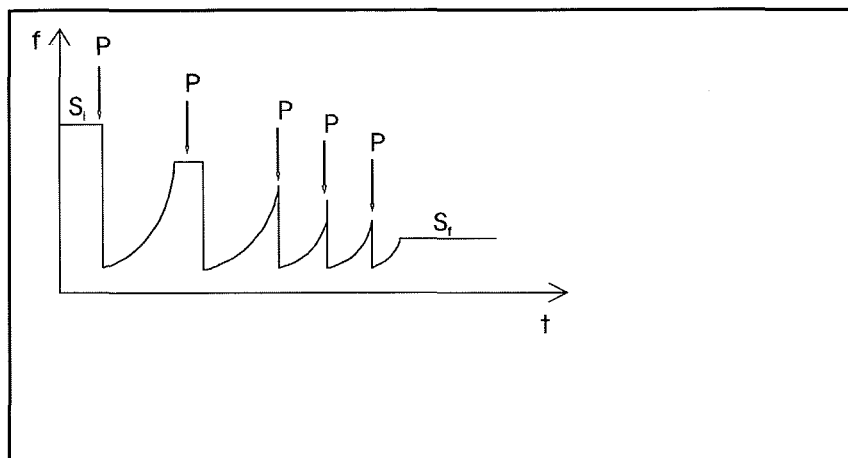


Fig 5 - Andamenti dell'attività nitrificante potenziale nel suolo delle diverse formazioni forestali esaminate.

Fig 5 - Course of potential nitrification in the different forest soils.

per il 37% al totale delle perdite gassose di azoto. L'esame differenziato di campioni prelevati dagli orizzonti F ed H del profilo umico del medesimo suolo non ha messo in rilievo sostanziali differenze nel valore percentuale dell' emissione diretta di N_2O .

In accordo con quanto riportato da Martikainen e De Boer (1993), dalle nostre osservazioni risulta complessivamente un incremento percentuale dell'emissione diretta di N_2O con l'abbassamento del pH del suolo. Tale fenomeno non risulta direttamente correlato con l'attività nitrificante, (Fig. 5): quest'ultima, valutata potenzialmente, nei suoli forestali, è risultata massima nel bosco misto di latifoglie e minima nell'abetina alpina di abete rosso. L'intensificazione delle emissioni di N_2O negli ambienti esaminati deve essere attribuita probabilmente ad un insieme di fattori interagenti (temperatura, umidità e fertilizzazione), come suggerito anche da Sitaula e Bakken (1993) piuttosto che ad un singolo processo.

Considerazioni conclusive

L'insieme dei risultati sopradescritti consente di formulare alcune considerazioni sintetiche. I suoli di ambiente mediterraneo con scarso contenuto di sostanza organica e non fertilizzati

danno origine ad insignificanti emissioni di N_2O sia per emissione diretta che per denitrificazione. La fertilizzazione azotata di questi suoli induce incrementi della denitrificazione e dell'emissione diretta di N_2O che sono diversificati secondo che si tratti di suoli su matrice sabbiosa o argillosa; in tutti i casi si determinano significativi incrementi del rapporto N_2O/N_2+N_2O che tendono a calare nelle settimane successive alla somministrazione dei fertilizzanti e ad annullarsi nell'arco di 2-3 mesi. La somministrazione di fertilizzanti organici (liquame) sembra accentuare particolarmente il valore del rapporto N_2O/N_2+N_2O . I suoli forestali sia di ambiente temperato freddo (appenninico) che di ambiente freddo (alpino) sono potenzialmente capaci di elevati rilasci nell'atmosfera di N_2 e N_2O . I suoli forestali fortemente acidi e ricchi di sostanza organica scarsamente umificata dimostrano una maggiore tendenza a presentare valori elevati del rapporto N_2O/N_2+N_2O ma non è emersa una relazione diretta tra emissione di N_2O ed attività nitrificante.

BIBLIOGRAFIA

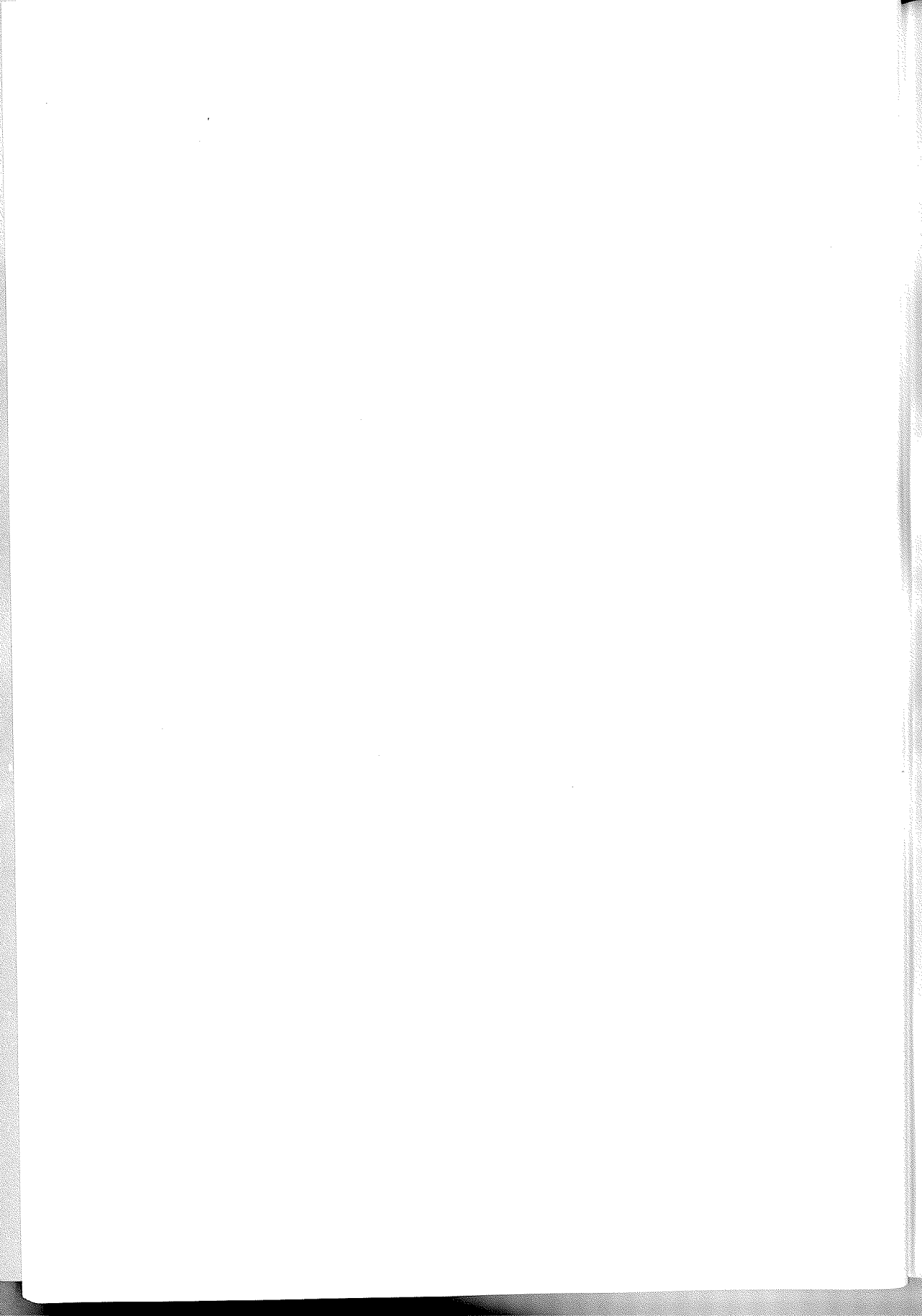
- 1) ARCARA P.G., GISPERT M.A., PRIGNANO F. (1985): *Denitrification, organic matter and physico-chemical properties in four italian soils*. In: *Current perspectives in environmental biogeochemistry*, G. Giovannozzi-Sermanni e P. Nannipieri eds., C.N.R.-IPRA, Roma, 187-195.
- 2) ARCARA P.G., GREGORI E., MICLAUS N., COMELLINI F. (1990): *Denitrificazione e perdite di azoto (N_2O) da suoli coltivati a frumento fertilizzati con urea, nitrato ammonico e letame*. Riv. di Agronomia, 21, 1, 19-27.
- 3) ARCARA P.G., CHERUBINI P. (1992): *Aspetti pedologici: caratteri ecofisiologici e perdite gassose di azoto*. In: *Atti del Convegno Le Riserve naturali Casentinesi: ricerche preliminari ed osservazioni sullo stato sanitario*. Bologna, 18 novembre 1992, 113-127.
- 4) BEESE F., BRUMME R., LOFTFIELD N. (1991): *Continuous measurement of N_2O and CO_2 -release from forest soils*. In: *Denitrification in forest soils*. Summaries from a Workshop held in Copenhagen, Denmark, 6-7 november 1989, 33-34.
- 5) BLACKMER A.M., BREMNER J.M., SCHMIDT E.L. (1980): *Production of N_2O by ammonia-oxidizing chemoautotrophic microorganisms in soil*. Applied and Environmental Microbiology, 40, 1060-1066.

- 6) BOUWMAN A.F. (1990): *Exchange of greenhouse gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere*. In: *Soils and the greenhouse effect*. (A.F. Bouwman ed.), 61-127.
- 7) CATES R.L., KEENEY D.R. (1987): *Nitrous oxide production throughout the year from fertilized and manured maize fields*. *J. Environ. Qual.*, 16, 443-447.
- 8) CICERONE R.J. (1987): *Changes in stratospheric ozone*. *Science* 237, 35-42.
- 9) DE BOER W., KLEIN GUNNEWIEK P.J.A., VEENHUIS M., BOCK E., LAANBROEK H.J. (1991): *Nitrification at low pH by aggregated chemolithotrophic bacteria*. *Applied environmental Microbiology*, 57, 3600-3604.
- 10) DUXBURY J.M., MC CONNAUGHEY P.K. (1986): *Effect of fertilizer source on denitrification and nitrous oxide emission in a maize field*. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50, 644-648.
- 11) GALBALLY I.E. (1989): *Factors controlling NOx emissions from soils*. In: *Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and atmosphere*. M.O. Andreae and D.S. Schimel eds., 23-37.
- 12) INESON P., DUTCH J., KILLHAM K.S. (1991): *Denitrification in a Sitka Spruce plantation and the effect of clear-felling*. *For. Ecol. Manage.* 44,77-92.
- 13) MARTIKAINEN P.J., DE BOER W. (1993): *Nitrous oxide production and nitrification in acidic soil from dutch coniferous forest*. *Soil Biology and Biochemistry* 25, 343-347.
- 14) SAHRAWAT K.L., KEENEY D.R. (1986): *Nitrous oxide emission from soil*. *Adv. Soil Sci.*, 4, 103-148.
- 15) SHEPHERD M.F., BARZETTI S., HASTIE D.R. (1991): *The production of atmospheric NOx and N₂O from a fertilized agricultural soil*. *Atmospheric Environment*, 25A, 1961-1969.
- 16) SITUALA B.K., BAKKEN L.R. (1993): *Nitrous oxide release from spruce forest soil: relationships with nitrification, methane uptake, temperature, moisture and fertilization*. *Soil Biology and Biochemistry*, 25, 1415-1421.
- 17) SPALLACCI P., ARCARA P.G., MISSERE D. (1992): *Contenuto di nitrati e perdite gassose di azoto (N₂O) in un suolo a vigneto sottoposto a diverse tecniche di coltivazione*. In: *Atti del X Convegno nazionale S.I.C.A.*, Roma, 15-18 settembre 1992, 255-263.
- 18) TAMM C.O. (1991): *Preface to Denitrification in forest ecosystems, special issue of Forest Ecology and Management*, 44, 1, 1-3.
- 19) TIETEMA A., BOUTEN W., WARTENBERGH P.E. (1991): *Nitrous oxide dynamics in an oak-beech forest ecosystem in The Netherlands*. *For. Ecol. Manage.* 44, 53-61.
- 20) VAN BREEMEN N., MULDER J., VAN GRINSVEN J.J.M. (1987): *Impact of acid atmospheric deposition on woodland soils in The Netherlands. II Nitrogen transformations*. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51, 1634-1640.



CONTRIBUTI DEI SOCI

Note scientifiche di carattere generale



RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE IN AGRICOLTURA INTERAZIONI TRA REFLUI URBANI DI DEPURAZIONE E SUOLO ADIBITO AD USO AGRICOLO

N. SENESI, G. BRUNETTI
Istituto di Chimica Agraria, Università di Bari

Premessa

I reflui urbani di depurazione utilizzati per l'irrigazione del suolo adibito ad uso agricolo rappresentano una preziosa fonte sia di acqua che di elementi nutritivi per le colture. L'applicazione al suolo rappresenta inoltre un efficace metodo di smaltimento dei reflui, evitando i potenziali rischi per la salute umana e per l'ambiente globale connessi al loro smaltimento nei corsi d'acqua. In particolare, in condizioni climatiche aride e semi-aride, in cui la disponibilità di acqua per l'irrigazione rappresenta un prerequisito essenziale per lo sviluppo dell'agricoltura, l'opportunità di usare il refluo per l'irrigazione assume un'importanza pari alla necessità del loro smaltimento. In tali condizioni inoltre le limitate fonti di acqua di elevata qualità sono rese maggiormente disponibili per altri usi.

Le acque reflue disponibili per l'irrigazione sono costituite per la maggior parte dai reflui urbani, dagli effluenti di industrie agro-alimentari ed assimilabili e dai reflui zootecnici, depurati a vari livelli tramite una serie di trattamenti in successione. Tali acque reflue differiscono dalle comuni acque naturali usate per l'irrigazione per la presenza di elementi fitonutritivi quali azoto, fosforo e potassio e di sostanze organiche più o meno biodegradabili e/o fitotossiche, per il maggior contenuto in sali inorganici solubili, soprattutto cloruri e bicarbonati di sodio, ed elementi traccia fitonutritivi e/o fitotossici, nonché per la possibile presenza di microorganismi patogeni, quali batteri, virus e parassiti in varie concentrazioni. La specifica composizione del refluo as-

sume pertanto particolare importanza ai fini della sua destinazione per l'irrigazione.

Il primo destinatario dell'uso delle acque reflue in agricoltura è il suolo. Il suolo, in quanto sistema fisicamente, chimicamente e biologicamente attivo, possiede la riconosciuta e convalidata proprietà di agire quale "filtro" dinamico e "vivente" nei confronti del refluo applicato, grazie alla molteplicità delle azioni fisiche, chimiche e biologiche che può esercitare. Pertanto, più che di effetti del refluo sul suolo, ovvero del suolo sul refluo, appare opportuno considerare il tipo e l'entità delle interazioni che vengono ad instaurarsi, in maniera dinamica, tra il suolo ed il refluo. Tali interazioni dipenderanno, ovviamente, sia dalla composizione e dalla quantità di refluo applicato, che dalle specifiche proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo considerato.

Sulla base delle precedenti considerazioni, saranno dapprima presi brevemente in esame i principali parametri fisici, chimici e biologici che caratterizzano i reflui, limitatamente a quelli di origine urbana per i quali è possibile fare delle generalizzazioni. I reflui di industrie agro-alimentari e gli effluenti zootecnici più tipicizzati e quindi soggetti a trattazioni più specifiche, non saranno presi in considerazione in questo testo. Nella seconda parte, si tratterà poi più diffusamente delle molteplici e specifiche interazioni che possono aver luogo tra il refluo ed il suolo, con accenni anche agli effetti sulle colture agrarie e sulle acque superficiali e profonde.

Composizione dei reflui urbani

La composizione e le caratteristiche chimiche dei reflui urbani variano al variare della natura e della fonte di acqua usata originariamente, del sistema fognario, della stagione, della natura degli scarichi industriali che pervengono nelle fognature urbane ed, ovviamente, dei trattamenti a cui il refluo grezzo è stato sottoposto.

I processi di trattamento dei reflui urbani sono classificati convenzionalmente in primari, secondari, terziari e quaternari (Shuval, 1977). Più spinto è il livello di trattamento, più elevata è la qualità dell'effluente che ne risulta e, quindi, il suo valore d'uso. I trattamenti primari consistono generalmente in processi diagliatura e dissabbiatura, deoleazione e sgrassatura, sedi-

mentazione e flottazione, che consentono la rimozione dei solidi organici ed inorganici grossolani e delle sostanze grasse ed oleose presenti nel refluo grezzo. I trattamenti secondari consistono essenzialmente in processi di decomposizione biologica, aerobica e/o anaerobica, delle sostanze organiche complesse presenti e di igienizzazione del refluo, attraverso filtrazione, lagunaggio e sedimentazione secondarie, uso di fanghi attivi, ecc. I trattamenti terziari impiegano processi quali clorurazione, microvagliature, microfiltrazione, coagulazione, precipitazione ed uso di carboni attivi adsorbenti, consentendo così l'ulteriore rimozione delle particelle sospese più sottili, dei nutrienti e dei fattori di eutrofizzazione, l'ulteriore abbassamento del BOD e della torbidità, nonché l'eliminazione completa dei patogeni residui. I trattamenti quaternari hanno, infine, l'obiettivo di portare l'effluente a livello di acqua potabile, attraverso l'impiego di tecniche più sofisticate, quali l'ultrafiltrazione, lo scambio ionico, l'osmosi inversa, l'elettrodialisi o la distillazione. Il livello di trattamento richiesto dipende, ovviamente, dal tipo di uso che dell'effluente si vuole fare, nonché dalle leggi vigenti in materia di smaltimento di acque reflue. Nel caso dell'uso in agricoltura per l'irrigazione del suolo a coltura, l'effluente da trattamento secondario può generalmente considerarsi accettabile.

I reflui urbani depurati contengono in genere circa il 99,9% di acqua e lo 0,1% di materiali organici ed inorganici. In Tab. 1 sono riferiti gli intervalli di concentrazione dei principali componenti comunemente riscontrati nei reflui urbani, sia allo stato grezzo che sottoposti ai comuni trattamenti di depurazione secondaria (Feigin et al., 1991; Pettygrove e Asano, 1985).

I costituenti e le proprietà più importanti degli effluenti in relazione alle loro interazioni con il suolo, le colture e le acque superficiali e profonde comprendono: la salinità, la sodicità, gli elementi nutritivi ed in traccia, le sostanze organiche di origine naturale e sintetica, i solidi sospesi ed i microorganismi patogeni.

I rischi legati alla salinità ed alla sodicità del refluo vengono in genere valutati attraverso la misura della concentrazione totale dei sali in conducibilità elettrica (EC_w), del cosiddetto "rapporto di adsorbimento del sodio" (SAR o R_{Na} corretti), nonché dalla concentrazione di alcuni ioni specifici, quali i cloruri, i bicarbonati ed i carbonati, il sodio, il calcio ed il magnesio (Feigin et al., 1991; Pettygrove e Asano, 1985). I reflui urbani contengono in genere una concentrazione di sali superiore a quella dell'acqua originaria, in quanto essi sono introdotti dalle attività

domestiche ed industriali e non vengono rimossi dai comuni trattamenti primari e secondari. Nonostante le quantità assolute di sali presenti non sono in genere elevate (Tab. 1), esse possono a volte causare un aumento della salinità della fase liquida del suolo e creare problemi per le colture sensibili o poco tolleranti alla salinità. In particolare, il livello di cloruri può risultare elevato nei reflui contenenti effluenti di industrie alimentari che spesso usano grandi quantità di sali nei loro processi. Ciò nonostante, il tipico intervallo di concentrazione di cloruri riscontrato negli effluenti secondari (Tab. 1) è al di sotto dei livelli di rischio per la maggior parte delle colture di interesse agrario. Rischi comunque possono insorgere per le colture sensibili (tabacco, fragola, agrumi, pesco, patata, lattuga, ecc.) e per la qualità delle acque sotterranee (Accademia Nazionale dell'Agricoltura, 1991). La determinazione dei livelli di sodio (sodicità) nel refluo

Tab. 1 - Intervalli di concentrazione dei principali costituenti di reflui urbani grezzi ovvero sottoposti ai comuni trattamenti di depurazione secondaria (Feigin et al., 1991; Pettygrove e Asano, 1985).

Costituenti	Intervalli di concentrazione (mg/l)	
	Reflui grezzi	Effluenti secondari
Solidi totali	1300-200	1200-400
Solidi sospesi	350-100	100-10
Solidi disciolti	1000-200	1100-400
BOD ₅	350-100	80-10
COD	1000-250	160-30
pH	8,0-7,0	8.1-7.8
Azoto totale	85-20	50-10
Azoto ammoniacale	50-10	40-1
Azoto nitrico	1,5-0	10-0
Azoto organico	35-5	-
Fosforo totale	36-4	17-6
Potassio	25-5	40-10
Cloruri	650-10	200-40
Alcalinità (CaCO ₃)	400-50	700-200
Sodio	460-10	250-50
Calcio + Magnesio	150-25	170-30
SAR	-	7,9-4,5
Grassi e oli	150-35	-

è di particolare importanza a causa del notevole impatto di questo elemento sulle proprietà del suolo e la produzione agraria in generale. Elevati livelli di sodio possono causare la dispersione dei colloidi argillosi e la perdita della struttura del suolo, con diminuzioni sensibili della permeabilità, determinare una reazione alcalina del suolo ed esercitare una tossicità diretta su alcune piante. Altrettanto importanti sono le valutazioni degli ioni bicarbonato e carbonato che possono aumentare il rischio da sodio del refluo, causando la precipitazione del carbonato di calcio nel suolo. I livelli di calcio e magnesio riscontrati nei reflui sono generalmente simili a quelli delle acque naturali. La presenza di tali ioni nel refluo riduce i rischi da sodio, migliorandone la qualità per l'uso irriguo, oltre a risultare vantaggiosa sotto l'aspetto nutritivo.

Tra i macronutritivi più importanti presenti nei reflui, e che ne aumentano il valore per l'uso irriguo, sono da considerarsi l'azoto, il fosforo ed il potassio. L'azoto risulta presente nei reflui secondari in tre diverse forme che sono, in ordine di importanza: ammoniacale, organico e nitrico (Tab. 1). L'azoto ammoniacale rappresenta spesso l'80% dell'azoto totale ed il nitrico in genere non supera il 7% nei reflui secondari, nei quali l'azoto nitroso risulta presente in tracce. Date le sue importanti proprietà come elemento macronutritivo da un lato, e come potenziale inquinante delle acque superficiali e sotterranee, dall'altro, la valutazione del livello di azoto nei reflui per uso irriguo è essenziale. Il fosforo è sempre presente nei reflui secondari in varie forme organiche e come fosfati inorganici (piro-, meta- e polifosfati e ortofosfati) (Tab. 1). Le forme organiche di fosforo hanno origine biologica, mentre i fosfati condensati derivano da immissioni di prodotti chimici, quali i detergenti, negli effluenti urbani. Il fosforo organico ed i fosfati condensati possono in parte trasformarsi in ortofosfati durante i trattamenti del refluo ovvero dopo l'arrivo nel suolo. Le quantità di azoto e fosforo aggiunte al suolo attraverso l'applicazione dei reflui urbani sono spesso di considerevole entità, tali da raggiungere in alcuni casi valori simili ai livelli standard di fertilizzazione azotata e fosfatica. Anche il potassio aggiunto tramite il refluo può raggiungere quantità ragguardevoli e tali da consentire la riduzione delle fertilizzazioni potassiche.

La valutazione della quantità di materiali organici presenti nei reflui si esegue in genere attraverso metodi empirici basati sugli indici: (a) BOD (biochemical oxygen demand), che rappre-

presenta la quantità di ossigeno richiesta per la degradazione microbiologica delle sostanze organiche nel refluo a 20°C; e (b) COD (chemical oxygen demand), che rappresenta la quantità di ossigeno necessaria per ossidare la sostanza organica presente col metodo chimico del bicromato. Il test di BOD standard effettuato in laboratorio per un periodo di 5 giorni è denominato BOD₅ e rappresenta il 70-80% del BOD totale (Idelovich e Michail, 1981). I materiali organici biodegradabili presenti nei reflui sono costituiti, in massima parte, da proteine, carboidrati e grassi che in seguito alla loro biodecomposizione possono causare una diminuzione dell'ossigeno presente nel sistema e quindi l'instaurarsi di condizioni anaerobiche. Il valore del COD è generalmente più elevato di quello del BOD₅. Ciò indica la presenza di sostanze organiche persistenti, ovvero scarsamente o per nulla biodegradabili, e di composti riducenti, quali solfiti, solfuri, nitriti e ferro ferroso. Il trattamento secondario del refluo riduce notevolmente il livello delle sostanze organiche presenti, abbassando sensibilmente i valori di BOD e COD (Tab. 1). Le sostanze organiche residue sono presenti per la maggior parte sotto forma di composti solubili e per il resto in forma di sospensioni sottili e/o grossolane. Mentre le sostanze organiche di origine biologica aggiunte al suolo col refluo possono avere effetti positivi sulle proprietà e fertilità del suolo, le sostanze organiche di sintesi presenti in traccia negli effluenti secondari (Tab. 2) possono rappresentare dei notevoli fattori di rischio di contaminazione per il suolo e per le acque superficiali e sotterranee e di tossicità per le colture. Questi composti organici di sintesi, che comprendono acidi e basi organiche, idrocarburi aromatici polinucleari, fenoli, esteri ftalici, alogenuri alifatici, ecc., sono spesso introdotti nei reflui urbani da scarichi industriali non depurati e non sono biologicamente eliminabili nè con i comuni trattamenti delle acque reflue, nè nel suolo. La loro identifica-

Tab. 2 - Intervalli di concentrazione di alcune classi di contaminanti organici riscontrabili comunemente negli effluenti secondari (Overcash, 1983).

Classe	Intervallo di concentrazione (g/l)
Alogenuri alifatici	0,16-48
Aromatici sostituiti	0,21-18
Esteri ftalici	0,21-21
Aromatici polinucleari	0,16-0,68

zione e valutazione nei reflui da usare in agricoltura risulta pertanto di estrema importanza ed è sempre consigliata.

Nella Tab. 3 sono presentati i valori tipici di numerosi elementi traccia riscontrati sia nei reflui grezzi che negli effluenti secondari. La presenza di tali elementi e la loro quantità nell'effluente secondario dipende dalla natura e dalla composizione del refluo grezzo e dai metodi di trattamento usati. Ad esempio, il boro è immesso nei reflui attraverso scarichi contenenti detergenti e saponi e risulta tossico per molte piante a valori relativamente bassi (> 0,5 mg/l). Piante tolleranti a concentrazioni più elevate di boro sono, ad esempio, il cotone e l'asparago. In genere, il trattamento secondario riduce il contenuto di elementi traccia nel refluo attraverso la sedimentazione dei solidi sospesi. I valori riferiti in Tab. 3 indicano che in genere i contenuti di elementi traccia potenzialmente inquinanti per il suolo e per le acque superficiali e sotterranee e/o fitotossici sono al di sotto delle soglie di rischio e che tali effluenti possono essere applicati al suolo anche per tempi lunghi senza incorrere in rischi da inquinamento. La presenza e la quantità di tali elementi va comunque sempre

Tab. 3 - Intervalli di concentrazione (mg/l) di elementi traccia negli effluenti urbani grezzi e secondari e livelli massimi consentiti nelle acque di irrigazione (Chang e Page, 1983; Page e Chang, 1985).

Elemento	Refluo grezzo	Effluente secondario	Livelli massimi permessi ^a	
			lungo termine	breve termine ^b
Arsenico	<0,0003-1,9	<0,005-0,023	0,1	10
Boro	<0,123-20,0	<0,1-2,5	0,75	2,0
Cadmio	<0,0012-2,1	<0,005-0,15	0,01	0,05
Cromo	<0,0008-83,3	<0,005-1,2	0,1	20,0
Mercurio	<0,0001-3,0	<0,0002-0,001	-	-
Molibdeno	<0,0011-0,9	0,001-0,0018	0,01	0,05
Nichel	0,002-111,4	0,003-0,6	0,2	2,0
Piombo	0,001-11,6	0,003-0,35	5,0	20,0
Rame	<0,0001-36,5	<0,006-1,3	0,20	5,0
Selenio	<0,002-10,0	<0,005-0,02	0,02	0,05
Zinco	<0,001-28,7	0,004-1,2	2,0	10,0

^a I valori dei livelli massimi permessi sono riferiti a una dose di applicazione del refluo pari a 1200 mm/anno.

^b Valori da usare su suolo a tessitura fine.

tenuta sotto controllo nel refluo da usare per l'irrigazione, ad evitare che fenomeni di accumulo nel suolo possano indurre fenomeni di fitotossicità ovvero trasferimento nei corsi d'acqua.

La eccessiva presenza di solidi in sospensione negli effluenti secondari (Tab. 1) può creare problemi per il suolo, occludendone i pori, soprattutto nella zona superficiale, causando così una riduzione della velocità di infiltrazione dell'acqua e della conducibilità idraulica, nonché dell'aerazione. I trattamenti di depurazione primario e secondario dovrebbero comunque assicurare un abbattimento del livello dei solidi sospesi a valori tali da non creare problemi per il suolo.

I reflui grezzi contengono molti microorganismi patogeni, quali batteri, virus e parassiti, che vengono in genere eliminati durante i processi di trattamento biologico e di igienizzazione dell'effluente, che rimuovono quasi del tutto anche le sostanze grasse ed oleose presenti.

Interazioni tra reflui urbani e suolo

Il suolo esercita tutta una serie di effetti nei confronti del refluo che ad esso perviene, grazie alla sua intrinseca natura di sistema poroso, dinamico ed attivo sia sotto l'aspetto fisico, che chimico e microbiologico. Tuttavia il solo subisce l'azione dello stesso refluo che può, in misura più o meno estesa, influenzarne e modificarne, vantaggiosamente o svantaggiosamente, numerose proprietà e funzioni fisiche, chimiche e biologiche di estrema importanza sia per la fertilità e per la produzione vegetale, che in relazione a potenziali fenomeni di inquinamento, di fitotossicità e di contaminazione delle acque superficiali e profonde.

L'apporto di effluenti al suolo ha come effetto immediato quello di interagire e modificare, sia sotto l'aspetto stechiometrico e quali-quantitativo che termodinamico e cinetico, tutta una serie di complesse reazioni ed equilibri fisici, chimici, fisico-chimici e biologici. Mentre i costituenti solidi più grossolani del suolo, quali la sabbia e il limo, essendo poco o per nulla reattivi chimicamente e biologicamente, interagiscono col refluo secondo azioni di tipo prevalentemente fisico-meccanico, le frazioni più sottili, quali i minerali argillosi e la sostanza organica, sono coinvolte in misura di gran lunga maggiore nelle interazioni col refluo, determinandone in misura prevalente la sua stessa accettabilità per il suolo.

Le principali proprietà del suolo implicate nelle interazioni con le acque reflue sono: la tessitura e la struttura, la porosità, la velocità di infiltrazione, la permeabilità o conducibilità idraulica, il tipo di minerali argillosi, la capacità di scambio cationico, il pH e il potenziale redox, il contenuto e la natura della sostanza organica, il livello dell'attività microbica, la composizione della fase liquida e del complesso di scambio, il contenuto in elementi nutritivi e in calcare.

Proprietà Fisiche del Suolo

Le proprietà fisiche del suolo, quali la tessitura (o composizione granulometrica), la struttura (tipo, stabilità) e la porosità sono decisive nel determinare i valori di parametri chiave quali la velocità di infiltrazione, la permeabilità e la conducibilità idraulica. Tali parametri, a loro volta, determineranno i tempi di permanenza e la mobilità del refluo nel suolo, e quindi influenzeranno indirettamente la tipologia e l'entità delle reazioni chimiche e biologiche che potranno avere luogo tra i componenti del refluo ed il suolo.

La velocità di infiltrazione del refluo nel suolo dipende sia dalla tessitura (Tab. 4) che dalla struttura, nonché dal contenuto iniziale di acqua nel suolo e dalle dosi di applicazioni del refluo. L'esistenza di una struttura instabile nel suolo può provocare la formazione di croste con notevoli riduzioni della velocità di infiltrazione. Allorché la velocità di infiltrazione risulta minore della dose di applicazione, si potrà verificare ristagno o ruscellamento del refluo sul suolo.

La conducibilità idraulica, ovvero la permeabilità del suolo (Tab. 5), dipende prevalentemente dalla tessitura, con valori elevati per terreni sabbiosi e bassi per terreni argillosi. Nei suoli caratterizzati da basso valori di conducibilità idraulica, gli eccessi-

Tab. 4 - Tipici valori della velocità di infiltrazione (mm/ora) in vari tipi di suoli (Feigin et al., 1991).

Tipi di suolo	Velocità di infiltrazione
Sabbioso	>20
Sabbioso-argilloso	15 - 10
Limoso-argilloso	10 - 6,5
Argilloso	7,5 - 2

Tab. 5 - Classi di permeabilità e conducibilità idraulica del suolo.

Classe di permeabilità	Conducibilità idraulica (cm/ora)
Estremamente lenta	<0,003
Molto lenta	0,003-0,025
Lenta	0,025-0,25
Moderata	0,25-2,5
Rapida	2,5-25,4
Molto rapida	>25,4

vi tempi di persistenza (ristagno) del refluo nel suolo creeranno condizioni di anaerobiosi con gravi ripercussioni su tutte le proprietà chimiche e biologiche del suolo e sulle sue funzioni di fertilità. Suoli con classe di permeabilità moderata e rapida assicureranno invece tempi di persistenza adeguati all'instaurarsi delle interazioni tra componenti del refluo, suolo e pianta. Infine, i valori di conducibilità idraulica molto elevati determineranno tempi di ritenzione troppo brevi acchè le interazioni possano aver luogo con rischi di contaminazione per le acque sotterranee.

Salinità e Sodicità

Gli effetti sul sistema suolo-pianta dovuti alla salinità ed alla sodicità dei reflui usati per l'irrigazione sono simili a quelli provocati dalle comuni acque di irrigazione. Simili pertanto sono in entrambi i casi anche le procedure di controllo di qualità, la valutazione dei rischi e le limitazioni d'uso collegati a questi due parametri (Sequi, 1989; Pettygrove e Asano, 1991).

L'aumento della salinità nella fase liquida del suolo, in seguito all'introduzione dei sali presenti nell'effluente usato per l'irrigazione, può determinare tre possibili effetti sul sistema suolo-pianta: (a) effetto "osmotico" sulle piante, che dipende dalla concentrazione totale di sali dissolti nella fase liquida del suolo; (b) un effetto negativo sulle condizioni fisiche del suolo, nel caso di elevata concentrazione in sodio e bassa salinità totale; e (c) effetti di tossicità da ioni specifici, che possono essere causati da elevate concentrazioni di specifici ioni.

L'effetto "osmotico" sulle colture consiste nel maggiore lavoro che la pianta deve compiere per adattare la concentrazione salina nei suoi tessuti (adattamento osmotico), soprattutto nel-

l'apparato radicale, a quella esterna, al fine di poter assumere l'acqua necessaria dalla fase liquida del suolo. Ciò provoca un abbassamento dell'energia disponibile per la crescita generale e lo sviluppo equilibrato della pianta, con ripercussioni negative sulla produzione, allorché si supera il valore soglia di salinità (espresso come conducibilità elettrica, EC_e , nella fase liquida del suolo), caratteristico per ogni specie vegetale. Le diverse piante di interesse agrario hanno valori di tolleranza alla salinità molto diversi, variando dalle più sensibili alle più tolleranti (Feigin et al., 1991; Pettygrove e Asano, 1985; Sequi, 1989). Altri parametri che influenzano la risposta della pianta alla salinità sono i fattori climatici, quali la temperatura e l'umidità, la stagione, l'età, lo stadio vegetativo e le condizioni generali di fertilità del suolo. I danni da salinità sono in genere più gravi nei climi molto caldi e secchi, soprattutto per le specie più sensibili.

L'accumulo dei sali nella fase liquida del suolo dipende non solo dalla quantità di sali che ad esso pervengono dal refluo, ma anche dalla frazione di sali rimossa dal suolo per lisciviazione e allontanata tramite un drenaggio adeguato. Pertanto, l'applicazione di una quantità di refluo superiore a quella che può essere trattenuta dal suolo ed utilizzata dalla pianta assicura la rimozione di una certa quantità di sali per lisciviazione, evitandone l'accumulo oltre certi limiti prefissati nella fase liquida del suolo. Usando quindi una determinata frazione di lisciviazione, la salinità della fase liquida del suolo raggiungerà, dopo un certo tempo, un valore di equilibrio che si manterrà abbastanza costante nel tempo. È stato valutato che, per frazioni di lisciviazioni intorno a 0,15-0,20, l'uso dei reflui con $EC_w < 0,7$ mmho/cm (o dS/m), non dovrebbe in nessun caso dar luogo a problemi di salinità, mentre per reflui con EC_w tra 0,7 e 3,0 mmho/cm (salinità da leggera a moderata) sono prevedibili limitazioni d'uso, ovvero particolari pratiche di gestione. Infine, reflui con $EC_w > 3,0$ mmho/cm sono soggetti a limitazioni d'uso ed attenta gestione per il controllo della salinità nel suolo. Un drenaggio adeguato è comunque sempre richiesto nell'uso a lungo termine di acque reflue per l'irrigazione.

L'elevata concentrazione di sodio nell'effluente esercita effetti negativi sulle proprietà fisiche del suolo, in particolare ne deteriora la struttura, ne riduce la porosità, la velocità di infiltrazione, la permeabilità, e l'aerazione. L'insediamento di quantità eccessive di ioni sodio sul complesso di scambio del suolo (percentuale di sodio di scambio, $ESP > 15\%$) determina la dilata-

zione del doppio strato elettrico, con conseguente rigonfiamento e dispersione delle argille, perdita della struttura e diminuzione della permeabilità del suolo all'acqua ed all'aria. Tali effetti sono causati da elevati valori del sodio e bassi valori della salinità (calcio più magnesio). Valori di salinità elevata riducono in parte gli effetti negativi dovuti ad un valore elevato del sodio, mentre quando la fase liquida del suolo si diluisce, per intensa lisciviazione o forti piogge, esso diventa più sensibile all'effetto disperdente causato dal sodio, con formazione di croste e conseguenti fenomeni di ristagno, ruscellamento o erosione. L'effetto del sodio è influenzato, oltre che dal calcio e magnesio, dalla presenza di carbonati e bicarbonati e dalla concentrazione di CO_2 , che tendono a precipitare ovvero a dissolvere il calcio. Al fine di valutare e prevedere correttamente i potenziali problemi di permeabilità per il suolo è opportuno pertanto usare congiuntamente il valore dell' EC_w e del rapporto di adsorbimento del sodio (SAR), possibilmente corretto (adj R_{Na}), cioè tenendo in conto i fenomeni appena descritti (Fig. 1) (Pettygrove e Asano, 1985; Feigin et al., 1991; Sequi, 1989).

La natura dei minerali argillosi presenti nel suolo esercita un ruolo importante sugli effetti di dispersione provocati dal sodio. La montmorillonite è il minerale più dilatabile e pertanto più sensibile agli effetti negativi del sodio, mentre l'illite è moderatamente sensibile e la caolinite la meno sensibile a tali fenomeni. Gli effetti dovuti alla sodicità del refluo, in particolare la formazione di croste e la riduzione della velocità di infiltrazione risultano poi particolarmente marcati nei terreni limosi.

Problemi di fitotossicità dovuti alla presenza di ioni specifici spesso accompagnano e complicano i problemi dovuti all'eccessiva salinità e/o sodicità del refluo. Sotto questo aspetto gli ioni di maggior rilievo sono il sodio ed i cloruri. Le specie di interesse agrario presentano diverse soglie di tossicità per questi ioni, risultando più o meno tolleranti o sensibili. Particolarmente sensibili ai cloruri ed al sodio, per le turbe nutrizionali causate dall'eccessiva assimilazione di questi ioni relativamente ai nitrati ed al calcio e potassio, sono le specie legnose, quali gli agrumi e l'avocado, mentre molto più tolleranti risultano gli ortaggi e le specie da granella, da foraggio e da fibra (Pettygrove e Asano, 1985). Gli effetti di tossicità dovuti al sodio ed ai cloruri dipendono anche dai sistemi di irrigazione usati, risultando in genere accentuati in condizioni climatiche di elevata temperatura e bassa umidità, per cui l'irrigazione notturna in questi casi riduce

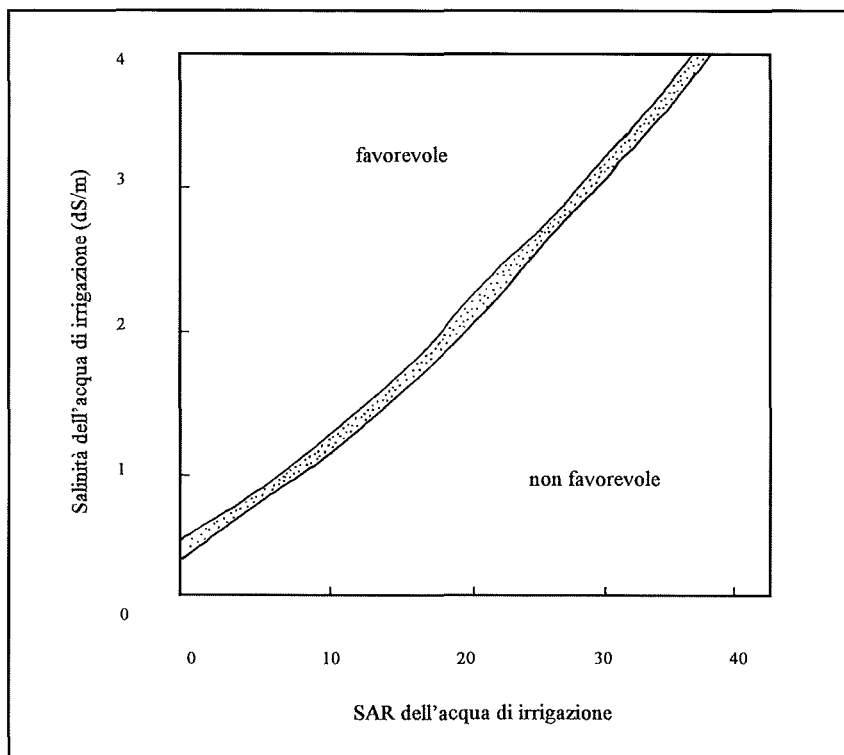


Fig 1 - Curve della salinità e del rapporto di adsorbimento del sodio (SAR) indicanti combinazioni di SAR e di conducibilità elettrica in grado di promuovere condizioni di permeabilità favorevoli o sfavorevoli nel suolo.

notevolmente i rischi di tossicità. Nonostante il boro sia un micronutriente essenziale, effetti di fitotossicità compaiono per concentrazioni nel refluo al di sopra di 0,5-1,0 mg/l. Il boro viene fortemente adsorbito nei terreni ricchi di argilla, che ne abbassa l'attività in soluzione e quindi lo rende meno disponibile per le piante. Nei terreni argillosi pertanto la fitotossicità da boro risulta fortemente limitata. In tali terreni comunque il boro è estremamente difficile da rimuovere e può accumularsi in notevoli quantità.

Gli Elementi Nutritivi

Gli elementi nutritivi presenti negli effluenti secondari apportati al suolo ne accrescono la fertilità a vantaggio della pro-

duzione vegetale. In alcuni casi, comunque, le quantità apportate risultano eccessive per le necessità delle colture e possono causare problemi, stimolando un eccessivo sviluppo vegetativo, dilazionando la maturazione, o riducendo la qualità del prodotto (Pettygrove e Asano, 1985). È consigliabile pertanto effettuare controlli periodici del refluo usato per valutarne la quantità di nutrienti, che in ogni caso vanno considerati come parte della dose di fertilizzanti programmata. I nutrienti presenti nei reflui in quantità importanti per l'agricoltura sono soprattutto l'azoto ed il fosforo, ed occasionalmente il potassio.

Azoto

L'irrigazione con effluenti secondari apporta al suolo considerevoli quantità di azoto, influenzandone la disponibilità, l'assunzione da parte delle colture, la lisciviazione al di sotto del livello delle radici e le perdite per volatilizzazione.

Nello strato superficiale dei comuni terreni, l'azoto è presente prevalentemente (circa 90%) in forme organiche, mentre il resto si trova come ione ammonio, legato ai minerali argillosi in forme non-scambiabili e scambiabili, e come ione nitrato solubile. Le varie forme di azoto presenti nel terreno fanno parte di un ciclo dinamico, di cui diviene parte integrante l'azoto del refluo, prevalentemente sotto forma di ione ammonio, non appena esso è applicato al suolo. Le quantità di azoto apportate al suolo dai reflui di irrigazione possono raggiungere valori simili o addirittura superiori a quelle applicate con le fertilizzazioni azotate standard (Feigin et al., 1991). Valori eccessivi di azoto nel suolo, determinati dall'apporto del refluo possono avere effetti positivi negli stadi iniziali della crescita, ma negativi alla maturazione. In alcuni casi l'eccesso di azoto causa riduzione della resa e della qualità dei fruttiferi, ritardo della maturazione nel cotone, riduzione del contenuto in zuccheri della barbabietola da zucchero e in amido della patata (Page et al., 1983; Bower and Chaney, 1974). I principali fenomeni cui può soggiacere l'azoto apportato dal refluo nel suolo sono l'adsorbimento in forme scambiabili da parte del complesso di scambio, la mineralizzazione-immobilizzazione e la nitrificazione-denitrificazione, con assunzione da parte delle piante, ovvero perdita per ruscellamento o lisciviazione o volatilizzazione.

L'azoto organico è soggetto nel suolo alla decomposizione microbica in forme inorganiche semplici e disponibili per la nu-

trizione vegetale, quali gli ioni ammonio e nitrato. I responsabili dei processi di mineralizzazione sono i microorganismi eterotrofi che usano i composti organici che contengono azoto come sorgente di energia. Poiché il rapporto C/N nella sostanza organica degli effluenti secondari è generalmente intorno a 5, questi materiali risultano facilmente decomponibili nel suolo e l'effetto dell'irrigazione con gli effluenti risulta simile a quella della fertilizzazione.

Le forme inorganiche di azoto (prevalentemente NH_4^+ e NO_3^-) che pervengono al suolo attraverso l'irrigazione col reflu, ovvero sono prodotte dalla mineralizzazione dell'azoto organico, oltre a poter essere direttamente assunte dalle piante superiori, possono essere soggette a fenomeni di temporanea immobilizzazione per assimilazione da parte dei microorganismi del suolo. La velocità relativa dei fenomeni di mineralizzazione ed immobilizzazione dipende dalla quantità e dalla natura della sostanza organica apportata col reflu e presente nel suolo, dal livello dell'azoto inorganico e dalle condizioni e proprietà del suolo, quali umidità, aerazione, temperatura e pH.

Gli ioni ammonio sono prevalentemente adsorbiti in forme scambiabili dal suolo, ma possono subire anche fenomeni di fissazione in forme non scambiabili da parte di certi tipi di minerali argillosi, quali le illiti, ovvero volatilizzazione in suoli alcalini, o ancora essere soggetti ai fenomeni di ossidazione a ione nitrato (nitrificazione). I batteri responsabili dei processi di nitrificazione nel suolo sono i Nitrosomonas e i Nitrobacter e la velocità di nitrificazione dipende da diversi fattori, quali i livelli di NH_4^+ e NO_3^- , l'aerazione, l'umidità, la temperatura ed il pH. La nitrificazione avviene con difficoltà nei suoli asciutti, ed aumenta all'aumentare dell'umidità e dell'aerazione in rapporto adeguato. Il valore ottimale di temperatura per la nitrificazione si aggira sui 20-40°C e di pH tra 6 e 8.

L'irrigazione con effluenti secondari influenza il livello dei nitrati nel terreno, nel sottosuolo e nelle acque profonde, al variare della qualità e quantità dell'effluente, della fertilizzazione azotata, delle proprietà del suolo, del tipo di coltura e delle condizioni climatiche. I nitrati nel suolo, oltre ad essere facilmente disponibili ed assunti dalle piante, possono essere immobilizzati da parte dei microorganismi ovvero facilmente allontanati per ruscellamento o lisciviazione fino alle acque sotterranee, grazie alla loro elevata solubilità e non adsorbibilità da parte dei colloidi a carica negativa del suolo. Nei suoli acidi (pH < 5,5-6), ovve-

ro nei suoli ricchi di minerali amorfi di origine vulcanica, la presenza di materiali a carica positiva e capaci di adsorbire lo ione nitrato rende la lisciviazione dei nitrati minore.

I nitrati possono anche subire nel suolo fenomeni di denitrificazione che portano alla perdita di azoto per volatilizzazione sotto forma di ossidi di azoto e, soprattutto, di azoto molecolare. La denitrificazione ha luogo in condizioni di anaerobiosi ed è operata da microorganismi capaci di ridurre gli ossidi d'azoto in presenza di carbonio organico con azione riducente. I valori ottimali di temperatura e pH per la denitrificazione sono rispettivamente tra 50 e 70°C e tra 6 e 8 unità di pH. Il processo è quindi controllato soprattutto dalla disponibilità di carbonio organico e dallo stato di anaerobiosi del suolo. La quantità di azoto perduta per denitrificazione può variare da quasi 0 a 90% dell'azoto applicato, a secondo della composizione e proprietà del suolo. In generale, terreni a tessitura grossolana, ben drenati, ed a basso contenuto di sostanza organica presentano bassi livelli di denitrificazione, che assume valori medi nei suoli sabbioso-argillosi e raggiunge valori elevati nei terreni limoso-argillosi e argillosi (Pettygrove e Asano, 1985).

Fosforo

Gli effluenti secondari spesso contengono un elevato contenuto di fosforo (Tab. 1) e rappresentano una importante fonte dell'elemento per il suolo, potendo parzialmente, ed in alcuni casi del tutto, sostituire la fertilizzazione fosfatica. La quantità di fosforo apportata al suolo dai reflui è ritenuta in genere non eccessiva. Un eccesso di fosforo, anche se generalmente non pone problemi per la nutrizione vegetale, può causare, se in forma disponibile, sbilanci nutritivi, quali deficienze di Cu, Fe e Zn (Feigin et al., 1991).

L'applicazione del fosforo tramite l'effluente determina un immediato incremento del livello di fosforo solubile nel suolo, seguito poi da un rapido calo (entro uno o due giorni). Tale rapido abbassamento dipende solo in piccola parte dall'assunzione del fosforo da parte delle colture, ma soprattutto dai noti fenomeni di immobilizzazione cui è soggetto il fosforo nel suolo. Ciò, in seguito ai processi di adsorbimento anionico da parte dei colloidi del suolo e di precipitazione come fosfati insolubili di Ca nei suoli calcarei a pH > 6,5-7 e di Al e Fe nei suoli acidi a pH < 5,5-6. L'immobilizzazione del fosforo da parte dei microorganismi del suolo è alquanto ridotta, mentre solo una pic-

cola frazione del fosforo apportato (< 3%) viene mobilizzato ed allontanato per ruscellamento o per lisciviazione.

Potassio

Il contenuto di potassio negli effluenti secondari (Tab. 1) non è generalmente elevato, per cui l'apporto al suolo tramite l'irrigazione con i reflui solo raramente può soddisfare le esigenze di potassio delle colture, mentre estremamente improbabili sono i casi di eccesso.

Il potassio apportato col refluo aumenta il livello dell'elemento presente nella fase liquida del suolo e disponibile per le colture, ma buona parte soggiace facilmente sia ai fenomeni di adsorbimento in forma scambiabile da parte degli scambiatori del suolo, che a fenomeni di fissazione in forme non scambiabili da parte di alcuni minerali argillosi, nonché alla lisciviazione. La capacità di ritenzione del potassio apportato dal refluo dipende soprattutto dal valore della capacità di scambio del suolo (CEC). Maggiore è la CEC, minore è la quantità di potassio mobilizzato lungo il profilo. La lisciviazione risulta maggiore nei suoli a tessitura grossolana, mentre in quelli ricchi in argilla il potassio è prevalentemente trattenuto. Un aumento del pH fino a 6-6,5 in suoli sabbiosi acidi riduce la lisciviazione del potassio (Feigin et al., 1991). Il suolo subisce significative perdite di potassio anche per ruscellamento ed erosione.

Elementi Traccia

Gli elementi traccia sono normalmente presenti in basse concentrazioni nei sistemi naturali, quali il suolo e le acque. Molti di essi sono considerati micronutritivi essenziali per le funzioni biologiche che svolgono, se presenti in piccole quantità, negli organismi, mentre altri sono ritenuti non essenziali alla vita. Tutti questi elementi assumono un carattere tossico per le piante e/o gli animali, allorché sono presenti in quantità disponibili eccedenti determinati valori soglia. Il margine tra la concentrazione raccomandata (o accettabile) e quella tossica è in genere molto ristretto. Pertanto, il rischio che nel suolo si possano superare i valori limite è incombente e va sempre tenuto in debita considerazione. L'apporto incontrollato di elementi traccia al suolo è sempre da evitare, in quanto, se se ne verifica un accumulo, risulta praticamente impossibile rimuoverli. Gli elementi traccia, in definitiva, rappresentano un potenziale fattore

di tossicità per le colture, e quindi per la catena alimentare, nonché di rischio per la possibile traslocazione nelle acque superficiali e/o sotterranee.

I reflui urbani contengono sempre una gran varietà di elementi traccia in concentrazioni molto variabili a seconda della loro origine e delle attività dell'ambiente urbano da cui provengono. Nonostante i sistemi di depurazione secondaria dei reflui urbani non prevedano trattamenti specifici tendenti ad eliminare gli elementi traccia, essi risultano in gran parte rimossi, in forme adsorbite o di precipitati, con i solidi in sospensione. In definitiva, essi si concentrano nei fanghi di depurazione, più che negli effluenti. Pertanto, la concentrazione degli elementi traccia nei reflui secondari (Tab. 3) risulta in genere ben al di sotto dei limiti richiesti per le acque di irrigazione e le quantità realmente apportate al suolo con tali effluenti sono generalmente bassi. Ciò nonostante, il livello degli elementi traccia è una caratteristica importante e molto variabile degli effluenti secondari usati per l'irrigazione e va sempre tenuto rigorosamente sotto controllo analitico sia nel refluo, che nel suolo e nei tessuti vegetali. Poiché gli elementi traccia tendono ad accumularsi nel suolo, irrigazioni con reflui urbani molto prolungate nel tempo possono portare ad incrementi marcati della loro concentrazione nel suolo ed all'insorgere di effetti tossici dilazionati nel tempo. Stime attendibili suggeriscono comunque che un tipico effluente secondario può essere applicato per circa 100 anni al suolo, alla dose di irrigazione comunemente usata nelle regioni aride e semi-aride di 1200 mm/anno, prima che l'accumulo di qualsiasi elemento traccia nel suolo possa raggiungere la soglia di rischio attualmente proposta per l'elemento (Page e Chang, 1985).

Tra gli elementi traccia comunemente riscontrati negli effluenti secondari, il Mn, Fe, Al, Cr, As, Se, Sb, Pb e Hg sono presenti in concentrazioni talmente basse e/o hanno attività chimica talmente ridotta nel suolo, che il loro apporto col refluo non è ritenuto rischioso per le colture agrarie e l'ambiente in generale. Il Cd, Cu, Ni, Zn, Mo e B sono considerati invece elementi traccia che possono limitare l'uso dei reflui per l'irrigazione. Ciò, a causa sia della loro concentrazione a volte relativamente elevata nel refluo, che della fitotossicità dilazionata nel tempo che può insorgere in seguito al loro accumulo nel suolo. In certe condizioni, per esempio nel caso di suoli che presentano microdeficienze nutritive come i suoli calcarei, l'apporto di micronutritivi con i reflui può risultare molto vantaggioso per le colture.

Gli elementi traccia sono presenti negli effluenti secondari sia nelle particelle solide in sospensione che allo stato disciolto. La frazione associata ai solidi sospesi viene trattenuta dal suolo soprattutto per filtrazione e pertanto si accumula nella zona superficiale, mentre la frazione disciolta si infila e penetra nel suolo entrando a far parte della sua fase liquida.

Gli elementi traccia nello stato sospeso e, soprattutto, nello stato disciolto interagiscono con i componenti del suolo attraverso numerosi e differenti reazioni chimiche, tra cui le principali sono: lo scambio ionico, l'adsorbimento specifico (o chemiadsorbimento), la precipitazione e la formazione di complessi (Fig. 2). Altri processi cui soggiacciono gli elementi traccia nel suolo sono l'assunzione da parte delle piante superiori e l'incorporazione da parte dei microorganismi, varie reazioni di ossidoriduzione abiotiche e/o biotiche ed, eventualmente (As, Se, Hg), la volatilizzazione (Fig. 2). Tutte queste reazioni possono verificarsi

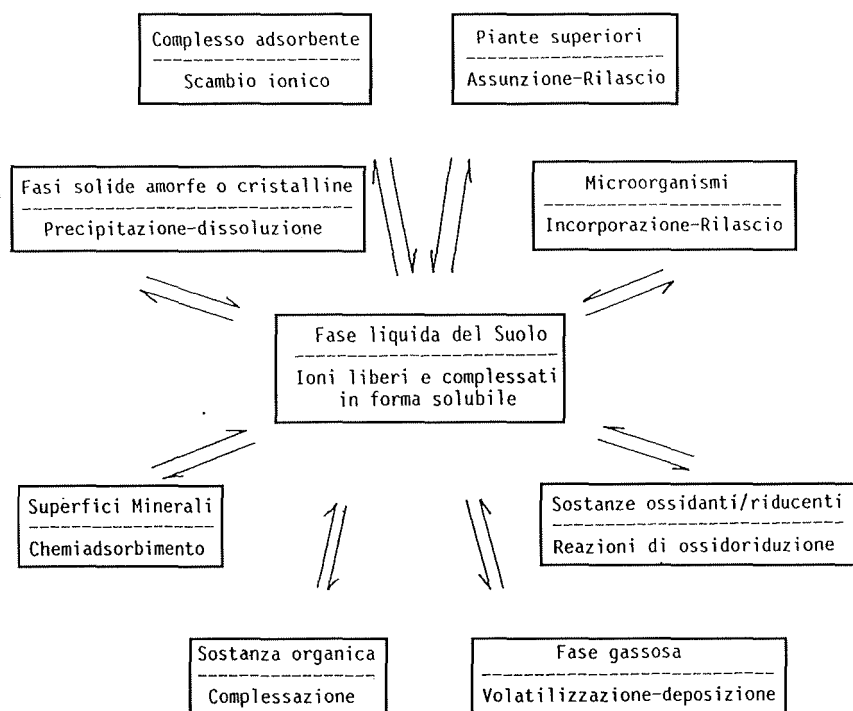


Fig 2 - Diagramma schematico dei possibili processi che gli elementi traccia possono subire nel suolo.

in parte simultaneamente e sono più o meno reversibili, in dipendenza di diversi fattori cinetici e termodinamici che le influenzano e delle condizioni e proprietà del suolo.

Le principali proprietà del suolo che influenzano la solubilità e quindi la ritenzione degli elementi traccia sono: la tessitura, la CEC, il pH e il contenuto in sostanza organica ed in ossidi amorfi di Fe, Al e Mn (Feigin et al., 1991; Page e Chang, 1985; Chang e Page, 1983). Il livello di ritenzione di molti elementi traccia sia cationici che anionici aumenta all'aumentare della CEC e del contenuto in argilla e in ossidi di ferro del suolo. Piccole variazioni nel pH provocano notevoli variazioni nell'adsorbimento degli elementi traccia sulle superfici dei componenti del suolo. In particolare, la solubilità degli elementi cationici aumenta e quella degli elementi anionici diminuisce, al diminuire del pH. La presenza e la natura della sostanza organica del suolo influenza notevolmente la solubilità di molti elementi traccia che possono formare complessi stabili con ligandi organici.

La maggior parte dei suoli presenta un'elevata capacità di ritenzione nei confronti degli elementi traccia, che si accumulano in gran quantità nello strato superficiale (circa 20 cm). Ciò nonostante, la capacità del suolo a trattenere questi elementi non è illimitata e fenomeni di lisciviazione sino alle acque profonde, anche se limitati, sono stati riscontrati soprattutto in terreni con elevata velocità di infiltrazione ed elevata conducibilità idraulica.

Composti Organici Naturali e di Sintesi

Poiché i metodi di trattamento primari e secondari standard rimuovono la maggior parte dei materiali organici presenti allo stato sospeso e dissolto nei reflui grezzi, i valori tipici di BOD e COD negli effluenti secondari sono molto minori che nel refluo grezzo (Tab. 1) e le quantità di sostanze organiche apportate al suolo dall'effluente risultano relativamente basse. Per esempio, l'applicazione di 1200 mm/anno di un comune effluente secondario contenente 50 mg/l di C organico ne apporta al suolo 600 Kg/ha all'anno.

La maggior parte dei composti organici presenti negli effluenti sono di origine naturale e, data la loro bassa concentrazione ed il favorevole rapporto C/N, risultano favorevoli alla fertilità del suolo, in seguito al rilascio di azoto e altri elementi nutritivi per mineralizzazione. Inoltre, essi esercitano effetti positivi sulla struttura del suolo e sulla sua stabilità. Effluenti che

presentano un elevato valore residuo di BOD possono comunque creare problemi riducendo il livello di ossigeno nel suolo con intensificazione dei processi di denitrificazione.

Insieme alle sostanze organiche di origine naturale, negli effluenti secondari è riscontrata la presenza di numerosi composti organici di origine sintetica in concentrazioni molto basse (in traccia) e tutti intrinsecamente tossici (Tab. 2). Sebbene i processi di trattamento primari e secondari convenzionali non prevedono in maniera specifica la rimozione di composti organici in traccia, tali processi riducono notevolmente il loro numero e la loro concentrazione nel refluo, per cui l'impatto ambientale associato alla loro applicazione al suolo risulta nettamente inferiore a quello derivante da altre fonti di inquinamento organico, quali i pesticidi ed i loro residui.

I principali processi cui i composti organici in traccia sono soggetti nel suolo, e che ne riducono notevolmente l'impatto ambientale, sono l'adsorbimento, la volatilizzazione, la degradazione biotica e abiotica e la fotodecomposizione. Inoltre, tali composti possono in parte traslocare dal suolo alle acque superficiali per ruscellamento ed alle acque profonde per lisciviazione, nonché essere assunti dalle piante superiori e/o dai microorganismi.

Gli indici normalmente usati per descrivere e valutare il comportamento ed il destino dei composti organici in traccia nel suolo sono simili a quelli usati per i pesticidi: il coefficiente di ripartizione tra acqua e aria, K_w , il coefficiente di adsorbimento, K_d o K_{oc} , ed il coefficiente di ripartizione ottanolo-acqua, K_{ow} (Chang e Page, 1985). L'entità dei fenomeni di volatilizzazione viene valutata attraverso la misura del coefficiente di ripartizione del composto tra la fase liquida e la fase gassosa, K_w . Molti composti aromatici, quali il benzene, il toluene, il cicloesano e l'acido benzoico sono volatili e possono essere in parte rimossi dal suolo per evaporazione. L'aumento della temperatura e della ventilazione aumenta la volatilizzazione, mentre l'aumento del contenuto in sostanza organica la diminuisce. I valori dei coefficienti K_d , K_{oc} e K_{ow} danno una misura dell'adsorbimento del composto organico da parte dei composti del suolo ed in particolare della sostanza organica.

I fenomeni di degradazione possono essere di natura chimica, di natura biologica, cioè catalizzati da enzimi ed operati da microorganismi del suolo, e di natura fotochimica (Senesi, 1993). L'entità e la velocità di tali processi dipende dalle proprietà chimiche del composto organico, dalle proprietà del suo-

lo e dal tipo di microorganismi presenti. Nella Tab. 6 sono riferiti alcuni esempi di valori di vita media per alcuni composti organici. Alcuni composti organici in traccia apportati al suolo con i reflui, quali i fenoli e i chinoni, possono inibire alcune attività enzimatiche nel suolo e/o ridurre alcune popolazioni microbiche. Alcuni composti organici, quali gli aromatici polinucleari e fenolici, possono anche essere degradati per via fotolitica alla superficie del suolo (Senesi, 1993).

Poiché i valori di BOD e COD non danno alcuna indicazione sulla composizione delle sostanze organiche presenti nel refluo, nè consentono di identificare i composti organici tossici, la determinazione quali-quantitativa di tali composti va eseguita tramite l'uso di metodi analitici più sofisticati e specifici.

Patogeni

Gli organismi patogeni che possono sopravvivere ai moderni trattamenti di depurazione secondaria comprendono numerosi batteri, protozoi, elminti (vermi parassiti) e virus. Tali organismi patogeni vengono quindi immessi nel suolo coll'uso degli effluenti di irrigazione.

I tempi di sopravvivenza dei patogeni nel suolo variano da poche ore a parecchi mesi (Tab. 7). Per la maggior parte dei patogeni un periodo di 2-3 mesi dall'apporto nel suolo è sufficiente

Tab. 6 - Valori di vita media relativi alla decomposizione di alcuni composti organici (Overcash, 1983).

Composto	Valori approssimativi di vita media
Amminoantrachinoni	100-2200 giorni
Antracene	110-180 giorni
Benzo (a)pirene	60-420 giorni
Esteri n-butilftalici	80-180 giorni
Tensioattivi nonionici	300-600 giorni
2,4-metilnilina	1,5 giorni
n-nitrosodietilammina	40 giorni
Fenolo	1,3 giorni
Pirocatechina	12 ore
Acido acetico	5-8 giorni
Idrochinone	12 ore
MCellulosa	35 giorni

Tab. 7 - Tempi di sopravvivenza di alcuni patogeni nel suolo (Frankenberger, 1985).

Organismo	Tempi di sopravvivenza (giorni)
Coliformi	38
Streptococchi	35-63
Streptococchi fecali	26-77
Salmonelle	15- >280
Salmonella del tifo	1-120
Bacilli della tubercolosi	>180
Leptospire	15-43
Enterovirus	8-175

per ridurne il numero a livelli trascurabili. La sopravvivenza dei batteri enterici nel suolo dipende da numerosi fattori. L'aumento dell'umidità del suolo, l'abbassamento della temperatura ed un elevato contenuto di sostanza organica ne favoriscono la sopravvivenza, mentre condizioni di pH acide o basiche, l'illuminazione solare, e la presenza di microflora antagonista nel suolo la sfavoriscono (Frankenberger, 1985). I protozoi e gli elminti presentano tempi di sopravvivenza nel suolo simili a quelli dei batteri enterici. Gli enterovirus sono inattivati nel suolo dalla presenza di cloruri, da elevate temperature ed elevati valori di pH, da specie virucide come l'ammoniaca e dalla microflora antagonista, mentre la sostanza organica e l'argilla esercitano un'azione protettiva sui virus aumentandone i tempi di sopravvivenza.

I patogeni apportati dall'irrigazione coi reflui in genere si accumulano sulla superficie del suolo, ma possono migrare per trasporto da parte di insetti ed altri animali e per ruscellamento, ovvero percolare lungo il profilo del suolo ed occasionalmente raggiungere le acque profonde. I principali fattori che limitano la migrazione dei patogeni nel suolo sono l'azione filtrante, la sedimentazione e l'adsorbimento da parte della sostanza organica e dei minerali argillosi. L'adsorbimento dei virus da parte del suolo è anche favorito da una elevata CEC, elevati contenuti di argilla e di sostanza organica e bassi valori di pH e di forza ionica nella fase liquida.

Conclusioni

Le interazioni poste in atto in seguito all'applicazione al suolo di reflui urbani per scopi irrigui dipendono dalla composizione e proprietà sia del refluo che del suolo, nonché dalle dosi

di refluo usato e dalle condizioni geoclimatiche del sito. Nel caso di suoli adibiti ad uso agricolo, non si può prescindere dagli effetti esercitati dal refluo sulle colture, attraverso il suolo, così come si devono tenere in debito conto gli effetti sulle acque superficiali e profonde.

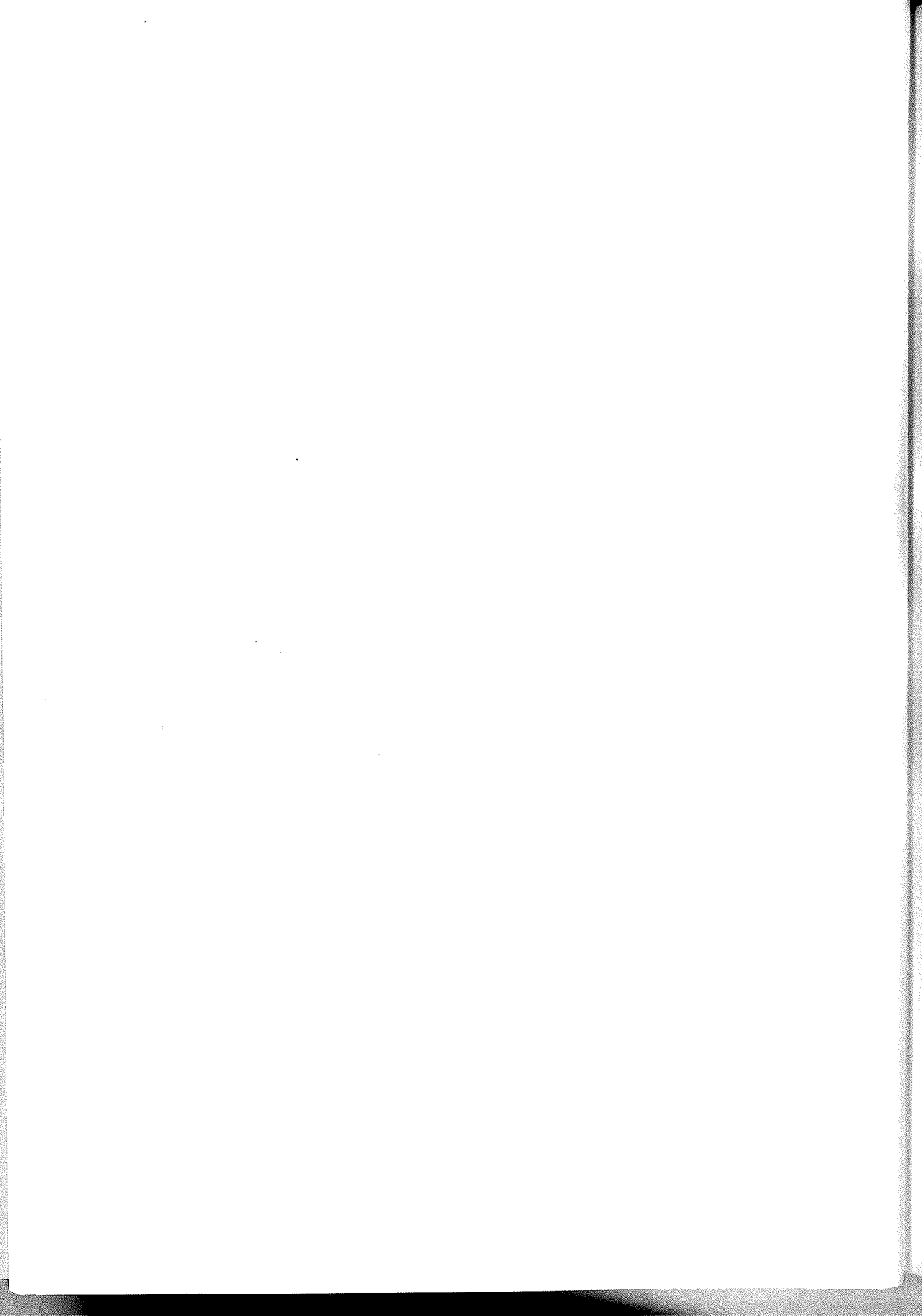
Il refluo apporta al suolo sia acqua che elementi nutritivi, ma anche elementi inorganici ed organici in traccia potenzialmente inquinanti per il suolo e le acque e potenzialmente tossici per le colture ed a rischio per la catena alimentare.

Le considerazioni sviluppate in questo testo in merito all'applicazione al suolo adibito ad uso agricolo di reflui urbani che abbiano subito i comuni trattamenti di depurazione definiti "secondari", portano a concludere che in generale tale pratica presenta sperimentati ed indubbi benefici per la fertilità del suolo e la produzione agraria che si avvantaggia, oltre che dell'acqua, anche degli elementi nutritivi, soprattutto azoto e fosforo. D'altro canto, è stato ampiamente dimostrato come l'apporto col refluo di elementi inorganici ed organici in traccia non crea, anche sul lungo periodo, rischi di inquinamento per il suolo, di tossicità per le colture e di contaminazione delle acque superficiali e profonde.

Ciò nonostante, data la estrema variabilità della composizione e proprietà, nonché della gestione dei sistemi interagenti, refluo e suolo, e delle condizioni geoclimatiche dei siti di applicazione, sono in ogni caso suggeriti controlli continui a livello analitico, qualitativo e quantitativo, in modo da evitare l'insorgere di fenomeni non desiderati che possono portare a conseguenze estremamente dannose per il suolo, i corsi d'acqua, le piante, gli animali e la catena alimentare, fino all'uomo.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ACCADEMIA NAZIONALE DI AGRICOLTURA. *Agricoltura e Ambiente*. Edagricole (1991).
- 2) BOWER H., CHANEY R.L.: *Land treatment of wastewater*. Adv. Agron. 26: 133-176 (1974).
- 3) CHANG A.C., PAGE A.L.: *Fate of trace metals during land treatment of municipal wastewater*. In: Page A.L., T.L. Gleason III, J.E. Smith Jr., I.K. Iskandar, L.E. Sommers (eds.). *Utilization of municipal wastewaters and sludge on land*. University of California, Riverside, pp. 107-122 (1983).
- 4) CHANG A.C., PAGE A.L.: *Fate of wastewater constituents in soil and groundwater: trace organics*. In: Pettigrove G.S., T. Asano (eds.) *Irrigation with reclaimed municipal wastewater - a guidance manual*. Lewis publishers, inc., Chelsea, MI pp. 15.1-15.20 (1985).
- 5) FEIGIN A., RAVINA I., SHALHEVET J.: *Irrigation with treated sewage effluent. Management for Environmental Protection*. Advanced Series in Agricultural Sciences 17, Springer-Verlag, Berlin (1991).
- 6) FRANKENBERGER W.T.: *Fate of wastewater constituents in soil and groundwater: pathogens*. In: Pettygrove G.S., T. Asano (eds.) *Irrigation with reclaimed municipal wastewater - a guidance manual*. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI, pp. 14.1-14.25 (1985).
- 7) IDELOVITCH E., MICHAEL M.: *Gross organics measurements for monitoring of wastewater treatment and reuse*. In: Copper W.J. (ed.) *Chemistry of water reuse*, vol. I, Science Publisher, Ann Arbor, pp. 35-64 (1981).
- 8) PAGE A.L., CHANG A.C.: *Fate of wastewater constituents in soil and groundwater: trace elements*. In: Pettygrove G.S., T. Asano (eds.) *Irrigation with reclaimed municipal wastewater - a guidance manual*. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI, pp. 13.1-13.16 (1985).
- 9) PAGE A.L., GLEASON T.L. III, SMITH J.E. JR., ISKANDAR I.K., SOMMERS L.E.: *Proc. of the 1983 Workshop on Utilization of municipal wastewater and sludge on land*. University of California, Riverside, (1983).
- 10) PETTYGROVE G.S., ASANO T.: *Irrigation with reclaimed municipal wastewater - a guidance manual*. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI (1985).
- 11) SANKS R.L., ASANO T.: *Land treatment and disposal of municipal and industrial wastewater*. Ann. Arbor Science, Ann. Arbor, MI (1976).
- 12) SENESI N.: *Organic pollutant migration in soils as affected by soil organic matter. Molecular and mechanistic aspects*. In (D. Petruzzelli and F.G. Helfferich, eds.) *Migration and Fate of Pollutants in Soils and Subsoils*. NATO-ASI Series, Vol. G32, Springer-Verlag, Berlin, 47-74 (1993).
- 13) SEQUI P.: *Chimica del suolo*. Patron Editore, Bologna, 1989.
- 14) SHUVAL H.I.: *Health considerations in water renovation and reuse*. In: *Water renovation and reuse*. Academic Press, New York, London, pp. 33-72 (1977).



BIO-MONITORAGGIO E FUNZIONALITÀ DELL'AMBIENTE (1)

B. CECCANTI*, G. MASCIANDARO*, C. GARCIA**

* CNR - Istituto per la Chimica del terreno - Via Corridoni, 78 - 56125 Pisa

** CEBAS - Centro de Edafologia y Biología Aplicada del Segura CSCI - 30080 Murcia (Spagna)

Prologo: ecologia ambientale

“Dato che il comportamento degli abitanti del nostro Pianeta verso la natura e degli uni verso gli altri è fonte di crescenti guasti inflitti all'ambiente e alle risorse necessarie per far fronte ai bisogni dell'umanità e garantire la sua sopravvivenza, mi impegno a contribuire, al meglio delle mie possibilità, a fare della terra una dimora stabile ed ospitale per le generazioni future”.

Questo è il “Patto del pianeta terra” stipulato durante l'Hearth Summit di Rio De Janeiro (1992) e consiste in una “dichiarazione d'impegno” che è stata diffusa in numerose lingue e firmata da centinaia di milioni di persone nel mondo.

Il Summit Mondiale, o più propriamente la Conferenza dell'ONU su Ambiente e Sviluppo, ha trattato un gran numero di

(1) Il libro “Environmental Biochemistry in Practice - I - *Waste and soil Management*” è stato realizzato con la collaborazione di Autori esperti dei diversi settori disciplinari della scienza del suolo. Il Volume 1 è scaturito, in larga parte, dalle ricerche svolte nel periodo 1989-92 nell'ambito della cooperazione internazionale fra CNR e il Consejo Superior de Investigaciones Cientificas (CSIC) di Spagna; in parte è frutto anche dell'azione di coordinamento e di stimolo delle Commissioni III e IV della SISS. L'edizione, a cura del Servizio Tecnografico dell'Area di Ricerca del CNR di Pisa, è stata curata da Brunello Ceccanti e Carlos Garcia.

Il Capitolo 1 del libro induce ad una riflessione generale sulla costituzione e sulla vulnerabilità degli ecosistemi naturali, di cui il suolo è parte essenziale, richiamando in sintesi gli argomenti trattati negli altri 5 capitoli.

problemi ambientali, come la desertificazione, il cambiamento climatico, la conservazione della biodiversità, lo sviluppo sostenibile, l'inquinamento e gli effetti dei residui solidi e liquidi sulla salute degli uomini, la deforestazione, l'etica e le scienze biotecnologiche.

Scienziati e tecnologi anzichè criticare ogni aspetto di degradazione dell'ambiente, dovrebbero suggerire, a livello locale, interventi pratici per limitare "ab origine" cause di ulteriori stress ambientali.

In questo libro gli argomenti sono stati presentati, in modo concettuale, cercando di soddisfare l'esigenza di non separare gli studi sull'ambiente dall'approccio ecologico globale per valutare le proprietà generali, la struttura, l'organizzazione e la funzionalità dell'ambiente stesso.

I sistemi ecologici funzionano in condizioni lontane dall'equilibrio termodinamico e la vita, in quanto espressione di ordine, è possibile solo in queste condizioni (De Marchi, 1992). L'equilibrio è infatti, uno stato in cui non ci sono più differenza di temperatura da un punto all'altro del sistema, né di pressione né di concentrazione; si tratta di uno stato, dunque, dove non è più possibile alcuna trasformazione, alcun lavoro, alcuna forma di vita.

Tuttavia, anche in condizioni lontane dall'equilibrio si possono realizzare situazioni tendenzialmente stabili, o, per meglio dire, condizioni di stato stazionario dinamico.

Nei sistemi viventi, la condizione di stato stazionario dinamico è alla base del "segreto" degli organismi viventi che sembrano sfidare il principio della termodinamica. I sistemi viventi, aumentano il loro ordine interno, diminuendo così l'entropia del loro sistema, grazie alla capacità di "pompate fuori il disordine" cioè di attivare un flusso di entropia in uscita (processo dissipativo) (Nicolis e Prigogine, 1977).

In natura, le strutture dei sistemi viventi sono frequentemente assai complesse (frattali, modulari ecc.) ma spesso sono basate su poche leggi essenziali, cioè prive di accessori superflui che permettono di attuare una strategia efficace per ottimizzare l'uso delle risorse.

La vita sulla terra è sostenuta dalla corretta utilizzazione delle risorse naturali (che sono peraltro limitate) e l'energia solare è responsabile del funzionamento dei sistemi naturali. L'efficienza nell'utilizzazione delle risorse naturali e dell'energia solare è basata sul modello dello "sviluppo sostenibile". Con questo modello i *sistemi naturali* hanno realizzato la strategia dell'autoper-

petuazione della vita sulla terra: le risorse naturali sono utilizzate, in natura, al meglio e non al massimo (WCED, 1987; Pearce et al., 1988).

Perché sia soddisfatta questa esigenza, i processi di trasformazione degli elementi naturali devono necessariamente essere "cicli chiusi" e spesso i cicli sono caratterizzati da una riciclaggio dei nutrienti all'interno del sistema, o tra sistemi diversi; in questo modo è rispettato il principio della conservazione della materia sulla terra che rappresenta, quindi, un sistema chiuso. Nell'ambiente umano la situazione è assai diversa: l'uomo ha accumulato alcune sostanze in determinati compartimenti, impoverendoli talora in modo talmente massiccio da alterare profondamente i cicli naturali, aprendoli e rendendoli sempre più simili a flussi unidirezionali anziché a veri e propri cicli. Questa azione dell'uomo è dannosa perché molte sostanze accumulate nell'ambiente ("i rifiuti") non vengono riciclate dai processi naturali, oppure vengono riciclate a velocità molto inferiori a quelle con cui vengono rilasciate dall'uomo.

Il risultato di questi "cicli aperti" è perciò l'inquinamento dell'ambiente. L'inquinamento è una condizione patologica per cui la "pompa che riversa all'esterno il disordine" inverte il senso: il disordine entra nel sistema diminuendone il suo ordine interno.

Per non inquinare l'uomo deve imparare dalla natura la strategia dei cicli chiusi, cioè deve riciclare e riutilizzare i rifiuti all'interno del suo sistema, perché venga evitata una degradazione irreversibile dell'ambiente.

"Stato" della biosfera: approccio concettuale

Nell'ultimo ventennio il rapporto uomo-ambiente sta diventando sempre più complesso, a causa dello sviluppo sociale, economico e tecnologico che ha modificato l'ambiente in maniera sostanziale. Le perturbazioni naturali e quelle indotte dall'uomo hanno interessato tutti gli ecosistemi della terra; per questa ragione, "l'ecologia" dovrebbe essere definita "ecologia globale" (Rambler et al., 1989) in quanto studia le relazioni tra l'uomo e l'intera biosfera. La biosfera è il livello più alto di organizzazione biologica e comprende, in breve, le "sostanze viventi" (biomassa vegetale, animale e microbica) degli ecosistemi naturali; essa presenta proprietà omeostatiche ed esercita quindi, entro certi limiti, un controllo sull'ambiente geochimico (es. tamponamento dell'anidride carbonica atmosferica).

La biosfera si è formata in migliaia di milioni di anni, grazie alle interazioni tra l'energia solare (che rappresenta, praticamente, l'unica fonte di energia per gli animali e per tutti i processi biodinamici), gli organismi viventi (piante in particolare), minerali abiotici e rocce (Fig. 1).

L'insieme della biosfera e delle componenti che la circondano (atmosfera, idrosfera e litosfera) costituisce un ecosistema: l'unità di base per il funzionamento della Natura (Ravera, 1991). La litosfera, l'atmosfera e l'idrosfera rappresentano la componente abiotica dell'ecosistema, mentre la biosfera, la componente biotica.

L'attività dell'uomo ha alterato profondamente ciascun componente della biosfera; questa attività include la deforestazione di vaste aree, lo sterminio di numerose specie di piante, animali e microrganismi sui suoli degradati, del plancton e delle comunità bentoniche nei fiumi, nei laghi e nel mare. Tutti questi fatto-

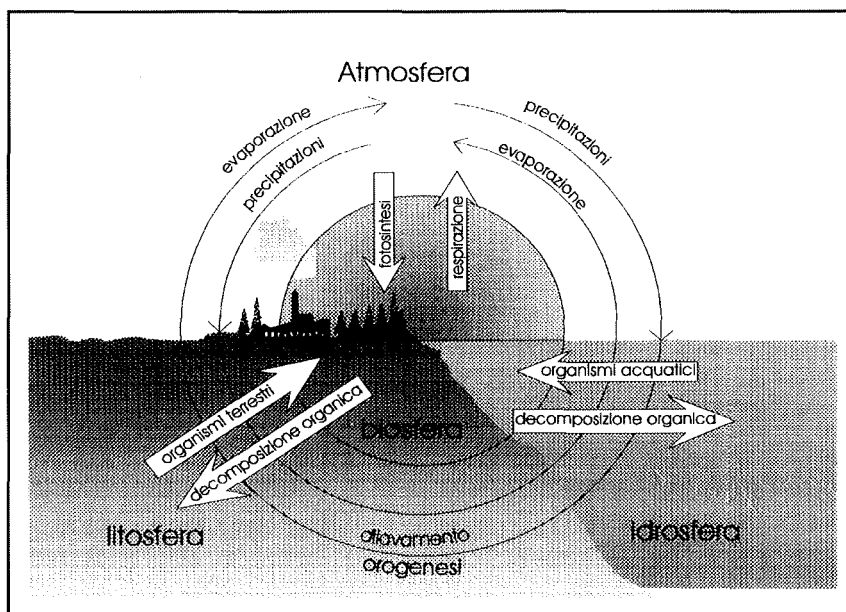


Fig 1 - Componenti dell'ecosistema e relativi scambi di energia e materia. La coppia di frecce rettilinee a sinistra indica gli scambi tra suolo e biosfera che regolano, in larga parte, il ciclo biogeochimico degli elementi sul pianeta, come ad esempio la fissazione di azoto e la denitrificazione ad opera di microrganismi, oppure la mobilizzazione-immobilizzazione dei metalli pesanti. Da: E.S. Deevey, Le Scienze n. 28, dicembre 1970, modificato (citato da Ippolito F. 1993).

ri contribuiscono all'impoverimento della flora e della fauna e riducono il volume ed il peso della biomassa, modificandone la funzionalità della vita.

Gli effetti dell'espansione dell'uomo possono essere valutati tenendo in considerazione i cambiamenti globali nei cicli geochimici (ciclo dell' H_2O) ed in quelli biogeochimici (cicli dei principali elementi nutritivi) ed il grande impatto (spesso difficile da quantificare perché non può essere precisamente misurato) sulla variabilità delle specie degli habitat naturali.

La totalità delle acque reflue civili ed industriali è tale da coprire la superficie terrestre con uno strato di circa 20 cm (Kovda, 1976) e sta diventando uno dei maggiori problemi di inquinamento ambientale. Inoltre lo sviluppo delle industrie chimiche, delle attività minerarie, degli incendi, etc, ha provocato l'enorme (in volume e varietà) accumulo di rifiuti e sottoprodotti di origine chimica (tra cui ricordiamo gli ossidi di N, C e S, composti del Pb, Hg, Cd, Mn, F, As e vari idrocarburi) che normalmente sono estranei alla biosfera.

L'accumulo di questi composti, ha provocato la riduzione dello strato di ozono, l'effetto serra, l'acidificazione e la solforazione delle precipitazioni atmosferiche, dei suoli e delle acque, l'eutrofizzazione dei fiumi e dei laghi, la contaminazione del suolo e delle acque con tracce di elementi che normalmente sono estranei, o perlomeno a certe concentrazioni, agli ambienti biosferici. In breve, l'attività dell'uomo ha esaltato il processo di "polichemizzazione" dell'ambiente, processo che solo raramente è dovuto a cause naturali. Ad esempio, l'equilibrio tra l' O_2 prodotto dalla fotosintesi vegetale e l' O_2 richiesto per la decomposizione della sostanza organica e per l'ossidazione naturale dei metalli ridotti è stato grandemente modificato. L'alta velocità con cui l' O_2 è consumato da tutti i metalli ridotti, che aumentano in concentrazione come conseguenza dell'azione dell'uomo, potrebbero portare ad un prossimo rischio: la "mineralizzazione del mondo" con molecole di O_2 sempre meno disponibili nell'atmosfera, e sempre più fissati negli ossidi della litosfera.

Perturbazioni: aspetti generali

I sistemi ecologici sono costantemente sottoposti ad una varietà di perturbazioni; questi sistemi si allontanano dallo stato stazionario di partenza, in risposta alle modificazioni ambien-

li (resistenza), ma hanno la possibilità di recuperare e cioè di ritornare alla configurazione di stato stazionario, configurazione che può essere identica (risposta di stabilità) o diversa (risposta di metastabilità) dalla configurazione originale. I sistemi ecologici sono in grado di rispondere alle cause esterne di perturbazione, grazie alle loro proprietà omeostatiche, ed il tempo di recupero (resilienza) dipende dalla intensità, dalla durata e dalla variabilità spaziale della perturbazione stessa (Edwards et al., 1993).

Risposta di stabilità: il sistema sotto stress è lontano dal suo stato stazionario (situazione iniziale S_i), ma dopo la perturbazione ritorna alla configurazione originaria (situazione finale, S_j). In questo tipo di risposta la situazione finale è identica a quella iniziale: $S_j = S_i$ (Fig. 2a).

Risposta di metastabilità: il sistema viene modificato da una situazione di stress, ma poi recupera andando verso una nuova configurazione (S_f) diversa da quella originaria (S_i), senza ritornare alla situazione originaria (S_i).

La situazione finale è diversa da quella iniziale: $S_f \neq S_i$; in

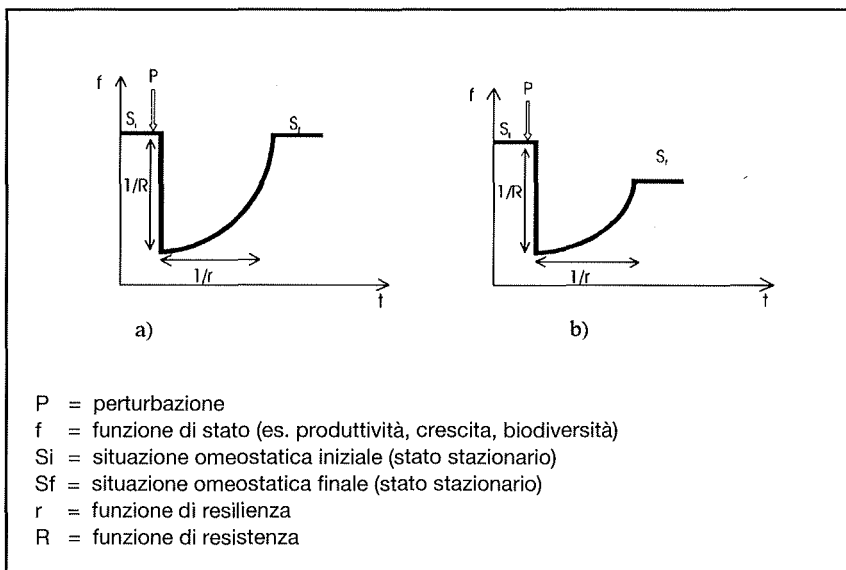


Fig 2 - Risposta di stabilità (a) e metastabilità (b) nello stato stazionario dell'omeostasi (De Marchi, 1992, modificato).

ogni caso, S_f è una condizione di stato stazionario dinamico che dovrebbe assicurare maggiore stabilità al sistema, aumentando la diversità della specie o creare condizioni per la massima produttività, specialmente quando le perturbazioni sono indotte da cause naturali (Fig. 2b).

La differenza tra le perturbazioni naturali e quelle generali o indotte dall'uomo, è nel tempo di recupero: sistemi che sono frequentemente perturbati (da perturbazioni naturali) generalmente hanno una rapida risposta di recupero rispetto ai sistemi che sono perturbati meno frequentemente (perturbazioni generali o indotte dall'uomo).

Spesso, maggiore è il tempo che intercorre tra le perturbazioni e maggiore è l'intensità di ciascuna perturbazione. I sistemi dipendenti dalle perturbazioni e caratterizzati da periodiche fluttuazioni naturali, tendono ad avere una bassa vulnerabilità a degenerare ed una rapida risposta di recupero (Fig. 3) (Hull and Muller, 1977); queste perturbazioni naturali sono necessarie per l'evoluzione degli ecosistemi terrestri.

I sistemi indipendenti dalle perturbazioni, che comprendono sistemi che sono sottoposti a perturbazioni generali o indotte dall'uomo, sono estremamente vulnerabili alla degenerazione e recuperano molto lentamente (Fig. 4) (Likens et al., 1978); la lenta risposta di recupero di questi sistemi è legata alla caratteristiche delle perturbazioni generali che, di solito, sono inaspetta-

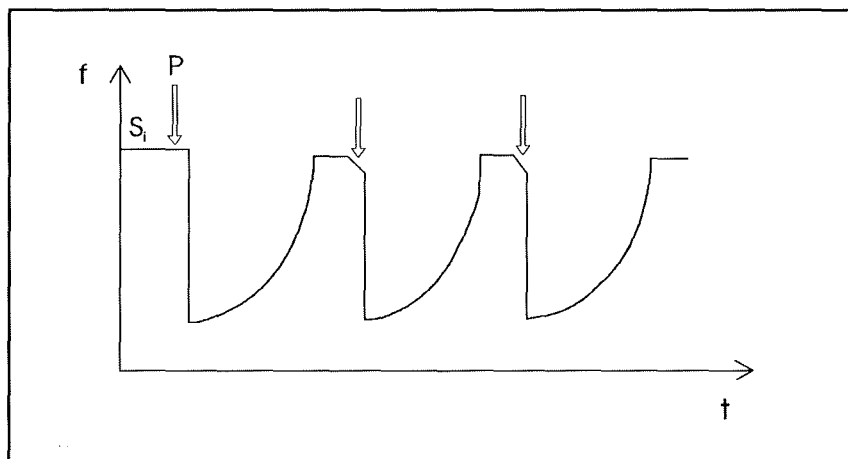


Fig 3 - Perturbazioni naturali in ecosistemi perturbazione-dipendenti; la risposta di recupero è rapida.

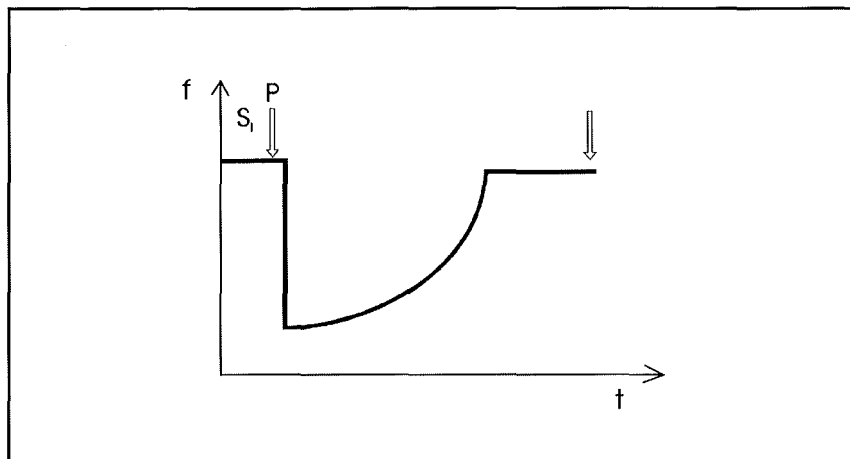


Fig 4 - Perturbazioni antropogeniche in ecosistemi perturbazione-indipendenti: la risposta di recupero è relativamente lenta .

te, non fasiche e intense. Quindi, mentre le perturbazioni naturali sono parte dell'evoluzione naturale dei sistemi viventi, le perturbazioni generali, creano instabilità, riducono la biodiversità, creano declino della produttività, causando, in definitiva, la degradazione dei sistemi, perché oltrepassano la capacità di recupero dei sistemi stessi (Vogl, 1977).

Normalmente, nei sistemi dipendenti dalle perturbazioni, solo raramente le perturbazioni sono premature e cioè avvengono prima che la risposta di recupero sia completata; quando le perturbazioni sono causate dalle attività dell'uomo, molto più frequentemente rispetto alle perturbazioni naturali, una nuova perturbazione si verifica prima che la risposta all'ultima perturbazione sia arrivata alla configurazione di stato stazionario (Fig. 5).

Questo potrebbe essere il caso di un suolo coltivato intensivamente, il cui livello di produttività potenziale declina rapidamente nei primi anni, ma poi tende a stabilizzarsi a livelli più bassi.

La produttività reale di questo suolo potrebbe essere sostenuta con un uso eccessivo di fertilizzanti e pesticidi, che sono, molto spesso, la causa di irreversibili danni ambientali. Per questa ragione, le perturbazioni generali sono considerati eventi che traumatizzano i sistemi.

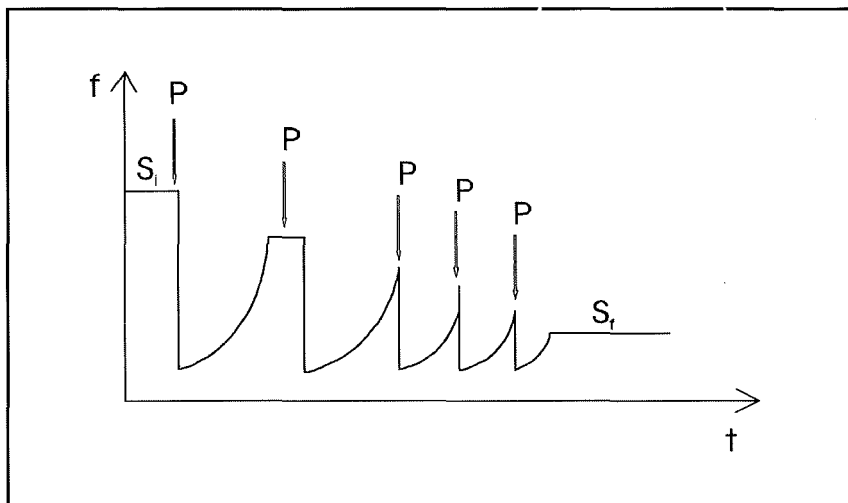


Fig 5 - Esempio di un sistema degenerato da perturbazioni indotte dall'uomo che si verificano frequentemente e prima che il sistema abbia raggiunto la configurazione di stato stazionario.

Perturbazioni indotte dalla natura

Il termine "perturbazione" è inappropriato quando gli organismi ed i sistemi dipendono da questi fenomeni. Questi eventi dovrebbero essere, in maniera più appropriata, definiti fenomeni "a breve termine" oppure fenomeni che "interrompono la continuità", in quanto i sistemi possono rispondere stabilendo un nuovo equilibrio identico all'originale (stabilità omeostatica).

Esempi di cause naturali di disturbo degli ecosistemi sono gli incendi, le glaciazioni, le eruzioni vulcaniche, le alluvioni, gli uragani ecc.

Esistono specie vegetali ed animali che, non solo sono adattate a queste cause naturali di stress, ma possiedono anche strutture, meccanismi e funzioni dipendenti dalle perturbazioni e normalmente gli effetti post-perturbazione coincidono con una nuova vita ed un accrescimento più vigoroso.

Tuttavia, quando le cause naturali di stress sono considerate su scala geologica, non sono definite perturbazioni o catastrofi, ma quando si considerano gli eventi naturali a breve termine in scala reale, spesso si dimentica che essi appartengono a processi dinamici a lungo termine e pertanto, vengono definiti "perturbazioni".

Perturbazioni indotte dall'uomo

I fenomeni prodotti dall'uomo, riguardano principalmente l'introduzione di rifiuti, prodotti chimici e sottoprodotti tossici nella biosfera. Centinaia di migliaia di sostanze introdotte dall'uomo nella biosfera, sono per la maggior parte estranee alla natura.

Le perturbazioni indotte dall'uomo, che sono imprevedibili quindi non fasiche, di solito creano instabilità, riducono la biodiversità e causano degradazione, in molti casi irreversibile, dei sistemi.

Tra gli esempi di interferenza dell'uomo sulla natura si possono annoverare la deforestazione non corretta o l'eccessiva coltivazione, la degradazione e l'erosione dei suoli, l'attività mineraria.

Attualmente, le foreste occupano circa il 26% della terra, rispetto al 34% di 10.000 anni fa. Lo sfruttamento e la gestione non corretta delle foreste, insieme allo sfruttamento dei suoli a scopo produttivo, sono le cause principali di erosione dei suoli. Si riporta (FAO, 1991 citato da Zentilli, 1992) che circa 5-7 milioni di ettari di terra sono interessati annualmente da fenomeni di erosione.

La conseguenza più diretta di queste pressioni antropogeniche è rappresentata dalla riduzione ed in alcuni casi dalla perdita di habitat e diversità genetica. Ricordiamo che la biodiversità è essenziale per un'agricoltura sostenibile, in quanto la varietà delle piante garantisce la stabilità delle rese.

L'omogeneità è invece la caratteristica dei sistemi agricoli moderni e questo rende le specie vegetali più vulnerabili a stress biotici ed abiotici. Interventi biotecnologici sono mirati a bloccare l'ulteriore riduzione della biodiversità ed esaltare la sua conservazione, che rappresenta non un lusso ma una necessità, per le generazioni attuali e per quelle future.

È necessario, allora, individuare specifici bioindicatori di degradazione ambientale che mettano in relazione la dinamica della biodiversità, i parametri chimico-fisici del terreno e le produttività potenziali dei suoli agricoli (Lal, 1988).

Biomarcatori di perturbazioni e recupero degli ecosistemi

Recentemente il termine "monitoraggio" ambientale è stato sostituito dal termine "biomonitoraggio" il cui significato si riferisce all'uso di specifici bioindicatori per ciascun ecosistema

(aria, acqua, suolo) in grado di fornire rapide informazioni sugli effetti biologici provocati dalle cause di perturbazione esterna, naturale o antropogenica sull'ambiente, e che siano in grado di valutare i risultati di possibili interventi di recupero degli ecosistemi degradati (Lorenzini et al., 1988).

Esempi di "biomarcatori" di degrado o recupero ambientale sono descritti dagli Autori nei capitoli del libro "Environmental Biochemistry in Practice" - I - Wastes and soil management (B. Ceccanti e C. Garcia, eds.)

Aria

Alcune specie di piante svolgono importanti funzioni nel monitorare la presenza e la diffusione di sostanze tossiche nell'aria; si tratta di piante molto sensibili a specifici inquinanti e capaci di fornire specifiche "risposte". Per esempio, concentrazioni significative di ozono troposferico, possono essere valutate, sia in termini quantitativi che qualitativi, attraverso l'uso di piante di tabacco; molto sensibili all'inquinamento atmosferico, specialmente a quello di origine urbana ed industriale, sono specie licheniche considerate "indicatori di presenza" della qualità dell'aria (Lorenzini, 1994).

Acqua

La qualità dei laghi, dei fiumi e dei mari è definita usando, insieme ai parametri chimico- idrogeologici, anche comunità macrobentoniche di invertebrati (Cingolani e Morosi, 1992), alcune specie di alghe (indicatori di trasporto dei nutrienti nell'acqua) e la presenza di alcune comunità batteriche (es. batteri zolfo-riduttori). Altri autori (Roberts et al., 1982; Sunda et al., 1987) hanno utilizzato come parametro-test di qualità dell'acqua, la crescita o la mortalità di *Eurytemora affinis* (una specie dello zooplankton). Hartwell et al. (1993) hanno trovato che la riproduzione (espressa come numero di uova fecondate), più che la crescita e la sopravvivenza di *E. affinis*, era un indicatore quantitativo per valutare lo stato delle acque naturali.

Suolo

L'inquinamento del suolo da acidificazione, pesticidi, metalli pesanti ecc., può essere valutato mediante l'uso di *Lumbricus terrestris* (Ma and Eijsackers, 1989) e di alcune popolazioni microbiche; per esempio batteri zolfo-ossidatori sono stati recentemente usati come parametri microbiologici di suoli agricoli inte-

ressati da fenomeni di acidificazione da SO_2 (Maccari, 1993; Saà et al., 1992) il principale responsabile delle piogge acide.

Una misura indiretta dell'attività e della quantità della biomassa microbica del suolo è data dall'ATP, determinato secondo il metodo di Ciardi e Nannipieri (1990). L'ATP è il principale responsabile delle reazioni bioenergetiche nei sistemi viventi; infatti è il principale agente fosforilante della maggior parte delle reazioni biochimiche e pertanto è la fonte primaria di energia nel metabolismo cellulare. Raramente l'ATP è stato trovato nei sistemi biologici non viventi (Ponnamperuma et al., 1963) in quanto l'ATP rilasciato in seguito alla morte dei microrganismi viene subito utilizzato da altri microrganismi viventi; quindi, la determinazione dell'ATP può essere considerata solo una misura degli organismi viventi all'interno di un ecosistema (Chambers, 1971). Tiff e Spiegel (1976) hanno usato l'ATP come un metodo rapido per misurare l'efficienza di disinfezione delle acque reflue.

Oltre ai parametri microbiologici, l'uso degli enzimi del suolo (come bioindicatori) è stato di grande interesse per monitorare i suoli degradati e per predire il risultato degli interventi di recupero di suoli (Dick e Tabatai, 1993).

Infatti, la determinazione di alcune attività enzimatiche, associata all'uso di parametri chimico-agronomici è stato considerato il miglior approccio per valutare lo stato dell'attività microbica del suolo e per comprendere la sua risposta al trattamento con fertilizzanti, alle pratiche di coltivazione (Ceccanti et al., 1994), ai fattori ambientali (Nannipieri et al., 1990; Maccari et al., 1994).

Gli enzimi del suolo possono essere considerati gli indicatori più sensibili del grado di evoluzione dei terreni, in quanto essi riflettono il passato di un suolo (per la loro presenza sotto forma di complessi umo-enzimatici) e lo stato biologico presente di quel suolo, grazie alla loro attività catalitica che gioca un ruolo chiave nel ciclo dei nutrienti. Un esempio è dato dall'uso delle attività enzimatiche per seguire la dinamica del recupero biologico di suoli formati su residui di escavazione mineraria o di altre attività industriali (suoli tecnogenici) (Ross et al., 1982; Gil-Sotres et al., 1992).

La componente extracellulare o abiotica degli enzimi è grandemente distribuita e stabilizzata nel suolo in quanto protetta dalle sostanze umiche, dai colloidi minerali, dalle argille che ne limitano la degradazione e la denaturazione (Ceccanti et

al., 1978; Nannipieri et al., 1982). Ceccanti e Garcia (1994) hanno trovato la formazione di frazioni umiche, enzimaticamente attive, anche durante un processo di compostaggio. Quindi, il ruolo degli enzimi extracellulari è importante non solo dal punto di vista agronomico, ma anche da quello ecologico; infatti, Skujins (1967) ha evidenziato un ruolo predominante degli enzimi extracellulari nella degradazione dei pesticidi nel suolo.

Così, gli enzimi extracellulari rappresentano il punto di transizione tra le reazioni chimiche e microbiologiche e, pertanto, possono essere considerati la struttura di connessione tra il mondo minerale ed il mondo organico di un ecosistema suolo.

Contenuto dei capitoli del libro "Environmental Biochemistry in Practice" - I - Wastes and soil management.

Questo libro vuole individuare pratiche di "conservazione" della qualità dell'ambiente, in particolare dell'ambiente naturale, al quale l'uomo dovrà rapportare le proprie azioni, se desidera promuovere forme di sviluppo sostenibili nel tempo. Gli autori nei vari capitoli, hanno proposto "strategie" semplificate e pratiche per il recupero di suoli degradati e per il riciclo e la trasformazione dei rifiuti, in modo tale da ottenere "prodotti finiti" da utilizzare in vario modo, principalmente per scopi agricoli come concimi o ammendanti organici dei suoli agrari, sperando, così, di rendere i *cicli naturali* sempre più simili a *cicli chiusi*.

Recentemente, lo studio e la manipolazione della microflora e dei processi microbici del suolo, è di grande interesse nel miglioramento e nell'incremento della fertilità agronomica. Nel capitolo 2 ("Soil Biotechnology", Grego S., Badalucco L., De Cesare F., Bonmati M. e Nannipieri P.) si presenta il ruolo fondamentale della biotecnologia, nella fertilità del suolo e nella nutrizione vegetale, come l'uso integrato della biochimica, della microbiologia, e delle scienze ingegneristiche (Lynch, 1983). Oltre all'uso dei microrganismi come mezzo per la "lotta biologica integrata", sta crescendo sempre più l'interesse nella possibilità di usare gli enzimi come agenti di controllo per limitare la diffusione di patologie vegetali, per distruggere composti fenolici nel suolo e nelle acque, e per degradare alcuni residui derivanti dall'attività agricola. Il capitolo si conclude con una review riguardante l'importanza delle attività enzimatiche nello studio degli effetti di diversi ammendanti (organici o minerali) sulle proprietà chimiche e biochimiche del suolo.

In base alle caratteristiche dei rifiuti, industriali (acque di vegetazione, residui dell'industria conciaria, residui dell'industria cartaria, ecc.), agricoli (paglia, residui vegetali, liquami animali, ecc.) e rifiuti urbani solidi e liquidi sono stati proposti diversi processi di trasformazione e recupero della frazione organica dei residui trattati. Il compostaggio, "un processo biologico aerobico di decomposizione dei costituenti organici dei rifiuti, che offre la possibilità di recuperare e riciclare la loro frazione organica", è il metodo più tradizionale di trasformazione dei residui solidi urbani e dei fanghi biologici, evitando il loro accumulo nell'ambiente ed abbattendo, quasi completamente, la loro tossicità iniziale. Nel capitolo 3 ("Composting: Biochemistry and Characterization", Garcia C., Hernandez T., Costa F. e Cecanti B.) sono stati studiati, oltre ai parametri tradizionali che caratterizzano un processo di compostaggio, anche la biochimica e la struttura delle sostanze umiche in formazione durante il processo.

La fermentazione anaerobica (capitolo 4: "Anaerobic-Aerobic Treatments of Agricultural Wastes", Masciandaro G.) può essere, invece, applicata come metodo di trattamento dei liquami animali e dei fanghi primari (chimico-fisici) e secondari (biologici) derivanti da processi di trattamento delle acque reflue agro-zootecniche. In questo capitolo la digestione anaerobica è utilizzata anche come *test biologico* per valutare la "stabilità" dei compost, in quanto la "biostabilità" è una condizione essenziale per l'applicazione del compost al terreno. Il capitolo si conclude con lo studio di un processo integrato di *digestione anaerobica/compostaggio aerobico* dei liquami animali e paglia di cereali, che riveste una grande importanza dal punto di vista ecologico, economico ed energetico, in quanto "produce" materiale pseudo-umico ed energia (biogas).

Nel capitolo 5 ("Waste Treated Soil and Crop Production", Benedetti A., Figliolia A. e Canali S.) si discute la possibilità di riciclare e trasformare i residui industriali per scopi agricoli: il fertilizzante ottenuto dai residui dell'industria conciaria (cuoio torrefatto) è considerato uno dei più importanti fertilizzanti organo-minerali; un altro esempio è dato dalle acque di vegetazione e i sottoprodotti derivati dalla loro trasformazione e/o depurazione, che possono essere utilizzati, grazie alle loro proprietà fertilizzanti, per migliorare la qualità del suolo.

Comunemente, quando si pensa al termine "suolo" lo si identifica come "mezzo fisico" di supporto per la crescita delle

piante; il concetto però è molto più ampio, in quanto il "suolo" oltre a costituire un substrato fisico (senso comune del termine), comprende anche una serie di altri componenti (aria, acqua, minerali, microrganismi) indispensabili per lo sviluppo e la crescita vegetale.

In senso ancora più generale, il suolo è l'interfaccia tra la comunità biologica, un sistema vivente lontano dall'equilibrio, e la litosfera, un sistema fisico che tende all'equilibrio termodinamico. Negli ambienti terrestri il suolo è la sede principale del processo di riciclaggio dei nutrienti, comprendente le fasi della umificazione e della mineralizzazione dei costituenti organici. Questo processo, che è in molti casi la regola e non l'eccezione degli ambienti naturali, è realizzato dai decompositori, i quali liberano le sostanze nutritive presenti nel suolo e le rendono nuovamente disponibili per i produttori. È chiaro che la riciclaggio è tanto più intensa quanto più l'ecosistema-suolo è maturo e stabile, e ciò permette di impiegare più razionalmente il flusso di energia disponibile nel sistema perché evita alla comunità biologica il grosso lavoro chimico della mineralizzazione, in quanto un suolo fertile e profondo, per esempio, costituisce una importante fase di riserva dei nutrienti minerali resi immediatamente disponibili per essere "riciclati". Quindi, le azioni di recupero degli ecosistemi degradati e gli interventi di riconversione ecologica dell'ambiente, prima di essere materia di tecniche ingegneristiche e geologiche, devono avere tra i principali obiettivi quello di preservare la fertilità dei terreni perché essi possano svolgere la funzione di riciclo in modo efficiente, cioè riacquistare nell'ambiente un ruolo funzionale e ricreativo (suoli utilizzati come parchi o campi da gioco, ecc.).

Il trattamento con sostanza organica di suoli di miniera "a cielo aperto" è un esempio di intervento di recupero della fertilità che ha lo scopo di riequilibrare i cicli biogeochimici dei principali nutrienti, migliorare le caratteristiche fisico-chimiche e biologiche dei terreni ed infine, ristabilire la potenziale fertilità di questi suoli (capitolo 6: *The Importance of Soil Biochemical Properties in the Reclamation of Lignite Mining Land*", Gil-Sotres F., Leirós M.C., Trasar-Cepeda M.C., Saà A. e Gonzales-Sangregorio M.V.).

Fino a non molti anni fa, come riportato in molti lavori, per definire la qualità del suolo, del compost o di altri materiali organici, sono stati usati prevalentemente i parametri chimico-fisici. Successivamente, lo studio dell'ecologia microbica è diventa-

ta sempre più affascinante ed interessante, perché prevede una conoscenza approfondita del comportamento e del significato dei microrganismi negli ambienti naturali "non disturbati" o interessati da attività antropiche. Da circa un ventennio, è cresciuto l'interesse nell'uso dei parametri biochimici (soprattutto attività enzimatiche) come mezzo di monitoraggio del recupero di ecosistemi degradati. Ross et al. (1982) hanno trovato che le attività biochimiche erano correlate con la produttività vegetale e, pertanto, potevano essere considerate sensibili indicatori dello stato di fertilità dei suoli.

La "protezione ambientale" include lo studio di parametri appropriati che individuino lo stato degradativo dell'ambiente e la qualità funzionale degli ecosistemi, al fine di promuovere interventi mirati al recupero delle proprietà originarie, per conservare la biodiversità e per garantire una crescita ed uno sviluppo sostenibile degli ecosistemi naturali. Quindi, se si definisce l'ambiente come la "somma" di tutte le risorse naturali (inclusa la biosfera, che è espressione della vita sulla Terra) si può parlare contemporaneamente di degradazione delle risorse ambientali e di interventi pratici attuabili allo scopo di arrestare la degradazione.

Il titolo di questo libro "Environmental Biochemistry in Practice" e il volume I - Wastes and soil management (è stato scelto perché gli editori hanno voluto sottolineare) è un tentativo per esaltare l'importanza della biochimica ambientale, che, tra le altre scienze (quali la chimica, la fisica, la microbiologia, la pedologia, l'agronomia, ecc.) sembra essere molto appropriata per lo studio della degenerazione ambientale e per seguire le azioni pratiche di recupero e conservazione dell'ambiente. La biochimica è, infatti, il "punto di incrocio" (cross-point) tra i processi chimici e microbiologici e gioca un ruolo essenziale nel funzionamento degli ecosistemi stabili e resilienti, cioè degli ecosistemi non inerti, ma "reattivi" alle perturbazioni, e pertanto in grado di recuperare la loro condizione di stato stazionario dinamico. In senso ecologico, le attività biochimiche (espresse in termini di attività enzimatiche) sono in grado di descrivere e predire il funzionamento e la qualità di un ecosistema, comprese le relazioni esistenti tra i sub-ecosistemi; inoltre, gli enzimi sono stati considerati, recentemente (Nannipieri, 1994; Ceccanti et al., 1994), come bioindicatori della fertilità e della produttività dei suoli, dello sviluppo sostenibile e delle pratiche agricole. Già precedentemente Burns (1982) aveva evidenziato una stretta relazione tra gli enzimi del suolo e i fattori ambientali che influen-

zano la loro attività, grazie alla capacità delle attività biochimiche di rispondere, più rapidamente dei parametri chimici, alle variazioni degli ecosistemi.

Eppure, nonostante la rapidità di analisi, i bassi costi e la relativa semplicità della strumentazione, in confronto a molte procedure analitiche chimiche e microbiologiche, solo recentemente la "risposta biochimica" degli ecosistemi è stata inserita nei protocolli sperimentali di laboratorio, ma, tuttavia, ancora considerata troppo generale per essere sistematicamente applicata "in pratica".

Pertanto, sono necessarie ulteriori ricerche in questa direzione, soprattutto nell'ottica di comprendere in che modo la conoscenza della biochimica può essere applicata "in pratica", di individuare la relazione esistente tra i processi mediati dagli enzimi ed il funzionamento di un ecosistema-suolo, ed infine, di estendere queste considerazioni alla rigenerazione di ecosistemi disturbati. Questi sono i principali obiettivi del libro.

BIBLIOGRAFIA

- 1) BURNS R.G. (1982): *Enzyme activity in soil: location and a possible role in microbial ecology*. Soil Biol. Biochem., 14, 423 - 427.
- 2) CECCANTI B., NANNIPIERI, P., CERVELLI, S., SEQUI, P. (1978): *Fractionation of humus-urease complexes*. Soil Biol. Biochem., 10, 39-45.
- 3) CECCANTI B., PEZZAROSSA B., GALLARDO-LANCHO F.J., MASCIANDARO G. (1994): *Bio-test as markers of soil utilization and fertility*. Geomicrobiol. J., 11, 309-316.
- 4) CECCANTI B., GARCIA C. (1994): *Coupled chemical and biochemical methodologies to characterize a composting process and the humic substances*. In: *Humic substances in the global environment and implication on human health*. (N. Senesi, T. M. Miano eds.), 1279-1284.
- 5) CHAMBERS C.W. (1971): *J. Water Pollut. Control Fed.*, 43, 228.
- 6) CIARDI C., NANNIPIERI P. (1990): *A comparison of methods for measuring ATP in soil*. Soil Biol. Biochem. 22, 725-727.
- 7) CINGOLANI L., MOROSI A. (1992): *Evaluation on landfill effects on aquatic ecosystems using benthic macro-invertebrates*. Wat. Sci. Tech., 26, no. 9-11, 2365-2367.
- 8) DE MARCHI A. (1992): *Ecologia funzionale. L'ambiente e le sue dinamiche* (Garzanti ed.).
- 9) DICK A.V., TABATABAI M.A. (1993): *Significance and potential uses of soil enzymes*. Soil Microb. Ecol. (Metting F. Blaine, ed), 4, 95-127.

- 10) EDWARDS C.A., GROVE T.L., HARWOOD R.R., PIERCE COLFER C.J. (1993): *The role of agroecology and integrated farming systems in agricultural sustainability*. Agricul., Ecosys. Environ., 46, 99-121, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.
- 11) GIL-SOTRES F., TRASAR-CEPEDA M.C., CIARDI C., CECCANTI B., LEIROS M.C. (1992): *Biochemical characterization of biological activity in very young mine soils*. Biol. Fertil. Soils, 13, 25-30.
- 12) HARTWELL S.I., WRIGHT D.A., SAVITZ J.D. (1993): *Water, Air and Soil Pollution*, 71, 281-291.
- 13) HULL J.L., MULLER C.H. (1977): *The potential for dominance by Stipa pulchra in a California grassland*. Am. Mid. Nat., 97, 147-175.
- 14) IPPOLITO F. (1993): *Ambiente Terra. I fattori naturali della sua evoluzione*. (Le Scienze S.p.A. editore) 1° edizione, settembre 1993.
- 15) KOVDA A.V. (1976): *Changing trends in the biosphere and in the biogeochemical cycles*. Environ. Conserv. 3, no. 3, 161-170.
- 16) LAL R. (1988): *Soil degradation and the future of agriculture in sub-Saharan Africa*. J. Soil Water Conserv., 43, 444-451.
- 17) LIKENS G.E., BORMANN F.H., PIERCE R.S., REINERS W.A. (1978): *Recovery of a deforested ecosystem*. Sci., 199, 492-496.
- 18) LORENZINI G., GUIDI L., PANATTONI A. (1988): *Valutazione dei livelli e degli effetti di inquinanti atmosferici con l'impiego di indicatori biologici*. Acqua Aria no. 3 Marzo 1988, 289-302.
- 19) LORENZINI G. (1994): *Le piante e l'inquinamento dell'aria. Aspetti biologici ed economici*. Inquinamento no. 4, Aprile 1994, 12-17.
- 20) LYNCH J.M. (1983): *Soil Biotechnology*. Microbiological factors in crop productivity, cap. 1, 1-4.
- 21) MA W.C., EIJSACKERS H. (1989): *The influence of substrate toxicity on soil macrofauna return in reclaimed land*. In: *Animals in Primary Succession - The Role of Fauna in Reclaimed Lands* (J. D. Majer, ed), 223-244. Cambridge, Cambridge University Press.
- 22) MACCARI G. (1993): *Studio di alcuni parametri biochimici in un terreno esposto ad un gas inquinante atmosferico (SO₂), attraverso la realizzazione di un microcosmo controllato*. Tesi di Laurea in Scienze Biologiche. Università degli Studi di Pisa.
- 23) MACCARI G., CIARDI C., CECCANTI B., MASCIANDARO G. (1994): *A biochemical study in a microcosm of a soil exposed to high levels of SO₂*. Geomicrobiol. J., 11, 317-323.
- 24) NANNIPIERI P., CECCANTI B., CONTI C., BIANCHI D. (1982): *Hydrolases extracted from soil: their properties and activities*. Soil Biol. Biochem., 14, no. 3, 257-263.
- 25) NANNIPIERI P., GREGO S., CECCANTI B. (1990): *Ecological significance of the biological activity in soil*. Soil Biochem., 6, 293-355.

- 26) NANNIPIERI P. (1994): *The potential use of soil enzymes as indicators of productivity, sustainability and pollution*. Soil Biota Management in Sustainable Farming Systems (Pankhurst C. E., Doube B. M., Gupta V. V. S. R., Grace P. R.).
- 27) NICOLIS G., PRIGOGINE I. (1977): *Self-organization in non-equilibrium systems*. Wiley Interscience, New York.
- 28) PEARCE D.W. et al., (1988): *Sustainable development and cost-benefit analysis*. Paper presented at The Canadian Environment Assessment Workshop on Integrating Economic and Environmental Assessment. Vancouver, Canadian Environ. Assessment research Council, 6.
- 29) PONNAMPERUMA C., MARINER R., SAGAN C. (1963): *Nature*, 198, 1199.
- 30) RAMBLER M. B., MARGULIS L., FESTER R. (1989): *Global ecology: towards of the biosphere*. Acad. Press, New York.
- 31) RAVERA O. (1991): *Terrestrial and aquatic ecosystems*. Perturbation and Recovery. Ellis Horwood, New York.
- 32) ROBERTS M.H., WARINNER J.E., TSAI C.F., WRIGHT D.A., CRONIN L.E. (1982): *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 11, 681.
- 33) ROSS D.J., SPEIR T.W., TATE K.R., CAIRNS A., MEYRICK K.F., PANSIER E.A. (1982): *Restoration of pasture after topsoil removal: effects on soil carbon and nitrogen mineralization, microbial biomass and enzyme activities*. *Soil Biol. Biochem.*, 14, 475-481.
- 34) SAA A., TRASAR M.C., CECCANTI B., MASCIANDARO G., LEIROS M.C., GIL SOTRES F. (1992): *Alcuni aspetti del comportamento dello zolfo nei terreni di miniera di lignite*. Atti del X Convegno Nazionale della Soc. Italiana di Chimica Agraria (SICA), Roma 15-18 Settembre, 1, 245-250.
- 35) SKUJINS J.J. (1967): *Enzymes in soil*. In: *Soil Biochemistry*. (A. D. Mc Laren and G. H. Peterson eds.) Dekker, New York., 37.
- 36) SUNDA W.G., TESSTER P.A., HUNTSMAN S.A. (1987): *Mar. Biol.* 94, 203.
- 37) TIFFT C.E., SPIEGEL S.J. (1976): *Use of adenosine triphosphate assay in disinfection control*. *Environ. Sci. Technol.*, 10, 1268-1272.
- 38) VOGL R.J. (1977): *Fire frequency and site degradation*. Symposium on Environmental Consequences of Fire and Fuel Management in Mediterranean Ecosystems, Palo Alto, CA, 193-201.
- 39) WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (WCED) (1987): *Our common future*. Oxford, Oxford University Press, 43- 46.
- 40) ZENTILLI B. (1992): *Forests, trees and people*. *Environ. Sci. Technol. Vol.*, 26, no. 6, 1096-1099.



DOCUMENTAZIONE TECNICA A SUPPORTO DEL PROGRAMMA DI CARTOGRAFIA DEL SUOLO NEGLI STATI UNITI D'AMERICA

ROMANO RASIO
ERSAL - Ufficio del Suolo
Palazzo Canova MI2 - 20090 SEGRATE (MI)

Introduzione

Il 1898 viene considerato come l'anno di inizio del rilevamento dei suoli statunitensi, attività che ha avuto diversi fasi cruciali di stasi ed espansione, fino alla cosiddetta "era moderna" del rilevamento pedologico, iniziata negli anni '50 (Heidt, 1994). Quest'ultima fase è stata segnata dalla pubblicazione di lavori fondamentali per la sua riuscita (Soil Survey Manual, II edizione, 1953), dal lavoro di revisione della classificazione dei suoli (che porterà alla presentazione della Soil Taxonomy nel 1960), dal passaggio, nel 1952, del Soil Survey Staff (articolazione del Bureau of Plant Industry, Soils and Agriculture Engineering) al Soil Conservation Service, Agenzia dell'USDA.

Nel 1994, dopo che nel 1993 ha visto la luce la III edizione del Soil Survey Manual (SSM), il Soil Conservation Service ha cambiato denominazione, divenendo National Resources Conservation Service (NRCS). La struttura organizzativa rimane in gran parte inalterata, almeno per quanto concerne l'articolazione che sovrintende alle attività di cui al presente articolo, e cioè la Soil Survey Division (SSD).

A tale Divisione è assegnata la competenza di quello che rimane uno sforzo fondamentale, e cioè il programma di rilevamento del suolo, da attuare mediante un lavoro di collaborazione a diversi livelli, che si identifica col National Cooperative Soil Survey (NCSS). Inalterata è rimasta inoltre l'organizzazione e la funzione di una fondamentale struttura della SSD, il National

Soil Survey Center (NSSC) di Lincoln, Nebraska, che rappresenta il punto di convergenza e di irradiazione delle innovazioni tecnologiche e metodologiche del programma.

Si ritiene pertanto utile fornire una rassegna, commentata, dei principali documenti che vengono elaborati, pubblicati e mantenuti aggiornati nel quadro ed a supporto di un tale programma.

Nel corso dell'articolo si farà soltanto riferimento, quando necessario, ad elementi organizzativi del SCS, ora NRCS, rinviando il lettore ed altri lavori, in via di pubblicazione (Heidt, cit.; Broderson, 1994), o a diffusione limitata (Rasio, 1991).

Vengono passati in rassegna, ognuno con un proprio paragrafo, i seguenti elaborati:

- Soil Survey Manual;
- Soil Taxonomy e Keys to the Soil Taxonomy;
- Soil Survey Laboratory Methods Manual;
- Land Resource Regions and Major Land Resource Areas of the United States;
- Soil Climate Regimes of the U.S.;
- National Soil Survey Handbook.

L'ordine con cui vengono trattati i documenti presentati viene suggerito dalla stessa letteratura di riferimento. Si è cercato di approfondire la trattazione degli argomenti meno conosciuti e si è scelto di concludere col National Soil Survey Handbook, perché raccoglie ed indirizza tutti i segmenti che riguardano la produzione e la messa a disposizione di informazioni sui suoli.

Soil survey manual

Dopo diverse edizioni distribuite in bozza, susseguitesi negli ultimi dieci anni, è stato pubblicato, nell'ottobre 1993, il nuovo Soil Survey Manual (SSM).

Questa edizione a stampa sostituisce la precedente, di cui riprende la veste tipografica, pubblicata nel 1951, quando non era ancora stata formalizzata la Soil Taxonomy (ST). Il SSM è uno strumento essenziale per eseguire e interpretare rilevamenti del suolo tecnicamente correlati e dotati di un'omogenea base metodologica, documentale e lessicale.

Il SSM riporta definizioni, concetti, criteri operativi che sono stati utilizzati e verificati lungo un considerevole arco di tempo, non soltanto negli Stati Uniti. Il proposito del SSM è di for-

nire i principi fondamentali per eseguire ed utilizzare rilevamenti del suolo, nonché gli standard e le convenzioni per descrivere i suoli. Esso è prioritariamente rivolto ai pedologi impegnati nel rilevamento e nell'interpretazione pedologica; è inoltre indirizzato a quegli utenti che desiderano approfondire la metodologia che sta alla base dei rilevamenti.

I sette capitoli che compongono il testo principale percorrono idealmente il cronogramma operativo per arrivare alla pubblicazione e divulgazione di un rilevamento pedologico.

Come base conoscitiva per i capitoli seguenti, i primi due capitoli trattano dei concetti di suolo, rilevamento pedologico, classificazione e cartografia dei suoli, tipologia dei rilevamenti. Nel capitolo 7, il più esteso, vengono riportate le diverse voci che concorrono alla descrizione tecnica del suolo e degli orizzonti pedologici. Il capitolo 4 tratta delle operazioni di rilevamento, dalla cartografia di base, all'organizzazione, all'equipaggiamento di campagna.

Nel capitolo 5 vengono affrontate le questioni relative all'archiviazione dei dati, alla loro codifica ed informatizzazione. Il capitolo 6 (unico capitolo a riportare un, significativo, sottotitolo, e cioè "Approcci sulla generalizzazione del comportamento relativo al suolo") tratta delle interpretazioni pedologiche, delle proprietà pedologiche considerate nel processo interpretativo, delle diverse interpretazioni e delle implicazioni metodologiche. Nel capitolo 7 infine si parla della divulgazione delle informazioni provenienti dal rilevamento, nella forma tradizionale e grazie all'informatizzazione dei dati.

Una ricca e utile bibliografia segue il testo fondamentale, anche se l'indice generale non la evidenzia adeguatamente. Seguono tre appendici, che illustrano, per alcune serie prese ad esempio: la descrizione ufficiale delle serie, la documentazione richiesta e disponibile; la descrizione corretta di unità cartografiche denominate per mezzo delle serie considerate, con esempi di interpretazioni cartograficamente significative; la descrizione dei pedon tipici delle serie considerate.

Il SSM si conclude con un indice analitico. Non c'è un glossario, dato che, come esplicitato nell'introduzione, si è cercato di definire termini e concetti nell'ambito del testo esplicativo. Diverse figure e tabelle concorrono a chiarire la materia trattata; ci sono foto di ottima qualità, alcune delle quali a colori, che chiariscono il significato di classi utilizzate per la descrizione del suolo in campagna.

Per stessa ammissione degli autori, questa edizione del SSM riflette il contesto di un'attività, la cartografia del suolo, le cui concrete utilizzazioni si sono evolute rispetto ai soli usi agricoli, che si è aperta sempre più al confronto con altre discipline che studiano l'ambiente. Emblematica è una foto nel capitolo 6 (Interpretazioni) in cui sono riprese "Anatre in un campo di riso", a testimoniare l'attenzione per le applicazioni nella tutela delle zone umide.

Le differenze più evidenti con l'edizione precedente del SSM, stampata nel 1951 (e ristampata, con il solo cambiamento del capitolo sull'identificazione e la nomenclatura degli orizzonti, nel 1962), si possono così schematizzare;

- riduzione e accorpamento nei temi, con la raccolta in un solo capitolo delle diverse sezioni che descrivevano l'esame e la descrizione dei suoli in campagna;

- maggior chiarezza espositiva, con suddivisione più chiara delle diverse priorità;

- maggior attenzione all'archiviazione dei dati e alla denominazione e descrizione tecnicamente corretta delle unità cartografiche (non soltanto dei pedon o delle serie);

- minor enfasi sugli aspetti della cartografia di base, sulle procedure di correlazione (ora affidate al NSH), sulla preparazione dei report, sui dati di produttività agronomica;

- apertura alle tecnologie informatiche ed alla conseguente organizzazione degli archivi di base;

- maggior enfasi sulle logiche e l'organizzazione delle interpretazioni pedologiche e sulla divulgazione delle informazioni.

Il SSM discute procedure generali per illustrare e spiegare i principi ed i concetti del rilevamento pedologico, mentre il National Soil Survey Handbook (vedi paragrafi successivi) presenta le procedure operative e correnti del NRCS con maggior dettaglio. Le proposte di aggiornamento del SSM vengono esaminate e rese operative dal responsabile nazionale per la classificazione del suolo (uno degli staff in cui è ripartito il NSSC).

Soil Taxonomy e Keys to Soil Taxonomy

Il volume "Soil Taxonomy - A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys" (Soil Survey Staff, 1975), è comunemente utilizzato, nei riferimenti metodologici, col nome convenzionale di "Soil Taxonomy".

Come suggerisce il titolo integrale, è un sistema di classificazione pedologica progettato per supportare programmi di rilevamento e cartografia del suolo a livello internazionale. Esso fornisce una struttura e degli standard per correlare i suoli uno all'altro ed uno schema per organizzare la conoscenza sui suoli; come tale, non può essere utilizzato isolatamente. Classificare un suolo in un dato sito non è molto utile, a meno che quel punto non rappresenti un tratto definito e cartografabile del paesaggio; il contesto culturale della Soil Taxonomy è quello di un programma di rilevamento pedologico (Eswaran, 1989).

Il sistema è stato sviluppato attraverso una serie di sette approssimazioni durante gli anni '50, seguite dalla stampa di diversi supplementi alla Settima Approssimazione negli anni '60, prima che la Soil Taxonomy fosse alla fine pubblicata nel 1975. Circa mille anni/uomo sono stati impiegati nello sviluppo del sistema, col contributo decisivo di Guy D. Smith e Renè Tavernier.

Smith enfatizzava l'opportunità di allestire un sistema esauriente di classificazione dei suoli, capace di consentire l'inclusione di ogni tipologia pedologica. In questo senso la Soil Taxonomy è attualmente incompleta, ma è stata progettata in modo da poter inserire dei cambiamenti, col progredire delle conoscenze, senza stravolgere il sistema. Il miglioramento della Soil Taxonomy è pertanto un processo tuttora in corso.

Nel nostro paese la Soil Taxonomy, pubblicata nel 1975, e la sua traduzione italiana, pubblicata nel 1980 sono molto conosciute fra gli studiosi del suolo, meno conosciute sono invece le "Keys" estratto dell'edizione completa, che servono proprio a recepire le modifiche e le revisioni concretizzate delle diverse commissioni internazionali, in attesa della pubblicazione di una nuova edizione integrale (originalmente prevista per il 1995).

Le "Keys to Soil Taxonomy" (KST) sono state pubblicate per la prima volta nel 1983, con un'edizione tascabile utile per il lavoro di campagna. Da allora sei edizioni si sono succedute, con una cadenza biennale, fino alla edizione più recente, pubblicata nel 1994; quest'ultima ha sancito il passaggio da un formato "tascabile" (sempre più voluminoso) ad uno standard A4.

Tutti gli specialisti del suolo a livello internazionale sono stati invitati a cooperare al miglioramento ed all'aggiornamento della Soil Taxonomy, per assicurare la massima efficacia e coerenza a tale obiettivo. Ne è risultata la costituzione di undici comitati internazionali per la classificazione del suolo, avente ognuno un mandato specifico concernente problemi classifica-

tori del nuovo sistema tassonomico; alcuni di essi sono ancora attivi, e la risposta della comunità scientifica internazionale è stata consistente (Witty ed Eswaran, 1990). Sono stati tenuti finora nove seminari sulla classificazione del suolo e otto incontri internazionali di correlazione pedologica, molti dei quali fuori dagli Stati Uniti.

Il primo comitato, istituito nel 1976, aveva il mandato di lavorare sui problemi tassonomici dei suoli caratterizzati da argille a bassa attività (ICOMLAC - International Committee on Low Activity Clays). Il responsabile del comitato, l'olandese Moorman, sviluppò un vero e proprio protocollo per la diffusione, l'esame e l'eventuale approvazione dei suggerimenti e dei criteri di revisione tassonomica. Il maggior contributo di tale comitato è consistito nell'introduzione dell'orizzonte kandico, ciò che ha portato all'istituzione di grandi gruppi "Kan" e "Kanhapl" nell'ambito degli Ultisuoli e degli Alfisuoli.

ICOMOX, comitato istituito nel 1978 e che ha lavorato sugli Oxisols, ha portato a cambiamenti in tutti i livelli di quell'ordine al di sopra della serie; è stata rivista la definizione dell'orizzonte oxico e sono state aggiunte chiavi specifiche per i caratteri mineralogici delle famiglie. Inoltre le chiavi per i sottogruppi sono state redatte in un formato analogo a quello delle categorie superiori.

Il comitato internazionale sui regimi di umidità dei suoli in aree tropicali (ICOMMORT), istituito nel 1978, ha prodotto una serie di sottoclassi per gli attuali regimi previsti, più altre considerazioni; tali proposte non sono state ancora adottate, soprattutto per l'incapacità di sviluppare un modello di previsione di tali regimi che fosse adattabile a rilevamenti di dettaglio. Il comitato è stato riattivato nel 1990, col mandato di estendere il proprio lavoro anche ai regimi di aree non tropicali, nonché ai regimi di temperatura (ICOMMOTR); sono state finora distribuite tre circolari per i criteri di revisione.

Il comitato internazionale sugli Andisols (ICOMAND), istituito nel 1980, ha concluso il proprio mandato, e ne è risultato, dall'edizione KST del 1990, un undicesimo ordine. Non è stato facile inserire tale novità nello schema della Soil Taxonomy, a causa delle proprietà specifiche dell'ordine degli Andisols, talora "in conflitto" con quelle degli Histosols e degli Spodosols; tale difficoltà assume connotazioni pratiche laddove, come nel settore nordoccidentale del continente americano, inclusa l'Alaska, Andisols e Spodosols sono associati nel paesaggio, e non è sem-

pre facile distinguere un orizzonte eluviale da una copertura di ceneri vulcaniche. Nelle chiavi proposte nel 1990 gli Andisols seguivano gli Histosols e precedevano gli Spodosols, ma tale collocazione è stata invertita nelle KST del 1992.

Il comitato internazionale sugli Aridisols (ICOMID), istituito nel 1980, ha compiuto un notevole sforzo e numerosi incontri; l'orientamento sembrava quello di eliminare tale ordine, suddividendolo fra gli Alfisuoli (Torralfs) e gli Inceptisuoli (Torrepts), visto che già esistono Torrands, Torriorthents, ecc. All'attualità tuttavia tale ordine rimane in uso nelle chiavi tassonomiche. Nell'edizione KST 1994 l'ordine risulta più articolato, soprattutto ai livelli più elevati, proponendo sette sottordini anziché due.

Il comitato internazionale sui Vertisols (ICOMERT), istituito nel 1981, ha formalizzato le sue raccomandazioni nel 1989, ed il Soil Survey Staff ha recepito le modifiche proposte alla Soil Taxonomy nelle KST edite nel 1992, con l'introduzione di nuove classi fin dal livello del sottordine e di più articolati criteri diagnostici.

Il comitato internazionale sui regimi di umidità di tipo acquico (ICOMAQ), istituito nel 1982, ha formalizzato le proprie proposte dopo l'incontro di correlazione tenuto in Louisiana e Texas, nel 1990. L'introduzione delle cosiddette "condizioni acquiche" ha portato revisioni, nell'edizione delle KST 1992, sia nelle definizioni che nelle denominazioni, di sottordini, grandi gruppi e sottogruppi variamente influenzati dalla presenza di acqua nel profilo.

Il comitato internazionale sugli Spodosols (ICOMOD), istituito nel 1982, si è notevolmente scontrato col problema di una migliore definizione dell'orizzonte spodico; diversi gruppi di criteri sono stati proposti, e recepiti alla fine nell'edizione KST del 1992, con la ridefinizione dell'orizzonte spodico e l'introduzione dei "materiali spodici" fra le caratteristiche diagnostiche.

Il comitato concernente il livello categorico della famiglia (ICOMFAM), ha cominciato ad operare nel 1987 (diffuse finora due circolari). I maggiori quesiti riguardano la definizione di tale categoria, la selezione dei criteri, lo sviluppo di un nuovo formato di chiavi tassonomiche, i criteri per le famiglie variano a seconda degli ordini, per cui un uso più efficiente dovrebbe essere consentito dal loro ordinamento secondo i diversi segmenti dello schema previsto dalla Soil Taxonomy (Whitton e Childs, 1989).

Sono infine tuttora attivi (Broderson, cit.) altri due comitati: ICOMANTH (Classificazione dei suoli antropogenici) e ICOMPAS (Suoli interessati da permafrost); quest'ultimo comitato ha tenuto il suo incontro di correlazione nel 1993, in Alaska.

La maggior parte delle modifiche apportate alla Soil Taxonomy sono il risultato del lavoro dei comitati internazionali; le informazioni fornite sono cruciali per lo sviluppo di un sistema di classificazione valido per tutto il pianeta. A livello nazionale, esistono inoltre negli Stati Uniti quattro comitati regionali per l'aggiornamento della Soil Taxonomy, ed il loro lavoro ha fornito contributi preziosi soprattutto per una migliore definizione o costituzione di nuovi sottogruppi. Da ricordare ad esempio il lavoro in corso per la revisione dell'orizzonte fragipan (SCS, 1994), che potrebbe portare alla sua suddivisione in due diversi orizzonti diagnostici profondi: fragalfico e fragalbico.

Il Soil conservation Service riporta tutte le modifiche approvate della Soil Taxonomy nel "National Soil Taxonomy Handbook (NSTH)", consistente in una serie di fascicoli numerati, pubblicati periodicamente non appena i cambiamenti vengono formalizzati; finora sono stati pubblicati diciassette fascicoli. A loro volta questi aggiornamenti vengono ricompresi in uno speciale capitolo (615) previsto nel National Soil Survey Handbook (vedi paragrafi successivi).

Raccogliendo le diverse osservazioni formulate dagli utilizzatori delle chiavi, il testo e le definizioni sono stati via via migliorati, togliendo le ambiguità e le sovrapposizioni di concetti; determinante è stata l'introduzione delle chiavi per i sottogruppi, proposte con la IV edizione (1990). Nel tempo sono stati aggiornati i concetti per gli orizzonti ed i caratteri diagnostici, ad esempio con l'introduzione dell'epipedon melanico.

L'attuale struttura delle KST prevede undici ordini, che non dovrebbero subire ulteriori modifiche a breve; elementi di revisione potranno venire dal lavoro, non ancora formalizzato, di ICOMFAM, ICOMMOTR, ICOMPAS e ICOMANTH.

Soil survey laboratory methods manual

I metodi descritti nel manuale, pubblicato nel 1992 (versione 2.0) e composto di 400 pagine, sono quelli utilizzati dal laboratorio del NSSC di Lincoln, in cui uno staff cura e sovrintende alla più completa e correlata caratterizzazione analitica dei pe-

don più rappresentativi, o di quelli utilizzati a fini di ricerca e "global assessment".

I metodi sono documentati in relazione a specifiche codifiche, e sono collegati ai risultati analitici archiviati nella base dati del laboratorio.

Le metodiche descritte, di uso corrente in tale laboratorio, sono descritte con un dettaglio sufficiente da renderle applicabili coerentemente in altri laboratori, senza doversi riferire ad altre sorgenti informative. Un'introduzione raggruppa le caratteristiche di metodiche fra loro correlate, anche se ci sono ripetizioni che tendono a minimizzare il ricorso alla consultazione di diverse parti del Manual.

In appendice sono riportate le indicazioni per la codifica dei diversi campioni dallo stesso orizzonte da avviare a diverse determinazioni, nonché le operazioni da compiere con la strumentazione analitica adottata. In una sezione che segue l'appendice sono riportate, sinteticamente, le metodiche e le dotazioni strumentali non più in uso nel laboratorio, ma delle quali esistono risultati analitici nella base dati archiviata.

Il proposito del Manual è di documentare la metodologia e servire come riferimento per l'analista di laboratorio; tale Manual sostituisce integralmente le "Procedures for Collecting Soils Samples and Methods of Analysis for Soil Survey", (SCS, 1984), che hanno spesso costituito riferimento bibliografico ed operativo per caratterizzare il suolo nei laboratori del nostro paese.

Le metodiche riportate sono descritte nella sequenza operativa, che va dal campionamento fino alle determinazioni meno routinarie. Esse sono codificate, con codici alfanumerici, e il numero arabo che costituisce l'inizio di ogni codice riconduce a sintesi le diverse metodiche proposte: il numero 1 riguarda la codifica del campionamento e della preparazione di campioni; il 3 le analisi granulometriche; il 5 le analisi sullo scambio ionico; il 7 le analisi mineralogiche. Riportiamo un esempio di codifica completa: 4F è l'indice di plasticità, e 4F1 è il "limite liquido".

La consultazione di tale manuale risulta di grande aiuto per supportare un adeguamento ed una sempre maggiore capacità di correlazione per le determinazioni analitiche eseguite su orizzonti campionati, soprattutto se le finalità sono tassonomiche e se, come nella maggior parte dei casi, il sistema di classificazione adottato è la Soil Taxonomy. Una maggior confrontabilità dei dati analitici favorisce poi l'applicazione di comuni modelli interpretativi, e può portare nel tempo ad una taratura dei parametri, delle soglie, delle stesse determinazioni di laboratorio.

Land resource regions and major land resource areas of the United States

L'edizione corrente di questo documento, di 156 pagine e con allegata cartografia alla scala 1:7,5 milioni, è stata pubblicata nel 1981; esso costituisce l'Agriculture Handbook n. 296.

Le informazioni del manuale forniscono una base per le decisioni ed i programmi alla scala nazionale e regionale, identificano i bisogni per gli inventari e la ricerca, forniscono riferimento per estrapolare i risultati delle ricerche condotte in ambito nazionale. Più recentemente la suddivisione del territorio nazionale secondo questo documento ha fornito la base per un aggiornamento degli obiettivi sperimentali del programma di cartografia del suolo, per cui sono stati avviati programmi di ricerca, di aggiornamento e di ridefinizione della tassonomia e delle interpretazioni (Broderson, 1994), ad una scala di cooperazione fra più stati interessati dalla medesima area. Le delimitazioni territoriali di maggior importanza sono inoltre coerenti e funzionali a grandi suddivisioni di tipo tassonomico, ad esempio la differenziazione fra classi di regime idrico e di regime termico.

Le categorie utilizzate in tale approccio classificatorio sono tre, con sintesi crescente: unità, aree, regioni.

Le unità sono entità geografiche caratterizzate da un particolare pattern di suolo, clima, risorse idriche e uso del territorio; si estendono per diverse migliaia di ettari e sono continue, o vicine. Esse costituiscono la base per costruire la carta delle risorse territoriali di ogni singolo stato; sono generalmente coincidenti con le unità cartografiche delle carte pedologiche che illustrano sinteticamente i suoli di uno stato. Nel manuale e nella cartografia, relativa a tutta la nazione, questo livello categorico non è rappresentabile ma viene mantenuto aggiornato da ogni singolo stato. Sono invece disegnate le categorie del secondo livello (aree, distinguibili per sigle grafiche e delimitazioni) e del terzo livello (regioni, ognuna con un proprio colore).

Le aree delle più importanti risorse territoriali (MLRA) sono la categoria di più immediata utilità per la correlazione e lo scambio di informazioni; esse sono date dall'assemblaggio di unità (primo livello) geograficamente associate. L'identificazione di tali aree è fondamentale nella pianificazione agricola degli stati, ed ha valore nella pianificazione interstatale, regionale e nazionale. Nel manuale, così come nella pratica operativa, ogni area ha un suo numero arabo identificativo ad una descrizione

geografica: ad esempio MLRA 1 sono le "Valli, Pedecollina e Catena Costiera Pacifica Settentrionale", oppure MLRA 175 sono le "Terre Alte di Kuskokwim" in Alaska. Talvolta il numero arabo è seguito da una lettera, a significare una suddivisione avvenuta in un secondo momento. Di norma ogni MLRA è continua e non separata sulla carta da altre delineazioni. Risultano istituite 204 classi di MLRA, con estensione variabile, in genere dell'ordine di decine di migliaia di Km².

Le regioni delle risorse territoriali (LRR) sono designate da lettere maiuscole e identificate da una descrizione: la lettera A designa la "Regione del Nord-Ovest, a foreste, foraggio e colture specializzate". In questo livello risultano istituite 25 classi, con estensione variabile, generalmente dell'ordine di centinaia di migliaia di km². Sulla carta nazionale le regioni sono facilmente identificabili grazie al colore (che non segue logiche particolari, se non quelle di fornire il contrasto e la leggibilità) ed alla lettera maiuscola ben evidente.

Il fondo topografico riporta la suddivisione ed i nomi delle contee per cui il lettore può agevolmente identificare le regioni e le aree che interessano ogni singola contea. La designazione alfanumerica procede da ovest verso est.

Nel manuale viene riportata una descrizione sintetica di ogni regione, e, nell'ordine numerico, una descrizione più accurata di ogni area. In tale descrizione sono riportati schematicamente: l'estensione; gli stati interessati; l'uso attuale del territorio; l'elevazione e la topografia; i caratteri climatici ed idrologici; i suoli dominanti (vengono indicati i principali grandi gruppi e le serie più rappresentative); la vegetazione naturale potenziale.

Il manuale riflette lo stato delle conoscenze alla fine degli anni '70, rivelando un flusso informativo che parte dai singoli stati, e uno sforzo di coordinamento nazionale, nonché di apertura del SCS a tutte le discipline che intervengono nelle decisioni sul territorio. Si ritiene che tale lavoro sia il punto di partenza dell'evoluzione dei programmi di conoscenza del suolo, con una prima formalizzazione nel documento "Soil Survey by Geographic Area" (SCS, 1993, prima edizione). Esso nasce dall'esigenza di mantenere aggiornate le carte pedologiche, le interpretazioni e i diversi descrittori delle proprietà dei suoli cartografati.

L'idea di fondo consiste nel "modernizzare" le informazioni esistenti per ogni singola area di rilevamento (in genere una contea) correlandole nel quadro della MRLA di appartenenza: ciò consente di incrementare l'efficienza nella correlazione della tas-

sonomia e delle interpretazioni, creando una base di dati omogenei per ogni MLRA; questo ha avuto un interessante riscontro nei singoli stati, favorendo un lavoro di cooperazione ancora più stretto, con un rapido passaggio dalla fase progettuale a quella operativa (Broderson, cit.). L'approccio per MLRA incoraggia l'uso delle moderne tecnologie, come la telecomunicazione per il trasferimento di dati; l'uso del computer per valutare, aggiornare, diffondere informazioni; l'uso dei GIS per georeferenziare e proiettare informazioni di coordinate note. Il miglioramento nella comunicazione, nell'accuratezza cartografica, nella raccolta e nella valutazione dei dati, nel controllo di qualità, nonché la disponibilità di informazioni in formato digitale, hanno come necessaria ricaduta un miglioramento dei rilevamenti del suolo.

Soil climate regimes of the U.S.

Nella Soil Taxonomy viene assegnato un peso molto rilevante ai caratteri del pedoclima, riferiti ad una determinata "sezione di controllo", che si concretizzano nel regime di temperatura e nel regime di umidità di un suolo; questo comporta, in tutti i livelli categorici del sistema, conseguenze nell'identificazione corretta di specifiche classi, che possono essere così esemplificate:

- sottordini degli Alfisols: differenziazione fra Boralfs, Ustalfs, Udalfs, Xeralfs, ecc.;
- grandi gruppi degli Ochrepts: differenziazione fra Ustochrepts, Xerochrepts, Eutrochrepts, ecc.;
- sottogruppi degli Ustochrepts: distinzione fra Typic, Aridic, Udic, ecc.

Guy Smith (1986), di fronte ai numerosi e ripetuti quesiti concernenti l'enfasi assegnata al pedoclima nell'inquadramento tassonomico, sottolineava che questi criteri avrebbero facilitato l'applicazione pratica delle denominazioni utilizzate, essendo la componente climatica un importante fattore di controllo per la formazione e la gestione dei suoli. Smith ricordava inoltre che la zonizzazione di tali regimi era stata impostata, oltre che in relazione alle esigenze colturali, a partire dal basso, dalla distribuzione pedogeografica delle migliaia di serie istituite; questo, avendo cura di non suddividerle artificialmente con la sovrapposizione di delimitazioni pedoclimatiche, ma utilizzandole al contrario come supporto per dare maggiore concretezza alle definizioni proposte.

L'attribuzione coerente di tali regimi nei diversi luoghi di rilevamento rappresenta uno dei principali nodi per l'applicazione efficiente della Soil Taxonomy; difficoltà possono venire da rigidità del rilevatore o da carenze organizzative e di strategia complessiva.

I regimi dovrebbero essere il risultato di una misurazione e di un monitoraggio, e questo accentua la difficoltà di disporre di dati attendibili e facilmente correlabili; generalmente tali regimi vengono stimati a partire dai dati di pioggia e di temperatura dell'aria. La commissione internazionale attualmente incaricata della revisione dei regimi pedoclimatici (ICOMMOTR) ha già proposto criteri per facilitare e rendere più confrontabile la raccolta di tali dati e la stima delle conseguenti caratteristiche diagnostiche.

Attualmente la valutazione del regime di temperatura e di umidità viene, pressoché ovunque, eseguita mediante l'applicazione di modelli matematici, che utilizzano dati sulle caratteristiche pedologiche, sulla piovosità e sulla temperatura.

L'applicazione dei modelli appena ricordati, o di altri più raffinati che via via si renderanno disponibili, consente di prevedere un corretto inquadramento di determinati punti di campionamento pedologico. Il problema che si pone per l'applicazione diffusa della Soil Taxonomy ai rilevamenti del suolo riguarda la definizione di areali, in cui si suppone che siano omogenei, o quantomeno utilmente cartografabili, i regimi di temperatura e di umidità, ed i confini fra i diversi areali siano correlabili a significative variazioni nella gestione dei suoli e nei caratteri generali del territorio.

Viene qui portata ad esempio una suddivisione cartografica dei regimi elaborata e continuamente aggiornata per gli Stati Uniti dal Soil Survey Quality Assurance Staff, recentemente pubblicata, con una sintesi alla scala 1:7,5 milioni, avente soprattutto valore didattico e divulgativo (SCS, 1994), in armonia con la definizione e la ripartizione del paese in Major Land Resource Areas (SCS, 1981). La sintesi a scala geografica nasce da documenti disegnati ed informatizzati alla scala 1:2 milioni, che vengono mantenuti aggiornati sotto la responsabilità dei singoli stati. Questi prodotti cartografici, pur nella loro schematicità e sinteticità (esplicitate per specifiche aree dagli stessi autori), facilitano la correlazione fra stati e aree di rilevamento diverse e contermini, consentono di sovrimporre i regimi a significative delimitazioni pedogeografiche, pongono le basi per una evolu-

zione delle definizioni ed una maggiore accuratezza delle delimitazioni.

La zonizzazione che risulta dalla sovrapposizione fra dati climatici e pedologici viene, alle diverse scale, arricchita, sia tassonomicamente che geograficamente, dalla permanenza di acqua nel suolo, e dalla conseguente possibilità di utilizzare appropriate classi tassonomiche nei diversi livelli del sistema, a seconda dell'intensità dei fenomeni rilevati. Il regime di umidità "aquico" viene definito fra le caratteristiche diagnostiche, ma non viene richiesto esplicitamente dalle chiavi tassonomiche, le quali prescrivono una serie di criteri a supporto del riscontro di "condizioni aquiche". Ne consegue che, aree di "condizioni aquiche" rendono più complesso il modello distributivo e tassonomico dei suoli in zone dominate comunemente da regimi di umidità xerico, ustico, udico, ecc.

National soil survey handbook

Questo documento, diffuso nel 1994, costituisce l'evoluzione del precedente "National Soils Handbook", datato luglio 1983. La veste tipografica rende tale documento particolare nel quadro di quelli commentati nel presente articolo; esso infatti non è rilegato, viene diffuso con una lettera di accompagnamento che predispone il lettore all'uso attivo del materiale, è strutturato secondo temi che, pur collegati fra loro, possono essere arricchiti ed aggiornati autonomamente, senza alterare l'impianto generale (le pagine sono numerate nell'ambito di ogni singolo capitolo).

Il NSSH fornisce linee guida, definizioni, politiche, responsabilità e procedure per la conduzione dei programmi di rilevamento del suolo. Esso contiene informazioni relative alla pianificazione e conduzione dei rilevamenti, alla raccolta ed al mantenimento delle informazioni pedologiche, alla distribuzione di tali informazioni all'utenza. Il NSSH fornisce specifiche indicazioni ed indirizzi sulle attività di campagna, correlazione, interpretazione, pubblicazione e diffusione dei rapporti pedologici.

Il NSSH è periodicamente aggiornato; ogni membro del NCSS può suggerire cambiamenti o integrazioni, che invia, con una nota esplicativa, al NSSC di Lincoln; quest'ultimo provvede ad una revisione annuale, inviando i cambiamenti ai componenti del circuito convenzionato.

Il documento, diffuso alla scala nazionale, può essere integrato da supplementi e linee guida di valore locale, statale o regionale: questi sono intesi a rendere più chiara e coerente l'informazione, ma non a cambiare gli standard, che devono essere uniformi in tutto il paese.

La numerazione dei capitoli segue una suddivisione assegnata nell'ambito del sistema di direttive elaborate per tutta l'Agenzia: essi sono pertanto numerati a partire dal numero 600, fino al 659; nell'edizione pubblicata sono presenti 28 capitoli, mentre altri sono riservati (informazione desunta da una bozza del 1992); alcuni numeri sono volutamente lasciati liberi, per nuovi argomenti che si andranno a formalizzare.

Il NSSH è suddiviso in nove parti, ognuna delle quali contiene da uno a sei capitoli; gli argomenti toccano i diversi aspetti, organizzativi e procedurali, del rilevamento, della manualistica, della classificazione (il capitolo 615 raccoglie gli aggiornamenti alla Soil Taxonomy di cui si è parlato in un paragrafo precedente), della cartografia (tradizionale, informatizzata, dalla scala di "ordine 1" fino alla cartografia delle risorse territoriali), delle interpretazioni di livello nazionale, della divulgazione pedologica.

Di particolare interesse, anche perché non trattati in altri documenti pubblicati, gli argomenti inerenti le interpretazioni e l'informatizzazione dei dati. Vengono riportate e formalizzate tutte le proprietà e qualità pedologiche che concorrono a sviluppare schemi interpretativi; vengono riportati tutti gli schemi interpretativi operativi alla scala nazionale (alcune decine); vengono definiti i principali raggruppamenti interpretativi che discendono dalla legislazione nazionale (es. Prime Farmland Soils; Highly Erodible Land; Hydric Soils); vengono definiti i percorsi da seguire per l'interpretazione automatizzata dei dati pedologici; vengono stabiliti ed illustrati i diversi moduli che compongono gli archivi informatizzati.

Di ogni attività o fase operativa, che corrisponde in genere ad un capitolo del NSSH, vengono fissate le strategie e le strutture, responsabili del coordinamento metodologico e del mantenimento della qualità informativa.

Rispetto alla documentazione illustrata nei paragrafi precedenti, si può considerare il NSSH come un supporto che si pone trasversalmente a tutto l'impianto metodologico del programma di rilevamento; esso tocca tutti gli argomenti che concorrono alla cartografia dei suoli statunitensi (c'è, ad esempio, un capitolo

dedicato alle determinazioni e alle misure, di laboratorio e di campo), chiarendo e rendendo coerenti le procedure, rinviando a manuali specifici per gli approfondimenti di taglio più operativo (es. i manuali utente per la codifica dei dati sul pedon).

Conclusioni

Nel corso dell'articolo sono stati illustrati e commentati documenti che supportano un programma di attività che, in termini quantitativi, può essere tale da coinvolgere un'entità territoriale paragonabile all'intera Unione Europea. La base tecnica e metodologica che si è venuta formando nella realtà statunitense merita pertanto adeguata considerazione, soprattutto in un paese come il nostro, in cui non c'è ancora una standardizzazione a livello nazionale.

L'utilizzazione della Soil Taxonomy costituisce senz'altro un utile supporto per comunicare sulle risorse pedologiche, in particolare quando la scala dell'indagine richiede un livello di definizione e correlazione delle classi che altri sistemi non possono offrire. È opinione dell'autore che una coerente applicazione della Soil Taxonomy richieda un adeguamento, scientifico e metodologico, dei diversi segmenti operativi. Le metodiche di laboratorio rappresentano ad esempio una fase cruciale in tale approccio, considerando fra l'altro che gli analisti statunitensi lavorano a stretto contatto con i tassonomi, i pedogeografi, gli specialisti di interpretazioni ed i controllori di qualità.

Da un approccio più globale alla classificazione e valutazione delle risorse pedologiche, da un suo inquadramento in una prospettiva nazionale, potrà poi venire una maggiore confrontabilità ed applicabilità dei dati a livello internazionale e globale, nonché l'uso efficiente e critico della stessa documentazione illustrata nell'articolo.

BIBLIOGRAFIA

- 1) BRODERSON W.D. (1994): *Le carte pedologiche negli stati uniti: status, organizzazione e considerazioni territoriali ecologiche*, Atti del Convegno "L'informazione pedologica nella prospettiva di un Servizio Regionale del Suolo", in corso di stampa.
- 2) ESWARAN H. (1989): *Soil taxonomy and agrotechnology transfer*, in "Soils for development", Itc-Ghent, Pub. series 1, pp. 9-28.

- 3) HEIDT C.J. (1994): *Carte pedologiche ed interpretazioni a livello statale: l'esempio del nord Dakota*, Atti del convegno "L'informazione pedologica nella prospettiva di un Servizio Regionale del Suolo", in corso di stampa.
- 4) RASIO R. (1991): *Brevi note su un viaggio di studio presso il soil conservation service*, nota dattiloscritta, Ersal, Milano.
- 5) SMITH G.D. (1986): *Rationale for concepts in soil taxonomy*, Smss Tech. Mon. No. 11, Cornell University, N.Y.
- 6) SOIL CONSERVATION SERVICE (1981): *Land resource regions and major land resource areas of the united states*, Usda Agriculture Handbook No. 296, Washington, D.C.
- 7) SOIL CONSERVATION SERVICE (1984): *Procedures for collecting soil samples and methods of analysis for soil survey*, Soil Survey Inv. Rep. No. 1.
- 8) SOIL CONSERVATION SERVICE (1992): *Soil survey laboratory methods manual*, Soil Survey Inv. Rep. No. 42.
- 9) SOIL CONSERVATION SERVICE (1993): *Soil survey by geographic area*, 1st ed., Lincoln, NE.
- 10) SOIL CONSERVATION SERVICE (1994): *Soil climate regimes of the u.s.*, Lincoln, NE.
- 11) SOIL CONSERVATION SERVICE (1994): *Fragipans*, miscellanea, bozza.
- 12) SOIL SURVEY DIVISION STAFF (1993): *Soil survey manual*, Usda Handbook n. 18, Washington, D.C.
- 13) SOIL SURVEY STAFF (1975): *Soil taxonomy, a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*, Usda Agric. Handbook No. 436, U.S. Govt. Print. Off., Washington, D.C.
- 14) SOIL SURVEY STAFF (1987): *Keys to soil taxonomy*, 3th print., SMSS Tech. Mon. n. 6, Cornell, N.Y.
- 15) SOIL SURVEY STAFF (1990): *Keys to soil taxonomy*, 4th ed., SMSS Tech. Mon. n. 19, Blacksburg, VA.
- 16) SOIL SURVEY STAFF (1991): *Soil survey manual*, draft, Lincoln, NE.
- 17) SOIL SURVEY STAFF (1992): *Keys to soil taxonomy*, 5th ed., SMSS Tech. Mon. n. 19, Blacksburg, VA.
- 18) SOIL SURVEY STAFF, SOIL CONSERVATION SERVICE (1993): *National soil survey handbook*, title 430-VI, U.S. Govt. Print. Off., Washington, D.C.
- 19) SOIL SURVEY STAFF (1994): *Keys to soil taxonomy*, 6th ed., Washington, D.C.
- 20) WHITTON J.S., CHILDS C.W. (1989): *The new zealand experience in applying the soil taxonomy (1975) key to mineralogy classes*, Dsir, Tech. Rec. LH 1, Lower Hutt.
- 21) WITTY J. E., ESWARAN H. (1990): *Developments in soil taxonomy*, Trans. 14th IS-SS Congress, V, pp. 10-15.



RIFLESSIONI SUL CORPO NATURALE SUOLO

LUCIANO LULLI

Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo,
Piazza D'Azeglio 30, 50121 Firenze.

Premessa

Questo scritto intende essere una breve trattazione di come la pedologia agisca di fronte ai diversi problemi logici e metodologici che sorgono nello studio dei suoli. In questa nota si tratta del suolo come corpo naturale. La problematica relativa a sistemi suolo quali entità funzionali e matematizzate sarà oggetto di una prossima comunicazione.

I concetti di base

Il suolo. Il suolo si forma nella zona di contatto tra roccia ed atmosfera. La sua estensione è praticamente continua e ricopre buona parte delle terre emerse. Tuttavia la sua natura cambia con il mutare della combinazione dei fattori che lo hanno generato. Si può dire perciò che ogni suolo è unico nella sua collocazione spaziale. Poiché le modificazioni per ogni singolo luogo sono avvenute e avvengono nel tempo, ogni suolo è una entità storica evolutiva prodotta da una successione univoca di eventi, di fatto irripetibile.

Inoltre, sebbene abbia la capacità di sostenere la vita, il suolo non è un bionte, nel senso che non ha capacità di autoregolazione propria degli esseri viventi, per cui subisce le modificazioni che vengono indotte dall'ambiente che lo circonda. In questo senso il suolo è un'entità dinamica.

Il Pedon, unità di descrizione e campionamento. Per la comprensione, la conoscenza e l'utilizzazione del suolo nasce la ne-

cessità di scomporre questo oggetto continuo, troppo vasto per essere intelligibile, in unità concepibili e confrontabili. Per ragioni logiche e pratiche di confronto, l'unità elementare suolo deve essere il più possibile uniforme, in modo da rappresentare un'entità unica ed indivisibile, tale da essere considerata un individuo, un elemento dell'insieme.

Il pedon, o suolo elementare, rappresenta la discretizzazione secondo suo i del continuo superficiale territoriale. I criteri, come tutti i criteri, sono esclusivamente soggettivi in senso epistemologico, cioè prodotti dell'osservazione. Per giungere alla identificazione e alla denominazione del suolo sono necessarie, infatti, alcune analisi diagnostiche operate dall'osservatore, il quale, in questo modo, definisce i campi entro i quali includere quei gruppi di caratteri che appartengono alla stessa combinazione di fenomeni o processo. L'osservatore opera una suddivisione in parti dell'intera sezione di controllo, il profilo. L'osservatore scompone il suolo in orizzonti, scompone l'intero profilo bidimensionale in parti.

All'interno di ogni singola parte od orizzonte, definito dalla descrizione dei caratteri delle parti che lo compongono, si effettua la misura di alcuni parametri, sia in loco che in laboratorio. Così si misura lo spessore del suolo e degli orizzonti componenti, si stimano e misurano i diversi caratteri che derivano dalla organizzazione delle particelle, come la struttura, i pori. Tutti i caratteri fisici che cadono sotto i nostri occhi.

Altri caratteri sono stimati e poi misurati in laboratorio. granulometria infatti viene stimata in campagna e poi misurata in laboratorio. Il pH viene stimato e poi misurato. Il calcare, i sali presenti, le concrezioni, i noduli vengono stimati, descritti nella forma e nella collocazione e poi misurati. Così le screziature, indice di migrazione del ferro. Insomma il suolo è definito da caratteri qualitativi e quantitativi insieme.

Il polipedon. Il polipedon e l'unità teorica omogenea, concepita dall'uomo, alla quale deve corrispondere una sola ed univoca combinazione dei caratteri che lo hanno prodotto. Il polipedon ha una dimensione territoriale e corrisponde alla superficie elementare omogenea sulla quale ha agito la stessa ed identica combinazione dei fattori di genesi. Il polipedon è un'unità composta da numerosi pedon molto simili tra di loro.

La serie e le sue fasi, il vero individuo. Tuttavia in natura sono troppe le perturbazioni a questa ideale costituzione dell'indi-

viduo suolo per cui raramente si trovano individui composti da unità elementari tutte molto simili tra di loro. Nasce la necessità di definire una unità fisica, base delle attività dell'uomo, che abbia una connotazione prammatica oltreché genetica. Viene concepita la serie, composta da uno o più polipeton e articolata in fasi, fasi in massima parte definite in base a caratteri che si sono dimostrati importanti per la crescita delle piante superiori o per le attività umane agricole e non agricole. La serie è omogenea rispetto alle destinazioni d'uso. Alla serie viene dato un nome.

Considerazioni intermedie

La garanzia che un suolo così individuato (pedon - polipeton - serie) appartenga alla realtà naturale è che di fatto, tranne rarissimi casi, le suddivisioni sul terreno corrispondano a reali differenze tra corpi suolo. Ma questa garanzia è possibile solo se la scomposizione e la delimitazione dei suoli viene realizzata tenendo conto dell'ambiente di formazione, cioè della dinamica dei fattori di stato che lo hanno prodotto: da ciò deriva la necessità di un approccio genetico sia nella definizione degli orizzonti che nella classificazione dell'intero suolo.

La lettura del territorio risulta quindi necessaria per la delimitazione spaziale dei suoli, anche se la separazione viene effettuata con una certa approssimazione. Questo vuol dire che il limite tracciato tra suolo e suolo non deve essere assolutamente preciso e conforme alle norme stabilite dai sistemi di riferimento, ma deve essere coerente alle modificazioni che si vedono in campagna, di modo che esso separi due realtà suolo concretamente diverse. Infatti se il limite passa a destra o a sinistra di una ideale separazione è molto meno importante del fatto che un osservatore lo abbia tracciato. Infatti in un mondo dove i caratteri cambiano in maniera imprevedibile usare criteri di separazione certi, basati sulle modificazioni esterne al suolo, è più importante che inseguire un limite incerto. Bisogna accettare l'idea che un certo grado di indeterminazione è comune in natura anche nei sistemi fisici (Poincaré, Heisenberg) e financo matematici (Godel) e che, quindi, è molto più importante separare il continuo superficiale in parti e dare corpo ai singoli suoli, che preoccuparsi della indeterminatezza di un confine.

Inoltre, benché vi sia continuità spaziale tra suoli, raramente è possibile definire qualche gradiente, in quanto la variazione

dei caratteri nello spazio è sovente discontinua e non prevedibile. Invece, con la separazione, si definiscono insiemi sufficientemente omogenei all'interno, da essere intesi come individui con una propria identità. Il che consente, grazie alla identificazione ed al controllo della variabile suolo, confronti più probanti, meno rumore e meno errore. E consente anche di valutare il grado di generalizzazione delle prove che vengono effettuate.

Il suolo è, in definitiva, un'entità resa oggettiva dai criteri di definizione dei limiti e delle soglie. Per cui i due aspetti principali per la individuazione di un suolo sono: la definizione degli orizzonti genetici, che avviene se sono superate soglie minime di evidenza di un fenomeno, e la delimitazione sul terreno dei limiti tra suolo e suolo, che avviene oltre che per evidenze naturali anche secondo criteri prammatici prefissati.

Come si concretizza un suolo

Questa parte, che ha una connotazione più tecnica, ha la funzione di spiegare come non sia possibile definire un'entità suolo senza che siano state effettuate le diverse fasi della sua individuazione. Di fatto, nel fare del suolo un suolo, si attraversano tre fasi spesso non facilmente separabili, ma che schematicamente sono:

La definizione qualitativa dei suoli, il rilevamento

Il rilevamento viene effettuato attraverso sondaggi con trivella a mano ed attraverso la descrizione dei profili scavati nei punti scelti come rappresentativi in base ai sondaggi effettuati.

Esistono due metodi principali per effettuare i sondaggi: il rilevamento libero che si basa sull'esperienza del rilevatore e quello vincolato da uno schema prefissato, qualche volta una griglia.

Per i rilevamenti finalizzati alla individuazione dei suoli quali unità sperimentali è da preferire il rilevamento libero perché tiene conto di tutte le fonti di variazione che si possono trovare nel tratto di territorio sottoposto alle prove. Infatti questo tipo di rilevamento, poiché colloca il suolo in un preciso spazio territoriale, consente anche estrapolazioni al mondo che lo circonda. Questo è il grande vantaggio dell'approccio naturalistico.

A volte non è possibile, entro spazi limitati, separare i suoli solo attraverso i caratteri visibili e facilmente misurabili ed allora devono intervenire metodologie di rilevamento sotto qualche

forma prefissate, di modo che possa essere consentita la successiva elaborazione matematica. A volte sono necessari indagini su fenomeni che attraversano più suoli e si useranno altri criteri oltre quello del corpo naturale. Questi approcci, tutti validi e sovente insostituibili, non hanno la prerogativa di essere estensibili a realtà diverse da quelle che i modelli, matematici o no, hanno configurato.

La descrizione dei sondaggi e dei profili deve essere effettuata secondo criteri definiti e codificati. Così è necessario rifarsi a manuali esistenti ed ai sistemi di classificazione, perché quelli sono i luoghi dove sono state indicate le soglie e si sono definiti i parametri di separazione dei singoli individui suolo.

L'oggettivazione dei suoli, la cartografia

Una volta individuati i suoli è necessario dare corpo a queste entità. Questa è la parte più interpretativa ed importante dello studio dei suoli. L'operatore pedologo traccia i limiti e dà dimensione ai singoli suoli individuati dai sondaggi.

La cartografia viene realizzata tenendo conto di un principio basilare, che si dimostra vero nella gran parte dei casi, il principio che, alle variazioni dei caratteri dei suoli, corrispondano variazioni nell'ambiente circostante. Così abbiamo ristagni d'acqua nelle conche in qualche periodo dell'anno o fenomeni di intensa erosione nei dossi, se il rilevatore si trova in un ambiente collinare in clima mediterraneo.

Moltissimi sono gli elementi che variano sul territorio, ed il pedologo deve essere in grado di individuare quelli che incidono sui caratteri dei suoli che sta rilevando e cartografando.

La costruzione del modello di rappresentazione, la mappa dei suoli, e l'acclusa legenda definiscono i suoli nei caratteri interni, li identificano e li separano, consentendo l'oggettivazione dei singoli suoli in corpi naturali con una propria estensione e collocazione. Viene data ai suoli una forma, compatibile con l'evoluzione del pensiero scientifico attuale che vede nella forma la vera fonte di informazione sui sistemi complessi. Alla forma infatti corrisponde una propria organizzazione interna.

L'identificazione dei suoli la classificazione

Una volta descritti e delimitati, e una volta effettuate le analisi richieste, il suolo deve essere identificato. Il livello o catego-

ria del sistema nel quale inserire il suolo dipende dal grado di identificazione che si vuole o che si può raggiungere. In un rilevamento di dettaglio, il suolo viene identificato per tutti i caratteri che si reputa possano influire sul comportamento, inteso come risposte del sistema suolo alle sollecitazioni esterne. E nel caso si tratti di suoli coltivati si terra conto, nella separazione dell'unità elementare suolo in fasi di serie, delle necessita che derivano dall'uso agricolo del terreno.

Ancora una volta saranno usati alcuni criteri diagnostici nella definizione delle unita elementari in base al principio che se esistono caratteri che variano, variano anche i comportamenti dei suoli per almeno uno degli usi possibili. Infatti, dal punto di vista teorico, si deve supporre che la variazione dei caratteri del suolo incida sul comportamento dell'intero suolo. L'esempio più evidente è lo spessore del suolo e le sue implicazioni di tipo biologico: un suolo profondo, a parità di condizioni, è quasi certamente migliore habitat per le piante superiori di un suolo sottile.

Con la classificazione del suolo viene dato un nome al suolo. La sua identificazione e la sua collocazione nello spazio ideale della classificazione, più la sua delimitazione e la sua collocazione nello spazio fisico, anche se attraverso un modello di rappresentazione, costituiscono la combinazione soggettiva ed oggettiva del suolo che diventa in questo modo una entita naturale vera e propria.

Considerazioni finali

La visione olistica che deriva da questa trattazione non deve far pensare che la definizione qualitativa dei suoli e quindi la loro individuazione spaziale e concettuale escluda un approccio riduzionista. La ricerca dei caratteri funzionali, all'interno di spazi fisici delimitati, riducendo il suolo alla semplice combinazione di caratteri misurabili, deve rimanere l'obiettivo primario. Si deve solo aggiungere il concetto che ogni sistema suolo reagisce in modo differenziato alle condizioni al contorno per cui il sistema suolo interagisce con il proprio ambiente, dando risposte diverse alle diverse destinazioni.

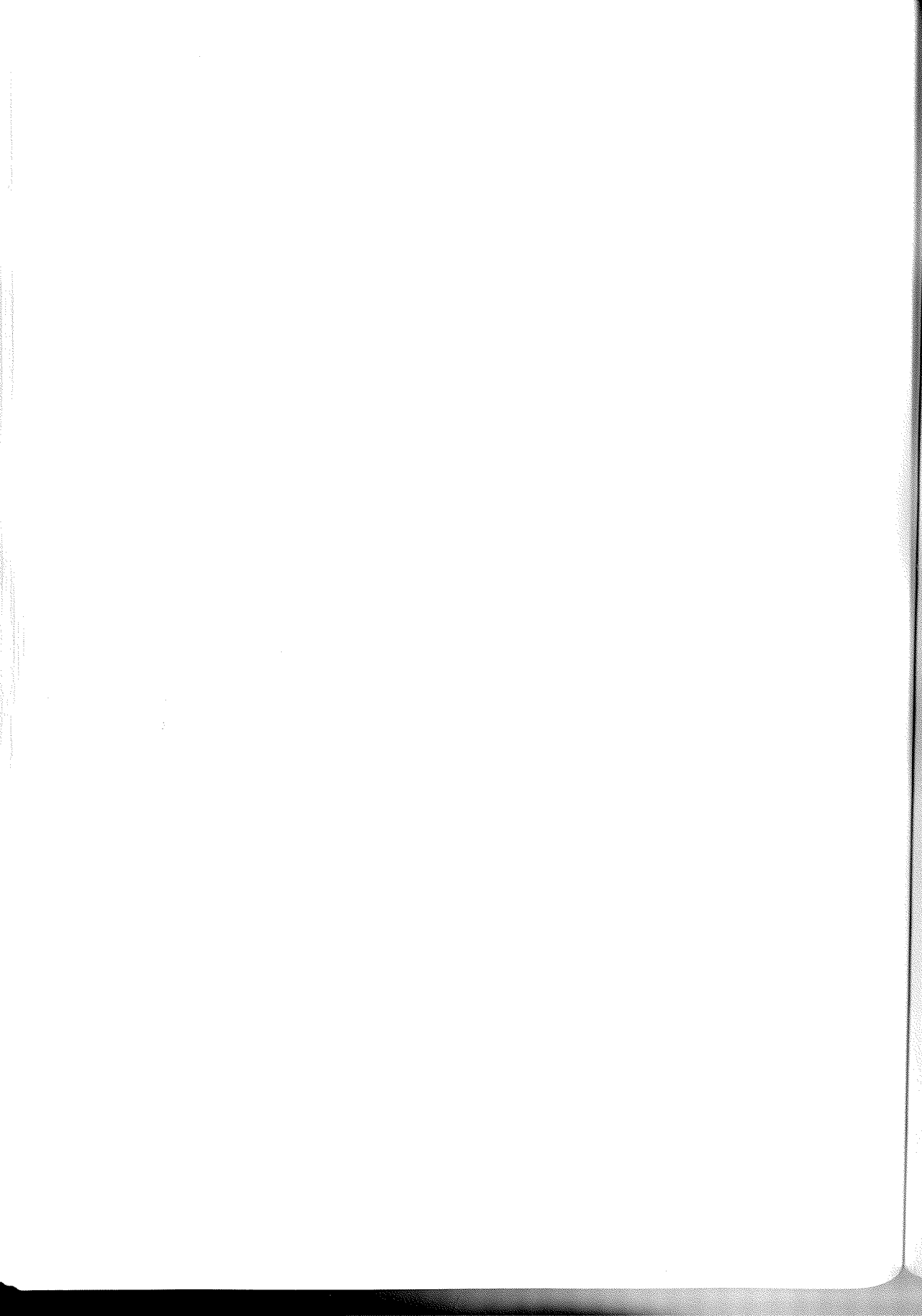
Nella interazione tra uomo e suolo è necessario quindi individuare volta volta quali sono i caratteri funzionali o attributi o qualità che si vogliono utilizzare o produrre, tenendo conto che, se si finalizza il suolo alla produzione di qualità, la qualità richiesta deriva da unica combinazione dei fattori di produzione.

In altre parole, una volta definita una qualità o vocazione di un suolo, non è possibile ricreare condizioni analoghe in altri punti dello spazio fisico fuori dalle condizioni ambientali che si sono verificate a determinare quella specifica qualità. Se ne deduce dunque che il trasferimento spaziale della qualità resta un sogno, così come è un sogno trovare relazioni semplici valide per tutti i sistemi complessi, per cui sarà sempre più necessario, se si vuole puntare alla qualità dei prodotti, tenere conto delle condizioni locali e definire ogni singolo ambiente suolo nelle sue proprietà.

In definitiva, data la complessità del reale, una valutazione qualitativa deve sempre precedere l'analisi quantitativa di un suolo. Prima si specifica un suolo ed un suo ambiente, poi si ricercano i caratteri misurabili che raccontano del comportamento del suolo in tale contesto. Per cui l'iter logico passa dalla qualificazione del corpo naturale suolo, attraverso un'analisi quantitativa dei caratteri funzionali, alla valutazione della qualità della risorsa suolo.



I SOCI CI INFORMANO



INDICATORI AGRO-AMBIENTALI: A CHE PUNTO SONO I LAVORI OCSE?

CANDIDO IZZA

Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante - Roma

La crescente attenzione rivolta dall'opinione pubblica alla qualità dell'ambiente e la consapevolezza che un suo deterioramento genera problemi notevoli non ultimo una disparità intergenerazionale nell'utilizzo delle risorse, ha portato le Autorità delle Nazioni OCSE a promuovere azioni volte al monitoraggio dello stato di salute dell'ambiente stesso.

In questo contesto il Summit dei G7 tenutosi a Parigi nel 1989 ha tra l'altro raccomandato ai Paesi membri di "mettere a punto tecniche innovative in tema di modellizzazione, previsione e sorveglianza nell'ottica di fornire, in tempi brevissimi una informazione sulle conseguenze ambientali e gli effetti economici che possono derivare dalle diverse azioni politiche".

In seguito, la ricaduta nazionale della Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente e lo sviluppo (UNCED), tenutasi a Rio de Janeiro nel giugno 1992, ha ancor più spronato i vari paesi a focalizzare l'attenzione sull'ambiente stesso.

In questa ottica di protezione ambientale considerando che in natura il tempo che intercorre tra una causa ed il suo effetto (in agricoltura ad es. tra spandimento di concimi e lisciviazione di elementi nutritivi nelle falde) viene solitamente misurato in termine di anni, si è ritenuto anzitutto necessario intraprendere lo studio di "Indicatori Ambientali" (AEIs - Agricultural Environment Indicators) che consentano di monitorare in tempo breve le eventuali ripercussioni sull'ambiente delle attività agricole in genere. Questi AEIs devono quindi permettere di verificare:

- l'impatto delle politiche agricole sull'ambiente
- l'impatto dei cambiamenti dell'ambiente sull'agricoltura

al fine di poter conoscere precocemente come le misure politiche nei settori agricolo ed ambientale si ripercuotono sia sull'agricoltura che sull'ambiente stesso.

Molto lavoro sugli AEIs è già stato fatto dall'OCSE per mezzo di gruppi ad hoc formati a cura sia del Comitato Ambiente (Gruppo SOE- State of Environment) sia dei Comitati Agricoltura e Ambiente per mezzo di un gruppo congiunto (J.W.G.: Joint Working Group), al quale l'Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante partecipa.

In questa sede sono stati anzitutto stabiliti i criteri ai quali gli Indicatori Agro- Ambientali devono ottemperare:

- rilevanza politica;
- affidabilità scientifica;
- misurabilità.

Sono stati inoltre individuati due grandi gruppi ai quali è possibile far afferire i vari indicatori:

A) Indicatori di pressione ambientale in rapporto all'agricoltura (indicatori di pressione in senso lato). Questo gruppo può essere ulteriormente scomposto in: indicatori di pressione dell'ambiente sull'agricoltura ed indicatori di pressione dell'agricoltura sull'ambiente.

B) Indicatori di impatto dell'agricoltura sull'ambiente (indicatori di impatto).

I legami tra i due gruppi, come si può capire, sono molto stretti ed a volte è difficile distinguere a quale tra i due gruppi appartenga un particolare indicatore; nei vari paesi OCSE molti studi sono stati finora condotti sugli Indicatori del gruppo A mentre nel secondo caso le ricerche sono meno avanzate.

I problemi a carattere generale attualmente in discussione sono correlati a varie tematiche; una delle prime difficoltà è consistita nel capire quando alla variazione di un indicatore è collegato un impatto di tipo positivo oppure negativo.

Ipotizziamo infatti due particolari utilizzazioni del territorio: un effetto positivo si dovrebbe avere ad es. se un suolo viene riportato al suo stato naturale per cui in questo caso il valore dell'AEIs dovrebbe avere per così dire il "segno" positivo; ma non sempre il ritorno alla "natura" può essere un fatto positivo; infatti se un terreno con particolari amenità paesaggistiche viene trasformato in una foresta, questo dovrebbe essere considerato come un effetto negativo e cioè un danno ambientale per cui il "segno" dell'indicatore dovrebbe essere negativo. Come si può capire è difficile che una "misura" possa tenere conto di queste

considerazioni filosofiche. Una seconda problematica è stata quella relativa alle unità di misura dei vari AEIs che solitamente sono espressi in unità fisiche come quantità di suolo eroso o di acqua inquinata mentre forse sarebbe più opportuno darne dei valori monetari specie in alcuni casi (ad es. sanzioni in applicazione del Polluter Pays Principle, costi per risanare corsi d'acqua, per disinquinare terreni contenenti prodotti organici o metalli pesanti etc.).

Si è comunque pervenuti alla decisione che per ora è sufficiente esprimere gli AEIs in unità fisiche o chimiche in attesa che gli economisti trovino un accordo sui valori monetari da attribuire ad alcuni beni sociali come ad es. il paesaggio. Un altro punto molto dibattuto è stato quello della soglia degli AEIs; ci si chiedeva cioè se fosse possibile, attribuire a livello internazionale, identici valori limite ad uno stesso indicatore; ma detto valore limite, al quale corrisponde ad esempio una notevole alterazione dell'ecosistema oppure un danno grave per la salute umana, deve necessariamente risentire delle condizioni pedologiche ed ambientali e quindi differire da Paese a Paese ed in alcuni casi da Regione a Regione (ad es. per combattere una particolare malattia vegetale la quantità di pesticidi da utilizzare in un paese caratterizzato da basse temperature medie sarà certamente diversa da quella necessaria in un paese con temperature elevate; i suoli sabbiosi liscivieranno più facilmente eventuali elementi inquinanti, a parità di piovosità, rispetto a terreni argillosi etc.). Si è così deciso di attribuire agli AEIs dei valori a valenza nazionale o sub-nazionale in modo da tenere conto appunto delle diverse condizioni di suolo, clima, etc.

Da quanto detto si evince come il problema sia ancora in gran parte da risolvere proprio perché le problematiche dei Paesi membri differiscono notevolmente per pedologia, clima, condizioni socio-economiche ed anche perché alcuni hanno enormi estensioni territoriali e scarso numero di abitanti mentre altri hanno esattamente il problema opposto.

Basta riferire a tal proposito quanto sia stato dibattuto il solo punto di partenza; alcuni Paesi come il Canada, gli Stati Uniti, la Nuova Zelanda e l'Australia sostenevano che si dovessero adottare un numero di indicatori sufficientemente elevato (circa 25) per monitorare i vari aspetti ambientali; al contrario i Paesi della Comunità Europea insistevano perché vengano *prima* individuati i problemi ambientali (correlati all'agricoltura) più pressanti ed in numero molto limitato (4 o 5) e, per seguirne le even-

tuali variazioni nel tempo, selezionare in seguito altrettanti AElS passando così rapidamente alla fase applicativa in quanto le risorse dei Paesi Europei sono, in confronto ai Paesi di cui sopra, molto limitate.

BREVE NOTA INFORMATIVA SUI LAVORI DELL'8th NITROGEN WORKSHOP

PAOLO NANNIPIERI E ANNA BENEDETTI
(Commissione IV)

Dal 5 all'8 settembre 1994 si è svolto a Gent in Belgio organizzato dall'Università di Gent l'8th Nitrogen Workshop.

Erano presenti al Convegno più di 250 ricercatori provenienti da tutto il mondo. Per l'Italia hanno partecipato solo 7 ricercatori: 3 dall'Università di Firenze, 2 dell'Università di Milano, 1 dall'Università di Viterbo ed 1 infine dagli IRSA.

Il convegno è stato articolato in sei differenti sessioni e precisamente:

- 1) Turnover della sostanza organica;
- 2) Volatilizzazione dell'ammoniaca;
- 3) Lisciviazione dell'azoto;
- 4) Bilancio dell'azoto e fertilizzanti;
- 5) Nitrificazione e denitrificazione;
- 6) Modellistica.

Il giorno 5 è stato dedicato integralmente alla presentazione delle relazioni su invito, una per ogni tematica affrontata nelle differenti sessioni. Nei giorni 6 e 7 è stato possibile visionare tutti i contributi volontari, presentati obbligatoriamente nella forma di poster. Successivamente sono stati formati 6 gruppi di lavoro per ciascuna delle tematiche del convegno, contemporanei a tre a tre. Infine nella mattina dell'8 è stata organizzata una esposizione delle conclusioni dei lavori del convegno da parte dei rapporteur delle sei sessioni.

Dei 212 lavori presentati al convegno più del 27% hanno riguardato gli aspetti della nitrificazione e denitrificazione ivi compresa la problematica della volatilizzazione dell'ammoniaca. Un 20% è stato rappresentato da lavori sul turnover della sostanza organica ed un altro 22% da quelli sulla fertilizzazione

azotata. Solo un 8% dei contributi ha preso in considerazione il problema delle perdite di nitrati nelle acque. Il rimanente 23% è stato frammentato in tutte le altre tematiche dalla fissazione biologica dell'azoto, alla modellistica ed alle metodologie d'analisi.

Relativamente alle discussioni congiunte, sul turnover della sostanza organica è emerso che vi sono due tendenze diverse di approccio di studio del problema. La prima che individua le differenti frazioni azotate mediante diverse tecniche di estrazione e successive interpretazione dei risultati con appositi modelli matematici, prendendo in esame la dinamica delle reazioni. Solo l'uso del ^{15}N comunque è in grado di chiarire definitivamente il reale ammontare dei pools del bilancio dell'azoto ed i termini con i quali essi sono in interazione fra loro. Va comunque segnalato che l'approccio modellistico ha individuato un numero maggiore di pools di quanto non è possibile determinare con gli attuali metodi chimici, biologici e biochimici.

Per quanto attiene invece le problematiche inerenti la nitrificazione e la denitrificazione sono emersi dal dibattito numerosi punti che dovranno essere approfonditi con ulteriori studi, quali ad esempio le metodologie più rispondenti alla misura dei due pools azotati. Altro filone di indagine segnalato dal rapporteur del gruppo riguarda l'impatto del tipo di fertilizzante rispetto alle caratteristiche del suolo nei confronti di possibili perdite di N_2O , nonché l'uso degli inibitori della nitrificazione.

Non è stato comunque tuttora messo a punto un metodo che consenta di discriminare tra N_2O prodotto dai processi di denitrificazione e quello prodotto dai processi di nitrificazione.

Di seguito vengono riportati brevemente i contributi presentati dagli italiani.

*) BADALUCCO L., LANDI, BARRACLOUGH D. and NANNIPIERI P.: "Changes in soil N Mineralization-Immobilization rates induced by methionine sulfoximine".

In questo lavoro gli Autori hanno studiato l'effetto della methionine sulfoximine, un inibitore della glutamina utilizzando la tecnica della diluizione isotopica, dopo aver accertato che l'inibitore blocca il processo di immobilizzazione solamente per alcune ore. Questo risultato può consentire di mettere a punto un metodo che consenta di quantificare il processo di mineralizzazione ed immobilizzazione dell'azoto.

*) BENEDETTI A., VITTORI ANTISARI L., CANALI S., GIACCHINI P. and SEQUI P.: "Relationship between the fixed ammonium and the mineralization of the nitrogen in soil".

Tale lavoro ha avuto due obiettivi principali: 1) determinare il pool dell'azoto potenzialmente mineralizzabile e di quello fissato ai comparti minerali del suolo, 2) valutare se la misura dell'azoto potenzialmente mineralizzabile potesse risentire di interferenze dovute agli altri pools azotati del suolo con particolare riguardo all'ammonio di interstrato.

Le conclusioni a cui si è giunti con questo lavoro sono state quelle che tutti i pools (N disponibile, totale, fissato alle argille, immobilizzato dalla biomassa microbica) analizzati prima e dopo le determinazioni dell'azoto potenzialmente mineralizzabile non hanno presentato differenze significative. Tale risultato dimostra che in condizioni di saturazione delle argille da parte dello ione ammonio la misura dell'azoto potenzialmente mineralizzabile non è affetta da errore.

*) ZACCHERO P., CRIPPA L., GENEVINI P.L.: "Effect of zinc on nitrogen transformation in soil".

Gli Autori hanno inteso valutare le modificazioni indotte da elevate concentrazioni di zinco durante il compostaggio di materiale vegetale marcato con 15N e studiare l'effetto dello zinco sui processi di mineralizzazione dell'azoto del compost e di immobilizzazione dell'azoto da fertilizzante minerale nel terreno.

In particolare, è stata studiata la ripartizione di azoto e carbonio tra le frazioni a diversa solubilità in alcali e acidi del compost, evidenziando le modificazioni indotte dal processo di compostaggio rispetto al materiale di partenza (parte aerea di piante di mais) e le differenze verificatesi tra compost arricchito in zinco e compost ottenuto senza aggiunta del metallo. I due compost si sono rivelati sensibilmente differenti per quanto riguarda il grado di complessità strutturale, che risulta minore per il compost arricchito in zinco, e che ne ha fatto supporre una maggiore suscettibilità alla mineralizzazione nel terreno.

Le prove di incubazione nel terreno, svoltesi sia in assenza che in presenza di piante hanno evidenziato un effetto di immobilizzazione dell'azoto minerale indotto da entrambi i compost, ma un maggior rilascio di azoto da parte del compost-Zn; inoltre, la somministrazione contemporanea al terreno di compost e di zinco inorganico in dose equivalente a quella apportata con lo Zn-compost ha consentito di mettere in evidenza un diretto effetto del metallo sulle attività biologiche che governano la disponibilità di azoto per le piante.

MEETING SU "SOIL SURVEYS AND DATABASES"

FRANCO PREVITALI

Istituto di Agronomia - Università di Milano

Su incarico del Consiglio Direttivo della S.I.S.S., C. Calzolari e F. Previtali hanno partecipato al Meeting "Soil Surveys and Databases" della Comunità Europea. La riunione si è svolta presso l'INRA, Servizio di Studio dei suoli e della Carta Pedologica della Francia ad Orléans, nei giorni 8 e 9 Dicembre 1994. I lavori sono stati coordinati da M. Jamagne e P. Bullock. Il meeting rappresentava la prosecuzione del precedente svoltosi a Silsoe nel 1989.

Oggetto dell'iniziativa è stata la verifica dell'attività e del grado di sviluppo dei servizi del Suolo, oltreché della effettiva costituzione di banche-dati pedologici nei Paesi europei. L'obiettivo era costituito dalla intensificazione e dal coordinamento delle varieguate iniziative nazionali e locali.

I rappresentanti italiani hanno esposto il quadro delle attività e dei risultati cartografici ed informativi-territoriali nelle diverse Regioni italiane, sulla base delle loro dirette conoscenze e delle informazioni messe a disposizione dai diversi esperti consultati.

È stata inevitabilmente verificata la frammentarietà e lo scarso coordinamento delle iniziative passate ed in atto in Italia, ed il forzato ripiegamento su progetti nazionali, dopo la fase degli anni '60, caratterizzata da un maggiore respiro nazionale.

D'altro canto è risultata evidente la dinamicità di talune situazioni regionali rispetto a molte aree arretrate nel campo in esame.

I partecipanti hanno concluso i lavori approvando un appello, rivolto a tutti i Governi europei ed agli Operatori del settore, affinché vengano prese le misure necessarie al conseguimento dei seguenti obiettivi:

- incremento delle azioni di coordinamento europeo nel rilevamento cartografico dei suoli;
- intensificazione delle iniziative governative per la conoscenza dei suoli, specie nei Paesi più arretrati in tal senso;
- adozione di sistemi unificati di raccolta ed elaborazione dei dati pedologici e territoriali;
- sviluppo di iniziative di sensibilizzazione al problema della difesa e conservazione del suolo;
- aggiornamento delle tecniche agricole e forestali alla luce del possibile inasprimento climatico globale;
- razionalizzazione degli usi e delle destinazioni dei suoli, in chiave non solo produttiva ma anche ecologica.

1° CONVEGNO NAZIONALE - SEZIONE ITALIANA IHSS

NICOLA SENESI

Istituto di Chimica Agraria - Università di Bari

Il 4 e 5 maggio scorso si è tenuto a Bari, nell'Aula della Facoltà di Agraria, Campus Universitario, il 1° Convegno Nazionale della *Sezione Italiana* della International Humic Substances Society (IHSS), sul tema "*Le Sostanze Umiche nell'Ecosistema. Aspetti ed Applicativi*".

A questa prima manifestazione della IHSS-Sezione Italiana hanno partecipato circa 50 colleghi provenienti dalle varie sedi universitarie nazionali e alcuni operatori del comparto industriale e tecnico-professionale. I lavori del Convegno si sono articolati in quattro sessioni orali che hanno affrontato vari argomenti sia di carattere scientifico che applicativo, quali struttura e moderne metodologie di studio delle sostanze umiche, qualità ed evoluzione del carbonio organico di apporto nel suolo, interazioni di sostanze umiche con ioni metallici ed erbicidi, attività biologiche delle sostanze umiche. Si sono tenute quattro relazioni fondamentali ad invito, tenute dai Proff.: M.H.B. Hayes, University of Birmingham, UK (*Presidente, IHSS*); C.E. Clapp, USDA-ARP & University of Minnesota, St. Paul USA (*Tesoriere, IHSS*); P. Sequi, Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, Roma; A. Piccolo, Università di Napoli, Portici e ben 23 relazioni orali. In tutte le sessioni si è avuta una intensa ed attiva partecipazione, con ampie e vivaci discussioni.

Al termine dei lavori si sono tenute l'Assemblea della Sezione Italiana della IHSS alla quale hanno partecipato un nutrito gruppo di nuovi Soci e alcune riunioni su progetti di ricerca finalizzati che hanno avuto per oggetto i temi e gli argomenti dibattuti nelle due giornate di Convegno.

Per ulteriori informazioni, telefonare o contattare il Prof. T.M. Miano (tel. 080/5442857, fax 080/5442813) o il Prof. N. Senesi (tel. 080/5442853, fax 080/5442813).

DATE DA RICORDARE:

convegni, seminari, conferenze, corsi.....

6-9 Giugno 1995 - Cagliari
SISS - Società Italiana della Scienza del Suolo
Assemblea annuale
"Il Ruolo della Pedologia nella Pianificazione
e Gestione del Territorio"

Contact: Sig.ra Catherine Mann
c/o Dipartimento Scienze della Terra
Via Trentino 51, 09127 CAGLIARI
Tel.: 070 - 2006239
Fax: 070 - 282236

* * * * *

18-24 Settembre 1995 - MOSCA, Russia
ESSC - Soil Science Society of Russia
Workshop on "Problems and Management of
Soil Conservation in Europe"

Contact: Prof. M.S. Kuznetsov
119899 Moscow - Russia
Moscow State University
Fac. of Soil Science
Tel.: 095 - 9395929
Fax: 095 - 9390989

* * * * *

29 Ottobre - 3 Novembre 1995
- BALIKPAPAN, Indonesia
3rd Conference on Forest Soils (ISSS - AISS - IBG)
"International Congress on Soils of Tropical Forest Ecosystem"

Contact: Dr. Andreas Schulte /
Dr. Daddy Ruhiyat
Indonesian-German Forestry Project
Faculty of Forestry - Mulawarman University
P.O. Box 1227
Samarinda 75123
East Kalimantan - INDONESIA
Tel.: 0062 - 541 - 35089
Fax: 0062 - 541 - 35379

* * * * *

1-7 Settembre 1996
ESSC - Second International Congress
"Development and Implementation of Soil Conservation
Strategies for Sustainable
Land Use"

Contact: Dr. Karl Auerswald
ESSC Congress
Lehrstuhl für Bodenkunde
D-85350 Freising
Germany

* * * * *

13-19 Settembre 1996 - LLEIDA, Spagna
Spanish Society of Soil Science - ISSS
"International Symposium on Soil with Gypsum"

Contact: Dr. R.M. Poch
Av. Rovira Roure, 177
25198-Lleida, Catalonia, Spain
Tel.: +34 73 702567
Fax: +34 73 238264

* * * * *

11 - 17 Novembre 1996 - KHON KAEN, Northeast Thailand
Soil and Fertilizer Society of Thailand - SFST
"The International Symposium on Maximizing Sustainable Rice
Yields Through Improved Soil and Environmental Management"

Contact: Department of Soil Science
Kasetsart University
Bangkok 10900, Thailand
Tel.: (662) 579-2028, 579-9538
Fax: (662) 561-4766

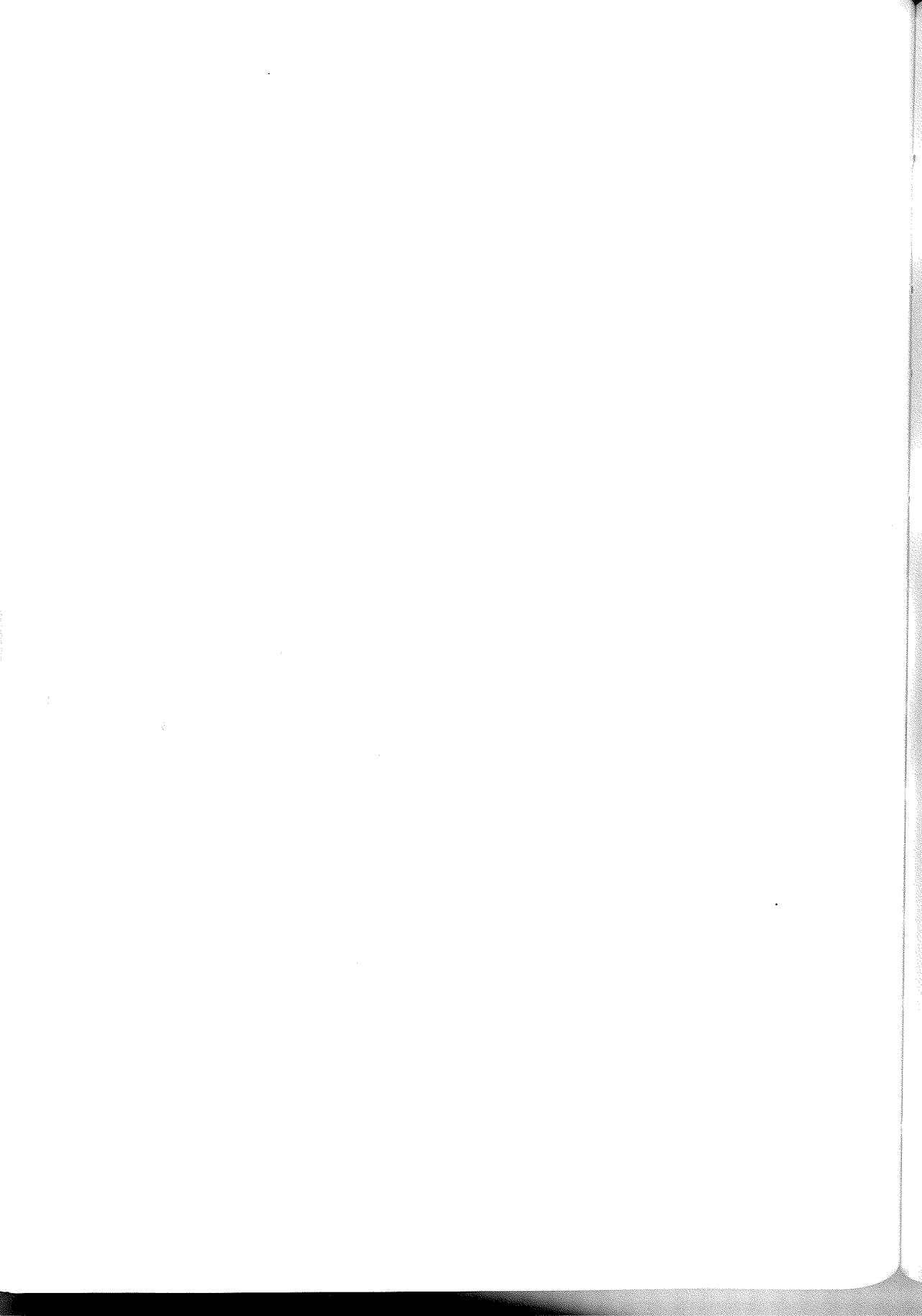
* * * * *

Agosto 1998 - MONTPELIER, Francia
ISSS - Association Française pour l'Etude du Sol
"16^{ème} Congres Mondial de Science du Sol"

Contact: Prof. J.-C. Remy
Avenue Agropolis
34394 Montpellier Cedex 5 - France
Tel.: (33) 67 04 75 38
Fax: (33) 67 04 75 49



FRESCO DI STAMPA



Quaderno PANDA N. 1

– *Codice di Buona Pratica Agricola per la Protezione delle Acque dai Nitrati.*

Calderini Editore, marzo 1995, pp. 159, 23.000 lire.

Quaderno PANDA N. 2

– *Guida alla lettura ed interpretazione del Codice di Buona Pratica Agricola per la protezione delle acque dai nitrati.*

Calderini Editore, aprile 1995, pp. 247, 35.000 lire.

Prima di descrivere il contenuto dei due volumi vale la pena di illustrare brevemente la Collana PANDA, di cui essi costituiscono appunto il primo ed il secondo quaderno.

Fra i progetti finalizzati del Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, il progetto "Produzione Agricola nella Difesa dell'Ambiente" (PANDA) affronta alcuni dei temi di più pressante attualità per i paesi avanzati che adottano criteri moderni di gestione dell'agricoltura, quelli di un'agricoltura rispettosa dell'ambiente e che tende a risolvere i problemi dell'ambiente piuttosto che a crearli, quelli della definizione della sensibilità delle aree, quelli del riciclo delle biomasse in agricoltura e così via: quelli in sostanza di un'agricoltura compatibile con le moderne esigenze della società.

In armonia con l'ottica del rinnovato Ministero il progetto PANDA intende porre la più grande attenzione ai rapporti con le autorità regionali. Prima ancora che nella non lontana fase del rinnovo del progetto si possano affrontare i problemi direttamente segnalati dalle regioni, ponendo particolare cura alle attività di divulgazione. In questo spirito nasce l'iniziativa della collana dei quaderni PANDA, che intendono costituire un *corpus* di informazioni fornite su una base squisitamente divulgativa, anche se conservando assoluto rigore scientifico.

La buona pratica agricola è la base di ogni rapporto corretto fra agricoltura e ambiente, oltre che fra agricoltura e attività umane nel loro complesso. Un'agricoltura sostenibile è la base di una civiltà sostenibile. Il codice di buona pratica agricola richiesto dall'applicazione della Direttiva 91/676/CEE è stato re-

datto da una Commissione presieduta dallo scrivente, che è anche il coordinatore generale del progetto. Per questi motivi si è ritenuto opportuno aprire la collana con il codice di buona pratica agricola. Il primo e il secondo quaderno sono dedicati al codice, e alla redazione dei nuovi codici verrà dedicato un terzo quaderno che uscirà in una data non lontana nel tempo. Altri quaderni prenderanno in esame argomenti svariati di grande interesse applicato, come la definizione della sensibilità delle aree, i fertilizzanti organici, il set-aside, e così via.

Il primo volume fornisce per così dire tutti i ferri del mestiere per lavorare sul codice. Dopo la versione originale italiana viene presentata una versione in lingua inglese che potrà essere indubbiamente utile per quei tecnici, oggi la maggior parte, che leggono spesso lavori in inglese e che vogliono usufruire di questo testo magari anche solo per controllare alcuni termini: ancor più sarà preziosa per rendere possibile un confronto a livello europeo. Non esistono finora altri paesi che hanno fornito il codice in lingue diverse da quelle loro ufficiali. La versione inglese sarà importante in particolare per stabilire collegamenti con i paesi che si affacciano sul mediterraneo, in vista della predisposizione di un codice comune giustificato dall'esistenza di ambienti pedoclimaticamente simili. Seque il testo della direttiva e la parte della legge comunitaria 1994 che riguarda l'argomento; chiude il testo della direttiva originale il lingua inglese, un documento praticamente non reperibile in Italia.

Il secondo volume è una guida alla lettura del Codice di Buona Pratica Agricola. È suddiviso in quattro parti: la prima è l'esposizione degli obiettivi, e si è pensato a tal fine di riportare il sunto degli interventi di presentazione del Codice alla Fiera agricola di Verona nel marzo 1994, giusto un anno fa.

Le basi scientifiche del codice, oggetto della seconda parte, sono essenziali per la formulazione di un corretto piano di fertilizzazione azotata, e si è dato pertanto un particolare rilievo all'illustrazione del bilancio dell'azoto e dei vari processi che lo costituiscono.

Nella terza parte si è ritenuto opportuno approfondire alcuni argomenti di interesse agronomico: fra di essi l'ottimizzazione dell'uso delle macchine agricole, le lavorazioni e le sistemazioni del terreno, la gestione dell'allevamento e degli effluenti, la stesura del piano di concimazione, un cenno alle analisi del terreno.

Infine un glossario e l'indirizzario relativo agli estensori dei singoli contributi occupano le ultime pagine, e potranno essere

preziosi agli interessati al fine di ottenere ulteriori informazioni in materia.

Alla stesura dei due quaderni, coordinati da me ed A. Benedetti, hanno contribuito molti autori e, lo sforzo perseguito da tutti è stato quello di trasferire a livello divulgativo quanto oggi si conosce in materia di contenimento dell'inquinamento delle acque dai nitrati. Il taglio dato soprattutto al secondo volume lo rende idoneo ad un pubblico molto vasto: ne potranno usufruire studenti, divulgatori agricoli, tecnici regionali, agricoltori stessi ecc.

Il Coordinatore del Progetto PANDA
Prof. Paolo Sequi

SOCIETÀ ITALIANA DELLA SCIENZA DEL SUOLO ELENCO SOCI AL MARZO 1995

AG.EC. sas, Studio e Ricerca, e Consulenza Agraria, Via Turchia 4 - 35050 SELVAZANO (PD).

AGRONOMICA S.r.l. Consortile, P.za L.C. Farini, 4 - 48100 Ravenna.

Ajmone Marsan Dr. Franco, DI.Va.P.R.A., Chimica Agraria, Via P. Giuria 15 - 10126 TORINO.

Alianiello Dr. Francesco, Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, via della Navicella, 4 - 00184 ROMA.

Alliata Dr.a Valeria, Cooperativa REA, Via Raiberti 9 - 20052 MONZA.

Allievi Dr. Luigi, DISTAM-MAAE, Via Celoria 2 - 20133 MILANO.

Amministrazione Prov.le, Piacenza, Rip. Rete Agromet. Lab. Analisi Ter. - 29027 GARIGA DI PODENZANO (PC).

Angelone Dr. Massimo, ENEA Casaccia, Sp. Anguillarese - 00100 ROMA.

AQUATER S.p.A. Via Mirabello 53 - 61047 S. LORENZO IN CAMPO PS.

Aramini Dr. Giovanni, E.S.A.C., S.S.106, Km 207, 200 - 88051 CROPANI (CZ).

Arcara Dr. Pier Giacomo, Ist. Sperimentale, per lo Studio e la Difesa del Suolo, Piazza D'Azeglio 30 - 50121 FIRENZE.

Arduino Prof. Enza, DI.Va.P.R.A., Chimica Agraria, Via P. Giuria 15 - 10126 TORINO.

Aringhieri Dr. Roberto, Ist. Chimica del terreno C.N.R., Via F. Corridoni 78 - 56100 PISA.

Arnoldus-Huyzendveld Dr.a Antonia, DIGITER, Via di Frascati 201 - 00040 ROCCA DI PAPA (RM).

Aru Prof. Angelo, Ist. di Geologia, Via Trentino 51 - 09100 CAGLIARI.

Assi Dr.a Isabella, Via U. Foscolo 2 - 20059 VIMERCATE (MI).

Averna Prof. Vincenzo, Ist. Chimica Agraria, Università di Palermo, Viale delle Scienze - 90128 PALERMO.

Badalucco Dr. Luigi, Dip. di Agrobiologia, e Agrochimica, Via de Lellis - 01100 VITERBO.

Baffi Dr. Claudio, Ist. Chimica Agraria, Università Cattolica S. Cuore, Via Emilia Parmense 84 - 29100 PIACENZA.

Baldaccini Prof. Paolo, Piazza Belgio 3 - 09100 CAGLIARI.

Balduzzi Prof. Alberto, Ist. Botanico, Università, C.P. 230 - 27100 PAVIA.

Barberis Prof.ssa Elisabetta, DI.Va.P.R.A., Chimica Agraria, Via P. Giuria 15 - 10126 TORINO.

Basile Dr. Gino, Ist. Chimica Agraria, Via Università 100 - 80055 PORTICI (NA).

Battelli Prof. Giorgio, I.T.A.S. Via Emilia Levante 4420 - 47023 CESENA (FO).

- Bazan Prof. Eugenio, Ist. Chimica Agraria, Università di Palermo, Viale delle Scienze 13 - 90128 PALERMO.
- Bazzoffi Dr. Paolo, Istituto Sperimentale, per lo Studio e la Difesa del Suolo, P.zza M. D'Azeglio 30 - 50121 FIRENZE.
- Bellino P.A. Francesco, via M. Signorile 36 - 70121 BARI.
- Benedetti Dr.a Anna, Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, via della Navicella, 2 - 00184 ROMA.
- Bidini Dr.a Donatella, Ist. Sperim., per lo Studio e la Difesa del Suolo, P.zza M. D'Azeglio 30 - 50121 FIRENZE.
- Bini Prof. Claudio, Dip. Scienza Suolo e Nutriz. Piante, Piazzale delle Cascine 15 - 50144 FIRENZE.
- Boero Prof. Walter, DI.Va.P.R.A., Chimica Agraria, Via P. Giuria 15 - 10126 TORINO.
- Bonalumi Dr. Giuseppe, ERSAL, Palazzo Canova, Milano 2 - 20090 SEGRATE (MI).
- Bonifacio Dr.a Eleonora, DIVaPRA Chimica Agraria, Via Pietro Giuria 15 - 10126 TORINO.
- Bono, Dr. Giuseppe, Via Cappuccini, 67 - 92019 SCIACCA (AG).
- Bortolami Dr. Paolo, Dip. Scienze Geologiche e Paleontologiche, Corso Ercole I d'Este 32 - 44100 FERRARA.
- Bragato Dr. Gilberto, Ist. Sper. Nutrizione Piante, Sez. Oper. Gorizia, Via Trieste 23 - 34170 GORIZIA.
- Brigatti Geom. Marco, Piazza Pertini, 30/A - 20043 ARCORE (MI).
- Brunetti Gennaro, Ist. Chimica Agraria, Via Amendola 165/A - 70100 BARI.
- Bufo Prof. Sabino, Ist. Chimica Agraria, Via Amendola 165/A - 70126 BARI.
- Buondonno Prof. Andrea, Ist. Chimica Agraria, Via Università 100 - 80055 PORTICI(NA).
- Buondonno Prof. Corrado, Ist. Chimica Agraria, Via Università 100 - 80055 PORTICI(NA).
- Businelli Prof. Mario, Ist. Chimica Agraria, Università S. Pietro, Borgo XX Giugno 72 - 06100 PERUGIA.
- Busoni Dr. Ermanno, Centro Studio Genesi Class. Cartogr. Suoli CNR, Piazzale delle Cascine 15 - 50144 FIRENZE.
- Calandra Rolando, Facoltà di Agraria, Ist. Mineralogia e Geologia, Borgo XX Giugno - 06100 PERUGIA.
- Calzolari Dr.a Maria Costanza, Centro di Studi del CNR Ist. Geopedologia, P.le delle Cascine 15 - 50144 FIRENZE.
- Canali Dr. Stefano, Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, via della Navicella 2 - 00184 ROMA.
- Capurro Dr. Marco, Corso Nazionale 14 - 19126 LA SPEZIA.
- Carini Dr.a Franca, Ist. Agr. e Ambientale Fac. Agr. U.C.S.C., Via E. Parmense, 84 - 29100 PIACENZA.
- Casati Dr. Enrico, Ist. Idraulica Agraria, Via Celoria 2 - 20133 MILANO.
- Casalicchio Prof. Giovanni, Ist. Chimica Agraria, Via S. Giacomo 6 - 40126 BOLOGNA.
- Casini-Ropa Prof. Giorgio, Ist. Meccanica Agraria, Via Filippo Re 4 - 40126 BOLOGNA.
- Castelli Dr. Fabio, Ist. Sperim. Tabacco, Via Canton 14 - 37051 BOVOLONE (VR).
- Castelnuovo Dr. Marco, Fondaz. CLIFOF, Via Raimondi 54 - 22070 VERMENATE CON MINOPRIO (CO).

- Castrignanò Dr.a Annamaria, Ist. Sperim. Agronomico, Via Ulpiani 5 - 70100 BARI.
Catalano Dr.a Edda, Via F. Galliani 56 - 66100 CHIETI.
Catucci Dr. Oronzo, Via De Gasperi 3 - 74019 PALAGIANO (TA).
Cavallari Dr. Leonello, Piazza Cimone 2 - 00141 ROMA.
Cavazza Prof. Luigi, Ist. Agronomia, Via Filippo Re 6-8 - 40126 BOLOGNA.
Ceccanti Dr. Brunello, c/o CNR, Ist. Chimica del Terreno, Via Corridoni 78 - 56100 PISA.
Chisci Prof. Giancarlo, Dip. di Agronomia e produzione Erbacee, P.le delle Cascine 15 - 50144 FIRENZE.
Ciavatta Dr. Claudio, Ist. Chimica Agraria, Via S. Giacomo 7 - 40126 BOLOGNA.
Cocchiarella Dr. Alfredo Giulio, via S. Anna, 10 - 82020 PESCO SANNITA' (BN).
Colloca Dr.a Caterina, Azienda Flovivaistica E.S.A.C., S.S. 106, Km 207, 200 - 88051 CROPANI (CZ).
Colombo Dr. Claudio, Dip. Scienze Chimica Agraria, Via Università, 100 - 80055 PORTICI (NA).
Comolli Dr. Roberto, Via Mazzini 15 - 21050 BISUSCHIO (VA).
Consalter Dr. Agostino, Centro Agrochimico - 31033 CASTELFRANCO VENETO (TV).
Convertini Dr.a Grazia, Ist. Sperim. Agronomico, Via C. Ulpiani 5 - 70125 BARI.
Corradini Dr. Flavio, Staz. Sperimentale Agraria - 38010 S. MICHELE ALL'ADIGE (TN).
Cosolo Prof. Ing. Sergio, Via dei Campi 6/1 - 34070 FOGLIANO (GO).
Costantini Dr. Edoardo, Ist. Sperimentale, per lo Studio e la Difesa del Suolo, P.zza M. D'Azeglio 30 - 50121 FIRENZE.
Crippa Dr.a Laura, Ist. Chimica Agraria, Via Celoria 2 - 20133 MILANO.
D'Alessandro Prof. Alessandro, Istituto Agronomia Generale, P.zza San Francesco - 89061 GALLINA (RC).
D'Alessio Dr. Domenico, Coop. REA, Via Raiberti 9 - 20052 MONZA (MI).
D'Antonio Dr. Amedeo Via Rossini, Palazzo Conte Cerasole - 81023 CASERTA.
D'Arrigo Dr.a Concetta, Via Valdisavoia 5 - 95123 CATANIA.
Danise Dr. Bruno, Lab. Analisi Suolo, Regione Campania, Via Gianturco 92 - 80142 NAPOLI.
Dazzi Prof. Carmelo, Ist. Agronomia Generale, Cattedra Pedologia, Viale delle Scienze - 90128 PALERMO.
De Nobili Prof. Maria, Università Udine, Ist. Produzione Vegetale, P.le Kolbe 4, 4 - 33100 UDINE.
De Simone Dr. Claudio, Ist. Sperim. per lo Studio e la Difesa del Suolo, Via Casette 1 - 02100 RIETI.
Del Grosso Sig. Marco Valerio, COVIMER, Via Fosso Pioppo - 84090 BATTIPAGLIA (SA).
Del Re Prof. Attilio A.M. Facoltà di Agraria U.C.S.C., Ist. di Chimica Vegetale, Via Emilia Parmense 84 - 29100 PIACENZA.
Dell'Abate Dr.a Maria Teresa, Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, via della Navicella, 4 - 00184 ROMA.
Dell'Agnola Prof. Giorgio, Ist. Chimica Agraria, Via Gradenigo 6 - 35100 PADOVA.
Dell'Orco Dr.a Silvia, Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, via della Navicella, 4 - 00184 ROMA.

- Demontis Dr. Fernando, Cras Centro Reg. Agrario sperimentale, Via L.B. Alberti 22 - 09100 CAGLIARI.
- Dessena Dr.a M. Antonietta, Via Giusti 11 - 09100 CAGLIARI.
- Dessi Dr.a Giovanna, Via Maninchedda G. 14 - 07040 SASSARI.
- Di Benedetto Dr. Michele, Lab. An. Terreni Reg. Emilia, Via Tolara di Sopra 72 - Loc. Settefonti - 40050 MERCATALE (BO).
- Di Pisa dr. Angelo, Ist. Agronomia, e Coltivazioni Erbacee, Viale delle Scienze 13 - 90128 PALERMO.
- Di Prima Prof. Giuseppe, Ist. Agronomia, e Coltivazioni Erbacee, Viale delle Scienze 13 - 90128 PALERMO.
- Dibona Dr. Dino, Via Chiave 122 - 32043 CORTINA D'AMPEZZO (BL).
- Dimase Dr. Antonio, Dip.to Scienza Suolo, P.le delle Cascine 15 - 50144 FIRENZE.
- DIPARTIM S.T.A.M., Dip. Scienze Tecniche, Alimentari e Microbiologiche, P.le delle Cascine 27 - 50144 FIRENZE.
- Dowgiallo Dr.a Giuseppina, La Sapienza, Dip. Biologia Vegetale, P.le Aldo Moro 5 - 00185 ROMA.
- Drusiani Dr. Franco, Lab. Reg. Analisi Terreni, Via Tolara di Sopra 72 - Loc. Settefonti - 40050 MERCATALE (BO).
- Dugoni Dr. Francesco, Ist. sup. Lattiero Caseario, Via L. Pilla 25 - 46100 MANTOVA.
- Dumontet Dr. Stefano, Univ. Basilicata, Ist. Chimica Agr. e Forest., Via N. Sauro 85 - 85100 POTENZA.
- E.R.S.A. Regione Abruzzo, P.za Torlonia 78 - 67051 AVEZZANO (AQ).
- ENEL, DSR Centro Ricerca, Utilizzaz. Ceneri Carbone, Via Dalmazia 21/c - 72100 BRINDISI.
- ERSON, Soc. Coop. a r.l., Viale Bovio 600 - 47024 CESENA(FO).
- Eschena Prof. Tommaso, Via De Gasperi 7 - 20057 VEDANO AL LAMBRO (MI).
- Facco Dr.a Stefania, FRF, Agrimont Spa, B.na dell'Azoto 15 - 30175 PORTO MARGHERA (VE).
- Fantola dr.a Francesca, largo Carlo Felice 74 - 09100 CAGLIARI.
- Farini Prof. Anna, Ist. di Chimica Agraria, Via Celoria 2 - 20133 MILANO.
- Favaloro Prof. Mario, Ist. Patologia Veget., Viale delle Scienze 13 - 90128 PALERMO.
- Favi Dr. Enrico, Dip. Agricol. e Foreste, Regione Toscana, Via Novoli 26 - 50100 FIRENZE.
- Favilli Prof. Franco, Dipart. S.T.A.M., Dip. Scienza Suolo e Nutr. Piante, P.le delle Cascine 27 - 50144 FIRENZE.
- Federico Goldberg, Prof. Linda, Ist. Chimica Agraria, Via Celoria 2 - 20133 MILANO.
- Felloni Dr. Claudio, SADA Srl, V.lo del Giglio 6 - 44100 FERRARA.
- Ferrari Dr. Gianni, Centro Agric. Pilota, Via Bizzarri 13 - 40012 CALDERARA DI RENO (BO), Loc. Bargellino.
- Ferrari Prof. A. Maria, Ist. Microbiologia, Agraria e Tecnica, Via Celoria 2 - 20133 MILANO.
- Ferri Dr. Donato, Ist. Sper. Agronomico, Via C. Ulpiani 5 - 70125 BARI.
- Fierotti Prof. Giovanni, Ist. Agronomia, Cattedra Pedologia, Viale delle Scienze 13 - 90128 PALERMO.
- Figliolia Dr.a Adele, Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, via della Navicella, 4 - 00184 ROMA.
- Filippi Dr. Nicola, Viale Aldini 140 - 40136 BOLOGNA.

- Filpi Dr. Corrado, Ist. Microbiologia Agr. V.le delle Scienze 13 - 90128 PALERMO.
Fischella Prof. Giuseppina, Ist. Chimica Agraria, Via Valdisavoia 15 - 95123 CATANIA.
Franchini Dr. Marinella, Dip.to Scienze Mineralogiche e Petrologiche, via Valperga Caluso, 37 - 10125 TORINO.
Frezzotti Dr. Massimo ENEA Casaccia, Sp. Anguillarese - 00100 ROMA.
Fusi Prof. Paolo, Dip.to Scienza Suolo e Nutriz. Piante, P.le delle Cascine 28 - 50144 FIRENZE.
Galassi Dr.a Laura, Via G. Chiassi 55 - 46100 MANTOVA.
Gatti Dr.a Marina, Ist. Chimica Agraria, Università Cattolica, Via E. Parmense 84 - 29100 PIACENZA.
Gattorta Prof. Giuseppe, Ist. Sperimentale, Patologia Vegetale, Via G. Ciarrocchi 15 - 00151 ROMA.
Genevini Prof. Pier Luigi, Ist. Chimica Agraria, Via Celoria 2 - 20133 MILANO.
Gennaro Prof. Giuseppe, Preside III Ist. Tec. Agr., Via Colonia Agricola - 00138 ROMA.
Gessa Prof. Carlo, Ist. Chimica Agraria, Via E. De Nicola - 07100 SASSARI.
Gianfreda Prof. Liliana, Ist. Chimica Agraria, Via Università 100 - 80055 PORTICI (NA).
Gigliotti Dr.a Carmen, Ist. Chimica Agraria, Via Celoria 2 - 20133 MILANO.
Giordano Prof. Andrea, Ist. di Idraulica Agr., Fac. Agraria, C.so Raffaello 8 - 10126 TORINO.
Giovagnotti Prof. Celso, Ist. di Pedologia, Borgo XX Giugno - 06100 PERUGIA.
Gisotti Dr. Giuseppe, Via Accademia Albertina 23 - 00147 ROMA.
Granata Dr.a Maria, Ente Svil. Agr., Reg. Sicilia Lab. Chimico Agrario, Via Partanna Mondello 50 - 90100 PALERMO.
Grego Prof. Stefano, O.A.B.A.C., Università della Tuscia, Via S.C. de Lellis - 01100 VITERBO.
Gregori Dr. Enrico, Ist. Sper. per Studio e la Difesa del Suolo, P.za M. D'Azeglio 30 - 50121 FIRENZE.
Gregori Dr. Paolo, Via Padova 3 - 38100 TRENTO.
Grossi Dr. Giorgio, Via Po 7 - 46100 MANTOVA.
Grossi Prof. Pellegrino, Ist. Idraulica Agraria, Via del Borghetto 80 - 56100 PISA.
Guaitoli Dr. Fabio, Via Minerva 27 - 90149 PALERMO.
Guermanti Dr.a Marina, Uff. Cartografico, Regione Emilia, Viale Silvani 4/3 - 40100 BOLOGNA.
Guerrieri, Dr.a Fernanda, Via Pian di Rose 9 - 61040 S. IPPOLITO (PS).
Indelicato, Ing. Salvatore, Via S. Sofia 73 - 95100 CATANIA.
Indiati Dr. Roberto, Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, via della Navicella, 4 - 00184 ROMA.
I.P.L.A., Istituto Piante Legno e Ambiente, C.so Casale 476 - 10132 TORINO.
Ist. Agrario di S. Michele a/A, Biblioteca, Via E. Mach 1 - 38010 S. MICHELE ALL'ADIGE (TN).
Ist. Chimica Agraria, Università di Perugia, Borgo XX Giugno 72 - 06100 PERUGIA.
Istituto Sperim. per la Nutrizione delle Piante, Via della Navicella 2 - 00184 ROMA.
Istituto per la Chimica del Terreno, C.N.R. via Corridoni 78 - 56100 PISA.
Ivetic Dr. Boris, c/o REA, Via Raiberti 9 - 20052 MONZA.
Izza Dr. Candido, Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, via della Navicella, 4 - 00184 ROMA.

- Landi Prof. Renzo, Ist. Agronomia Gen., e Coltivazioni Erbacee, P.le delle Cascine 18 - 50144 FIRENZE.
- Lanza Prof. Felice, Ist. Sperim. Agronomico, Via C. Ulpiani 5 - 70125 BARI.
- Leita Dr.a Liviana, Ist. Produzione Vegetale, P.le Kolbe 4 - 33100 UDINE.
- Levi-Minzi Prof. Renato, Ist. Chimica Agraria, Via S. Michele degli Scalzi 2 - 56100 PISA.
- Livini Dr.a Chiara, Ist. Sperimentale, per la Cerealcoltura, Via Stezzano 24 - 24100 BERGAMO.
- Loddo dr. Stefano, via Capo Comino 20 - 00133 MONSERRATO (CA).
- Lombardo Prof. Vito, Ist. Agronomia Gen., V.le delle Scienze 13 - 90128 PALERMO.
- Lopez Dr. Giacomo, Ist. Sperm. Agronomico, Via Ulpiani 5 - 70125 BARI.
- Lorenzoni Dr. Paolo, Ist. Sperim. per lo Studio, e la Difesa del suolo, Via Casette 1 - 02100 RIETI.
- Lulli Dr. Luciano, Ist. per lo Studio, e la Difesa del Suolo, P.zza D'Azeglio 30 - 50121 FIRENZE.
- Luzzati Ortona Prof. Ada, C.so S. Maurizio 47 - 10124 TORINO.
- Madrau Dr. Salvatore, Ist. Geopedologia, e Geologia Appl., Via De Nicola - 07100 SASSARI.
- Magaldi Prof. Donatello, dip.to Scienza Suolo. P.le delle Cascine 15 - 50144 FIRENZE.
- Maggiolo Dr. Renzo, Fabbrica Coop. Perfosfati, Via Farfusola 6 - 37050 BONAVICINA (VR).
- Maggioni Prof. Angelo, Ist. Produzione Veg., P.le Kolbe 4 - 33100 UDINE.
- Maiorana Dr. Michele, Ist. Sperim. Agronom., Via Ulpiani 5 - 70125 BARI.
- Mancini Prof. Fiorenzo, Dipart. Scienza Suolo e Nutriz. Pianta, P.le delle Cascine 15 - 50144 FIRENZE.
- Manfredi Prof. Enzo, Ist. Meccanica Agraria, Via Filippo Re 4 - 40126 BOLOGNA.
- Manstretta Dr. Marino, Enichem Agricoltura S.p.a., Via Medici del Vascello 40c - 20138 MILANO.
- Marano Prof. Bruno, Ist. Chimica Agraria, e Forestale, Via N. Sauro 85 - 85100 POTENZA.
- Marchesini Prof. Augusto, Ist. Sperim. le per la Nutrizione delle Piante, Via Ormea 47 - 10125 TORINO.
- Marchiafava Dr. Donatella, Via F. Brunelleschi 22 - 90145 PALERMO.
- Marchisio Dr. Claudio, Via Francesco Raviolo 31 - 10064 PINEROLO (TO)
- Margheri Dr.a M. Cristina, Ist. Microbiol., Agraria e Tecnica, P.le delle Cascine 27 - 50144 FIRENZE.
- Marizza Dr. Luigi, Ist. Sperimentale, Nutrizione Piante, Via Duca D'Aosta 115 - 34170 GORIZIA.
- Masciandro Dr.a Grazia, CNR Istituto chimica del Terreno, Via Corridoni 78 - 56125 PISA.
- Materassi Prof. Riccardo, Ist. Microbiologia Agr., P.le delle Cascine 27 - 50144 FIRENZE.
- Matranga, Dr.a M. Gabriella, Via Florio, 100 - 90146 PALERMO.
- Mecella Dr. Girolamo, Ist. Sperimen. Nutrizione Piante, Via della Navicella 2 - 00184 ROMA.
- Melis Prof. Pietro, Ist. Chimica Agraria, Via De Nicola - 07100 SASSARI.
- Mereu Dr. Gianni, Centro Regionale Agrario Sperimentale, Via le Trieste 111 - 09100 CAGLIARI.

- Miano Prof. Teodoro, Ist. Chimica Agraria, e Forestale, Via Amendola 165/A - 70126 BARI.
- Miclaus Nerino, Ist. per lo Studio, e la Difesa del Suolo, P.za D'Azeglio 30 - 50121 FIRENZE.
- Mirabella Dr. Aldo, Ist. per lo Studio, e la Difesa del Suolo, P.za D'Azeglio 30 - 50121 FIRENZE.
- Modugno Agrochimica, Via G. Fortunato 2/E - 85024 LAVELLO (PZ).
- Molinari prof. Giampiero, Ist. di Chimica, U.C.S.C., Via E. Parmense, 84 Fac. Agr. - 29100 PIACENZA
- Monaci Dr. Giovanni, Via Poligono, 14 - 10070 - S. CARLO CANAVESE (TO).
- Monotti Prof. Mario, Ist. Agronomia, e Coltivazioni Erbacee, Borgo XX Giugno - 06100 PERUGIA.
- Morandi Dr. Giorgio, V.le Garibaldi 134/A - 30173 MESTRE (VE).
- Musco Dr. Abele, Facoltà di Agraria, Ist. Chimica, P.za S. Francesco - GALLINA DI REGGIO CALABRIA.
- Nannipieri Prof. Paolo, Dip. Scienza Suolo e Nutriz. Pianta, P.le delle Cascine 28 - 50144 FIRENZE.
- Napoli Dr. Rosario, Ist. Studio Difesa Suolo, P.zza D'Azeglio, 30 - 50121 - FIRENZE.
- Nardelli Dr. Francesco, Lab. Prov.le, Analisi Terreni, Via Rosati 139 - 71100 FOGGIA.
- Nevini Dr. Roberto, Via Minghetti 25 - 50100 FIRENZE.
- Odoardi Dr. Giancarlo, Via Acapietra 90 - 65125 PESCARA.
- Paci Dr.a Roberta, Via Trentacoste 31 - 90143 PALERMO.
- Padovano Prof. Giacomo, Ist. Chimica Agraria, Via Amendola 165/A - 70126 BARI.
- Pagliai Dr. Marcello, Ist. Sperim. Studio Difesa Suolo, P.za D'Azeglio 30 - 50121 FIRENZE.
- Panini Dr. Tiziano, Ist. Sperim. Studio Difesa Suolo, P.za D'Azeglio 30 - 50121 FIRENZE.
- Paone Dr. Raffaele, E.S.A.C., S.S.106, Km 207, 200 - 88051 CROPANI (CZ).
- Papini Dr.a Rossella, Ist. per lo Studio, e la Difesa del Suolo, P.za d'Azeglio 30 - 50121 FIRENZE.
- Paris Prof. Paolo, Ist. Agronomia, Università Cattolica, Via E. Parmense 84 - 29100 PIACENZA.
- Patruno Prof. Antonia, Ist. Agronomia, Via Filippo Re 4 - 40126 BOLOGNA.
- Patuelli Dr. Cesare, Via Corriera 65 - 48010 BARBIANO (RA).
- Pelle Dr.a Silvia, Via Saragozza 175 - 40100 BOLOGNA.
- Pellizzi Prof. Giuseppe, Ist. Ingegneria Agr., Via Celoria 2 - 20133 MILANO.
- Persicani Dr. Danilo, Ist. Chimica Agr., Università Cattolica, Via E. Parmense 84 - 29100 PIACENZA.
- Pezzarossa Dr.a Beatrice, Ist. per la Chimica del terreno C.N.R., Via Corridoni, 78 56100 PISA.
- Picci Prof. Giovanni, Ist. Microbiologia, Agraria e Tecnica, Via del Borghetto 80 - 56100 PISA.
- Piccolo Prof. Alessandro, Dipart.di Scienze chimico Agrarie, Università di Napoli "Federico II", Via Università 100 - 80055 PORTICI (NA).
- Piccone Prof. Giuseppe, DI.Va.P.R.A., Chimica Agraria, Via P. Giuria 15 - 10126 TORINO.

- Pinton Dr. Roberto, Ist. Produzione Veg., P.le Kolbe 4 - 33100 UDINE.
- Pizzigallo Dr.a M. Donata, Ist. Chimica Agraria, Via Amendola 165/a - 70126 BARI.
- Premoli Dr.a Alessandra, Ist. Chimica Agraria, Via De Nicola - 07100 SASSARI.
- Previtali Prof. Franco, Ist. Agronomia, Via Celoria 2 - 20133 MILANO.
- Primavera Dr. Fabio, I.S.S.D.S., P.zza D'Azeglio 30 - 50121 FIRENZE.
- Provenzano Dr.a M. Rosaria, Ist. Chimica Agraria, Via Amendola 165/a - 70100 BARI.
- Puddu Dr.a Rita, Via Milano 13 - 09032 ASSEMINI (CA).
- Pumo Dr. Antonino, Via G. Campolo, 49 - 90145 PALERMO.
- Purnell Dr. M.F. AGLS, Land and Water Development Div. FAO - 00100 ROMA.
- Radogna Prof. Vito, Ist. Chimica Agraria, Via Amendola 165/A - 70126 BARI.
- Raglione Dr. Marcello, Ist. per lo Studio, e la Difesa del Suolo, Via Casette 1 - 02100 RIETI.
- Raimondi Dr. Salvatore, Ist. Agron. Gen., Cattedra Pedologia, Viale delle Scienze - 90128 PALERMO.
- Ramunni Prof. Angelo, Ist. Chimica Agraria, Via Università 100 - 80055 PORTICI (NA).
- Rasio Dr. Romano, Via Giovanni XXIII 35 - 46029 SUZZARA (MN).
- Raspi Dr.a Antonietta, C.N.R. Centro Studi Genesi Suolo, P.le delle Cascine 15 - 50144 FIRENZE.
- Ristori Prof. Giuseppe, C.N.R. Centro Studi, Colloidi Suolo, P.le delle Cascine 15 - 50144 FIRENZE.
- Rocchetti Prof. Giuseppe, P.le Porta a Prato 14 - 50100 FIRENZE.
- Rodolfi Prof. Giuliano, Dip.to Scienza Suolo, P.le delle Cascine 15 - 50144 FIRENZE.
- Romanelli Dr. Fabrizio, Lab. Analisi Chimico Agrarie, Via Roma 157 - MONTE-
VARCHI (AR).
- Romanin Visintini Dr.a Maria, Istituto Sperim. per la Nutrizione Piante, Via Trieste
23 - 34170 GORIZIA.
- Rombi Dr.a Giusi, Via Col D'Echele 27 - 09100 CAGLIARI.
- Roncalli Dr.a Wilma, Via XXV Aprile 16 - 24040 BONATE SOTTO (BG).
- Ronchetti Prof. Giulio, Ist. per Studio, e la Difesa del Suolo, P.zza D'Azeglio 30 -
50121 FIRENZE.
- Rossi Dr.a Gabriella, Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, via della
Navicella, 4 - 00184 ROMA.
- Rossi Prof. Nino, Ist. Chimica Agraria, Università di Bologna, V.le Berti Pichat 10 -
40127 BOLOGNA.
- Rudini Dr. Antonio, Via Roma 54 - 23020 PIATEDA (SO).
- Ruggiero Prof. Pacifico, Ist. Chimica Agraria, Via Amendola 165/A - 70126 BARI.
- Rustici Dr. Luca, Regione Toscana, Via di Novoli 26 - 50100 FIRENZE.
- S.A.F., Ist. di Sperimentazione per la Pioppicoltura, Strada per Frassineto Po 35 -
15033 CASALE MONFERRATO (AL).
- SAF-ROMA, Centro Sperim. Agricolo, e Forestale, Via dei Casalotti 300 - 00166 ROMA.
- Sale Dr.a Vanna Maria, Coop.va ITER, Via Saragozza 175/177, 40135 BOLOGNA.
- Sanesi Prof. Guido, Ist. Geologia App., P.le delle Cascine 15, 50144 FIRENZE.
- Santoro Prof. Mario, Ist. Idraulica, Facoltà Ingegneria, V.le delle Scienze - 90128 PA-
LERMO.
- Sarno Dr. Giampaolo, via Trento 3 - 70126 BARI.

- Sarno Prof. Riccardo, Ist. Agronomia, e Coltivazioni Erbacee, V.le delle Scienze 13 - 90128 PALERMO.
- Savoini Dr. Guido, V.le Lombardia 277 - 20047 BRUGHERIO (MI).
- Sbaraglia Dr. Mauro, Via Vinci 34/A - 00040 TORVAIANICA (RM).
- Scalone Dr.a Nicoletta, Prato della valle 65 - 35123 PADOVA.
- Scarponi Prof. Luciano, Ist. Chimica Agraria, Borgo XX Giugno 72 - 06100 PERUGIA.
- Scandella Dr.a Patrizia, Ist. Sperim. Nutriz. Piante, Via della Navicella 2 - 00184 ROMA.
- Scopa Dr. Antonio, Università della Basilicata, Dipartimento di Produzione Vegetale, vai N. Sauro 85 - 85100 POTENZA.
- Senesi Prof. Nicola, Ist. Chimica Agraria, Via Amendola 165/A - 70100 BARI.
- Sequi Prof. Paolo, Ist. Sperim. per la Nutriz. delle Piante, Via della Navicella 2 - 00184 ROMA.
- Serra Dr.a Monica, Via Morgagni 19 - 09100 CAGLIARI.
- Silanos Dr. Luciano, c/o Genio Civile, C.R.A.S. sett. Pedologia, Via Diaz 23 - 07100 SASSARI.
- Silva Dr., Sandro, Ist. Chimica Agraria, Università Cattolica, Via E. Parmense 84 - 29100 PIACENZA.
- Simoncini Dr.a Stefania, Via della torre 18 - 50018 MOLINO DEL PIANO (FI).
- Spallacci Dr. Pasquale, Ist. Sperim. Agronomico, Sez. Operat. di Modena, V.le Caduti in Guerra 134 - 41100 MODENA.
- Taglioni Dr. Natalino, Via Filo 74 - 44010 FILO D'ARGENTA (FE).
- Talamucci Prof. Paolo, Dipart. di Agronomia e Produzioni Erbacee, P.le delle Cascine 18 - 50144 FIRENZE.
- Terribile Dr. Fabio, Ist. Irrigazione-CNR, C.P. 101 - 80040 SAN SEBASTIANO AL VESUVIO (NA).
- Testini Prof. Ciro, Ist. Chimica Agraria, Facoltà Agraria, Via Amendola 165/A - 70126 BARI.
- Tomaselli Feroci Luisa, Centro Studi, Microorganismi Autotrofi del C.N.R., P.le delle Cascine 27 - 50144 FIRENZE.
- Tomassetti Dr.a Carla, COOP ITER, Via Saragozza, 175-177 - 40135 BOLOGNA
- Torri Dr. Dino, C.N.R. Centro Genesi Suolo, P.le delle Cascine 15 - 50144 FIRENZE.
- Tortorici Dr.a Danila, Lab. An. Terreni Reg. Emilia, Via Tolara di Sopra 72 - SETTEFONTI 40050 MERCATALE (BO).
- Tournon Prof. Giovanni, Ist. Idraulica Agraria, C.so Raffaello 8 - 10129 TORINO.
- Trastu Dr. Sandro, via Veneto 83 - 09016 IGLESIAS (CA)
- Tropea Prof. Michele, Ist. Chimica Agr., Via Valdisavoia 5 - 95123 CATANIA.
- Tugnoli Dr. Vincenzo, Ass. Naz. Bieticoltori, Via D'Azeglio 48 - 40100 BOLOGNA.
- Usai Dr. Domenico, Via Carlo Sanna 179 - 09040 SENORBI (CA).
- Vacca Dr. Andrea, Via Sant'Antonio 182 - 09045 QUARTU S. ELENA (CA).
- Vacca Dr. Sergio, Via Dante 216 - 09128 CAGLIARI.
- Varanini Prof. Zeno, Dip. Agrobiologia, Agrochimica-Università della Tuscia, Via S.C. de Lellis - 01100 VITERBO.
- Veneri Dr. Andrea, Via Carducci 30 - 37067 VALEGGIO SUL MINCIO (VA).
- Vianello Prof. Gilmo, Ist. Chimica Agraria, Via Berti Pichat, 10 - 40127 BOLOGNA.
- Viganò Pietro, Ist. Chimica Agraria, Via Celoria 2 - 20133 MILANO.

Vigna Guidi Dr. Guido, Lab. C.N.R., Chimica del terreno, Via Corridoni 78 - 56100 PISA.

Vinci Dr. Andrea, Dip. Agric. e Foreste, Regione Toscana, Via Novoli 26 - 50100 FIRENZE.

Violante Prof. Antonio, Ist. Chimica Agraria, Via Università 100 - 80055 PORTICI (NA).

Violante Prof. Pietro, Ist. Chimica Agraria, Via Università 100 - 80055 PORTICI (NA).

Vitali Dr. Guido, Via Pitentino 2 - 24100 BERGAMO.

Vittori Antisari Dr.a Livia, Via Etruria 2 - 40139 BOLOGNA.

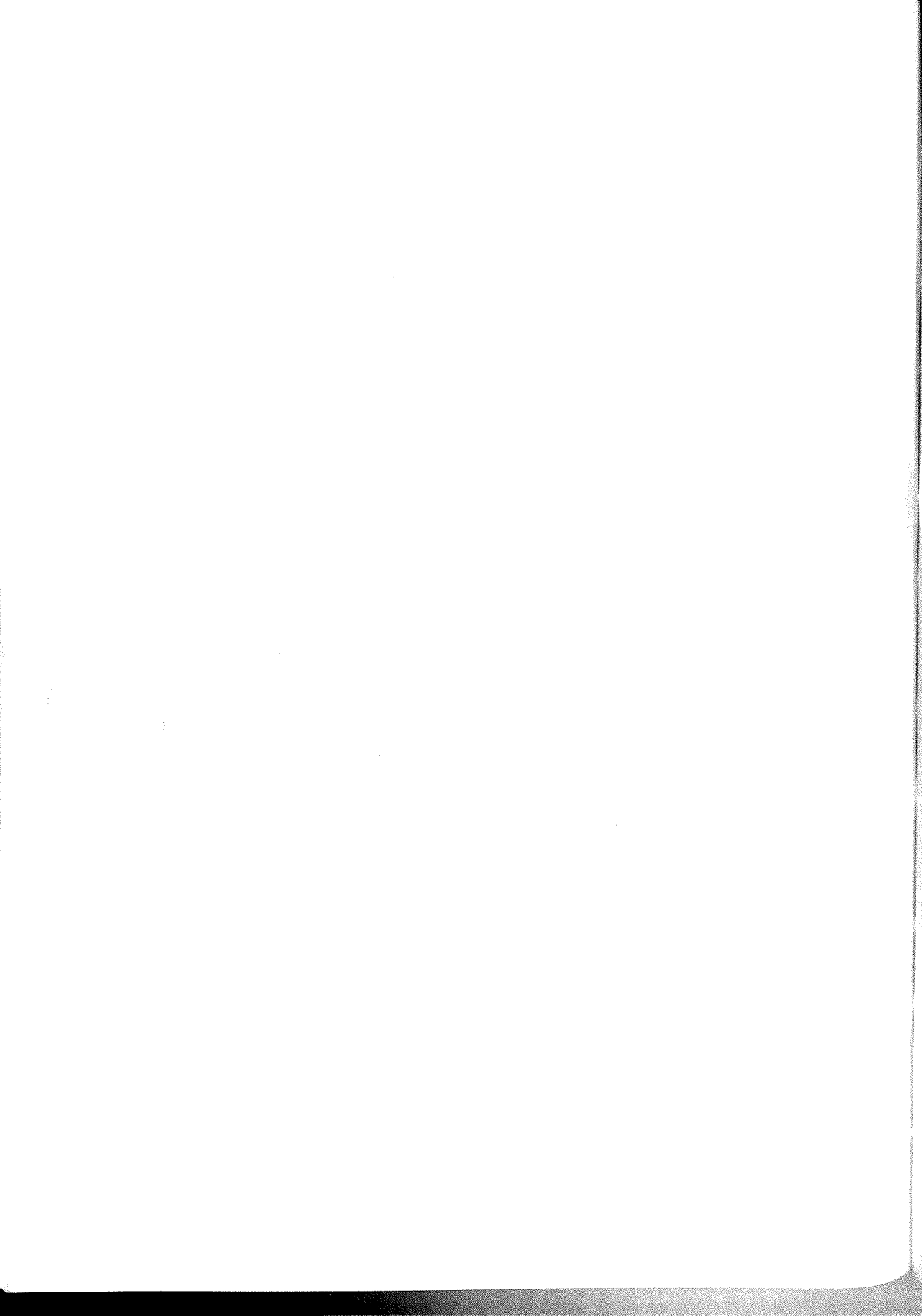
Vizzari Dr. Attilio, Lab. Analisi Chimiche, Via Trento e Trieste 2 - 57025 PIOMBINO (LI).

Yaovi Goussikpe, Dip. Ing. del Territorio, Facoltà di Agraria, Via De Nicola - 07100 SASSARI.

Zaccheo Dr.a Patrizia, Ist. Chimica Agraria, Via Celoria 2 - 20133 MILANO.

Zanini Prof. Ermanno, DI.Va.P.R.A., Chimica Agraria, Via P. Giuria 15 - 10126 TORINO.

INDICE



Composizione del Consiglio Direttivo	Pag.	5
--	------	---

**Contributi dei soci
Note originali**

Emissioni gassose di azoto (N ₂ O) in differenti suoli agrari e forestali italiani.....	Pag.	11
--	------	----

**Contributi dei soci
Note di carattere generali**

Riutilizzo delle acque reflue in agricoltura. Interazioni tra reflui urbani di depurazione e suolo adibito ad uso agricolo	Pag.	27
Bio-monitoraggio e funzionalità dell'ambiente.....	»	53
Documentazione tecnica a supporto del programma di cartografia del suolo negli Stati Uniti d'America....	»	73
Riflessioni sul corpo naturale suolo.....	»	91

I soci ci informano

Indicatori agro-ambientali: a che punto sono i lavori OCSE.....	Pag.	101
Breve nota informativa sui lavori dell'8th Nitrogen Workshop	»	105
Meeting su "Soil surveys and databases"	»	108
1° Convegno Nazionale - Sezione italiana IHSS.....	»	110

Date da ricordare	Pag.	111
Fresco di stampa	»	115
Elenco soci	»	121



SOCIETÀ ITALIANA DELLA SCIENZA DEL SUOLO

Domanda di associazione

Alla SOCIETÀ ITALIANA DELLA SCIENZA DEL SUOLO
c/o Istit. Sper. Studio Difesa Suolo
Piazza Massimo D'Azeglio, 30
50121 FIRENZE

Il sottoscritto chiede di essere ammesso a far parte della Società Italiana della Scienza del Suolo.

Allega: curriculum dettagliato ed elenco delle pubblicazioni.

Cognome

Nome Titoli

Indirizzo ufficio

.....

Indirizzo abitazione

.....

Commissioni delle quali intende far parte (non più di tre)

- 1. Fisica del suolo
- 2. Chimica del suolo
- 3. Biologia del suolo
- 4. Fertilità del suolo e nutrizione delle piante
- 5. Genesi, classificazione e cartografia del suolo
- 6. Tecnologia del suolo
- 7. Mineralogia del suolo

Desidero altresì far parte della Società Internazionale

Sì No

Firma dei Soci presentatori

Firma

1)

2)

Data

