



# **Bollettino**

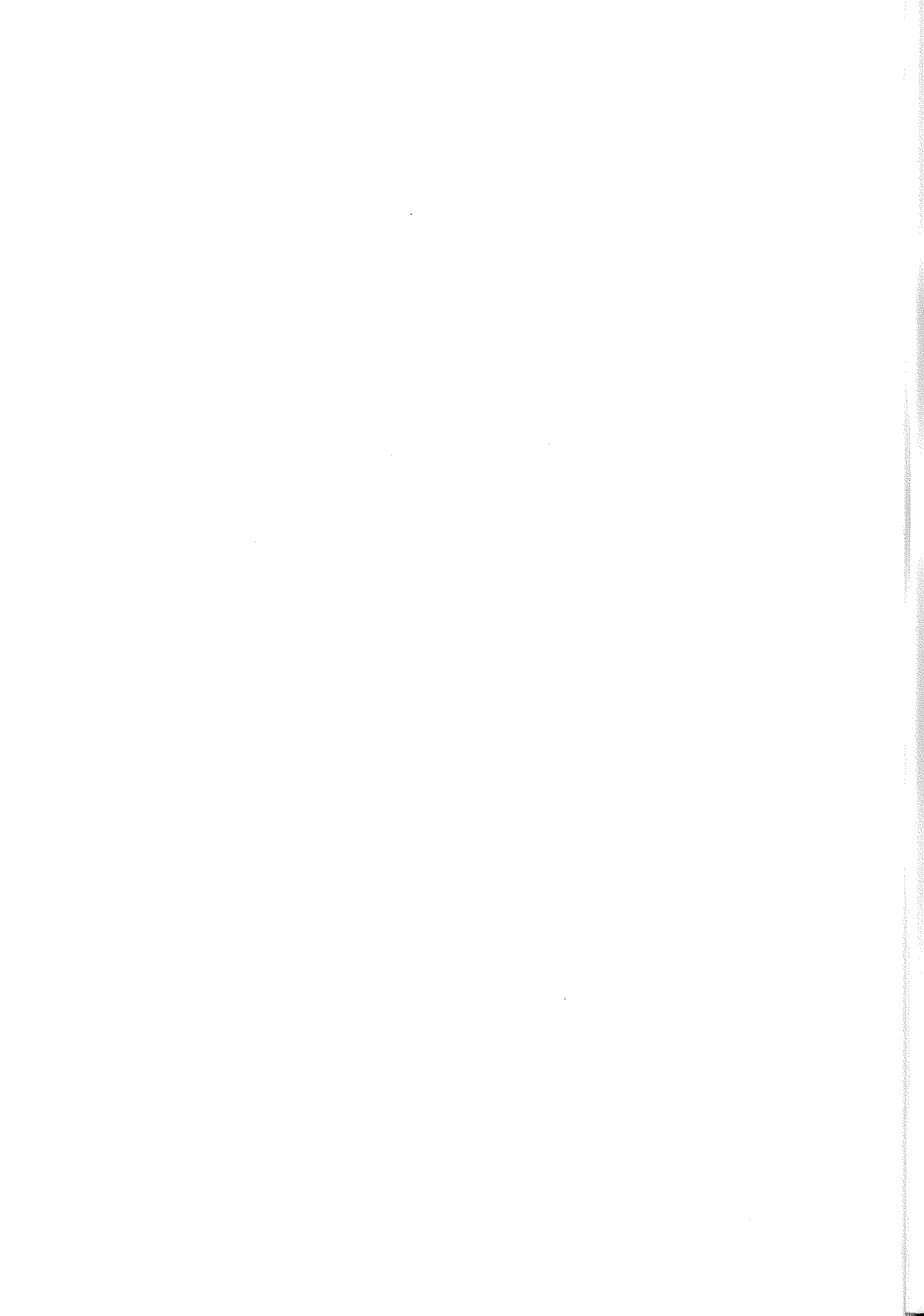
## **della Società Italiana**

## **della Scienza del Suolo**

Volume 48

**No. 1 1999**

---



## IL PROTOCOLLO DI KYOTO

Paolo Sequi

Presidente della Società Italiana della Scienza del Suolo

*Chi più, chi meno, tutti abbiamo sentito parlare del protocollo di Kyoto relativo all'impegno di ridurre i "GHG", ossia i "gas serra", i gas che contribuiscono all'effetto serra e al riscaldamento globale del pianeta Terra.*

*Personalmente ho idee diverse da quelle correnti sulla esclusiva responsabilità delle emissioni di "gas serra" sul riscaldamento dell'atmosfera, in quanto credo alle evidenze sperimentali sui riscaldamenti e raffreddamenti ciclici del pianeta, e penso che bisognerebbe valutare con maggiore approssimazione la reale incidenza delle emissioni in questione. Secondo alcuni esperti, fra l'altro, gli accordi di Kyoto non cambierebbero di una virgola le condizioni climatiche. Penso anche che, se davvero l'umanità per progredire necessita di energia in misura sempre maggiore, sia necessario non liquidare le forme inesauribili di energia a disposizione da altre fonti, fra le quali ci sono quelle già note, come il nucleare, e quelle nelle quali confidiamo e che sono in corso di studio. Penso infine che nel protocollo di Kyoto non sia stata praticamente considerata l'importanza del suolo, ed è a questa che intendo richiamare la vostra attenzione. Ma consentitemi di ricapitolare qualche concetto contenuto nel protocollo e di alcuni documenti ufficiali che lo precedono, tutti adottati da istituzioni internazionali.*

*Il protocollo di Kyoto impegna i paesi che lo ratificano a limitare le emissioni antropogeniche di gas serra: il biossido di carbonio  $CO_2$ , il metano  $CH_4$ , il protossido di azoto  $N_2O$ , gli idrofluorocarburi HFCs, i perfluorocarburi PFCs, l'esafluoruro di zolfo  $SF_6$ . La riduzione media richiesta*

*è del 5% ed è diversa da paese a paese; in certi casi è perfino consentito un leggero aumento, che tuttavia, sempre nella media, consente un taglio complessivo alle emissioni, che tenderanno nel prossimo decennio a crescere del 20%: il 5% di riduzione media rappresenterebbe così di fatto, un taglio del 25% alle emissioni tendenziali previste. Per l'Italia la riduzione richiesta è del 10%, diminuibile al 7% nel caso della CO<sub>2</sub> per la prevista espansione dei terreni forestali. Queste cifre, i criteri adottati per affrontare il problema, le scelte politiche relative hanno una lunga storia.*

*Molti dei principi contenuti nel protocollo derivano, come si è detto, da documenti precedenti, che risalgono fino al 1979, come la Prima Conferenza Mondiale sul Clima, e in particolare alla successiva Convention sui cambiamenti climatici fatta a New York presso le Nazioni Unite nel 1992. Essa ha ispirato molti degli atti successivi, che in Italia hanno condotto alla Deliberazione 211/97 del CIPE, addirittura precedente la Conferenza di Kyoto, anche se pubblicata successivamente in Gazzetta Ufficiale (n. 18 della Serie Generale, 23-1-1998). Essa impegna alcuni Ministeri a sottoporre al CIPE entro il 30 aprile 1998 (sic!) "specifici programmi attuativi degli impegni scaturenti dalle decisioni internazionali", che dovranno riguardare fra l'altro - sono messe proprio al primo posto - politiche e misure per lo sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.*

*Tutti sanno a questo proposito che vengono oggi studiate, e sono anzi applicate, tecnologie avanzate per la produzione di biomasse destinate ad impieghi alternativi, ivi incluso quello energetico. Dio ne guardi dall'ostacolare queste tecnologie. Ma perché non pensiamo anche al suolo!*

*Quando si parla di agricoltura, in questo caso, se ne parla prevalentemente per individuare la pericolosità di certe pratiche ai fini della produzione di emissioni di gas serra. Non si ricorda mai che nel suolo c'è molto più carbonio che nell'atmosfera e che quindi il suolo è un comparto ambientale di importanza primaria, quanto meno da tener presente nel bilancio. Esempio lo specifico "Working Paper 7" delle "Policies and Measures for Common Action" del Gruppo di Esperti della U.N. Framework Convention on Climate Change, intitolato "Agriculture and Forestry - Identification and options for net GHG reduction", edito dall'OCSE nel luglio 1996. Fra le misure sono elencate la riduzione e la riforma delle politiche di sostegno all'agricoltura, la conformità del sostegno all'agricoltura con gli obiettivi ambientali, e via così, fino alle immancabili tassazioni sui fertilizzanti minerali azotati.*

*Cenni al suolo ce n'è pochi, fatto salvo qualche richiamo occasionale come quello - bontà loro - al fatto che i sistemi basati sull'agricol-*

*tura biologica “tendono ad avere e mantenere un più elevato contenuto organico unico nei loro suoli. Conseguentemente questi sistemi possono incrementare o mantenere il potenziale di conservazione del carbonio anche se risulta aumentata (ma chissà perché?) anche la velocità di decomposizione della sostanza organica...”. Si ricorda poi che l'agricoltura biologica non conta che “ben [altro che ben] meno” del 5% della produzione agricola. E allora parliamo pure della produzione agricola in generale!*

*Si, perché intanto la sostanza organica del terreno continua a calare ovunque. Non vogliamo affrontare qui i problemi derivanti dalla diminuzione del tenore di sostanza organica del terreno: la produzione quantitativa e qualitativa di alcune colture, la minore capacità di ritenzione dell'acqua, il maggior sforzo per lavorare i terreni (maggiore richiesta di energia: maggior consumo di carburante), e così via. Diciamo solo che, mentre si dirottano da altre parti le riserve di biomasse “rinnovabili”, la sostanza organica del terreno cala. E allora facciamo i conti della serva: se un ha è composto da  $5 \times 10^6$  kg di suolo, se la SAU in Italia corrisponde a  $15 \times 10^6$  ha, la diminuzione di un semplice 0,1% di C nel suolo (corrispondente a  $5 \times 10^3$  kg di C, ossia  $1,83 \times 10^4$  kg di  $CO_2$  emessa per ettaro) equivale, a livello dei suoli agricoli nazionali, a  $2,75 \times 10^{11}$  kg di  $CO_2$ . Se è vero pertanto che le emissioni annue totali di  $CO_2$  in Italia ammontano secondo la U.N. Framework Convention on Climate Change a*

*428.941 Gg*

*e dovrebbero essere ridotte a seguito dell'impatto del settore forestale e dei cambiamenti di indirizzo del suolo a*

*392.211 Gg*

*la riduzione di un solo 0,1% di C organico nei suoli italiani contribuirà intanto ad una emissione, a tutt'oggi non considerata, di*

*275.000 Gg*

*poco più, poco meno. Non sarebbe più utile riconsiderare l'utilità di una restituzione di sostanza organica ai suoli?*





*Ministero per le Politiche Agricole  
Comitato per l'Osservatorio Nazionale Pedologico e  
per la Qualità del Suolo*

**in collaborazione con**

*Progetto Finalizzato PANDA  
(Produzione Agricola nella Difesa dell'Ambiente)*

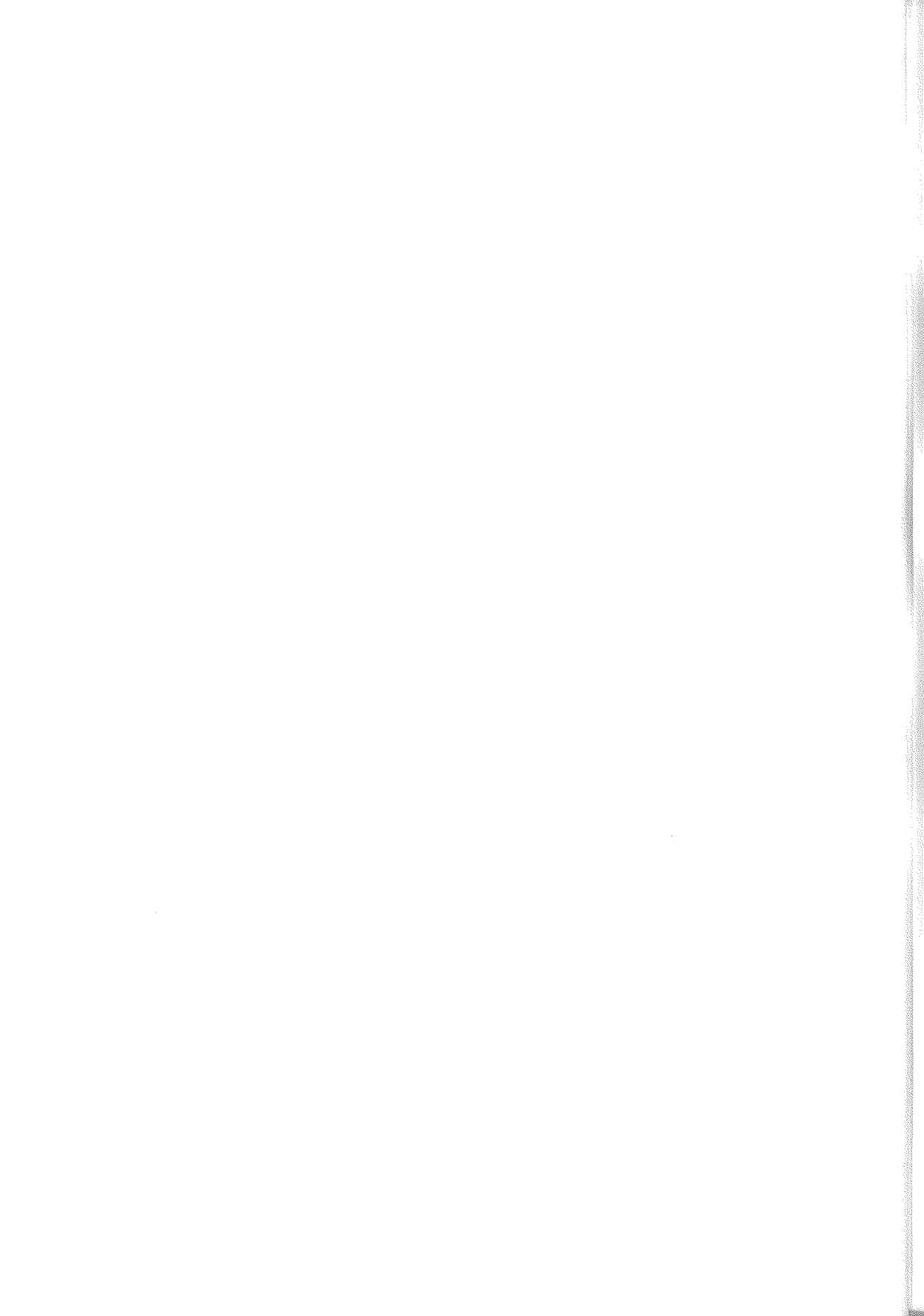
*Società Italiana della Scienza del Suolo  
(S.I.S.S.)*

## **Atti del Convegno**

**“Un programma di valorizzazione  
territoriale per il meridione d'Italia”**

**Castello di Lagopesole (Potenza)**

**15-16 luglio 1997**





## *INTRODUZIONE AI LAVORI*

Paolo Sequi

Direttore dell'Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante e Coordinatore del Comitato per l'Osservatorio Pedologico e per la Qualità del Suolo

Un punto di riferimento nazionale di importanza primaria per la gestione del territorio, l'Osservatorio Pedologico e per la Qualità del Suolo, è nato quasi in sordina, alla fine degli anni '80. Il lavoro apparve subito di grande impegno, ma il Comitato lo intraprese con entusiasmo e costanza, avvantaggiato dalla presenza di alcuni dei più illustri pedologi fra i suoi componenti.

Fu un Decreto Ministeriale del 7 luglio 1990 (integrato da un secondo D.M. del 20 settembre 1990) quello che formalizzò la costituzione del Comitato per l'Osservatorio<sup>1</sup>.

Il gruppo appena ufficializzato iniziava i suoi lavori in un momento drammaticamente difficile, anche se proprio per questo quanto mai opportuno: la scienza del suolo era quasi dimenticata a livello della scuola, dell'Università e della ricerca in linea generale; le competenze in materia di difesa del suolo erano state affidate a dicasteri diversi, con l'agricoltura in sottordine, distraendo l'attenzione degli amministratori dal suolo propriamente detto; le competenze in materia di servizi del suolo, a differenza di quelli di altri servizi tecnici nazionali<sup>2</sup> erano state affidate alle Regioni, ma ben poche di esse erano attrezzate per gestirli mancando loro, per di più, un punto di riferimento comune e, in sostanza, l'Italia risultava il paese più arretrato in materia di suolo, e non solo fra quelli più avanzati.

Nel periodo di tempo da allora trascorso, pur così relativamente breve, è passata molta acqua sotto i ponti. Anche se l'Osservatorio ufficialmente è ancora retto da un Comitato consultivo e non ha un suo vero e proprio organico, le sue attività sono ufficialmente riconosciute e ne è previsto il finanziamento<sup>3</sup>.

Le iniziative dell'Osservatorio sono molte e di rilevante importanza ed alcune di esse verranno illustrate nel corso di questo Convegno. Non c'è dubbio che il peso sempre maggiore che va acquistando l'Ufficio Europeo dei Suoli e l'importanza dei compiti oggi affidati alle Regioni siano motivi aggiuntivi ma determinanti per affidare un ruolo strategico a questo Organismo<sup>4</sup>.

E' in questo quadro che nella cornice del castello federiciano di Lagopesole affrontiamo le prospettive di realizzazione di un'area pilota meridionale per il progetto della cartografia nazionale dei suoli. La valorizzazione territoriale del mezzogiorno rappresenta un programma ambizioso che può trarre grande energia da questa realizzazione. La presenza di rappresentanze qualificate di quasi tutte le Regioni meridionali garantisce un confronto basato su elementi di concreto interesse.

Nella seconda parte del Convegno abbiamo voluto trattare delle basi scientifiche per le conoscenze e lo sviluppo del territorio. In essa abbiamo approfittato di competenze presenti o sviluppate dal Ministero per le Politiche Agricole, e in particolare nel Progetto Finalizzato "Produzione Agricola Nella Difesa dell'Ambiente (PANDA)", che ha collaborato alla stessa organizzazione del Convegno, e della collaborazione dei colleghi della Direzione Generale dell'Economia Montana e delle Foreste.

La terza parte del Convegno tratta dello sviluppo dell'irrigazione sostenibile nel mezzogiorno, in vista del possibile decollo di un progetto di ricerca su questo tema. Ringrazio i colleghi del Ministero e delle diverse Università del meridione d'Italia che hanno dato la loro disponibilità e assicurato una trattazione organica degli elementi indispensabili per il progetto.

La quarta ed ultima parte, infine, tratta dell'ufficializzazione dei metodi di analisi del suolo. Dobbiamo ringraziare la Società Italiana della Scienza del Suolo (SISS) non solo per aver collaborato alla stessa organizzazione del Convegno e per la prevista pubblicazione degli atti sul Bollettino societario, ma anche per l'esperienza offerta in proposito, derivante da una attività di normazione che, per i metodi chimici risale agli anni '70.

Ma dobbiamo prendere atto della volontà politica del Dicastero dell'Agricoltura, che sta procedendo sistematicamente all'ufficializzazione dei metodi, e dell'opera costante e metodica dell'Osservatorio, che provvede alla loro definizione.

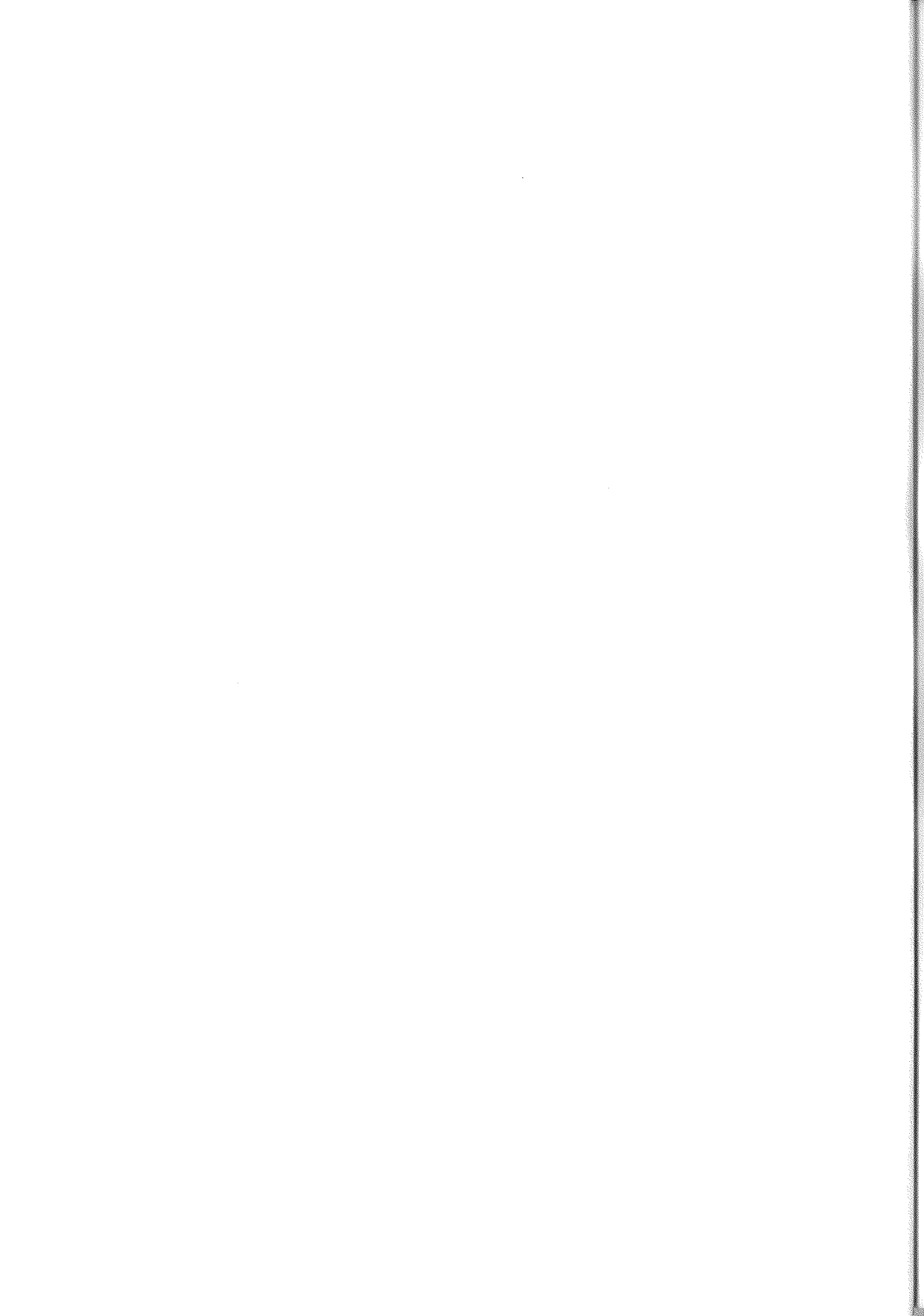
**Note**

1 - La composizione del Comitato era la seguente: G. Fierotti (coordinatore), A. Aru, A. D'Ambrosio, L. Federico Goldberg, C. Giovagnotti, G. Loffredo, L. Lulli, F. Mancini, S. Maurizi, G. Mecella, P. Paris, G. Ronchetti e P. Sequi.

2 - Idrografico e mareografico; sismico; dighe; geologico.

3 - Recentemente assicurato dalla Deliberazione CIPE 96/97 del 26 giugno 1997.

4 - L'attuale composizione del Comitato è la seguente: P. Sequi (coordinatore), A. Aru, C. Ciavatta, G. Fierotti, G. Loffredo, L. Lulli, F. Mancini, G. Mecella, M. Pagliai, R. Rasio, G. Serino (membri), A. Hoffman, C. Del Zan, D. Tosco (rappresentanti delle Regioni, supplenti rispettivamente G. Michelutti, L. Rustici, A. D'Antonio), E. Manni (rappresentante della D.G. Economia Montana e Foreste), vacante (rappresentante del Ministero dei Lavori Pubblici), M. Marchetti (rappresentante del Ministero dell'Ambiente), G. Vigna Guidi (rappresentante del Consiglio Nazionale delle Ricerche).



## *SALUTO DEL CONSIGLIO DELL'ORDINE NAZIONALE DEI DOTTORI AGRONOMI E DEI DOTTORI FORESTALI*

Luciano Di Vito

Libero Professionista - Consigliere CONAF (Consiglio Nazionale Dottori Agronomi  
e Dottori Forestali)

Abbiamo aderito molto volentieri all'Invito perché consapevoli dell'importanza, per la Categoria Professionale rappresentata, degli aspetti tecnici e scientifici dei temi sottoposti ad analisi in queste due Giornate di Studio.

Tra le diverse Categorie Professionali riteniamo di poter affermare, senza rischio di essere smentiti, di essere quella che, sia per *curriculum* di studi che per esperienza professionale, più di ogni altra ha legato la propria formazione tecnica e lega la propria attività professionale quotidiana agli aspetti che qui verranno sviscerati da autorevolissimi studiosi.

Se così è, nel partecipare a questo qualificato Consesso e di fronte a tanto qualificato auditorio, ci sia consentito formulare gli auguri più vivi e sinceri di buon lavoro a tutti e soprattutto un sincero augurio di proficui risultati per l'economia e lo sviluppo sostenibile del Mezzogiorno.

Con questo auspicio ci sia anche consentito fare una modesta riflessione: dal 1976 (emanazione della Legge MERLI) in cui la preoccupazione tecnico - scientifica dominante era quella di prevenire l'Inquinamento delle Acque, siamo arrivati al 1994 (emanazione della legge GALLI) in cui la preoccupazione che domina il pensiero tecnico - scientifico è rappresentato dal rischio di non avere acqua a sufficienza per i consumi. Per dirla in breve, siamo passati dal rischio di bere od irrigare male a quello di non bere o non irrigare affatto.

Se è vero che la quantità totale di acqua nel sistema è sempre la stessa, perché né se ne forma di nuova e né se ne distrugge, il vero problema diventa quello di mettere in moto attività che favoriscano e riequilibrino

il ritorno delle masse di vapore dai mari ai monti e, quindi, poi favoriscano un regolare e graduale ritorno dei flussi idrici dai monti verso il mare. Siamo consapevoli che attivare processi o realizzare opere che favoriscano il ritorno delle masse di vapore dai mari ai monti comporta l'impegno di ingentissimi capitali, ma il riequilibrio e la regolarizzazione dei flussi idrici dai monti verso il mare può essere attivato già con piccoli accorgimenti sulle lavorazioni ai suoli coltivati ed in modo particolare con l'aratura.

Non è il caso di dilungarsi sugli altri aspetti e sulle differenze tra l'aratura eseguita secondo le linee di massima pendenza e quella eseguita trasversalmente a queste. Diciamo soltanto che non sempre quest'ultimo tipo di aratura può effettuarsi per evidenti motivi di sicurezza: specie quando si superano determinate pendenze è sconsigliabile in modo particolare se effettuata con la *Trattrice a Ruote* anziché con quella a Cingoli.

Non possiamo, però, nascondere a noi stessi che con l'aratura secondo le linee di massima pendenza l'acqua, non appena raggiunge la profondità di aratura (dove, volendo o nolendo, si è formata la "suola" impermeabile), defluisce velocemente verso i corsi d'acqua superficiali senza alimentare la falda idrica, che si abbassa sempre più.

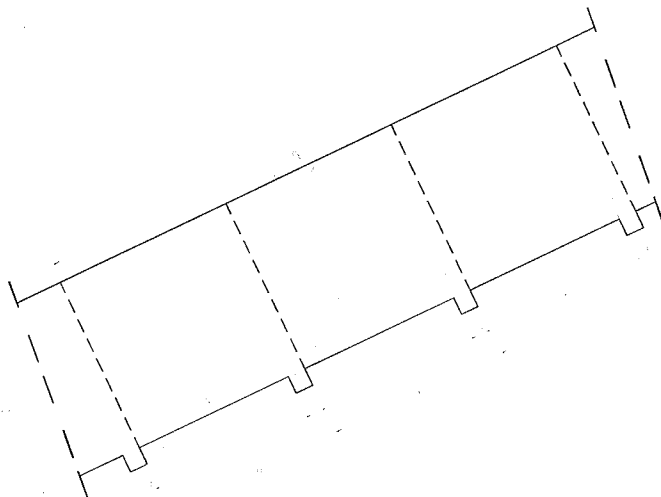
Con l'aratura trasversale alle linee di massima pendenza, invece (Figura 1), l'acqua si ferma nell'insenatura determinata dalla differenza di quota tra la punta del Vomere ed il piano di taglio del Vomere in modo tale da alimentare le falde idriche, consentire la formazione delle riserve profonde che poi risalgono in superficie per capillarità e per evaporazione proprio durante la stagione in cui più si ha bisogno di acqua, determinando così il diminuire delle piene autunno - invernali e contribuendo ad affievolire i disagi della calura e della siccità estiva.

In quest'ottica, anche se con ritardo rispetto alla nostra richiesta (era il 1991 quando in un pubblico incontro con il Presidente della Giunta Regionale chiedemmo la redazione della Cartografia dei Suoli) ben venga il Progetto della Cartografia Nazionale dei Suoli dalla quale sola può discendere un buon progetto di programmazione della produzione agricola. Ma per fare una buona Cartografia che possa offrire quelle informazioni tecniche e scientifiche più pregnanti è necessario il coinvolgimento, sin dalla sua impostazione, delle professionalità che, con la loro cultura, la loro esperienza, la loro sensibilità, ed utilizzando tecnologie rappresentative semplici e di facile interpretazione, siano capaci di cogliere ed evidenziare soprattutto gli elementi potenzialmente costituenti **risorse** da utilizzare nel rispetto di uno **sviluppo complessivamente sostenibile**.

---

Figura 1

Rappresentazione schematica del comportamento dell'acqua in un terreno con pendenza superficiale media del 25%, arato trasversalmente alle linee di massima pendenza



- 1 - Profilo del Terreno ante - aratura;
- 2 - Profilo della Zolla rovesciata;
- 3 - Insenatura originata dal passaggio della Punta del Vomere;
- 4 - Piano di Taglio del Vomere costituente anche il piano di scivolo e percolazione superficiale dell'acqua;
- 5 - Livello dell'acqua che si sottrae alla percolazione superficiale alimentante la Falda Idrica profonda.

Tanto per fare un solo esempio e con l'unico scopo di evidenziare l'importanza delle "COMPETENZE" nell'approntare gli Strumenti della Programmazione ricordiamo che quando fu fatto l'ultimo Censimento in Agricoltura, con l'evidente scopo di risparmiare, il rilevamento, per lo più, fu affidato a coloro che non avevano competenza tecnica e scientifica specifica. Di conseguenza, se è vero che si risparmiò sui costi, è altrettanto vero che quei dati non hanno fornito molti impulsi di corretta programmazione, cosicché, alla fine, l'operazione più che in un risparmio potrebbe inquadrarsi in uno spreco prima ed in un danno poi.

Chiediamo, perciò, una maggiore attenzione e considerazione per le Competenze Tecniche "giuste" da impegnare negli interventi più "giusti".

In tutte le Regioni, ci sono i Dottori Agronomi ed i Dottori Forestali che, al di là delle singole professionalità, sono rappresentati a livello regionale dalle Federazioni Regionali degli Ordini Provinciali le quali, ai sensi della lettera g) dell'art. 7 della Legge 152 del 10-02-1992, possono compiere studi, indagini ed altre attività anche su commessa e con contributi della Pubblica Amministrazione.

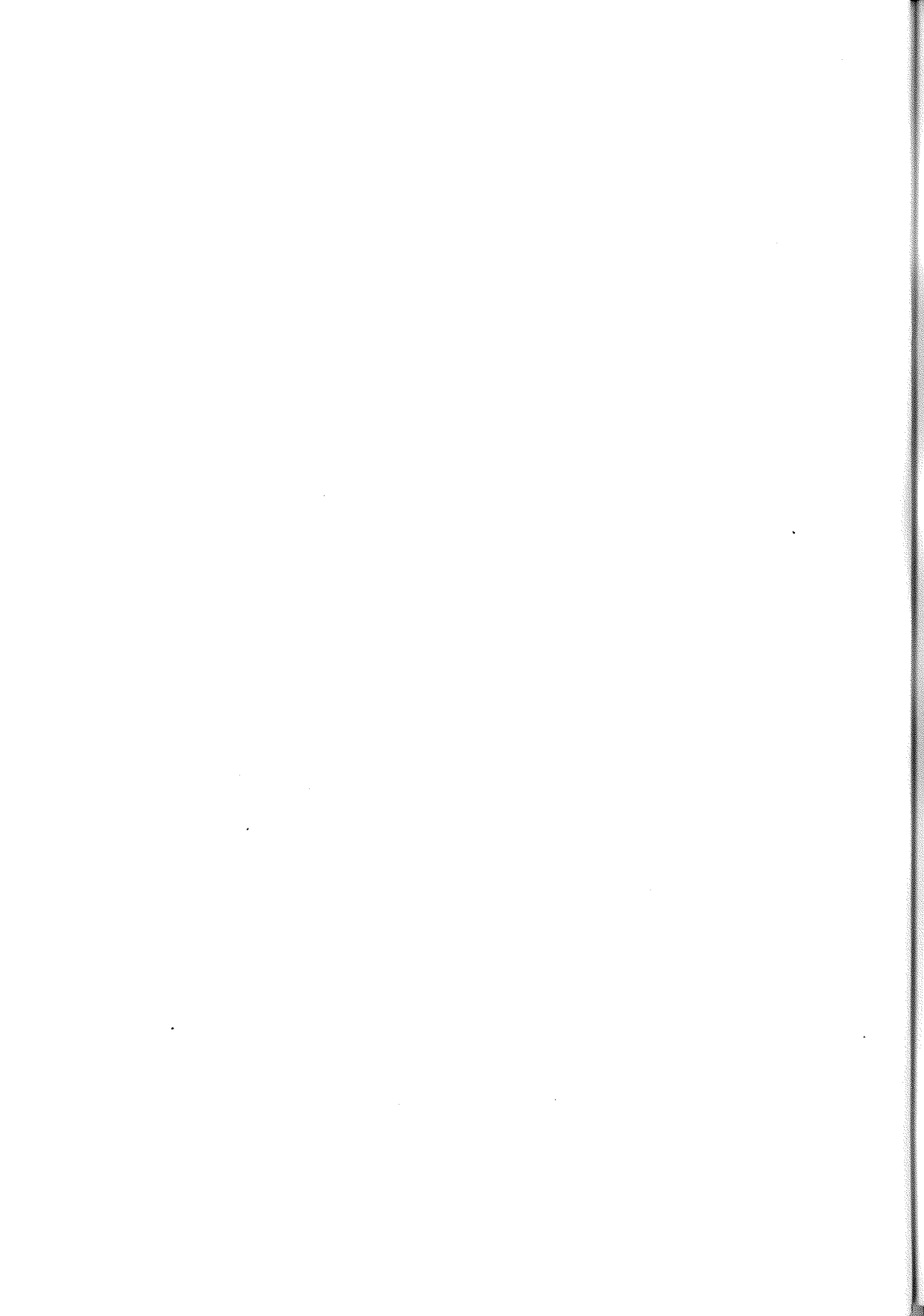
Di questa Legge dello Stato facciano virtù le Regioni coinvolgendo, anche e soprattutto, nella redazione di questi due grandi strumenti di programmazione futura (la Cartografia Nazionale dei Suoli ed il Progetto di Ricerca per lo Sviluppo dell'Irrigazione Sostenibile nel Mezzogiorno) i Dottori Agronomi ed i Dottori Forestali ai quali mi onoro di appartenere e, in questo momento, anche di rappresentare a livello nazionale.





*Sessione:*

**“Prospettive di realizzazione di un’area  
pilota meridionale per il progetto  
della cartografia nazionale dei suoli”**



## *IL SISTEMA INFORMATIVO GEOGRAFICO DEI SUOLI EUROPEI A SCALA 1:1,000,000 E LA CREAZIONE DI UN NUOVO DATABASE GEOREFENZATO SUI SUOLI A SCALA 1:250,000*

Luca Montanarella

European Soil Bureau - 21020 Ispra (Varese)

L'Ufficio Europeo per il Suolo è un'organo della Commissione Europea che svolge già da diversi anni un'azione di coordinamento per la creazione di sistemi informativi geografici su scala continentale riguardanti il suolo nella sua accezione più larga (tipo di suolo, caratteristiche fisico-chimiche, uso del suolo, difesa del suolo, etc..) (Montanarella, 1996). Nell'ambito di queste attività è in corso di completamento il nuovo Sistema Informativo Geografico sui Suoli Europei a scala 1:1,000,000 (King *et al.*, 1994a; King *et al.*, 1994b). Si tratta dell'unico database georeferenziato sui suoli attualmente disponibile per la Unione Europea e paesi confinanti. Le sue possibilità applicative sono molteplici e riguardano soprattutto la modellistica agro-meteorologica delle principali colture Europee di interesse comunitario per la stima precoce delle produzioni in corso. Ulteriori applicazioni riguardano fenomeni alluvionali, bilanci idrici dei suoli, rischi idrogeologici, etc..

Nella sua versione finale il sistema informativo comprenderà tutti i paesi membri dell'Unione Europea ed i paesi confinanti. Si prevede di terminare la compilazione del sistema informativo per l'inizio del 1998.

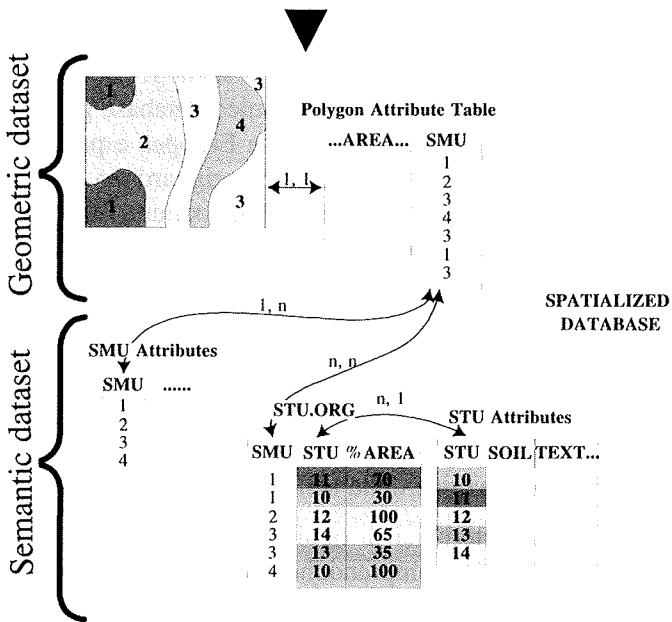
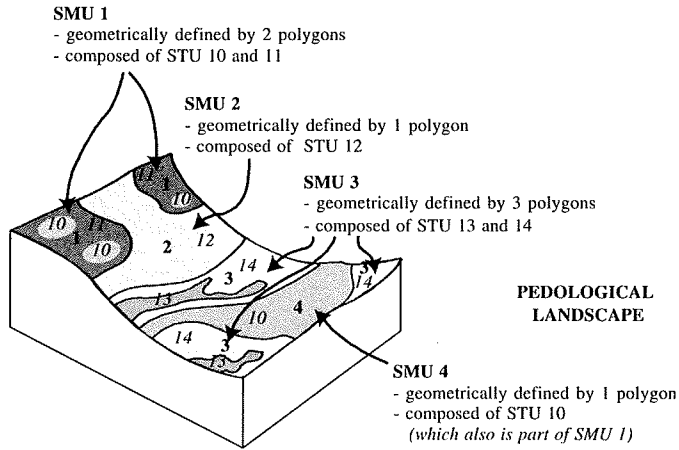
L'organizzazione della banca dati è illustrata nella Figura 1.

I dati caratteristici di ogni tipo di suolo (STU) presente nelle unità cartografiche (SMU) comprendono i principali parametri chimico-fisici, oltre che il nome del suolo secondo la legenda FAO. Inoltre sono disponibili, per ogni tipo di suolo, informazioni relative all'uso, il drenaggio, la pendenza dominante, etc..

Figura 1

Organizzazione del sistema informativo a scala 1:1,000,000

INFORMATION ORGANIZATION  
IN THE SOIL GEOGRAPHICAL DATABASE OF EUROPE

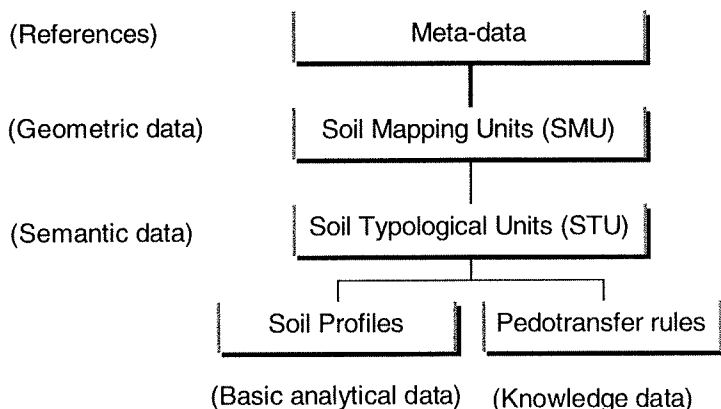


Il database viene poi integrato da un meta-database secondo le norme CEN 287009, da un database contenente dati analitici di profili raccolti in Europa e da una banca dati di funzioni matematiche per la derivazione di ulteriori parametri, quali la capacità idrica dei suoli, il regime di temperatura, l'attitudine alle diverse colture, etc..

La struttura completa del sistema informativo è illustrata nella Figura 2.

**Figura 2**

Struttura completa del sistema informativo Europeo a scala 1:1,000,000

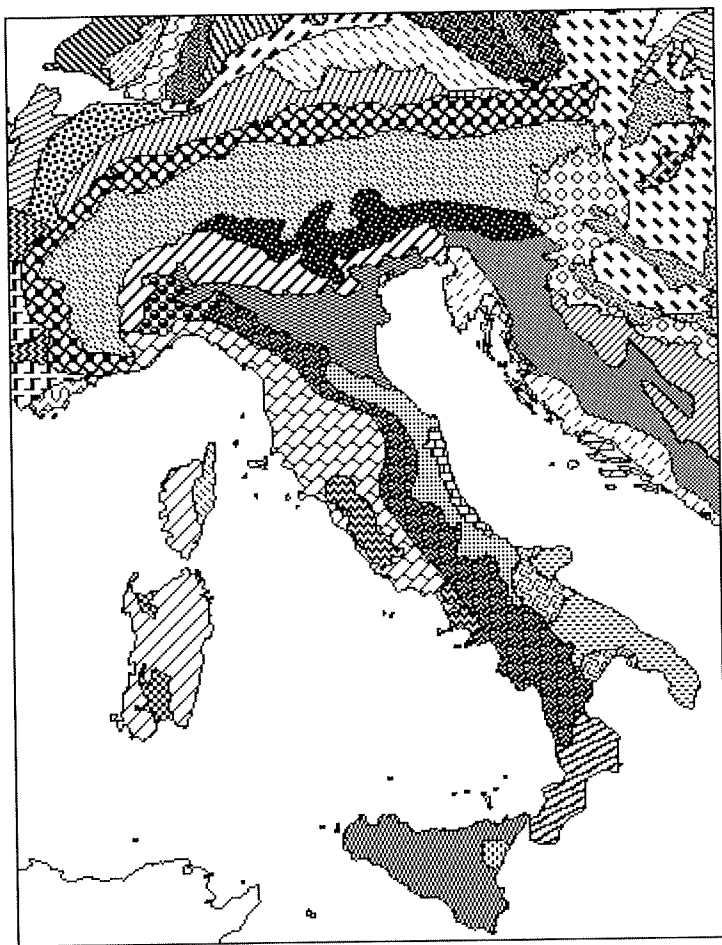


Tale sistema verrà integrato in futuro nel Sistema Informativo Europeo sul Suolo (*European Soil Information System*, EUSIS). Si tratta di un sistema integrato, in corso di progettazione presso l'Ufficio Europeo del Suolo, che comprenderà una serie di livelli di dettaglio cartografico integrati con l'ausilio di funzioni di trasferimento di scala. Alla base di questo sistema vi sarà una nuova base dati georeferenziata Europea contenenti informazioni sui suoli ad un dettaglio corrispondente alla scala 1:250,000 (Dudal *et al.*, 1993). La realizzazione di questo nuovo sistema informativo territoriale partirà da zone pilota selezionate fra le diverse regioni pedologiche Europee. In Figura 3 è rappresentato un'estratto dalla carta delle regioni pedologiche Europee.

Una delle prime aree pilota è stata identificata nella Pianura Padano-Veneta ed un gruppo di lavoro interregionale, coordinato dall'Ente

di Sviluppo Agricolo della Regione Lombardia (ERSAL), si è già formato per la sua realizzazione. Ulteriori aree pilota Italiane sono in corso di definizione.

Figura 3  
Regioni pedologiche Italiane

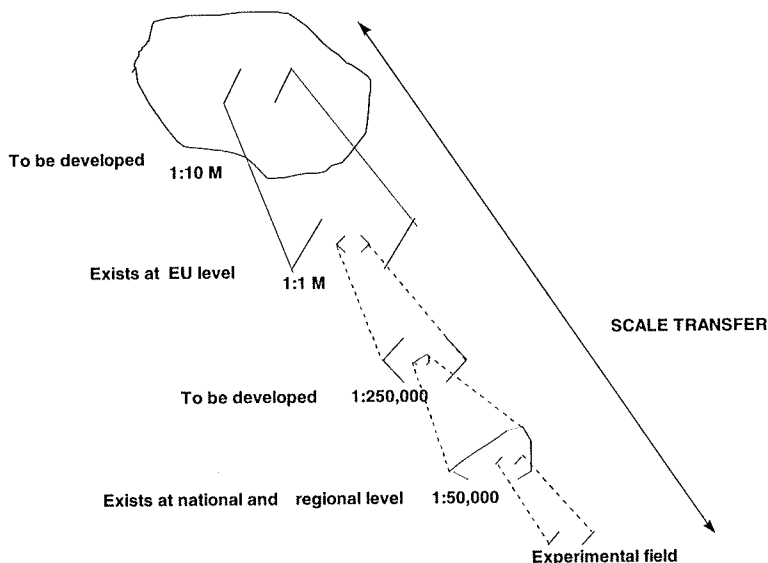


La delineazione delle diverse aree pilota segue i limiti delle diverse regioni pedologiche. Risulta così facilitato il lavoro di correlazione fra le diverse aree Europee. Anche in Italia la delineazione di nuove aree pilota dovrebbe seguire tali criteri. Una tale metodologia è da preferire alla definizione di aree pilota secondo limiti amministrativi, che normalmente porta a

notevoli difficoltà di armonizzazione nelle zone di frontiera, come già sperimentato durante la realizzazione del database a scala 1:1,000,000. Le diverse aree pilota sono coordinate tra di loro da coordinatori territoriali che assicurano una sufficiente armonizzazione tra le attività in corso di svolgimento nelle diverse aree Europee. Per il bacino Mediterraneo il coordinamento sarà assicurato da un gruppo di lavoro facente capo al Prof. R. Dudal. L'Italia si pone, attraverso le numerose iniziative attualmente in corso, all'avanguardia di questo nuovo progetto Europeo. L'attivazione di diverse zone pilota sul territorio Italiano, porterà alla realizzazione di un sistema informativo sui suoli per l'intero territorio Nazionale. Viste le attuali carenze di conoscenze sui suoli Italiani, questo nuovo strumento applicativo assicurerà in futuro la possibilità di una migliore gestione e valorizzazione del territorio.

Figura 4

## Il sistema informativo EUSIS



Il sistema EUSIS, nella sua versione finale, avrà una struttura come illustrato nella Figura 4. EUSIS rappresenterà in futuro il sistema di riferimento per tutte le banche dati ed i sistemi informativi territoriali riguardanti il suolo in Europa. Il sistema includerà una serie di strumenti applicativi che permetteranno di ottenere informazioni utilizzabili a diverse scale. Inoltre, l'approccio standardizzato su scala Europea garantirà la completa

comparabilità dei risultati in zone anche molto diverse dell'Unione. Sarà questo un notevole passo avanti verso la integrazione Europea nel campo della gestione del territorio e dello spazio rurale.

### **Bibliografia**

- DUDAL R., BREGT A.K., FINKE P.A., 1993. Feasibility study of the creation of a soil map of Europe at scale 1:250,000. DG XI, Task Force European Environment Agency. Commission of the European Communities. Leuven - Wageningen. 69 p.
- JONES R.J.A., BUCKLEY B., 1996. European Soil Database Information Access and Data Distribution Procedures, EUR 17266 EN, Ispra, Italy, 35p..
- KING D., DAROUSSIN J., JAMAGNE M., 1994a. Proposal for a model of a spatial organization in soil science. Example of the European Community Soil Map. *Journal of the American Society for Information Science*. Sp. issue. 45(9):705-717.
- KING D., DAROUSSIN J., TAVERNIER R., 1994b. Development of a soil geographic database from the soil map of the European Communities. *Catena* 21, 37-56.
- KING D., THOMASSON A.J., 1996 - European Soil Information Policy for Land Management and Soil Monitoring. EUR 16393 EN, Ispra, Italy, 22p.
- LE BAS C., 1996 - Base de Données Géographique des Sols d'Europe, EUR 16380 FR, Ispra, Italy, 39p..
- MEYER-ROUX J., 1987 - The ten-year research and development plan for the application of remote sensing in agriculture statistics. DG VI, JRC Ispra. 23p.
- MONTANARELLA, L., 1996. The European Soil Bureau, European Society for Soil Conservation. *Newsletter* N° 2, 1996, Trier: 2-5.
- VOSSEN P. & MEYER-ROUX J., 1995. Crop monitoring and yield forecasting activities of the MARS project. In: European land information systems for agro-environmental monitoring (King D., Jones R.J.A., Thomasson A.J. Eds). CEC-JRC DGXII, Luxembourg. 11-29.



## *PER UNA CARTOGRAFIA DEI SUOLI D'ITALIA AL 250MILA*

Luciano Lulli

Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo. - Sezione di Tecnologie del Suolo  
Via Cagliari, 16 - 88100 Catanzaro Lido

Attualmente una forte spinta alla realizzazione di documenti conoscitivi della reale condizione, o stato, della risorsa suolo dell'intero territorio nazionale parte dall'attuale Ministero per le Politiche Agricole grazie all'attività dell'Osservatorio Pedologico e delle Qualità del Suolo. In questo ambito è stata proposta la cartografia al 250mila delle sole Regioni meridionali, tuttavia i criteri per la realizzazione di una cartografia dei suoli a questa scala restano validi qualunque sia la superficie territoriale che si vuole rappresentare.

Il 250mila dei suoli è una carta di riconoscimento. E' un documento descrittivo degli ambienti naturali e dei suoli associati. E' un documento necessario per la gestione della risorsa suolo a livello regionale, nazionale ed europeo.

Per quanto concerne le cartografie dei suoli sono state dette cose ovvie, ci sono luoghi comuni e sentito dire. In questa occasione prendo lo spunto per cercare di definire in maniera logica e consequenziale la necessità di realizzare le carte dei suoli ai fini di una programmazione territoriale.

Per prima cosa, una carta dei suoli al 250mila, sebbene racconti dei suoli, è in realtà una rappresentazione degli ambienti naturali che ha la prerogativa di dare informazioni sulla parte soggiacente del paesaggio. Comprende quella parte delle terre emerse nelle quale è immersa la vita e dalla quale emergono tutte le forme viventi continentali. Il suolo è soprattutto vita, raccoglie energia ed acqua dall'esterno e consente l'esistenza delle piante e degli animali. Il suolo è parte integrante della biosfera.

Anche le produzioni agrarie e vegetali sono esseri viventi e conaturali al loro ambiente di crescita per cui, se osserviamo la realtà effettuale, notiamo che gli ambienti agrari e forestali variano da luogo a luogo. Si osserva anche che, sebbene simili, i paesaggi esprimono variazioni più o meno importanti della combinazione di fattori naturali ed antropici che determinano i singoli ambienti. L'ambiente collinare calabro che si sviluppa sui sedimenti pliocenici marini è in qualche modo diverso dall'ambiente collinare toscano sugli stessi depositi. E' cambiato il clima ed è cambiata la storia evolutiva delle superfici e dei suoli, diversa è stata l'attività antropica nei secoli, e sono differenti gli usi e i costumi delle attuali popolazioni.

Chi conosce bene questi ambienti vi può dire che nel generico vi sono similitudini a livello di deposito, di suolo, di vegetazione, ma nello specifico i due ambienti, anche se simili, sono diversi e diversa è la risposta agli interventi dell'uomo.

Il suolo è un prodotto naturale dell'ambiente. Il suolo deriva dalla roccia per effetto degli agenti atmosferici. Roccia e clima nel tempo hanno formato suolo, formano suolo. Le diverse articolazioni delle forme sulle terre emerse derivate dall'azione delle forze endogene e dall'azione modellante degli agenti atmosferici definiscono ambienti fisici diversificati che differenziano molto chiaramente una pianura alluvionale, come la valle del Po, da un apparato vulcanico, come l'Etna.

Da origini tanto diverse, quali sono le sedimentazioni fluviali e la attività vulcaniche, ne derivano ambienti differenti, anche se collocati nelle stesse condizioni climatiche. E' quasi naturale e spontaneo pensare che situazioni di diversa natura rappresentino ambienti diversi per le comunità vegetali ed animali. Ed è quindi anche naturale pensare che le attività dell'uomo si adeguino alle condizioni ambientali.

Come potete notare la *consecutio logica* è talmente ovvia e scontata che non ho detto niente di nuovo. Ho parlato di cose banali che si sanno, che tutti noi sappiamo. Le cose dette sono palesi. Cosa c'è di più ovvio di quanto affermato? E allora, mi domando, come mai sino ad ora l'attenzione agli ambienti naturali ed antropici è stato tanto disattesa in Italia? Non ho risposte, ma so che la comunità europea chiede ed esige sempre di più informazioni sugli ambienti geografici.

Il regolamento 2078/92 recita nell'articolo 3, sui **Programmi di aiuti**, al punto 1, di *diversità di situazioni ambientali, delle condizioni naturali, delle strutture agrarie e dei principali orientamenti della produzione agricola*.

---

Al punto 2 sempre dell'articolo 3 prevede *zone omogenee* dal punto di vista *dell'ambiente e dello spazio naturale*.

Al punto 3 infine indica come dati le *zone geografiche* ed *eventuali sottozone* e prevede la descrizione delle *caratteristiche naturali, ambientali e strutturali delle zone*.

Per i suoli, poi, il Manuale delle Procedure dell'European Soil Bureau per un 250mila europeo dei suoli parla di *Regioni Suolo*. L'Italia attualmente è suddivisa in 18 Regioni Suolo che hanno come caratteristica principale di tenere conto delle condizioni fisiche ambientali.

Una delle Regioni Suolo è l'area vulcanica che attraversa il Lazio e la Campania, che è caratterizzata da particolari meccanismi di messa in posto delle vulcaniti e da particolari composizioni magmatiche che ne fanno un'area unica nel suo genere in tutto il mondo. Come raffigurata nella mappa provvisoria delle Regioni Suolo europee, l'area è meno estesa di quanto in realtà siano diffuse le vulcaniti, che rappresentano un ambiente di notevole valore agricolo forestale e culturale.

Le civiltà più antiche e importanti hanno da millenni insistito in questa area. Ricordo gli Etruschi, i Romani, la civiltà partenopea e ricordo che la religione cristiana si è estesa nel mondo partendo dalla regione vulcanica laziale. Non è un caso che da un'area tanto ristretta si siano sviluppate così tante e importanti civiltà dell'uomo. L'area vulcanica ed un clima favorevole hanno creato condizioni di vita che hanno consentito l'affrancamento dalle esigenze naturali di sopravvivenza e quindi dello sviluppo di civiltà più avanzate, così come è successo in passato nell'area mediterranea alla civiltà egizia e a quella greca.

Un esempio molto significativo di relazione tra una regione suolo e lo sviluppo di una civiltà lo abbiamo nella penisola sorrentina. La penisola è di natura calcarea ed è quindi ricca di risorgive di acqua, è nello stesso tempo coperta da coltri piroclastiche con suoli di elevata fertilità, anche perché collocati in un clima con precipitazioni abbondanti e distribuite tutto l'anno. Il comprensorio era quasi inaccessibile da terra e difficile da aggredire per via mare e, un tempo, ha consentito la nascita delle repubbliche marinare di Amalfi, una civiltà favorita da condizioni fisiche naturali molto particolari.

Queste, che sembrano, e forse sono, le digressioni di un pedologo canuto e bianco, costituiscono anche le evidenze del perché si debbano conoscere gli ambienti naturali che condizionano le attività dell'uomo. Del perché si debbano conoscere gli ambienti naturali integrati dalle informazio-

ni sul suolo. Informazioni che descrivono l'ambiente delle radici delle piante e di quella parte della biosfera soggiacente alle comunità animali e vegetali che noi vediamo ed usiamo.

Vorrei finire con un'affermazione in parte obbligata ed in parte vera. Lo studio dei suoli e la sua rappresentazione, non necessariamente cartografica, costituiscono la migliore espressione di informazione integrata che si può avere sul territorio. Mi spiego: il suolo è il prodotto dell'interazione tra roccia e clima nel tempo, la sua natura è influenzata dalla posizione geografica. Allora in un suolo si legge la storia evolutiva dell'ambiente e le sue condizioni dinamiche attuali. In un suolo si legge da che roccia viene e con quale clima si sviluppa. Il suolo racconta di come reagisce agli interventi antropici sia sotto l'aspetto fisico che per quello comportamentale. In un suolo infine si definiscono gli ambienti di crescita ed i rischi ambientali. E si ipotizzano possibili destinazioni.

Nei sistemi complessi ambientali il suolo rappresenta l'elemento permanente, la persistenza delle condizioni del mezzo, la stabilità del sistema. Le conoscenze sui suoli quindi danno la garanzia di persistenza e consentono proiezioni programmatiche con un buon grado di successo. Lo stesso avviene nel caso di fenomeni degradativi in atto, come sono la salinizzazione o la desertificazione.

Bisogna ricordare che nei suoli un mutamento di stato presuppone una catastrofe, nel senso, dato da René Tom, di un cambiamento repentino di equilibrio del sistema che, una volta avvenuto, può non tornare alle condizioni iniziali, anche dopo un periodo molto lungo di modificazioni

Con la conoscenza dei suoli e buoni studi sulle meccaniche di degradazione fisico, chimica e biologica è possibile evitare o limitare fortemente eventi catastrofici irreversibili. Questo perché se si conosce il mezzo, che è rappresentato nel nostro caso dal suolo con la sua struttura, cioè con lo stato di organizzazione che ha raggiunto nel tempo, si possono meditare interventi appropriati. Questa possibilità è ottenibile anche per zone geograficamente estese, nelle quali i suoli si associano in combinazioni uniche ed irripetibili, e che rappresentano le Regioni Suolo così come le intende la comunità europea.

Quindi, per le ragioni che ho cercato di esporre e per una politica agraria nazionale all'interno della CEE ritengo sia utile e necessario cartografare i suoli del nostro territorio ed organizzare di conseguenza un inventario della risorsa.

## *VERSO L'ISTITUZIONALIZZAZIONE DEI SERVIZI PEDOLOGICI REGIONALI*

Domenico Tosco, Amedeo D'Antonio

Regione Campania - Assessorato Agricoltura - Settore Sperimentazione, Informazione,  
Ricerca e Consulenza in Agricoltura (Se.S.I.R.C.A.)  
Centro Direzionale Isola 6 - Via E. Gianturco, 92/H - 80100 Napoli

### **Premessa**

E' ormai evidente che la pedologia in Italia attraversa un momento di promettente sviluppo. Iniziative comunitarie, nazionali e, soprattutto, regionali, stanno imprimendo al settore un'accelerazione che, grazie alla presenza di un organo nazionale di coordinamento, quale l'Osservatorio Pedologico Nazionale e per la Qualità del Suolo (ONP), può e deve essere incanalata verso la creazione di valide e stabili strutture tecniche di supporto.

In tal senso, la decisione dell'ONP di tracciare un "Itinerario per la costituzione di un Servizio Pedologico Regionale" è, sicuramente, un indirizzo programmatico condivisibile. Tale orientamento costituisce anche una presa d'atto che, nell'ambito del riassetto delle competenze in senso federalista che via via prende corpo nel nostro Paese, la costituzione di tali Servizi permetterà di colmare i gap strutturali e conoscitivi non solo interni, ma anche nei confronti degli altri Paesi dell'Unione Europea con i quali, sempre più, saremo chiamati a confrontarci.

Attualmente però, soprattutto nelle Regioni meridionali, siamo di fronte a iniziative limitate e strutture deboli e sussiste quindi il rischio che si instaurino nel tempo processi di progressiva involuzione, e si determinino, quindi, altre occasioni mancate e, contestualmente, delusioni professionali da parte dei tecnici coinvolti.

In tale contesto, al fine di superare questa situazione di precarietà, appare chiaro che una fase importante del processo evolutivo del settore pedologico in Italia deve essere l'istituzionalizzazione all'interno della Pubblica Amministrazione dei Servizi Pedologici. Tale obiettivo può essere

perseguito con maggiore possibilità di successo se collocato in quello più ampio di contribuire a soddisfare la domanda di miglioramento del quadro conoscitivo delle risorse disponibili, in modo da consentire al decisore di razionalizzare le scelte con riferimento ai contesti territoriali. Ciò può essere attuato imprimendo un'accelerazione ai programmi finalizzati all'attivazione di supporti alle decisioni, in particolare alla messa a punto dei sistemi informativi territoriali (SIT).

Questi concetti rappresentano il punto di riferimento delle brevi considerazioni che ci accingiamo a svolgere, con l'intento di fornire un contributo sul percorso da seguire per pervenire ad una collocazione istituzionale dei futuri Servizi Pedagogici Regionali (S.Pe.R.).

### **La pedologia nei SIT**

L'esigenza di disporre di un supporto informativo organizzato in modo da consentire al decisore di razionalizzare le scelte con riferimento ai contesti territoriali, presuppone che le Amministrazioni regionali abbiano a disposizione veri e propri SIT, nei quali l'informazione pedologica costituisca parte essenziale, ma non esaustiva.

Va infatti tenuto presente che le scelte di programmazione dell'intervento pubblico e la stessa elaborazione dei progetti esecutivi attinenti alla promozione e al sostegno dello sviluppo economico e alla razionalizzazione dell'utilizzazione del territorio, comportano sempre la contestuale considerazione di una serie di variabili molto articolata da aggiornare continuamente. In altre parole il decisore ha sempre di fronte problemi complessi per la cui razionale risoluzione l'informazione parziale risulta inadeguata e può portare a scelte del tutto sbagliate.

Restando nel campo della conoscenza delle risorse fisico-ambientali, è evidente che l'informazione deve riguardare, allo stesso livello di approfondimento, il suolo come le risorse idriche, il clima come la destinazione d'uso del territorio, i vincoli paesistici come quelli idrogeologici, e così di seguito. Passando alle variabili socioeconomiche, nessuna decisione di sviluppo può prescindere da una perfetta conoscenza dei fenomeni in atto, degli obiettivi di riequilibrio territoriale e sociale, e così discorrendo.

L'approccio allo studio e trattamento di tali informazioni conduce all'impianto e gestione di SIT che possono essere attivati anche in modo modulare in un processo di progressiva integrazione.

Se si tiene conto delle situazioni in atto, soprattutto nelle Regioni meridionali, si comprende come i pedagoghi costituiscano un primo importante investimento al quale devono seguire altri ugualmente impegnativi sia in termini organizzativi, che di risorse umane con profili professionali a carattere specialistico. I pedagoghi, dunque, sono chiamati in questa fase a svolgere nel campo della programmazione economica e della pianificazione territoriale un ruolo di maggiore valenza di quanto non sia quello che può essere espresso operando singolarmente con il proprio specifico professionale.

È un'occasione che non deve essere sottovalutata sia da parte dell'Amministrazione che da parte dei pedagoghi stessi i quali devono imparare a lavorare con altri specialisti, affinare le proprie capacità di progettazione e controllo del lavoro svolto da terzi, approfondire conoscenze che potrebbero non far parte del loro bagaglio professionale, contribuire a rendere le iniziative operative strettamente finalizzate rispetto ai processi decisionali in atto.

Una scelta diversa comporterebbe il rischio di occupare una collocazione marginale all'interno della Pubblica Amministrazione, sia perché il proprio contributo non riuscirebbe a modificare in modo incisivo le tendenze in atto, sia perché l'Amministrazione non riuscirebbe a cogliere in modo adeguato la portata dell'informazione pedagogica.

### **Strutture specializzate per tutelare le professionalità**

Il Servizio Pedagogico deve essere inquadrato all'interno degli Enti Regionali. È la legislazione ad affermarlo: le Regioni hanno piena competenza in materia di pianificazione e programmazione per la conservazione del suolo (art. 69 dpr 24.07.1977), e la Legge 183/89 (nota come Norme per la difesa del suolo) all'articolo 10 indica che le Regioni possono assumere "ogni altra iniziativa ritenuta necessaria in materia di conservazione e difesa del territorio, del suolo, del sottosuolo, ...".

Nelle Regioni meridionali l'ingresso dei divulgatori agricoli specializzati in Pedagogia all'interno dei Servizi di Sviluppo Agricolo, ha generato un forte spinta verso l'idea di Servizio Pedagogico.

Sicuramente tali preesistenze costituiscono una sorta di embrione del S.Pe.R., su cui puntare per l'espansione della "cultura pedagogica", passo necessario per assicurarsi il consenso politico necessario perché si pervenga alla istituzionalizzazione del servizio.

---

Non c'è dubbio che un siffatto consenso, per le considerazioni precedentemente svolte, può essere acquisito più celermente se la pedologia viene affrontata con lo scopo di fornire fin da subito informazioni utili al decisore e, ancor meglio, se i pedologi vengono inseriti in una struttura capace di assicurare flussi informativi integrati per la programmazione economica e per la pianificazione territoriale.

Sviluppato in massimo grado, il SIT regionale può essere, giustamente, considerato una struttura a supporto di più Assessorati. Se teniamo conto delle situazioni in atto nelle Regioni meridionali, appare più realistico promuovere all'interno degli Assessorati all'Agricoltura la costituzione di una struttura SIT che comprenda un'articolazione per la pedologia. Si tenga comunque presente che le competenze di un Assessorato regionale all'agricoltura comprendono, fra l'altro:

- bonifica montana ed integrata;
- riforestazione;
- viabilità, acquedotti ed elettrificazione in aree rurali;
- promozione dello sviluppo rurale integrato;
- rete collettive per l'irrigazione;
- promozione e sostegno di nuovi ordinamenti produttivi;
- consulenza tecnica agli imprenditori, finalizzata, fra l'altro, alla razionalizzazione dell'uso delle risorse disponibili e al contenimento dell'impatto ambientale.

Il SIT agricolo potrebbe essere gestito da una struttura intermedia, diretta da un dirigente, con una adeguata autonomia amministrativa ed organizzativa.

Nel breve periodo occorre comunque evitare la collocazione dei pedologi in strutture polyvalenti prevalentemente impegnate in attività distanti dalla pedologia. Ciò si accompagnerebbe ad un basso coinvolgimento della dirigenza e comporterebbe il rischio di un utilizzo improprio del personale.

Le stesse considerazioni valgono sia che la struttura venga collocata direttamente nell'Assessorato all'Agricoltura sia che venga collocata nell'Ente Regionale di Sviluppo Agricolo.

Il primo tassello organizzativo dovrebbe essere rappresentato dall'attivazione, ove non fosse già stato fatto, di una "sezione" pedologia inserita nella struttura regionale che gestisce i servizi di sviluppo agricolo; se-



zione che dovrebbe sviluppare una vocazione alle logiche del SIT e, pertanto, alla collaborazione interdisciplinare.

L'aggregazione delle sezioni "agrometeorologia", "pedologia", "statistica" in un solo servizio (o "ufficio" e seconda della terminologia adottata dalle singole Regioni), costituirà il secondo passo. Ambedue le decisioni rientrano nelle competenze della Giunta Regionale.

Ciò non vuol dire che si tratti di una cosa semplice in quanto ogni riassetto richiede una volontà politica forte e consapevole ed incontra resistenze negli apparati preesistenti.

Va detto comunque che soluzioni stabili comportano necessariamente:

- il riassetto più complessivo dei servizi di sviluppo agricolo;
- l'inserimento nei contratti collettivi delle figure professionali specialistiche fra cui quella del "pedologo".

### **Il campo di azione dei pedologi regionali**

Fermo restando il convincimento che i pedologi debbano ritenersi uno dei nuclei fondanti della struttura di gestione del SIT per l'agricoltura, si può delineare il campo specifico delle azioni degli stessi - nell'ottica che molte di queste dovranno ottenersi mediante l'utilizzo di prestazioni, sia di beni che di servizi, esterne alla struttura - nel modo che segue:

#### **• rilevamento e cartografia:**

a) definizione delle scale, dei criteri, degli standard operativi e metodologici, degli strumenti (manualistica), delle frequenze di campionatura, in funzione degli obiettivi e delle risorse finanziarie disponibili, e nel rispetto delle indicazioni di organismi sovraregionali;

b) definizione dei capitolati d'appalto, nonché coordinamento, controllo e collaudo dei lavori pedologici;

c) raccolta dei dati di base (storici, climatici, carte topografiche e di altri tematismi utili, foto aeree);

d) aggiornare le metodologie di descrizione e di classificazione dei suoli, la catalogazione e la correlazione pedologica;

e) curare le determinazioni analitiche di routine e il controllo della loro qualità, aggiornare le metodiche, attivare collaborazione per ana-

lisi non routinarie;

• **Sistema Informativo dei Suoli (S.I.S.):**

a) informatizzare e gestire gli archivi pedologici, cartografici ed alfanumerici;

b) definire gli standard e le caratteristiche dei dati da archiviare all'interno del S.I.S., nel rispetto delle indicazioni degli organismi sovra-regionali;

c) creare una banca dati relativa a tutti i parametri ambientali rilevati, continuamente aggiornata;

• **interpretazione e applicazione:**

a) valutazione del comportamento e delle proprietà dei suoli;

b) messa a punto di modelli interpretativi;

c) applicazione dei modelli mediante l'elaborazione di carte tematiche derivate per usi diversi o per fornire risposte a problematiche specifiche;

d) verificare la rispondenza dei modelli e, quindi, aggiornarli;

e) monitoraggio pedologico;

• **erogazione di servizi di consulenza e supporto nei confronti di soggetti pubblici e privati:**

a) elaborare documenti, sia cartografici che testuali, per la corretta gestione dei suoli in funzione degli usi attuali o attesi, nell'ottica complessiva della difesa e della conservazione della risorsa;

b) fornire informazioni per risolvere problemi di natura ambientale, economica, giuridica;

c) curare il confezionamento e la strategia di penetrazione dei risultati ottenuti e pubblicati, individuando le forme di comunicazione più adatte al destinatario del "messaggio pedologico";

d) attivare supporti telematici per la trasmissione all'utenza dei dati;

• **curare i rapporti di interscambio con realtà universitarie e centri di ricerca e partecipare a programmi e progetti interregionali, nazionali e comunitari fornendo dati, strumenti, metodologie e servizi.**

---

### **Dimensionamento e dotazione organica del S.Pe.R.**

Solo dopo aver determinato le funzioni e la collocazione istituzionale che si vogliono dare al S.Pe.R., diviene possibile dimensionare correttamente la struttura e individuare le risorse umane necessarie.

Dalle varie esperienze regionali, e non solo per le Regioni che dispongono di strutture e programmi pedologici avanzati, appare evidente che la "massa critica" di una struttura inserita nel minimo livello amministrativo deve essere composta da almeno quattro unità. Questo numero è determinato dal numero di funzioni minime da attivare in un Servizio Pedologico (rilevamento e cartografia, informatizzazione, interpretazioni ed applicazioni, divulgazione) il quale risulti inserito in un circolo informativo efficiente senza il rischio che risulti sotto o sovradimensionato rispetto agli obiettivi, sia in grado di autoregolarsi e stimolarsi e di far propria la "domanda pedologica" proveniente esternamente al nucleo.

Conseguentemente, la scelta del livello formativo del personale che costituisce l'ossatura di un S.Pe.R. deve essere indirizzata verso profili professionali superiori, quindi laureati appartenenti, preferibilmente, ai corsi di scienze agrarie, forestali, geologiche, naturali e ambientali. In tal modo viene garantita la qualità del servizio e le competenze tecniche sarebbero correttamente ripartite.

Successivamente, andrà individuato il personale di immediato supporto, reclutato nei profili professionali inferiori, quindi diplomati, appartenenti ad aree tecniche (periti agrari, p. chimici, p. informatici). Questi dovrebbero essere in numero almeno doppio rispetto al personale di livello superiore.

Nelle fasi più avanzate di strutturazione di un Servizio Pedologico, una delle funzioni integrate è quella dello svolgimento di analisi di laboratorio. La costituzione di un laboratorio, è quindi l'assegnazione ad esso di personale qualificato (essenzialmente chimici), a nostro giudizio, diventa programmabile nel momento in cui il volume di analisi da effettuare risulti sufficiente a giustificare i costi di gestione che l'amministrazione deve sopportare. In questo senso, ciò diviene fattibile solo quando il Servizio ha raggiunto una elevata operatività ed è stato collocato in livelli superiori all'interno dell'amministrazione stessa.

Altro punto determinate è l'aggiornamento del personale del Servizio: una struttura tecnica avanzata non può prescindere da tale aspetto, pena la perdita di capacità e di efficienza operativa. Va quindi programmata

una intensa attività formativa, costituita da seminari, stage, incontri interregionali, partecipazione a convegni, che deve occupare non meno del 10% delle ore lavorative del personale, formazione che deve essere orientata rispetto alle mansioni che il personale esplica nella struttura.

È auspicabile, in futuro, la partecipazione economica di altre istituzioni e Enti (province, comuni, comunità montane, consorzi di bonifica), ed anche soggetti privati interessati alla produzione di informazione pedologica, in quello che può essere definito come "partenariato economico".

### **Considerazioni conclusive**

Il percorso delineato per il consolidamento e l'istituzionalizzazione dei nascenti S.Pe.R. può apparire eccessivamente ambizioso rispetto alle attuali situazioni di partenza. Si tenga presente, infatti, che i pedologi in servizio nelle Regioni meridionali ed insulari sono 24, collocati in strutture sia dell'amministrazione regionale diretta che indiretta, di diversa valenza amministrativa.

La proposta di istituire i SIT regionali per l'agricoltura coinvolge però una risorsa professionale e materie anche di tipo tradizionale di più ampia portata. L'obiettivo risulta comunque ambizioso poiché le decisioni politiche sono di elevato livello in quanto attengono alla rivisitazione del modello organizzativo degli Assessorati all'Agricoltura. Ogni sforzo in questo senso merita di essere prodotto promuovendo il coinvolgimento di tutti i soggetti interessati in quanto sussiste il rischio imminente di produrre informazioni sottoutilizzate e non riuscire a prevenire involuzioni che si generano sovente in apparati che, oltre ad essere precari, restano fermi nel tempo.

È un rischio che in verità si corre per tutti i Servizi di Sviluppo Agricolo (SSA) che difettano di istituzionalizzazione sotto tutti gli aspetti. Basta considerare che, attualmente, i profili professionali specialistici dei pedologi come dei fitopatologi o degli agrometeorologi, non sono affatto considerati negli stessi contratti di impiego. In questo senso l'azione di razionalizzazione e sviluppo dei Servizi Pedologici non può essere non collocato nella più ampia azione di razionalizzazione dei SSA.

## *PROGRAMMA DELLA REGIONE BASILICATA NEL SETTORE DELL'AGROPEDOLOGIA*

Michelangelo Lovelli

Regione Basilicata - Dipartimento Agricoltura e Foreste

### **Premessa**

I nuovi orientamenti della politica agricola comunitaria e nazionale prevedono, con il progressivo abbandono della politica dei prezzi e l'impegno crescente nella politica strutturale, il potenziamento delle azioni capaci di determinare un maggiore orientamento al mercato della produzione agricola e degli interventi finalizzati allo sviluppo rurale complessivo dei territori agricoli, attribuendo una particolare importanza alle attività che consentono di coniugare le condizioni di reddito e di vita degli imprenditori agricoli con la salvaguardia ambientale e della salute del consumatore.

Perseguire questi nuovi orizzonti di sviluppo, ricercando i necessari equilibri tra attività agricola, ambiente e reddito degli agricoltori senza deprimere, anzi, migliorando l'efficienza e la competitività del settore, rappresenta l'impegno a cui saranno chiamati nei prossimi anni le Istituzioni pubbliche e gli imprenditori agricoli e le loro Organizzazioni rappresentative.

La Regione Basilicata con la consapevolezza che la promozione e l'innovazione dello Sviluppo Agricolo non può prescindere da un corretto uso delle risorse naturali e ambientale e più specificatamente della risorsa suolo intende continuare un programma di attività già avviato nel settore dell'agropedologia.

Tale programma ha lo scopo di acquisire informazioni sulle caratteristiche pedoclimatiche dei suoli, sulla loro distribuzione spaziale e sulle loro attitudini, ai fini di individuare le più convenienti destinazioni d'uso del territorio e programmare una oculata ed appropriata scelta degli indirizzi gestionali mediante Piani di Settore che rivestono sempre più uno strumento strategico per le scelte di politica agricola regionale.

Questo sicuramente contribuisce a formulare programmi per gli incentivi e per il sostegno di aree regionali non più incentrate su basi e criteri generici, ma su peculiari caratteristiche del proprio territorio.

La conoscenza della natura e delle caratteristiche dei suoli diviene poi indispensabile per esaltare la qualità e la specificità delle colture agrarie.

Infatti solo attraverso lo studio delle relazioni tra i diversi tipi di suoli e le colture si può giungere al perseguimento di obiettivi "suolo-qualità", che rappresenta uno degli obiettivi importanti nell'ambito delle politiche agricole regionali.

### **Attività svolta**

L'attività pedologica in Basilicata è nata con le azioni pilota delle U.O.T. di cui al P.O.M. Sviluppo della Divulgazione Agricola Reg. CEE 2052/88.

Il programma poneva gli obiettivi di:

- Riconoscere e diagnosticare le caratteristiche del territorio e la natura dei suoli per individuarne potenzialità, vocazionalità e limitazioni d'uso;
- Progettare e gestire piani di ottimizzazione nelle scelte degli indirizzi gestionali;
- Realizzare interventi divulgativi avvalendosi delle tecniche e degli strumenti più idonei nelle diverse situazioni.

Sono stati così progettati e realizzati diversi studi dei suoli che vengono qui di seguito sinteticamente riportati:

#### I suoli delle aree irrigue del medio Sinni

L'attività ha interessato i comprensori irrigui del medio Sinni i quali risultavano delle aree più suscettibili ad un utilizzo a colture agrarie di tipo intensivo e ove maggiormente erano sentite le problematiche correlate alla conoscenza dei suoli. Il rilevamento condotto ad una scala di dettaglio ha interessato una superficie di 2.000 ettari coincidente con i comuni di Senise, Francavilla in Sinni, S. Giorgio Lucano e Noepoli. Lo studio realizzato con il supporto tecnico scientifico dell'Istituto Sperimentale per lo

Studio e la Difesa del Suolo di Firenze ha rappresentato il primo rilevamento di dettaglio su di una superficie di considerevole entità realizzato nella Regione Basilicata.

La cartografia realizzata costituisce un punto di riferimento di notevole importanza per tutti gli operatori agricoli dell'area, nonché per i Servizi di Sviluppo Agricolo che potranno avvantaggiarsi dalle informazioni rilevabili dal presente lavoro ai fini della programmazione e realizzazione delle proprie attività.

#### Carta dei suoli del medio Agri Sauro

Il lavoro ha interessato una superficie di circa 8.000 ettari ed è stato realizzato nell'ambito del Regolamento CEE 2052/88 ob. 1 Mis. 4.

Il rilevamento eseguito ad una scala di semidettaglio (1:25.000) interessa aree dei comuni di Aliano, Missanello, S. Arcangelo e Caprarico (Tursi), ha avuto come obiettivo principale quello di indagare aree poco conosciute da un punto di vista pedologico e nello stesso tempo individuare aree che presentavano ambienti molto diversi tra di loro e abbastanza diffuse nell'intero territorio regionale, per cui la cartografia prodotta trova un punto di riferimento anche per analoghi ambienti presenti nel territorio regionale.

Il lavoro è stato completamente informatizzato ed è stato portato a conoscenza non solo degli operatori agricoli ma anche ad Enti preposti alla programmazione del territorio.

Nell'ambito di questo lavoro è in fase di realizzazione uno studio di orientamento pedologico alla coltivazione dell'ulivo, al fine di conoscere nel dettaglio la natura e la distribuzione dei suoli sulle sabbie plio-pleistoceniche (note come sabbie di Aliano) su di una superficie di circa 1.000 ha, coincidenti con la coltivazione dell'ulivo, per individuare quei caratteri funzionali- fisici, chimici e ambientali, che possono influenzare in modo negativo, o positivo, la coltivazione dell'ulivo.

#### Carta dei suoli dell'Alta Val d'Agri

Il lavoro è stato realizzato sempre nell'ambito del Regolamento CEE 2052/88 Ob. 1 Mis. 4, ha interessato una superficie di circa 8.000 ettari. Lo studio condotto anch'esso ad una scala di semidettaglio (1:25.000) ha

---

interessato quasi totalmente la valle del fiume Agri, dall'abitato di Marsico Nuovo fino alla stretta di Pietra del Pertusillo. Tutta la vallata oggetto di rilevamento rappresenta una delle aree di maggiore interesse agricolo dell'intero territorio regionale, con colture di pregio come il melo e il fagiolo di Sarconi.

La cartografia, anch'essa informatizzata, oltre a costituire un notevole supporto per gli operatori agricoli dell'area, costituisce il presupposto per l'elaborazione di carte derivate, tra le quali di più immediato interesse risultano- la carta dell'irrigabilità e carte di attitudine di singole colture (fagiolo, melo).

Le tre cartografie pedologiche prodotte oltre ad aver permesso di acquisire le informazioni di base sulle caratteristiche intrinseche ed estrinseche dei suoli e sulla loro distribuzione spaziale, hanno contribuito ad accrescere e consolidare sia il livello di conoscenze dei DAS pedologi, obiettivo questo molto importante per i futuri programmi nel settore, ma anche ad aumentare la sensibilità e la cultura del suolo nella pubblica amministrazione, contribuendo così ad accrescere la consapevolezza che la conoscenza sulla natura dei suoli è importante per l'intero sviluppo socio-economico di un territorio.

I lavori svolti in questi primi anni di attività hanno trovato anche momenti di attenzione nazionale con un convegno svolto nell'autunno dell'anno scorso a Senise e Latronico.

### La situazione Lucana nel settore pedologico

Oltre alle carte dei suoli descritte e realizzate dall'Ufficio Sviluppo Agricolo in questi ultimi anni, in Regione esistono altre carte dei suoli realizzati da Enti diversi, principalmente dal CNR di Firenze, così di seguito indicate:

#### *1) Carta dei suoli dei dintorni di Scanzano (MT)*

Il lavoro svolto dal CNR è stato condotto ad una scala 1:15.000 ed ha interessato una superficie di 3.500 ettari, Il lavoro riporta la descrizione delle unità e consigli in generale sulla gestione ed utilizzazione dei suoli rilevati nell'area della bassa Val d'Agri.

#### *2) Carta dei suoli del comune di Montemurro (PZ)*

Il lavoro pubblicato dal CNR e condotto ad una scala semidet-



taglio (1:25.000) ha interessato una superficie di 5.600 ettari. Oltre alla carta dei suoli la medesima pubblicazione riporta la "Carta delle limitazioni d'uso dei Suoli" dove vengono individuate e descritte le principali limitazioni dei suoli.

3) *I suoli di un'area campione del bacino idrografico del fiume Sinni. Il territorio comunale di Carbone.*

Il lavoro condotto ad una scala di semidettaglio (1:25.000) è stato pubblicato dal CNR ed ha interessato una superficie di circa 4.600 ettari. Il lavoro descrive gli ambienti e i suoli dell'area oggetto di rilevamento nonché le classi di capacità d'uso.

Altri lavori di cartografia pedologica effettuati in Regione interessano aree molto limitate (qualche decina di ettari) e coincidono con campi o bacini sperimentali.

### **Attività futura**

L'Ufficio Sviluppo Agricolo della Regione Basilicata intende continuare nell'attività pedologica. Come si evince dal rapporto sintetico dei lavori complessivi effettuati in Regione, nonostante lo sforzo effettuato in questi ultimi anni, risulta evidente che gran parte del territorio regionale risulta ancora carente di informazioni sui suoli.

Infatti il territorio regionale risulta coperto da cartografia pedologica a diverse scale solo per circa 35.000 ettari su quasi 1.000.000 di ettari di superficie totale, questo tradotto in termini percentuale risulta essere il 3,5%, valore ben al di sotto della media nazionale che è pari al 5% come copertura totale in scala di semidettaglio.

Diviene pertanto un obiettivo imminente per la Regione Basilicata, dotarsi di una cartografia pedologica che interessa tutto il territorio regionale in scala 1:250.000, che trova copertura finanziaria nell'ambito del Programma Interregionale Agricoltura e Qualità del M.i.P.A.

Detta cartografia consente di:

- avere un inventario generale dei suoli presenti in regione;
  - fornire uno strumento di necessario supporto per la programmazione regionale nonché per il corretto recepimento delle linee di politica agricola Comunitaria;
  - individuare nell'ambito regionale delle aree di intervento prio-
-

ritario ai fini della tutela e valorizzazione produttiva.

Come attività futura rientrano negli obiettivi della politica regionale la dotazione di una cartografia di semidettaglio in scala 1:50.000, avente priorità di intervento nelle aree di pianura, ciò al fine di conoscere più in dettaglio il proprio territorio e poter programmare con l'ausilio delle carte tutti gli interventi necessari nel settore ovicolo e ambientale.

Per dare maggiore consistenza al settore pedologico si prevede di costituire all'interno dei Servizi di Sviluppo Agricolo una unità specialistica per la gestione del suolo.

## *I PROGRAMMI DELL'ARSSA NEL SETTORE PEDOLOGICO*

Mario Toteda

Agenzia Regionale Sviluppo e Servizi in Agricoltura - Viale Trieste, 93 - 87100 Cosenza

### **Premessa**

I nuovi indirizzi di politica agricola comunitaria e mondiale impongono particolare attenzione a sistemi produttivi ecosostenibili orientati verso produzioni di qualità che siano il risultato delle specifiche caratteristiche del suolo e dell' ambiente nel suo insieme.

Peraltro, la gestione razionale del territorio non può prescindere da una profonda e articolata conoscenza dei suoli presenti nel territorio stesso.

La pedologia, nel momento in cui studia la genesi, la classificazione, la cartografia dei suoli, quale scienza interdisciplinare, diventa uno strumento fondamentale ed indispensabile per interpretare e valutare le potenzialità e le limitazioni d'uso del territorio.

La corretta utilizzazione del territorio è diventata una esigenza sempre più pressante ed attuale visto che, contrariamente a quanto si pensava in passato, il suolo non è una risorsa illimitata ma è un bene notevole limitato che si distrugge facilmente, difficile da rinnovare e costoso da recuperare dal degrado provocato dall'erosione, dalla salinizzazione, dall'inquinamento, dalle azioni afferenti l'antropizzazione (cementificazione, devastazione).

Il degrado del suolo e di un territorio è una perdita non solo in termini naturalistici ed ambientalistici ma anche in termini economici per la ridotta produttività che ne deriva per le risorse finanziarie necessarie al recupero delle condizioni iniziali e, più in generale, è una perdita per l'umanità.

La risoluzione della FAO, del 1981 impegna le Nazioni sulla difesa delle risorse naturali, recita: "il suolo è uno dei beni più preziosi dell'umanità ...."

### **1) Attività pedologiche dell'ARSSA**

L'ARSSA - Agenzia Regionale per lo Sviluppo e per i Servizi in Agricoltura della Calabria - nella consapevolezza che la promozione dello sviluppo agricolo non può prescindere dall'uso corretto delle risorse naturali ed ambientali e più specificatamente della risorsa suolo, ha avviato da tempo un apposito programma di attività nel settore dell'agropedologia allo scopo di acquisire le informazioni sulle caratteristiche fisico-chimiche dei suoli, sulla loro disposizione e sulla loro attitudine.

Questo impegno nasce anche dalla convinzione che la conoscenza profonda ed articolata del suolo ne permette una più adeguata utilizzazione in termini agronomici e consente una razionale formulazione dei Piani di settore e, conseguentemente, una corretta gestione del territorio.

Dal punto di vista agronomico la conoscenza dei suoli attraverso le carte derivate, attitudinali, consente di valutare la potenzialità e le limitazioni d'uso del suolo stesso e di utilizzare le correlazioni tra suolo e bionte per esaltare la specificità della qualità delle produzioni che rappresenta l'obiettivo finale del progetto "suolo-qualità" predisposto dall'Agenzia.

Produzioni da certificare con appositi marchi facilmente riconoscibili dal consumatore, che debbono essere garanzia di origine, di un processo produttivo in definitiva di sicurezza e di qualità.

La conoscenza pedologica del territorio e la redazione dei Piani di Settore in funzione delle caratteristiche pedoclimatiche, sono, poi, uno strumento fondamentale per le scelte di politica agricola regionale, più precisamente per la formulazione dei programmi relativi al sostegno ed incentivazione delle produzioni calabresi che potranno essere elaborati in funzione delle peculiari caratteristiche dei vari comprensori e non più in base a criteri generici che hanno consentito di elargire tutto a tutti ma che hanno finito per non dare niente a nessuno e di non centrare gli obiettivi dei programmi predisposti.

La conoscenza dei suoli è importantissima, per come detto, per la Regione ma anche per gli altri Enti che operano sul territorio quali provincie, comuni, comunità montane, consorzi, associazioni professionali, as-

sociazioni dei produttori, cooperative, ecc.

L'attività pedologica consente inoltre le seguenti utilizzazioni:

- programmazione territoriale di cui ai piani urbanistici, paesaggistici, di protezione civile;
- individuazione e classificazione delle aree produttive a rischio ambientale (parchi, aree protette), delle aree di montagna delle aree Leader;
- corretta definizione dei disciplinari di produzione ai sensi del 2078/92, delle I.G.P. e delle D.O.P.;
- corretto uso della risorsa idrica;
- adeguata assistenza alla concimazione;
- corretto smaltimento dei rifiuti;
- valutazione dell'impatto ambientale;
- spandimento reflui zootecnici ed industriali, fanghi di depurazione.

L'azione dell'ARSSA, senza voler trascurare i caratteri permanenti dei fattori di genesi, è rivolta principalmente al "momento dinamico" relativo alla individuazione della qualità e caratteristiche dei suoli in funzione delle diverse utilizzazioni (modelli derivati, carte dei suoli, carte attitudinali).

## **2) Attività svolta**

L'attività pedologica dell'ARSSA in Calabria nasce, con un programma regionale, all'interno dei Servizi di Sviluppo Agricolo in seguito alla formazione di 4 divulgatori specializzati, gruppo che viene in seguito potenziato con la riqualificazione di cinque unità.

Il programma pone l'obiettivo primario dello studio dei suoli delle aree di maggiore interesse agricolo alla scala di semidettaglio, allo scopo di fornire un concreto strumento di supporto alle scelte del settore primario.

Infatti la conoscenza profonda ed articolata della risorsa suolo ne permette una più adeguata utilizzazione agronomica, consente una razionale formulazione dei piani di settore e conseguentemente una corretta gestione del territorio.

La scelta delle colture, dei portainnesti, la predisposizione dei piani di fertilizzazione, l'uso corretto della risorsa acqua, le tecniche di la-

vorazione, la difesa dall'erosione devono essere effettuate sulla base delle indicazioni che provengono dallo studio dei suoli.

I progetti finora realizzati sono quelli, sinteticamente, di seguito riportati.

#### Carta dell'uso reale del suolo dell'area "Medio Jonio Catanzarese" (1:50.000)

Il lavoro riguarda una superficie di 100.000 ha che si estende sulla fascia ionica da Botricello a Squillace, spingendosi nell'entroterra fino a comprendere parte della Sila Piccola.

Riferendosi esclusivamente al soprassuolo, rappresenta un primo livello di conoscenza del territorio, ma risulta comunque utile per orientare i diversi programmi completati nell'ambito delle attività della divulgazione agricola, e più in generale, per la pianificazione del territorio. Il lavoro è stato portato a conoscenza degli enti e delle associazioni interessate al fine di consentirne l'utilizzo nell'ambito delle rispettive competenze.

#### Studio dei suoli del Centro Sperimentale Dimostrativo di Molarotta - Camigliatello Silano (CS)

Il lavoro è stato realizzato nell'ambito della collaborazione tra l'ARSSA e l'Istituto Sperimentale per lo Studio e Difesa del Suolo di Firenze - Sezione periferica di Catanzaro Lido - e costituisce un riferimento metodologico per l'indagine di tutte le altre aziende sperimentali dell'ARSSA.

Lo studio ha riguardato 260 ettari rappresentativi della realtà geomorfologica e pedologica dell'Altopiano Silano. Sono state realizzate, oltre alla carta dei suoli, la carta di capacità d'uso e la carta del rischio attuale e potenziale di erosione.

Progetti di questo tipo consentono di orientare i programmi sperimentali in funzione della variabilità del fattore produttivo suolo, fornire elementi di conoscenza per una corretta interpretazione dei risultati della prova e facilitarne la trasferibilità sul territorio, mettere a punto dei modelli gestionali e tecniche colturali differenziati per singole tipologie pedologiche.

Carta dei suoli della Fascia Costiera Capo Vaticano - Vibo  
Vibo (1:25.000) e carte di attitudine alla coltivazione della  
cipolla rossa di Tropea (1:50.000)

Il rilevamento ha interessato parte del comprensorio di produzione della cipolla rossa di Tropea e si estenderà in seguito all'intera area.

Lo studio che ha riguardato circa 8.000 ha, si propone come strumento per ottimizzare gli interventi di assistenza alle aziende attraverso indicazioni che permettono scelte tecniche più consapevoli (destinazioni d'uso appropriate, scelta delle cultivar, predisposizione dei piani di fertilizzazione, etc.), elaborare carte tematiche derivate che mirino a valutare l'attitudine alle diverse colture o dare risposte a problematiche specifiche, dare un contributo notevole al progetto, già avviato, per la valorizzazione della cipolla rossa di Tropea e per il riconoscimento del marchio di qualità.

Progetto Cartografia Pedologica relativo alla Carta dei suoli  
della Piana di S. Eufemia e della Media Valle del Crati  
(1:50.000)

Il primo lavoro riguarda un'area di 16.500 ha interessata da agricoltura intensiva ad indirizzo ortofrutticolo ed olivicolo, il secondo riguarda 21.000 ha la cui destinazione è rappresentata da orticoltura, frutticoltura ed olivicoltura e comprende alcune pianure alluvionali interne oltre che una serie di rilievi collinari del Pliocene.

Nel complesso le due aree (Lamezia Terme e Media Valle del Crati), rilevate nell'ambito del Progetto Cartografia Pedologica promosso dal Mi.R.A.A.F. e cofinanziato dall'UE e dalla Regione Calabria, nell'ambito della Misura 4 del P.O. Obiettivo 1 del Reg. CEE 2052/88, sono rappresentative del panorama pedologico delle pianure della regione comprendendo diverse situazioni geologiche, fisiografiche ed antropiche.

La realizzazione del Progetto Cartografia pedologica è stata importantissima perché ha consentito di indagare due aree rappresentative delle zone pianeggianti della Calabria, ma ancor di più perché ha permesso all'intero gruppo dei pedologi ed alla struttura organizzativa, di acquisire un notevole bagaglio di conoscenze ed una specifica metodologia che costituiscono una esperienza trasferibile ai progetti futuri afferenti l'attività ordinaria.

### **3) La situazione calabrese**

Mentre in Europa molte nazioni possiedono una notevole percentuale di copertura pedologica con scale molto spesso di semidettaglio, in Italia la copertura pedologica è irrisoria: 5% per le carte al 25.000, 10% per quelle al 100.00, 35% per quelle al 250.000.

In Calabria oltre alla cartografia predisposta dall'ARSSA, per come riportato nel paragrafo precedente, esistono altre carte pedologiche che di seguito vengono indicate.

#### Carta di classificazione dei terreni della Calabria ai fini dell'utilizzazione irrigua - CASMEZ 1982 (1:100.000)

Il lavoro ha riguardato complessivamente 380.000 ha comprendenti tutte le aree con pendenze inferiori al 15%. Sono state effettuate 1.463 osservazioni, di cui 450 profili. Il lavoro risulta di grande utilità come base per successivi approfondimenti, ma la fruibilità diretta è limitata dalla organizzazione dei dati per comprensori, piuttosto che per unità cartografiche. Il progetto è nato con la finalità precisa della valutazione a fini irrigui e non come studio di base per ulteriori valutazioni, tra l'altro i singoli pedon non sono stati inquadrati tassonomicamente.

#### Carta dell'uso reale del suolo della Calabria (1:100.000)

Il lavoro è stato realizzato nell'ambito del progetto RAISA del CNR attraverso l'interpretazione di foto aeree IGM del 1983. La scala di riconoscimento adottata ha comportato la definizione delle principali unità di utilizzo agro-silvo-pastorali, nonché una serie di associazioni delle stesse. Altre carte d'uso del suolo sono state elaborate per i parchi regionali.

#### I suoli dei bacini idrografici del Trionto, Nicà e torrenti limitrofi (1:100.000) e carta di capacità d'uso

Il lavoro realizzato dall'Università degli Studi di Firenze e dal CNR è orientato soprattutto ad approfondimenti di carattere evolutivo. Nel

---



lavoro non è stato riportato il numero di osservazioni effettuato.

#### **I terreni della costa calabro-ionica (1:100.000)**

Il lavoro, con 30 osservazioni descritte, ha riguardato 22.000 ha ed è stato realizzato dalla CASMEZ nel 1962.

E' un lavoro di estremo interesse anche se merita ulteriori approfondimenti, ma soprattutto una completa rielaborazione delle informazioni al fine di garantirne la fruibilità.

#### **Carta dei suoli del Bacino del Lago Cecita (1:25.000)**

Il lavoro riguarda 10.000 ha, sono state effettuate 700 osservazioni; la carta dei suoli non è accompagnata da una monografia di approfondimento.

#### **Carta dei suoli dell'area a sud-ovest del Marchesato di Crotone (1:50.000)**

Il lavoro è stato realizzato nell'ambito del corso di formazione DAS pedologi ed ha riguardato una superficie di 20.000 ha circa.

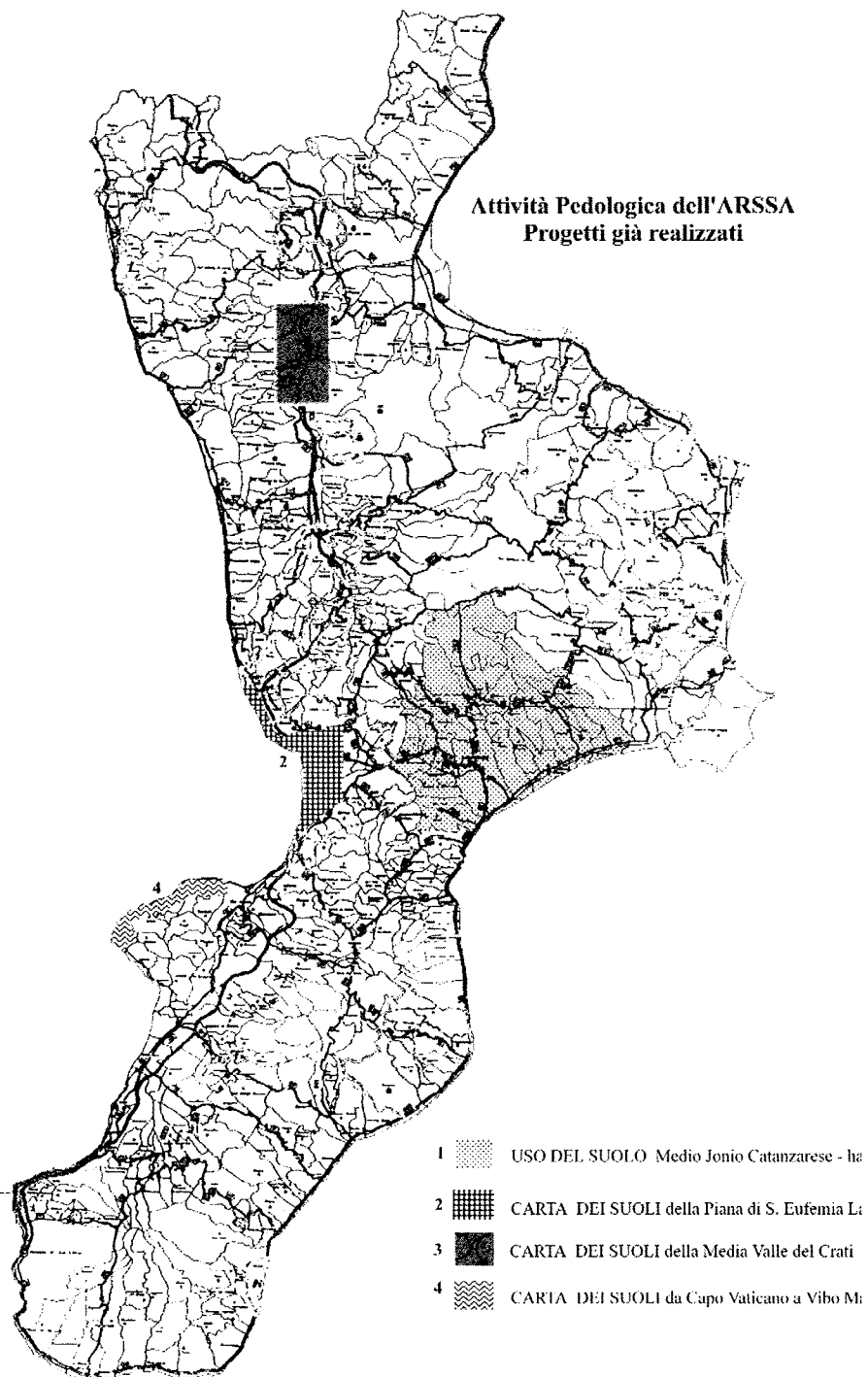
Il numero limitato di osservazioni e di analisi effettuate limita la fruibilità immediata del lavoro che rimane comunque utile per informazioni di massima e per ulteriori approfondimenti.

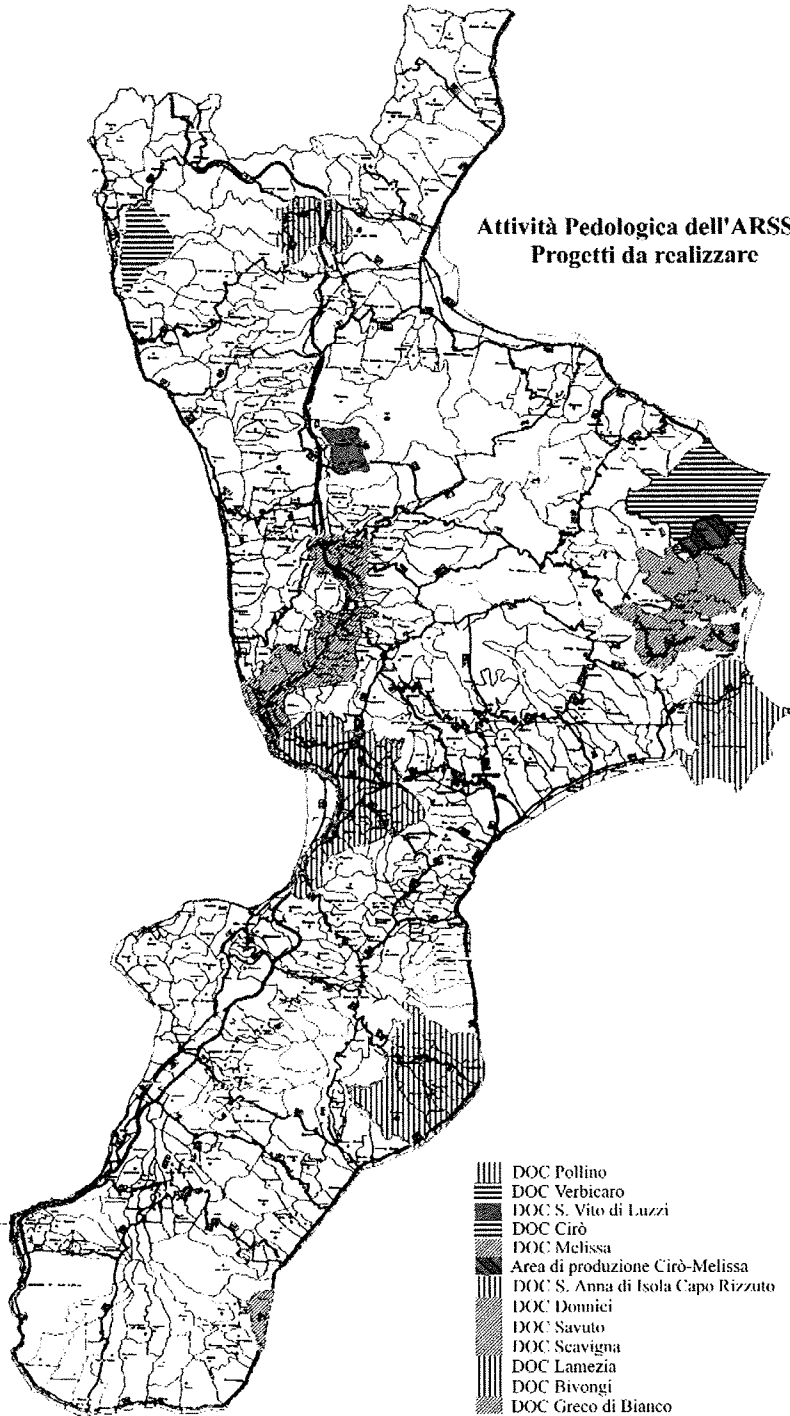
### **4) Programma di attività**

L'Agenzia ha programmato la produzione delle carte dei suoli e delle carte derivate relative ai comprensori agricoli interessati dai comparti produttivi di maggiore interesse regionale e la produzione di una carta dei suoli della Regione Calabria in scala 1:250.000.

Il Programma Triennale di attività Pedologica relativo al 1997/99 predisposto e sottoposto all'attenzione della Regione Calabria prevede, infatti, i seguenti lavori:

---





- Carta dei suoli della Regione Calabria in scala 1:250.000;
- Progetto di cooperazione Interregionale "RECITE II" afferenti i comprensori viticoli calabresi di cui il primo stralcio riguarda il rilevamento pedologico dei comprensori D.O.C. Cirò e Torre Melissa;
- Carta dei suoli dei Centri Sperimentali Dimostrativi dell'ARSSA.

#### Carta dei suoli della Regione Calabria in scala 1:250.000

In coerenza con la risoluzione FAO n. 8 del 1981, in materia di conservazione e difesa delle risorse naturali, che dà notevole rilevanza alla risorsa suolo ed in armonia con gli orientamenti di politica agricola comunitaria e con gli indirizzi della stessa U.E. relativi ad un corretto uso e conservazione del suolo, si è voluto dare priorità a questa carta che rappresenta, a mio avviso, uno strumento fondamentale per l'intera programmazione regionale in tutti i settori produttivi e di gestione del territorio.

L'iniziativa si sviluppa nell'ambito di un progetto nazionale di cartografia pedologica che trova le risorse finanziarie nel Programma "agricoltura qualità" approvato dal Comitato permanente per le Politiche Agroalimentari e Forestali a seguito della delibera CIPE 18.12.1996.

Il Progetto, nel suo complesso, avrà valenza sia regionale che nazionale e si raccorda con misure simili che si vanno realizzando anche a livello Comunitario.

Infatti, l'Ufficio Europeo del Suolo ha intenzione di creare un nuovo data base georeferenziato sui suoli in scala 1:250.000.

Un tale sistema di informazione sui suoli costituirà immediatamente una base indispensabile di conoscenze con forti ricadute nel settore agricolo, in grado di orientare la pianificazione del territorio e di rispondere alle istanze di politica agricola ed ambientale poste dalla Comunità Europea oltre che dalle politiche nazionali e regionali.

La carta pedologica verrà realizzata con procedure e metodiche standardizzate allo scopo di acquisire conoscenze utilizzabili a livello inter-regionale ed europeo.

### Progetto di cooperazione interregionale "Recite II"

Gli stati membri e le diverse realtà regionali dell'Europa dovranno fare i conti con fenomeni dinamici ed interagenti quali la mondializzazione e la dematerializzazione dell'economia, i rapidi e nuovi processi di informazione, il degrado ambientale e la disoccupazione resa ancora più drammatica dalla constatazione che anche lo sviluppo non sempre crea occupazione.

C'è la consapevolezza, inoltre, che tali problematiche vanno affrontate con progetti che valorizzino al massimo le risorse endogene e che nascano dalla concertazione di tutte le forze presenti sul territorio e che concentrino strategicamente le risorse su obiettivi prioritari predeterminati in programmi di medio e lungo periodo.

Fra gli obiettivi della Cooperazione interregionale c'è quello di ricercare modelli organizzativi e gestionali che diano risposte in funzione delle caratteristiche ambientali e che nascano dal confronto delle esperienze maturate nelle diverse realtà e dallo scambio dei *know-how* acquisiti e sia, poi, trasferibili ad altri comprensori.

Nell'ambito della azione relativa alla "salvaguardia e miglioramento dell'ambiente in una prospettiva di sviluppo durevole" è stato predisposto il progetto "*Implementazione di un sistema informativo pedagogico al livello locale, come base per la gestione sostenibile del territorio*".

Il progetto prevede:

1) Allestimento di un comune sistema informativo pedagogico, tradotto nelle tre lingue dei paesi membri partecipanti;

2) Implementazione di rilevamenti del suolo, preesistenti o realizzati *ad hoc*, alla scala di 1:50.000 secondo standard dell'Ufficio Europeo del Suolo;

3) Creazione di strumenti di lavoro amichevoli, a supporto per le decisioni nelle Regioni interessate.

La creazione, in definitiva, di un Data Base con i contenuti e le informazioni di cui sopra al fine di poter avere in qualsiasi momento un supporto chiaro e facilmente utilizzabile nelle decisioni per l'attuazione di programmi o di iniziative afferenti la gestione e la utilizzazione del territorio.

L'iniziativa prevede il coinvolgimento di tre Paesi dell'UE (Germania, Italia, Svezia).

Per la Germania sono coinvolte le Regioni Sassonia e Pomerania i cui partners interessati sono l'Istituto Federale Tedesco di Geoscienze e Servizio Pedologico della Bassa Sassonia, per l'Italia sono coinvolte le Regioni Lombardia, Calabria e Sicilia i cui partners sono rispettivamente ERSAL, ARSSA e Assessorato Regionale Agricoltura e Foreste, per la Svezia è coinvolta la Regione Norrbotten il cui partner è il Dipartimento del Suolo.

Il progetto avrà inizio nel 1998 e avrà durata biennale: saranno caratterizzate le aree di produzione dei vini D.O.C. Cirò, Torre Melissa, Donnici, Pollino, Greco di Bianco.

Tale scelta è giustificata dall'importanza che il comparto vitivinicolo ha nello scenario agricolo calabrese ma anche perché in tale comparto le relazioni esistenti tra ambiente fisico e caratteristiche qualitative dei prodotti (uva, vino) costituiscono un dato acquisito e riconosciuto dal consumatore.

La elaborazione delle carte dei suoli e di quelle attitudinali consentirà, inoltre, nell'ambito delle D.O.C., I.G.P. e D.O.P. di individuare una zonizzazione in funzione delle caratteristiche attitudinali dei terreni, propeudeica alla diversificazione qualitativa e di pervenire, inoltre, alla messa a punto di disciplinari di produzione particolareggiati ancorati alla specificità dei suoli capaci di garantire, concretamente, la qualità delle produzioni.

La decisione di iniziare dal settore vitivinicolo nasce anche da valutazioni di ordine pratico considerato che le aree sono ben individuate e limitate rispetto, ad esempio, al comparto olivicolo.

I risultati verranno divulgati con uno stand e un convegno presso l'Esposizione Universale 2000 (Expo 2000) che si svolgerà ad Hannover (Germania).

Il finanziamento previsto ammonta a 573.510 ECU, di cui il 25% a carico dell'ARSSA che vi potrà far fronte con gli oneri del personale impegnato nella realizzazione del progetto.

Nel prossimo triennio sarà preso in considerazione il settore agrumicolo e successivamente quello olivicolo con priorità per le aree D.O.C.

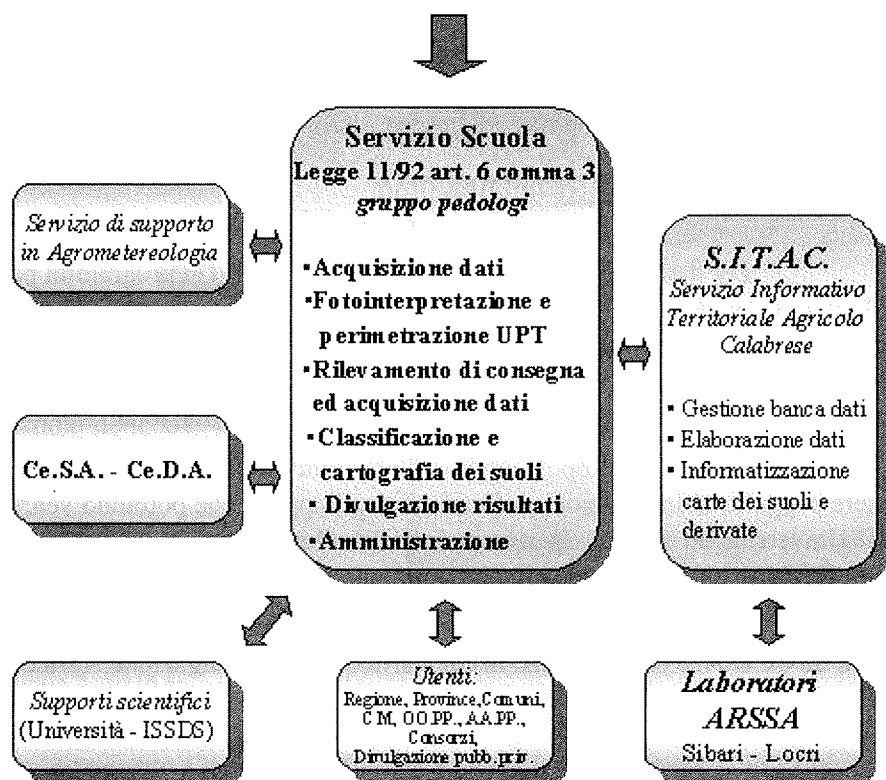
## Schema delle strutture dell'ARSSA

**REGIONE CALABRIA**

Indicazione degli obiettivi in funzione della programmazione regionale

**ARSSA****Settore Promozione e Sviluppo**

Formulazione dei programmi ed elaborazione dei progetti



### Carte dei suoli dei Centri Sperimentali Dimostrativi dell'ARSSA

Sulla scorta delle esperienze acquisite e con i criteri utilizzati per lo studio dei suoli del C.S.D. di Molarotta, saranno realizzate le carte dei suoli degli altri 8 C.S.D. gestiti dall'Agenzia.

Le carte dei suoli e quelle attitudinali consentiranno, per come detto, di orientare i programmi sperimentali in funzione della variabilità del fattore produttivo suolo, fornire elementi di conoscenza per una corretta interpretazione dei risultati della prova e di mettere a punto dei modelli gestionali e tecniche colturali differenziate per singole tipologie pedologiche.

Ha inoltre una valenza culturale-didattica e dimostrativa sulla importanza del supporto delle carte pedologiche, sulla loro utilizzazione ed applicazione, e sulle ricadute in termini di riduzione di costi e del miglioramento della qualità della produzione che ne discendono. Sarebbe oltremodo difficile convincere gli imprenditori sulla bontà di questo strumento se l'ARSSA non utilizzasse nemmeno nelle proprie aziende.

### **5) Servizio Regionale Suolo**

Per dare prospettiva e continuità all'attività ed ai programmi pedologici, è necessario organizzare all'interno dell'Agenzia un apposito Servizio Regionale Suolo che utilizzi le strutture operative esistenti, che vanno meglio organizzate e rese più efficienti nell'ambito del processo di riorganizzazione dell'ARSSA in funzione dei suoi compiti istituzionali.

Lo schema proposto individua le strutture dell'ARSSA, ma può essere soggetto di integrazioni in funzione degli apporti che potranno venire dall'Università od Istituti Sperimentali, dalle Organizzazioni di categoria della Regione e dalle partnership che potranno attivarsi.

Un contributo notevole per la gestione del servizio dovrà venire dai 22 Ce.D.A. e dai 9 Ce.S.A. in cui è articolata la Divulgazione Agricola sull'intero territorio regionale.



## *INFORMAZIONE PEDOLOGICA NELLA REGIONE MOLISE*

Tito Reale, Alfredo Cocchiarella

Regione Molise, Assessorato Agricoltura e Foreste - Settore Assistenza Tecnica  
Via Nazario Sauro, 1 - 86100 Campobasso

In questa breve relazione gli autori intendono descrivere la situazione dell'informazione pedologica nella Regione Molise prendendo in considerazione la situazione esistente nel 1993, quella realizzata dai Divulgatori Agricoli Specializzati in Pedologia e Conservazione del Suolo nel periodo 1994-96 e l'attività progettata, sempre dai Divulgatori Pedologi, fino al 1999.

### **Attività realizzata fino al 1993**

Fino al 1993 nella Regione Molise erano stati realizzati due importanti progetti di pedologia; il primo (1990) era inserito nell'ambito dello Studio delle aree a pascolo della Regione Molise (Progetto PIM), il secondo (1992) era il "Piano di utilizzazione e difesa del suolo della Regione Molise" (L. 64).

Per il progetto delle aree a pascolo, che ha interessato una superficie di circa 50.000 ettari, sono stati realizzati n. 80 profili pedologici e 670 osservazioni; la classificazione dei suoli è stata effettuata in base alla *Soil Taxonomy* ed. 1990 ed è stata realizzata una cartografia pedologica in scala 1:50.000.

Per il progetto "Piano di utilizzazione e difesa del suolo", che ha interessato l'intera superficie Regionale corrispondente a 443.774 ettari, sono stati realizzati n. 280 profili pedologici e 230 osservazioni e la classificazione dei suoli è stata effettuata in base alla *Soil Taxonomy* ed. 1990.

### **Attività realizzata nel periodo 1994-1996**

In seguito all'assunzione dei Divulgatori Pedologi delle Regioni Meridionali è stata possibile, grazie ad un'azione sinergica svolta dal Ministero per le Politiche Agricole (MiPA), l'Istituto Nazionale di Economia Agraria (INEA) e l'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo (ISSDS), la realizzazione, nell'ambito delle diverse regioni, di progetti di cartografia pedologica aventi come fine la diffusione della "cultura pedologica" in Italia.

Nella Regione Molise, i divulgatori specializzati in pedologia, dott. Reale Tito e dott. Cocchiarella Alfredo, una volta assunti nell'Ente Regionale per lo Sviluppo Agricolo del Molise (1994), nel periodo 1994-1996, hanno realizzato la "Carta pedologica in scala di semidettaglio dei comuni di Campomarino e di Portocannone" nell'ambito del Programma Operativo "Sviluppo della Divulgazione agricola e delle attività connesse"-Reg. CEE 2052/88 - Ob. 1.

Per tale progetto, che ha interessato una superficie di circa 9.000 ettari, sono stati realizzati n. 40 profili pedologici e 200 osservazioni; la classificazione dei suoli è stata effettuata in base alla *Soil Taxonomy* ed. 1992, ed è stata redatta una carta pedologica in scala 1:50.000.

Nel periodo 1994-1996, inoltre, i divulgatori pedologi hanno effettuato altre 200 osservazioni pedologiche sul territorio regionale.

Complessivamente, a fine 1996, il numero di osservazioni pedologiche georeferenziate della Regione Molise sono circa 1.500 di cui 400 profili.

### **Attività nel periodo 1997-1999**

Nell'ambito del POP Molise, Misura 4.3.1, l'ERSAM (Ente Regionale di Sviluppo Agricolo per il Molise) ha istituito il "Laboratorio Cartografico-Pedologico". Si tratta di una struttura che si interessa dell'interpretazione delle cartografie di base e tematiche esistenti a livello regionale e realizza, su base pedologica, nuove cartografie tematiche di interesse agricolo.

Le azioni previste per il Laboratorio Cartografico-Pedologico nel triennio 1997-1999 sono, oltre alla riorganizzazione delle informazioni pedologiche presenti in Regione, quelle riportate qui di seguito.

---

- La “Carta Tessiturale in scala 1:50.000 delle aree irrigue del Molise” è uno strumento utile per gestire bene la risorsa acqua e per evitare inutili sprechi ed ottenere i migliori risultati colturali.

I comprensori irrigui del Molise sono rappresentati dalle aree del basso Molise e da quelle della piana di Venafro. Si tratta di aree ove la presenza dell'irrigazione ha permesso lo sviluppo di una agricoltura di tipo intensivo con colture frutticole, viticole, orticole ed industriali.

In queste aree per evitare inutili sprechi è fondamentale avere oltre alle conoscenze climatiche e colturali, anche conoscenze pedologiche. Il suolo, infatti, è un accumulatore di acqua nei periodi in cui l'afflusso meteorico supera il consumo idrico per evapotraspirazione, serbatoio da cui attingere nei periodi di carenza idrica meteorica e da ripristinare con l'irrigazione quando la riserva idrica utile del suolo scende al di sotto di livelli minimi.

Solo con una conoscenza delle caratteristiche pedologiche è possibile stabilire la riserva idrica utile del suolo e quindi prevedere la quantità ed il momento migliore per gli interventi irrigui. E' quindi importante conoscere le caratteristiche fisiche del suolo ed in particolare la capacità di trattenere acqua utile per le coltivazioni e la capacità di eliminare gli eccessi in tempi brevi.

Bisogna quindi conoscere almeno la tessitura e la struttura degli strati di terreno superficiali (0-50 cm) che sono quelli interessati da gran parte dell'apparato radicale delle piante coltivate; è proprio in tale strato di terreno che avvengono gli scambi di acqua e sostanza nutritiva tra il suolo e la pianta.

In alcuni casi, inoltre, sarà conveniente stabilire la porosità, la velocità di infiltrazione dell'acqua e le curve di ritenzione idrica.

Con la Carta Tessiturale si intende dare un fondamentale supporto a tutti i tecnici agricoli che operano nell'assistenza alle pratiche irrigue ed in particolare ai Divulgatori Agricoli Specializzati in Agrometeorologia che già dal 1996, sulla base delle elaborazioni dei dati climatici provenienti dalle capannine meteorologiche, hanno avviato un'attività di assistenza e divulgazione all'irrigazione.

- Il progetto “Carta di orientamento alla coltivazione dei principali cereali” coltivati in Regione è uno studio che, sulla base di cartografie pedologiche esistenti e di rilievi pedologici da effettuare ed in base alle esigenze delle colture, permetterà di classificare il territorio molisano in base al rendimento quali-quantitativo ottenibile a parità di input energetico. In base

alla carta dell'orientamento alla cerealicoltura ed a ulteriori rilievi pedologici, si realizzerà, successivamente, la Carta dell'attitudine dei suoli alla cerealicoltura in scala 1:50.000.

- Con il progetto "Carte tematiche relative al territorio dei comuni di Campomarino e di Portocannone" si intende realizzare cartografie tematiche attitudinali quali la Capacità d'Uso dei Suoli e l'Attitudine alla Viticoltura.

Ulteriore obiettivo è quello di approfondire lo studio pedologico avviato col progetto "Carta pedologica in scala di semidettaglio dei comuni di Campomarino e di Portocannone" realizzato dai divulgatori pedologi dell'ERSAM nel periodo 1995-96 nell'ambito delle attività previste con il Reg. CEE 2052 Ob. 1; il fine è quello di creare un'area "pilota" nella quale realizzare, negli anni, cartografie pedologiche con un dettaglio sempre maggiore e verificare, in tal modo, la rispondenza delle informazioni sui suoli alle diverse scale con i consigli agronomici che è possibile trasferire agli imprenditori agricoli; successivo passo sarà quello di verificare, in termini agronomici, la qualità delle informazioni trasferite.

La "Carta della Capacità d'Uso dei Suoli" individua le aree nelle quali sono presenti limitazioni, più o meno consistenti, all'uso agro silvo-pastorale. Con tale cartografia sarà possibile identificare i suoli migliori dal punto di vista agronomico, quelli che possono essere utilizzati senza compromettere la risorsa suolo e quelli a maggior rischio nei quali è indispensabile, per evitare degrado, attuare esclusivamente le pratiche agricole ammesse.

Con la "Carta della Attitudine alla Viticoltura" i Servizi di Sviluppo Agricolo della Regione cercheranno di favorire la coltura della vite nei terreni molto adatti ed in quelli adatti; nei terreni poco adatti e maggiormente in quelli non adatti, si cercherà di indirizzare gli operatori agricoli verso colture più idonee.

- Con il progetto "Caratterizzazione pedologica di dettaglio delle singole parcelle sperimentali previste dalle attività dei singoli comparti ERSAM" (es. comparto vitivinicolo, frutticolo, colture minori, orticolo ecc.) sarà possibile confrontare, con maggiore attendibilità, i dati quantitativi e qualitativi ottenuti dalle diverse specie e varietà sperimentate in quanto si riduce l'influenza della variabile suolo sui risultati delle prove. Inoltre i risultati produttivi di ogni specie e varietà saranno correlati anche con il fattore suolo e non solo ad altri parametri ambientali ed agronomici, per cui si potrà prevedere che in altre zone con caratteristiche pedo-ambientali simili, utilizzando le stesse pratiche agronomiche, si otterranno gli stessi risultati colturali.

### **Attività futura**

Ci si auspica che in futuro venga attivato un Servizio dei Suoli a livello regionale; tale Servizio dovrà essere il punto di riferimento per tutte le attività relative alla gestione e conservazione dei suoli della Regione garantendo il controllo di qualità dei dati pedologici, l'acquisizione e l'archiviazione degli stessi in opportune banche dati, l'interpretazione applicativa delle cartografie pedologiche ed infine la divulgazione dei dati acquisiti ed interpretati.

Qui di seguito si riporta una ipotesi di organizzazione del Servizio Regionale dei Suoli della Regione Molise ipotizzando una dotazione di personale corrispondente a n. 5 unità.

Lo schema che si propone prevede un Servizio Regionale dei Suoli composto da n. 1 Capo Servizio (livello dirigenziale), n. 2 Capi Ufficio (livello funzionario) e n. 2 tecnici (livello esecutivo).

Il Capo Servizio, oltre ad una attività di coordinamento generale, cura tutti i rapporti relativi alla "Politica del Servizio" ovvero gli indirizzi da seguire e le scelte da attuare e le priorità da rispettare per l'attività del Servizio stesso. Ha quindi stretti rapporti con l'Assessorato all'Agricoltura, con l'ERSAM, con gli Enti di Ricerca, con altre Regioni, con Osservatorio Pedologico, con l'Ufficio Europeo del Suolo ecc..

Il Servizio Regionale dei Suoli comprende n. 2 uffici: Ufficio Cartografia e Sistema Informativo dei Suoli ed Ufficio interpretazione e divulgazione pedologica.

L'Ufficio Cartografia e Sistema informativo è costituito da n. 2 persone: un Capo Ufficio e un tecnico diplomato; ha come compiti il rilevamento e la manutenzione delle cartografie dei suoli della Regione Molise alle diverse scale; la realizzazione e la manutenzione delle carte tematiche alle diverse scale; la creazione e la manutenzione del Sistema Informativo dei Suoli.

L'Ufficio Interpretazione e Divulgazione Pedologica è costituito da n. 2 persone: un Capo Ufficio e un tecnico diplomato; ha come compito prioritario quello di interpretare e divulgare le informazioni contenute nelle cartografie pedologiche e di quelle derivate agli operatori dei Servizi di Sviluppo Agricolo della Regione Molise.

I due uffici, che lavorano a stretto contatto, realizzano periodicamente report relativi alle attività di pedologia svolte e organizzano convegni e/o incontri tecnici al fine di far conoscere l'importanza del suolo, la necessità della sua conservazione e l'utilità del suo uso razionale.



## *LA PEDOLOGIA NELLA REGIONE PUGLIA*

Francesco Bellino

Regione Puglia, Assessorato Alimentazione, Agricoltura, Foreste, Caccia e Pesca  
Settore Agricoltura - Ufficio Sviluppo Agricolo  
Lungomare N. Sauro, 47 - 70121 Bari

### **Organizzazione e attività del servizio di pedologia nella Regione Puglia**

Attualmente il servizio di pedologia è svolto dall'Ufficio di Sviluppo Agricolo, Settore Agricoltura, Assessorato all'Agricoltura, alimentazione, caccia e pesca.

Se ne occupa un Divulgatore specializzato in Pedologia e Conservazione del Suolo; si prevede di aumentare di sette unità con i corsi di riorientamento, di cui due unità presso l'Assessorato e una per ogni Ispettorato Provinciale.

L'Ufficio è attrezzato con le più moderne attrezzature per la gestione, l'elaborazione e la realizzazione di cartografia pedologica, dei dati e dell'attività divulgativa, della cartografica tradizionale, della fotointerpretazione remote sensing e per il rilevamento pedologico in campo.

Attività svolte dal servizio o in via di svolgimento:

- Realizzazione di una carta pedologica dimostrativa in scala 1:25.000 di circa 5.000 ha nei comuni di Gioia del Colle e Sammichele di Bari. Il lavoro è stato svolto in collaborazione con l'I.S.S.D.S. nell'ambito del progetto U.O.T. finanziato dal Mi.P.A.
- Divulgazione dei dati che si stanno ottenendo con il lavoro sopra indicato.
- Realizzazione di seminari e convegni per la divulgazione della pedologia, sia ai colleghi divulgatori sia ad altri tecnici che operano sul territorio.

- Assistenza ai colleghi divulgatori che realizzano campi dimostrativi e progetti finalizzati sulle tematiche pedologiche e di fertilizzazione (rilievi pedologici, classificazione dei suoli, prelievi di campioni da analizzare, piani di concimazione).

- Affidamento del Progetto ACLA 2 all'Istituto Agronomico Mediterraneo e suo controllo.

- Collaborazione con le altre Regioni meridionali per la realizzazione del manuale di rilevamento.

- Avvio della realizzazione della carta pedologica 1:250.000 sull'intera Regione, nell'ambito del progetto comunitario per le aree campione, in collaborazione con le altre Regioni meridionali e con l'Ufficio Europeo per il Suolo.

- Seminari agli agricoltori sulle tecniche di fertilizzazione e sulle corrette tecniche di miglioramento dei suoli.

- Collaborazione con gli Istituti di Ricerca in materia di pedologia e fertilizzazione.

Le attività cartografiche si svolgono in accordo con l'Ufficio Cartografico della Regione.

E' in programma la definizione di rapporti di collaborazione con gli altri uffici preposti alla salvaguardia del territorio e dell'ambiente (Assessorato all'Ambiente, autorità di bacino, consorzi di bonifica ecc.).

A tal fine saranno organizzati corsi di specializzazione e di ri-orientamento di alcuni divulgatori, che il Mi.P.A. sta progettando in collaborazione con il Formez.

Il progetto A.C.L.A 2 consiste nella realizzazione di una carta pedologica dell'intera superficie regionale in scala 1:100.000 utilizzando: le carte pedologiche realizzate in passato con scala 1:50.000, nuovi rilevamenti e fotointerpretazione e *remote sensing*, inoltre sarà prodotta una carta di valutazione del territorio.

Le principali problematiche pedologiche della Regione Puglia:

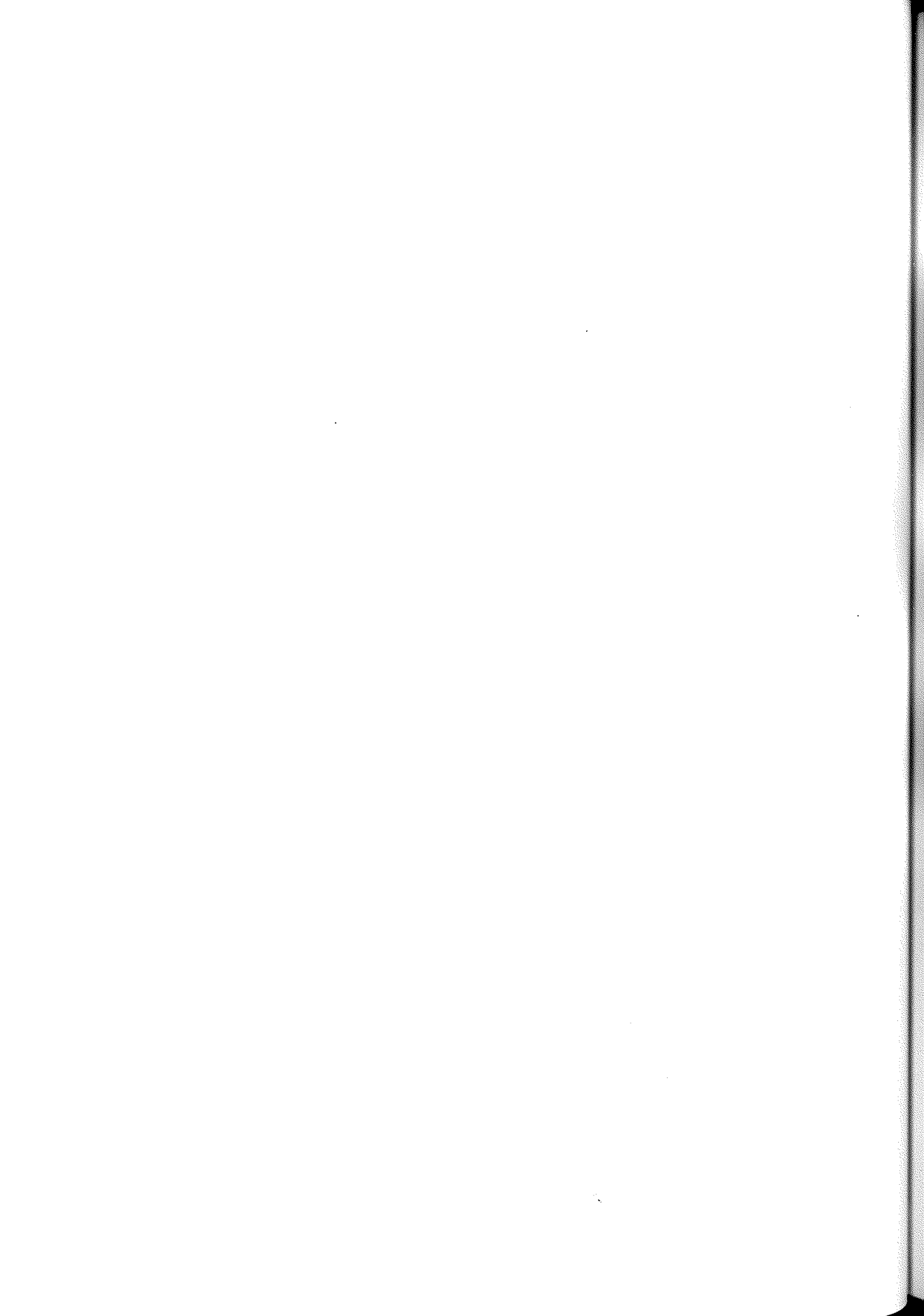
- 1) Salinizzazione e sodicizzazione dei suoli costieri, dovuto ad un eccessivo sfruttamento della falda.

- 2) Esecuzione di scassi profondi e spostamento di suoli senza nessuna cognizione tecnica, pedologica ed ambientale, creando veri disastri, molte volte irreversibili.



3) Inquinamento dei suoli con metalli pesanti e tensioattivi, dovuto all'utilizzo di fanghi di depurazione civili ed industriali per ammendare e concimare i suoli.

4) Eccessivo sfruttamento dei suoli (stanchezza) dovuto ad un'errata concimazione e non ottimale rotazione delle colture, con conseguenti fenomeni di sviluppo di malattie (nematodi funghi) e di impoverimento e squilibrio dei nutrienti.



# *L'ATTIVITÀ DELL'UNITÀ OPERATIVA PEDOLOGICA DELL'ASSESSORATO REGIONALE AGRICOLTURA E FORESTE*

Antonino Paladino

Regione Sicilia, Assessorato Regionale Agricoltura e Foreste

Unità Operativa Pedologica dei Servizi allo Sviluppo

Viale della Regione Siciliana, 2675 - 90145 Palermo

## **Struttura dei Servizi allo Sviluppo**

In Sicilia, così come previsto dalla Legge n. 73 del 1977, le attività di Assistenza Tecnica e la Divulgazione Agricola sono attuate dall'Assessorato Regionale Agricoltura e Foreste attraverso un apposito Gruppo di Lavoro denominato "Servizi allo Sviluppo".

L'intero territorio regionale è suddiviso in aree di competenza di 88 uffici periferici di cui n.56 denominati Sezioni Operative Assistenza Tecnica (SOAT) e n. 32 Sezioni Operative Periferiche Assistenza Tecnica (SOPAT). Il Gruppo di Lavoro "Servizi allo Sviluppo", con sede a Palermo, attua il coordinamento dei programmi di tutti i suddetti uffici periferici ed il coordinamento operativo delle attività delle sole SOAT. Il coordinamento operativo delle attività delle SOPAT è invece demandato all'Ente di Sviluppo Agricolo.

Nell'insieme degli uffici periferici operano circa 800 tecnici. Nell'ambito del Gruppo di coordinamento "Servizi allo Sviluppo", oltre ai coordinatori regionali di comparto, operano diverse Unità Operative specializzate in vari settori. L'Unità Operativa Pedologica, costituita da 5 divulgatori pedologi, progetta e coordina attività inerenti la Cartografia, la Pedologia e la Conservazione dei Suoli. Tali attività, vengono attuate in piena collaborazione con gli uffici periferici e formalizzate in Programmi Annuali di attività.

Il totale del personale impiegato per la conoscenza delle caratteristiche e la gestione dei suoli è di 7 Divulgatori Pedologi Specializzati e 3 Divulgatori Polivalenti Riqualificati.

## **Le attività dell'Unità Operativa Pedologica dei Servizi allo Sviluppo**

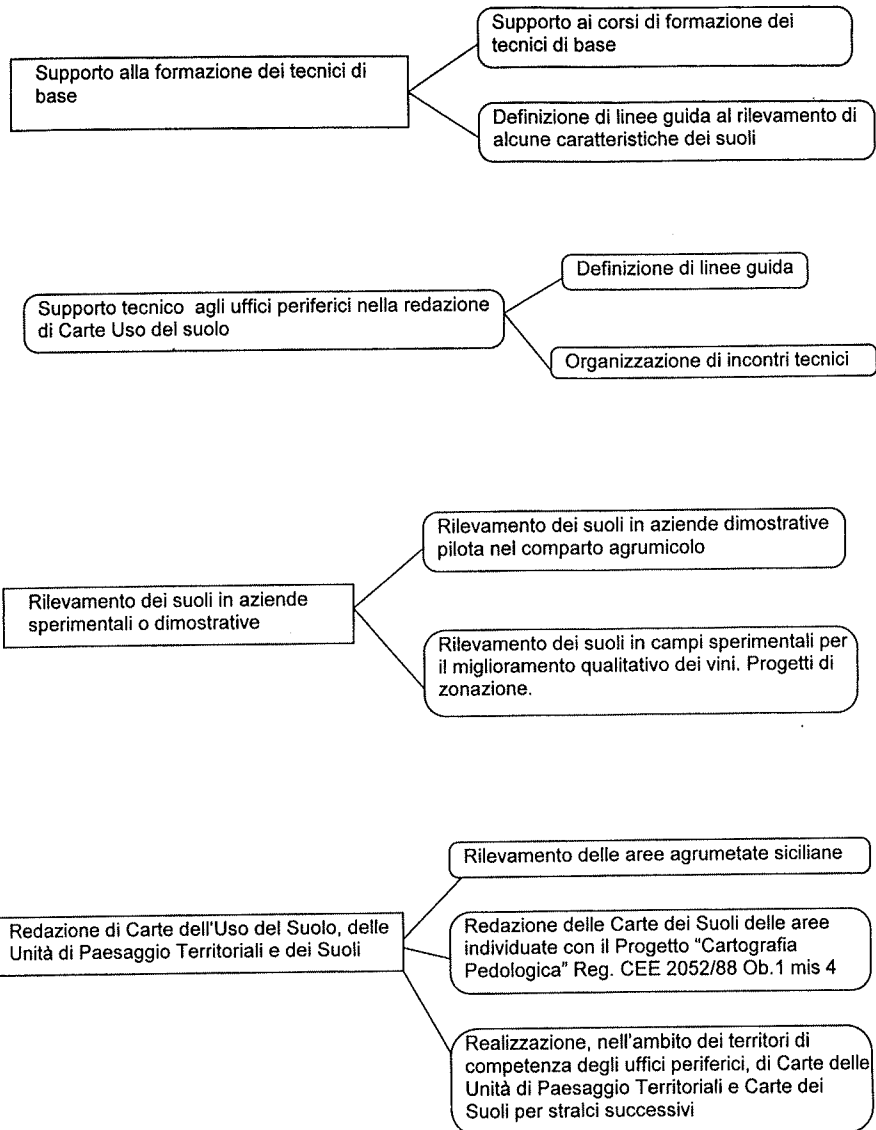
L'Unità Operativa Pedologica porta avanti numerose attività. Alcune coinvolgono orizzontalmente tutti gli uffici periferici, altre riguardano parte o l'intero territorio di competenza di specifiche Sezioni Operative.

L'intera area di lavoro può essere riassunta nel seguente elenco di attività:

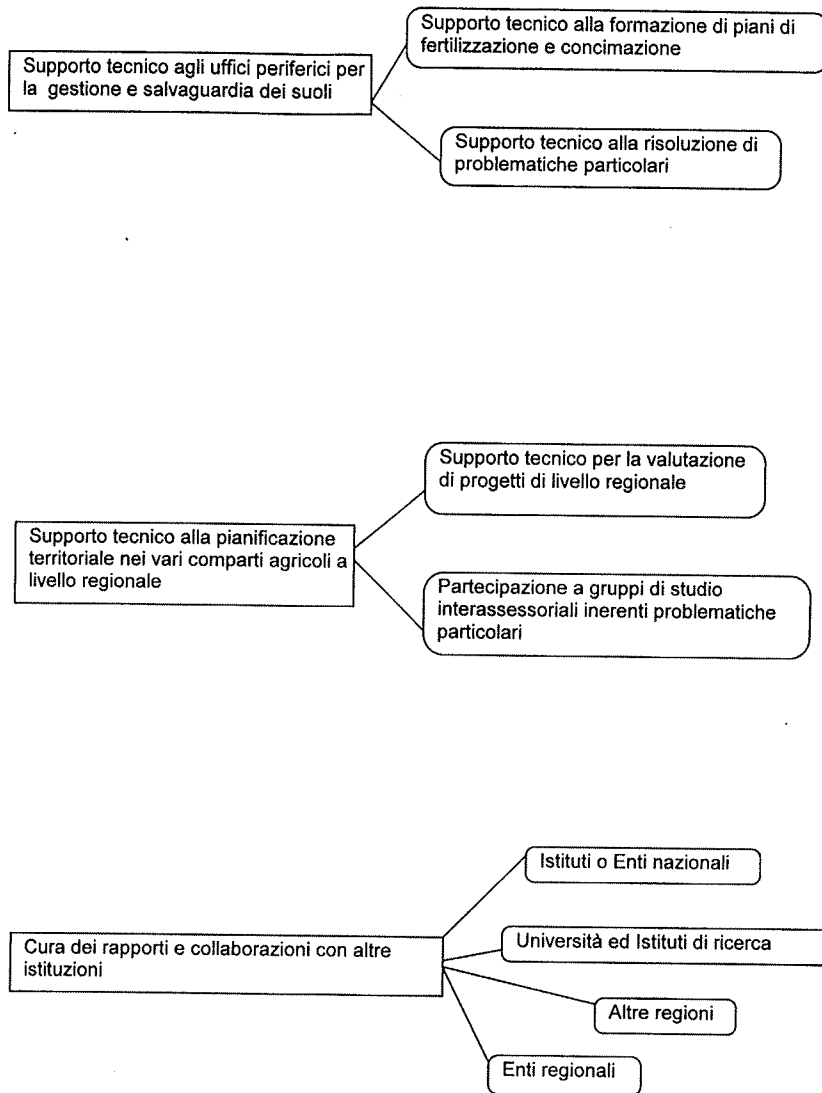
1. Supporto alla formazione dei tecnici di base che operano negli uffici periferici
2. Supporto tecnico agli uffici periferici nella redazione di Carte Uso del Suolo
3. Rilevamento dei suoli in aziende sperimentali o dimostrative
4. Redazione di Carte dell'Uso del Suolo, delle Unità di Paesaggio Territoriali e dei Suoli
5. Supporto tecnico agli uffici periferici per la gestione e salvaguardia dei suoli
6. Supporto tecnico alla pianificazione territoriale nei vari comparti agricoli a livello regionale
7. Collaborazione con l'Unità Operativa Agrometeorologica
8. Collaborazione con i coordinatori regionali di comparto
9. Cura dei rapporti e collaborazioni con altre istituzioni
10. Gestione di un Sistema Informativo Territoriale

Le attività future si prevede continuo secondo lo schema definito dal precedente elenco nell'ottica del pieno coinvolgimento di tutte le risorse tecniche disponibili e dell'impiego efficace delle disponibilità economiche, al fine di aumentare e divulgare adeguatamente le conoscenze pedologiche del territorio siciliano. L'insieme dei dati e delle conoscenze acquisite ed acquisibili rende auspicabile l'istituzione di uno specifico Servizio Regionale del Suolo.

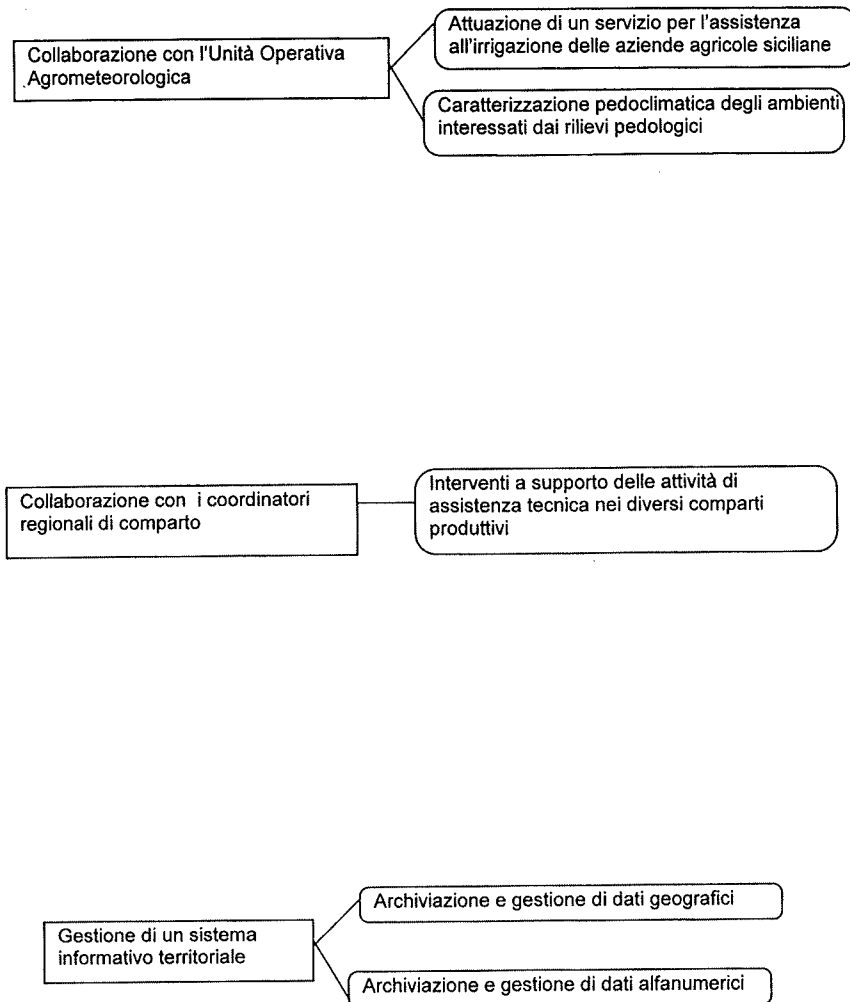
## Attività dell'Unità Operativa Pedologica dei Servizi allo Sviluppo - I



## Attività dell'Unità Operativa Pedologica dei Servizi allo Sviluppo - II



### Attività dell'Unità Operativa Pedologica dei Servizi allo Sviluppo - III





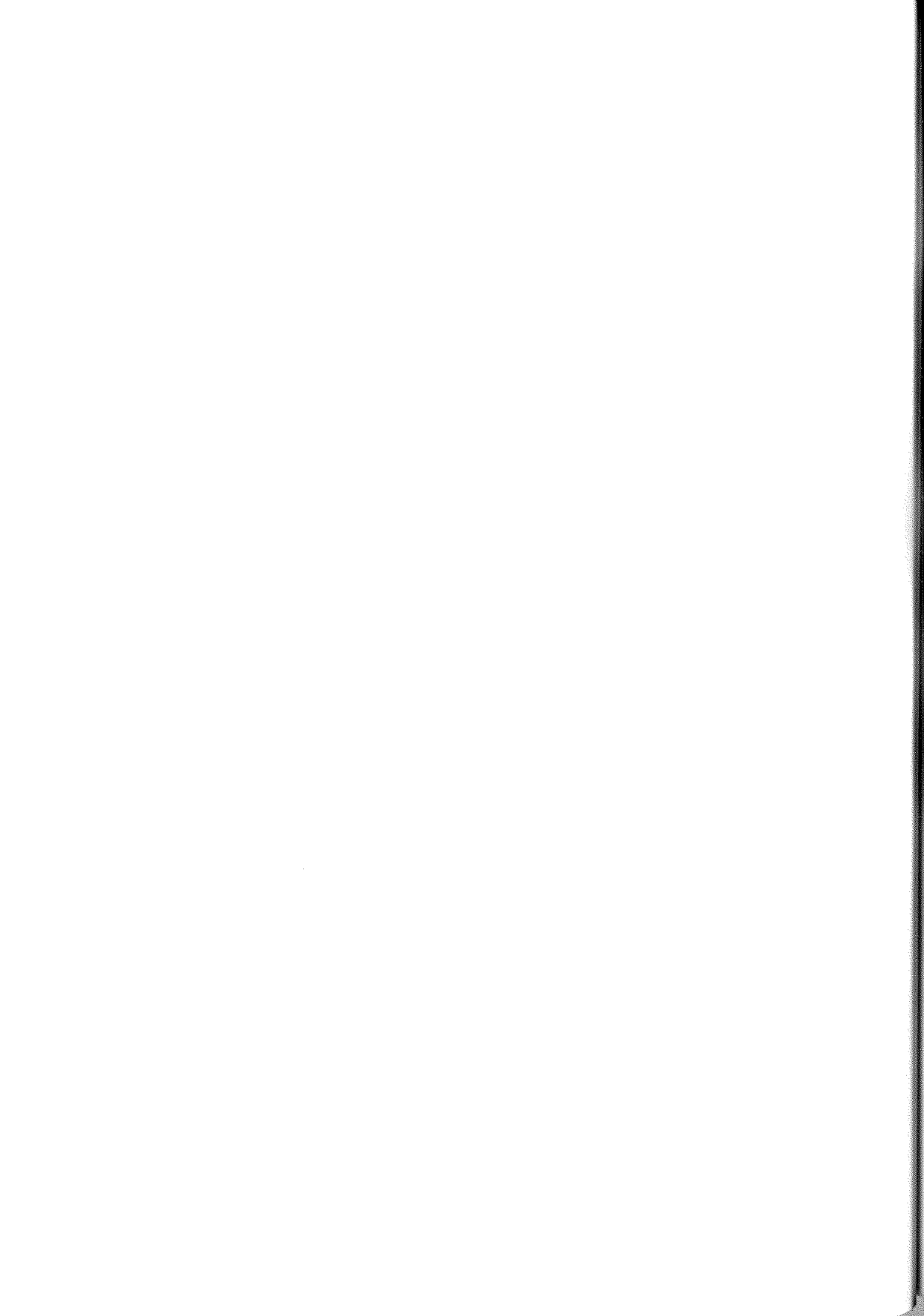




*Sessione:*

**"Basi scientifiche per la conoscenza e lo  
sviluppo del territorio"**

---



## *RICERCA NEL SETTORE DELLA SENSIBILITÀ DELLE AREE*

Patrizia Scandella

Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante  
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma

### **Premessa**

Quando si effettuano pianificazioni del territorio agricolo, progetti irrigui e piani di concimazione, si curano in particolare gli aspetti produttivi e quindi economici, e raramente vengono valutati gli effetti sul suolo inteso come corpo vivente e come risorsa limitata e quindi non inesauribile.

Il concetto che il suolo sia un'entità vivente con una sua genesi, che sia caratterizzato da una propria evoluzione e possa degradarsi ed esaurirsi è presente agli studiosi che si occupano di suolo, mentre nella pratica comune stenta ancora a farsi largo.

Fin dall'antichità sia i popoli del bacino del Mediterraneo che quelli delle Americhe e dell'Oriente consideravano il suolo sacro, inizio e fine di ogni forma vivente. Tale concezione di sacralità, non dissociata da quella delle acque e degli altri elementi naturali, si ritrova in Occidente in espressioni religiose, letterarie, artistiche e nelle stesse modalità di conduzione dell'agricoltura, fino al periodo della rivoluzione industriale, nel quale il rapporto uomo-natura è profondamente mutato. Si assiste infatti non più ad un "uso" delle risorse mirato alla loro conservazione per il domani, ma ad uno sfruttamento intenso, sia pure motivato dalla necessità di produrre maggiori derrate alimentari e quindi migliorare la qualità della vita.

La rinnovata sensibilità ambientale, nata in Italia intorno agli anni '70, deve ormai guidare anche in campo normativo le azioni e le scelte politico-economiche in materia di gestione delle risorse suolo ed acqua, beni primari per la vita di tutta la biosfera.

Per sensibilità di un suolo si intende la sua capacità di reazione nei confronti di sollecitazioni esterne, siano esse naturali che antropiche, e la capacità di sopportare tali interventi senza alterare il proprio "stato di salute". Quando la soglia di sensibilità tipica di ogni suolo e funzione dell'agente sensibilizzante viene varcata, allora il suolo diviene vulnerato, ferito nei suoi meccanismi di azione.

Non tutti i suoli hanno lo stesso grado di sensibilità, ma esistono aree più sensibili di altre, zone nelle quali i delicati equilibri naturali vengono alterati più facilmente o con processi rapidi, che provocano danni spesso irreversibili sia per i suoli stessi che per il restante ambiente (forte decremento produttivo, inquinamento delle falde idriche, erosione dei versanti, frane, ecc.).

Un'attenzione particolare va rivolta ai suoli sottoposti ad intense attività agricole produttive, come i suoli irrigati, che possono subire danni talvolta irrimediabili a causa di processi di salinizzazione, sodicizzazione, acidificazione, degradazione della sostanza organica ed erosione superficiale. Per una irrigazione sostenibile occorre evitare perdite di acqua. Ogni infiltrazione negli strati sottosuperficiali infatti, se da un lato costituisce un danno in termini economici, dall'altro può provocare contaminazione delle falde idriche profonde.

Attenzione particolare inoltre va rivolta alla qualità delle acque irrigue, in quanto, se si utilizzano acque saline o di scarsa qualità, come accade soprattutto nelle aree centro-meridionali del Paese, si possono innescare fenomeni di degradazione dei suoli. Pertanto nella programmazione, gestione o riordino delle opere destinate all'irrigazione va posta particolare cura alla valutazione dell'idoneità dei terreni alla pratica irrigua, sia per il mantenimento della fertilità fisica, chimica e biologica, sia per la capacità a sostenere acque di scarsa qualità, e la base per tale valutazione è una compiuta conoscenza della entità e della dimensione della risorsa suolo.

### **Le ricerche in tema di sensibilità**

Recentemente, a seguito della maggiore attenzione verso le problematiche ambientali, il mondo scientifico ha rivolto i propri studi alla valutazione degli effetti sull'ambiente delle attività antropiche sia di tipo primario (impatto dell'agricoltura sui suoli e sulle acque), che secondario e terziario (effetti delle attività industriali e commerciali come occupazione di territorio, inquinamento atmosferico, idrico e terrestre).

Anche in agricoltura nell'ultimo decennio si è modificata l'ottica precedentemente volta alla mera soddisfazione delle attività produttive, con l'introduzione di una nuova sensibilità sulle diverse funzioni che possono venir svolte da una corretta agricoltura sul territorio, di salvaguardia dai fenomeni di degrado ed erosivi nelle aree acclivi con lavorazioni appropriate e con opportune opere di contenimento, di conservazione di zone marginali mediante l'introduzione di colture adeguate, ecc. In sostanza è nato il concetto di agricoltura sostenibile, di un'agricoltura che non solo provveda al mantenimento di buoni livelli produttivi, ma promuova la conservazione della risorsa suolo e della risorsa acqua per garantire la salute dell'uomo.

Per quanto attiene lo studio dell'impatto agricoltura-ambiente ed in particolare dei suoli, si è assistito al moltiplicarsi delle iniziative nel campo della ricerca con l'avvio di diversi Progetti di Ricerca a livello comunitario ed a livello nazionale, tra i quali, per citarne solo alcuni più recenti, il Progetto Finalizzato RAISA (Ricerche Avanzate per Innovazioni nel Sistema Agricolo), il Progetto Finalizzato POC (Progetto Ordinamenti Colturali), il Progetto PRISCA (Progetto di Ricerca Sulle Colture Alternative), il Progetto Finalizzato PANDA (Produzione Agricola Nella Difesa dell'Ambiente).

In particolare il Progetto PANDA, Progetto Finalizzato del Ministero per le Politiche Agricole, si è svolto nel triennio 1993-96, interessando ben 70 Unità Operative costituite da Enti Pubblici di Ricerca, Istituti Universitari, Enti Privati e si è articolato in tre Sottoprogetti:

- Sottoprogetto 1 - Sensibilità delle aree;
- Sottoprogetto 2 - Sistemi colturali;
- Sottoprogetto 3 - Ricerche satelliti dei sistemi colturali.

Il Progetto si è posto quali obiettivi primari l'individuazione di criteri per la valutazione delle aree a rischio, la scelta di sistemi colturali compatibili con l'ambiente, la valutazione della possibilità di utilizzare in agricoltura senza produrre danni i prodotti che provengono da altre attività umane.

In particolare il Sottoprogetto 1 si è posto l'obiettivo di definire la sensibilità delle aree nei suoi molteplici aspetti, al fine di individuarle e delimitarle sul territorio nazionale, nonché di porre le basi per una "costruzione" di strumenti e tecniche specifiche per una loro salvaguardia e per la programmazione oculata degli interventi agricoli e della vera e propria gestione a livello aziendale, regionale e nazionale. Le possibilità di tutela delle risorse suolo e acqua sono infatti strettamente connesse alla conoscenza

del territorio agricolo nei suoi diversi aspetti ed alla volontà da parte dei pianificatori e degli operatori di mettere in atto strategie di intervento sul territorio, che consentano da un lato di non penalizzare gli aspetti produttivi e dall'altro di tutelare queste stesse risorse, al fine di evitare danni economici ed ambientali, entrambi troppo costosi per la collettività.

Nel Sottoprogetto 1 le Unità Operative ad esso afferenti hanno utilizzato metodologie finalizzate allo studio del territorio agricolo per analizzare realtà profondamente differenziate, tutte funzione della disomogeneità pedoclimatica e morfologica che caratterizza del nostro Paese. E proprio tale disomogeneità ha stimolato le ricerche nella direzione di una definizione di sensibilità differenziata a secondo delle diverse realtà territoriali.

Per fare un esempio nell'Italia centro-settentrionale le Unità Operative hanno affrontato problematiche legate alla presenza di falde idriche sottosuperficiali e di surplus idrici, che provocano lisciviazione di nutrienti e di elementi indesiderati, mentre nel meridione forte rilievo si è dato alle tematiche della salinizzazione dei suoli e dell'erosione.

I temi affrontati quindi durante i tre anni di ricerca riguardano:

- Sensibilità dei suoli e delle aree;
- Pedoclima;
- Classificazione dei suoli;
- Bilancio idrico;
- Falda superficiale;
- Processi di infiltrazione;
- Processi di lisciviazione;
- Erosione;
- Irrigazione con acque saline;
- Caratteri funzionali dei suoli;
- Gestione del territorio;
- Sistemi Informativi Geografici;
- Modellistica.

Gli studi si possono riassumere in quattro grandi tematiche. La prima attiene l'individuazione dei fattori che direttamente o indirettamente influenzano la sensibilità di un territorio e le limitazioni di uso dei suoli agli interventi agricoli, che potrebbero alterarne profondamente la funzionalità.

La seconda tematica si è occupata delle correlazioni clima-suolo-culture, che regolano i complessi rapporti acqua-suolo e della messa a punto di modelli in grado di stimare i regimi termici ed idrici dei suoli e di formulare modelli per la stima del bilancio idrico del suolo da applicarsi sia in pieno campo che in ambiente controllato, finalizzati ad individuare la sensibilità dei suoli per presenza di falde ipodermiche o di ristagni temporanei di acqua.

Il terzo tema è rappresentato dagli studi intrapresi in aree tipicamente mediterranee, in relazione alle particolari caratteristiche ambientali del meridione e delle nostre isole, che danno origine a seri problemi per l'uso dei terreni in agricoltura. Lo studio dei suoli sottoposti a diverse pratiche colturali ha avuto lo scopo di verificarne il grado di sensibilità a fattori importanti quali l'erosione, la salinizzazione, la degradazione per lisciviazione, nonché la modificazione ad opera delle attività agricole di ecosistemi forestali.

Il quarto tema è quello dell'utilizzo di strumenti informatici e si è collegato più strettamente a ricerche del Sottoprogetto 2. Poiché per una pianificazione degli interventi in aree sensibili gli studi di dettaglio sono costosi e spesso molto lunghi, in campo internazionale si stanno ormai utilizzando modelli predittivi. La validità di tali modelli è stata però messa frequentemente in discussione ed il loro uso richiede serie validazioni sul territorio.

A tale validazione si è rivolto questo filone di studi, per rendere gli output dei modelli utilizzati realmente rappresentativi di fenomeni complessi per variabilità territoriale e per eterogeneità degli interventi, nonché alla realizzazione di software per la comparazione e lo sviluppo di nuovi modelli.

I prodotti scaturiti dal Sottoprogetto a livello di studi sono molteplici e riguardano tra l'altro la redazione di cartografie e *softwares*, tra cui:

- Carte della sensibilità dei suoli all'erosione, che consentono di definire l'impatto dei processi erosivi sull'agricoltura, di sviluppare inventari regionali e/o nazionali sul rischio erosivo e di programmare gli interventi e le misure di conservazione del suolo.

- *Softwares* per il calcolo dei surplus idrici, che consentono di valutare la sensibilità delle aree interessate da una agricoltura intensiva e irrigua, ai surplus idrici ed alle quantità di acqua che raggiungono le falde più o meno superficiali trasportando elementi inquinanti e/o indesiderati. Tali elaborazioni permettono di razionalizzare gli interventi irrigui con risparmio idrico, e consentono tra l'altro di rendere compatibili con l'ambiente le modalità di spandimento dei fertilizzanti e dei fitofarmaci.

- Carte di pericolosità di inquinamento degli acquiferi ad opera degli erbicidi e di Carte della vulnerabilità per infiltrazione.

- Carte della sensibilità dei suoli, intese nell'accezione più ampia, che consentono di individuare le limitazioni di uso dei suoli agli interventi agricoli (lavorazioni, irrigazioni, fertilizzazioni, sistemazioni, ecc.) che possano in qualche modo compromettere l'equilibrio e la conservazione della produttività.

### **Cenni sul quadro normativo sui suoli e sulle acque**

A livello normativo tutte le leggi sui suoli sono state emesse al fine di studiare e prevenire i fenomeni di dissesto idrogeologico e quasi mai hanno riguardato il suolo come corpo vivente da utilizzare e tutelare ai fini della conservazione della vita sulla Terra.

Infatti a partire dal R.D. 3267/23, la prima legge organica che si occupava di modalità di utilizzazione e lavorazione dei suoli al fine di difenderli dall'erosione, una delle rare leggi di collegamento della tutela idrogeologica a quella degli interessi agricoli, si passa alla cosiddetta "Legge Serpieri" (R.D. 215/33), che ispirandosi al concetto di equilibrio idrogeologico, contiene il progetto di massima delle opere di competenza dello Stato, quali il rimboschimento, le sistemazioni idraulico-forestali, opere di difesa dalle acque, ecc. Ad essi hanno fatto seguito altri decreti legge, che in sostanza normavano le sistemazioni dei bacini idrografici montani, il miglioramento dei fondi, l'utilizzazione delle acque a scopo irriguo e potabile (Legge 184/52).

Con le Leggi 685/67 e con la Legge 632/67, che istituiva la famosa Commissione De Marchi, a seguito della terribile alluvione che colpì Firenze nel 1966, si inizia a considerare la difesa e la conservazione del suolo un problema da affrontarsi in chiave organica mediante una completa ed aggiornata programmazione. Il pregio maggiore del lavoro della Commissione sta nell'aver formulato chiaramente l'asserto che il bacino idrografico costituisce l'unità territoriale di base, luogo fisico ed economico quindi unità elementare della pianificazione territoriale, indipendentemente dalle circostanze amministrative.

Tale concetto innovativo troverà riscontro legislativo solo dodici anni dopo, con la Legge 53/82 che stanziava fondi per ricerche e studi inerenti la formazione dei piani di bacino a carattere interregionale.



Con il D.P.R. 616/77 le funzioni concernenti la disciplina dell'uso del territorio riguardo al suolo ed alla protezione dell'ambiente passano di competenza delle Regioni, le quali hanno legiferato autonomamente l'una dall'altra, ingenerando talvolta disomogeneità negli interventi sul territorio.

L'ultima disciplina in materia di suoli, la Legge 183/89 definita "Legge quadro sulla difesa del suolo", segue nella sua impostazione unitaria sulla gestione integrata dei suoli e delle acque un approccio globale inserito nell'assetto generale del territorio, mantenendo ferma la scala di bacino idrografico e fondando il sistema su organi collegiali e sulla partecipazione di Stato, Regioni, Province, Comuni, Comunità Montane e Consorzi di Bonifica e di Irrigazione. Tale Legge ha trovato applicazione solo in alcune Regioni, con il risultato che dopo otto anni dalla sua entrata in vigore scarsi sono stati i risultati sul territorio.

Si è sottolineata recentemente l'importante funzione che i Consorzi di Bonifica hanno svolto nella società contemporanea riguardo alla tutela delle risorse naturali suolo ed acqua. Tale funzione rappresenta un contributo alla salvaguardia ambientale, aggiungendosi alle tradizionali attività di difesa idraulica e di irrigazione. La Commissione Agricoltura della Camera lo scorso anno ha riconosciuto infatti all'azione di bonifica la funzione di "presidio permanente" del territorio, svolto mediante il monitoraggio della qualità delle acque e di protezione dello spazio rurale e dell'ecosistema agrario.

Anche la Legge 183 ha suscitato però critiche dal mondo scientifico per talune sue carenze in materia di suoli, per non considerare tali problemi in un'ottica più vasta di conservazione globale della risorsa. Per quanto attiene le acque la legislazione si è occupata di tale risorsa assieme al suolo, nel considerarne la gestione e la tutela a secondo dei suoi usi, da quello potabile a quello di regimazione, di bonifica, di utilizzo nelle diverse attività produttive e civili.

La normativa sulle acque non è certo carente nel nostro Paese: basti citare, tra le più recenti, la Legge Merli 319/76, che ha dato un notevole contributo al miglioramento delle acque superficiali, e la recente Legge 36/94 nota come Legge Galli, che dopo tre anni dalla sua emanazione non ha ancora trovato applicazione in tutte le Regioni; in particolare per quanto attiene l'uso irriguo va segnalato il ritardo nella emanazione delle norme per l'utilizzazione in agricoltura delle acque reflue e dei reflui urbani in ottemperanza alla direttiva CEE 91/271 sul trattamento delle acque reflue urbane.

## Prospettive future

Da più parti, al fine di meglio indirizzare le scelte politiche e tecnico-economiche in materia di agricoltura, si avverte la necessità di disporre di direttive sia nazionali che comunitarie uniformi, moderne e rispondenti ai problemi emergenti in materia di agricoltura ecocompatibile e che siano, per quanto attiene il nostro Paese, paramtrate per la realtà mediterranea.

L'ambiente mediterraneo è infatti noto per la sua fragilità dovuta a suoli spesso difficili, alle risorse idriche globalmente limitate e sottoposte ad una grande variabilità interannuale, con condizioni di deficit più o meno prolungato nel periodo estivo, e con un regime pluviometrico a forte intensità sempre più spesso generatrice di piene devastatrici.

Con la crescita della sensibilità ambientale e di un mercato volto ad ottenere non solo grandi quantitativi di prodotti agricoli, ma soprattutto prodotti di qualità, la programmazione e la gestione delle attività agricole devono necessariamente essere modificate, sia sotto il profilo scientifico che sotto quello tecnico-economico.

A tale proposito occorre rilevare che in Italia emerge la necessità di effettuare studi sui suoli non più settoriali o con scopi specifici legati alle necessità del momento ma organici ed a scala nazionale. A parte sporadici casi isolati, da riferirsi a Enti locali ed a singoli organismi regionali, in Italia si è infatti ben lontani dal raggiungere il grado di organizzazione di noti Enti stranieri, statunitensi in particolare, che ormai da decenni sono all'avanguardia negli studi e nella gestione dei suoli, apportando, attraverso ricerche e sperimentazioni avanzate, notevoli progressi anche nel campo ingegneristico e tecnico-applicativo ed affiancando gli agricoltori con una assistenza tecnica capillare, moderna e specializzata.

Una pianificazione degli usi in generale ed una progettazione degli interventi agronomici più in dettaglio non possono non prescindere da un censimento ed una mappatura dei suoli a scale opportune, che costituiscano a livello nazionale un patrimonio di conoscenza non solo della genesi dei suoli, ma anche delle loro caratteristiche fisiche, chimiche, idrologiche e biologiche.

Tale "inventario" per quanto attiene i suoli troverà certamente una risposta nella redazione della Carta dei Suoli al 250.000 in via di definizione e che verrà attuata con procedura standardizzata per tutte le Regioni amministrative o Regioni Pedologiche delineate dal "Manuale delle Procedure" dell'*European Soil Bureau*. Oltre alla classificazione dei suoli se-

condo le procedure internazionalmente riconosciute (*Land System, Soil Taxonomy*, FAO-UNESCO), si deve prevedere la valutazione dettagliata delle fasi (acclività, presenza di falda, salinità, rocciosità, permeabilità, ecc.), al fine della formazione di un patrimonio di informazioni indispensabili per la pianificazione del territorio, sia esso urbano che agricolo.

La valutazione delle fasi costituisce infatti il presupposto non solo per la costruzione di data bases territoriali, ma soprattutto, attraverso l'interpretazione quali-quantitativa delle fasi stesse, per l'elaborazione di cartografie derivate, necessari ed agevoli strumenti di programmazione degli usi e di gestione della risorsa suolo, sotto il profilo agronomico (lavorazioni, fertilizzazioni, irrigazioni, ecc.), sotto quello ambientale (delimitazione di aree sensibili, programmazione per lo spandimento di reflui, individuazione di zone ad elevata valenza ambientale, ecc.), e sotto quello della tutela (definizione del potenziale erosivo, delimitazione di aree saline o salinizzabili, di aree potenzialmente soggette ad alluvioni o allagamenti, ecc.).

Naturalmente, al fine di avere uno scenario completo sulla disponibilità delle risorse in Italia all'inventario dei suoli si deve affiancare quello aggiornato delle acque superficiali e profonde utilizzate per i diversi scopi (irrigazione, allevamento, potabilità, ecc.) per valutarne le caratteristiche non solo in termini quantitativi ma anche qualitativi.

Per i prossimi anni il Progetto PANDA prevede di aprire due nuovi Sottoprogetti, uno dedicato alla Microbiologia ed un secondo dedicato all'Irrigazione, problematiche essenziali quando l'approccio ai suoli e alla loro gestione è affrontato sotto il profilo ambientale.

Il Progetto PANDA nella sua seconda fase dovrà in sostanza mirare all'ampliamento in chiave territoriale delle soluzioni, sperimentate a scala puntiforme, dei problemi legati ad un'agricoltura moderna e ancora competitiva sotto il profilo produttivo. La scala di indagine infatti resta una delle limitazioni di qualsivoglia studio in materia di ambiente.

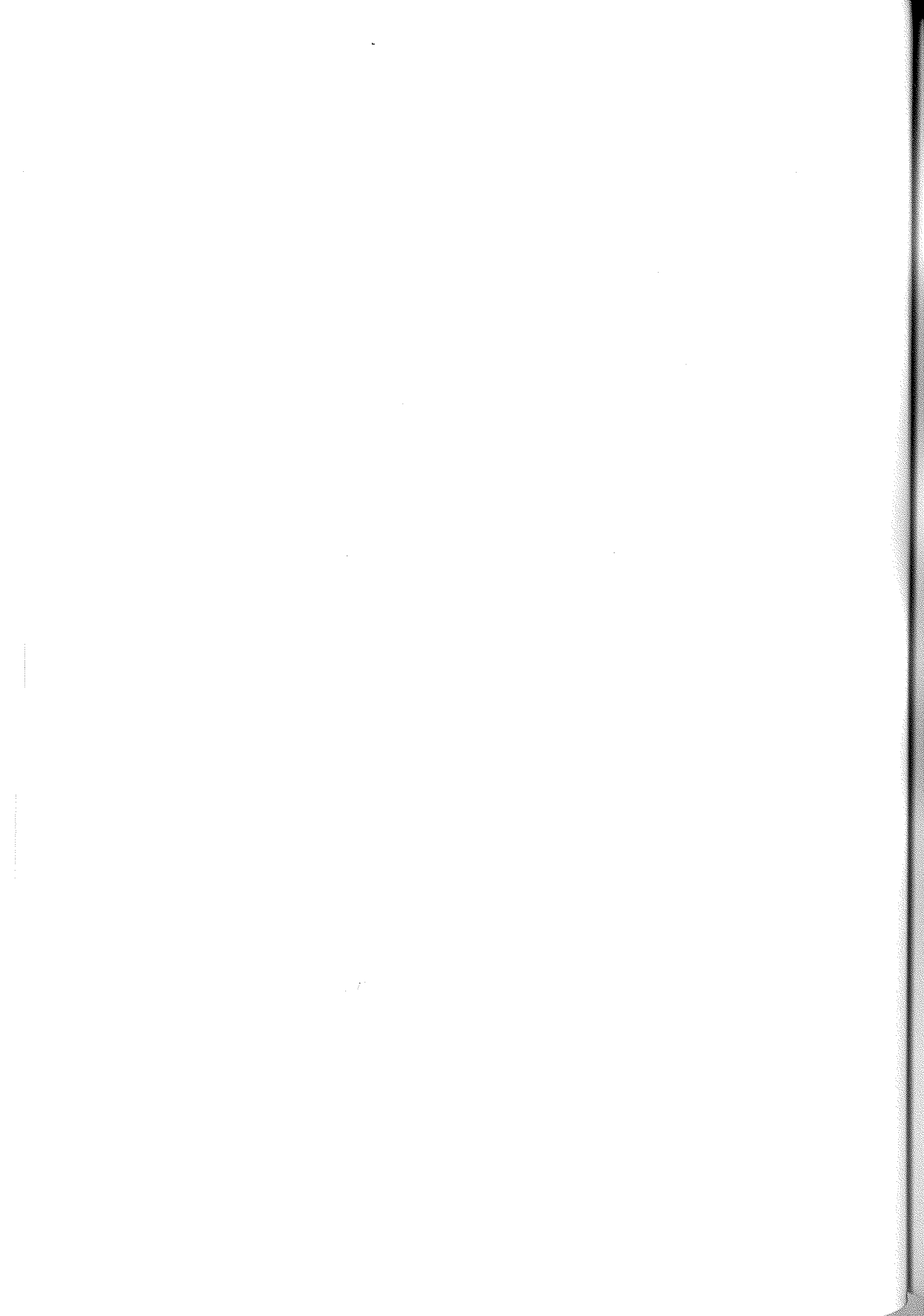
Ogni ricerca viene attuata in un determinato sito nel quale sono applicabili i risultati, ma difficile diviene l'estrapolazione ad ambiti territoriali più vasti, anche al fine di normare le applicazioni ad un sistema aperto come il suolo.

Le ricerche future quindi devono orientarsi nell'ottica dello studio della variabilità spazio-temporale delle caratteristiche fisiche, chimiche, biologiche dei suoli, strutturando i GIS secondo normative unificate di misura e di parametrizzazione spazio-temporale.

**Bibliografia**

- BERTOZZI R., BUSCAROLI A., LARUCCIA N., VIANELLO G., 1996. Classificazione del territorio in aree a differente grado di sensibilità ambientale in funzione dei diversi impatti agricoli ed extragricoli. *Agricoltura Ricerca XVIII* (164-165-166), 79-92.
- CALÌ A., CEOTTO E., COSTANTINI E.A.C., DONATELLI M., 1995. Applicazione del modello EPIC per la classificazione del pedoclima e confronto con altri metodi e con indici climatici. *Bollettino della S.I.S.S. 6*, 61-86.
- CASTRIGNANÒ A., 1994. L'uso della Geostatistica per una stima quantitativa della qualità del suolo. In: "Sensibilità e vulnerabilità del suolo. Metodi e strumenti d'indagine" (a cura di P. Sequi e G. Vianello), FrancoAngeli Ed., Milano, 153-164.
- COSTANTINI E.A.C., CASTRIGNANÒ A., LORENZONI P., CALÌ A., RAIMONDI S., CASTELLI F., 1998. Il pedoclima e il suo ruolo di indicatore di sensibilità ambientale. In: "Sensibilità e vulnerabilità del suolo. Metodi e strumenti d'indagine" (a cura di P. Sequi e G. Vianello), FrancoAngeli Ed., Milano, 29-94.
- COSTANTINI E.A.C., CALÌ A., CASTELLI F., RAIMONDI S., RUSTICI L., 1996. Esperienze di applicazione e validazione di alcuni modelli tradizionali ed innovativi per la classificazione del pedoclima. *Agricoltura Ricerca XVIII* (164-165-166), 7-18.
- COSTANTINI A., FRANCAVIGLIA R., GIACOBBI F., 1996. Strumenti informatici per la gestione delle aree a rischio, aspetti operativi e di coordinamento. *Agricoltura Ricerca XVIII* (164-165-166), 73-78.
- DAZZI C., 1993. Erodibility factor-K values of Belice watershed soils. Proceedings of the ESSC Workshop. Proc. Soil erosion in semi-arid mediterranean areas, Taormina.
- DAZZI C., FIEROTTI G., 1994. Problems and management of salt-affected soils in Sicily. ESSC Conference on Problems and management of soil salinization-alkalization in Europe, Budapest (in stampa).
- DAZZI C., FIEROTTI G., RAIMONDI S., 1995. Rate of erosion and nutrient losses in three benchmark soil on the hilly landscape of Sicily (1). ESSC Meeting on The soil as a strategic resources: degradation processes and conservation measures, Canary Islands (in stampa).
- DONATELLI M., CEOTTO E., MARCHETTI R., 1996. Alcune problematiche dell'uso dei modelli per la simulazione di sistemi colturali nella valutazione di aspetti economici e di impatto ambientale. *Agricoltura Ricerca XVIII* (164-165-166), 19-24.
- FIEROTTI G., DAZZI C., LOMBARDO V., 1996. Sensibilità dei suoli all'erosione. *Agricoltura Ricerca XVIII* (164-165-166), 25-32.
- FIEROTTI G., DAZZI C., LOMBARDO V., 1994. Sensibilità dei suoli all'erosione. Quaderno PANDA sulla sensibilità ambientale (in preparazione).
- FRANCAVIGLIA R., COSTANTINI A., MORSELLI L., 1995. Long term monitoring of atmospheric depositions in a Po Valley station. Evaluation of environmental aspects. *Chemosphere*, Vol. 30, No. 8, pp 1513-1525.
- FRANCAVIGLIA R., MORSELLI L., 1995. Vulnerabilità ambientale alle deposizioni atmosferiche. Valutazione preliminare dei carichi critici e delle eccedenze. Giornata di studio sull'inquinamento transfrontaliero, ENEA, Dipartimento Ambiente, Roma.
- FRANCAVIGLIA R., MORSELLI L., 1995. Il contributo delle specie azotate provenienti dalle deposizioni atmosferiche. In: Guida alla lettura ed interpretazione del Codice di Buona Pratica Agricola per la protezione delle acque dai nitrati (a cura di P. Sequi e A. Benedetti), MiRAAF, Collana del Progetto Finalizzato PANDA, Quaderno No. 2, Edagricole, Edizioni Agricole della Calderini, Bologna, pp 107-118.
- LOMBARDO V., FIEROTTI G., DAZZI C., DAVÌ A., 1996. Ricerche sperimentali sulla sensibilità dei suoli alla salinità. Nota I: risultati del primo biennio. *Agricoltura Ricerca XVIII* (164-165-166), 33-44.
- LULLI G., VECCHIO G., 1996. I suoli del bacino del Lago Cecita nella Sila Grande e la loro sensibilità. *Agricoltura Ricerca XVIII* (164-165-166), 113-122.
- LOMBARDO V., FIEROTTI G., DAZZI C., DAVÌ A., 1996. Ricerche sperimentali sulla sensibilità dei suoli alla sali-

- nità. Nota I: risultati del primo biennio. *Agricoltura Ricerca XVIII* (164-165-166), 33-44.
- MECELLA G., SCANDELLA P., 1994. La classification automatisée des sols au fin de l'irrigation. Un instrument informatique pour la gestion du territoire et pour une irrigation durable. Actes 17<sup>e</sup> Conference Regionale Européenne de la ICID, Varna.
- MECELLA G., SCANDELLA P., FRANCAVIGLIA R., COSTANTINI A., 1995. Le bilan hydrique dans les zones sensibles. Proceedings of the Special technical session. 46th International Executive Council ICID, Roma.
- MECELLA G., SCANDELLA P., 1995. B.Idr.A.S. Il Bilancio idrico per le aree sensibili. Atti Convegno S.I.S.S., Cagliari.
- MECELLA G., SCANDELLA P., FRANCAVIGLIA R., COSTANTINI A., 1996. B.Idr.A.S. Un modello per la stima dei contenuti di acqua nel suolo ai fini della valutazione della sensibilità delle aree. *Agricoltura Ricerca XVIII* (164-165-166), 45-54.
- MORSELLI L., SEQUI P., BENEDETTI A., FRANCAVIGLIA R., 1994. The influence of non-agricultural sources on nitrogen balance. *Fresenius Environmental Bulletin*, 3: 238-243.
- PRIMAVERA F., LULLI L., 1995. Sui suoli dell'area sperimentale di Sant'Apollinare (Perugia). Ist. Sper. Studio e Difesa Suolo, Firenze.
- RAGLIONE M., LORENZONI P., DE SIMONE C., 1996. Valutazione della sensibilità delle aree attraverso lo studio di parametri ambientali, uso e caratteri funzionali del suolo. *Agricoltura Ricerca XVIII* (164-165-166), 55-62.
- ROSSI PISA P., ROSSI M., VENTURA F., 1995. Monitoraggio delle acque di falde: aspetti chimici ed idraulici. *Irrigazione e Drenaggio* (in stampa).
- ROSSI PISA P., ROSSI M., 1996. Effetti della coltura di copertura sulla presenza di nitrati in acqua di falda ed in terreni diversi, in lisimetri coltivati a mais. *Agricoltura Ricerca XVIII* (164-165-166), 63-72.
- SCANDELLA P., MECELLA G., 1994. Irrigation ecologiquement viable: principes, possibilités d'application et mesures nécessaires. Actes 17<sup>e</sup> Conference Regionale Européenne de la ICID. Varna.
- SCANDELLA P., 1996. Aree sensibili. Obiettivi, metodologie, risultati. *Agricoltura Ricerca XVIII* (163), 5-14.
- SEQUI P., BENEDETTI A., FRANCAVIGLIA R., 1995. Stato dell'arte sul problema nitrati in Italia. In: Guida alla lettura ed interpretazione del Codice di Buona Pratica Agricola per la protezione delle acque dai nitrati (a cura di P. Sequi e A. Benedetti), MiRAAF, Collana del Progetto Finalizzato PANDA, Quaderno No. 2, Edagricole, Edizioni Agricole della Calderini, Bologna, pp 29-40.
- SEQUI P., 1994. Il progetto finalizzato "Produzione Agricola Nella Difesa dell'Ambiente (PANDA)". *Agricoltura Ricerca*, XV n. 154.
- TRASTU S., USAI D., ARU A., CAMARDA I., BALDACCINI P., 1996. Prime considerazioni sulla degradazione delle aree sughericole in Sardegna. *Agricoltura Ricerca XVIII* (164-165-166), 93-112.
- Unione Regionale Veneta delle Bonifiche delle Irrigazioni e dei Miglioramenti Fondiari, 1996. I Consorzi di Bonifica per il monitoraggio della qualità delle acque di irrigazione nella Regione Veneto. Attività e risultati del triennio 1991-1993. Venezia.
- VECCHIO G., BERNARDINI V., RISI B., TORRETTI S., LULLI L., 1995. Carta dei suoli del bacino del Lago Cecita - Sila Grande (CS). Ist. Sper. Studio Difesa Suolo, Sez. Catanzaro Lido.



*INDIVIDUAZIONE DEI PRINCIPALI REGIMI  
PEDOCLIMATICI ITALIANI: RISULTANZE  
SPERIMENTALI E CONFRONTO CON LE REGIONI  
CLIMATICHE EUROPEE*

Edoardo A.C. Costantini<sup>1</sup>, Adriana Cali<sup>2</sup>, Fabio Castelli<sup>3</sup>, Paolo Lorenzoni<sup>4</sup>, Rosario Napoli<sup>1</sup>, Luigi Perini<sup>2</sup>, Salvatore Raimondi<sup>5</sup>

1. Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, Firenze
2. Ufficio Centrale di Ecologia Agraria, Roma
3. Istituto Sperimentale per il Tabacco, Bovolone (VR)
4. Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, Rieti
5. Istituto di Agronomia dell'Università di Palermo

### **Introduzione**

Nell'ambito del progetto PANDA (Produzione Agricola Nella Difesa dell'Ambiente; Sequi, 1994), si stanno sviluppando dal 1993 studi volti alla conoscenza dei regimi di umidità e di temperatura dei suoli italiani. L'inserimento di una ricerca con tali finalità in un progetto che ha come obiettivo fornire elementi utili alla realizzazione di una agricoltura eco-compatibile è giustificato dal fatto che tra i fattori che contribuiscono a definire il grado di sensibilità ambientale vi è l'interazione fra il clima e il suolo: il pedoclima. Dal punto di vista metodologico, è importante poter inserire la caratterizzazione puntuale relativa a ogni singolo ambiente in prova nell'ambito dei regimi pedoclimatici riconoscibili in Italia. Infatti, come per la caratterizzazione degli ambienti pedologici e climatici si utilizzano tecniche che fanno riferimento a sistemi e a classificazioni internazionali, così nello studio dei pedoclimi è necessario considerare le classificazioni pedoclimatiche di più generale riferimento, come quelle proposte dalla *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 1975) o dalla F.A.O. (1990a). Queste ultime tuttavia, pur essendo già diffusamente impiegate in Italia, in particolare quella della *Soil Taxonomy*, non sono state ancora adeguatamente verificate nel loro significato genetico ed applicativo. La scarsità di dati relativi ai reali regimi di umidità e di temperatura dei suoli italiani obbliga quasi sempre a caratterizzare

il pedoclima sulla base dei dati climatici relativi all'atmosfera, elaborati mediante modelli matematici in grado di stimare l'evapotraspirazione e simulare il comportamento del suolo. A volte le stime vengono calibrate a seconda del tipo di suolo, in particolare in funzione della sua capacità di ritenzione idrica, ma quasi mai vengono verificate sperimentalmente. I modelli più comunemente utilizzati - quelli di Thornthwaite (Thornthwaite e Mather, 1957), Billaux (Billaux, 1978) e Newhall (Newhall, 1972) - risultano spesso poco sensibili alle diverse condizioni pedologiche e forniscono risposte non univoche. Da qui la necessità di stabilire un nuovo modello di riferimento per la stima dei regimi idrici e termici dei suoli italiani, validato con dati provenienti da campi sperimentali situati su suoli capisaldo e posti in condizioni standard. Una volta individuato un modello sufficientemente affidabile, è possibile estendere le simulazioni ad ambienti diversi da quelli allo studio, in modo da ottenere un'informazione più generalizzata.

In questa nota vengono presentati i principali risultati ottenuti dalla misurazione dei regimi di umidità dei suoli dei campi sperimentali e dalla validazione dei modelli in prova; viene inoltre fornito un primo contributo alla definizione geografica dei pedoclimi italiani e un loro confronto con i principali climi d'Europa, così come proposti dall'Unione Europea (Montanarella, in stampa).

### **Materiali e metodi**

Lo schema sperimentale della ricerca, già descritto in altri lavori (Cali *et al.*, 1996; Costantini *et al.*, 1998), prevede l'utilizzo di dati pedologici e climatici di lungo periodo di sette campi sperimentali presso alcuni Istituti del Ministero per le Politiche Agricole, Università ed Enti regionali. In quattro di essi sono stati rilevati anche i dati di temperatura e umidità del suolo relativi agli anni 1994, 1995 e 1996. Il suolo tipo a cui si è fatto riferimento è posto in pianura, ha una falda profonda o comunque tale da non influenzare l'umidità della sezione di controllo, non ha caratteri vertici molto sviluppati, non è un paleosuolo (cioè i suoi caratteri non derivano dall'influenza di condizioni climatiche molto diverse dalle attuali), è coperto da un prato stabile asciutto, mantenuto a un'altezza di circa 20 cm, nel quale prevalgono le specie graminacee dominanti nell'ambiente, ha una elevata A.W.C. (riserva potenziale di acqua utilizzabile dalle piante), preferibilmente intorno ai 200 mm. Le caratteristiche dei suoli in cui sono stati rilevati umidità e temperatura sono riportate in Tabella 1 assieme alle principali informazioni sulle aree sperimentali.



Ai fini della classificazione del regime idrico si sono utilizzati i metodi di stima indicati da Billaux, da Newhall, utilizzando il programma computerizzato messo a punto da Van Wanbeke (1986), e il modello Epic (Williams *et al.*, 1989; Sharpley e Williams, 1990; Donatelli e Ceotto, 1994).

Tabella 1

Caratteristiche principali dei campi sperimentali in cui è stato rilevato il pedoclima (classificazione del regime idrico del suolo secondo EPIC, di quello termico secondo la Soil Taxonomy: T = temp. dell'aria + 1°C).

Località	Bovolone (VR)	Cesa (AR)	Rieti	Sparacia (AG)
Quota (m s.l.m.)	24	350	405	385
Latitudine (° nord)	45	43	42	37
Pioggia 1994 (mm)	698	516	825	577
Pioggia 1995 (mm)	733	691	1040	626
Pioggia 1996 (mm)	644	743	1459	1129
Temperatura media annua 1994 (°C)	14,7	13,8	13,5	15,8
Temperatura media annua 1995 (°C)	13,2	12,2	12	16
Temperatura media annua 1996 (°C)	13,2	12,7	12	15,6
Classificazione F.A.O.-UNESCO (1990b)	Orthi-eutric Cambisol.	Chromi-calcaric Cambisol.	Haplic Luvisol	Hyper-calcaric Fluvisol.
Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1992)	Eutrochrept fluvenetico, franco grossolano, misto, mesico	Eutrochrept fluvenetico, franco fine, misto, mesico	Fragiudalf mollico, fine, misto, mesico	Xerofluvent tipico, franco fine, carbonatico, termico
Tessitura dell'orizzonte lavorato	franca	franco argillosa	argillosa	franco sabbioso argillosa
Densità apparente (a 15 cm)	1,54	1,4	1,1	1,44
Densità apparente (a 75 cm)	1,48	1,52	1,1 (45 cm)	1,31
Ritenzione idrica alla capacità di campo (% vol., secondo Richards, a 15 e 75 cm di profondità)	28 - 27,4	33,8 - 44	35,6 - 44,5 (15 e 45 cm)	27 - 38
Ritenzione idrica al punto di appassimento (% vol., secondo Richards, a 15 e 75 cm di profondità)	10,5 - 9,5	18,4 - 22	23,5 - 32,7 (15 e 45 cm)	15 - 25
A.W.C. (mm nei primi 100 cm)	179	172	124	105
Falda	assente	assente	assente	assente

Per le informazioni relative all'uso di Epic per la classificazione del pedoclima si rimanda alla nota citata (Calì *et al.*, 1996).

La misura dell'umidità del suolo è stata ottenuta a Cesa e Sparacia con il metodo a pesata (campionamento con trivella manuale con almeno tre repliche), mentre a Bovolone e a Rieti è stato utilizzato lo strumento TRASE System 1 (*Soilmoisture Equipment Corp.*) che impiega la tecnologia TDR (*Time Domain Reflectometry*); anche in questo caso ulteriori informazioni metodologiche sono ottenibili consultando le note citate.

I dati pedologici e climatici di lungo periodo relativi alle sette stazioni sperimentali, utilizzati per la stima del regime igrometrico medio cinquantennale dei suoli realizzato con Epic, provengono dai risultati del Progetto "Ordinamenti culturali" (Costantini e Tellini, 1990).

I dati climatologici relativi al territorio nazionale utilizzati in questo lavoro provengono dalla Banca Dati Agrometeorologica Nazionale del SIAN (Sistema Agricolo Informativo Nazionale del Ministero per le Politiche Agricole) e si riferiscono a 584 punti distribuiti uniformemente sul territorio nazionale corrispondenti ai nodi di una griglia regolare e georeferenziata.

In ragione degli obiettivi del lavoro, sono stati utilizzati i valori medi annuali di temperatura minima, di temperatura massima ed i totali medi annui di precipitazione piovosa relativi al periodo 1951-1995.

Tali valori derivano dall'analisi climatologica realizzata nell'ambito dei progetti agrometeorologici del SIAN e sono stati ottenuti da un processo di *kriging* che ha preso in considerazione i dati di lunghe serie storiche relative a stazioni dell'UCEA, del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare e del Servizio Idrografico e Mareografico. La metodologia di *kriging*, partendo dall'analisi delle variazioni nello spazio di una certa variabile (ad esempio la temperatura), arriva ad individuare la funzione matematica (o stimatore oggettivo) che consente di interpolare ottimamente i valori noti di quella variabile. Nella sua formulazione generale, la funzione matematica utilizzata per il *kriging*, detta anche funzione vario-gramma ( $\gamma(h)$ ), viene definita come di seguito:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E | [Z(x+h) - Z(x)]^2 |$$

dove "E" è la speranza matematica ed "h" rappresenta il vettore distanza. La stima dei valori climatici sui punti di griglia si ottiene, in definitiva, pesando il contributo che ad essa danno le rilevazioni effettuate presso ciascuna stazione meteorologica, in funzione della distanza dal punto di stima, della differenza di quota rispetto al punto di stima, del periodo dell'anno, etc.

L'elaborazione cartografica dei dati climatici italiani è stata realizzata tramite il programma WinSurfer<sup>®</sup> che visualizza un'estensione geografica dei dati puntuali partendo dalla griglia interpolata con la tecnica del *kriging*. La sovrapposizione delle isoterme ed isoiete considerate è stata esportata in formato .dxf e trattata con il software geografico Autocad<sup>®</sup>.

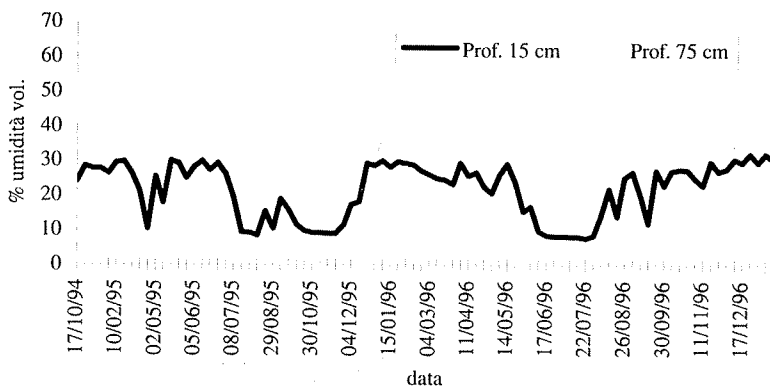
## Risultati e discussione

### Rilievi udometrici dei suoli dei campi sperimentali

Le curve di umidità del suolo a 15 e 75 cm di profondità caratterizzano abbastanza chiaramente i quattro ambienti dove sono stati operati i rilievi. A Bovolone (Fig. 1) la spezzata relativa all'orizzonte posto a 75 cm indica un contenuto idrico che durante quasi tutto il periodo considerato è stato superiore a quello situato a 15 cm.

Figura 1

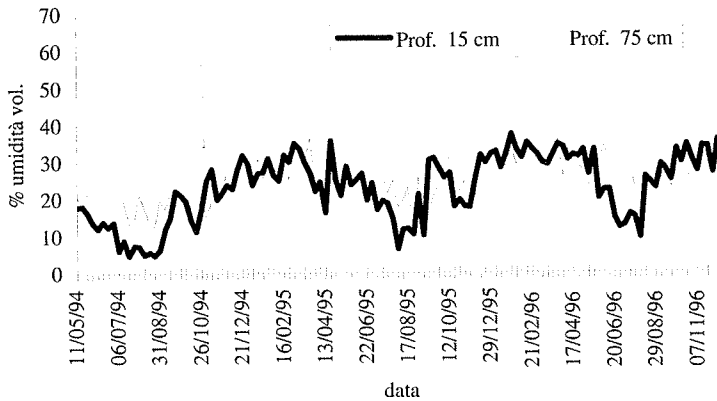
Contenuto di acqua nel suolo del campo sperimentale di Bovolone (VR) dal 1994 al 1996



In generale, i valori di umidità rilevati non sono mai stati molto bassi, pertanto il suolo non si è mai seccato completamente. A Cesa invece (Fig. 2) le due serie di valori sono risultate piuttosto vicine tra loro, intersecandosi frequentemente. Diversamente da Bovolone, l'umidità a 75 cm è diminuita fino a valori prossimi al punto di appassimento.

Figura 2

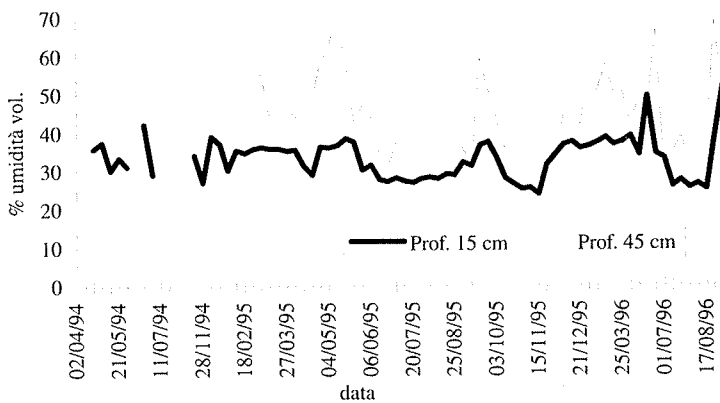
Contenuto di acqua nel suolo del campo sperimentale di Cesa (AR)  
dal 1994 al 1996



Questo ambiente è quindi significativamente più siccitoso, pur assicurando quasi sempre una certa dotazione idrica in profondità. A Rieti si sono verificate le condizioni di maggiore udicità (Fig. 3).

Figura 3

Contenuto di acqua nel suolo del campo sperimentale di Rieti dal 1994 al 1996

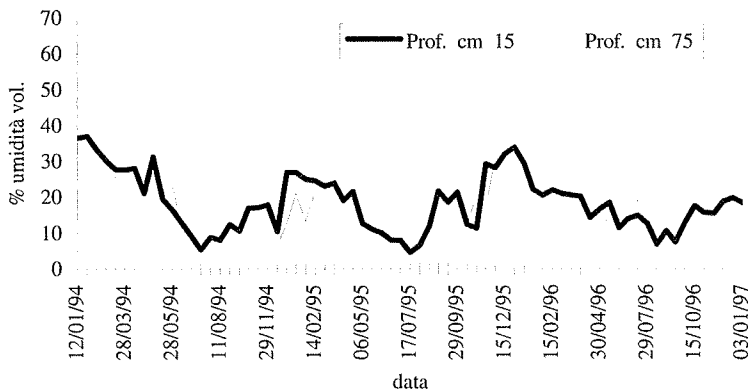


Il suolo in prova risultata disseccarsi raramente e solo in superficie, mentre in profondità sono frequenti i periodi in cui lo stato di umidità è superiore alla capacità di campo, anche per la presenza di un orizzonte pro-

fondo di difficile permeabilità<sup>1</sup>. A Sparacia, infine, la spezzata relativa ai valori di umidità rilevati in profondità è apparsa spesso più bassa dell'altra, raggiungendo frequentemente valori inferiori al punto di appassimento (Fig. 4).

**Figura 4**

Contenuto di acqua nel suolo del campo sperimentale di Sparacia (AG) dal 1994 al 1996



Il suolo si è seccato completamente e a lungo, tanto che le piogge spesso non sono riuscite a influire sul deficit idrico degli orizzonti inferiori del suolo o hanno raggiunto qualche effetto solo quando è diminuita sensibilmente la domanda evapotraspirativa, cioè nei periodi invernali.

#### Confronto tra diversi metodi di stima dell'umidità del suolo ai fini della classificazione pedoclimatica.

I valori di umidità del suolo rilevati hanno consentito di classificare il regime idrico dei suoli esaminati e di confrontare le classificazioni ottenute con i modelli a confronto (Tab. 2). Il ridotto numero di anni considerati non consente valutazioni definitive, sembra però indubbio che il metodo di Newhall, come riscontrato anche in altre esperienze (Raimondi, 1993b), tenda a sovrastimare la presenza del pedoclima ustico, sia in condizioni di clima xerico che udico.

Con il metodo di Billaux si sono ottenuti risultati migliori, soprattutto negli ambienti più siccitosi, ma vi è stata una tendenza a sopravvalutare la presenza del regime idrico xerico. Con Epic invece si sono avuti gli stessi regimi di umidità del suolo ottenuti sperimentalmente.

Tabella 2

Classificazione del regime di umidità dei suoli delle stazioni sperimentali secondo la Soil Taxonomy mediante l'uso di metodi diversi di stima

Metodi di stima		NEWHALL	BILLAUX	EPIC	Pedoclima dati misurati
Campi sperimentali	Anni				
Bovolone (VR)	1995	ustico	xerico	udico	udico
	1996	ustico	xerico	xerico	xerico
Cesa (AR)	1994	xerico	xerico	xerico	xerico
	1995	udico	xerico	udico	udico
	1996	ustico	xerico	xerico	xerico
Rieti	1994	xerico	xerico	udico	udico
	1995	udico	udico	udico	udico
	1996	ustico	udico	udico	udico
Sparacia (AG)	1994	xerico	xerico	xerico	xerico
	1995	ustico	xerico	xerico	xerico
	1996	ustico	xerico	xerico	xerico
Successo stima		36 % n = 11	73 % n = 11	100 % n = 11	

Tabella 3

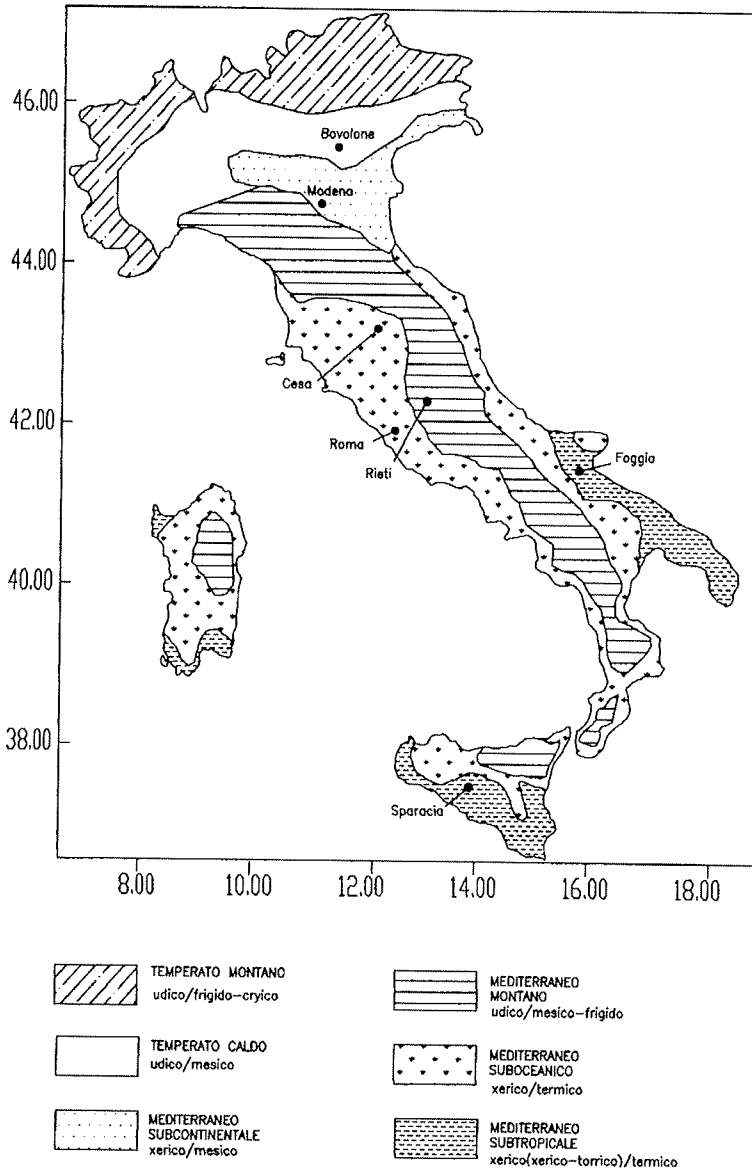
Classificazione del regime di umidità dei suoli delle stazioni sperimentali secondo la Soil Taxonomy mediante l'uso del modello Epic

Località	regime di umidità	%
Bovolone (VR)	udico	84
	xerico	16
San Prospero (MO)	xerico	54
	udico	38
	ustico	8
Cesa (AR)	xerico	64
	udico	36
Rieti	udico	100
Roma	xerico	74
	udico	26
	xerico	84
Foggia	udico	14
	ustico	2
	xerico	98
Sparacia (AG)	xerico	98
	ustico	2

La buona rispondenza tra le stime del regime igrometrico dei suoli realizzate con Epic con quanto risulta dai dati misurati, ha indotto ad utilizzare questo modello per classificare il pedoclima di lungo periodo di tutti e sette i campi sperimentali (Tab. 3).

Figura 5

Cartografia delle principali regioni climatiche e pedoclimatiche d'Italia.



Le simulazioni effettuate permettono di definire il pedoclima della stazione di Rieti come decisamente udico, prevalentemente udico quello di Bovolone, xerico le altre, ma con una evidente maggiore aridità nelle stazioni di Foggia e Sparacia. E' interessante notare come il pedoclima ustico, che non è mai stato direttamente rilevato negli anni e nelle stazioni in prova, sia presente nelle simulazioni di lungo periodo sia al nord che al sud Italia, ma con frequenza sporadica.

### Realizzazione della cartografia tematica.

Utilizzando i risultati qui ottenuti e tenendo conto dei regimi climatici principali individuati in Europa dall'*European Soil Bureau* (Montanarella, 1999) e delle cartografie recentemente realizzate in Sicilia da Raimondi (1991 e 1993a), è stata elaborata una prima proposta di identificazione delle principali regioni climatiche e pedoclimatiche italiane (Fig. 5).

Tabella 4

Dati identificativi delle principali regioni climatiche e pedoclimatiche italiane (valori relativi alle condizioni prevalenti)

Clima*	localizzazione	pioggia media (mm)	temperatura		regime idrico°	regime termico°
			media (°C)	min. media (°C)		
temperato montano	Alpi	>900	<6	<4	<8	udico frigido, crico
temperato caldo	Prealpi e alta Pianura Padana	>900	6-13	<9	<17	udico mesico
mediterraneo subcontinentale	Pianura Padana centro-orientale	600-900	12-15	<9	>16	xerico mesico
mediterraneo montano	Appennini frigido	>900	<13	>9	<17	udico mesico,
mediterraneo suboceanico	rilievi e pianure costiere dell'Italia centro-meridionale	600-900	>12	>9	>16	xerico termico
mediterraneo subtropicale	aree costiere della Sicilia, Sardegna e Puglia	<600	>15	>9	>20	xerico (xerico-torrico)

\* secondo Montanarella, 1999

° secondo la Soil Taxonomy

Per definire i limiti tra le diverse regioni climatiche e pedoclimatiche si sono adoperati quei limiti climatici che sembrano diversificare anche i pedoclimi potenziali, intendendo con questo termine il pedoclima di suoli simili a quelli trattati nella prova e mantenuti in condizioni standard (Tab.4).



Secondo questi presupposti, il limite climatico pluviometrico di 900 mm dovrebbe rapportarsi a situazioni in cui gli afflussi meteorici sono in generale mediamente superiori all'evapotraspirazione potenziale, mentre i 600 mm, al contrario, indicherebbero ambienti dove le precipitazioni sono sempre molto inferiori alle esigenze evapotraspirative.

I limiti termometrici medi e massimi individuerebbero territori a diverso regime termico dei suoli e a diverso grado di xericità come, ad esempio, il comparire di tratti di subtropicalità nelle regioni in cui vi sono temperature medie annue maggiori di 15 gradi e medie massime maggiori di 20. In questi ambienti, dove è ancora diffusa la pratica del maggese nelle terre non irrigate, sono in effetti presenti inclusioni di aree a pedoclima intermedio tra lo xerico e l'aridico (regime xerico-torrico) (Raimondi et al., 1996).

La temperatura media minima maggiore di 9 gradi infine sembrerebbe individuare le aree dove è possibile la coltivazione di colture sensibili al freddo, come l'olivo.

### **Bibliografia**

- BILLAUX P., 1978. Estimation du "regime hydrique" des sols au moyen des données climatiques. La méthode graphique: son utilisation dans le cadre de la Taxonomie Americaine des sols. *ORSTOM, ser. Pedol.* Vol. XVI, 3.
- CALÌ A., CEOTTO E., COSTANTINI E.A.C., DONATELLI M., 1996. Applicazione del modello Epic per la classificazione del pedoclima e confronto con altri metodi e con indici climatici. *Boll. Soc. It. Scienza del Suolo*, 6, 61-86.
- COSTANTINI E.A.C., TELLINI G., 1990. Studio pedologico di alcune aree sperimentali del nord, centro e sud Italia. *Ann. Ist. Sper. Agron. Bari*, XXI, suppl.2, 255-288.
- COSTANTINI E.A.C., CASTRIGNANÒ A., LORENZONI P., CALÌ A., RAIMONDI S., CASTELLI F., 1998. Il pedoclima e il suo ruolo di indicatore di sensibilità ambientale. In: "Sensibilità e vulnerabilità del suolo. Metodi e strumenti di indagine" (a cura di P. Sequi e G. Vianello), FrancoAngeli, Milano, 29-94.
- DONATELLI M., CEOTTO E., 1994. Note sulla composizione dei files di input per i modelli EPIC e CROPSYST. *Ist. Sper. Agr. di Bari, Sez. di Modena*, Febbraio 1994.
- FAO-UNESCO, 1990a. Soil climate classification system. Working paper 2. Roma.
- FAO-UNESCO, 1990b. Soil map of the world. Revised legend. Word soil resources report 60. pp. 118.
- MONTANARELLA L., 1999 Il Sistema Informativo Geografico dei Suoli Europei a scala 1:1,000,000 e la creazione di un nuovo database georeferenziato sui suoli a scala 1:250,000. Atti del Convegno SISS di Lagopesole, *Boll. Soc. It. Scienza del Suolo*, 1, 19-24.
- NEWHALL F., 1972. Calculation of Soil Moisture Regimes from Climatic Record. Rev. 4 Mimeographed, Soil Conservation Service, USDA, Washington DC.
- RAIMONDI S., 1991. L'impiego dei dati termopluviometrici in pedologia: il pedoclima dei suoli siciliani durante il trentennio 1921-1950. Atti del convegno "Agrometeorologia e Telerilevamento". Palermo 19-20 aprile.
- RAIMONDI S., 1993a. Il clima ed il pedoclima dei suoli siciliani durante il trentaduenno 1951-1982. Quaderni di Agronomia, 13. Istituto di Agronomia Generale e Coltivazioni Erbacee di Palermo, Italia, 24-51.

- RAIMONDI S., 1993b. Valutazione del pedoclima secondo il modello di simulazione di Newhall in tre stazioni siciliane. Quaderni di Agronomia, 13. Istituto di Agronomia Generale e Coltivazioni Erbacee di Palermo, Italia, 148-155.
- RAIMONDI S., POMA I., FREMATA A.S., 1996. Il pedoclima come fattore di sensibilità ambientale: esempio di metodologia applicata all'agro di Sparacia-Cammarata (AG). In: "Il Pedoclima e applicazioni Tassonomiche". Palermo, Italia, 29-40.
- SEQUI P., 1994. Il progetto finalizzato Produzione Agricola Nella Difesa dell'Ambiente "PANDA". *Agricoltura e Ricerca*, 154, 151-192.
- SOIL SURVEY STAFF, 1975. Soil Taxonomy: A basic system for making and interpreting soil surveys. USDA Handbook 436, pp. 754. Washington DC.
- SOIL SURVEY STAFF, 1992. Keys to Soil Taxonomy. Fifth Edition. SMSS technical monograph no 19. Pocahontas Press, Inc., Blacksburg, Virginia, USA.
- SHARPLEY A. N., WILLIAMS J.R., 1990. Epic - Erosion/Productivity Impact Calculator: 1) Model Documentation. U.S. Department of Agriculture, Technical Bulletin n. 1768, pp. 235. 2) User Manual. U.S. Department of Agriculture, Technical Bulletin n. 1768, pp. 127.
- THORNTON C.W., MATHER J.R., 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. *Climatology*, X, 3. Centerton N.Y. USA.
- VAN WAMBEKE A., 1986. Newhall Simulation Model, a Basic program for the IBM PC. Department of Agronomy Cornell University, Ithaca NY.
- WILLIAMS J.R., JONES C.A., KINIRY J.R., SPANIEL D.A., 1989. The Epic crop growth model. *Trans. ASAE*, 32, 497-511.

## Note

1. Da notare che i punti di massima umidità sono da considerarsi sovrastimati, a causa di un errore strumentale che si verifica con l'utilizzo del TRASE in condizioni prossime alla saturazione.

## Contributi

Costantini E.A.C.: responsabile della ricerca e della prova a Cesa, ha curato la realizzazione del testo con il contributo di tutti gli autori;

Cali A.: ha realizzato le simulazioni con Epic;

Castelli F.: responsabile della prova a Bovolone;

Lorenzoni P.: responsabile della prova a Rieti;

Napoli R.: ha curato in particolar modo la realizzazione della cartografia tematica;

Perini L.: ha curato la parte climatica;

Raimondi S.: responsabile della prova a Sparacia.

*SISTEMA INFORMATIVO DELLA MONTAGNA  
(S.I.M.). NOTA SULL'EVOLUZIONE DEL  
PROGETTO E SULLO STATO DI AVANZAMENTO  
DELLA REALIZZAZIONE*

Fausto Martinelli, Claudio Muscaritoli

Ministero per le Politiche Agricole

Direzione Generale Risorse Forestali, Montane ed Idriche

Sistemi Informativi Automatizzati del Corpo Forestale dello Stato  
Via Carducci, 5 - 00187 Roma

**Premessa**

La Legge n. 97/94 (Nuove disposizioni per le zone montane), oltre a introdurre un insieme di misure tese allo sviluppo globale della montagna attraverso la valorizzazione di tutte le risorse presenti nei territori montani (ambientali, agricole, forestali, storico culturali, produttive e commerciali), individua e affronta la necessità di creare un collegamento organico tra gli enti e le amministrazioni pubbliche operanti sul territorio montano; tale collegamento dovrà garantire il superamento degli ostacoli che, fino ad oggi, si sono frapposti ad una razionale ed efficace gestione dei servizi in montagna.

La Comunità montana viene individuata, per la sua natura, ruolo e funzioni, come il riferimento d'elezione per gli interventi mirati a conservare e valorizzare le risorse montane e ad affrontare e superare le difficoltà di comunicazione con le amministrazioni ai diversi livelli.

A tale proposito, l'art.24 (Informatica e telematica) della Legge afferma che:

- le comunità montane possono operare quali sportelli dei cittadini per superare le difficoltà di comunicazione fra le varie strutture e i servizi territoriali. A tal fine, le Amministrazioni pubbliche ed i soggetti che gestiscono pubblici servizi sono tenuti a consentire loro l'accesso gratuito a tutte le informazioni ed ai servizi non coperti da segreto;
- il Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali (oggi Ministero per le Politiche Agricole), d'intesa con la conferenza per-

manente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome di Trento e Bolzano, istituisce nell'ambito del proprio sistema telematico, gli opportuni collegamenti dei servizi di interesse delle aree montane con le comunità, i comuni montani e l'UNCCEM.

Come è noto, al fine di seguire l'attuazione della Legge, presso il Ministero del Bilancio e della Programmazione Economica, è stato istituito il Comitato Tecnico Interministeriale per la Montagna (CTIM), composto da rappresentanti delle principali Amministrazioni interessate all'attuazione della Legge sulla Montagna.

In Comitato, è emersa la necessità, sostenuta con particolare interesse dall'Unione Nazionale Comuni, Comunità ed Enti montani (UNCCEM), di avviare, a cura del Ministero delle Risorse agricole, alimentari e forestali, un **Sistema Informativo della Montagna (SIM)** per dare attuazione a quanto disposto dall'art. 24 della sopracitata Legge, anche al fine di accelerare la costituzione dello sportello del cittadino in montagna presso le Comunità Montane.

Il Comitato Tecnico Interministeriale per la Montagna ha riconosciuto il ruolo basilare che il SIM assume sia quale supporto decisionale delle iniziative da condurre nel tempo in attuazione della legge, sia quale prima concreta realizzazione in grado di offrire benefici diretti a favore delle popolazioni delle zone montane.

Nel dicembre 1995 Il Comitato ha approvato il progetto, predisposto da un apposito sottogruppo di lavoro, dando indicazioni al MiRAAF stesso di procedere per le ulteriori approvazioni occorrenti (Conferenza Stato-Regioni, AIPA).

Di seguito si riporta sinteticamente un quadro di riferimento entro cui collocare e definire innanzitutto il SIM, il ruolo del Ministero per le Politiche Agricole e il progetto di avvio della realizzazione del sistema.

### **1. Obiettivi generali del Sistema informativo della Montagna (SIM) e sviluppo della progettazione**

Gli obiettivi principali che hanno guidato, fin dall'inizio, la fase di progettazione del Sistema Informativo della Montagna sono riassumibili:

- nell'avvicinamento della Pubblica Amministrazione e dei suoi servizi al territorio montano finalizzato al miglioramento della qualità della vita delle popolazioni residenti anche attraverso l'accesso facilitato a tutte le

informazioni relative alle opportunità di sviluppo (finanziamenti e contributi pubblici, opportunità di impiego, informazioni di mercato, etc.);

- nell'avvicinamento del territorio montano alla Pubblica Amministrazione in termini di conoscenze specifiche delle realtà locali da tradursi in decisioni di governo e di pianificazione a livello locale, regionale e centrale.

Nel primo semestre del 1995 è stato predisposto, ad opera di un apposito sottogruppo di lavoro nell'ambito del predetto Comitato (CTIM), uno studio finalizzato ad individuare le prime azioni da intraprendere per l'impianto del SIM, in relazione alle risorse finanziarie utilizzabili. Lo studio ha evidenziato in primo luogo che il SIM si configura e si caratterizza non tanto quale sistema informativo di nuovo impianto, bensì quale "complesso di servizi" attivabili attraverso l'evoluzione e il collegamento di sistemi informativi già esistenti; in particolare, gli aspetti caratteristici del sistema sono:

- l'integrazione e l'interconnessione di sistemi informativi già esistenti;
- la possibilità di accesso in territorio montano alle informazioni e ai servizi offerti dai sistemi informativi della P.A.;
- lo sviluppo, nell'ambito dei singoli e competenti sistemi informativi interconnessi, di dati e funzioni "tagliate" in modo specifico sulle esigenze della montagna.

Il SIM si configura quindi come un Sistema Informativo "inter-settoriale" che vede sostanzialmente le Comunità Montane come punto di integrazione di un insieme di componenti informative e di applicazioni già esistenti o in via di realizzazione nell'ambito dei diversi sistemi informativi della Pubblica Amministrazione centrale e locale.

Lo sviluppo, la realizzazione e la messa a disposizione dei dati e dei servizi applicativi attraverso il SIM sarà effettuata da ciascuna Amministrazione interessata in attuazione delle relative competenze con il supporto e il coordinamento del Ministero per le Politiche Agricole.

Tale carattere intersettoriale ha, fin dall'inizio, evidenziato la necessità di attivare, in fase realizzativa e di prima attivazione dei servizi, un apposito gruppo di lavoro che dovrà rappresentare in primo luogo il punto di riferimento operativo per lo sviluppo del sistema e per la sua progressiva estensione sia funzionale (ampliamento del ventaglio dei servizi) che territoriale (estensione dei servizi a nuove Comunità Montane).

## **2. La coerenza con la Rete Unitaria della P.A. e la compatibilità con il progetto "sistema di interscambio catasto-comuni" avviato dall'AIPA**

Il progetto deve garantire ovviamente la coerenza con gli standard definiti dall'Autorità per l'Informatica nella Pubblica Amministrazione per assicurare la connettività fra le reti, l'interoperabilità tra i sistemi e la cooperazione tra le applicazioni delle varie Amministrazioni. In tal senso, il progetto si caratterizza particolarmente per i seguenti aspetti:

- l'architettura tecnica delineata che, sulla base dei principi e degli standard definiti negli studi per la realizzazione della Rete Unitaria della Pubblica Amministrazione e per la definizione del Sistema di Comunicazione dei dati Territoriali (SCT) potrà costituire un riferimento "pilota" per l'applicazione degli stessi;

- l'adozione di una fase per la realizzazione di un prototipo nel processo produttivo delle applicazioni *software* che, consentendo all'AIPA e all'UNCCEM di validare i modelli di servizio che verranno realizzati, costituisce un elemento di garanzia per un reale ed efficace utilizzo degli stessi e la definizione dei corrispondenti standard sia tecnici che funzionali; il prototipo sarà realizzato su un nucleo significativo di funzionalità di ciascuna tipologia di servizio, interessando i diversi tipi di unità organizzative coinvolte nella loro erogazione.

Lo sviluppo del prototipo si rende necessaria per poter verificare i requisiti del Sistema di comunicazione dei dati territoriali rispetto ad una realtà importante quale quella delle Comunità Montane e inoltre per rendere coerenti i requisiti dell'infrastruttura di base del sistema di servizi previsti dal progetto di avvio del SIM con i requisiti per il sistema di interscambio "Catasto-Comuni"; il tutto con evidenti benefici in termini di uso razionale delle risorse e di efficacia complessiva del sistema.

L'obiettivo, quindi è la realizzazione di un prototipo che:

- verifichi possibilità di interscambio, aggiornamento e navigazione di informazioni di natura territoriale (immagini, dati cartografici, dati descrittivi) correlate da un sistema di indici di riferimento per gli ambienti applicativi delle Comunità Montane e dei Comuni;

- attesti la compatibilità tecnico-funzionale del SIM con il "Sistema di interscambio Catasto-Comuni".

Il ruolo dell'AIPA: la Legge 97/94 prevede, in particolare, che

l'AIPA, sentita l'UNCCEM predisponga le possibili forme di collaborazione tra le Amministrazioni affinché le Comunità Montane possano operare quale sportello dei cittadini. A tale riguardo, si evidenzia il ruolo fondamentale che verrà svolto dall'AIPA per verificare la coerenza dei requisiti di base del sistema di servizi previsti dal progetto con ulteriori e possibili servizi, al fine di un uso razionale delle risorse e di una efficacia complessiva del sistema proposto.

Il ruolo dell'UNCCEM: l'Unione nazionale dei Comuni, Comunità ed Enti Montani (UNCCEM) sulla base dei compiti di rappresentanza e tutela degli interessi delle Comunità Montane e dei Comuni montani, in considerazione degli adempimenti che la Legge 97/94 gli affida, si pone quale interlocutore aggregante delle esigenze delle zone montane per collaborare, tenendo anche conto del protocollo d'intesa stabilito con l'AIPA nel luglio 1995, per la definizione e la diffusione di norme tecniche e criteri in tema di pianificazione, sviluppo ed interconnessione dei sistemi informativi automatizzati delle Amministrazioni.

L'UNCCEM coopererà anche per la diffusione, la divulgazione, l'informazione e l'orientamento verso Comuni montani delle normative e degli indirizzi di coordinamento.

### **3. L'avvio del progetto iniziale**

#### **3.1 La componente "agricolo/forestale" per l'avvio della realizzazione del SIM**

La prima fase della realizzazione del SIM è caratterizzata:

- dall'attivazione e condivisione di un insieme di servizi di competenza "agricolo/forestale" a supporto delle attività delle Comunità Montane, dell'UNCCEM e del Ministero dell'Ambiente principalmente basati sulle banche dati e servizi realizzati nell'ambito del settore agricolo/forestale;
  - dalla progettazione e realizzazione delle infrastrutture di trasporto delle informazioni a livello geografico e locale nell'ambito del proprio sistema telematico (SIAN);
  - dalla fornitura delle infrastrutture elaborative necessarie per l'erogazione dei servizi telematici;
-

- dalla formazione del personale da dedicare principalmente alla gestione ed erogazione dei suddetti servizi.

### 3.2 Le principali aree funzionali e servizi previsti dal progetto iniziale

Con la realizzazione del progetto si prevede l'attivazione, in quattro Regioni pilota, di una serie di servizi orientati sia al cittadino (servizi di sportello) sia alla valorizzazione delle risorse montane (agricoltura, foreste, ambiente, agriturismo, etc.) sia alla conoscenza e al monitoraggio del territorio. Tali servizi riguardano:

- \* Informazioni di pubblica utilità
  - \* Centro di meteorologia agraria e forestale della montagna
  - \* Gestione del territorio e delle risorse ambientali con particolare riguardo agli aspetti agricoli e forestali:
    - prevenzione e difesa calamità;
    - valorizzazione del patrimonio storico strutturale presente nel territorio montano;
    - salvaguardia dell'assetto idrogeologico del territorio montano;
    - supporto al ripristino del patrimonio forestale.
  - \* CITES - Commercio e tutela di animali e piante protette
  - \* Rilevazione della domanda offerta di prodotti e servizi della montagna:
    - reperibilità di prodotti vivaistici e zootecnici;
    - soggetti titolari di superfici forestali che necessitano di utilizzazioni boschive e di manodopera;
    - aziende che effettuano operazioni di lavorazione in bosco e loro specializzazione;
    - prodotti tipici o pregiati della zona (vini e formaggi doc, agricoltura biologica, etc.).
  - \* Assistenza tecnica in agricoltura:
    - prontuario sanitario;
-



- registro delle varietà vegetali.
- \* Statistiche in agricoltura
- \* Consultazione documentazione per gli aiuti comunitari
- \* Club Alpino Italiano
- \* Formazione professionale (informazioni su)
- \* Banche dati giuridico-legali
- \* Montagne d'Italia
- \* Numero verde della Montagna
- \* Sportello autorizzativo unico (nelle zone ricadenti nei Parchi Nazionali)

### 3.3 Le 4 Regioni pilota

I punti di erogazione pilota sono stati individuati dal CTIM nelle seguenti quattro Regioni pilota, comprendenti nel loro territorio 60 Comunità Montane e due Parchi nazionali (Gran Sasso e Pollino).

L'individuazione è avvenuta sulla base di criteri di distribuzione omogenea tra Nord, Centro e Sud del paese e tenendo conto delle diverse realtà tecnologiche presenti:

- Friuli Venezia Giulia, per la presenza, a livello di enti locali, di strutture telematiche ed informatiche;
- Emilia Romagna, nel cui territorio sono già operanti sportelli per l'erogazione di servizi al cittadino;
- Abruzzo, nel cui territorio sono presenti il maggior numero di aree protette nazionali;
- Basilicata, per la presenza di aree protette e la necessità di potenziare le strutture telematiche.

E' da sottolineare che alcune Regioni, anche fra quelle sopra menzionate, recependo le indicazioni della Legge 97/94, hanno previsto nelle rispettive normative regionali sulla montagna, l'attivazione di sportelli al cittadino basati su servizi telematici.

### 3.4 L'attuazione

I tempi di avvio della realizzazione sono risultati indubbiamente lunghi; ciò a causa della complessità sia dei problemi di natura tecnica, che hanno richiesto circa un anno per la messa a punto del progetto, sia dell'iter amministrativo di approvazione che ha richiesto circa un anno per la richiesta dei pareri obbligatori (AIPA e Consiglio di Stato) e per il recepimento in sede contrattuale delle relative osservazioni e prescrizioni.

Attualmente è in corso la definizione i modelli di servizio di alcuni servizi di particolare complessità e la realizzazione dei relativi prototipi. I servizi individuati dall'AIPA come "critici" per rilevanza e complessità riguardano:

- gestione del territorio e delle risorse ambientali ai fini agricoli e forestali;
- Sportello autorizzativo unico;
- Commercio e tutela animali e piante protette;
- Rilevazione della domanda/offerta di prodotti e servizi della montagna;
- Assistenza tecnica in agricoltura;
- Consultazione documentazione per aiuti comunitari.

I prototipi verranno modellati e sperimentati inizialmente in una Comunità Montana pilota per ciascuna delle quattro Regioni pilota e, al termine della sperimentazione saranno installati complessivamente in 60 Comunità Montane. Le Comunità Montane pilota proposte dall'UNCCEM sono:

- per la Regione Friuli Venezia Giulia:
  - *C.M. Valli del Torre*, con sede presso il Comune di Tarcento (UD);
- per la Regione Emilia Romagna:
  - *C.M. Valli del Taro e del Ceno*, con sede presso il Comune di Borgo Taro (PR);
- per la Regione Abruzzo:
  - *C.M. Amiternina*, con sede presso il Comune di l'Aquila (AQ)
- per la Regione Basilicata:
  - *C.M. Alto Agri*, con sede presso il Comune di Villa d'Agri (PZ).

Ruolo del Corpo forestale dello Stato nell'erogazione di alcuni servizi di tipo informativo a carattere territoriale previsti nell'ambito del Sistema Informativo della Montagna

L'avvio del Sistema Informativo della Montagna consisterà nell'attivazione di servizi di varia natura, rivolti sia all'utenza pubblica sia a quella privata, la cui erogazione sarà curata e garantita dalle diverse amministrazioni che partecipano al progetto.

L'attivazione del SIM deve essere, pertanto, intesa come attivazione di un complesso di servizi pubblici, per ciascuno dei quali dovranno essere garantiti, dalle amministrazioni responsabili, tutti i requisiti di qualità propri di un servizio rivolto all'utenza esterna, sia essa rappresentata da cittadini o da altre amministrazioni.

Tali servizi dovranno pertanto proporsi all'utenza come risorsa stabile e realmente utilizzabile, caratterizzata da affidabilità, regolarità e trasparenza delle prestazioni erogate e delle modalità di accesso.

In particolare, nel caso dei servizi di tipo informativo a carattere territoriale tali requisiti sono strettamente riferibili alla qualità dell'informazione trattata (precisione, completezza, frequenza e regolarità di aggiornamento, certificazione, etc.)

E' evidente che le attività di erogazione di servizi così caratterizzati richiedono opportuni interventi sul piano organizzativo atti a creare, all'interno delle singole amministrazioni, strutture ben identificate, dedicate e stabili le quali, nel caso del C.F.S., dovranno articolarsi sia ai livelli periferici che al livello centrale.

Tra i servizi che vedono il C.F.S. come fornitore principale, ne figura uno, di notevole complessità, interesse e rilevanza esterna, a cui viene rivolta particolare attenzione anche da parte dell'Autorità per l'informatica nella Pubblica Amministrazione.

Di tale servizio, denominato "Gestione del territorio e delle risorse ambientali a fini agricoli e forestali", è in fase di definizione il relativo modello di servizio. Nei prossimi mesi verranno, infatti, affrontati e definiti i livelli di fattibilità di tutti gli aspetti connessi ai contenuti informativi, alle prestazioni funzionali, alle modalità di erogazione e al modello organizzativo da adottare all'interno dell'amministrazione per garantirne l'erogazione secondo gli standard qualitativi prefissati.

#### **4.1 Caratteristiche dei servizi territoriali del SIM erogati dal C.F.S.**

Il servizio si articola su quattro aree di intervento:

- prevenzione e difesa calamità (incendi boschivi, valanghe, alluvioni....);
- valorizzazione del patrimonio storico-strutturale montano;
- salvaguardia dell'assetto idrogeologico montano;
- supporto al ripristino del patrimonio forestale.

Si tratta di un tipico servizio informativo rivolto agli Enti che operano sul territorio con finalità di protezione, salvaguardia e pianificazione.

Le tematiche oggetto del servizio costituiscono le principali aree di intervento e di competenza del Corpo Forestale dello Stato, che si configura quindi come l'Organismo responsabile dello stesso, in coordinamento con il Ministero dell'Ambiente, Servizio di Conservazione della Natura e gli Enti Parco.

Nelle schede che seguono è riportata descrizione del servizio, articolata nei quattro settori sopra indicati e con riguardo alle finalità, alle informazioni trattate e agli utenti finali.

E' evidente l'impegno sul fronte tecnico-scientifico e organizzativo, che sarà richiesto in fase di progettazione esecutiva; alle scelte progettuali dovrà corrispondere l'impegno, anch'esso sul fronte tecnico, organizzativo e formativo, necessario alla sperimentazione, attivazione ed erogazione del servizio agli utenti finali.

## GESTIONE DEL TERRITORIO E DELLE RISORSE AMBIENTALI A FINI AGRICOLI E FORESTALI

Articolazione, descrizione e finalità del servizio

### **A. Prevenzione e difesa calamità** (incendi boschivi, valanghe, alluvioni...)

Il servizio fornisce un supporto alle Amministrazioni ed alle squadre operative, preposte alla gestione dell'evento calamitoso, per la individuazione della aree a rischio e la gestione delle attività di primo intervento in caso di fenomeno calamitoso.

Il servizio consente di rendere disponibili nel più breve tempo possibile e in modo mirato informazioni utili durante situazioni d'emergenza.

Inoltre, la conoscenza delle condizioni strutturali del territorio permette di individuare e di ottimizzare gli interventi preventivi di salvaguardia del patrimonio forestale.

### **B. Valorizzazione del patrimonio storico-strutturale montano**

Il servizio è finalizzato alla valorizzazione delle infrastrutture, delle opere e dei manufatti anche dismessi d'interesse storico presenti nella zona montana attraverso la rilevazione, l'organizzazione e la divulgazione di informazioni di varia fonte e natura. Il servizio consente di divulgare con efficacia informazioni sul patrimonio storico-culturale della zona montana altrimenti sconosciuto.

Inoltre, la conoscenza delle opere dismesse esistenti sul territorio permette di programmare e avviare interventi per il recupero anche funzionale e la valorizzazione di detto patrimonio per scopi turistici, sociali, conservativi, paesaggistici.

### **C. Salvaguardia dell'assetto idrogeologico montano**

Il servizio fornisce strumenti informativi per la gestione del territorio finalizzata alla prevenzione del dissesto idrogeologico.

In particolare, permette di conoscere e pianificare l'eventuale necessità di opere di sistemazione idraulico-forestale in relazione a potenziali situazioni di rischio.

Il servizio consente di elaborare e divulgare in tempi rapidi ed in modo mirato informazioni sulle esigenze manutentive e realizzative delle opere di sistemazione idraulico-forestale di supporto alle azioni di governo e controllo dell'assetto idrogeologico del territorio montano.

Tali informazioni, oltre a consentire una valutazione tecnico-economica complessiva degli interventi necessari, costituiscono un indispensabile riferimento per fronteggiare le emergenze.

### **D. Supporto al ripristino del patrimonio forestale**

Il servizio è finalizzato all'analisi e monitoraggio degli eventi che arrecano danni al patrimonio forestale. Quali incendi, inquinamento, attacchi parassitari.

Il servizio consente di divulgare informazioni sull'entità e sugli aspetti del fenomeno degli incendi boschivi e delle cause note e ignote di danno, con riferimento sia a singoli eventi che alla manifestazione nel suo complesso.

Inoltre, la disponibilità di informazioni sulle risorse impiegate ed i risultati conseguiti fornisce un supporto per il perfezionamento delle tecniche di immediato intervento.

Infine, la conoscenza a scale diverse della consistenza e della qualità del patrimonio boschivo distrutto, permette di individuare e di pianificare gli interventi di ripristino e le relative risorse necessarie.

## GESTIONE DEL TERRITORIO E DELLE RISORSE AMBIENTALI A FINI AGRICOLI E FORESTALI

Articolazione delle informazioni da  
trattare per l'erogazione del servizio

### A. Prevenzione e difesa calamità (incendi boschivi, valanghe, alluvioni....)

Si prevede la rilevazione, raccolta e gestione di informazioni in merito a:

- viabilità forestale in termini di strade e sentieri di montagna e relativo stato di manutenzione
- localizzazione di opere di prevenzione quali viali parafuoco e il loro stato di manutenzione
- ubicazione delle fonti di approvvigionamento idrico per incendi boschivi)
- condizioni climatologiche e meteorologiche
- elenco dei volontari;
- disponibilità di mezzi di soccorso con indicazione dei relativi proprietari;
- norme comportamentali;
- individuazione delle aree interessate da fenomeni calamitosi (valanghe, frane).

### B. Valorizzazione del patrimonio storico- strutturale montano

Si prevede la rilevazione raccolta e gestione di informazioni in merito a:

- consistenza in termini qualitativi-quantitativi delle strutture;
- lo stato di manutenzione;
- ubicazione e proprietà;
- possibilità di recupero e impiego

### C. Salvaguardia dell'assetto idrogeologico montano

Si prevede la rilevazione, raccolta e gestione di informazioni in merito a:

- consistenza in termini qualitativi-quantitativi delle strutture;
- stato di manutenzione;
- ubicazione;
- forme principali di dissesto idrogeologico nella zona;
- situazioni di crisi potenziale o in atto nella zona e relativi interventi più urgenti.

### D. Supporto al ripristino del patrimonio forestale

Si prevede la rilevazione, raccolta e gestione di informazioni in merito a:

- localizzazione e l'estensione dell'area in cui si è manifestato l'evento (in particolare, incendio);
- la durata dell'evento;
- la descrizione degli interventi realizzati e del loro effetto;
- le probabili cause;
- la superficie boscata colpita;
- correlazione con altre informazioni che caratterizzano l'area interessata (precedente consistenza, specie prevalente, governo,...);

**GESTIONE DEL TERRITORIO E DELLE RISORSE AMBIENTALI  
A FINI AGRICOLI E FORESTALI**

Utenti cui è rivolto il servizio

**A. Prevenzione e difesa calamità  
(incendi boschivi, valanghe, alluvioni...)**

Si prevede la rilevazione, raccolta e gestione di informazioni in merito a:

- viabilità forestale in termini di strade e sentieri di montagna e relativo stato di manutenzione
- localizzazione di opere di prevenzione quali viali parafuoco e il loro stato di manutenzione
- ubicazione delle fonti di approvvigionamento idrico per incendi boschivi)
- condizioni climatologiche e meteorologiche
- elenco dei volontari;
- disponibilità di mezzi di soccorso con indicazione dei relativi proprietari;
- norme comportamentali;
- individuazione delle aree interessate da fenomeni calamitosi (valanghe, frane).

**B. Valorizzazione del patrimonio storico-strutturale montano**

Si prevede la rilevazione raccolta e gestione di informazioni in merito a:

- consistenza in termini quali-quantitativi delle strutture;
- lo stato di manutenzione;
- ubicazione e proprietà;
- possibilità di recupero e impiego

**C. Salvaguardia dell'assetto idrogeologico montano**

Il servizio si rivolge a tutte le organizzazioni impegnate nella salvaguardia dell'assetto idrogeologico del territorio montano: in primo luogo il CFS, nonché gli Enti locali, il Ministero dell'Ambiente, le Autorità di bacino, i Servizi Tecnici della Presidenza del Consiglio.

**D. Supporto al ripristino del patrimonio forestale**

Il servizio si rivolge a tutte le organizzazioni impegnate nella conservazione del patrimonio forestale: in primo luogo il CFS, gli Enti locali. Il Ministero dell'Ambiente, le Autorità di bacino. ecc.

#### **4.2 Attività necessarie per l'erogazione del servizio**

Il contributo del Corpo Forestale dello Stato riguarda la rilevazione e la gestione delle informazioni, nonché il supporto di competenze tecniche ed operative necessarie per l'erogazione del servizio stesso.

Al fine di rilevare in maniera corretta le necessarie informazioni sul territorio il CFS viene dotato, sia presso le strutture centrali che periferiche, delle apparecchiature necessarie per il rilevamento e il trattamento dei dati territoriali.

I Comandi Stazione del CFS avranno il compito di rilevare i dati al suolo, mediante uso di dispositivi GPS, e inviarli al competente ufficio di coordinamento centrale, responsabile della loro correzione, nonché della loro elaborazione e integrazione con la cartografia di base, al fine di produrre i tematismi specializzati che costituiscono la fonte informativa del servizio.

Tutte le informazioni alfanumeriche, infatti, laddove georeferenzabili, verranno integrate in un Sistema Informativo Territoriale, assieme ad una cartografia di base in formato numerico della zona montana d'interesse della Comunità, qualora resa disponibile dalle Amministrazioni competenti sul territorio.

Un ruolo centrale, per l'alimentazione delle informazioni e l'erogazione del servizio, avrà il Ministero dell'Ambiente, e in particolare il Servizio Conservazione della Natura e gli Enti Parco coinvolti nella attivazione del servizio. Nell'ambito del servizio verranno recepiti e, laddove necessario, opportunamente specializzate, le informazioni climatologiche, agrometeorologiche e previsionali predisposte attraverso il "Servizio SIM del centro meteorologico a fini agricoli e forestali per la montagna".

Le informazioni cartografiche e i tematismi verranno resi disponibili ai Coordinamenti Provinciali del CFS, alle Comunità Montane nonché al Servizio Conservazione della Natura e agli Enti Parco del Ministero dell'Ambiente. I dispositivi GPS verranno resi disponibili presso alcuni Comandi Stazione. A tale riguardo occorre precisare che per un proficuo utilizzo delle suddette apparecchiature è stato previsto di avvalersi di squadre opportunamente addestrate, in grado, tra l'altro, di:

- pianificare la campagna di rilevazione in relazione all'orografia dell'area da investigare e alla visibilità della costellazione satellitare nelle date previste;
  - analizzare e correggere i dati rilevati.
-



Una corretta rilevazione infatti, oltre a garantire la qualità delle informazioni, permetterà di ottimizzare l'attività di correzione a carico del competente ufficio di coordinamento centrale.

E' previsto inoltre il trattamento delle foto aeree disponibili in ambito AIMA e utilizzate per i controlli oggettivi in agricoltura (schedari oleicolo e viticolo. PAC).

Sono infine stati avviati incontri con il Dipartimento dei Servizi Tecnici Nazionali e, in particolare, con il Servizio Geologico, affinché i servizi di tipo territoriale del Sistema informativo della Montagna possano contribuire alla realizzazione del censimento dei fenomeni franosi e alla loro archiviazione secondo le metodologie indicate dal Servizio Geologico.

### **5. Gli sviluppi previsti**

Oltre alla naturale progressiva estensione su tutto il territorio nazionale dei servizi sopracitati, il futuro del SIM dovrebbe essere caratterizzato da un allargamento del ventaglio dei servizi stessi con la partecipazione all'iniziativa anche di altre Amministrazioni.

Di seguito si riporta l'elenco di alcuni dei servizi già individuati che potrebbero essere attivati a seguito di accordi fra le varie Amministrazioni:

- Divulgazione norme comportamentali per il rispetto della natura e dell'ambiente;
- Informazioni turistiche;
- Risorse finanziarie (avanzamento progetti);
- Valorizzazione del patrimonio forestale e ambientale;
- Rilascio dell'autorizzazione regionale per utilizzazioni boschive;
- Rilascio dell'autorizzazione regionale per vincolo idrogeologico;
- Misure complementari alla PAC;
- Viabilità e piano regionale dei trasporti;
- Servizi scolastici;
- Pagamento di servizi pubblici (luce, acqua, gas);
- Riscossione tributi consortili;

- Contributi bacini imbriferi;
  - Servizi sanitari - C.U.P. (Centro Unificato di Prenotazione);
  - Gestione servizi comprensoriali;
  - Opere pubbliche (Aree depresse);
  - Agevolazioni attività produttive (aree depresse);
  - Banca dati delle delibere del CIPE e degli altri comitati interministeriali di programmazione economica;
  - Sportello polifunzionale Finanze/Previdenza;
  - Applicazione Legge 44/86 - Imprenditoria giovanile;
  - Certificazioni anagrafiche;
  - Visure registri immobiliari e catastali;
  - Informazioni e certificazioni delle Camere di Commercio.
-

## *SENSIBILITÀ E VULNERABILITÀ DEL SUOLO: LA DOMANDA DELLE AUTORITÀ AMBIENTALI ED IL RUOLO DELLA PEDOLOGIA*

Gilmo Vianello

Centro Sperimentale per lo Studio e l'Analisi del Suolo

Università degli Studi di Bologna

Via S. Giacomo, 7 - 40126 Bologna

### **La risorsa suolo**

Il suolo, in quanto corpo dinamico naturale che costituisce la parte superiore della crosta terrestre, derivante dall'azione integrata nel tempo, del clima, della morfologia, della roccia madre e degli organismi viventi, rappresenta una formazione che risente di diversi processi fisici, chimici e biologici, e tale quindi da subire in maniera differenziata le azioni che influiscono sulle sue modificazioni e sul suo possibile depauperamento.

Come ricordato da Consiglio d'Europa nella "Carta europea del suolo" quest'ultimo consente la vita dei vegetali, degli animali e dell'uomo sulla superficie della terra, ma nel contempo è una risorsa limitata che si distrugge facilmente.

Alla sottrazione della "risorsa suolo" contribuiscono varie cause dallo sviluppo urbanistico alla erosione, dall'inquinamento al calo di fertilità.

L'agricoltura che usa questa risorsa e che talvolta provoca modifiche spinte da ridurre la potenzialità produttiva, può di contro contribuire a contrastare efficacemente i fenomeni di degradazione naturale se condotta secondo una logica di "sviluppo sostenibile".

In Italia le condizioni orografiche ripartiscono la superficie agraria e forestale in 38% di montagna, 41% di collina e 21% di pianura, mentre le variazioni di latitudine influenzano i regimi termo-pluviometrici, così che da situazioni meridionali di forte carenza idrica nell'intervallo primaverile-estivo, si passa alla relativa abbondanza di piogge estive delle zone subalpine e alpine. Condizioni orografiche e climatiche, unitamente agli

altri aspetti pedoagronomici, possono favorire od inibire la mobilitazione di diverse sostanze organiche ed inorganiche dalla superficie del suolo verso l'atmosfera per evapotraspirazione o al suo interno per infiltrazione. Il suolo per le sue caratteristiche intrinseche, costituisce il sistema di autodepurazione più completo a disposizione della natura, ma una volta contaminato rimane tale per tempi assai più lunghi rispetto all'acqua e all'atmosfera. Le sostanze contaminanti in esso presenti, siano esse di origine organica che inorganica, possono soggiacere a svariati fenomeni di evaporazione, migrazione, fissazione, decomposizione e possono infiltrarsi in profondità fino a provocare fenomeni di inquinamento della falda freatica più superficiale; quest'ultima possibilità è fortemente influenzata dalle caratteristiche intrinseche del substrato pedogenetico e dalle condizioni climatiche, oltre che dagli interventi operati dall'uomo.

### **Sensibilità e vulnerabilità del suolo**

Il suolo presenta un certo grado di reattività nei confronti di determinati agenti perturbanti (*sensibilità*) fino ad un limite oltre il quale tende ad manifestare forme di degrado in una o più delle sue funzioni chimico-fisico-biologiche (*vulnerabilità*). Un suolo così alterato nelle sue caratteristiche di base non è più in grado di svolgere la sua funzione di *filtro biologico* nei confronti di sostanze solubili, le quali lo possono attraversare con maggiore facilità rischiando di contaminare i livelli più superficiali del sistema idrogeologico.

La possibilità di valutare il differente grado di sensibilità e di vulnerabilità dei suoli nei confronti delle attività agricole ed extragricole richiede l'analisi di un sistema complesso di caratteri ambientali ed antropici.

Obiettivo primario è mettere a punto metodologie a differenti livelli di approfondimento per la valutazione del grado di sensibilità ambientale, con particolare riferimento al suolo, in funzione dei diversi impatti agricoli ed extragricoli, e che tengano in considerazione parametri di natura pedologica, climatica, geomorfologica, idrologica ed antropica. In tal senso per acquisire una sufficiente conoscenza delle caratteristiche pedoclimatiche del territorio risulterà necessario procedere alla organizzazione di una serie di fasi organizzative che possono venire così di seguito sintetizzate:

- delimitazione di ambiti territoriali omogenei per deficit di umidità; questa azione consente di porre particolare attenzione alle superfici che, in funzione del regime stagionale della temperatura e delle precipita-

zioni, oltre che della composizione dei suoli, possono presentare maggiori problemi nei confronti delle perdite d'acqua per evapotraspirazione o per infiltrazione;

- definizione delle caratteristiche idrogeologiche del territorio attraverso la raccolta ed il completamento delle notizie esistenti e la valutazione dell'influenza della composizione geolitologica sugli acquiferi;

- definizione pedologica del territorio e cartografia dei suoli;

- determinazione di ambiti territoriali omogenei per acclività o per altri fenomeni ai fini dei rischi dell'erosione e dello scorrimento superficiale delle acque;

- suddivisione vocazionale della superficie territoriale a seconda delle utilizzazioni agrarie e forestali;

- determinazione dei rapporti esistenti fra ampiezza dei singoli ambiti territoriali e densità di concentrazione delle popolazioni umane ed animali, con conseguente distribuzione territoriale delle risorse/problemi rappresentate dai rifiuti.

In Italia, come del resto in tutto il mondo occidentale, nel quale si constata la "pesante" azione dell'uomo sul suolo attraverso le moderne tecniche di agricoltura di tipo *industriale*, si sta facendo sempre più strada il concetto di *sostenibilità*; secondo il quale la strategia del coltivare non è più indirizzata verso la massima resa, ma piuttosto verso una produzione controllata e costante nel tempo *sopportabile* dal sistema ambiente ed in particolare dalle caratteristiche del suolo. Questa nuova condizione deve portare ad un ripensamento dei fondamenti agronomici dell'agricoltura sia attraverso il recupero di principi agronomici classici, sia mediante la revisione dei principi della produttività moderna (Paris, 1997).

Ed al proposito, in conclusione, si ritiene opportuno sottolineare i seguenti punti:

- il ritorno all'**avvicendamento** delle coltivazioni per il suo ruolo conservativo nei confronti del terreno agrario;

- il ripristino della **fertilità organica naturale** del suolo attraverso il recupero delle biomasse non alimentari per la sua funzione fisica (miglioramento della struttura del suolo), nutritiva (sviluppo della flora microbica) e antierosiva (protezione dall'azione battente delle piogge o della deflazione eolica);

- la diminuzione nell'impiego dei **concimi di sintesi** per una minore esasperazione produttiva da parte dei vari principi nutritivi e per un di-

---

minuito rilascio degli stessi nell'ambiente;

- la riduzione delle tecniche di **lavorazione profonda** dei terreni per non compromettere la stabilità di struttura del suolo e la sua fertilità naturale nel medio e nel lungo periodo;

- la progressiva sostituzione del **diserbo** attraverso il recupero del ruolo degli avvicendamenti o l'impiego di nuove tecniche biologiche (micoerbicidi, principi allelochimici, parassiti animali).

### **Un manuale RAISA/PANDA sulla sensibilità e vulnerabilità del suolo**

I concetti sopra esposti trovano il loro coerente sviluppo in un volume di recente pubblicazione edito da FrancoAngeli Editore dal titolo "Sensibilità e vulnerabilità del suolo: metodi e strumenti d'indagine".

La "sensibilità" e la "vulnerabilità" del suolo vengono trattate in funzione delle condizioni pedoclimatiche, delle pratiche irrigue e dei bilanci idrici, delle perdite di nutrienti per erosione e per infiltrazione, delle modificazioni dei caratteri chimico-fisici, della concentrazione di metalli, delle dispersioni di sostanze nocive e di erbicidi, del corretto impiego di biomasse di rifiuto per ridurre i rischi di inquinamento ambientale.

Tali problematiche vengono affrontate sul piano delle conoscenze, delle procedure metodologiche e delle applicazioni strumentali con lo scopo di definire il grado di "resistenza" alle differenti sollecitazioni naturali ed antropiche a cui viene sottoposto il suolo nel tempo; per una migliore comprensione dei contenuti viene di seguito riportato l'indice del volume:

Presentazione, di *Enrico Porceddu, Paolo Sequi*

Introduzione. La risorsa suolo, di *Paolo Sequi, Gilmo Vianello*

1. Il pedoclima e il suo ruolo di indicatore di sensibilità ambientale, di *Edoardo Antonio Costantini, Annamaria Castrignanò, Paolo Lorenzoni, Adriana Cali, Salvatore Raimondi, Fabio Castelli*.

2. La componente climatica della pericolosità per la valutazione dei rischi ambientali associati all'utilizzazione agro-forestale del suolo - 1: previsione degli afflussi massimi e dell'erosività delle piogge, di *Enrico Gregori, Luigi Sani*.

3. L'uso della geostatistica per una stima quantitativa della qualità del suolo, di *Annamaria Castrignanò*.

4. Il bilancio idrico e la sensibilità delle aree alla pratica irrigua, di *Girolamo Mecella e Patrizia Scandella*.

5. Valutazioni relative al consumo e alla trasformazione dell'uso del suolo mediante la procedura del confronto multitemporale, di *Massimo Gherardi, Paolo Rosetti, Gilmo Vianello*.

6. Possibili applicazioni di un modello di simulazione del bilancio idrico dei suoli come supporto nella valutazione del rischio di inquinamento di acque superficiali e profonde, di *Massimo Gherardi, Nicola Laruccia, Vittorio Marletto, Gilmo Vianello, Franco Zinoni*.

7. Valutazione dell'infiltrazione, del ruscellamento, dell'erosione e delle perdite di nutrienti mediante l'uso di simulatori di pioggia, di *Camillo Zanchi, Cesare Giordani, Giancarlo Pini*.

8. Il sistema dei pori nel terreno: un indicatore utile per definire il grado di sensibilità dei suoli in funzione degli interventi antropici, di *Marcello Pagliai*.

9. Approccio metodologico per definire la distribuzione ed il differente grado di concentrazione in metalli nei suoli per cause naturali ed antropiche, di *Agostino Consalter, Massimo Gherardi, Paolo Giandon, Andrea Simoni, Gilmo Vianello*.

10. Applicazione di un sistema informativo geografico per la valutazione della vulnerabilità integrata del territorio, di *Giovanni Ballestra, Roberto Bertozzi, Alessandro Buscaroli, Paolo Rosetti, Gilmo Vianello*.

11. Proposta metodologica per la valutazione della vulnerabilità integrata degli acquiferi all'uso di erbicidi, di *Ciro Gardi, Paola Rossi Pisa*.

12. Criteri da adottare nell'impiego di biomasse di rifiuto in agricoltura per ridurre i rischi di inquinamento ambientale, di *Claudio Ciavatta, Marco Govi, Paolo Sequi*.

### **Bibliografia**

AA.VV., 1988. Interazione e competizione dei sistemi urbani con l'Agricoltura per l'uso della risorsa suolo. P.FIPRA-CNR., monografia n. 29, pp. 449-639, Coll. Orient. Geomorf. Agron. Forest., Pitagora Editrice Bologna.

AA.VV., 1991. Agricoltura e ambiente. Accademia Nazionale dell'Agricoltura, Edagricole, Bologna.

- ALTIERI M.A., 1991. Agroecologia. F. Muzzio Editore, Padova.
- BALDINI U., FORTELLI M., LUPATELLI G., PIRAZZOLI M., VIANELLO G., 1987. Un modello interpretativo dei caratteri strutturali delle relazioni tra sistemi urbani e settore agricolo nell'utilizzazione di risorse territoriali. P.F. Ipra-CNR, pubbl. n. 1284, pp. 149-279.
- PANGALLO S. G., 1996. Il consumo dei suoli agricoli in Italia. *AGROambiente*, n. 9/10.
- PARIS. P., PARIS Q., 1996. L'agricoltura nel ventunesimo secolo: prospettive agronomiche ed economiche. *La Questione Agraria*, n. 60; 7-70.
- PARIS P., 1997. Rapporti tra agricoltura e ambiente. CIDIEP, "Ricerca e didattica in educazione ambientale", Parma.
- PIROLA A., VIANELLO G., 1992. Cartografia tematica ambientale - Suolo, vegetazione, fauna. Collana Studi Superiori NIS/127 Ambiente, pp. 187, La Nuova Italia Scientifica, Roma.
- RASIO R., VIANELLO G., 1990. Cartografia pedologica nella pianificazione e gestione del territorio. P.F. IPRA-CNR, Collana Sistema Agricolo Italiano, pp. 267, Franco Angeli Editore, Milano.
- SEQUI P. (a cura di), 1989. Chimica del suolo. Patron Editore, Bologna.
- SEQUI P., VIANELLO G., 1993. Fasi preliminari di lettura del territorio finalizzate allo studio di vulnerabilità ambientale. In "L'impatto delle agro-tecnologie nel bacino del Po", P.F. RAISA-CNR, Collana Sistema Agricolo Italiano, pp.273-278, Franco Angeli Editore, Milano.
- SEQUI P., VIANELLO G., 1993. La conoscenza delle caratteristiche pedoclimatiche nella classificazione del territorio in aree a differente grado di vulnerabilità ambientale. In "L'impatto delle agro-tecnologie nel bacino del Po", P.F. RAISA-CNR, Collana Sistema Agricolo Italiano, pp.279-286, Franco Angeli Editore, Milano.
- SEQUI P., VIANELLO G. (a cura di), 1998. Sensibilità e vulnerabilità del suolo: metodi e strumenti d'indagine. P.F. RAISA-CNR e PANDA-MIRAAF, Collana Ricerche avanzate per innovazione nel sistema agricolo, pp. 404, FrancoAngeli Editore, Milano.
- TODISCO E., 1976. Sviluppo, ambiente e risorse. Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, pp.95, Roma.
- VIANELLO G., 1982. Il suolo: risorsa ambientale di valore economico. Atti del Convegno "Agricoltura, Ambiente, Territorio", pp. 44-47, Spoleto, 29-30 ottobre 1982.
- VIANELLO G., 1983. L'introduzione dello studio del suolo nella revisione della strumentazione urbanistica per una corretta pianificazione territoriale. *Sviluppo Agricolo*, Anno XVII, n. 8-9, pp. 86-87.
- VIANELLO G., 1993. Il problema della conservazione del suolo nel bacino padano. In "L'impatto delle agro-tecnologie nel bacino del Po", P.F. RAISA-CNR, Collana Sistema Agricolo Italiano, pp.123-127, Franco Angeli Editore, Milano.



## *LO STUDIO DEL VULCANICO E LA SUA IMPORTANZA PER LE AREE MEDITERRANEE*

Luciano Lulli

Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo - Sezione di Tecnologia del Suolo -  
Via Cagliari, 16 - 88063 Catanzaro Lido

Questa relazione si riferisce ai suoli del vulcanico continentale attivo e non del Quaternario recente ed è valida, *mutatis mutandis*, anche per le aree finora quasi sconosciute delle isole minori.

Due parole sul vulcanesimo introducono il tema principale. L'attività vulcanica, specie quella continentale, produce materiali normalmente molto vetrosi derivanti da fasi esplosive di vario tipo che vanno dalle semplici piroclastiti di ricaduta, alle emissioni ignimbristiche, alle colate piroclastiche, alle emissioni magmatofreatiche.

I suoli risentono fortemente di questa condizione di partenza per cui abbiamo molte caratteristiche che sono peculiari ai pedotipi che derivano da materiali vulcanici vetrosi. Poiché il materiale primario è vetroso il sistema suolo ha due proprietà principali: si comporta come un sistema poroso attivo, simile ad una spugna si imbibisce di acqua che cede lentamente ed è inoltre in grado di sostenere le piante mettendo a disposizione con facilità gli elementi principali della nutrizione.

Entrando nello specifico, abbiamo suoli con una massa volumica apparente molto bassa, con una buona capacità idrica ed in genere con una buona aerazione. La capacità di scambio è elevata e quasi mai si riscontrano, nei nostri ambienti, fenomeni di degradazione fisico chimica. La stabilità strutturale è elevata.

Il suolo da materiale vulcanico, che contiene o sviluppa caratteristiche andiche, ha una notevole capacità di fissare gli anioni, ma questa proprietà non sembra limitare la crescita delle piante, o almeno, se incide sulla nutrizione, non è sufficiente per abbattere la grande fertilità che in genere questi suoli dimostrano.

I suoli da materiale vulcanico sono i suoli più fertili in assoluto soprattutto perché l'abitabilità per le radici delle piante è elevata. Semplificando, si può dire che i suoli si comportano come sistemi sabbiosi con i vantaggi fisici che ne derivano cui assommano le proprietà dei sistemi argillosi con i vantaggi nutrizionali che ne conseguono.

In una rapida carrellata si susseguono i suoli veramente andici delle alte quote, e con piovosità che raggiungono e superano i 2.000 mm, ai suoli che esprimono caratteristiche di vetrosità primaria, sino ai quelli degli ambienti più decisamente mediterranei con argilla cristallizzata accumulata per lisciviazione. Modalità di deposizione delle vulcaniti e variazioni climatiche dipendenti dalla posizione geografica articolano i suoli da vulcanico in tipologie a volte fortemente divergenti, ma comunque sempre di buona, se non ottima, fertilità agronomica e forestale.

Suoli come questi sono una vera e propria ricchezza per il paese; una ricchezza che si dimostra anche rapidamente rinnovabile. Infatti alcune aree del centro e sud d'Italia non hanno sofferto di depauperamento delle produttività in quanto molti materiali primari sono già naturalmente suolo e sono in grado di sostenere la vita delle piante. Sui materiali incoerenti, cinerei e piroclastici di tanta parte del Lazio e della Campania i fenomeni erosivi hanno una scarsa incidenza sulla risorsa suolo. In altre situazioni invece il problema è urgente. Gran parte degli affioramenti calcarei appenninici e preappenninici sono stati ricoperti in passato da piroclastiti provenienti da più centri eruttivi. Attualmente, cessata l'azione di ricoprimento, l'erosione, accelerata dall'uomo, mette a nudo, soprattutto sulle pendici meridionali, rocce decisamente sterili, per cui si vedono rilievi calcarei quasi privi di vegetazione lungo tutto il versante tirrenico.

Evitare l'inaridimento di queste aree penso sia importante perché i versanti si denudano in maniera irreversibile, a meno di un non auspicabile, anche se possibile, ripristino naturale del materiale vulcanico.

Se, come penso, è molto importante intervenire nelle aree di vulcanesimo attivo, organizzando e razionalizzando l'utilizzazione dei suoli, ancora più importante è studiare e controllare tutta la vasta area ricoperta dalle piroclastiti che comprende gran parte della regione vulcanica campano laziale. Ma anche aree dell'entroterra siciliano, o aree di piroclastiti antiche come i Colli Euganei, il Vulture, l'Amiata sono preziose come risorse. Da sempre queste aree vulcaniche sono state oggetto di insediamento preferenziale dell'uomo e luogo dello sviluppo di civiltà avanzate. Le civiltà passate, infatti, si sono potute sviluppare nelle aree favorevoli all'agricoltura soprattutto perché le popolazioni locali si sono affrancate dalle urgenze della soprav-

vivenza. Le aree vulcaniche sono state quindi da sempre le aree più vocate allo sviluppo delle civiltà basate sull'agricoltura. Dalla civiltà micenea, sommersa dall'esplosione catastrofica del Santorino, alla civiltà romana e quella cristiana abbiamo avuto una successione di eventi socio economici e culturali notevole nell'area mediterranea. A questa successione si accompagnano reperti archeologici di grande importanza che si ritrovano diffusi su tutta l'area e per i quali attualmente gli archeologi tentano di ricostruire gli ambienti naturali dei quali alcune testimonianze sono scritte nel suolo.

L'accento alle culture del passato ha lo scopo non tanto implicito di rendere efficaci le ragioni dello studio dei suoli vulcanici, ma è incontrovertibile che parte della nostra storia è stata sepolta e conservata dall'attività vulcanica.

Fertilità naturale, rischi di degradazione degli ambienti limitrofi per erosione, necessità di favorire la conoscenza delle civiltà del passato rendono questa regione suolo adatta ad uno studio particolareggiato ed approfondito dei suoli.

Non ho fatto accenno, come ragione di conoscenza, alla sommersione da cemento dei suoli delle pianure più fertili del mondo, cioè dei plateau ignimbrici campani, così come le alluvioni del Tevere, perché le esigenze contingenti delle popolazioni superano le ragioni della conservazione della risorsa, ma mi preme far notare che una buona conoscenza dell'ambiente naturale, e dei suoli ad esso associati, può consentire una più corretta e cosciente gestione del territorio.

---



## *IL PROGETTO MONCAPRI E L'ITINERARIO PER LA COSTITUZIONE DI SERVIZI PEDOLOGICI REGIONALI*

Marcello Pagliai

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

Il Comitato consultivo tecnico scientifico per l'Osservatorio Nazionale Pedologico ha, tra i suoi compiti istituzionali, la consulenza e proposizione al Ministero e alle Regioni di iniziative in materia pedologica specialmente in funzione dell'utilizzazione ottimale della risorsa suolo.

### **MONCAPRI**

In questo ambito il Comitato ha discusso e proposto la realizzazione di un Monitoraggio della Cartografia Pedologica presente nelle Regioni Italiane al fine di realizzare una banca dati. Per questo è stata proposta e approvata dal Comitato una Scheda per la raccolta dati sintetici da inviare alle Regioni e PP.AA., dando così vita al Progetto **MONCAPRI** (Monitoraggio della Cartografia Pedologica delle Regioni Italiane).

La raccolta e la organizzazione dei documenti che illustrano il suolo viene garantita dall'Istituto per lo Studio e la Difesa del Suolo che si avvale della collaborazione, oltre che delle Regioni, anche del Prof. Gilmo Vianello dell'Istituto di Chimica Agraria dell'Università di Bologna e della Dr.ssa Costanza Calzolari dell'Istituto di Genesi ed Ecologia del Suolo del CNR di Firenze. L'Istituto, oltre alla semplice raccolta, definisce i criteri di selezione dei documenti sulla base della loro possibile utilizzazione, presente e futura, come elementi conoscitivi utili per la valutazione della risorsa suolo. In base a questo criterio è necessario costituire una banca dati (data base) con due contenitori: il primo, che contiene tutte le informazioni sui

suoli che sono state raccolte e selezionate; il secondo, alfa numerico, che contiene le informazioni che derivano dalle legende.

Il tipo di lavoro richiesto dal progetto MONCAPRI (il cui responsabile è il Dr. Luciano Lulli) viene curato dal Dr. Lorenzo Gardin che si dedica a tempo pieno a questa attività sia per la raccolta che per la computerizzazione delle informazioni inviate a questo Istituto. Necessita inoltre di un archivio fisico per i documenti e di un archivio informatico gestito da un data base in modo che sia disponibile con un qualsiasi mezzo informatico la riproduzione e la trasmissione di informazioni cartografiche. Tutto questo lavoro avviene in stretto contatto e sotto la consulenza del Comitato consultivo tecnico-scientifico per l'Osservatorio Nazionale Pedologico.

### **Alcuni criteri di selezione delle cartografie**

In primo luogo, documenti che abbiano un'informazione non coerente con i sistemi di classificazione più avanzati e più diffusi non danno garanzia che la suddivisione geografica delle unità sia utilizzabile. L'informazione non georeferenziata non è utile alla raccolta di informazioni che debbono costituire la base per modelli di rappresentazione della natura e della distribuzione dei suoli, in quanto non conforme alle finalità del monitoraggio. Le informazioni raccolte devono essere di supporto ad un cartografia conoscitiva delle realtà suolo ed a possibili giudizi di merito sul valore degli oggetti suolo. Le informazioni devono essere rese uniformi e computerizzate in modo da essere compatibili con il numero più grande di sistemi informatici di trattamento dei dati.

### **Fasi di sviluppo del Programma di lavoro**

Il lavoro può realizzarsi attraverso due fasi.

*1<sup>a</sup> Fase - Creazione di un repertorio cartografico informatizzato, realizzato sulla base delle informazioni raccolte da ciascuna regione.*

Tale obiettivo è ritenuto di grande importanza per i seguenti motivi:

- si cerca di ottimizzare e armonizzare i rapporti in campo pedologico tra le diverse Regioni e fra lo Stato e le Regioni;
- si cerca di acquisire per poi diffondere tutte le informazioni cartografiche pedologiche sia del passato, sia dell'immediato futuro (concret-

to di monitoraggio e quindi di continuativo trasferimento di informazioni in doppia direzione);

- l'utenza che usufruirà di tale informazione è molto ampia, non solo fra gli addetti ai lavori (mondo della pedologia), ma anche in tutte le discipline di studio e di gestione del territorio e dell'ambiente in genere, comprese le attività paesaggistiche, ingegneristico ambientali ecc.;

- si ritiene che tale progetto possa costituire anche un primo embrione di una gestione delle informazioni a livello nazionale che possa quindi essere un riferimento di informazioni per i progetti comunitari del settore.

L'informatizzazione, cioè la realizzazione di un *data base* (banca dati) della cartografia pedologica esistente è di fondamentale importanza non solo per il facile accesso a tutte le conoscenze disponibili in materia pedologica ma anche perché costituisce la base essenziale per la realizzazione di carte tematiche derivate, inerenti, ad esempio:

- la valutazione del rischio di erosione del suolo,
- la valutazione della capacità d'uso dei suoli per usi diversi,
- la valutazione della suscettività dei suoli per l'utilizzazione di biomasse di rifiuto e di scarto sui terreni agricoli,
- la stima del potenziale per il pascolo,
- la stima del bilancio idrico dei suoli in termini di drenaggio e domanda irrigua,
- la valutazione di politiche future per ciò che concerne le terre da vincolare con il set-aside, i cambiamenti climatici, la conflittualità di usi del suolo tra i diversi settori economici, la verifica della qualità delle acque, lo smaltimento dei rifiuti, i rimboschimenti, ecc.

Inoltre, tale banca costituirebbe il punto di partenza ottimale per la partecipazione al progetto della carta dell'Europa a scala 1:250.000 che rappresenta il principale obiettivo di lavoro dell'*European Soil Bureau* recentemente costituitosi con sede ad ISPRA (Varese), di cui il Coordinatore del Comitato consultivo per l'Osservatorio Nazionale Pedologico è stato chiamato a far parte, quale rappresentante italiano, dell'*Advisory Committee*.

La parte operativa per la creazione di un repertorio cartografico informatizzato prevede la:

- a) predisposizione delle Schede d'Area (messe a punto dai Prof. Mancini, Lulli e Rasio e approvate dal Comitato dell'Osservatorio) che raccolgano le informazioni relative ad ogni prodotto cartografia pedologica ed

inoltre del medesimo ad ogni assessorato regionale e delle PP.AA.;

b) compilazione delle schede da parte delle Regioni e spedizione delle medesime all'ISSDS;

c) predisposizione da parte dell'ISSDS di un repertorio informatizzato dei dati ricevuti;

d) diffusione del repertorio alle Regioni e ad altri potenziali fruitori;

e) acquisizione da parte dell'ISSDS della cartografia già schedata, valutazione e selezione della medesima.

L'informatizzazione dei dati raccolti e selezionati avrà il principale scopo di archiviare e gestire le informazioni presenti sulle schede compilate dalle Regioni e di diffonderle inizialmente per mezzo di report cartacei. Sarebbe opportuno valutare anche la possibilità di usufruire delle potenzialità offerte da Internet. Sarà possibile ottenere risposte a livello nazionale, livello comprensivo cioè di tutti i rilevamenti cartografici svolti in Italia, evidenziando complessivamente e/o per tipo di scala cartografica, per esempio la totale superficie coperta da rilevamento pedologico, e/o il numero di pedon e di osservazioni effettuato, ecc.

Vi sarà anche un livello regionale per il quale i risultati delle varie richieste saranno riferiti a ciascuna Regione.

*2<sup>a</sup> Fase - Fornire ulteriori informazioni pedologiche a livello nazionale*

Si ritiene che tal progetto possa inoltre gettare le basi per uno sguardo dall'alto delle informazioni pedologiche a livello nazionale. Per questo motivo si valuta positivamente che, parallelamente al repertorio informatizzato del monitoraggio cartografico, possa essere perseguito un secondo obiettivo, che ha il principale scopo di fornire ulteriori informazioni pedologiche di livello nazionale.

Si propone pertanto di costituire un primo catalogo dei profili rappresentativi delle realtà regionali intesi come suoli caposaldo (*benchmarks*) delle tipologie pedologiche ritenute di maggiore diffusione e/o di maggiore importanza in ciascuna Regione; in tal caso potrebbe però essere importante anche acquisire la descrizione del suolo e i principali dati analitici nonché le principali interpretazioni valutative.

La messa in piedi di un database geografico dei profili caposaldo potrà avvenire sfruttando le sinergie del progetto SINA e di altri progetti che terranno in primaria considerazione il manuale delle procedure del database per la cartografia d'Europa 1:250.000.



La messa a punto di tale database, oltre a fornire un catalogo dei suoli caposaldo, sarebbe importante per diverse ragioni:

- risponderrebbe ancora di più all'esigenza di preparare l'Italia al progetto della cartografia pedologica 1:250.000 della UE;
- potrebbe essere uno strumento importante per un eventuale riedizione e/o aggiornamento e/o integrazione di dati della carta pedologica d'Italia 1:1.000.000 di Mancini;
- potrebbe essere un'integrazione di dati per la carta d'Europa 1:1.000.000 che è attualmente un importante strumento comunitario per la gestione della risorsa suolo;
- potrebbe essere un'interessante iniziativa per far confluire dati ed informazioni pedologiche nel database "*analytical Database*" del progetto MARS dell'UE.

### **Itinerario per la costituzione di un servizio pedologico regionale**

Un'altra iniziativa proposta dal Comitato per l'Osservatorio Pedologico riguarda la definizione per un possibile itinerario per la costituzione di un servizio pedologico regionale e a questo proposito è stato istituito un gruppo di lavoro formato dal Prof. Aru, dal Dr. Pagliai e dal Dr. Rasio con il primo compito di studiare il problema e procedere alla stesura di una pubblicazione su questo argomento.

Questo lavoro si svolgerà sotto la stretta consulenza del Comitato consultivo dell'Osservatorio Pedologico e il suddetto gruppo di lavoro ha definito le ipotesi di contenuto ed evidenziato gli obiettivi di questo lavoro. La definizione di tali ipotesi di contenuto, trattate nella suddetta pubblicazione, è la seguente:

#### *Perché un Servizio Pedologico Regionale*

In cui si evidenzia l'utilità di questo servizio, il rapporto costi/benefici sottolineando l'importanza della risorsa suolo nella protezione dell'ambiente soprattutto nel lungo termine. Questa parte viene curata dal Prof. Aru e si articola nel modo seguente:

- 1) Premessa
- 2) Funzioni del suolo

- 3) Il suolo come elemento fondamentale dell'ambiente
- 4) Il suolo come elemento guida della pianificazione territoriale
- 5) Il ruolo del Servizio
- 6) Divulgazione delle attività del Servizio

*Stato attuale dell'arte nelle Regioni e PP. AA.*

Questa parte viene curata dal Dr. Pagliai con la collaborazione dei referenti regionali.

Regioni

- 1) Quadro sintetico della cartografia dall'Europa all'Italia alle Regioni
- 2) Uffici attualmente operativi nelle varie Regioni
- 3) Risorse umane
- 4) Strutture (laboratori, ecc.)
- 5) Strumenti e sistemi informativi
- 6) Collaborazioni
- 7) Risorse finanziarie

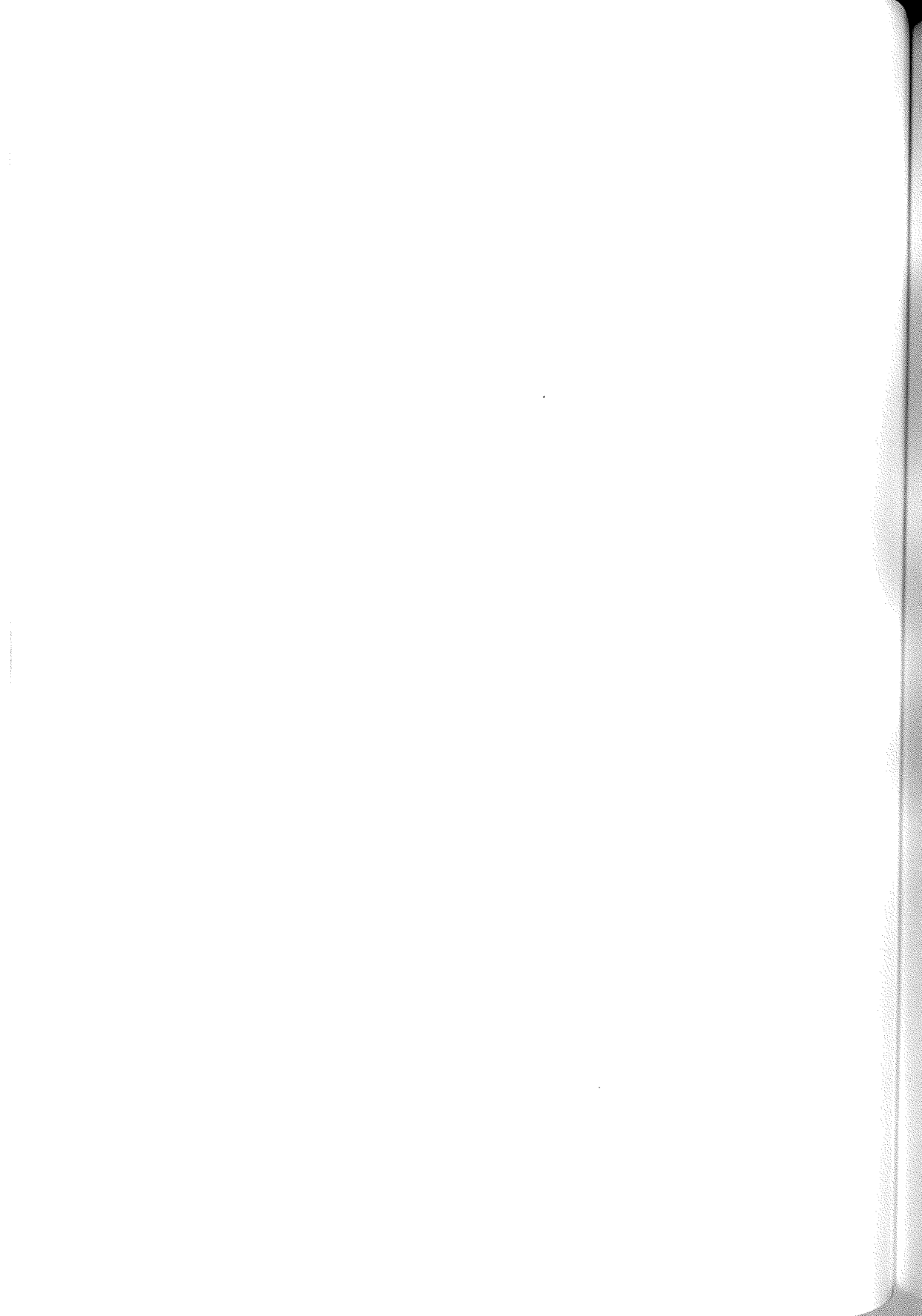
*Orientamenti per la costituzione del Servizio*

Questa parte, curata dal Dr. Rasio, si articola secondo il seguente schema:

Premessa

- 1) La formazione e l'aggiornamento dei componenti il servizio
- 2) Le attività del servizio
  - 2.1) Rilevamento e cartografia
  - 2.2) Attività di laboratorio
  - 2.3) Interpretazione per usi diversi
  - 2.4) Difesa e conservazione del suolo
  - 2.5) Rapporto suolo - qualità dei prodotti (prodotti DOC)
  - 2.6) Relazioni analisi del suolo - concimazioni
  - 2.7) Piani di produzione integrata (disciplinari italiani)
  - 2.8) Applicazione delle regolamentazioni e direttive comunitarie, nazionali e regionali

- 2.9) Informatizzazione
  - 2.10) Divulgazione e supporto alle esigenze regionali
  - 3) Gli standard metodologici
    - 3.1) Manualistica di rilevamento
    - 3.2) Manualistica di laboratorio
    - 3.3) Omogeneizzazione dei prodotti applicativi
    - 3.4) Standard informatici
  - 4) Reclutamento, collocazione e articolazione del servizio
  - 5) Configurazione quantitativa del servizio e sue risorse
    - 5.1) Personale
    - 5.2) Attrezzature
    - 5.3) Risorse finanziarie
  - 6) La rete interregionale ed i collegamenti a livello europeo
    - 6.1) Rapporti tra i Servizi Regionali, l'Osservatorio Nazionale Pedologico e le altre Istituzioni Nazionali
    - 6.2) Rapporti con Istituzioni Comunitarie
-





*Sessione:*

**“Sviluppo dell’irrigazione sostenibile  
nel mezzogiorno: elementi per un  
progetto di ricerca”**



*DEFINIZIONE DELLA "RISORSA ACQUA".  
INVENTARIO SOTTO IL PROFILO QUALITATIVO E  
QUANTITATIVO DELLE ACQUE UTILIZZATE PER  
L'IRRIGAZIONE*

Battista Piras

Ministero per le Politiche Agricole

Direzione Generale Politiche Agricole ed Agroindustriali Nazionali

Via XX Settembre, 20 - 00187 Roma

**Premessa**

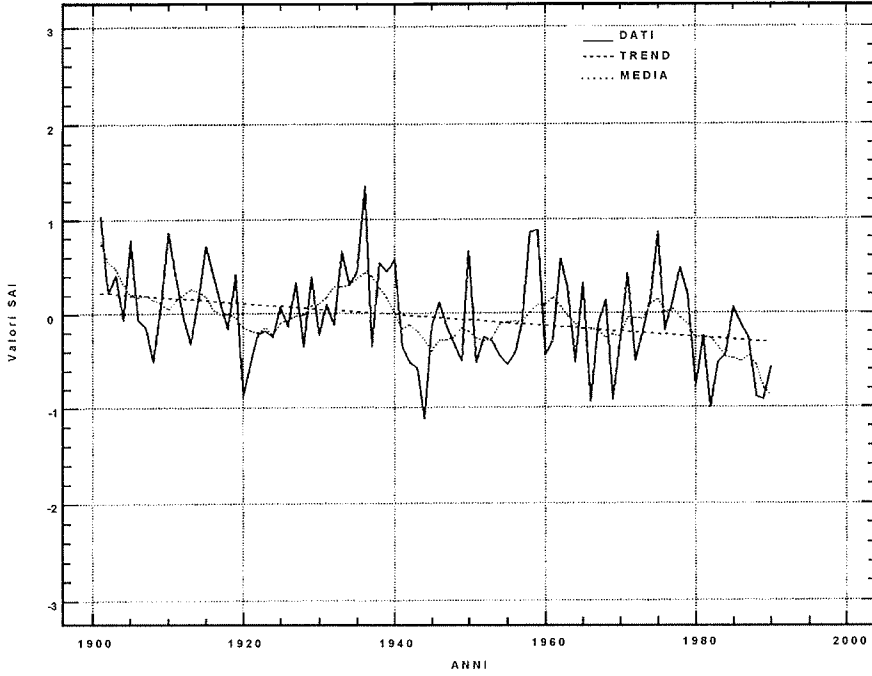
L'irrigazione è quella tecnica colturale che consente all'uomo di fornire acqua alle piante coltivate nelle quantità e nei momenti che egli valuta più opportuni.

Essa costituisce perciò uno strumento fondamentale di progresso, ove si consideri che l'agricoltura italiana, non solo non ha nuove terre fertili sulle quali estendersi ma deve cederne di proprie, spesso le migliori, ad altre attività umane. Si deve quindi puntare sui nuovi mezzi tecnici per aumentare la produttività di quelle esistenti e migliorare la competitività delle imprese.

Vi sono vaste aree del Paese nelle quali i mutamenti climatici e i sintomi di desertificazione diventano visibili chiaramente (contrazione dei ghiacciai alpini, sparizione di quelli appenninici, alluvioni nel centro e nord, riduzione costante della piovosità in molte aree del meridione). A livello planetario la disponibilità di acqua dolce sta diminuendo, per riduzione di piovosità, per l'ampliarsi dei fenomeni legati alla salinizzazione e al degrado dei terreni coltivati, oltretutto per crescita demografica, urbanistica e industriale. Questi fattori sono fra loro connessi negativamente, fanno aumentare cioè la domanda di acqua, fino ad arrivare alla conseguenza estrema dell'esaurimento delle riserve idriche naturali che, come l'esperienza insegna, diventano sempre più vulnerabili man mano che vengono contese fra destinazioni d'uso alternative.

Figura 1

Standardized Anomaly Index (SAI) delle precipitazioni nel Mediterraneo Centro-Ovest (periodo 1901-1990: dati, media mobile, trend)



### **La quantità e qualità dell'acqua**

Questi fenomeni di vasta portata (vedi tabelle allegate) sono stati analizzati a fondo nel corso della conferenza di Creta sulla desertificazione e le previsioni climatiche che ne sono scaturite evidenziano per i prossimi anni un probabile ciclo siccitoso che interesserà le aree meridionali, con un contestuale afflusso idrometeorico eccezionale in quelle settentrionali.

Si tratta di eventi che hanno ricadute importanti sul nostro futuro prossimo e di quello delle popolazioni residenti nell'Unione Europea, che presuppongono l'adeguamento delle stesse politiche comunitarie e stimolano la discussione sul futuro delle aree rurali e sul tipo di politiche necessarie per promuoverne lo sviluppo in funzione degli scenari che si profilano per i prossimi decenni.



Questi temi sono stati oggetto di approfondimenti anche nell'ambito della Conferenza di Cork, tenutasi nel novembre dello scorso anno, che ha evidenziato il ruolo strategico svolto dalle aree rurali per addivenire ad un generale sviluppo sostenibile che deve essere perseguito come obiettivo primario, con la consapevolezza delle grandi sfide che la conservazione dell'ambiente e lo sviluppo del sistema agricolo devono contribuire a cogliere.

Il concetto di sostenibilità, cioè di legame stretto fra politica economica, sociale e ambientale sta entrando sia nella cultura del cittadino e dell'operatore (il vero agricoltore ha sempre conosciuto e praticato questi metodi d'intervento) che in quella degli organismi pubblici. Ciò comporta la necessità di un salto qualitativo rilevante nella possibilità di ridurre effettivamente gli impatti ambientali, grazie all'affinamento delle pratiche agricole ottenuto anche a seguito all'avanzamento della ricerca scientifica.

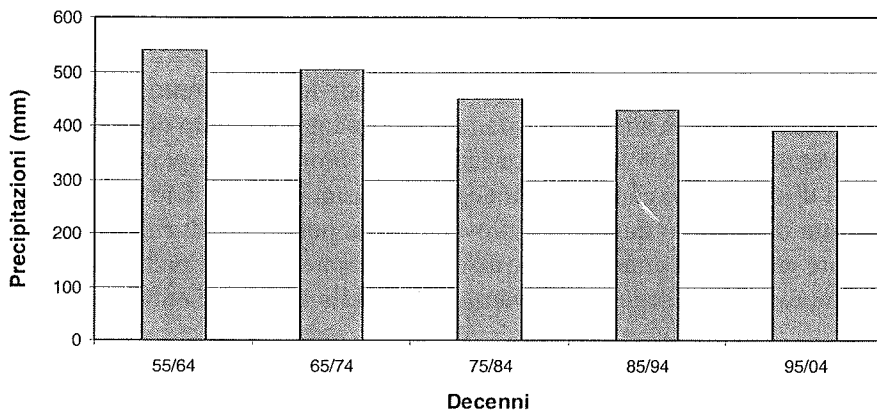
Per poter conseguire questi obiettivi generali e fondamentali gli interventi integrati devono riguardare i fattori chiave dello sviluppo delle aree rurali e devono essere realizzati grazie a un'efficace collaborazione fra tutti i livelli istituzionali coinvolti (locale, regionale, nazionale e comunitario). Perciò questi problemi sono stati discussi anche in occasione dell'assemblea annuale dell'Associazione Nazionale Bonifiche che si è tenuta circa un mese fa a Roma, nel corso della quale sono stati evidenziati i problemi generali e particolari che ostacolano l'attività svolta dai Consorzi di bonifica e d'irrigazione presenti in tutto il Paese.

Nel merito di queste problematiche già la Conferenza nazionale delle acque, che si è tenuta nel 1990, è giunta alla conclusione che i fabbisogni idrici totali dell'Italia per gli anni che vanno dal 2000 al 2015 vanno stimati in 53,5 miliardi di metri cubi annui, con un aumento del 31% circa rispetto ai fabbisogni degli anni '80. Per quanto riguarda, invece, la ripartizione fra le diverse destinazioni, è stato stimato che agli usi civili verrà destinato il 14% di queste future risorse, il 25% ad usi industriali, il 19% alla produzione di energia ed il restante 49% all'agricoltura (che dovrebbe guadagnare 4 punti percentuali rispetto alle quantità disponibili alla fine degli anni 80).

E' evidente che un efficiente sviluppo e ammodernamento dei sistemi irrigui svolgono il ruolo di assicurare al sistema agricolo un buon livello di produttività e di competitività, consentendo anche di guadagnare in elasticità produttiva, come richiesto dall'attuale mutevolezza delle esigenze di mercato, oltretutto contribuire a conservare gli equilibri ambientali e paesaggistici di vaste zone.

Figura 2

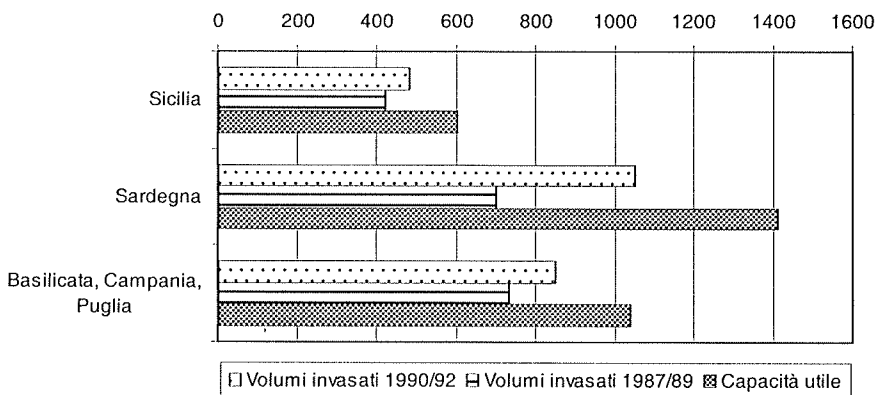
Provincia di Foggia: medie decennali delle precipitazioni e proiezione al 2004.



Fonte: Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura, SOP Foggia

Figura 3

Gli anni della grande sete nel meridione d'Italia. La situazione è particolarmente critica per la Sardegna.



Fonte: elaborazione su dati del Dipartimento per la Protezione Civile

Tabella 1

Superfici irrigate per ripartizione geografica (migliaia di ha)

<b>Ripartizione</b> (valori %)	<b>1967</b>	<b>1970</b>	<b>1982</b>	<b>1987</b>
Italia settentrionale	1832 <i>69,0</i>	1731 <i>67,6</i>	1497 <i>63,0</i>	1787 <i>61,1</i>
Italia centrale	238 <i>8,9</i>	242 <i>9,4</i>	238 <i>10,0</i>	301 <i>10,3</i>
Italia meridionale	374 <i>14,1</i>	387 <i>15,1</i>	406 <i>17,0</i>	562 <i>19,2</i>
Isole	208 <i>7,8</i>	200 <i>7,8</i>	231 <i>9,7</i>	274 <i>9,3</i>
<b>Totale Italia</b>	<b>2653</b> <b><i>100,0</i></b>	<b>2561</b> <b><i>100,0</i></b>	<b>2373</b> <b><i>100,0</i></b>	<b>2924</b> <b><i>100,0</i></b>

Fonte: elaborazione su dati A.N.B.I.

Tabella 2

Superfici irrigabili nelle Regioni italiane

<b>Regioni</b>	<b>Superficie (ha)</b>
Piemonte e Valle d'Aosta	325.657
Lombardia	619.248
Trentino Alto-Adige	6.167
Veneto	722.109
Friuli-Venezia Giulia	62.401
Liguria	2.501
Emilia Romagna	623.089
Toscana	12.049
Umbria	7.181
Marche	16.902
Lazio	67.196
Abruzzo	65.097
Molise	9.171
Campania	103.951
Puglia	205.283
Basilicata	76.369
Calabria	77.672
Sicilia	124.451
Sardegna	155.867
<b>Totale</b>	<b>3.282.461</b>

Fonte: elaborazione su dati A.N.B.I., aprile 1997

Tabella 3

Diffusione della microirrigazione in alcune Regioni (anno 1991)

	<i>Superficie irrigabile (ha)</i>	<i>Consorzi N°</i>	<i>Superficie a microirrigazione</i>	
			<i>ha</i>	<i>%</i>
EMILIA	540.030	30	29.950	10,70%
PUGLIA	331.080	6	28.850	21,80%
SICILIA	229.940	17	11.250	20,00%

Fonte: indagine su 53 Consorzi di bonifica, in alcune Regioni

### **Le riforme istituzionali e il migliore utilizzo della risorsa acqua**

In un momento di grandi riforme, che riguardano anche l'assetto costituzionale dello Stato, il nostro sistema agricolo risente di queste importanti trasformazioni e del riorientamento delle funzioni e dei servizi.

Il Governo infatti ha avviato linee politiche che, come già accennato, sono adatte a innestare processi autonomi di sviluppo e consentono iniziative di rilevanza fondamentale ai soggetti locali, indicando una serie di attività dirette a promuovere la valorizzazione economica delle risorse. In tal modo si intende stimolare la messa in atto di nuove politiche che esaltino le iniziative da adottarsi in ambito regionale e sub-regionale, richiamando le risorse aggiuntive necessarie per uno sviluppo significativo delle energie locali.

In tal senso il documento di programmazione economica e finanziaria impegna l'amministrazione pubblica a risolvere problemi di efficienza e di efficacia in tutte le aree del Paese, per conseguire un armonico e generale sviluppo.

La conquista di obiettivi di crescente competitività può essere raggiunta anche dal nostro sistema agricolo attuando interventi su opere infrastrutturali, specie nel vasto settore della salvaguardia del territorio e delle opere di bonifica, fruendo a tale scopo delle risorse derivanti da cofinanziamenti e dall'attivazione dei fondi strutturali comunitari.

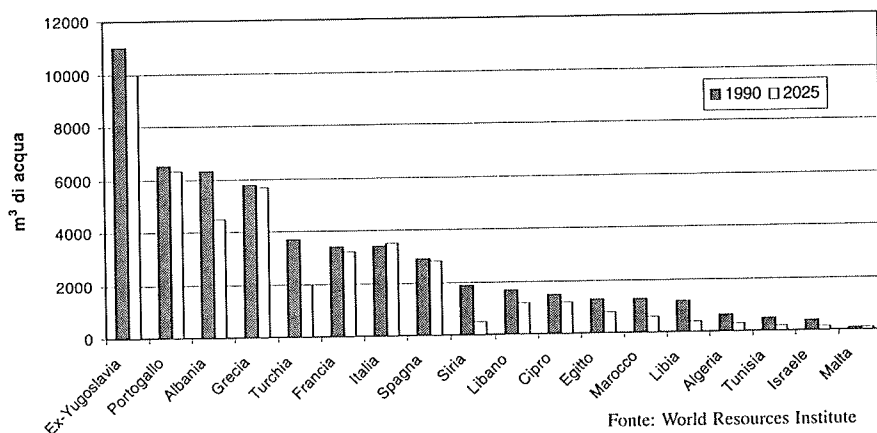
Inoltre la quota di risorse di competenza dello Stato, successivamente all'attribuzione diretta alle Regioni di una parte delle imposte erariali resa possibile dalla riforma che è in vigore dal 1996, consente l'attuazione di interventi programmatici in agricoltura e nel settore forestale, non-

ché interventi per il completamento di opere irrigue di rilevanza nazionale, così come stabilito anche dal Decreto Legislativo 143/97 che, nel conferire alle Regioni ulteriori funzioni amministrative in materia di agricoltura e pesca, attribuisce al Ministero per le Politiche Agricole la definizione di compiti di disciplina generale e di coordinamento nazionale su tali importanti materie, da attuarsi sulla base di regolamenti applicativi.

Pertanto, anche nelle more della revisione organica della metodologia d'intervento delle iniziative riservate alla competenza dello Stato, si deve procedere al completamento degli schemi idrici e delle opere avviate dalla Cassa e successivamente dall'Agenzia per lo sviluppo del Mezzogiorno, attivati ormai da diversi anni. In tal modo si rendono produttivi gli investimenti finora effettuati, avuta presente l'esigenza di promuovere e rafforzare nel contempo lo sviluppo rurale integrato, considerata anche l'estrema varietà delle situazioni che caratterizzano il mondo rurale italiano.

Figura 4

Disponibilità in acqua per abitante nei Paesi del Mediterraneo.  
Proiezioni fino al 2025

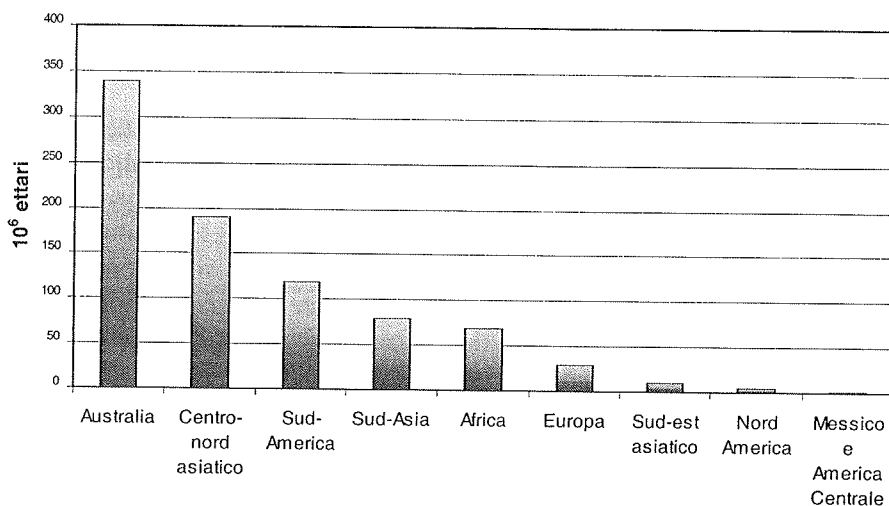


### Gli interventi strategici

I problemi derivanti dall'aumento della piovosità in alcune zone, la loro riduzione in altre, la cattiva distribuzione della pioggia nel corso dell'anno sono tutte questioni che interessano da vicino il nostro Paese, ma vanno affrontate in un'ottica Mediterranea ed Europea, per trovare soluzioni di significativa e duratura efficacia.

Figura 5

Estensione delle terre soggette alla salinità nei continenti e subcontinenti



Fonte: World Resources Institute

Pertanto gli interventi, oltre al completamento delle opere secondarie di distribuzione dei grandi impianti, di cui già si è detto (vedi anche le tabelle allegate), riguardano:

### 1. Gestione dell'informazione

Le informazioni attinenti la gestione dell'acqua (soggetti e istituzioni coinvolte, disponibilità idriche, metodi d'uso, documentazione, risultati di ricerca) sono attualmente frammentate, disperse, eterogenee.

Per attuare quanto deciso nel corso della Conferenza di Marsiglia nel novembre 1996 e nella successiva riunione di Amman nell'aprile 1997 occorre creare un sistema d'informazioni euro-mediterraneo sull'impiego razionale delle risorse idriche denominato "SEMIDE" (*System Euro-Méditerranée d'Information sur le savoir faire dans le Domain de l'Eau*).

In quell'occasione sono stati costituiti i seguenti quattro gruppi tematici:

TEMI	PAESI RESPONSABILI
A) Ricerca, sviluppo e formazione	Cipro, Italia, Malta
B) Documentazione	Francia, Giordania, Marocco, Autorità Palestinese
C) Istituzioni	Algeria, Cipro, Spagna, Marocco
D) Gestione delle risorse	Malta, Inghilterra, Autorità Palestinese

La responsabilità del coordinamento generale dei quattro gruppi è stato affidato alla Francia e la prima fase dei lavori dovrà essere conclusa nell'autunno 1997, l'Italia ha avuto il coordinamento del primo gruppo: ricerca, sviluppo e formazione.

## 2. Stimolazione della pioggia

La stimolazione artificiale della pioggia consiste nell'inseminare dei sistemi nuvolosi con microscopiche particelle di ioduro d'argento che, lasciate cadere da piccoli aerei collegati a radar meteorologici, consentono la formazione di nuclei di condensazione del vapore acqueo.

E' stato dimostrato, con una ricerca attivata dal Ministero in collaborazione con le Regioni meridionali e durata circa dieci anni, che trattasi di una tecnologia in grado di aumentare in modo significativo la piovosità delle aree meridionali d'Italia, qualunque sia la direzione delle nuvole da stimolare.

La presenza di una rete composta da almeno sei centri d'intervento è stimata sufficiente per coprire tutto il meridione, comprese le due isole maggiori. Ciascun centro inoltre potrà svolgere, al tempo stesso e senza sostanziali aggravii di costi, anche altre funzioni, fra cui: controllo della grandine, avvistamento incendi, supporto alle reti agrometeorologiche regionali, assistenza radar meteo alla flottiglia sia peschereccia che da diporto, formazione permanente di personale altamente specializzato.

## 3. Utilizzo di acque non convenzionali

L'utilizzo di acque reflue a scopo di irrigazione costituisce un vero metodo di trattamento delle acque a basso costo e ad alta efficienza. Perciò viene diffusamente applicato nelle Regioni povere d'acqua in diverse

parti del mondo, quale fattore fondamentale per lo sviluppo economico e sociale delle popolazioni residenti.

Questa pratica consente infatti di disporre di rilevanti quantità d'acqua non convenzionale che apporta al terreno fertilizzanti quali: azoto, fosforo, potassio, sostanza organica e, al tempo stesso, evita l'immissione nei corpi idrici degli inquinamenti presenti nelle acque reflue.

Per consentire in Italia la diffusione di questa pratica, oltre che problemi di ricerca e di applicazione, vanno superati taluni vincoli normativi privi di logica scientifica, economica, sociale ed ambientale, così da recuperare a fini irrigui una parte dei circa 8 miliardi di metri cubi di acqua attualmente destinata ogni anno ad usi civili.

#### 4. Uso di acque salmastre

La mancanza di acque idonee, specialmente in taluni periodi di crisi acuta costringe gli operatori a fare uso di acque provenienti da falde più o meno profonde, con conseguente, progressivo esaurimento delle risorse geologiche e sostituzione delle stesse con acque provenienti dal mare.

Il fenomeno va tenuto sotto controllo onde evitare danni irreparabili alle falde ed ai terreni coltivati, mettendo a disposizione degli operatori acque convenzionali e non, quali alternative efficaci all'emungimento di falde a rischio.

Tabella 4

Stima della percentuale di terre irrigue salinizzate in alcuni Paesi del Mediterraneo

<i>PAESE</i>	<i>% di terre irrigue diventate saline</i>
Algeria	10-25
Cipro	25
Egitto	30-40
Israele	13
Spagna	15
Giordania	10-15
Portogallo	10-15
Grecia	7
Siria	30-35
Marocco	10-15

Fonte: World Resources Institute



Tabella 5

La ricerca sul miglioramento genetico e sulle tecniche colturali

**LA RICERCA SUL MIGLIORAMENTO GENETICO  
E SULLE TECNICHE COLTURALI**

Occorre un approfondimento ulteriore delle conoscenze sulle tecniche colturali e sui modelli di funzionamento delle colture, per adattarli alle differenti condizioni di salinità dell'ambiente, in particolare:

- Confronto fra specie e varietà per verificare la tolleranza allo stress salino;
- Evoluzione dello stress da salinità nelle diverse fasi fenologiche delle piante.  
Condizionamenti sulla crescita e sulla formazione degli organi riproduttivi.

Tabella 6

Le azioni per gestire la risorsa acqua

**LE QUATTRO AZIONI CHIAVE PER GESTIRE IN MODO RAZIONALE  
LA RISORSA ACQUA:**

1) disporre di un centro nazionale e per gestire i dati:

- Idrometrici fondamentali;
- Superficie irrigabile in base a:  
Disponibilità effettiva di rete attrezzata, sistema di distribuzione esistente, ordinamento colturale previsto;
- Quantità e qualità delle acque disponibili;
- Priorità d'impiego.

2) attivare un progetto di ricerca sulla risorsa acqua finalizzato a massimizzarne l'utilità, soprattutto nei momenti di crisi;

3) divulgare la cultura del migliore impiego della risorsa idrica;

4) decentramento legislativo, amministrativo e funzionale delle attività connesse alla bonifica.

### 5. Recupero di piccoli invasi

La disponibilità idrica locale può essere migliorata anche con il ripristino e l'eventuale ampliamento di piccoli invasi collinari, così da risolvere situazioni aziendali o di piccole aree.

Dai dati disponibili parrebbero esistere nel Meridione d'Italia circa 4.000 invasi, nella sola Sicilia sarebbero 1.600. Occorre fare un censimento accurato per averne il numero esatto, l'ubicazione, le caratteristiche di ciascuno, lo stato di conservazione e, attraverso un campione rappresentativo, andrebbe valutato l'effetto ambientale, produttivo ed economico della loro riattivazione. Contestualmente andrebbero definite le modalità d'intervento per incentivare e facilitare il ripristino e la manutenzione di queste riserve idriche che spesso rivestono grande importanza a livello locale.

### 6. Ricarica di falda

La ricarica artificiale di falda consiste nell'immissione di acqua, disponibile in periodi di abbondanza, nella falda freatica del sottosuolo o in altri contenitori, così da arricchirle e sfruttarle nei momenti di necessità. Trattasi di un intervento praticato diffusamente in Europa, negli USA, in Israele, in Tunisia e nella Val Padana. Prove effettuate nel meridione hanno dimostrato la possibilità di trasferirne la tecnologia con ottimi rendimenti.

### 7. Ricerca e applicazione dell'innovazione

L'obiettivo di un eventuale progetto di ricerca attinente l'ottimizzazione dell'impiego delle risorse idriche convenzionali e non da attivarsi da parte del MiPA (se ne sta studiando l'utilità e fattibilità) deve riguardare l'intero Paese, con attenzione particolare alla situazione dell'Italia meridionale, così da sviluppare il settore agricolo attraverso l'introduzione di avanzate tecniche di irrigazione e di affinamento di pratiche agricole, compreso un programma di sviluppo dell'assistenza tecnica.

La ricerca deve essere orientata a risolvere problemi concreti con l'introduzione di prove in campo condotte dai ricercatori assieme ai divulgatori ed agli stessi operatori agricoli, con un approccio interdisciplinare ed interattivo, verificando i risultati ottenuti in campo e utilizzandoli per ri-orientare continuamente la ricerca futura.

### Tabella 7

Gli interventi per arginare la desertificazione in alcune aree del meridione

#### LE SETTE LEVE SULLE QUALI INTERVENIRE PER ARGINARE LA DESERTIFICAZIONE DI ALCUNE AREE DEL MERIDIONE

- Controllo dell'incendio e ripristino del bosco (quale bosco e come gestirlo)
- Migliorare l'utilizzo delle riserve idriche contenute nei grandi bacini (completamento delle reti di adduzione e loro manutenzione)
- Ristrutturazione dei laghetti collinari (fessurati o interrati)
- Ricarica artificiale dei pozzi, falde, ex cave
- Uso di acque reflue
- Adozione di tecniche colturali adeguate
- Diffusione della microirrigazione

### Conclusioni

La questione acqua e l'impiego strategico delle risorse idriche presentano aspetti totalmente differenti nel nord del Paese (soprattutto: alluvioni, errato uso, inquinamento) rispetto al sud (soprattutto: minori precipitazioni unite a crescita della temperatura, maggiore evapotraspirazione della vegetazione, aggravamento dello squilibrio idrico, uso di acque non adatte a scopo irriguo e conseguente salinizzazione dei terreni).

Il problema più immediato e grave riguarda il meridione dove l'aggravarsi dello squilibrio tra risorse idriche disponibili e fabbisogni necessari per dare competitività all'agricoltura si fa sempre più pressante.

Tuttavia la diminuzione della risorsa idrica non può essere affrontata come fatto nazionale, ma occorre dargli una dimensione Mediterranea ed Europea, nell'ambito del programma SEMIDE.

A monte di qualsiasi intervento deve esserci un programma globale e interdisciplinare che deve nascere dalla pianificazione congiunta fra ricerca, assistenza tecnica e operatori. Il programma, di durata almeno quin-

quennale, va sottoposto a monitoraggio dei risultati almeno con cadenza annuale, per consentire i successivi riorientamenti in relazione alle difficoltà reali riscontrate, all'effettivo progresso dell'innovazione da introdurre, alla capacità degli operatori di recepire le novità e considerarle come fruibili. Nella progettazione, realizzazione e valutazione di questo programma globale è necessaria una stretta cooperazione fra gli esperti italiani e quelli di altri Paesi.

## *DEFINIZIONE DELLA RISORSA "SUOLO" AI FINI DELLA SENSIBILITÀ DEI TERRITORI ALL'IRRIGAZIONE*

Paolo Baldaccini

Università di Sassari, Dipartimento Ingegneria del Territorio  
Via De Nicola - 07100 Sassari

E' noto universalmente che la produzione agricola nei territori aridi, semiaridi o comunque con piovosità insufficiente per le esigenze delle piante, è strettamente legata alla possibilità di reperire ed utilizzare in modo continuo ed efficiente acqua per l'irrigazione.

L'attività irrigua coinvolge due importanti elementi naturali: l'acqua ed il suolo. Si tratta, in ambedue i casi, di risorse non solo limitate ma anche estremamente vulnerabili e sensibili alla degradazione.

Per quanto riguarda il "suolo", definibile come un corpo naturale che occupa la parte superiore della crosta terrestre, le cui caratteristiche e proprietà sono il risultato dell'interazione tra clima, substrato, morfologia, organismi viventi e tempo, capace di sopportare la vita delle piante, i problemi legati alla trasformazione irrigua dell'agricoltura possono essere essenzialmente di due tipi: uno collegato alla scelta dei suoli da irrigare ed uno a carattere più strettamente gestionale.

### **Scelta dei suoli irrigabili**

L'individuazione, delimitazione e valutazione dei terreni o meglio dei territori ritenuti idonei allo sviluppo irriguo è di fondamentale importanza perché tale sviluppo è collegato a variazioni economiche, sociali ed ambientali quasi sempre di notevole rilevanza.

Inoltre anche se l'irrigazione interessa solo una piccola parte del territorio agricolo, essa richiede una larga percentuale di investimenti finan-

ziari sia per attrezzare e servire le aree interessate sia per la normale conduzione dell'attività agricola.

Lo scopo dello sviluppo è quello di ottenere variazioni positive in tutto l'ambiente interessato nella sua definizione più ampia ma talvolta si possono verificare situazioni che portano a conflittualità tra i vari elementi coinvolti se non a vere e proprie variazioni negative.

Secondo A. Ruellan e V. Targulian (1992) circa il 20% delle aree irrigate sono degradate per cause diverse: idromorfia, salinizzazione ed alcalinizzazione, ecc.

Indubbiamente i progetti d'irrigazione (come quelli di bonifica o di drenaggio di determinati territori) portano irrimediabilmente a variazioni ecologiche di vasta portata. Le variazioni indesiderate non sono ristrette solo all'inquinamento o alla perdita di habitat per la flora e la fauna naturali ma interessano anche l'intero "range" dei componenti ambientali come il suolo, l'acqua, l'aria ed il sistema socio - economico.

Mentre in passato la promozione dello sviluppo economico come motore per incrementare il benessere era la spinta principale con poca sensibilità verso gli aspetti ambientali e sociali avversi, attualmente si cerca di evitare tali situazioni ed assicurare benefici a lungo termine attraverso processi di valutazione che sono collegabili al concetto di "sostenibilità".

Al fine di prevedere l'impatto ambientale delle opere e delle attività connesse con lo sviluppo e provvedere ad una opportuna mitigazione degli eventuali aspetti negativi ed accentuare quelli positivi fu sviluppata sin dagli anni settanta la procedura V.I.A.

Anche nella programmazione dello sviluppo irriguo tale procedura costituisce attualmente un mezzo per stimare e mettere in evidenza i problemi e l'ampiezza degli eventuali danni che possono essere causati dall'irrigazione; in altre parole si cerca di determinare la "sensibilità" di un territorio nei confronti di tale intervento.

La valutazione dell'idoneità dei territori all'irrigazione, indispensabile per una corretta progettazione, può costituire la base anche per le procedure V.I.A. Infatti ogni corretto studio e progetto di sviluppo irriguo è preceduto da qualche tipo di classificazione del territorio che deve però contenere tutte le informazioni richieste dagli specialisti, dai pianificatori e da chi deve decidere gli investimenti.

In questa ottica il "suolo", come definito in precedenza, fa parte di un concetto più ampio che comprende anche altri elementi ambientali: il "Territorio" (Land)<sup>1</sup>.

L'inventario dei dati ambientali di base (clima, suolo, morfologia ecc.) è seguito dalla interpretazione in termini di "idoneità o suscettività" irrigua del territorio.

Le due metodologie più comunemente utilizzate per la valutazione sono il sistema dell'*U.S. Bureau of Reclamation* (1953 e successivi adattamenti) ed il *Framework For Land Evaluation* proposto dalla FAO (1976-1979-1992). I principi fondamentali dei due sistemi, pur essendo concettualmente diversi, sono comunque perfettamente compatibili.

Il sistema di classificazione dell'idoneità all'irrigazione sviluppato dalla USBR è un sistema economico per selezionare e suddividere in categorie il territorio considerato irrigabile.

Il territorio è suddiviso in classi che riflettono la sua capacità a sopportare adeguatamente aziende agricole in regime irriguo e remunerare le spese per la distribuzione dell'acqua.

Nella metodica USBR sono interessanti alcuni principi generali quali:

*Principio della previsione:* le classi nel sistema devono esprimere l'interazione acqua - suolo - colture che si ritiene possa prevalere sotto il nuovo regime irriguo es. possibili risalite della falda, salinizzazione, livellamenti, apporti di ammendanti. E' questo un principio che si ricollega ai concetti del V.I.A.;

*Principio della correlazione economica:* in ogni progetto i fattori fisici (suolo, topografia, drenaggio) sono legati funzionalmente al valore economico e cioè alla capacità di remunerazione dei capitali investiti.

*Principio della arabilità - irrigabilità:* negli studi d'idoneità all'irrigazione il primo passo è quello di identificare aree che diano una garanzia di sufficiente produttività e quindi delimitare i territori da inserire specificatamente nei piani di sviluppo.

Vengono perciò distinti:

*Territori arabili:* territori che, in adeguate unità aziendali convenientemente attrezzate, è possibile ottenere una produzione sufficiente, in regime irriguo, a compensare le spese di produzione, comprese quelle per l'irrigazione, e dare un ragionevole reddito e remunerazione dei capitali.

*Territori irrigabili:* territori arabili, che in uno specifico piano di approvvigionamento idrico, possono esser dotati di irrigazione ed utilizzati senza degradare o impoverire la risorsa suolo (irrigazione sostenibile)<sup>2</sup>.

Il sistema è strutturato in 6 classi che sono categorie che hanno caratteristiche fisiche simili o contrastanti ma nello stesso tempo caratteri economici simili nei riguardi dell'idoneità all'irrigazione<sup>3</sup>.

Per inserire le varie porzioni del territorio nello schema di "Land Classification" sono predisposte delle norme che mirano ad identificare in anticipo l'influenza dei vari fattori fisici sul livello di produttività, costi di produzione e costi dello sviluppo irriguo.

Ad esempio, nella Tab. 1 sono riportate le caratteristiche ed i valori per la valutazione delle classi di irrigabilità utilizzate nello "Studio dei suoli delle aree irrigabili della Sardegna" nell'ambito del "Piano generale delle Acque" della Regione.

La "Land Evaluation for irrigated agriculture" proposta dalla FAO si basa sui principi e concetti fondamentali espressi nel "*Framework for land evaluation*" (FAO Soil Bulletin n° 32, 1976).

I principali sono i seguenti:

1. La valutazione riguarda il territorio e non solo il suolo;
2. L'idoneità dovrebbe essere riferita ad un uso specifico es. in termini di colture, tipo di irrigazione;
3. La valutazione dovrebbe essere correlata ai benefici ottenuti in relazione agli investimenti richiesti;
4. La valutazione richiede la comparazione tra diversi tipi di uso;
5. L'idoneità è per un uso su basi "sostenibili", cioè senza degradazione ambientale;
6. E' necessario un approccio multidisciplinare.

Sinteticamente il processo di valutazione può essere così descritto:

1. Inventario dei caratteri ambientali della regione;
2. Determinazione dei requisiti (o esigenze) dell'uso territoriale preso in considerazione;
3. Confronto tra tali requisiti ed i caratteri o qualità dell'ambiente in modo da determinare l'idoneità per un uso specifico.

In particolare per la valutazione dell'idoneità all'irrigazione sono presi in considerazione i seguenti dati di base:

1. Caratteri topografici (rilievo, pendenza ecc.);



Tabella I

## Caratteristiche e valori per la valutazione delle classi di irrigabilità

Caratteristiche	Classe 1°	Classe 2°	Classe 3°	Classe 4°
<b>SUOLO</b>				
Tessitura	Franca; franco-argillosa; franco-argillo-limosa; franco-sabbio-argillosa; argillosa ben strutturata	Da argillo-sabbiosi ad argillosi e sabbiosi con media struttura	Da argillosi a sabbiosi con scarsa struttura	Idem alla classe 3°
Profondità cm	80	80-50	50-35	Inferiore a 35
Pietrosità %	0-0,1	0,1-3	0,3-15	Anche 15
Roccosità %	Nessuna	0,2% della superficie	2-10% della sup.	10-20% della sup.
Permeabilità o drenaggio interno	Normale	Lento	Molto lento o rapido	Impedito o molto rapido
Grado di alterazione dei minerali	Poco alterati	Moderatamente alterati	Alterati	Assai alterati
Salinità	0	0	Moderatamente salini	Eventualmente salinità da media ad alta
Carbonati %	3,0-25	25-50	50	50
<b>TOPOGRAFIA</b>				
Pendenza %	Pendii dolci e regolari sino al 10%	10,0-20	20-30	30-40
Pericolo di erosione	Scarso o modesto	Moderato	Elevato	Da elevato a molto elevato
<b>DRENAGGIO</b>				
Suolo e topografia	Le condizioni del suolo e della topografia sono tali da non richiedere interventi anticipati di drenaggio	Le condizioni del suolo e della topografia sono tali da richiedere alcune opere di drenaggio ma realizzabili a bassi costi	Le condizioni del suolo e della topografia sono tali da richiedere notevoli opere di drenaggio costose ma fattibili	Idem alla classe 3°
Classe di drenaggio	Suoli ben drenati	Suoli da ben drenati a moderatamente drenati	Suoli da scarsamente drenati ad eccessivamente drenati	Idem alla classe 3°

*(da U.S.B.R. modificato)*

2. Suoli;
3. Substrato (strati impermeabili, presenza di falda ecc.);
4. Acqua (quantità e qualità);
5. Altri caratteri (infrastrutture, accessibilità, condizioni socio economiche ecc.).

La struttura del sistema prevede due ordini: territori idonei (S)

e territori non idonei (N); classi che indicano il grado di attitudine:  $S_1$  molto suscettibile,  $S_2$  moderatamente suscettibile,  $S_3$  marginalmente suscettibile,  $N_1$  attualmente non idoneo,  $N_2$  permanentemente non idoneo. Sono previste anche sottoclassi che indicano il tipo di limitazione (Tab. 2).

Per i dettagli si può consultare il *Soil Bulletin FAO* n° 55 (1985) "Guidelines: Land Evaluation for Irrigated Agriculture".

Tabella 2

## Struttura del Sistema

<i>Ordini</i>	<i>Classi</i>	<i>Sottoclassi</i>	<i>Unità</i>
	$S_1$		
		$S_2$ e	
S	$S_2$	$S_2$ m	$S_2$ e-1 $S_2$ e-2 $S_2$ e-3
		$S_2$ m e	
	$S_3$		
N	$N_1$	$N_1$ e $N_1$ m	
	$N_2$		

Come è stato ricordato in precedenza è possibile fare un confronto tra il Sistema U.S.B.R. e quello FAO, come dimostra la seguente Tab. 3.

Tabella 3

## Confronto tra il Sistema U.S.B.R. e quello F.A.O.

SISTEMA U.S.B.R.	SISTEMA F.A.O.
<i>Classi</i>	<i>Classi</i>
1	$S_1$
2	$S_2$
3	$S_3$ ( $S_2$ )
4	$S_3$ ( $N_1$ )
5	$N_1$
6	$N_2$

Sia l'uno che l'altro sistema portano comunque a stabilire, su basi concrete ed obiettive, l'idoneità (e se vogliamo anche la sensibilità) di un territorio alla trasformazione irrigua e permettono di valutare quindi la sostenibilità di tale intervento senza che si verifichino danni alle risorse ambientali. La loro predisposizione, realizzazione ed utilizzazione costituiscono una parte fondamentale non solo della programmazione e progettazione irrigua ma possono formare la base per le procedure di V.I.A.

Alla conoscenza, scelta e valutazione dei suoli in regime irriguo è legata non solo la quantità ma anche la qualità dei prodotti, elemento di importanza fondamentale in un mercato, come quello attuale, sempre più esigente sotto questo aspetto.

### **Gestione dei suoli irrigabili**

Il suolo, considerato come elemento ambientale dinamico, risultato dell'interazione dei fattori della pedogenesi (vedi definizione a pag.1) subisce durante l'esercizio irriguo, una serie di fenomeni e di modificazioni che sono sempre non solo complesse ma anche di notevole intensità.

Basti pensare all'incremento di produzione che può contribuire a ridurre considerevolmente la fertilità del suolo, alla accelerazione dei processi di alterazione dei minerali primari e degli stessi processi pedogenetici, alla modificazione drastica dei regimi di umidità ecc.

E' stato riscontrato, ad esempio, che, in alcune zone irrigate da circa 30 anni nel comprensorio della Trexenta (Sardegna centro meridionale), si sta formando alla profondità di 50/80 cm un orizzonte con chiari segni di accumulo secondario di carbonati che era assente nei suoli prima dell'inizio dell'irrigazione.

E' essenziale quindi conoscere le caratteristiche della risorsa suolo nelle aree potenzialmente irrigue, sia per ragioni tecniche che economiche. L'alto costo richiesto dalla trasformazione necessita di una stima dei rischi e dei benefici e lo stesso progetto di irrigazione dipende dalla conoscenza dettagliata dei suoli presenti nell'area considerata.

Le principali ragioni per le quali sono necessari studi pedologici in tali situazioni, sono stati elencati da Store (1964):

1. Garantire che i suoli prescelti abbiano una buona produttività;
2. Determinare la capacità idrica ottimale per i vari tipi di suolo;

3. Determinare l'eventuale necessità di drenaggio;
4. Determinare l'eventuale necessità di eliminare i sali solubili;
5. Stabilire gli interventi relativi alla difesa del suolo ed al controllo dell'erosione;
6. Contribuire a determinare l'idonea ampiezza delle aziende agricole;
7. Determinare la scelta delle colture in relazione ai vari tipi di suolo;
8. Stabilire con razionalità il tipo di gestione aziendale (dimensioni, uso di fertilizzanti, metodi e sistemi di irrigazione, drenaggi e sistemazioni ecc.);
9. Contribuire al disegno ed alla localizzazione della rete di distribuzione irrigua.

Uno studio accurato dei suoli e la relativa cartografia sono quindi indispensabili per una corretta gestione delle zone irrigue perché permettono di prevedere e mitigare fenomeni negativi quali la velocità di salinizzazione, la lisciviazione dei nutrienti e, nello stesso tempo, contribuisce alla scelta dei metodi irrigui, delle colture, delle lavorazioni, fertilizzazioni ecc..

Come accennato in precedenza le attività associate con l'incremento della produttività che si ottiene con l'irrigazione possono contribuire a ridurre la fertilità del suolo. La salinizzazione come fenomeno a breve termine è forse il più importante risultato di tali attività assieme alla riduzione del contenuto in sostanza organica e relativo incremento della erodibilità.

La necessità di utilizzare massicce dosi di prodotti chimici (fertilizzanti, pesticidi ecc.) possono introdurre elementi tossici; l'azione battente dell'acqua (soprattutto nell'irrigazione per aspersione) distrugge o riduce l'aggregazione superficiale e crea incrostamenti; dosi di adacquamento eccessive possano far risalire la falda e determinare fenomeni di idromorfia.

Si tratta di fenomeni che devono essere individuati e tenuti sotto controllo sia nelle zone di vecchia irrigazione ma che devono essere seguiti anche nelle aree attrezzate e servite da poco tempo. In queste situazioni occorrerà attivare e procedere a studi "pedologici di controllo" con lo scopo di prevenire ed eventualmente correggere eventuali fenomeni e fattori negativi che si fossero verificati nel corso dell'esercizio irriguo.

E' questo un ulteriore contributo che la pedologia può dare ad una corretta utilizzazione e gestione delle risorse ambientali acqua e suolo.

## Bibliografia

- ARU A. BALDACCINI P. ARANGINO F. VACCA S., 1986. I suoli delle aree irrigabili della Sardegna. Ente Autonomo Flumendosa. Regione Autonoma della Sardegna. Cagliari.
- ARU A. *et al.*, 1991. Carta dei suoli della Sardegna in scala 1:250.000. Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato Programmazione ed assetto del Territorio, Dipartimento Scienza della Terra, Università degli Studi di Cagliari.
- ARU A. BALDACCINI P. VACCA S., 1995. Evoluzione e prospettive degli studi pedologici a scopo irriguo in Sardegna. Atti Convegno SISS, Cagliari.
- BALDACCINI P. MADRAU S. VACCA S., 1993. Le aree irrigabili minori della Sardegna. *Genio Rurale* LVI (5).
- DENT D. YOUNG A., 1981. Soil Survey and Land Evaluation. G. Allen e Unwin, London.
- FAO, 1973. A Framework for Land Evaluation. Roma.
- FAO, 1979. Land Evaluation Criteria for Irrigation. World Soil Resources Report n° 50.
- FAO, 1979. Soil Survey Investigation for Irrigation. Soil Bulletin n° 42.
- FAO, 1985. Guidelines: Land Evaluation for Irrigated Agriculture. Soil Bulletin n° 55.
- FAO, 1995. Environmental impact assessment of irrigation and drainage projet. Irrigation and Drainage paper n° 53.
- USBR. Bureau of Reclamation Vol V: Irrigated Land Use Part. 2. Land Classification, U.S. Dept. of Interior. Washington D.C. 1953.
- VACCA S., 1992. La valutazione dei caratteri del territorio nella pianificazione. Enciclopedia della pianificazione territoriale. FrancoAngeli Ed., Milano.

## Note

- 1.- Territorio (Land) è un'area geograficamente definita della crosta terrestre, le cui caratteristiche tutti gli attributi ragionabilmente stabili della biosfera, atmosfera, il suolo e la sottostante geologia ed idrologia oltre ai risultati dell'attività presente e passata dell'uomo in funzione della loro influenza sugli usi antropici presenti e futuri (Christian, 1963; Christian e Steward, 1968; Smyth, 1972).
2. - Il principio dell'arabilità-irrigabilità è stato spesso disatteso in vari comprensori irrigui italiani. Un esempio tipico si ha nella Nurra (Sardegna Nord-occidentale) ove oltre 10.000 ha che non avevano nessuna caratteristica di arabilità e tanto meno di idoneità all'irrigazione, sono stati comunque attrezzati e serviti.
3. - La descrizione sintetica delle classi è la seguente:  
Classe 1 - Territori molto adatti;  
Classe 2 - Territori moderatamente adatti;  
Classe 3 - Territori marginalmente adatti;  
Classe 4 - Territori limitatamente arabili o per uso speciale;  
Classe 5 - Territori non arabili nelle attuali condizioni;  
Classe 6 - Territori non arabili e non idonei all'irrigazione.



*METODI IRRIGUI E TECNICHE DI ADACQUAMENTO.  
DETERMINAZIONE DELL'EFFICIENZA IDROLOGICA  
DELL'IRRIGAZIONE E METODOLOGIE PER UNA  
IRRIGAZIONE ECOCOMPATIBILE*

Angelo Catiandro

Università di Bari, Istituto di Agronomia generale e Coltivazioni erbacee  
Via G. Amendola, 165/A - 70126 Bari

Le tecniche di adacquamento (turni irrigui, volumi di adacquamento, sistemazioni irrigue, orario di adacquamento, ecc.) richieste dai diversi metodi irrigui sono sostanzialmente diverse e variano in relazione alla meccanica distributiva dell'acqua, alla possibilità che il metodo offre di dosare il volume di adacquamento alle caratteristiche dei terreni su cui i diversi metodi possono essere adottati, alle esigenze delle colture ed a parametri specifici di ciascun metodo.

I metodi irrigui disponibili (sommersione; scorrimento totale ed inalveato; subirrigazione; aspersione e localizzata a bassa pressione) oltre che per le tecniche di adacquamento si differenziano anche per l'efficienza distributiva dell'acqua. Questo aspetto assume notevole importanza negli ambienti dell'Italia meridionale e più in generale in tutti i Paesi del bacino del mediterraneo, dove le risorse idriche sono limitate rispetto alla domanda delle diverse utenze: civili, industriali ed agricole.

In letteratura è riportato che nei Paesi del bacino del mediterraneo il 70% delle risorse idriche utilizzate è destinata all'agricoltura con un'efficienza totale pari al 45%. Il che equivale a dire che dell'acqua destinata all'agricoltura a scopo irriguo il 55% si perde durante la distribuzione dalla fonte alle singole unità colturali. A livello aziendale l'efficienza distributiva, ossia l'efficienza dei metodi irrigui, in media si aggira intorno al 60%. Questo dato, anche se generico e riferito ad un'ampia area in cui sono note le differenze tecnologiche, deve far riflettere ed indurre a considerare che negli ambienti del bacino del mediterraneo ed in particolare dell'Italia meridionale, oltre a preoccuparsi di reperire nuove risorse idriche, occorre

porre particolare attenzione al problema dell'efficienza distributrice dei metodi irrigui comunemente usati, individuando strategie idonee a migliorarla e valutando l'opportunità di sostituire metodi irrigui tradizionali con metodi di più recente diffusione che permettono di realizzare efficienze distributive elevate.

La problematica dell'efficienza distributiva dei metodi irrigui ha ripercussioni oltre che sui consumi idrici anche sull'impatto ambientale dell'irrigazione.

Circa la ripercussione dell'efficienza distributiva sui consumi idrici è ben noto che disponendo di una determinata quantità di acqua la superficie irrigabile aumenta all'aumentare dell'efficienza del metodo irriguo. Al fine di quantificare tale incremento può essere utile ricordare che, per esempio, passando da un'efficienza distributiva del 50%, facilmente riscontrabile in pratica con i metodi irrigui gravimetrici (scorrimento superficiale ed infiltrazione laterale da solchi) ed anche con il metodo per aspersione in situazioni particolari ( per es. in zone ventose; con intensità di pioggia superiore alla permeabilità del terreno, particolarmente con terreni in pendio, ecc.), a valori di efficienza dell'80%, realizzabili utilizzando razionalmente l'aspersione ed il metodo "a goccia", la superficie irrigabile aumenta del 60%. Se si pensa che nel meridione l'efficienza distributiva dell'acqua irrigua difficilmente supera il valore del 50-60%, anche nei comprensori irrigui di più antica tradizione, appare evidente che per aumentare la superficie irrigabile bisognerebbe dare precedenza a tutte le strategie possibili miranti a migliorarne l'efficienza distributiva, anziché al reperimento di nuove fonti idriche che ormai risultano limitate e spesso di qualità scadente.

La ripercussione dell'efficienza distributiva dell'acqua irrigua sull'impatto ambientale della pratica irrigua è evidente se si considera che una congrua frazione dell'acqua che si disperde durante la distribuzione può percolare al disotto della zona radicale, con possibilità d'inquinare i corpi idrici profondi (acque di falda), o può scorrere superficialmente, con possibilità d'inquinare i corpi idrici superficiali (fiumi, laghi ed il mare lungo le coste). I rischi d'inquinamento variano in relazione alle caratteristiche del terreno (permeabilità, capacità di ritenzione idrica, profondità, caratteristiche lungo il profilo, pendenza, profondità della falda, ecc.), alle pratiche agronomiche (modalità di concimazione, ordinamenti colturali, lavorazione del terreno, ecc.), al metodo irriguo ed alle variabili irrigue adottate. Inoltre, l'inquinamento che l'irrigazione può causare varia passando da zone a rischio elevato a zone a rischio moderato e basso, individuabili sulla base delle caratteristiche dei terreni.



L'efficienza distributiva dell'acqua irrigua oltre che sui consumi idrici e sull'impatto ambientale ha ripercussione anche sulla fertilità del terreno: al ridursi dell'efficienza irrigua aumentano i rischi di dilavamento di elementi nutritivi dalla zona radicale, di fenomeni di asfissia, di salinizzazione e sodicizzazione dei terreni, con conseguente degrado della struttura del terreno, particolarmente evidente e pericolosa in terreni argillosi.

I fattori che influenzano l'efficienza distributiva dell'acqua a livello aziendale sono molteplici, tra essi particolare importanza rivestono il metodo irriguo ed il dimensionamento delle variabili irrigue, specialmente il volume di adacquamento.

### **Metodi irrigui ed efficienza distributiva dell'acqua**

E' noto che non tutti i metodi irrigui si adattano bene a tutti i tipi di terreno e di coltura, pertanto nel migliorare l'efficienza distributiva dell'acqua un primo aspetto da considerare e da valutare è la scelta del metodo irriguo. Esso deve essere adeguato alle caratteristiche fisiche, chimiche ed orografiche del terreno, alle esigenze delle colture da irrigare, alle caratteristiche climatiche della zona in cui si deve operare oltre che alla quantità ed alla qualità dell'acqua disponibile.

I metodi irrigui per scorrimento superficiale e per infiltrazione laterale da solchi, per ragioni legate alle variazioni della conducibilità idrica del terreno durante l'adacquata ed alle relazioni tra queste variazioni e l'uniformità di distribuzione dell'acqua lungo l'unità irrigua sono indicati per terreni profondi e tendenzialmente argillosi; per colture dotate di apparato radicale profondo e che non richiedono turni irrigui brevi. Con questi metodi la lunghezza dell'unità irrigua (spianata, solco) deve essere adeguata alla permeabilità ed alla pendenza del terreno, mentre il modulo unitario ( $l\ s^{-1}\ m^{-1}$  di larghezza della spianata o  $l\ s^{-1}\ solco^{-1}$ ) deve essere proporzionato alla permeabilità del terreno durante l'adacquata ed al volume di adacquamento.

Con questi metodi irrigui, a causa dell'inevitabile differenza di tempo di permanenza dell'acqua ai due estremi dell'unità irrigua (spianata e solco), determinata dalla differenza tra i tempi di avanzamento ed i tempi di recessione della lama d'acqua, necessariamente si verificano perdite di acqua per percolazione profonda che decrescono dall'inizio alla fine dell'unità irrigua. Oltre a queste si verificano anche perdite per colature terminali. Le perdite per percolazione profonda possono essere contenute dimensionando accuratamente le variabili irrigue insite nel metodo (ampiezza della

unità irrigua; orario di adacquamento; modulo unitario). Le perdite di acqua e di soluti per colature terminali, invece, si possono contenere adottando moduli unitari differenziati durante l'adacquata e sospendendo quest'ultima quando la lama d'acqua ha percorso circa 2/3 dell'intera lunghezza dell'unità irrigua.

L'irrigazione a pioggia, molto estesa negli ambienti irrigui dell'Italia meridionale, realizzabile con una gamma vastissima di tipi d'impianto, si adatta più o meno bene a tutte le situazioni di terreno, di coltura e di acqua disponibile, particolarmente: in zone collinari, dopo la semina per favorire la germinazione e l'azione degli erbicidi distribuiti sul terreno in preemergenza, per irrigazione di soccorso e climatizzante. Questo metodo prevedendo l'applicazione dell'acqua contemporaneamente sull'intera superficie dominata dal corpo d'acqua disponibile, se ben progettato non dovrebbe dare luogo a problemi di disformità di distribuzione derivanti da tempi differenti di permanenza dell'acqua nei differenti punti della superficie di terreno irrigata contemporaneamente. In pratica, però, questo metodo, oltre a perdite di acqua per evaporazione durante l'adacquata dà luogo con frequenza superiore a quella ipotizzabile, a perdite dovute a disformità di distribuzione dell'acqua, con conseguente bassa efficienza distributiva e conseguenti fenomeni di inquinamento per lisciviazione e per ruscellamento superficiale. Le disformità di distribuzione possono essere causate da fattori diversi quali: errato schema distributivo degli irrigatori sull'appezzamento, intensità di pioggia elevata rispetto alla permeabilità del terreno; interferenza della ventosità sul diagramma di distribuzione degli irrigatori adottati; influenza della vegetazione sulla distribuzione dell'acqua nel terreno, ecc.

Come l'irrigazione a pioggia anche l'irrigazione localizzata a bassa pressione, prevedendo la distribuzione dell'acqua localizzata e con bassa intensità di erogazione, almeno l'irrigazione a goccia e quella con spruzzatori, si adatta a tutte le situazioni di terreno e non dà luogo a ruscellamento superficiale. Tuttavia la distribuzione dell'acqua nel terreno assume aspetti diversi in relazione alle caratteristiche idrologiche ed all'attitudine a fessurarsi di quest'ultimo, al turno irriguo ed al volume di adacquamento adottati, al tipo di erogatore.

Nel caso dell'irrigazione a goccia il volume di terreno umettato da ciascun gocciolatore assume forma assimilabile ad un bulbo di cipolla: piuttosto allungato dall'alto verso il basso in terreni sabbiosi, con sviluppo laterale, invece, in terreni argillosi. Le possibilità che si verifichino perdite di acqua e di soluti per percolazione profonda e per lisciviazione al disotto dell'erogatore sono legate ai volumi di adacquamento somministrati ed alla formazione di crepe profonde che delimitano l'area dominata da ciascun goc-

ciolatore. L'irrigazione localizzata a bassa pressione prevedendo il trasporto dell'acqua dalla fonte idrica al punto di utilizzazione, in prossimità della pianta, attraverso condotte tubate, non dà luogo a perdite di trasporto; inoltre, poiché l'acqua gocciola sul terreno anche le perdite per evaporazione durante la distribuzione sono limitate, di conseguenza l'efficienza distributiva dell'acqua dipende esclusivamente dall'uniformità di erogazione degli erogatori e dall'accuratezza con cui è determinato il volume di adacquamento. Pertanto con il metodo irriguo localizzato a bassa pressione l'efficienza distributiva dell'acqua è molto elevata, almeno potenzialmente.

La subirrigazione nel meridione è poco diffusa e potrebbe essere considerata quella capillare. La subirrigazione freatica praticamente è assente per la limitata presenza di falde ipodermiche poco profonde e là dove queste sono presenti si preferisce non alimentarle per evitare fenomeni di salinizzazione degli strati di terreno più superficiali a causa dell'elevata domanda evapotraspirativa in questi ambienti.

La subirrigazione capillare, utilizzabile per colture arboree, particolarmente in caso di utilizzo a scopo irriguo di acque reflue urbane, prevedendo l'erogazione dell'acqua ad una certa profondità dalla superficie del terreno, a mezzo di tubi in plastica dotati di erogatori di vario tipo e di modesta portata, opportunamente distanziati in relazione al sesto d'impianto della coltura da irrigare, dà luogo a distribuzione dell'acqua nel terreno per capillarità intorno agli erogatori. Questo metodo irriguo con volumi di adacquamento proporzionati alla capacità di ritenzione idrica del terreno interessato dall'apparato radicale e dominato da ciascun erogatore non dà luogo a perdite per percolazione profonda ed a fenomeni d'inquinamento. Pertanto, anche questo metodo, che fa parte di quelli localizzati a bassa pressione, permette di realizzare indici elevati di efficienza distributiva dell'acqua.

### **Volume di adacquamento ed efficienza distributiva dell'acqua**

Ipotizzando uniforme la distribuzione dell'acqua ed assenza di perdite per scorrimento superficiale, l'efficienza distributiva dell'acqua dipende dall'entità del volume di adacquamento. Per evitare perdite per percolazione profonda, ossia perdite al disotto della zona radicale, il volume di adacquamento non dovrebbe essere superiore a quello necessario per portare alla capacità idrica di campo l'umidità dell'intero strato di terreno interessato dall'apparato radicale o di parte di esso nel caso di metodi irrigui lo-

calizzati. Ciò presuppone la conoscenza della profondità dell'apparato radicale durante il ciclo colturale della specie da irrigare, delle caratteristiche idrologiche del terreno e dell'umidità del terreno al momento dell'intervento irriguo.

L'umidità del terreno al momento dell'intervento irriguo è il parametro più problematico da determinare sia direttamente che indirettamente attraverso misure dello stato idrico del terreno o della pianta e attraverso la compilazione del bilancio idrico.

Nonostante i progressi conseguiti negli ultimi anni, le metodologie di valutazione dello stato idrico del terreno al momento dell'intervento irriguo necessitano di ulteriori approfondimenti al fine di individuarne alcune semplici ed idonee per essere utilizzate dagli operatori.

Da questi brevi cenni sulla problematica dell'efficienza distributiva dell'acqua con i diversi metodi irrigui si può dedurre che, al fine di apportare ulteriori contributi sull'argomento, miranti a ridurre le perdite di acqua durante l'irrigazione, sarebbe auspicabile approfondire sperimentalmente i seguenti aspetti:

- studiare l'adattabilità dei diversi metodi irrigui a differenti situazioni pedologiche;
- valutare la produzione delle principali colture irrigue nel Mezzogiorno in funzione del metodo irriguo;
- studiare le variabili irrigue insite nel metodo irriguo e relative alla tecnica irrigua in funzione delle caratteristiche pedologiche, climatiche e colturali;
- valutare le possibilità esistenti di sostituire, su colture diverse, metodi irrigui più tradizionali con metodi di più recente introduzione, che permettono di realizzare indici di efficienza distributiva dell'acqua elevati;
- approfondire le metodologie di valutazione dei parametri del bilancio idrico del terreno, con particolare riguardo il contributo delle riserve idriche del terreno al consumo idrico delle colture. Aspetto di particolare importanza per le specie arboree;
- studiare le relazioni tra metodi irrigui, variabili irrigue, qualità dell'acqua e fertilità del terreno.

## *STRESS AMBIENTALI NELLE REGIONI MERIDIONALI*

Arturo Alvino

Università degli Studi del Molise - Dipartimento S.A.V.A.

Via De Sanctis - 86100 Campobasso

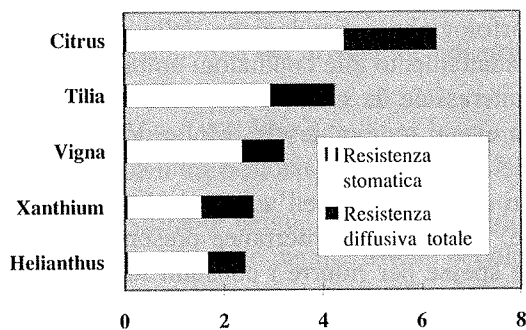
La vegetazione dell'area mediterranea si distacca completamente da quella d'ogni altra regione d'Europa (Polunin e Walters, 1987): le caratteristiche morfologiche e fisiologiche delle piante spontanee garantiscono un elevato adattamento alle condizioni ambientali: le lunghe e caldisime estati sono interessate da scarse e mal distribuite precipitazioni, intervallate talvolta da eventi temporaleschi. Molte delle specie vegetali hanno subito nel corso dei secoli modificazioni o sono state sostituite da altre specie più rispondenti alle esigenze dell'uomo piuttosto che per la loro adattabilità all'ambiente. Le specie mediterranee presentano generalmente foglie piccole coriacee e spesse per ridurre i consumi idrici; molte producono oli per ridurre la pabularità (e gli insetti) per contenere in ogni caso i danni di matura biotica ed abiotica. Peculiare è la presenza dell'olivo, la pianta simbolo per Aldous Huxley (1973) del mediterraneo<sup>1</sup>. Nelle colline dell'entroterra si riconosce una fascia submediterranea caratterizzata da estati meno arida e presenta talvolta precipitazioni elevate, concentrate comunque in alcuni periodi.

Le piante che hanno una chiara origine mediterranea o che si possono considerare nel corso dei secoli adattate sono comunque sempre caratterizzate da un habitus vegetativo tale da ridurre i consumi idrici, come si può evincere dalla Figura 1. Anche se gli stress prevalenti negli ambienti mediterranei sono peculiari anche di altre aree, essi rivestono una efficacia tutta propria per la loro aleatorietà. Se i fattori di stress (termico, radiativo, idrico, salino, di elevata ventosità) esplicano la loro azione in periodi limitati nel tempo e nell'intensità non inducano spesso danni rilevanti alle colture, a meno che queste si trovino in particolari fasi fenologiche critiche. Nelle Regioni

meridionali gli stress esercitano spesso un'azione concomitante (sinergica) con risultati più marcati di quelli derivanti dalla somma degli effetti dei singoli fattori di stress. Si crea un effetto non additivo per la presenza di un'interazione, che risulta poco definibile sia in termini quantitativi (intensità della risultante) che in termini temporali (momento di comparsa degli stress in funzione del ciclo vegetativo della coltura). In pratica, se ad uno stress termico, superabile da una pianta in un certo stadio di sviluppo, si sovrappongono uno o più fattori avversi (stress idrico e/o salino, alta intensità radiativa, venti caldi che aggiungono fenomeni avvevativi difficilmente sopportabili dalle piante), si viene a creare una condizione ambientale di forte disagio per la coltura, talvolta perfino irreversibile o solo parzialmente recuperabile in tempi lunghi.

**Figura 1**

Le resistenze di una specie (Citrus) lungamente adattata all'ambiente mediterraneo sono di regola maggiori di quelle introdotte più di recente.



### **Effetti sulle colture dell'erraticità delle piogge**

Lo scenario sopra esposto è statisticamente probante nelle regioni meridionali soprattutto a causa dell'erraticità delle piogge, che crea un'alternanza imprevedibile di periodi siccitosi e periodi piovosi che (i) limitano le scelte culturali, (ii) influenzano fortemente le rese ottenibili certe, e (iii) creano pericolose condizioni per i fenomeni erosivi. Questi ultimi sono infatti favoriti dalla bassa umidità del terreno e da una non uniforme co-

apertura del terreno, fattori loro volta determinati da una distribuzione delle piogge non uniforme durante la stagione di crescita.

L'aleatorietà degli apporti idrici negli ambienti mediterranei ha un effetto diretto sulle produzioni agrarie che variano di qualità e quantità in funzione del numero e dell'intensità degli eventi piovosi; si assiste spesso ad una progressiva perdita di fertilità del suolo, tanto che numerose ed estese superfici sono, talvolta inesorabile, sottratte all'agricoltura. I fenomeni erosivi hanno origini lontanissime, ed hanno visto nel periodo industriale l'acme, a causa, usando le parole di Denis Mack Smith (1965), di "un ampio processo di disboscamento sia per soddisfare le esigenze dell'industria delle costruzioni navali che per l'opera dei carbonari, che si dedicavano alla produzione del carbone di legna, e delle capre selvatiche che divorano le giovani piante. Questo processo di disboscamento creò naturalmente delle condizioni favorevoli all'erosione del terreno. Nel Mezzogiorno inoltre l'agricoltura vede una minore piovosità che nel Nord, ma subisce altresì i danni di una maggiore irregolarità e di una peggiore distribuzione stagionale delle piogge."

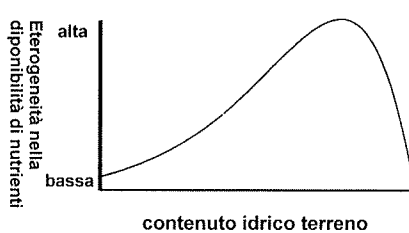
Gli ambienti meridionali sono contrassegnati da una bassa incidenza degli apporti meteorici nei periodi estivi, mentre i mesi autunnali ed invernali sono stati caratterizzati da un elevato numero di giorni piovosi, ed in particolare fra questi, di alcuni con caratteristiche di forte aggressività, definita come la capacità di un evento piovoso di causare erosione, e dipendente dalla massa, dal diametro e dalla velocità terminale delle gocce di pioggia. Associati a questo fenomeno di energia si riscontrano alcuni fattori abbastanza peculiari delle zone meridionali, in grado di innescare e mantenere attivo il processo erosivo (Bonari e Silvestri, 1993), quali l'acclività dei versanti meridionali e l'irregolarità degli andamenti dei rilievi (differenze di quota rilevabili fra le zone più elevate e quelle più depresse di una determinata area). Si ritiene che l'azione battente delle gocce di pioggia si eserciti maggiormente nelle aree compresa fra i rigagnoli (*interril erosion*), mentre quella dell'acqua di ruscellamento si esplica maggiormente nelle zone di concentrazione del deflusso (*rill erosion*). A questi fattori di energia che innescano e favoriscono il fenomeno erosivo se ne oppongono (o viceversa favoriscono) altri propri del terreno quali la (a) la tessitura e struttura, (b) il contenuto e tipo di sostanza organica, (c) l'attività degli organismi viventi, in particolare quelli a micro-scala; le caratteristiche idrologiche del suolo, (d) altri fattori climatici e più propriamente il tempo in cui si manifestano nel corso dell'anno, (e) la copertura del manto vegetale.

Il risultato di questa azione delle piogge è l'insorgenza di fenomeni erosivi, che si innescano quando l'intensità di pioggia supera la velocità di infiltrazione dell'acqua del terreno, situazione largamente favorita

dalla disomogeneità di copertura del terreno da parte della coltura. Negli areali meridionali si verificano spesso che eventi piovosi intensi ed abbondanti, che si abbattano su terreni asciutti (vicini al punto di appassimento e talvolta anche a potenziali matriciali inferiori 1.5 MPa) e quindi caratterizzati da bassi valori di infiltrazione. Questi suoli sono di norma interessati da una copertura vegetale incompleta e non uniforme a causa del regime idrico non ottimale: la conseguenza è che risultano favoriti i fenomeni erosivi, con conseguente perdita di suolo e di nutrienti. Subito dopo l'evento piovoso si creano situazioni di disomogeneità a diverse scale spazio-temporali per i diversi fattori di fertilità coinvolti. Dopo la perdita di terreno ed elementi nutritivi, la crescita delle piante è compromessa perché è tutto l'ambiente telurico a soffrire per una perdita generale di fertilità, o anche, nelle condizioni più favorevoli, a causa dell'insorgenza o all'aggravamento della disomogeneità degli aspetti nutrizionali del suolo (Figura 2).

Figura 2

Livelli di eterogeneità al variare dell'umidità del suolo



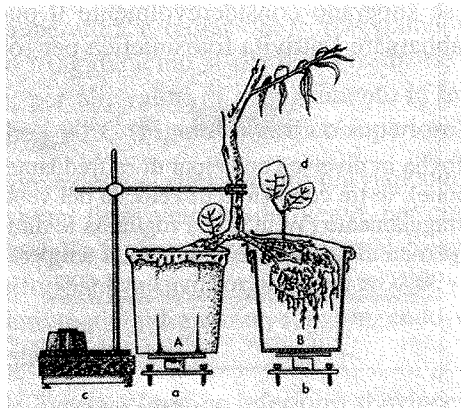
In questo scenario sono coinvolte le attività microbiche, ma soprattutto è il volume di terreno fertile a disposizione della pianta ad essere compromesso; nei casi più gravi alcune radici possono non essere più in intimo contatto con il terreno, ed alcune possono anche essere esposte all'aria e danneggiate o uccise per esposizione diretta ai raggi solari (disidratazione) o per congelamento dei tessuti, a secondo delle condizioni e dei periodi in cui si è verificato l'evento erosivo. Anche se la pianta è in grado di sopravvivere in quanto conserva una buona parte dell'apparato radicale efficiente ed in buone condizioni di temperatura, umidità e di nutrienti, il suo apparato radicale si verrà a trovare comunque in condizioni di forte disomogeneità, simili a quelle create artificialmente con lo *split-root system* (Figura 3); sicuramente all'interno dei vasi si alterneranno e/o si rincorreranno segnali



ormonali spesso stridenti per la loro intensità e direzione. Alcuni segnaleranno la necessità di rallentare o bloccare la crescita in quanto prodotti da zone radicali minacciate nella loro esistenza, altri segnali invece suggeriranno o imporranno ritmi di crescita compatibili con buone condizioni trofiche del terreno.

Figura 3

*Split-root system. Vaso A normale, vaso B con radici esposte*



Sono questi argomenti circolari che non creano certo circoli virtuosi, ma che potrebbero creare fenomeni irreversibili di desertificazione anche in zone di particolare pregio paesaggistico. Se nella penisola sorrentina continuasse ai ritmi attuali l'abbandono delle terre da parte degli agricoltori che assicurano la regimazione delle acque dei versanti (Alvino, 1990), potrebbe essere distrutto in pochi anni il fertile ma esiguo strato di coltivazione che poggia su rocce facilmente sfaldabili (Di Gennaro *et al.*, 1993).

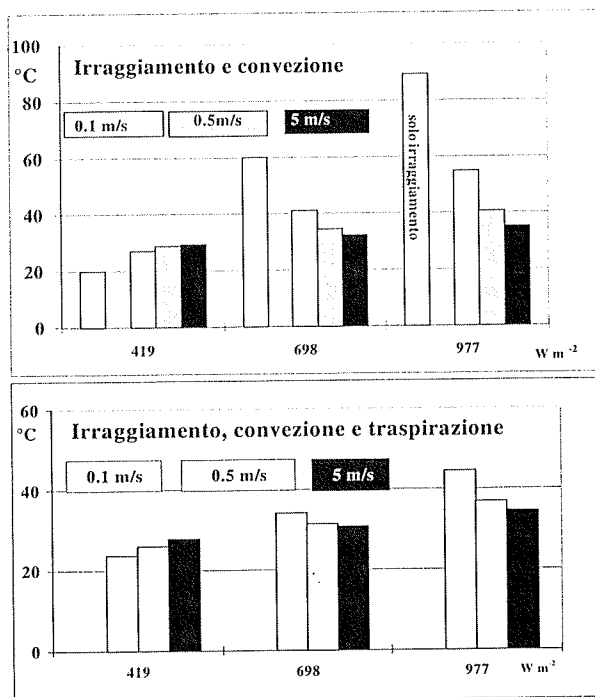
Le piogge abbondanti, in alcuni anni anche quasi pari al doppio di quelle delle zone dell'Europa centrale<sup>2</sup>, sono caratterizzate da intensità orarie elevatissime e sono anche associate, nei periodi invernali, a venti impetuosi, freddi ed umidi<sup>3</sup>. A fronte di questo scenario più da clima continentale che da "paese del sole" come è ribattezzata le coste delle sirene, si creano invece nel periodo primaverile condizioni più o meno prolungate di forte domanda evaporativa dell'atmosfera a causa di alcuni venti caldi, come il favonio<sup>4</sup> che spira da ponente, ed in grado, nelle regioni meridionali orientali, di portare le colture in pochi giorni ad uno stadio travolta irreversibile di stress idrico per l'eccessiva domanda evapotraspirativa dell'atmosfera che crea in seguito all'avvezione di masse di aria con bassissimo contenuto di umidità.

## Stress legati alla radiazione luminosa ed alla temperatura dell'aria

Nelle Regioni meridionali la trasparenza atmosferica è generalmente molto buona, ad eccezione delle zone antropizzate dove l'inquinamento ur-bano e suburbano influisce in maniera significativa sulla intercettazione della radiazione luminosa. Molte zone costiere ed in particolare quella occidentale sono interessate da banchi di nebbia nei periodi invernali e primaverili. Alla trasparenza atmosferica sono generalmente legati livelli radiativi elevati, che se superano considerevolmente il punto di saturazione della luce possono abbassare l'attività fotosintetica per fotoinibizione.

Figura 4

Temperatura di una foglia in diverse condizioni di raffreddamento (irraggiamento, convezione, traspirazione), in tre condizioni di velocità del vento (0.1, 0.5, 5 m s<sup>-1</sup>) e tre condizioni di irraggiamento (W m<sup>-2</sup>). La foglia ha le dimensioni di 5 cm ed una resistenza alle perdita di acqua di 200 m s<sup>-1</sup>. La temperatura dell'aria è di 30 °C e l'umidità relativa è del 50%.



Allorché una foglia si trova in una condizione di stress (basse ed alte temperature dell'aria, stress idrico, etc.) può non essere in grado di utilizzare completamente i quanti di luce connessi ad elevati livelli radiativi, e deve quindi dissipare gli eccessi di energia assorbiti dai cloroplasti e non trasformati in energia di legami (fotosintesi). Questi stress radiativi sono spesso difficilmente discriminabili da quelli termici, a meno di non effettuare misure di fluorescenza (Sorrentino *et al.*, 1997); in entrambi i casi si verifica uno sbilanciamento del budget energetico della foglia, con conseguente peggioramento delle reazioni biochimiche che sono temperatura-dipendenti.

La pianta ha sostanzialmente tre meccanismi per dissipare il calore assorbito (temperatura e radiazione): irraggiamento, convezione e traspirazione. Il solo irraggiamento si rileva decisamente insufficiente per raffreddare la foglia; per alti valori di irraggiamento la temperatura dei tessuti fogliari sfiorerebbe i 90°C (Figura 4, grafico superiore).

La convezione si rileva molto più rispondente; la sua efficienza aumenta all'aumentare della velocità del vento, per cui a bassi livelli radiativi la temperatura della foglia tende a crescere al crescere della velocità del vento fino ad uniformarsi a quella dell'aria; ad alti valori di radiazioni la temperatura fogliare tende a diminuire, raggiungendo valori più compatibili con le funzioni vitali.

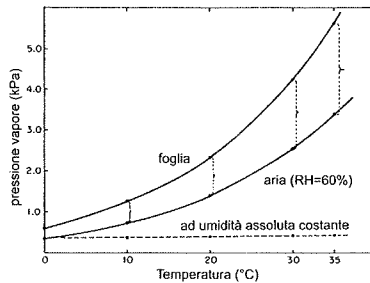
Dalla Figura 4 (grafico inferiore) si evince facilmente che la traspirazione, associata agli altri due meccanismi dissipativi, diviene il mezzo indispensabile per il raggiungimento di valori ottimali della foglia, e che la radiazione intercettata da una foglia (e/o da una coltura) rappresenta il principale fattore trainante del processo traspirativo condizionandone favorevolmente la sua temperatura. L'intensità del fenomeno viene condizionata, *inter alia*, dalla differenza di temperatura fra foglia ed aria (Figura 5) e le dimensioni fogliari (Figura 6).

Al crescere delle dimensioni delle foglie cresce infatti la resistenza del *boundary layer*, ed al suo interno il vapor d'acqua si muove in larga parte secondo la legge di diffusione dei gas; i valori sono quindi molto più bassi di quelli al di fuori dello strato limite dove l'aria si muove sulle foglie con moto laminare e/o turbolento, e quindi con un'efficienza maggiore.

Per questa ragione nelle zone tropicali le foglie delle piante tendono ad avere dimensioni anche ragguardevoli, mentre negli ambienti caratterizzati da condizioni idriche difficili le foglie sono di regola più piccole. Le dimensioni elevate delle foglie pongono delle difficili condizioni di "smaltimento" del calore per effetto diretto del sole o indiretto della temperatura dell'aria, per cui negli ambienti più difficili le piante trovano utile ridurre le

Figura 5

Curva della pressione di vapore a saturazione (che rappresenta la pressione a livello della camera sottostomatica) e dell'aria al 50% di umidità relativa. All'aumentare della temperatura dell'aria e della foglia (considerate eguali) aumenta il deficit di pressione di vapore. La maggiore domanda traspirativa dell'atmosfera aumenta la forza trainante del processo traspirativo. In altre parole, al crescere della temperatura dell'aria la pianta è stimolata dal punto di vista energetico a traspirare di più. Se la pianta chiede gli stomi, aumenta la sua temperatura, ed il deficit di pressione di vapore aumenta considerevolmente, per cui quando gli stomi si riaprono cresce la velocità con cui il vapor d'acqua è 'risucchiato' nell'atmosfera circostante.



dimensioni fogliari (Alvino e Leone, 1993), e/o adottare meccanismi tropici (Alvino *et al.*, 1994), cioè pongono le foglie parallele ai raggi solari nelle ore più calde (paraeliotropismo) e perpendicolari alla luce solare nelle prime ore del mattino o nel tardo pomeriggio (diaeliotropismo). In funzione dello stress e della sua intensità, le colture mostrano una differente architettura della pianta (Figura 7), in grado di assicurare una intercettazione della radiazione luminosa compatibile con le potenzialità complessive della pianta ed in particolare del sistema fotosintetico.

### Stress idrico e salino

Lo stress idrico si verifica allorché il tasso traspirativo supera quello di assorbimento dell'acqua da parte della pianta, e può essere conseguenza di differenti condizioni ambientali sfavorevoli (siccità, salinità, temperature sub-ottimali o sfavorevoli). Le risposte delle piante agli stress idrici in funzione dell'intensità e del tempo delle perdite di acqua sono riportate nello schema allegato (Figura 8).

Figura 6

Trasferimento di calore da fogli di diversa dimensione in funzione della velocità del vento.

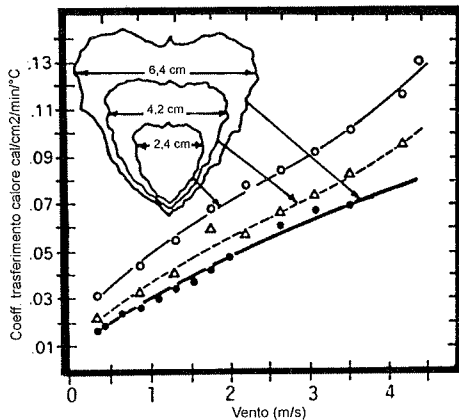


Figura 7

Variazione della radiazione intercettata da girasole sottoposto a stress irriguo e salino nell'azienda sperimentale dell'Istituto Irrigazione del CNR.

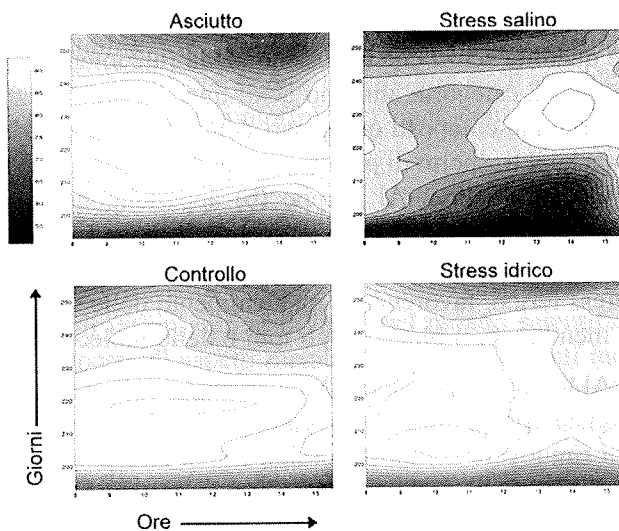
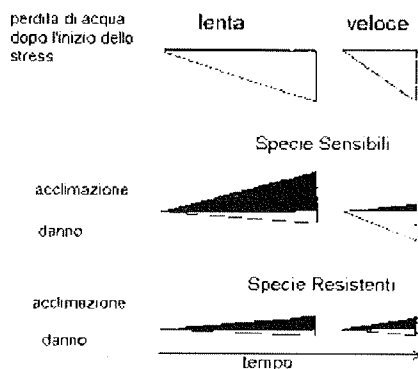


Figura 8

La risposta della pianta è funzione dell'intensità (lunghezza relativa dell'asse verticale) e del tempo (lunghezza relativa dell'asse orizzontale) della perdita di acqua. Un basso tasso di perdita di acqua permette una acclimazione al deficit idrico da parte delle piante, sia resistenti che sensibili, anche se con un grado diverso. Uno stress idrico che progredisca velocemente espone le piante più sensibili ad un *vulnus* decisamente maggiore.



Una pianta si può definire resistente al deficit idrico allorquando è in grado di adottare dei meccanismi per evitare lo stress (a), per proteggere la funzionalità cellulare (b) e per riparare velocemente i danni (c). Al primo meccanismo appartiene la capacità di produrre ed accumulare osmoliti in elevate quantità senza che ostacolata la funzionalità delle proteine. Rientrano in questa categoria amminoacidi quali la prolina, zuccheri quali il pinitolo e i fruttani, composti quaternari dell'ammonio quali la betaina. Si annoverano anche il trasporto di proteine e di ioni per scampare lo stress idrico e tollerare quello salino. Al gruppo (b) appartengono le proteine *late embryogenesis abundant* (LEA) che si accumulano generalmente nei semi durante la fase di maturazione, ma anche negli organi vegetativi durante un periodo di stress idrico, favorendo il mantenimento delle strutture delle proteine e delle membrane, il blocco degli ioni e delle molecole di acqua.

Al terzo meccanismo (c) appartengono alcune proteine (proteasi, ubiquitin, chaperones) in grado di limitare i danni causati dallo stress idrico o anche di rimuovere composti tossici, che si formano anche durante lo stress salino. Sia a livello cellulare che a livello di pianta intera, comunque, l'ormone ABA gioca un ruolo principale nel riconoscere e segnalare uno stress a punti della pianta diversi da dove è stato "sentito": muovendosi at-

traverso il sistema vascolare è in grado di modificare la conduttanza stomatica delle foglie. L'effetto dello stress idrico è generalmente una riduzione dell'attività fotosintetica a causa di modificazioni morfologiche, fisiologiche e biochimiche. A livello più macroscopico vi è una modificazione della struttura della pianta (Figura 7) in grado di variare opportunamente la quantità di luce solare assorbita durante il ciclo vegetativo. A livello fogliare si verificano sia fenomeni di nastia, sempre per modificare i flussi radiativi che colpiscono la lamina, sia probabilmente un incremento delle resistenze mesofilliche per modificazione dei tessuti fogliari. Bongi e Loreto (1989) hanno visto un allungamento del percorso della  $CO_2$  nelle foglie di piante di ulivo sottoposte a stress salino, mentre Delfine *et al.* (1997) un rallentamento dell'anidride carbonica per una maggiore tortuosità del percorso in foglie di spinacio irrigato con acqua addizionata di NaCl all'1%.

Per quanto riguarda il controllo dello stress i meccanismi fisiologici e biochimici sono risposte concomitanti alle condizioni di stress idrico; per brevità di trattazione, si può sintetizzare che il controllo stomatico è prevalente in condizioni di stress rapidi, come nel caso del laboratorio, mentre il controllo di tipo biochimico si verifica in condizioni di stress progressivi: la pianta mette in essere una serie di meccanismi di adattamento, a livello biochimico, per evitare danni sia temporanei che permanenti.

Esisterebbe un legame tra cambiamenti morfologici e biochimici, nel senso che, per esempio, lo sviluppo e conformazione dell'apparato radicale, i segnali bioenergetici ed ormonali, la senescenza fogliare possono indurre una riduzione dell'attività biochimica (*down regulation*), per cui non si verificherebbe alcun danno quindi, ma solo un aggiustamento del sistema a livelli compatibili con le altre funzioni metaboliche. Secondo altri, viene contemplata la possibilità che la *down regulation* sia il segnale primario dello stress, e che i cambiamenti morfologici siano consequenziali.

### **Conclusioni**

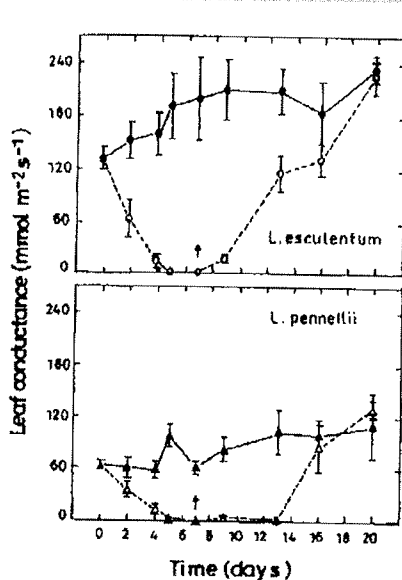
Negli ultimi anni si fa largo nel mondo scientifico il desiderio di studiare le risposte di aspetti metabolici ai cambiamenti indotti artificialmente in alcuni fattori ambientali (Smirnof, 1995). In pratica si tratta di sfruttare le facoltà biologiche di alcuni individui di plasticità

A livello macroscopico, per esempio, nel caso dello sviluppo di piante che ricoprono in maniera difforme il suolo, lo sfruttamento delle risorse (nutrienti ed acqua, intercettazione della radiazione luminosa) dipendono in

larga parte dalla capacità plastica di ripartizione della sostanza fra la parte epigea ed ipogea più che una modificazione (che poi risulta fissa) fra i parte apicale e sistema radicale. In altre parole, l'eterogeneità del sistema produttivo dell'Italia Meridionale (in termini di aleatorietà delle piogge, difformità di fertilità del suolo, dei regimi dei venti in alcune zone, etc.) suggeriscono di potenziare le ricerche sulla possibilità di selezionare o creare specie e varietà con un elevato grado di flessibilità alle variazioni dei parametri ambientali. Puntare ad accessioni o varietà con caratteristiche ben definite potrebbe generare false illusioni e frustrazioni. A titolo di esempio, una varietà molto resistente agli stress idrici potrebbe trovare collocazione in ambienti fortemente aridi in cui è in grado di assicurare comunque una produzione accettabile laddove specie non resistenti finiscono per soccombere. Tale varietà se allevata negli ambienti meridionali assicurerebbe certamente un produzione, che potrebbe però non essere economicamente conveniente e/o non essere in grado di sfruttare i periodi piovosi essendo geneticamente programmata a una "prudenza" nell'attività metabolica ed alla crescita in generale. Calzante mi sembrano gli studi di Torecillas *et al.* (1995), che hanno seguito il comportamento di due specie di pomodoro sottoposte ad un marcato stress idrico (Figura 9).

Figura 9

Andamento della conduttanza stomatica di due specie di pomodoro dal momento dell'inizio dello stress idrico fino al suo termine (freccia). Il controllo ben irrigato è indicato con il cerchio pieno.





Il comportamento del *L. pennellii* è risultato molto meno plastico del *L. esculentum*: dopo l'adattamento del terreno ha sì riidratato i tessuti ma non ha ripristinato la funzionalità stomatica, perdendo così molti giorni utili di attiva traspirazione e quindi di assorbimento dei nutrienti. Il risultato è stato una significativa riduzione di produzione di sostanza secca.

In conclusione, bisognerebbe avviare studi più orientati ai problemi ambientali mediterranei, non assumendo pedissequamente i risultati di ricerche sugli stress ambientali spesso molto differenti dai nostri areali.

Ritengo che una strada da percorrere sia quella della creazione di specie e varietà con modificata morfologia fogliare e strutturale. I livelli radiativi, le temperature dell'aria, le piogge erratiche, l'eterogeneità della distribuzione dei nutrienti non consentono elevati flussi traspirativi per tutto il ciclo colturale, ed in alcuni anni e luoghi, anche per brevi periodi. La strada più efficace ed efficiente rimane sicuramente quella che permette alla pianta di ridurre l'intercettazione della radiazione luminosa, e quindi contenere la forza trainante del processo di termoregolazione. Da un punto di vista fisiologico e microclimatico tale assioma sembra poco confutabile, per cui i programmi di *breeding* dovrebbero essere più mirati alla ricerca di piante in grado di assicurare una pronta e completa copertura del suolo all'inizio del ciclo colturale per contrastare l'insorgenza e la crescita delle malerbe, e viceversa ridurre l'intercettazione della radiazione luminosa quando le condizioni ambientali risultano più stressanti.

### **Bibliografia**

- ALVINO A., 1990. Perspectives of irrigation problems. *Acta Horticulturae* n. 270.
- ALVINO A., LEONE A., 1993. Response to low soil water potential in pea genotypes (*Pisum sativum* L.) with different leaf morphology. *Scientia Horticulturae*, 53: 21-34.
- ALVINO A., CENTRITTO M., DE LORENZI F., 1994. Photosynthesis response of sunlit and shade pepper leaves at different positions in the canopy under two water regimes. *Aust. J. Plant Physiol.*, 21: 377-91.
- SORRENTINO G., CERIO L., ALVINO A., 1997. Effect of shading and air temperature on leaf photosynthesis, fluorescence and growth in lily plants. *Scientia Horticulturae* 69: 259-273.
- BONARI E., SILVESTRI N., 1993. La stima dei «rischi di erosione» in provincia di Pisa. In: *Coltivazioni erbacee e rischi ambientali in provincia di Pisa*. Centro Studi Economico-Finanziari. Pisa.
- BONGI G., LORETO F., 1989. Gas exchange properties of salt-stressed olive (*Olea europea* L.) leaves. *Plant Physiol.* 90: 1408-1416.
- DELFINE S., ALVINO A., ZACCHINI M., LORETO F., 1997. Consequences of salt stress on diffusive resistances, Rubisco, electron transport and anatomy of spinach leaves. Sottomesso a *Plant Physiol.*
- DI GENNARO, D'ANTONIO A., INGENITO R., LULLI L., MARSEGLIA G., TERRIBILE F., TODERICO C., 1993. Gestione dei suoli e tutela dello spazio rurale periurbano nel territorio dell'area metropolitana di Napoli. *Genio Rurale*, 3:27-39.

- DOUGLAS N., 1929. Siren Land. New Adelphi Library. Edizione Italiana: La Terra delle Sirene, Leonardo Editore, 1991.
- HUXLEY A., 1973. The Olive Tree.
- SMIRNOFF, 1995. Environmental and Plant Metabolism: Flexibility and Acclimation. Bios Scientific Publishers.
- POLUNIN O., WALTERS M., 1987. Guida alle Vegetazioni d'Europa. Zanichelli, Bologna.
- SMITH D.M., 1965. Storia d'Italia 1861 - 1958. Cap. L'Italia prima del 1861. Editori Laterza, Bari. pp. 12-13.
- TORCILLAS A., GUILLAUME C., ALARCÓN J.J., RUIZ-SANCHEZ M.C., 1995. Water relations of two tomato species under water stress and recovery. *Plant Science* 105:169-176.

### Note

- 1 - Il Mediterraneo giunge fino agli orli della fascia desertica, e l'ulivo è il suo legno: il legno del territorio della chiarezza solare che separa la tetraggine dell'equatore da quella del nord. Aldous Huxley.
- 2 - Bonciarelli riporta nel volume Agronomia che le precipitazioni di Mosca e a Parigi sono rispettivamente 534 e 574 mm; quelle relative a Palermo sono 745.
- 3 - "...le sue frenesie invernali sono, a volte, così violente da trascinare gli spruzzi salati tanto entro terra, che è possibile sugli ultimi fichi di frutti lontani." Norman Douglas. La Terra delle sirene (1911).
- 4 - Nome italiano del föhn vento caldo e secco che soffia alla fine dell'inverno (nel periodo equinoziale). Voce dotta: *favonius*, derivata dal tema di *favere*, favorire la crescita. Nell'antica Grecia era, invece, apportatore di tempeste e di piogge. Nell'Italia meridionale il favonio spira sulle coste orientali creando elevate differenze di pressione di vapore fra l'atmosfera e la coltura, con conseguenti incrementi dei livelli di traspirazione.

## *I SUOLI DI FRONTE ALL'IRRIGAZIONE CON ACQUE ANOMALE*

Giovanni Fierotti

Università di Palermo, Istituto di Agronomia  
Viale delle Scienze - 90128 Palermo

### **Il problema**

Nei Paesi ad alto tasso di natalità, il problema più urgente da risolvere è di assicurare alle popolazioni il cibo per la sopravvivenza, attraverso l'adozione delle tecniche più avanzate, ma anche e, soprattutto, attraverso l'acquisizione all'agricoltura di nuove terre ed il reperimento di nuove e consistenti fonti idriche da destinare all'irrigazione.

Questo problema, non è facile da risolvere. Infatti, in particolare negli ambienti a clima arido o semi-arido, i suoli strappati al bosco o comunque al loro ambiente naturale, presentano elevati gradi di fragilità fisica, chimica e biologica per cui, in breve lasso di tempo, insorgono fenomeni più o meno gravi di degradazione che, secondo alcune stime, in tutto il mondo, coinvolgono ogni anno milioni di ettari di terreni.

Si calcola, infatti, (Buringh, 1979) che ogni minuto scompaiono definitivamente dalla superficie terrestre dieci ettari di terreni: cinque per fenomeni di erosione, tre di salinizzazione indotta, uno di usi agricoli impropri, e uno di differenti usi extra agricoli, con un danno inestimabile per l'intera umanità, in termini finanziari, di sviluppo sociale e di perdita di una risorsa difficilmente rinnovabile quale è il suolo. Tenendo conto che nel 2025, la popolazione mondiale ammonterà a circa 19 miliardi di individui, di cui la maggior parte si troverà concentrata nei Paesi in via di sviluppo, le previsioni per il prossimo futuro non sono assolutamente incoraggianti, anche perché è proprio in questi paesi che alla deficienza di acque di buona qualità, fa riscontro una discreta disponibilità di acque di bassa qualità, causata dall'elevato contenuto di sali solubili, che generano nel suolo seri problemi alla loro fertilità naturale e, nei casi più gravi, anche di inquinamento

e di desertizzazione come stanno a testimoniare i fatti che, in epoca moderna, si sono verificati in alcune zone dell'America e della Russia, e di altre parti del mondo, o nel passato, nelle estese aree ormai desertificate e un tempo ricche di vegetazione, della Mesopotamia.

Il problema, comunque, interessa anche i Paesi a forte sviluppo dove le pur rilevanti scorte di acque dolci di cui si dispone, sono già quasi completamente utilizzate nei settori civile, industriale ed agricolo.

Le previsioni indicano che la domanda d'acqua nel prossimo futuro sarà ancora più sostenuta, in quanto aumenterà ulteriormente l'attuale superficie irrigata che ammonta a circa 230 milioni di ettari.

Anche nei paesi sviluppati sarà dunque necessario fare ricorso alle acque anomale (saline, reflue urbane, ecc.). In queste condizioni si renderà sempre più urgente la messa a punto di una precisa strategia diretta a diminuire i consumi idrici, a salvaguardare le poche scorte idriche ancora esistenti di acque di buona qualità, ad evitare o almeno limitare al minimo indispensabile i pericoli di inquinamento dei suoli e delle falde idriche e a razionalizzare l'uso delle acque saline, i cui risvolti sul suolo piuttosto che sulle colture sono estremamente gravi. Si tratterà allora, di trovare il modo più semplice e meno costoso di coniugare la necessità prioritaria di assicurare gli alimenti necessari alle popolazioni, con la necessità, altrettanto fondamentale, di difendere e conservare tutte le risorse naturali, prime fra tutte il suolo e l'acqua. A ciò debbono concorrere gli studiosi e tutti coloro che per un verso o per un altro, si trovano a confrontarsi con il problema della salinizzazione dei suoli.

### **I suoli salini nel mondo**

I suoli affetti da salinità si trovano in ogni parte del mondo: in Argentina, Australia, Brasile, Cina, Cile, ex URSS, Egitto, India, Iran, Iraq, Pakistan, Perù, Spagna, Siria, Thailandia, Turchia, USA, Portogallo, Francia, ex Jugoslavia, Bulgaria, Ungheria, Romania, Albania. (Fig.1).

Complessivamente essi occupano una superficie (Tab. 1) di 954 milioni di ettari, corrispondenti a poco più del 10% dell'intera superficie mondiale delle terre emerse (Szabolcs, 1979).

Per quanto riguarda i Paesi che si affacciano sul mare Mediterraneo, questi suoli occupano una superficie di circa 20 milioni di ettari, di cui 450 mila si trovano in Italia (Tab. 2).

Tabella 1

## Aree affette da salinità nel mondo

Aree	Superfici (ha x 1.000)
Nord America	15.755
Messico e America centrale	1.965
Sud America	129.163
Africa	80.538
Sud Asia	87.608
Nord e centro Asia	211.686
Sud-Est Asia	19.983
Australasia	357.330
Europa	50.804
Totale	954.832

(da Szabolcs I., 1979)

Tabella 2

## Distribuzione dei suoli affetti da salinità nelle regioni mediterranee

Paese	Superficie totale (km <sup>2</sup> )	Superficie affetta da salinità (km <sup>2</sup> )	%
Portogallo	92.161	250	0.3
Spagna	490.777	8.400	1.7
Francia	551.208	2.500	0.5
Italia	301.226	4.500	1.5
Iugoslavia	255.804	2.550	1.0
Albania	28.738	25	0.09
Grecia	132.562	35	0.02
Turchia	768.220	25.000	3.3
Siria	184.479	5.320	2.9
Israele	20.678	280	2.8
Egitto	1.000.000	73.600	7.3
Libia	1.759.540	24.570	1.4
Tunisia	164.150	9.900	6.0
Algeria	2.200.000	31.500	1.4
Marocco	444.000	11.480	2.6
Totale	8.394.538	199.910	2.4

(da Szabolcs I., 1979 modificato)

Figura 1

Distribuzione globale dei suoli affetti da salinità (da Szabolcs, 1989)



Dei 227 milioni di ettari di terreni irrigati (Tab. 3), ben 76,6 milioni (Tab. 4) presentano i caratteri propri dei suoli salini e di essi, il 20 %, ovvero 45,4 milioni di ettari, sono interessati da salinità indotta.

Tabella 3

Superfici mondiali potenzialmente coltivabili e irrigate (milioni di ha)

Continente	Area totale	Terre potenz. coltivabili	Terre coltivate	Terre irrigate
Africa	2.964	734	185	11
Asia	2.679	627	451	142
Oceania	843	153	49	2
Europa	473	174	140	17
Nord America	2.138	465	274	26
Sud America	1.753	681	142	9
ex URSS	2.227	356	233	20
<b>TOTALE</b>	<b>13.077</b>	<b>3.190</b>	<b>1.474</b>	<b>227</b>

(da Ghassemi ed altri, 1995)

Tabella 4

Superfici irrigate interessate da salinità nei diversi continenti (milioni di ha)

Continente	Salinità lieve	Salinità moderata	Salinità forte	Salinità estrema	TOTALE
Africa	4,7	7,7	2,4	-	14,8
Asia	26,8	8,5	17,0	0,4	52,7
Sud America	1,8	0,3	-	-	2,1
Nord e Centro America	0,3	1,5	0,5	-	2,3
Europa	1,0	2,3	0,5	-	3,8
Australia	-	0,5	-	0,4	0,9
Totale	34,6	20,8	20,4	0,8	76,6

(da Ghassemi ed altri, 1995)

### **Origine della salinità**

La salinità può avere origine naturale (salinità primaria) o antropica (salinità secondaria). In tutti e due i casi un ruolo di primaria importanza è svolto dalle acque.

Fra le cause naturali si annoverano:

1) le acque piovane che, a contatto con le rocce, danno inizio ad un processo di alterazione chimica (fenomeni di idrolisi, soluzione, idratazione, ossidazione, carbonatazione), che solubilizza alcuni composti primi fra tutti cloruri, solfati, ecc., responsabili dei principali processi di salinizzazione;

2) le acque marine che, in particolari condizioni litologiche, si mescolano con le acque dolci delle falde idriche prossime alle coste, o mediante i movimenti di trasgressione e di regressione tipici di alcune zone, lasciano sul terreno grandi quantità di sali;

3) le acque dei fiumi che, attraversando particolari formazioni litologiche o pedologiche, si caricano di sali che, in occasione delle periodiche o eccezionali esondazioni, vengono depositati nelle aree prossime al corso di acqua;

4) le acque di falda, con i movimenti ascendenti;

5) il vento che trasporta verso terra le gocce di acqua marina;

6) meno importanti, ma non per questo trascurabili, sono i fenomeni conseguenti alle attività vulcaniche, (fumarole ricche di HCl, SO<sub>2</sub>, e H<sub>2</sub>S, o sorgenti termali a mineralizzazione clorurata o solfatica), o alle piogge che, nelle zone vicine agli apparati vulcanici attivi, si caricano di solfati e di zolfo (Gaucher, 1974).

Fra le cause antropiche, concorrono a creare condizioni di salinità l'uso smodato di concimi minerali, delle acque reflue urbane, di quelle invase in serbatoi artificiali, di quelle utilizzate nelle coltivazioni sotto serra e, principalmente, il ricorso per l'irrigazione ad acque di bassa qualità.

### **Suoli salini e classificazione pedologica**

Questi suoli si formano, sotto l'influenza predominante, nelle fasi solida e liquida, degli elettroliti in grado di alterare le proprietà chimiche, fisiche e biologiche dei singoli tipi pedologici ed eventualmente anche il loro stato di fertilità naturale (Szabolcs, 1989).

Si distinguono i suoli salini da quelli sodici o alcalini che differiscono fra loro non solo per le differenti caratteristiche fisiche e chimiche ma anche per le eventuali pratiche colturali e di recupero richieste per il loro miglioramento. Per la puntuale classificazione si rende necessario combinare i principi della pedogenesi con quelli della geochimica dei sali e della fisiologia delle piante. Soltanto così, infatti, è possibile distinguere l'origine e le forme dei suoli salini, il loro livello di fertilità naturale e stabilire le misure ritenute più opportune per il loro miglioramento (Kovda, 1973).

A parte la classificazione russa che per prima, indicò i suoli affetti da salinità con il nome di Solonchaks, Solonetz, e Solods, nomenclatura successivamente largamente utilizzata in tutto il mondo, nelle altre classificazioni questi sono conosciuti sotto i nomi più svariati che differiscono da luogo a luogo.

La "Soil Taxonomy" (1997), il sistema tassonomico più utilizzato dai pedologi, li include per la gran parte, nell'Ordine degli Aridisuoli, Sottordini degli Gypsids (Grandi Gruppi Petro; Natri; Argi; Calci; Haplo); dei Salids, (Grandi Gruppi Aquì e Haplo); degli Argids, (Grandi Gruppi Natri e Gypsi). Subordinatamente, altri tipi di suoli salini trovano posto negli Ordini degli Entisuoli, Mollisuoli, Inceptisuoli, Vertisuoli ed Alfisuoli, inseriti a livello di Grande Gruppo e talora di Sottogruppo.



La dispersione in tanti differenti livelli della classificazione non fa risaltare l'importanza che assumono questi suoli, sia per la loro distribuzione geografica sia per i risvolti sociali ed economici che presentano; ritengo, dunque, che andrebbero inseriti in un unico nuovo Ordine così come recentemente è stato fatto per i suoli di origine vulcanica (Andisuoli).

Per la migliore caratterizzazione, la classificazione prevede i seguenti orizzonti diagnostici:

a) natrico, tipo speciale di orizzonte argillico da cui differisce per la struttura colonnare o prismatica grossolana o talvolta massiva, e per la percentuale di sodio scambiabile (ESP) che deve essere superiore al 15 % della somma di tutti i cationi scambiabili;

b) calcico, orizzonte illuviale di accumulo secondario di carbonato di calcio o di altri carbonati;

c) gypnico, orizzonte illuviale di accumulo di gesso secondario;

d) petrogypnico, orizzonte illuviale con accumulo di gesso secondario dallo spessore di 10 cm o più;

e) solforico, orizzonte di spessore di 15 cm o più i cui materiali minerali ed organici presentano valori di pH di 3,5 o meno dovuti all'acido solforico;

f) salico, orizzonte il cui spessore è di 15 cm o più ed ha, per sei anni su dieci e per 90 giorni consecutivi o più per anno: 1) una conduttività elettrica eguale o più grande di 30 dS/m nell'estratto acquoso 1:1; 2) il prodotto di EC in dS/m con lo spessore espresso in cm, eguale o maggiore di 900.

Meglio si presta per la classificazione dei suoli salini, il sistema messo a punto dalla FAO-UNESCO (1990), per preparare la legenda della Carta dei Suoli del mondo e non solo perché utilizza la nota terminologia dei pedologi russi, ma anche e soprattutto perché li raggruppa nei quattro specifici Gruppi dei Calcisols, Solonetz, Solonchaks, Gypsisols. Come per altre classificazioni ciascun Gruppo è suddiviso in Unità in cui vengono meglio specificate alcune caratteristiche. A parte il Gruppo dei Calcisols che non pone eccessivi problemi, sono gli altri tre Gruppi che assumono particolare importanza ai fini della salinità.

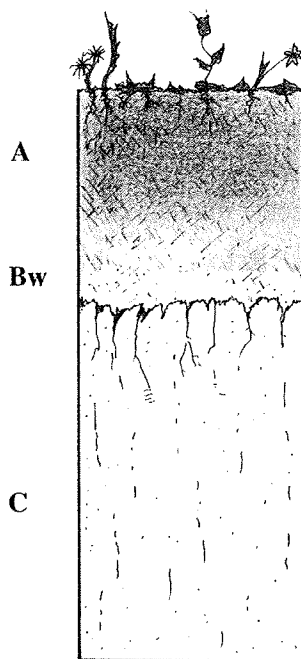
I Solonchaks sono i suoli salini propriamente detti e rimangono caratterizzati dalla presenza, nella soluzione acquosa, di sali solubili neutri (cloruri, solfati, bicarbonati, carbonati di sodio, di potassio, di magnesio e di calcio), in quantità superiore al 2% e distribuiti lungo tutto il profilo o sulla superficie dove formano efflorescenze di colore bianco, chiazze di nero se

sono presenti sali di magnesio.

La reazione è neutra o leggermente alcalina. La struttura è buona anche se risulta fortemente instabile di fronte all'azione disgregante delle acque piovane. Il profilo è del tipo A-C, o anche A-B-C (Fig. 2).

Figura 2

Schema di un suolo salino a profilo A-Bw-C (Solonchak)



I Solonchaks non mostrano proprietà fluviche, ma hanno proprietà saliche; sono ammessi gli orizzonti A; H istico; B cambico; calcico; gypico. Le Unità sono quelle degli Haplic; Mollic; Calcic; Gypsic; Sodici; Gleyc; Gelic.

E' importante sottolineare che in questi suoli di frequente, è presente una falda idrica più o meno superficiale ricca di sali disciolti che, attraverso i movimenti ascendenti, favoriti dai forti fenomeni di evapotraspirazione tipici delle regioni calde, vengono trasportati lungo tutto il profilo fin sulla superficie dove vanno a costituire delle sottili croste biancastre. L'azione negativa degli ioni sodio presenti in soluzione, viene attutita, se non addirittura annullata, dalle notevoli quantità di sali di calcio presenti sia nelle ac-

que che nel suolo che impediscono allo ione sodio di sostituirli nel complesso di scambio. La percentuale di sodio scambiabile (ESP) è comunque sempre inferiore al 15% del totale degli ioni scambiabili, i valori della reazione sono compresi fra 8 e 8,5, la conduttività elettrica (CE) è inferiore a 4 dS/m e il SAR è inferiore a 13 (Tab. 5).

**Tabella 5**

Principali caratteristiche dei suoli salini e sodici

Tipo di suolo	C.E. dS/m	E.S.P.	S.A.R.	pH
Suoli salini	> 4	< 15	< 13	8,0 - 8,5
Suoli sodici	< 4	> 15	> 13	> 8,5
Suoli salino-sodici	> 4	> 15	> 13	> 8,5

Fra gli anioni, i più frequenti sono gli ioni cloro, solforico, nitrico e bicarbonico. In casi particolari, come si verifica per esempio nei suoli che si sono evoluti sulle formazioni gessose, sono pure presenti altri sali di più bassa solubilità come il solfato di calcio idrato, o gesso.

I Solonetz, sono i suoli salino-sodici in cui può essere presente l'orizzonte natrico. Essi si formano sotto l'azione di sali di sodio capaci di provocare idrolisi alcalina ( $\text{NaHCO}_3$ ;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) e di dare origine ad argille sodiche. Per definizione il valore della conduttività è superiore a 4 dS/m e l'ESP (percentuale di sodio scambiabile) supera il 15 % del totale degli ioni scambiabili. La reazione assume valori di 8,5 o leggermente superiori e il SAR è superiore a 13 (Tab. 5). Il profilo è del tipo A-C o A-Bn-C. (Fig. 3).

Il Gruppo dei Solonetz comprende le Unità degli Haplic; Mollic; Calcic; Gypsic; Stagnic; Gleyc.

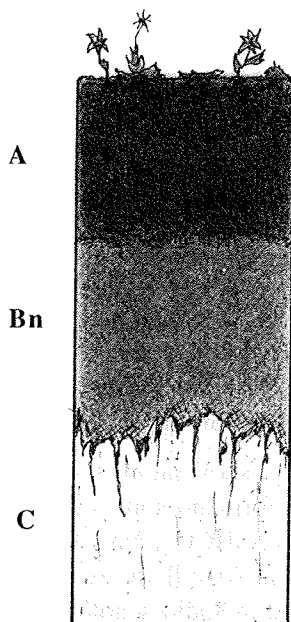
Questi suoli sono il risultato congiunto dei processi di salinizzazione e di alcalizzazione che conferiscono al suolo ora i caratteri dell'uno ora quelli dell'altro, in funzione del prevalere dei due processi.

In particolari condizioni di tessitura e di tipo di argilla (Abrol *et al.*, 1988) e in presenza di imponenti processi di lisciviazione, si verifica la completa asportazione dei sali solubili dagli orizzonti superiori del suolo con formazione di un orizzonte acido a pseudogley podzolico secondario

(Duchaufour, 1968) e il trasporto delle argille sodiche fortemente disperse e di alcuni umati sodici, verso le parti profonde del profilo dove danno origine ad orizzonti B natrici in cui la reazione raggiunge valori compresi fra 9 e 10. I valori della CE, dell'ESP, del SAR e della reazione sono riportati nella Tab 5.

**Figura 3**

Schema di un suolo salino-sodico con profilo A-Bw-C (Solonetz)



Sono questi i suoli sodici che rappresentano la fase più degradata dei Solonetz (Fig. 4).

3) Gypsisols, sono i suoli che hanno, entro 125 cm dalla superficie, un orizzonte gypsicco o petrogypsicco o entrambi. Gli orizzonti diagnostici possono essere del tipo: A ochrico; B cambico; B argillico (in cui sono presenti quantità variabili di gesso o di carbonato di calcio); calcico o petrocalcico. Mancano le caratteristiche diagnostiche per i Vertisuoli o per i Planosuoli e mancano anche entro i primi 100 cm, le proprietà saliche e gleyche.

Si distinguono le Unità Haplic; Calcic; Luvic; Petric.

Nella Tab. 6 sono riportati i principali tipi di suoli affetti da salinità con le loro caratteristiche fisiche, chimiche e idrologiche più importanti.

Figura 4

Schema di un suolo sodico degradato

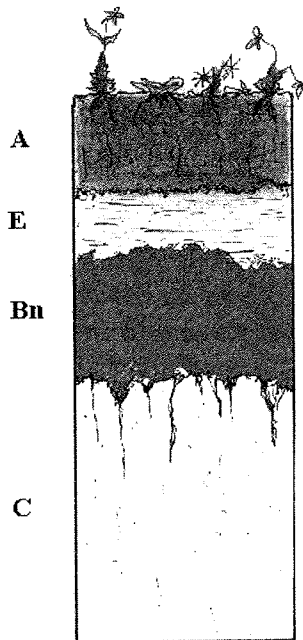


Tabella 6

Differenti tipi di suoli affetti da salinità e principali caratteristiche

Principali tipi di suoli	Principali agenti di salinità o alcalinità	Effetti sulle caratteristiche del suolo
Salini	Sali solubili (Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , etc.)	Aumento della pressione osmotica, accumulo di sali lungo il profilo e principalmente nella zona esplorata dalle radici
Salino -sodici	Sali a idrolisi alcalina (NaHCO <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , etc.)	Evoluzione della struttura verso forme massive o colonnari, reazione basica, diminuita capacità di smaltimento delle acque in eccesso
Sodici	Lisciviazione spinta dei sali solubili; complesso di scambio sodico	Reazione acida in superficie e basica in profondità

### **Qualità delle acque**

Gli schemi messi a punto da vari studiosi per definire la qualità delle acque da destinare ad uso irriguo sono numerosi; fra essi il più conosciuto è quello della *U.S. Salinity Laboratory Staff* (1954).

Secondo questo schema, la qualità di un'acqua è determinata da numerosi parametri chimici, fisici e biologici, fra i quali assumono particolare rilevanza la concentrazione dei sali disciolti (il cui contenuto può essere espresso in p.p.m. o in  $\text{mE L}^{-1}$  o più comunemente in termini di conducibilità elettrica della soluzione); la reazione; la composizione anionica; la concentrazione di elementi tossici per le piante come il boro e il litio; il SAR (*Sodium Adsorption Ratio*), che valuta il rischio di alcalizzazione o di sodicizzazione cui va incontro il suolo quando viene a contatto con acque saline.

Tutti questi parametri messi in correlazione fra loro e con le caratteristiche dei suoli, con la tolleranza alla salinità delle colture, con il regime climatico della zona, con i metodi irrigui utilizzati, con la frequenza e l'ammontare dei turni di adacquamento, con le condizioni morfologiche del territorio, permettono di dare un giudizio finale, abbastanza completo, sulla utilizzabilità delle acque in agricoltura.

### **Effetti dell'irrigazione sulle caratteristiche del suolo**

Il semplice esercizio irriguo continuato nel tempo, anche se condotto con acque di buona qualità, provoca mutamenti più o meno importanti, oltre che nelle loro caratteristiche fisiche, chimiche, idrologiche e biologiche legate a vari fattori, nell'assetto morfologico dei suoli.

L'intensità di questi mutamenti dipende da:

a) tipo di suolo; i più sensibili alla salinità sono i suoli argillosi o tendenzialmente tali in cui il continuo apporto di acqua provoca profondi cambiamenti nel loro stato strutturale oltre che nella composizione chimica e fisica, mentre vengono accelerati i processi legati alla lisciviazione con creazione di orizzonti argillici, molto spesso arricchiti di sali solubili o di carbonati secondari.

Meno importanti sono i mutamenti che si verificano nelle caratteristiche fisiche dei suoli a tessitura sabbiosa, dove, invece, sono molto attivi i movimenti di lisciviazione.

Nei suoli a tessitura franca i fenomeni descritti per gli altri tipi pedologici si sommano.

In altre parole sotto l'aspetto puramente pedologico, si può dire che i suoli sottoposti ad irrigazione con acque dolci o anomale, pure se in tempi differenti, si comportano alla stregua di un nuovo substrato su cui si svolgono nuovi processi fisici, chimici e biologici spesso assai differenti da quelli presenti negli stessi tipi pedologici a regime asciutto e che determinano nuovi indirizzi evolutivi e nuove forme pedologiche;

b) cambiamento del pedoclima, ovverossia dei regimi di umidità e di temperatura del suolo;

c) tecniche di coltivazione, che condotte in uno stato di umidità del suolo diverso da quello usuale, danno origine a fenomeni più o meno gravi di compattamento degli orizzonti superiori del suolo e di alterazione della morfologia superficiale con conseguente accentuazione dei fenomeni di ristagno idrico;

d) metodi di irrigazione (scorrimento; aspersione; goccia) ecc., che, se applicati in modo irrazionale, come purtroppo accade di frequente, provocano la distruzione degli elementi strutturali superficiali e il conseguente riempimento dei micro e macropori. Per questa via si abbassa la naturale capacità dei suoli di smaltire le acque in eccesso che, ancora una volta, tendono a ristagnare in superficie, anche come conseguenza degli elevati volumi di adacquamento utilizzati;

e) apporti, attraverso le ripetute e laute concimazioni, di quantità elevate di fosforo, potassio, azoto e microelementi vari, la cui eccessiva presenza può condurre a pericolosi inquinamenti delle falde idriche sotterranee;

f) formazione di fenomeni erosivi nei suoli di pendio ma anche di pianura;

g) effetti sulla tessitura;

h) fenomeni di eluviazione, di dispersione e di dispersione dei colloidi minerali e organici che generano cambiamenti nella morfologia del profilo con formazione di orizzonti profondi poco permeabili, o arricchiti di carbonati o di gesso o di orizzonti petrocalcici di vario spessore;

i) movimenti discendenti e ascendenti dell'acqua che in regime irriguo, a causa dei ripetuti adacquamenti, si ripetono con frequenze molto ravvicinate;

l) possibili fenomeni di inquinamento del suolo e delle acque sotterranee;

m) apporto di nuovi materiali contenuti nelle acque;

n) apporto di notevoli quantità di sali.

Nella realtà tutte le acque contengono sali disciolti in quantità e qualità variabili in dipendenza delle diverse condizioni ambientali.

La quantità contenuta nelle acque piovane varia fra 5 e 40 mg L<sup>-1</sup>. Prendendo come parametro di riferimento il livello più basso di 5 mg L<sup>-1</sup> ed una pioggia media di 100 mm, l'apporto annuo sul terreno sarà di 5 kg/ha; quantità che non desta preoccupazione se i suoli sono a libero drenaggio, ma che, proiettata nel tempo, diventa molto pericolosa, in particolare nei suoli a granulometria fine e con ridotte capacità di smaltimento delle acque.

Le acque fluenti, il cui contenuto in sali generalmente è inferiore a 0,5 g L<sup>-1</sup>, non destano alcuna preoccupazione per l'uso nei suoli franchi o tendenzialmente franchi e a libero drenaggio. Non così è per i suoli argillosi.

Supponendo di utilizzare acque con contenuto salino di 1 g L<sup>-1</sup> e un volume stagionale di 5.000 m<sup>3</sup>, l'apporto annuo di sali per ettaro sarà di 5 tonnellate, quantità già di per se notevole, se rapportata a lunghi periodi di tempo e che diventa addirittura pericolosa se le acque, come spesso accade nelle regioni aride e semiaride, contengono quantità di sali notevolmente superiori.

In tutti i casi la possibilità di utilizzare acque a carico salino variabile dipenderà dalle condizioni fisiche ed idrologiche dei suoli e dalla tolleranza delle colture alla salinità.

Acque con salinità totale compresa fra 1 e 4 g L<sup>-1</sup>, e anche di 7-8 g L<sup>-1</sup>, possono essere utilizzate in ben determinate condizioni pedologiche e climatiche e, solo dopo avere messo in atto tutti gli accorgimenti diretti ad evitare pericolosi effetti di accumulo e, in tutti i casi, dopo attenti studi e il continuo controllo di assistenti tecnici preparati all'uopo.

### **I suoli di fronte all'irrigazione con acque saline**

I mutamenti apportati dall'irrigazione con acque di buona qualità si manifestano in tempi più o meno lunghi, e tali da risultare compatibili con le naturali capacità di autodifesa proprie di ciascun tipo di suolo; mentre quelli dovuti all'uso di acque anomale danno origine rapidamente a numerosi processi di degradazione la cui intensità è funzione della diversità



pedologica, del tenore di sali disciolti e di alcuni altri fattori ambientali, primi fra tutti quelli climatici.

Dopo ogni intervento irriguo con acque saline, sulla superficie del suolo viene raggiunto un certo equilibrio fra il sodio scambiabile del suolo (ESP) e il SAR dell'acqua di irrigazione, soggetto però, a rompersi rapidamente sotto l'azione delle alte temperature. In queste condizioni, infatti, la forte evaporazione di parte della soluzione circolante comporta un notevole aumento della concentrazione salina, particolarmente concentrata nella zona radicale delle piante, che pertanto si trovano sottoposte a notevole stress che ne compromette seriamente il normale svolgimento dell'attività vegetativa.

Nei suoli salini e nelle condizioni tipiche di semi-aridità dell'ambiente mediterraneo, ad un periodo estivo caldo e siccitoso durante il quale è giocoforza ricorrere all'esercizio irriguo spesso utilizzando acque anomale, segue una stagione fredda e piovosa in cui si attivano consistenti processi di lisciviazione che abbassano i valori della conducibilità elettrica, mentre rimangono quasi inalterati quelli relativi al sodio di scambio come conseguenza della accentuata concentrazione raggiunta nella soluzione circolante.

Inoltre la grande quantità di sali solubili e la relativa assenza di sodio scambiabile, fanno sì che le argille si trovano allo stato flocculato, il che assicura un buono stato strutturale e la libera circolazione dell'aria e dell'acqua lungo il profilo del suolo.

Tuttavia, essendo questi grumi strutturali fortemente instabili di fronte all'azione disgregante dell'acqua, già con le prime piogge tendono a disperdersi provocando la chiusura dei macro e micropori e il passaggio della struttura verso le forme massive riducendo così la conduttività idraulica, e la naturale capacità del suolo di smaltire le acque in eccesso.

Contemporaneamente si attivano, in particolare negli orizzonti superficiali, alcuni fenomeni di lisciviazione che provocano il trasporto dei sali verso la parte inferiore del profilo o addirittura, il loro definitivo allontanamento.

In questi suoli dunque, la struttura è soggetta a forti cambiamenti stagionali e passa da forme ottimali granulari o poliedriche angolari e sub angolari a forme massive altamente indesiderabili.

Diverso è il caso dei suoli con elevato contenuto di sodio nella soluzione. La conseguente formazione di argille sodiche e la distruzione degli aggregati, dà origine, negli orizzonti natrici, a forme strutturali colonnari o prismatiche grossolane o, nei casi più gravi, massive.

Fino a che le quantità di sodio apportate e quelle asportate si

equivalgono, si mantiene un certo equilibrio. Esso, però, si rompe immediatamente quando, a causa di processi di lisciviazione attivati dalle piogge autunnali e invernali, le asportazioni superano gli apporti. In queste condizioni una parte del sodio scambiabile si idrolizza formando idrato di sodio che reagisce immediatamente con gli ioni bicarbonici presenti per formare carbonati di sodio e il suolo acquista forti caratteri di alcalinità.

Sotto l'influenza di notevoli quantità di sodio, la struttura si mantiene sempre allo stato massivo, mentre nei suoli salino-sodici, rimane allo stato disperso durante il periodo umido per poi compattarsi in forme lamellari durante la stagione secca dando luogo ad un sistema fessurato poligonale e generando piccoli frammenti, chiamati "pseudo sabbie" (Aubert, 1976). La dispersione dipende dalla tessitura del suolo e dalla sua mineralogia. Suoli con alta percentuale di argille montmorillonitiche sono molto sensibili all'azione del sodio mentre le argille caoliniche e vermiculitiche sono pure sensibili al sodio a bassa concentrazione elettrolitica (Wagenet, 1984).

Gli effetti deleteri del sodio scambiabile si manifestano con più evidenza durante la stagione delle piogge e possono essere riparati solo parzialmente durante la successiva stagione irrigua.

Il processo della sodicizzazione è più grave del processo della salinizzazione e nei casi limite gli effetti sul suolo sono irreversibili.

Le due forme di salinità comunque spesso coesistono.

Nei suoli a tessitura franca o tendenzialmente tale, come le Terre Rosse, i suoli costieri sabbiosi, buona parte delle Terre Brune, dove è assicurata la circolazione e il libero drenaggio dell'acqua, il pericolo di salinizzazione è ridotto e molto spesso sono sufficienti le poche piogge invernali per assicurare una buona lisciviazione dei sali in eccesso.

Nei suoli ad elevato contenuto di carbonati, il movimento discendente può dare origine a processi di decarbonatazione e carbonatazione secondaria con formazione di orizzonti calcici.

Diverso è il caso dei suoli argillosi e con drenaggio impedito che sono di più difficile governo per l'acqua. E' il caso di alcuni suoli alluvionali argillosi e dei Vertisuoli frequenti in tutte le aree irrigue. Questi suoli, potendo, dovrebbero essere esclusi dall'irrigazione, a maggior ragione se le acque sono di bassa qualità. Tuttavia, in determinati ambienti, come per esempio quelli siciliani, dove buona parte dei suoli delle pianure e della bassa collina interna sono argillosi, la loro destinazione all'irrigazione è quasi un fatto inevitabile. Per essi, più che per altri suoli, è necessario tenere conto dei limiti posti dalla bassa permeabilità, dall'elevato potere di ritenzione

idrica, dalla ridotta velocità dei movimenti per ascensum, dalla degradabilità e dal grado di erodibilità, dal tipo di profilo del suolo e da altri fattori che creano un ambiente poco idoneo al normale sviluppo delle piante. La loro trasformazione in irriguo, in tutti i casi, deve essere preceduta oltre che dalle opere generali di risanamento idraulico e di bonifica agraria, anche da quelle aziendali, al fine di conferire un'adeguata velocità di infiltrazione e di drenaggio per smaltire le acque in eccesso ed evitare l'innalzamento dell'eventuale falda idrica. Queste opere dovranno essere sempre accompagnate dall'adozione di tecniche agronomiche dirette ad acquisire e mantenere la tanto utile struttura granulare; da lavori periodici profondi; da frequenti sarciature; dalla scelta del più opportuno metodo irriguo e dei turni di adacquamento.

### **Stato della cartografia dei suoli salini in Italia**

Nel nostro Paese non esiste una cartografia di dettaglio dei suoli affetti da salinità, che dia conto non solo della loro posizione nello spazio, ma anche delle caratteristiche fisiche e chimiche e della destinazione agricola ed extra agricola. Secondo Szalboics (1979), essi occupano una superficie totale di circa 450.000 ettari (Tab. 2) distribuiti nella bassa padana, lungo alcuni tratti dei litorali adriatico e tirrenico, nel Tavoliere delle Puglie, lungo le coste meridionali della Sardegna e della Sicilia e in alcune zone interne sparse qua e là.

E' mia convinzione, però, che il dato di 450.000 ettari è largamente sottostimato in quanto risale a qualche decina di anni fa. Inoltre pur non avendo avuta una precisa risposta ad una indagine largamente approssimativa da me condotta sulla posizione geografica e sulla estensione dei suoli salini in Italia (Fig. 5), ritengo che tale superficie sia notevolmente superiore, sia per il vertiginoso aumento delle aree rese irrigue di questi ultimi decenni in particolare nelle aree meridionali e insulari, sia per il ricorso, sempre più frequente, all'impiego di acque anomale; sia ancora perché da uno studio condotto da Dazzi e Fierotti (1994), risulta che nella sola Sicilia sono presenti circa 250.000 ettari di suoli affetti da salinità, inclusi anche quelli che evolvono sulla serie gessoso solfifera con prevalente salinità solfatica (Fig. 6).

Quanto esposto sopra dimostra il livello di carenza di informazione che esiste in Italia in questa materia.

Certamente il monitoraggio di questi suoli presenta alcune dif-

ficoltà costituite dai costi piuttosto elevati, dai tempi, relativamente lunghi, necessari per la completa realizzazione e, non ultimo, dalla carenza di personale specializzato. Tuttavia, le nuove conoscenze acquisite in questi ultimi anni in tema di cartografia, di rilevamenti di campagna, di metodiche analitiche, e gli sviluppi che giorno dopo giorno, si registrano sulle tecniche di fotointerpretazione di rilievi aerei e/o satellitari, rendono il problema meno arduo e più attuabile, il che, in una seria politica territoriale e di salvaguardia ambientale, significa colmare una grave lacuna.

### Figura 5

I suoli affetti da salinità in Italia



Figura 6

## I suoli salini in Sicilia



- Suoli che si sviluppano sulla Serie gessoso-solfifera
- Suoli a salinità naturale su substrati argillosi mio-pliocenici, o di origine fluviale e/o marina, o con salinità indotta dall'irrigazione (da Dazzi-Fierotti, 1994).

**Conclusioni**

La problematica legata all'irrigazione è assai complessa e ancora oggi dopo tanti anni di studi e di ricerche, non tutti i meccanismi di azione sul suolo e sulla vegetazione sono ben conosciuti, potendo variare fortemente non solo da luogo a luogo e da tipo pedologico a tipo pedologico, ma spesso, anche, nelle differenti condizioni ambientali, in uno stesso suolo.

Il suolo è naturalmente dotato di una spiccata capacità di immagazzinare e demolire elementi estranei e nocivi, ma esiste un limite oltre il quale questa capacità si esaurisce.

Il suolo è un mondo complesso, composito, straordinariamente duttile, formato da una grande varietà di tipi pedologici che si comportano, spesso, in modo totalmente differente di fronte allo stesso problema.

Nei casi normali un suolo profondo, a granulometria media o grossolana, con una buona struttura che assicura il libero drenaggio dell'acqua e la buona circolazione interna dell'aria, agisce non solo, da vero e proprio filtro, ma anche come un reattore capace di demolire le sostanze organiche, di insolubilizzare il fosforo, di eliminare l'azoto, di rimuovere i microrganismi e così via (Fierotti, 1982).

Esperienze condotte in diversi Paesi hanno mostrato come nelle differenti condizioni pedologiche, climatiche e vegetazionali, sia possibile fare ricorso alla utilizzazione di acque anomale purché sia preceduta da accurati e approfonditi studi diretti a stabilire gli effetti sulle colture e sui suoli.

In questi ultimi decenni l'evoluzione della scienza del suolo nel settore è stata segnata da una maggiore attenzione verso i problemi causati dalle acque anomale nella composizione della soluzione circolante del suolo e nell'andamento dei processi di sodicizzazione o di salinizzazione. Sono state messi a punto numerose metodiche di laboratorio dirette a stabilire meglio l'idoneità delle acque all'irrigazione, le possibili evoluzioni delle caratteristiche fisiche e chimiche e le correlazioni che corrono fra il suolo e le colture. Sono stati anche provati diversi modelli che hanno dato risposte qualitative e quantitative abbastanza accettabili anche se richiedono ancora lunghe e approfondite sperimentazioni prima di potere essere applicati nella pratica comune.

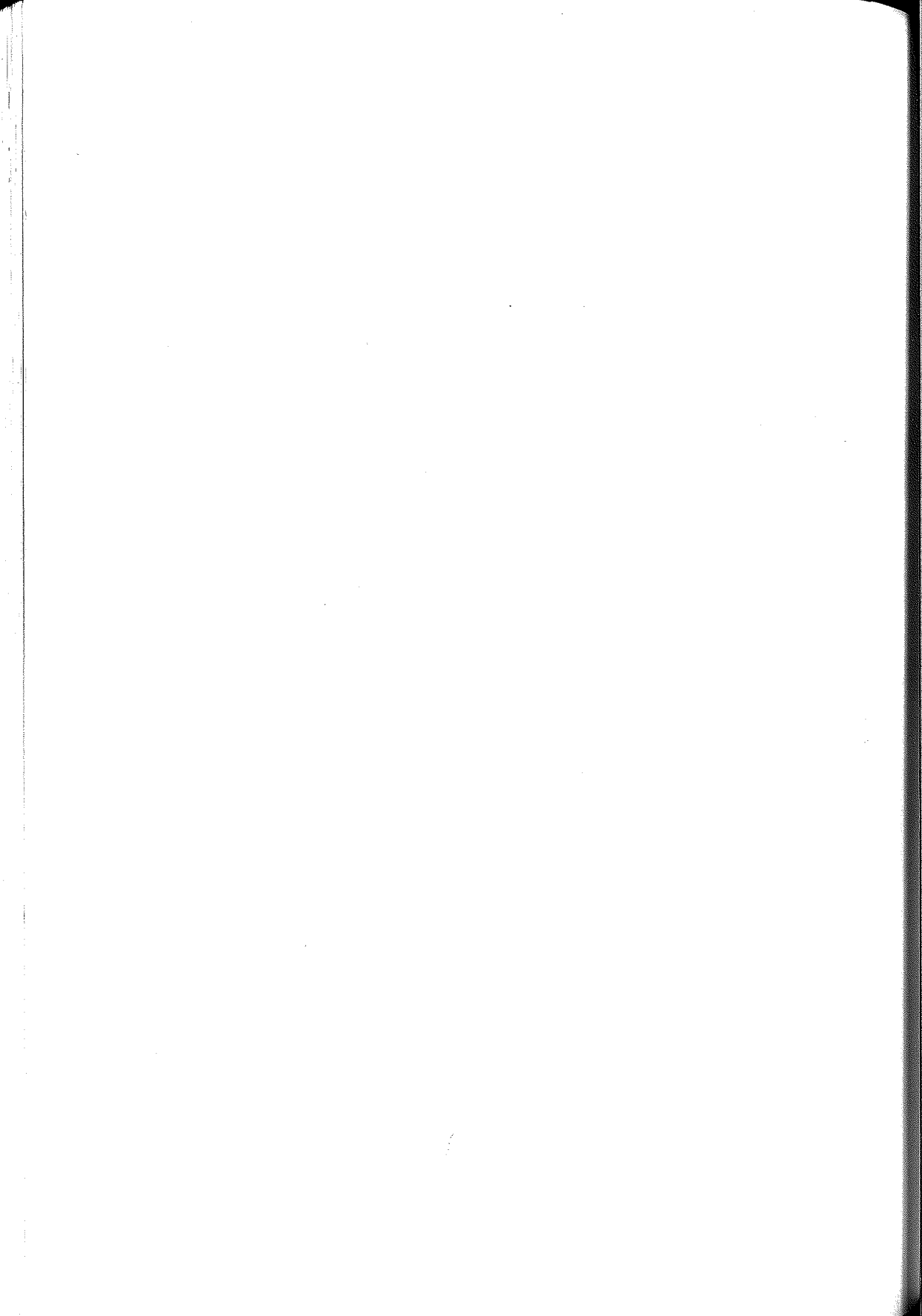
Molto è stato già fatto, ma rimane ancora molto da fare. E' necessario, per colmare questo vuoto, un progetto che si ponga l'obiettivo di mettere a punto nuove strategie agronomiche, ingegneristiche, economiche e sociali per evitare o almeno limitare i danni procurati al suolo dalla salinità, spesso duraturi nel tempo e talora anche irreversibili.

La scomparsa del suolo o comunque la sua degradazione, è un fatto che supera i ristretti limiti territoriali e investe, per i riflessi di ordine ecologico, ambientale, sociale ed economico che comporta, gli interessi dell'intera umanità.

### **Bibliografia**

- ABROL I. P., YADOV J.S.P., MASSOUD F.I., 1988. Salt affected soils and their management. *FAO Soils Bulletin* 39.
- AUBERT G., 1976. La morphologie des sols affectes par le sel. *FAO Soils Bulletin* 31.
- BURINGH P., 1978. Food production potential of the world. The world food problem. Pergamon Press.
- DAZZI C., FIEROTTI G., 1994. Problems and management of salt-affected soils in Sicily. Soil salinization and alkalinization in Europe. Ediz. Misopolines European Society for Soil Conservation.
- DUCHAUFOR P., 1968. L'evolution des sols. Ed. Masson e C Paris.

- FAO-UNESCO, 1990. Soil map of the world - Revised legend. World Soil Resource 60 Roma.
- FIEROTTI G., 1982. L'impiego in agricoltura delle acque reflue urbane e dei fanghi. *Agricoltura ambiente* 18 Anno IV.
- FIEROTTI G., 1988. Carta dei suoli della Sicilia con commento. Facoltà di Agraria Ist. Agronomia Palermo.
- FIEROTTI G., 1990. Utilizzazione delle acque reflue in agricoltura. ESA Sviluppo agricolo n.s. Anno XXIV, Palermo.
- FIEROTTI G., 1997. I suoli della Sicilia. Ediz Dario Flaccovio.
- FIEROTTI G., LOMBARDO V., SARNO R., STRINGI L., 1982. L'action des eaux saumatre sur la fertilite des sols argileux. Ist. Sper. Agronomico Bari.
- FULLER W.H., 1979. Management of saline soils. Outlook on agriculture Vol 10 n.1.
- GAUCHER G; BURDIN S., 1974. Géologie Géomorphologie et Hydrologie des terrains salés. Press Universitaire de France.
- GHASSEMI F, JAKEMAN A.I, NIX H.A., 1995. Salinisation of land and water resources. Ed. Cab International Wallngford Oxon.
- HAMDY A., 1996. Saline irrigation: assessment and management techniques. Halophytes and biosaline agriculture. Dekker Inc., New York.
- KOVDA V.A. *et al.*, 1973. Irrigation, drainage and salinity. FAO-UNESCO Hutchinson.
- RICHARDS L.A., 1954. Saline and alkali soil. Agriculture Handbook 60 USDA.
- SOIL SURVEY STAFF, 1997. Keys to Soil Taxonomy. Pocehontas Press Inc-Blacksburg Virginia.
- SZABOLCS I., 1979. The limitation of potential yield by salinity and alkalinity of soils with particular reference to the Mediterranean region. Soils in Mediterranean type climates and their yield potential. International Potash Institute Bern.
- SZALBOCS I., 1989. Salt affected soils. CRC PRESS Boca Raton Florida.
- SZABOLCS I., 1996. An overview on soil salinity and alklinity in Europe. Soil salinization and alkalization in Europe. Ed Misopolines European Society for Soil Conservation.
- SZABOLCS I, DARAB K., 1979. Water quality for irrigation and salinization problems. Water and fertilizer use for food production in arid and semi-arid zones. 3° Symposium of C.I.E.C. Ediz. E. Welte.
- WAGENET R.S., 1984. Salt and water movement in the soil profile. Soil salinity under irrigation. Springer-Verlag New York.





## *L'IRRIGAZIONE DELLE COLTURE ERBACEE: PROBLEMI DI SOSTENIBILITÀ*

Emanuele Tarantino

Università degli Studi della Basilicata - Dipartimento di Produzione Vegetale  
Via N. Sauro, 85 - 85100 Potenza

### **Introduzione**

La quantità di acqua di buona qualità di cui si dispone è sempre e comunque insufficiente, ora in senso assoluto, nei periodi di siccità, ora in senso relativo, rispetto alle aspirazioni e alle necessità di un'economia e di una civiltà in crescita. Pertanto, il criterio di sostenibilità produttiva nell'uso della risorsa idrica, sia pur variando con l'ampiezza della disponibilità della stessa, assume sempre una importanza fondamentale anche in condizioni in cui la risorsa non sia limitata; dati i suoi costi di utilizzazione esiste un volume di acqua di massima convenienza economica che normalmente è inferiore a quello di massima produttività sostenibile (Cavazza, 1992).

I problemi di sostenibilità dell'irrigazione in generale e di quella delle colture erbacee in particolare, in un sistema produttivo economicamente redditizio, nel breve e nel lungo termine, sono riconducibili alla tutela, rinnovamento e valorizzazione della risorsa idrica e al rispetto dell'ambiente. Da un punto di vista agronomico, soprattutto nelle zone dove l'acqua piovana è scarsa, come nel mezzogiorno, molta importanza assume la valorizzazione della risorsa idrica che consiste nell'ottimizzare l'uso del fattore acqua in combinazione con gli altri fattori della produzione, al fine di massimizzarne il risultato produttivo. Considerato che l'agricoltura è un sistema produttivo caratterizzato da fabbisogni idrici molto elevati, qualunque accorgimento mirante ad elevare anche in misura modesta l'efficienza distributiva e l'efficacia produttiva dell'acqua può comportare notevoli risparmi in termini di volumi (Caliandro, 1993). Evitare gli sprechi, inoltre, è anche valido nei riguardi della sensibilità dell'ambiente all'irrigazione, dato che l'acqua è potenzialmente un veicolo di trasporto d'inquinanti da fonti agricole, sia in senso verticale lungo il profilo del terreno, attraverso la lisciva-

zione nelle acque di falda, che orizzontale, per opera dello scorrimento superficiale dell'acqua che provoca l'erosione dei suoli.

In linea con questi principi, la presente relazione si propone di richiamare alcuni dei contributi che la ricerca agronomica sull'irrigazione ha dato e sta dando per la soluzione dei problemi di sostenibilità della tecnica irrigua e di indicare le eventuali necessità di approfondimento della ricerca stessa sulle tematiche che nel settore delle colture erbacee riguardano essenzialmente: la scelta delle variabili irrigue in relazione alle esigenze delle colture ed alle caratteristiche dei terreni e del clima; l'utilizzo di un appropriato pilotaggio dell'irrigazione; la scelta delle colture e la conoscenza delle interazioni tra i consumi idrici ed altri fattori della produzione.

### **Variabili irrigue e pilotaggio dell'irrigazione**

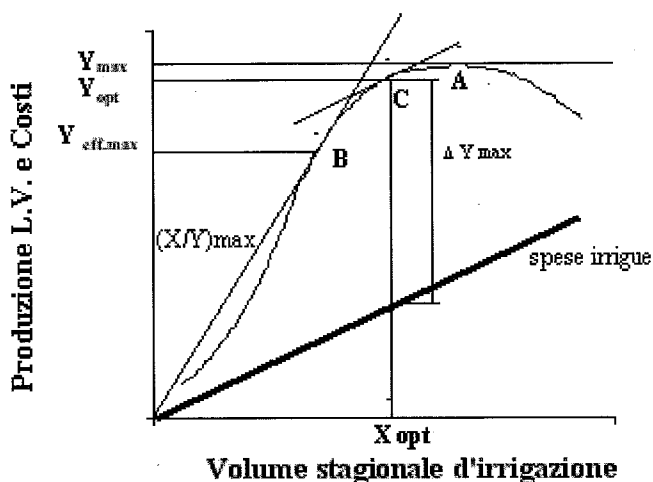
Una delle tecniche di valorizzazione delle risorse idriche e di riduzione dell'impatto ambientale riguarda l'ottimizzazione delle variabili irrigue, quali il volume stagionale d'irrigazione, il volume d'acquamento e il turno irriguo, impiegate nel "pilotaggio" dell'unità colturale in relazione alle esigenze delle colture ed alle caratteristiche dei terreni e del clima.

Il volume stagionale d'irrigazione ha di gran lunga la maggiore influenza sul comportamento biologico e produttivo delle colture (Cavazza, 1968). Infatti, è noto che le piante rispondono al regime idrologico secondo una funzione che nelle condizioni reali di campo è normalmente curvilinea, con concavità verso il basso, almeno dopo un eventuale primo tratto convesso (caso di curve sigmoidi). In dette curve, considerando nelle ordinate la produzione lorda vendibile e i costi dell'irrigazione, e sulle ascisse il volume stagionale d'irrigazione (Fig. 1) si possono individuare 3 livelli produttivi caratteristici: A) quello massimo, corrispondente a un volume d'irrigazione tecnicamente ottimale; B) quello corrispondente alla dose di massima efficienza, ossia al valore più elevato di trasformazione dell'acqua irrigua, a cui si dovrebbe tendere nelle condizioni di carenza idrica; C) quello corrispondente alle dosi di acqua irrigua di massima convenienza economica a cui tende l'agricoltore.

La vasta attività sperimentale condotta negli ultimi decenni ha permesso di individuare limiti di intervento irrigui e volumi stagionali d'irrigazione tecnicamente ottimali (Giovanardi, 1991). A tal riguardo va comunque sottolineata l'esigenza di affinare l'approccio sperimentale per conseguire risultati sempre più affidabili ed una adeguata interpretazione e generalizzazione dei fenomeni.

Figura 1

Produzione lorda vendibile e costi in relazione al volume stagionale d'irrigazione



Per evitare sprechi della risorsa idrica è importante inoltre modulare l'irrigazione sui fabbisogni della coltura nelle sue diverse fasi fenologiche attraverso il dimensionamento del turno irriguo e del volume d'adacquamento.

La determinazione del turno irriguo implica la definizione del momento d'intervento irriguo per la cui individuazione si possono seguire diversi criteri di "pilotaggio"; il più semplice si basa sulla stima dell'evapotraspirazione di riferimento (ET<sub>o</sub>) e la sua successiva conversione in evapotraspirazione massima della coltura (ET<sub>c</sub>) ed evapotraspirazione effettiva (ET) utilizzando, rispettivamente, i coefficienti culturali (K<sub>c</sub>) e di deficit idrico (K<sub>d</sub>) riportati per le diverse colture erbacee dalla letteratura agronomica (Doorembos e Pruitt 1977; Rossi Pisa, 1991; Tarantino e Onofrii, 1991).

Negli ultimi anni a tal riguardo si sono sviluppati diversi software per la gestione e la programmazione irrigua a livello aziendale (Cecon *et al.*, 1988; Smith, 1992).

Accanto alle ricerche sulla risposta produttiva all'irrigazione, la letteratura, soprattutto quella anglosassone (Hanks *et al.*, 1969; Stewart *et al.*

1977; Doorembos e Kassam, 1979), fornisce molte informazioni sulla relazione tra produzione ed evapotraspirazione (ET). Recentemente, questi studi hanno acquisito un rinnovato interesse anche a causa dei progressi compiuti nella stima dell'ET. La diversa sensibilità delle varie colture alla deficienza di acqua è stata poi tradotta analiticamente tramite coefficienti moltiplicativi differenziati (i cosiddetti coefficienti di risposta produttiva al decremento relativo di evapotraspirazione  $K_y$ ). Un valore elevato di  $K_y$  indica bassa resistenza alla siccità e, con riferimento ad una particolare fase del ciclo, esso individua il "periodo critico" della coltura rispetto al fattore idrico (Tab. 1 e Fig.2).

**Tabella 1**

Coefficienti di risposta produttiva delle colture ( $K_y$ ) al deficit di evaporazione (Doorembos e Kassam, 1979)

COLTURE	STADIO BIOLOGICO					
	iniziale	vegetativo	form. prod.	produzione	maturazione	totale ciclo
COLTURE ORTICOLE						
Anguria e melone	0.45	0.7	0.8	0.8	0.3	1.1
Cavoli	0.2	0.2	-	0.45	0.6	0.95
Cipolla	0.45	0.45	-	0.8	0.3	1.1
Fagiolo, Fagiolino, Pisello	0.2	0.2	1.1	0.75	0.2	1.15
Fragola	-	-	-	-	-	1.38
Patata	0.45	0.8	-	0.7	0.2	1.1
Peperone, Melanzana	0.2	0.4	1.1	0.8	0.4	1.1
Pisello	0.2	0.2	0.9	0.7	0.2	1.15
Pomodoro	0.4	0.4	1.1	0.8	0.4	1.05
COLTURE DA PIENO CAMPO						
Barbabietola da zucchero	-	-	-	-	-	0.7-1.1
Cotone	0.2	0.2	0.5	-	0.25	0.85
Cartamo	0.3	0.3	0.55	0.6	-	0.80
Erba medica	0.7	1.1	-	-	-	0.7-1.1
Girasole	0.25	0.5	1.0	0.8	-	0.95
Frumento-Orzo-Avena e cereali minori						
Mais	0.4	0.4	1.5	0.5	0.2	1.25
Soia	0.2	0.2	0.8	1.0	-	0.85
Sorgo	0.2	0.2	0.55	0.45	0.2	0.9
Tabacco	0.2	1.0	-	0.55	0.5	0.9

Si fa tuttavia rilevare che non sempre è da ritenere accettabile una relazione lineare tra resa ed evapotraspirazione, specie all'inizio del ciclo colturale quando rilevante è il peso dell'evaporazione dal terreno, ed al

Figura 2

Relazione tra produzione ed evapotraspirazione relative nelle diverse fasi fenologiche

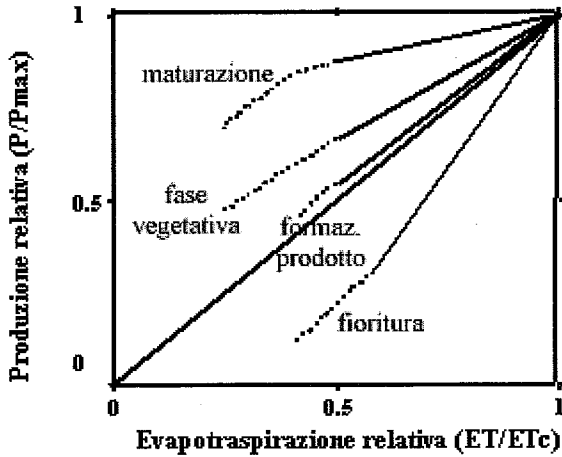
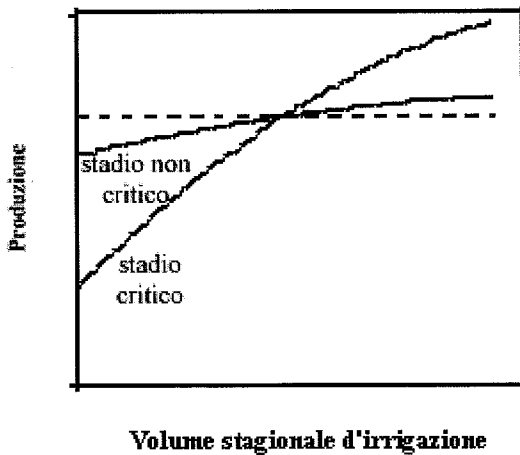


Figura 3

Fig. 3. Risposta produttiva al volume d'irrigazione in fasi caratterizzate da differenti esigenze idriche



fatto che la resa massima in prodotto agrario utile viene per molte colture raggiunta, a differenza della massima resa in sostanza secca, con valori di ET inferiori all'ETc (Giardini, 1986; Venezian Scarascia 1987). Ne consegue una diversa efficienza produttiva dell'acqua evapotraspirata dalle colture, generalmente maggiore in regime idrico ridotto. Questo aspetto assume particolare importanza negli ambienti meridionali nei quali le risorse idriche disponibili per l'irrigazione sono limitate. In tali ambienti si pone quindi il problema di ricorrere all'irrigazione carenzata (ossia che non prevede il soddisfacimento dell'evapotraspirazione massima delle colture), oppure all'irrigazione di soccorso. In entrambi i casi d'interventi irrigui "limitati", la strategia da seguire è di ottimizzare la produzione per unità di volumi di acqua somministrata alla coltura anziché per unità di superficie coltivata, tramite interventi effettuati solamente o con maggiore frequenza durante le fasi fenologiche "critiche", in cui fenomeni di stress idrici più o meno intensivi possono compromettere severamente le produzioni (Fig. 3).

Le ricerche su questo argomento, sia in Italia che all'estero, risultano molto limitate tuttavia in generale si può affermare che, per le specie erbacee di cui ai fini economici si utilizzano i frutti o le infruttescenze, i periodi più sensibili allo stress idrico sono quelli compresi tra la preantesi e l'allegagione; l'irrigazione inoltre, si dimostra particolarmente utile anche durante le fasi di distensione cellulare dei frutti.

Tuttavia, in alcuni casi (es. peperone) sembrerebbe che un lieve stress idrico all'inizio della fioritura fino a raggiungere un potenziale xilematico in predawn non inferiore a - 0,5 MPa favorisca la produzione. D'altra parte è noto che i capsicoltori, in alcuni ambienti dell'Italia meridionale, adottano la tecnica di stressare le piantine subito dopo il trapianto per stimolare l'anticipo di fioritura (Rubino *et al.*, 1993). Per molte colture erbacee, infine, è da considerare fase critica anche quella che coincide con il momento dell'impianto della coltura (semina o trapianto). Il successo di queste colture, infatti, dipende principalmente dalla rapidità e dalla uniformità di emergenza della coltura e quindi anche dagli apporti idrici subito dopo la semina.

### **La scelta delle colture**

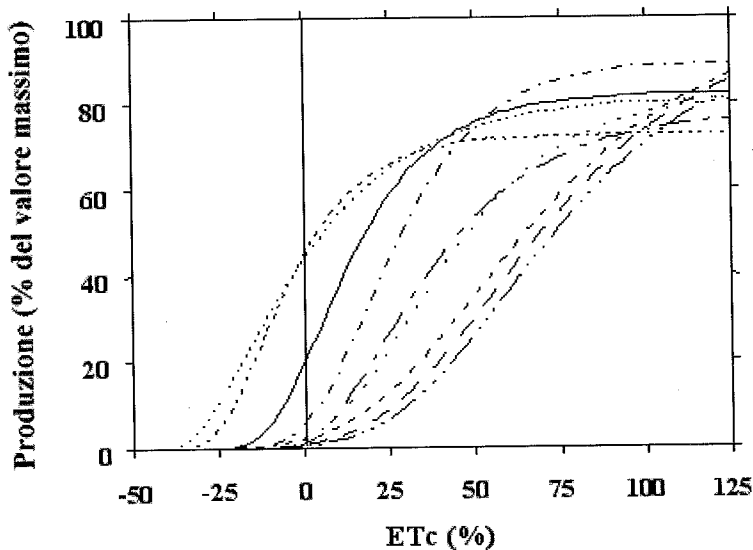
Il fabbisogno irriguo delle colture erbacee varia in base all'ampiezza del ciclo colturale, al periodo dell'anno in cui esso si compie ed alle caratteristiche genetiche della specie coltivata (apparati radicali, resistenze stomatiche, ecc.). Per quanto riguarda l'ampiezza del ciclo colturale ed il pe-

riodo dell'anno, alcuni dati sperimentali (Fig. 4) evidenziano che nell'Italia meridionale, la quantità di acqua naturale (di pioggia e di falda) utilizzata dalle colture aumenta a mano a mano che il ciclo colturale si estende nel periodo piovoso, infatti nelle colture a semina autunnale o invernale ed a raccolta estiva, come per es. la barbabietola da zucchero, tale quantità si aggira intorno al 50% dell'ETc, mentre diminuisce sempre di più andando verso le colture a semina primaverile fino ad annullarsi per quelle, come il fagiolo, a ciclo estivo. Tra le colture a semina o a trapianto estivo, però vi sono quelle a ciclo breve (fagiolino e cetriolino da industria, fagiolo borlotta, ecc.) i cui fabbisogni irrigui sono notevolmente inferiori a quelli delle colture a ciclo più lungo (pomodoro, peperone, soia).

**Figura 4**

Risposta produttiva di alcune colture erbacee al variare del volume stagionale d'irrigazione. Quest'ultimo è espresso in percento dell'evaporazione massima (ETc %) di ciascuna specie presa in esame; i valori percentuali negativi indicano le quantità di acqua naturale (di pioggia o di falda) utilizzate dalle diverse colture.

- |                           |                                    |                                     |
|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| ..... Bietola autunnale   | - - - - - Mais in colt. principale | - - - - - Mais in colt. intercalare |
| ..... Bietola primaverile | — — — — — Pomodoro da industria    | - - - - - Fagiolo da granella       |
| — — — — — Melanzana       | ..... Peperone                     | — — — — — Fagiolo borlotta          |



Inoltre dalla stessa figura 4 si evince che l'andamento delle produzioni in funzione del volume stagionale d'irrigazione (in termini percentuali dell'evapotraspirazione massima ETc) mostra incrementi marginali via via minori passando dalla coltura di barbabietola da zucchero autunnale e primaverile, alla melanzana, al mais in coltura principale, al pomodoro, al peperone, al mais in coltura intercalare e al fagiolo. Le prime tre colture, infatti, sono in grado di fornire il 70% circa della loro produzione massima con volumi stagionali d'irrigazione variabili tra il 25 ed il 50% dell'evapotraspirazione massima (ETc), mentre le colture seminate o trapiantate in primavera inoltrata o in estate, per raggiungere il 70% della produzione commerciale massima, hanno bisogno di volumi stagionali variabili tra il 75 e il 100% dell'ETc. Pertanto, se la disponibilità di acqua è limitata, è opportuno orientare la scelta verso quelle colture che svolgono almeno una parte del ciclo colturale durante il periodo delle piogge o sono seminate subito dopo la fine della stagione delle piogge, quando è massima la riserva idrica nello strato di terreno esplorabile dalle radici, come nel caso della barbabietola da zucchero, del mais in coltura principale e del girasole. Se sono già presenti entrambi i gruppi di colture prima indicati è preferibile irrigare più abbondantemente le colture più sensibili all'irrigazione, cioè quelle a semina estiva, anziché quelle meno sensibili, a semina autunnale o primaverile anticipata.

Per quanto riguarda l'influenza delle caratteristiche genetiche delle colture è noto che in generale, quelle ad apparato radicale profondo e denso, come per esempio il sorgo ed il girasole, esplorando un ampio volume di terreno ed avendo una elevata capacità estrattiva di acqua dal terreno, richiedono minori quantità di acqua irrigua rispetto alle colture con apparato radicale superficiale e poco denso.

Queste colture inoltre forniscono produzioni soddisfacenti anche solo con alcuni interventi di soccorso. Le specie caratterizzate da elevata resistenza stomatica, come cotone e sorgo, richiedono minori quantità di acqua irrigua rispetto ad altre specie.

### **Interazione tra irrigazione ed altri fattori della produzione**

La produzione vegetale è la sintesi di un complesso di variabili climatiche, pedologiche, idriche, genetiche ed agronomiche la cui azione reciproca genera effetti supplementari. Per massimizzare il risultato produttivo occorre quindi ottimizzare l'uso del fattore acqua in combinazione con



gli altri fattori della produzione (scelta varietale, densità di piante, livelli di concimazione azotata, epoca di semina e di raccolta). Facendo variare in modo razionale uno o più di questi fattori agronomici si può avere una ripercussione sulla produttività marginale dell'acqua irrigua. Su questo argomento, le ricerche all'attualità sono molto scarse e meriterebbero in futuro ulteriori approfondimenti. Qui di seguito si riportano alcuni risultati di ricerca svolte nell'Italia meridionale (Barbieri, 1991).

Per quanto riguarda l'interazione fra volume stagionale irriguo e varietà di pomodoro, si evidenziano forti differenze legate dall'espressione della potenzialità intrinseca delle singole varietà alle migliori condizioni idriche. Anche nel girasole e soia sono state accertate differenze tra classi di precocità diverse.

L'effetto della densità, nell'ambito dell'intervallo ottimale di piante, in interazione con il regime irriguo, non risulta significativo nel pomodoro da industria, sorgo da granella, barbabietola da zucchero e semina autunnale e primaverile. Il mais, invece, rispetto al sorgo, oltre a presentare una maggiore reattività agli apporti idrici è anche più sensibile alle variazioni di densità: per effetto di un apporto irriguo crescente si innalza marcatamente il livello più produttivo con le densità maggiori. Per la melanzana, la risposta produttiva a volumi stagionali crescenti è meno accentuata nel caso di densità tendenzialmente basse, ciò consente di intensificare l'investimento di piante in presenza di più elevati regimi irrigui, compatibilmente ad altri fattori, quali ad esempio quelli relativi agli aspetti qualitativi del prodotto, come il peso medio dei frutti. Per quanto riguarda la concimazione azotata, il mais risponde molto marcatamente alle maggiori disponibilità idriche soprattutto alle prime dosi di fertilizzante, mentre la risposta tende ad annullarsi alle dosi più alte. Anche su frumento duro, dosi crescenti di azoto interagiscono positivamente con dosi crescenti di acqua irrigua; in condizioni di scarsa disponibilità idrica si manifestano depressioni di resa con le dosi più alte. Simili risultati sono stati ottenuti su basilico e patata. Su barbabietola da zucchero, diverse ricerche non hanno evidenziato alcuna interazione significativa.

L'epoca di semina e la diversa lunghezza del ciclo nelle differenti varietà, interagendo con le modalità di somministrazione irrigua, possono essere calibrate in modo da utilizzare al meglio le riserve idriche iniziali od evitare la coincidenza fra le fasi più sensibili a condizioni di carenza idrica ed i periodi di maggiore domanda evapotraspirativa. Per il mais negli ambienti meridionali la migliore utilizzazione delle limitate disponibilità idriche può conseguirsi impiegando ibridi di ciclo medio e precoci e anticipando l'epoca di semina. Inoltre, ad eccezione di ambienti particolarmente

te difficili per elevata temperatura ed elevata evapotraspirazione (es. Tavoliere), buoni risultati e risparmi di acqua possono essere conseguiti con l'irrigazione fisiologica. Anche su girasole, studi recenti (Perniola *et al.*, 1997) hanno evidenziato una interessante interazione tra epoca di semina e regime irriguo. Infatti, sebbene l'anticipo della semina abbia fatto registrare una resa in granella più elevata nonché un aumento dell'efficienza nell'uso dell'acqua, il più elevato valore di trasformazione dell'acqua è stato raggiunto dalla tesi irrigata secondo il criterio di soccorso che, in considerazione dell'ambiente in cui si è operato, ha pure conseguito un interessante livello di resa. Ne deriva che l'anticipo dell'epoca di semina in interazione con il criterio di programmazione irrigua possono determinare condizioni che consentono di meglio utilizzare le riserve idriche meteoriche e migliorare l'efficienza dell'acqua irrigua.

Su barbabietola da zucchero significativa risulta anche l'interazione tra epoca di estirpamento e regimi irrigui. In diversi ambienti meridionali l'opportunità della raccolta anticipata scaturisce sia alla riduzione dei volumi stagionali d'irrigazione che dalla migliore produzione quanti-qualitativa.

### **Conclusioni**

La crescente esigenza di razionalizzare l'impiego delle risorse idriche disponibili al fine di ottenerne un risparmio ed evitare effetti ambientali negativi, impone che anche per le colture erbacee vengano applicate le tecnologie e le tecniche di massima efficienza, sia nell'ambito progettistico su scala territoriale sia in quello gestionale relativo alla singola azienda.

Quasi tutti gli aspetti della valorizzazione della risorsa idrica, in questa breve relazione sommariamente richiamati, ad approfondirli anche di poco, manifestano carenze conoscitive a cui va prevalentemente attribuita la scarsa efficienza applicativa degli interventi miglioratori.

Per il momento, sia nel campo della gestione da parte dei servizi di assistenza tecnica che in quello della gestione aziendale autonoma da parte dell'agricoltore, occorre ancora ricorrere a modelli più o meno empirici basati solo sulla stima dell'evapotraspirazione. Per il futuro, man mano che aumenteranno le conoscenze sulla fisiologia e sulla biochimica delle piante coltivate, è probabile che si sviluppino modelli di simulazione dell'accrescimento e delle rese. Un grande vantaggio dell'agricoltura verrebbe dall'estensione e dall'incentivazione delle ricerche scientifiche dirette ad ap-

profondire meglio le tecniche d'irrigazione a basso consumo di acqua. C'è grande necessità di una sperimentazione finalizzata a studiare più in dettaglio le leggi coinvolte nei processi di cui ci si occupa ed a meglio stimarne i parametri, sforzandosi di dare alle prime ed ai secondi il carattere di massima generalizzazione possibile.

Pertanto, per quanto concerne gli sviluppi futuri della ricerca agronomica, è da sottolineare l'opportunità di compiere ulteriori approfondimenti nelle varie direzioni per migliorare le conoscenze: sul fabbisogno idrico ed irriguo delle colture, sulla risposta fisiologica e produttiva delle colture sottoposte a diversi livelli di stress idrico nelle varie fasi fenologiche del loro ciclo colturale, sui meccanismi di resistenza alla siccità, sul funzionamento dei sistemi colturali in rapporto all'irrigazione e, non per ultimo, sui fenomeni di interazione tra irrigazione ed altre variabili agronomiche. Ciò si ritiene sia preliminare per consentire il passaggio da una fase meramente empirica, che spesso ancora caratterizza la reale applicazione delle tecniche irrigue, ad una fase di più meditata riflessione scientifica che lo sviluppo tecnologico in atto contribuirà a stimolare.

### **Bibliografia**

- BARBIERI G., 1991. Interazioni tra irrigazione ed altre variabili agronomiche nelle colture erbacee. *Bonifica*, 7, 223-227.
- CALIANDRO A., 1993. Il risparmio di acqua in agricoltura. Moderne tecniche agronomiche e scelta delle colture. Notiziario ENEA- Renagri. *Agricoltura e innovazione*, n. 26-27, 56-63.
- CAVAZZA L., 1968. Determinazione della variazione delle rese produttive in funzione del volume stagionale di irrigazione. Quaderno de "La Ricerca Scientifica" n. 50 CNR, 37-56.
- CAVAZZA L., 1992. Valorizzazione e tutela delle risorse idriche per fini agronomici. *Riv. di Agronomia*, 26, 4 Suppl., 543-558.
- CECCON P., GIOVANARDI R., ZERBI G., 1988. *L'Informatore Agrario* 17, 55-57.
- DOORENBOS J., KASSAM A.H., 1979. Yield response to water. *Irr. and Drain.* n. 33. FAO, Roma.
- DOORENBOS J., PRUITT W.O., 1977. Guidelines for predicting crop water requirement. *Irr. and Drain.* paper n. 24 rev., FAO, Roma.
- GIARDINI L., 1986. *Agronomia Generale*. II ed. Patron ed., Bologna.
- GIOVANARDI R., 1991. La risposta produttiva delle colture all'irrigazione. *Bonifica*, 7, 239-246.
- HANKS R.J., GARDNER H.R., FLORIAN R.L., 1969. Plant growth evapotranspiration in several crops in the Central Great Plains. *Agron. J.*, 61, 30-34.
- Lo Cascio B., Cereti C.F., 1995. Interventi agronomici, sistemi di coltivazione e ambiente. *Riv. di Agronomia*, 29, 3 Suppl., 289-299.
- PERNIOLA M., NARDIELLO I., LOVELLI S., 1997. Effect of sowing dates on water use efficiency on sunflower crop. (In press).
- ROSSI PISA P., 1991. Il consumo idrico nelle condizioni effettive di coltura. Atti Convegno GRUSI "Irrigazione e Ricerca" Bologna 1988.
- RUBINO P., MASTRO M.A., MONTEMURRO N., 1993. Studio di diversi livelli di stress idrico su coltura di peperone.

ne (*Capsicum annum* L.). Riv. di Agronomia, 27, 220-225.

RUBINO P., TARANTINO E., 1985. Influence of irrigation techniques on the behaviour of some precessing tomato cultivars. *Acta Horticulturae*, 228, 109-118.

SMITH M., 1992. Cropwat. A computer program for irrigation planning and mmanagement. *Irrigation and drainage* paper, n. 46, pp. 126.

STEWART J., CUENCA R.H., PRUITT W.O., HAGAN R.M., TASSO J., 1977. Dermination and utilization of water production for principal crops. California Contrib. Prof. Rep. W-67. University of California, Davis.

TARANTINO E., ONOFRII M., 1991. Determinazione dei coefficienti colturali mediante lisimetri. *Bonifica*, 7, 119-136.

VENEZIAN SCARASCIA M.E., CALIANDRO A., GIARDINI L., QUAGLIETTA CHIARANDÀ F., RUBINO P., GIOVANARDI R., LOSAVIO N., ANDRIA N.D., 1987. Yield response to different amount of irrigation for its best utilization, Proc. of the 13 th ICID Congress, Rabat. 189-224.

## L'IRRIGAZIONE SOSTENIBILE IN FRUTTICOLTURA

Cristos Xiloyannis, Giuseppe Celano

Università degli Studi della Basilicata - Dipartimento di Produzione Vegetale  
Via N. Sauro, 85 - 85100 Potenza

L'agricoltura assorbe i due terzi del consumo totale di acqua. Riduzioni, anche solo di piccole entità, ottenibili attraverso la scelta dei metodi irrigui, la loro corretta gestione e l'orientamento, per certi ambienti, verso colture che richiedono un uso meno intensivo dell'acqua, renderebbero disponibili enormi quantità di acqua.

Un uso futuro più sostenibile della risorsa idrica in frutticoltura è conseguibile attraverso:

- il controllo delle perdite per evaporazione e percolazione mediante la scelta del metodo irriguo;
- la gestione razionale del metodo, sulla base di una migliore conoscenza della pianta, del suolo e dell'ambiente;
- la scelta e gestione corretta della forma di allevamento;
- l'introduzione di specie caratterizzate da un'elevata efficienza d'uso dell'acqua oppure meno vulnerabili alla carenza idrica.

### **Scelta del metodo e risparmio idrico**

È ben documentato in bibliografia il risparmio idrico che si può ottenere, in particolare negli ambienti meridionali, con i metodi irrigui localizzati.

Nei frutteti giovani l'efficienza dei metodi irrigui che bagnano tutta la superficie del suolo è molto bassa (circa 10%). Inoltre, nelle caducifoglie in ambienti caldo-aridi quando le piante hanno raggiunto il completo

sviluppo, le perdite per evaporazione nei metodi irrigui che interessano tutta la superficie del suolo sono notevoli (40-50%) nei primi quattro mesi dal germogliamento.

Risulta quindi obbligatoria, per una gestione sostenibile della risorsa idrica, la scelta dei metodi irrigui localizzati. Spesso però tali metodi non vengono consigliati o adottati per il semplice motivo che la gestione consortile dell'acqua crea grosse difficoltà agli utenti. Infatti attraverso i turni ed i volumi d'adacquamento fissi stabiliti dai consorzi durante tutta la stagione irrigua, l'operatore agricolo non è in grado di poter soddisfare le esigenze idriche del suo frutteto con la distribuzione localizzata, in particolare nei mesi di giugno, luglio ed agosto. Infatti l'acqua immagazzinabile dal suolo interessato dall'irrigazione è sufficiente a sostenere le piante, nel periodo estivo, al massimo per due giorni (Tab. 1). È indispensabile quindi che la gestione consortile dell'acqua passi dai turni fissi a quelli a domanda, in considerazione anche del fatto che le esigenze idriche dei frutteti sono funzione della domanda evaporativa dell'ambiente e della superficie traspirante della pianta, fattori questi che variano nel corso del ciclo annuale e negli anni.

**Tabella 1**

Alcune caratteristiche fisico-meccaniche ed idrologiche di quattro terreni (rielaborata da Xiloyannis, 1988)

Terreno	Sabbia	Limo	Argilla	Densità	C.I.C.	P.A.	Inizio stress	
	%	%	%	Appar.	% vol.	% vol.	% vol.	% R.U.
A	43	41	19	1.25	35	13	22	42
B	70	21	9	1.05	19	7	11	35
C	58	34	8	1.24	25	9	18	55
D	50	31	19	1.27	30	13	20	41

PARAMETRI		TIPO DI TERRENO			
		A	B	C	D
Volume di terreno interessato dalle radici	(m <sup>3</sup> /ha)	5.000	5.000	5.000	5.000
RU <sup>(1)</sup>	(m <sup>3</sup> /ha)	1.100	600	800	850
RFU <sup>(2)</sup>	(m <sup>3</sup> /ha)	638	390	360	501
RFU <sup>(3)</sup> irrig. a goccia	(m <sup>3</sup> /ha)	128	78	72	100

(1) Differenza tra la capacità idrica di campo e il punto di appassimento, misurato in campo per piante di actinidia

(2) Differenza tra la C.I.C. e l'inizio dello stress idrico per piante di actinidia

(3) Considerando che gli irrigatori interessano il 20% della terra utile

Dove tale soluzione risulta di impossibile attuazione sarebbe opportuno proporre a livello aziendale la costruzione di involucri artificiali che permetterebbero il corretto funzionamento dell'impianto ad irrigazione localizzata e garantirebbero la programmazione dei turni più rispondenti alle necessità idriche della coltura.

### Gestione del metodo irriguo

In assenza di perdite per percolazione i consumi idrici di un frutteto sono dovuti all'acqua evaporata dal suolo ed a quella traspirata dalle piante.

Ci sono delle notevoli differenze tra le varie specie nella velocità con la quale si raggiunge la copertura completa del suolo da parte della chioma. Tali differenze sono dovute alla vigoria del portinnesto e della cultivar, al numero delle piante per ettaro, alla forma di allevamento etc. (Fig. 1). L'evoluzione dell'area fogliare negli anni e durante il ciclo vegetativo (Tab. 2 e Fig. 2) rappresenta il principale fattore che, unitamente alla domanda evaporativa dell'ambiente determina le necessità idriche del frutteto.

Figura 1

Aumento del LAI al crescere della densità di piantagione (cv Stark Red Gold) su diverso portinnesto (rielaborata da Natali, 1988).

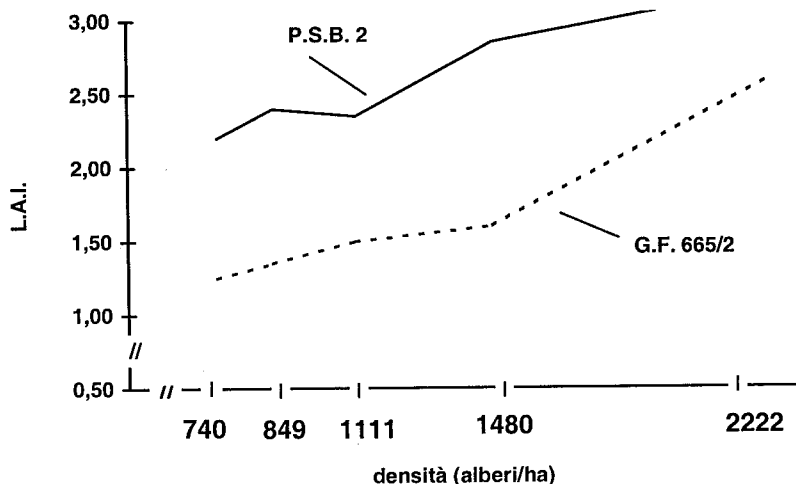


Tabella 2

Evoluzione dell'area fogliare in diverse specie fruttifere nei primi  
4 anni d'impianto

	piante ha <sup>-1</sup>	AREA FOGLIARE (m <sup>2</sup> pianta <sup>-1</sup> )				LAI			
		1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°
VEGA/MISSOUR	1778	3,8	11,8	16,5	16,5	0,7	2,1	2,9	2,9
OLIVO	278	0,6	1,9	6,1	6,9	0,02	0,05	0,17	0,19
ACTINIDIA	740	1,7	8,9	16,5	17,2	0,13	0,66	1,2	1,3

Mediamente il raggiungimento della copertura totale del suolo da parte della chioma può avvenire dopo 4-6 anni dall'impianto. È ovvio quindi che, durante tale periodo, vi sono elevate perdite di acqua per evaporazione dal suolo, in particolare nei metodi irrigui che bagnano tutta la superficie del suolo. Con tali metodi in un frutteto di un anno di età vengono apportati volumi irrigui pari a quelli di un impianto in piena produzione.

Lo sviluppo, la conformazione e la densità delle radici sono aspetti poco studiati nelle specie arboree da frutto; tali carenze conoscitive determinano difficoltà nell'interpretare i diversi comportamenti delle piante arboree circa la utilizzazione delle riserve idriche e minerali del suolo.

La velocità con la quale le radici esplorano il volume di suolo a disposizione di ogni pianta è molto diversa e dipende prevalentemente dalla specie e dal portinnesto (Tab. 3). Ci sono specie le cui radici colonizzano molto lentamente il suolo (actinidia, portinnesti nanizzanti etc.) altre, invece, sono caratterizzate da una rapida esplorazione del terreno a loro disposizione (pesco, mandorlo, albicocco). La conoscenza quindi di tale aspetto risulta indispensabile non soltanto per la scelta del metodo irriguo (posizionamento e portata degli irrigatori) ma anche per la corretta gestione in modo particolare nei primi anni dall'impianto.

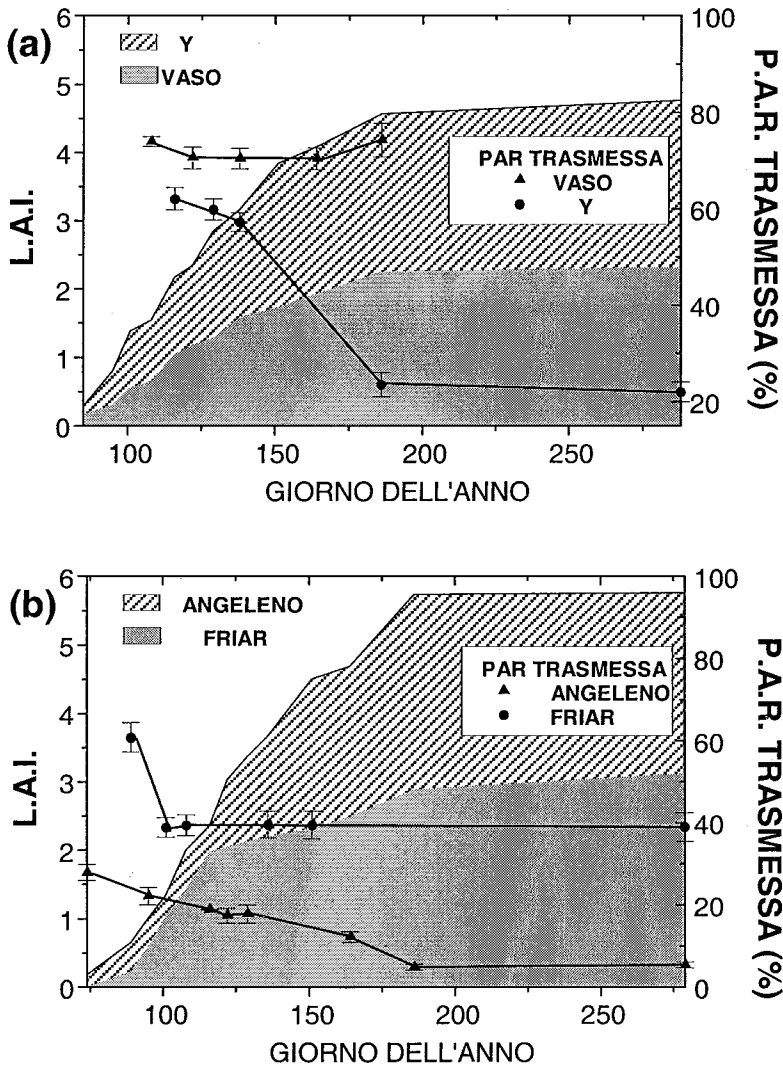
Dal volume di suolo esplorato dalle radici e dalle sue caratteristiche idrologiche dipendono sia la riserva utile sia quella facilmente utilizzabile dalle piante (Tab. 3) e di conseguenza turni e volumi di adacquamento.

Dalla densità radicale dipende la resistenza che incontra l'acqua nell'interfaccia radice-suolo e di conseguenza il gradiente di potenziale idrico e la concentrazione dei soluti che si forma nello spazio tra due radici. La densità radicale è stata quasi sempre espressa come peso secco oppure come lunghezza di radici per unità di volume di suolo: unità di misura molto utili per confrontare gli apparati radicali delle diverse specie ma non sufficientemente



Figura 2

Evoluzione del LAI e percentuale di PAR trasmessa alla base della chioma relativi ad una cv di albicocco (Tirynthos) allevata ad Y ed a Vaso (a) ed a due cv di susino (Angelino, Friar) allevate ad Y (b).



precise per caratterizzarli dal punto di vista dell'efficienza dell'assorbimento. A tale scopo è indispensabile conoscere la superficie delle radici a contatto con il terreno e la capacità di assorbimento in relazione alla loro età.

Per poter praticare un'irrigazione sostenibile, è di fondamentale importanza la conoscenza della fisiologia della pianta e dei fenomeni che avvengono durante il ciclo annuale in quanto ci permette di ridurre gli apporti irrigui in particolari fasi di sviluppo della pianta salvaguardando qualità e quantità della produzione.

**Tabella 3**

Volume di suolo esplorato dalle radici per albero e per ettaro ed acqua disponibile della cv di pesco Vega su due portinnesti (Missour e Mr.S. 2/5 -1778 pha<sup>-1</sup>), di un olivo (278 pha<sup>-1</sup>) ed actinidia (740 pha<sup>-1</sup>) durante i primi 4 anni dall'impianto (rielaborata da Xiloyannis *et al.*, 1993).

ANNI	m <sup>3</sup> /albero				m <sup>3</sup> /ha			
	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°
VEGA/MISSOUR	1,2	3,4	3,6	3,6	2133,6	6045,2	6400,8	6400,8
VEGA/Mr.S. 2/5	0,6	1,9	2,8	2,8	1066,8	3378,2	4978,4	4978,4
OLIVO	0,5	2,9	8,6	12,5	139,4	806,2	2390,8	3475,0
ACTINIDIA	0,1	0,6	1,4	1,4	74,0	444,6	1036,0	1036,0
	ACQUA DISPONIBILE (*)				ACQUA FACILMENTE DISPONIBILE (**)			
VEGA/MISSOUR								
l/albero	134,0	373,0	407,0	407,0	75,0	209,0	228,0	228,0
m <sup>3</sup> /albero	239,0	663,0	723,0	723,0	134,0	371,0	405,0	405,0
VEGA/Mr.S. 2/5								
l/albero	62,0	217,0	311,0	311,0	35,0	121,0	174,0	174,0
m <sup>3</sup> /albero	110,0	385,0	553,0	553,0	61,0	216,0	310,0	310,0
OLIVO								
l/albero	160,0	910,0	2710,0	3950,0	112,0	637,0	1897,0	2765,0
m <sup>3</sup> /albero	44,5	253,0	753,4	1098,1	31,2	177,1	527,4	768,7
ACTINIDIA								
l/albero	12,8	72,3	147,4	154,0	4,9	27,9	56,4	58,9
m <sup>3</sup> /albero	9,5	53,6	109,2	114,1	3,6	20,7	41,8	43,6

(\*) considerando la C.I.C. ed il punto di appassimento, misurati in campo, delle diverse specie.

(\*\*) considerando la C.I.C. e l'inizio dello stress idrico.

Uno stress idrico controllato durante la fase di intensa attività vegetativa unitamente al risparmio idrico determina, spesso, effetti positivi sulla differenziazione a fiore delle gemme e quindi sulla produzione dell'anno successivo.

Per le varietà di pesco ed albicocco a maturazione precoce lo stress idrico controllato è consigliabile subito dopo la raccolta, in quanto consente di controllare l'eccessiva vegetazione che, per certe forme di allevamento, crea problemi di ombreggiamento e di squilibri nella differenziazione a fiore tra le gemme localizzate in zone ben illuminate e quelle in zone ombreggiate. Bisogna però evitare di indurre stress idrici severi in quanto possono influenzare negativamente il processo di accumulo delle sostanze di riserva e la morfogenesi fiorale, con ripercussioni sulla produzione dell'anno successivo.

Per l'applicazione di tale tecnica sono necessari l'utilizzo di metodi irrigui localizzati, la disponibilità di acqua a domanda (oppure di invasi aziendali), presenza di terreni leggeri e superficiali ed una elevata preparazione dell'operatore agricolo.

### **Forma di allevamento ed efficienza idrica**

Fino a pochi anni fa, alcuni aspetti progettuali (scelta della forma di allevamento, densità di piantagione, specie e cultivar da inserire etc.) e successivamente di gestione del frutteto (tecniche di potatura, concimazione, irrigazione etc.), erano finalizzati esclusivamente al raggiungimento di elevate produzioni per ettaro. A tale orientamento, basato sulla quantità delle produzioni, hanno contribuito la politica agricola nazionale ed europea, finanziando il ritiro e la distruzione delle produzioni agricole eccedentarie. Infatti, negli anni 70-80 numerose aziende avevano come obiettivo finale del processo produttivo la distruzione della frutta prodotta.

Negli ultimi anni si è fatto strada il concetto di QUALITÀ. Tale parametro, se certificato, oltre a compensare economicamente eventuali riduzioni quantitative delle produzioni, è la base di una frutticoltura moderna rispettosa dell'ambiente e della salute umana. Nell'ambito della realizzazione di produzioni di qualità e per un uso sostenibile dell'acqua nel settore frutticolo, con particolare riferimento agli ambienti meridionali, uno degli aspetti da considerare in fase di progettazione del nuovo frutteto dovrà essere l'efficienza di utilizzo dell'acqua da parte della chioma.

L'importanza della forma di allevamento e degli interventi di potatura è dovuta alla possibilità di incidere sull'area totale per ettaro ed in particolare sul rapporto foglie esposte/foglie ombreggiate. La necessità di limitare gli ombreggiamenti nella chioma deriva dalla ridotta capacità fotosintetica delle foglie situate in zone scarsamente illuminate. Infatti, l'attività

fotosintetica di tali foglie è circa il 10-15% di quella delle foglie esposte mentre la traspirazione è circa il 50-60% (Fig. 3 e 4).

L'efficienza di utilizzo dell'acqua (w.U.E.) - rapporto tra CO<sub>2</sub> netta fissata ed H<sub>2</sub>O traspirata - delle foglie ombreggiate risulta quindi molto più bassa di quella delle foglie esposte, poiché la ridotta disponibilità di luce determina riduzioni di attività fotosintetica più marcate di quelle indotte sull'attività traspirativa.

Per ottimizzare la w.U.E. occorre massimizzare la superficie fogliare direttamente esposta alla radiazione solare e migliorare, con interventi di potatura verde e/o sfogliature, la distribuzione della luce anche nelle parti interne della chioma (Tab. 4).

**Tabella 4**

Bilancio giornaliero del carbonio (misure eseguite durante il giorno e la notte), acqua traspirata ed efficienza d'uso dell'acqua (WUE) di un actinidiето in piena produzione allevato a tendone (LAI=2.5) in condizioni idriche ottimali, in una giornata soleggiata tipica del periodo luglio-agosto. (I casi 2 e 3 sono ipotetici).

	CARBONIO (kg ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )			ACQUA TRASPIRATA (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )			WUE (gCO <sub>2</sub> /kgH <sub>2</sub> O)		
	1*	2	3	1*	2	3	1*	2	3
Foglie esposte	71.2	71.2	106.8	31.6	31.6	47.4	-	-	-
Foglie ombreggiate	-8.4	-4.2	-5.3	20.6	10.3	13.7	-	-	-
Frutti	-8.5	-8.5	-8.5	0.3	0.3	0.3	-	-	-
<b>TOTALE</b>	<b>54.3</b>	<b>58.5</b>	<b>93.0</b>	<b>52.5</b>	<b>42.2</b>	<b>61.4</b>	<b>3.8</b>	<b>5.1</b>	<b>5.6</b>

1\* 60% foglie ombreggiate e 40% foglie esposte (dati rielaborati da Nuzzo *et al.*, 1996);

2 eliminazione del 50% delle foglie ombreggiate;

3 60% foglie esposte e 40% foglie ombreggiate.

### **Scelta di specie e cultivar a ridotto fabbisogno idrico**

La risposta alla siccità delle specie arboree da frutto è il risultato degli adattamenti anatomici, morfologici e biochimici attuati nel tempo, per una loro migliore difesa dalla carenza idrica.

Ci sono specie che, come l'olivo, riescono a valorizzare meglio le risorse idriche sia in condizioni di ottimo rifornimento idrico che di carenza. Infatti, tale specie presenta, in condizioni idriche ottimali, una efficienza d'uso dell'acqua superiore agli altri fruttiferi (Tab. 5) inoltre, riesce a

Figura 3

Variazioni giornaliere in foglie esposte ed ombreggiate, della fotosintesi e traspirazione (a) e dell'efficienza d'uso dell'acqua (W.U.E.) (b) di piante di actinidia in condizioni idriche ottimali.

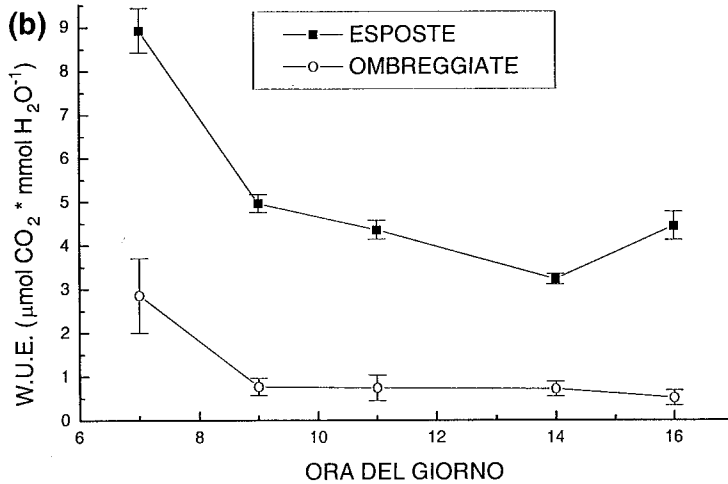
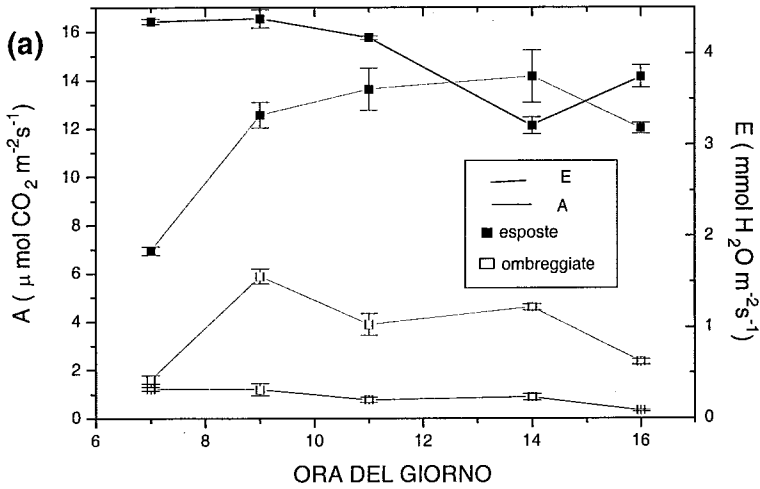
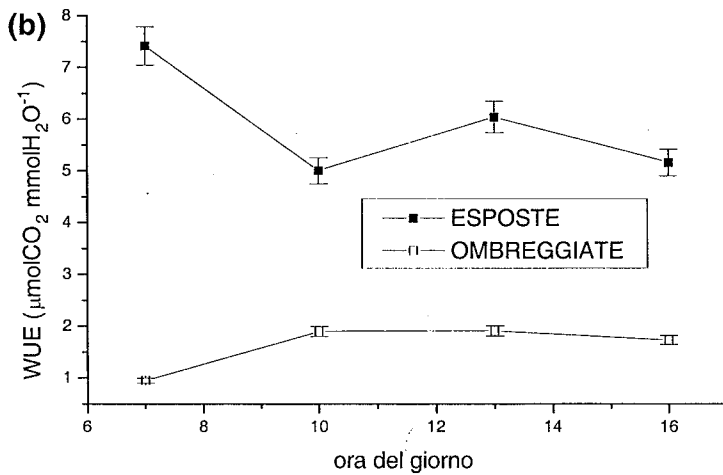
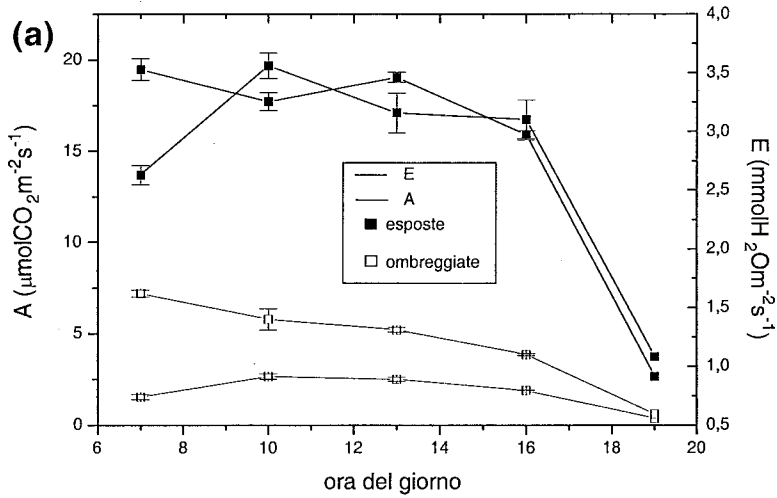


Figura 4

Variazioni giornaliere in foglie esposte ed ombreggiate, della fotosintesi e traspirazione (a) e dell'efficienza d'uso dell'acqua (W.U.E.) (b) di piante di albicocco in condizioni idriche ottimali.



tollerare la carenza idrica grazie alla capacità dei vari tessuti a resistere a potenziali molto negativi.

**Tabella 5**

Valori massimi di conduttanza stomatica ( $g_s$ ), traspirazione (E), fotosintesi netta (Pn) ed efficienza d'usc dell'acqua (WUE) misurati con ADC durante il periodo estivo su alcune specie arboree da frutto. Le misure sono state effettuate con radiazione fotosinteticamente attiva  $>1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

SPECIE	$g_s$ $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	E $\text{mgH}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Pn $\mu\text{gCO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	WUE $\mu\text{molCO}_2/\text{mmolH}_2\text{O}$	AUTORE
Albicocco	80 - 100	50 - 60	220 - 308	1,8 - 2,1	Gucci <i>et al.</i> , 1990; Cafi, 1988
Actinidia	80 - 120	45 - 90	132 - 352	1,2 - 1,6	Lain <i>et al.</i> , 1990; Piccotino, 1992; Chartzoulakis <i>et al.</i> , 1993; Gucci, 1993; Nuzzo <i>et al.</i> , 1996.
Olivo	110 - 260	80 - 110	440 - 1056	2,2 - 3,9	Dichio <i>et al.</i> , in stampa; Proietti <i>et al.</i> , 1988; Xiloyannis <i>et al.</i> , 1988; Natali <i>et al.</i> , 1991.
Pesco	100 - 200	75 - 110	176 - 388	1,0 - 1,4	Loreti <i>et al.</i> , 1986; Pezzarossa <i>et al.</i> , 1989; Catania <i>et al.</i> , 1994
Vite	80 - 120	55 - 90	176 - 396	1,3 - 1,8	Peterlunger <i>et al.</i> , 1990; Patakas, 1993.

A distinguere l'olivo dalle altre specie arboree è l'elevato gradiente di potenziali che si registra tra foglie-radici-suolo in condizioni di siccità. Esso permette all'olivo di estrarre acqua anche da suoli con potenziale di circa -2,5 Mpa riuscendo a sopportare così lunghi periodi senza apporti irrigui nei terreni con buona capacità di immagazzinamento idrico (Fig. 5).

La capacità dei tessuti di questa specie a cedere elevati quantitativi di acqua, accumulati durante il pomeriggio e la notte, al flusso traspiratorio assicura anche in condizioni di carenza idrica, una certa funzionalità fogliare non solo durante le prime ore della mattina - caratterizzate da una bassa domanda evaporativa dell'ambiente - ma anche durante le ore più calde della giornata (Fig. 6).

In condizioni di carenza idrica le foglie di olivo possono cedere fino al 60% dell'acqua contenuta nei propri tessuti, determinando una caduta del potenziale idrico fogliare all'alba fino a -7,0 Mpa. Le foglie di actinidia, al contrario, nonostante presentino valori più elevati di contenuto idrico rispetto a quelli delle foglie di olivo, in condizioni di massima carenza idrica del suolo cedono al flusso traspiratorio limitate quantità di acqua

Figura 5

Gradiente di potenziali idrici tra foglie ( $\Psi_f$ ), radici ( $\Psi_r$ ), e suolo ( $\Psi_s$ ) misurato all'alba in condizioni idriche ottimali e di massima carenza idrica, in piante di actinidia (a) ed olivo (b).

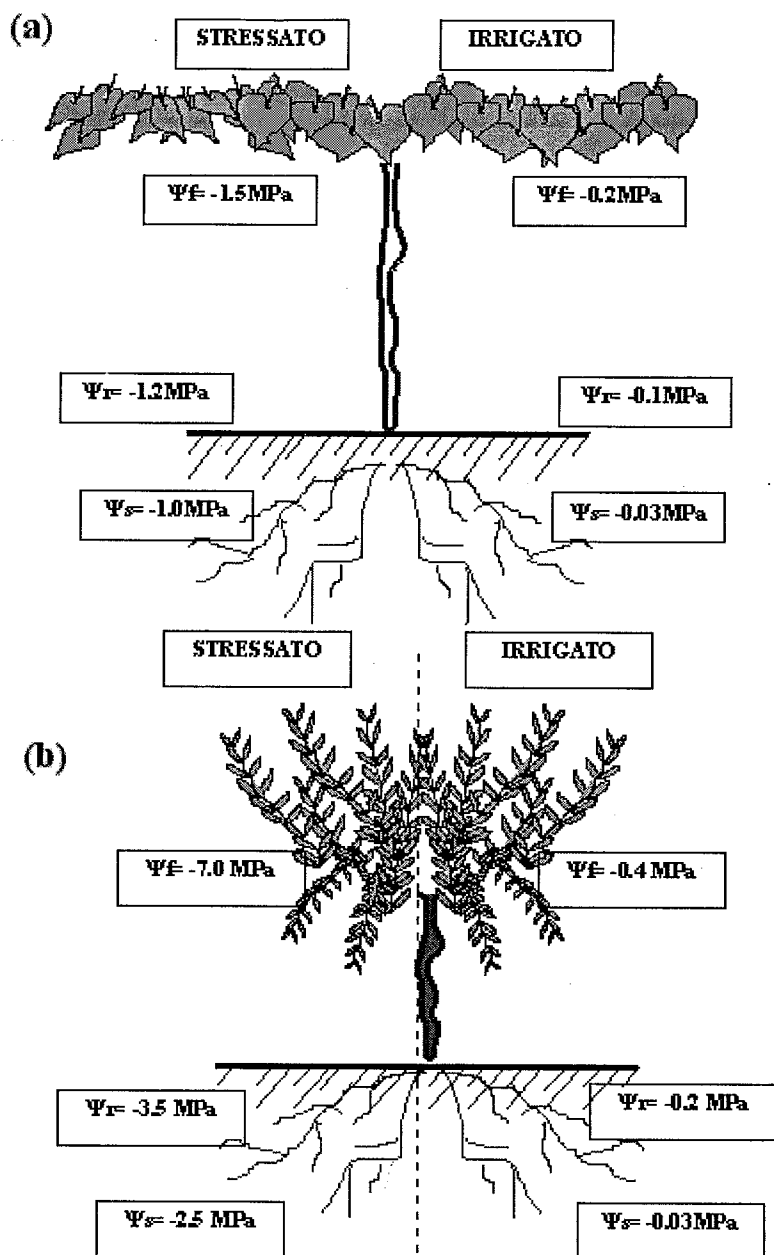




Figura 6

Assimilazione in foglie di olivo a diversi livelli di disponibilità idrica, misurata nelle prime ore della mattina e nell'ora più calda della giornata. I valori sono espressi in % su quelli di piante in ottime condizioni idriche.

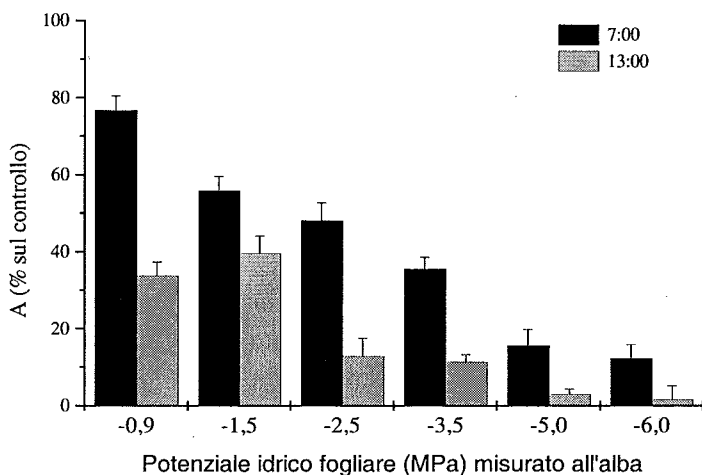
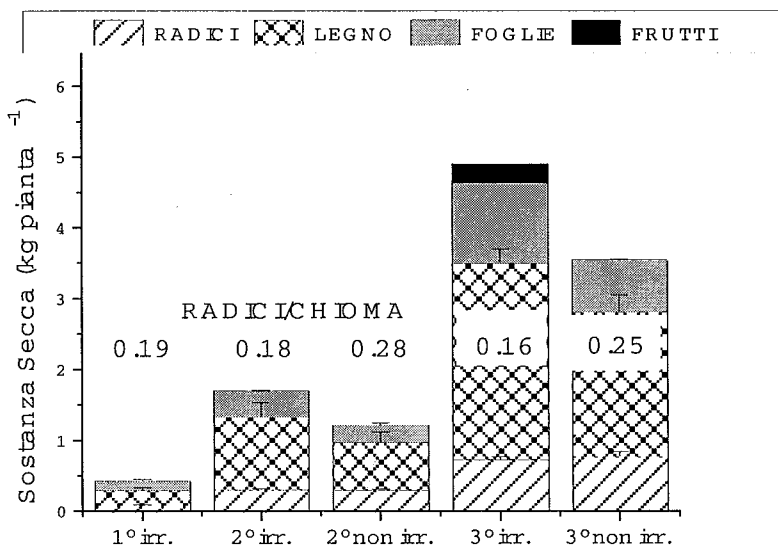


Figura 7

Ripartizione della sostanza secca nei vari organi e rapporto radici/chioma in piante di olivo irrigate e non irrigate nel corso dei primi tre anni di impianto.



(circa il 9%) dalle proprie riserve, sopportando cadute di potenziali idrici fogliari all'alba di circa  $-1,5$  MPa, valori molto lontani da quelli sopra descritti per l'olivo.

In condizioni di carenza idrica la crescita vegetativa è il primo processo che viene rallentato. Infatti, in un esperimento condotto in pieno campo per tre anni, è stato osservato che l'area fogliare delle piante irrigate è stata, nel secondo e terzo anno, di circa il 60 % superiore a quella delle piante in asciutto, mentre non sono state riscontrate differenze tra gli apparati radicali; in questo modo le piante in asciutto avevano il rapporto radici/foglie più elevato rispetto a quelle della tesi irrigua (Fig. 7).

Un altro gruppo di piante riesce ad evitare o limitare le conseguenze dannose dello stress idrico, salvaguardando le fasi delicate del loro ciclo annuale, grazie al fatto che il tempo che intercorre tra la fioritura ed il completamento della crescita del frutto è molto breve (ciliegio, albicocco, pesco a maturazione precoce, mandorlo etc.). In terreni con buona capacità di immagazzinamento idrico tali specie riescono, con qualche intervento irriguo di soccorso, a fiorire e portare il prodotto a maturazione in buone condizioni di commerciabilità.

Questo è possibile in quanto le esigenze idriche durante il periodo compreso tra la fioritura e la maturazione sono limitate, a seguito della ridotta richiesta evaporativa dell'ambiente e della bassa superficie traspirante per ettaro. Una volta raccolto il prodotto vengono a mancare le competizioni tra frutto ed altri organi della pianta, questi ultimi avranno così, fino alla caduta delle foglie, il tempo necessario per ripristinare parte delle riserve nutrizionali ed evitare o limitare il fenomeno dell'alternanza.

### **Conclusioni**

Sono auspicabili azioni coordinate con i Servizi di Sviluppo Agricolo, i Consorzi d'irrigazione, le Associazioni dei Produttori, tecnici ed imprenditori che operano nel settore della frutticoltura, attraverso cui introdurre, alla luce delle attuali conoscenze, una nuova cultura dell'utilizzazione delle risorse idriche. Cultura che dovrà puntare ad un uso sostenibile della risorsa acqua mediante la combinazione di fattori che riguardano sia la scelta e la gestione del metodo irriguo sia la progettazione del frutteto (scelta della specie e della cultivar, distanze d'impianto e forma di allevamento).

**Bibliografia**

- ANGELOPOULOS K., DICHIO B., XILOYANNIS C., 1996. Inhibition of photosynthesis in olive trees (*Olea europaea* L.) during water stress and rewatering. *J. Exp. Bot.* (47) 301:1093-1100.
- CATANIA M., ANGELINI P., XILOYANNIS C., DICHIO B., 1994. Effetto della presenza dei frutti e della decorticazione sulla funzionalità delle foglie in piante di pesco. *Rivista di Frutticoltura*. 5: 73-76.
- CHARTZOULAKIS K., NOITSAKIS B., THERIOS I., 1993. Photosynthesis, plant growth and carbon allocation in kiwi, cv Hayward, as influenced by water deficits. *Acta Horticulturae* 335: 227-234.
- DICHIO B., NUZZO V., XILOYANNIS C., CELANO G., ANGELOPOULOS K., 1996. Drought stress-induced variation of pressure-volume relationships in *Olea europaea* L. cv "Coratina". Chania (GR), 8-13 settembre (in stampa).
- DICHIO B., XILOYANNIS C., CELANO G., ANGELOPULOS K., 1995. Leaf water relations, stomatal conductance and photosynthesis in olive trees during drying and rewatering (sottoposto a *J. Americ. Soc. Hort. Sci.*).
- GIULIVO C., PONCHIA G., GIANOLA A., PITACCO A., 1985. Effect of rootstock on water balance of golden delicious apple trees. *Acta Horticulturae* 171:399-404.
- GUCCI R., CALÌ S.A.R., XILOYANNIS C., 1990. Comparison of gasometric and gravimetric methods of measuring leaf transpiration in potted apricot trees. *Acta Horticulturae* 278: 343-349.
- GUCCI R., MASSAI R., PICCOTINO D., XILOYANNIS C., 1993. Gas exchange characteristics and water relations of kiwifruit vines during drought cycles. *Acta Horticulturae* 335: 213-218.
- LAIN O., PITACCO A., GIULIVO C., 1990. Gas exchange parameters and photosynthetic performance of kiwi leaves. *Acta Horticulturae* 282: 251-256.
- LORETI F., MASSAI R., NATALI S., 1986. Ricerche sul fabbisogno idrico del pesco in relazione ai portinnesti, alle forme di allevamento e alle densità di piantagione. Atti XVIII Convegno Peschicolo, Cesena 3 maggio: 169-181.
- NATALI S., 1988. L'irrigazione delle drupacee. Atti convegno "L'irrigazione delle colture ortofrutticole". Verona, 27 febbraio. 177-227.
- NATALI S., BIGNAMI C., FUSARI A., 1991. Water consumption, photosynthesis, transpiration and leaf water potential in *Olea europaea* L., cv. Frantoio at different levels of available water. *Agr. Med.* Vol. 121, 205-212.
- NUZZO V., BIASI R., DICHIO B., CELANO G., XILOYANNIS C., 1996. Evoluzione dell'area fogliare, intercettazione luminosa e qualità delle formazioni fruttifere in due cultivar di susino allevate ad Y trasversale. Atti "Progetto finalizzato FRUTTICOLTURA" MACFRUT: AGRO.BIO.FRUT. Cesena, 10-11 maggio. 160-161.
- NUZZO V., DICHIO B., XILOYANNIS C., 1995. Effetto cumulato negli anni della carenza idrica sulla crescita della parte aerea e radicale della cv. Coratina. Convegno "L'olivicultura mediterranea: stato e prospettive della coltura e della ricerca", Rende (CS), 26-27-28 gennaio. 323-331.
- NUZZO V., XILOYANNIS C., DICHIO B., MONTANARO G., CELANO G., 1996. Growth and yield in irrigated and non irrigated olive trees cultivar Coratina in the first four years after planting. Chania (GR), 8-13 settembre (in stampa).
- PATAKAS A., 1993. Diurnal changes in gas exchange and water relations in field grown grape vines. *Acta Horticulturae* 335: 251-256.
- PETERLUNGER E., MARANGONI B., CIPRIANI C., 1990. Conducibilità idrica radicale di portinnesti di vite. *Vignevini* n.6: 43-46.
- PEZZAROSSA B., XILOYANNIS C., ANGELINI P., JORBA J., 1989. Effetti della diversa disponibilità idrica nel terreno sugli scambi gassosi in piante di pesco. *Irrigazione e Drenaggio XXXVI*: 114-117.
- PICCOTINO D., 1992. Comportamento di giovani piante di *Actinidia deliciosa* (*A. cheu*) in risposta ad alcuni stress ambientali. Dissertazione del dottorato di ricerca in scienza della produzione e della protezione delle

specie legnose (IV ciclo). Università degli Studi di Pisa.

- PROIETTI P., PREZIOSI P., TOMBESI A., 1988. Influence of shading on olive leaf photosynthesis. Proceedings of the 2nd International meeting "On Mediterranean tree crops". Chania (GR), 2-4 novembre: 334-342.
- TOMBESI A., PROIETTI P., NOTTIANI G., 1986. Effect of water stress on photosynthesis, transpiration, stomatal resistance and carbohydrate level in olive trees. *Olea*, 17:35-40.
- XILOYANNIS C., DICHIO B., NUZZO V., 1993. Meccanismi di risposta dell'olivo alla carenza idrica. Atti Convegno "Tecniche, norme e qualità in Olivicoltura". Potenza, 15-17 dicembre.
- XILOYANNIS C., GALLIANO A., 1988. Criteri per la scelta del sistema di irrigazione e della tecnica irrigua. Atti Convegno sull'Actinidia, Saluzzo: 107-126.
- XILOYANNIS C., MASSAI R., 1993. Scelta del metodo e della tecnica irrigua per le drupacee e l'actinidia. *L'informatore Agrario XLIX* (18): 71-76.
- XILOYANNIS C., MASSAI R., PICCOTINO D., BARONI G., BOVO M., 1993. Method and technique of irrigation in relation to root system characteristics in fruit growing. *Acta Horticulturae* 335: 505-510.
- XILOYANNIS C., NUZZO V., DICHIO B., BIASI R., MONTANARO G., 1996. Effetto della forma di allevamento sull'evoluzione dell'area fogliare, sulla produzione e sulla qualità dei frutti di albicocco (cultivar Thyrintos). Atti "Progetto finalizzato FRUTTICOLTURA" MACFRUT: AGRO.BIO.FRUT. Cesena, 10-11 maggio. 162-163.
- XILOYANNIS C., PEZZAROSSA B., JORBA J., ANGELINI P., 1988. Effects of soil water content on gas exchange in olive trees. *Adv. Hort. Sci.* 2: 58-63.

## *UTILIZZO IRRIGUO DI ACQUE REFLUE URBANE: PROBLEMATICHE AGRONOMICHE, SANITARIE, AMBIENTALI E NORMATIVE*

Salvatore Indelicato, Salvatore Barbagallo

Università degli Studi di Catania - Istituto di Idraulica Agraria - 95100 Catania

### **Premessa**

Come è noto molti degli usi dell'acqua non sono distruttivi della stessa ma soltanto modificativi delle sue caratteristiche fisiche e chimiche, per cui a valle di tali usi si producono effluenti di acque reflue il cui smaltimento costituisce un problema (ed un danno) ambientale. Ciò vale in particolare per le acque reflue urbane: acque provenienti dagli usi domestici, dai servizi cittadini e da attività artigianali e di piccoli industrie inserite nel tessuto urbano e raccolte dalle fognature. Si tratta di una portata d'acqua di rilevante entità ed in continuo aumento essendo pari a una elevata e crescente parte delle acque erogate per uso civile. In Italia nel 1987, secondo una indagine condotta dall'ISTAT, il volume complessivo annuo di acque immesso nelle condotte di adduzione degli acquedotti urbani ammontava a circa 7,9 miliardi di metri cubi di cui si può ritenere che circa il 50% è restituito in fognatura.

E' da ritenere che il volume complessivo di acque reflue urbane sia sensibilmente aumentato in questi ultimi anni, e continuerà ad aumentare nei prossimi, sia per l'aumento delle acque erogate per uso potabile che per l'estendersi, necessario ed imposto per legge, del servizio di fognatura.

Riutilizzando una parte dei circa 8 miliardi di metri cubi di acqua destinata alle utenze civili, si potrebbero coprire fabbisogni agricoli di rilevante importanza per l'irrigazione di molte aree irrigue attrezzate ma non irrigate o irrigate in modo inadeguato. Le rilevanti risorse finanziarie impegnate in Italia nella realizzazione di reti fognanti e impianti di depurazione, soprattutto ai fini della tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei, con-

sentono di disporre di un patrimonio di infrastrutture che potrebbe più produttivamente essere utilizzato anche per la realizzazione di sistemi di riuso di acque reflue.

L'esigenza del riutilizzo assume dimensioni significative soprattutto in alcune regioni meridionali afflitte da carenze d'acqua non occasionali. Ipotizzando di riutilizzare il 50% delle acque destinate all'uso civile, si potrebbe recuperare un volume d'acqua di circa  $250 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/anno in Puglia e Sicilia e  $120 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/anno in Sardegna; si potrebbero così liberare risorse idriche convenzionali da destinare ad altri usi civili, industriali, ecc. qualitativamente più esigenti.

Gli effluenti delle reti fognanti urbane hanno inoltre alcune caratteristiche particolarmente importanti quando sono considerati come risorse idriche: la loro portata è poco soggetta alle variazioni climatiche (per la priorità accordata, ora anche per legge, agli usi potabili), ed è poco variabile nel tempo; essi sono inoltre di facile prelievo e spesso ubicati in luogo prossimo alle aree di possibile utilizzazione.

Per tutti i predetti motivi le acque reflue urbane appaiono come risorse idriche di grande interesse in particolare per l'irrigazione; si tratta evidentemente di verificare se esse sono utilizzabili per tale uso: verificare cioè la idoneità allo specifico uso sia in termini qualitativi che di coincidenza temporale, la convenienza economica ed infine la compatibilità ambientale sia dell'uso che delle strutture ed attrezzature a ciò necessarie.

### **Effetti dell'irrigazione con acque reflue**

Gli effluenti delle reti fognanti urbane scaricate nei recapiti finali sono in gran parte oggi, e dovranno essere quasi totalmente nei prossimi anni, costituiti da acque reflue che hanno subito un trattamento ossidativo. Le caratteristiche qualitative di tali acque dipendono dalle caratteristiche qualitative delle acque erogate dagli acquedotti cittadini con le modificazioni dovute prima all'uso (domestico, di servizi, produttivo, ecc.) e poi al trattamento.

Gli effetti dell'irrigazione con acque reflue sulle colture dipendono essenzialmente, oltre che dalla coltura stessa, dagli "inquinanti" e dalla loro concentrazione nelle acque reflue e dai processi epurativi che avvengono nel terreno a loro carico. I parametri che caratterizzano la qualità delle acque reflue possono essere suddivisi in due categorie:

1. parametri generalmente valutati anche nelle acque irrigue convenzionali e connessi prevalentemente alla presenza di macroelementi nell'acqua: sodio, calcio, magnesio, SAR, solfati, cloruri, boro, conducibilità elettrica;

2. parametri specifici caratteristici delle acque reflue urbane: sostanza organica, azoto, fosforo, potassio, microorganismi e metalli pesanti.

Nel caso delle acque reflue urbane le concentrazioni dei parametri appartenenti alla prima categoria dipendono soprattutto dalle caratteristiche qualitative delle acque utilizzate a scopo civile. Tali caratteristiche vengono peggiorate dall'uso civile ma, ad eccezione del boro, non in misura significativa. Concentrazioni eccessivamente elevate dei predetti parametri nelle acque reflue urbane possono riscontrarsi in situazioni particolari quali ad esempio: l'utilizzazione per l'uso civile di acque ricche di sali, intrusione di acque salmastre in fognatura e/o immissione di particolari scarichi industriali, ecc.

Le concentrazioni degli "inquinanti" appartenenti alla seconda categoria dipendono essenzialmente dall'uso civile e in particolare dalla dotazione idrica, dalle condizioni di vita e dalle abitudini della popolazione. Tali inquinanti possono provenire dai prodotti di rifiuto del metabolismo umano ed animale, da scarti vegetali e animali, da composti chimici ed organici naturali e di sintesi, ecc.

La sostanza organica, il fosforo e il potassio hanno generalmente effetti positivi sulle colture, mentre inconvenienti possono derivare da microelementi come il boro e soprattutto dai metalli pesanti (quali zinco, cadmio, rame e piombo) che, in seguito al loro accumulo nel terreno, possono avere effetti fitotossici sulle colture; una presenza consistente di questi elementi nocivi è però da ritenersi probabile solo nelle acque reflue industriali.

Per quanto riguarda le acque reflue urbane, nella maggior parte dei casi di uso agricolo riportati in letteratura si sono riscontrate produzioni pari o superiori a quelle ottenute con le acque chiare.

In prove condotte dall'Istituto di Idraulica Agraria di Catania su pomodoro da mensa si sono riscontrate produzioni non statisticamente differenti tra le parcelle irrigate con acque reflue e quelle irrigate con acque chiare (Indelicato *et al.*, 1984); analoghi risultati possono dedursi da prove effettuate dall'Idroser su pesco (Idroser, 1988). Per gli agrumi si sono talvolta riscontrati moderati sintomi di tossicità da boro i cui effetti si evidenziano nell'arco di una stagione irrigua ma sembrano facilmente reversibili (Tamburino *et al.*, 1988).

Indicazioni sugli effetti, soprattutto a lungo termine, dell'irrigazione con acque reflue urbane su terreni e colture sono state ricavate attraverso indagini avviate sin dal 1980 su 8 aziende della Sicilia orientale nelle quali da alcuni decenni si utilizzano acque reflue brute per irrigazione (Indelicato *et al.*, 1981, 1984, 1988). Tali effetti sono stati evidenziati dai risultati delle analisi su campioni di terreno e di tessuti foliari anche per confronto con aziende di controllo (irrigate con acque convezionali) aventi caratteristiche pedologiche e colturali simili a quelle dei casi esaminati.

Analoghe indagini sono state condotte su campi sperimentali: un primo, realizzato in una serra fredda, utilizzava acque reflue non trattate della città di Catania per l'irrigazione di pomodoro (Capra *et al.*, 1985); un secondo consisteva in un vigneto a tendone irrigato con acque reflue parzialmente trattate della città di Caltanissetta (Barbagallo *et al.*, 1988); un terzo riguardava l'irrigazione di colture ortive con acque reflue trattate nell'impianto di Canicattini Bagni.

I principali effetti rilevati sul terreno, indotti dall'uso di acque reflue urbane prive di significative concentrazioni di metalli pesanti, sono costituiti dall'incremento del contenuto di fosforo e potassio (fino a tre volte i valori dei controlli). Tale incremento risulta più evidente nelle aziende irrigate da più tempo; ciò sembra confermare una lenta e progressiva azione di accumulo. Nella generalità dei casi l'incremento di contenuto di tali elementi nel terreno va considerato un fattore positivo del quale risulta opportuno tenere conto nelle pratiche di concimazione. Differenze poco rilevanti sono state riscontrate sul contenuto di azoto e di sostanza organica. Il contenuto di boro nell'estratto saturo è risultato superiore fino a 2 volte rispetto ai controlli.

I principali effetti evidenziati sulle colture riguardano il boro. Il contenuto di tale microelemento nei tessuti foliari delle colture è risultato sempre superiore rispetto ai controlli anche in aziende irrigate da pochi anni con acque reflue. Negli agrumeti il contenuto di boro nelle foglie è risultato notevolmente superiore rispetto ai valori normali e si sono evidenziati moderati sintomi di fitossicità (Tamburino *et al.*, 1988).

Indagini con lisimetri adacquati con acque reflue hanno evidenziato una buona capacità del terreno a trattenere gli elementi potenzialmente inquinanti per le acque sotterranee. Tale capacità è però fortemente condizionata sia dalle caratteristiche del terreno che dalle modalità di adacquamento.

Il problema principale da esaminare, una volta accertata per il singolo caso l'idoneità agronomica del refluo da utilizzare, è il rischio sanitario (microbiologico, tossicologico o mutageno) per inquinamento dei pro-



dotti agricoli e delle acque utilizzate a scopo potabile o per contatto diretto delle acque reflue con gli operatori agricoli.

I rischi di tossicità sono essenzialmente connessi al consumo di prodotti agricoli che hanno assorbito dal terreno e bioaccumulato microelementi e/o composti organici o alla contaminazione delle acque sotterranee utilizzate a scopo potabile. In questo ultimo caso l'elemento di contaminazione più frequentemente rilevato è l'azoto nitrico. L'azoto, infatti, può essere presente nelle acque reflue sotto forma organica, ammoniacale, nitrosa o nitrica in relazione ai livelli di trattamenti subiti. Indipendentemente dalla forma chimica con cui viene somministrato nel terreno aerato l'azoto viene progressivamente ossidato prima ad azoto ammoniacale ed infine ad azoto nitrico (forma chimica che a differenza delle altre può essere facilmente lisciviata).

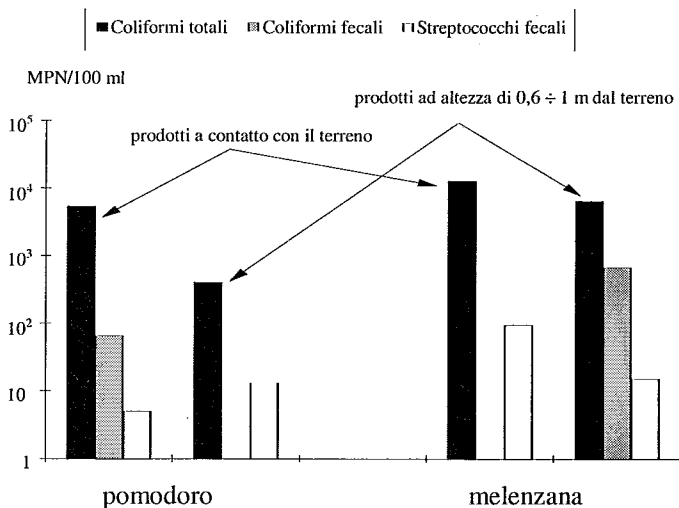
I rischi infettivi, diretti o indiretti, anche se forse risultano alla luce dell'attuale quadro epidemiologico meno gravi che nel passato, costituiscono vincoli molto forti all'utilizzazione irrigua delle acque reflue a causa della rilevanza spesso eccessiva che assumono nell'opinione pubblica e nella normativa vigente. Tali rischi sono connessi ai microrganismi patogeni i quali hanno diversa probabilità di essere presenti negli effluenti degli impianti epurativi sopravvivendo ai vari trattamenti.

Nella fase di adduzione, distribuzione ed erogazione al terreno delle acque reflue può aversi il rischio del contatto e quindi del contagio diretto con gli addetti o casualmente con altre persone o con animali; tale rischio dipende dal tipo di rete idrica e dalle modalità della distribuzione e dall'adacquamento. L'acqua erogata al suolo può inoltre inquinare i prodotti agricoli che possono venire a contatto con l'acqua stessa o con il suolo bagnato. La possibilità dell'inquinamento dei prodotti agricoli consumati dall'uomo o dagli animali è evidentemente dipendente dal tipo e dalla posizione delle parti alimentari delle colture irrigate ed inoltre dalle modalità di adacquamento; il rischio di tale inquinamento per l'uomo è dipendente dalle modalità d'uso di tali prodotti: se mangiati cotti o crudi, conservati o freschi, con o senza buccia, ecc.

Indicazioni sul rischio di contaminazione di prodotti da colture ortive irrigate con acque reflue urbane sono state ricavate attraverso prove effettuate nel 1995 su parcelle coltivate a pomodoro e melanzana <sup>(1)</sup>. I risultati delle prove svolte (Fig.1), utilizzando metodi ad irrigazione localizzata e acque con un contenuto di coliformi fecali dell'ordine di  $10^3$ , hanno evidenziato un elevato numero di microrganismi indicatori sulla superficie dei prodotti agricoli (pomodoro e melanzana).

Figura 1

Contenuto batterico di prodotti orticoli (MPN/100 ml di acqua di lavaggio di 100 gr di prodotto) da colture irrigate con acque reflue urbane clorate (prelievi effettuati dopo 48 ore dall'adacquamento).



Nessuna differenza significativa è stata rilevata tra:

- colture irrigate con acque reflue clorate e colture irrigate con acque reflue non clorate;
- prodotti raccolti a contatto con il terreno o raccolti a 0,60 - 1 m dal terreno.

Le analisi sui campioni di pomodoro e melanzana prelevati dalle parcelle irrigate con acque chiare hanno evidenziato l'assenza di coliformi fecali e la presenza di un consistente numero (dell'ordine di 10<sup>3</sup> MPN/100 ml) di coliformi totali (costituiti probabilmente da coliformi ambientali provenienti dal suolo). In effetti, va rilevato che oltre alla contaminazione diretta dei prodotti per contatto con le acque reflue, numerosi possono essere i veicoli di contaminazione indiretta nel caso delle colture ortive. Tra questi assume una certa rilevanza la possibile contaminazione del prodotto per contatto con il terreno sia nella fase di irrigazione che nella fase di raccolta. A tal proposito nella Tab.1 vengono riportati i dati relativi al contenuto batterico del terreno prelevato dalle parcelle irrigate con acque reflue clorate e acque reflue non clorate.

Tabella I

Valori medi (MPN/gr) del contenuto batterico del terreno prelevato dalle parcelle coltivate a pomodoro e melanzana

Microorganismi indicatori	Terreno prelevato dalle interfile nelle parcelle irrigate con acque reflue		Terreno prelevato al di sotto dei gocciolatori acque reflue			
	0÷25 cm	25÷50 cm	non clorate		clorate	
Coliformi totali	4.1x10 <sup>2</sup>	1.6x10 <sup>2</sup>	6.5x10 <sup>3</sup>	5.1x10 <sup>3</sup>	2.6x10 <sup>3</sup>	9.5x10 <sup>2</sup>
Coliformi fecali	1.7x10 <sup>2</sup>	60.0	3.1x10 <sup>3</sup>	2.1x10 <sup>3</sup>	1.6x10 <sup>3</sup>	2.0x10 <sup>2</sup>
Streptococchi totali	6.3	0.0	95	29	1.9x10 <sup>2</sup>	26

Si rileva, come atteso, un più elevato contenuto batterico:

- nei campioni di terreno prelevati al di sotto dei gocciolatori (rispetto al terreno posto tra le fila);
- nei campioni prelevati dalle parcelle irrigate con acque reflue non clorate (rispetto al terreno irrigato con acque reflue clorate).

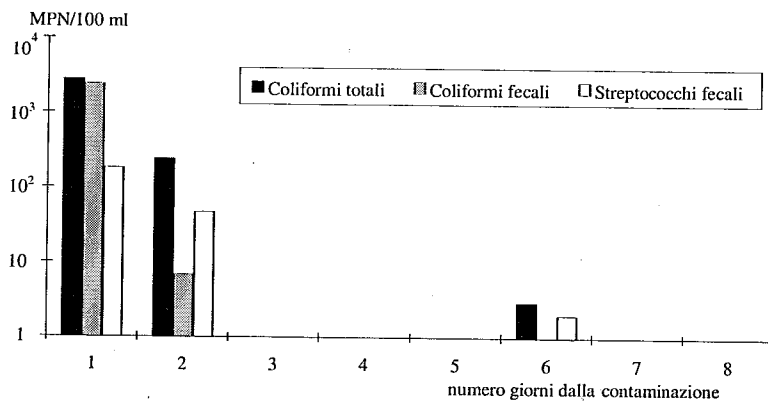
Dalle indagini svolte dall'Istituto di Idraulica Agraria di Catania è emerso che, anche dopo un eventuale contatto di prodotti agricoli con le acque reflue, il rischio infettivo può essere sufficientemente ridotto se viene assicurato un adeguato intervallo di tempo tra il contatto ed il consumo.

Allo scopo di ricavare indicazioni sui tempi di decadimento dei microrganismi negli anni 1986 e 1987 sono state effettuate prove di irrigazione in un vigneto a tendone con diversi metodi irrigui comportanti il contatto, voluto o occasionale, delle acque reflue con i frutti o escludenti tale contatto. I risultati delle indagini microbiologiche effettuate sui frutti evidenziano, come del resto era lecito attendersi, una significativa differenza nella presenza e nel numero di microrganismi indicatori tra i frutti venuti a contatto con le acque reflue e i frutti che hanno possibilità di un contatto casuale (parcella irrigata con spruzzatori) o che non hanno possibilità di contatto (parcella irrigata con erogatori sotterranei) con le acque reflue. Si rileva un elevato numero di batteri coliformi e di streptococchi fecali, assieme alla presenza di batteriofagi, sulla superficie dei frutti bagnati dalle acque reflue e prelevati dopo circa due ore dal contatto. Non si evidenzia invece una significativa differenza tra i campioni di uva di 500 g e quelli di 100 g. In entrambi i campioni i microrganismi indicatori risultano assenti dopo 4 giorni dal contatto, mentre sono ancora presenti in numero modesto e soltanto nei grappoli da 500 g dopo due giorni. Nei campioni di uva prelevati dalla

parcella irrigata mediante spruzzatori, e quindi con possibilità di contatto casuale con il liquame (ad esempio per l'azione del vento), si rileva subito dopo l'irrigazione un modesto numero di microrganismi sia nei grappoli da 500 g sia in quelli da 100 g. Nei campioni di uva prelevati dal settore sub-irrigato si rileva l'assenza di batteri indicatori anche subito dopo l'irrigazione. In tutti i tipi di campioni esaminati, indipendentemente quindi dal contatto con le acque reflue e dal peso dei grappoli di uva (100 o 500 g), l'assenza di microrganismi indicatori persiste dopo 8 giorni dall'ultima irrigazione (Fig.2).

**Figura 2**

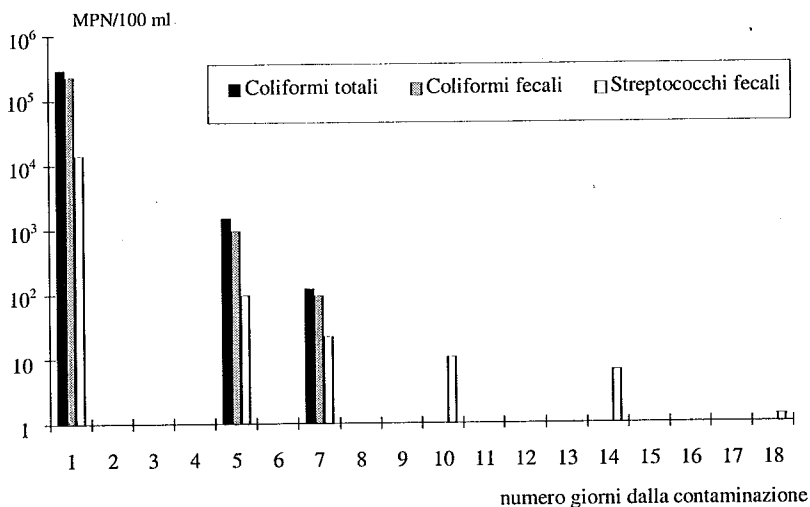
Tempi di decadimento degli indicatori batteriologici (MPN/100 ml di acqua di lavaggio di 100 gr di uva) sulla superficie di grappoli di uva intenzionalmente contaminati con acque reflue urbane



Nel 1995 sono state condotte prove contaminando intenzionalmente le chiome di alberi di arancio nel periodo conclusivo della stagione irrigua (novembre 1995). In tal modo si è cercato di simulare la più sfavorevole condizione di esercizio dell'irrigazione. Sono stati prelevati campioni di prodotto (distinguendo tra interni ed esterni alla chioma) sui quali sono stati determinati coliformi totali, coliformi fecali e streptococchi fecali. Sono stati inoltre prelevati e analizzati campioni di prodotto da piante irrigate con acque reflue durante tutta la stagione estiva ma non contaminate intenzionalmente. E' stato evidenziato il quasi completo decadimento dei microrganismi indicatori dopo circa 10-15 giorni dalla contaminazione (Fig.3). Tali valori risultano dello stesso ordine di grandezza di quelli riscontrati su prodotti raccolti da piante irrigate con acque reflue ma non contaminate intenzionalmente.

Figura 3

Tempi di decadimento degli indicatori batteriologici (MPN/100 ml di acqua di lavaggio di 100gr di uva) sulla superficie di arance prelevate da colture intenzionalmente contaminate con acque reflue urbane non trattate.



Indagini condotte dalla Idroser in Emilia su pesche irrigate con acque reflue ossidate, clorate e non, hanno evidenziato la completa assenza di salmonelle e una ridotta presenza di coli fecali e streptococchi fecali dello stesso ordine di grandezza di quella rilevata su frutti di piante non irrigate o irrigate con acqua potabile.

La percolazione profonda delle acque reflue può determinare inquinamento microbiologico di falde idriche sotterranee presenti nel sottosuolo a profondità non sufficiente per assicurare la depurazione naturale durante l'infiltrazione. In prove effettuate in lisimetri adacquati con acque reflue brute si è evidenziato che le acque drenate hanno mostrato caratteristiche qualitative quasi sempre migliori di quelle ottenibili con i normali processi biologici di trattamento secondario delle acque reflue urbane. Nonostante ciò, i processi di depurazione che avvengono nello strato più superficiale del terreno agrario non sembrano assicurare da soli la completa salvaguardia dai rischi di contaminazione di acque di falda da utilizzare a scopo potabile, nel caso in cui gli eccessi idrici percolino in profondità attraverso profili di terreno di limitata potenza (Indelicato *et al.*, 1984).

### **Modalità di utilizzazione agricola di acque reflue urbane depurate**

Per utilizzare per irrigazione le acque effluenti dagli impianti di depurazione, in relazione agli effetti ed ai rischi connessi con tale utilizzazione, possono ipotizzarsi ed attuarsi due diverse strategie estreme: porre vincoli e limitazioni all'uso di tali acque con riferimento alle colture, ai terreni, ai metodi irrigui, ai tempi di irrigazione o invece spingere il trattamento epurativo in modo da ridurre la concentrazione di inquinanti entro limiti tali da potere irrigare qualunque coltura con qualunque modalità.

Nel primo caso bisognerà distinguere, come previsto in Italia dalle Norme tecniche (Del. Com. Int. 4.2.77) per lo smaltimento delle acque reflue sul suolo adibito ad uso agricolo, tra colture alimentari e non e per le prime tra prodotti da consumare crudi o invece dopo cottura.

Circa i metodi irrigui vanno distinti in particolare quelli che, in relazione alle diverse colture e modalità colturali, consentono o no il contatto tra l'acqua erogata e la parte edule della coltura. E' da considerare però che, anche quando questo contatto non è intenzionalmente previsto, può casualmente e talvolta frequentemente accadere che esso avvenga o che la trasmissione di microrganismi ed inquinanti possa realizzarsi per via aerea. Per quanto attiene alle modalità di adacquamento e quindi indirettamente ancora al metodo irriguo, va considerato se esse possono determinare inquinamento delle acque superficiali o sotterranee attraverso lo scorrimento superficiale o l'infiltrazione in falda (se presente) di acqua irrigua.

Il porre limitazioni molto vincolanti soprattutto per quanto concerne le colture può risultare molto gravoso, e quindi fortemente disincentivante il riutilizzo delle acque reflue, soprattutto quando le stesse dovrebbero essere distribuite da reti collettive in alternativa (o ad integrazione) di acque tradizionali. Di contro attivare trattamenti epurativi spinti per eliminare o ridurre sensibilmente le limitazioni all'uso comporta oneri economici ed ambientali e competenza tecnica non sempre sostenibili dagli utilizzatori delle acque reflue che dovrebbero sostenerne il costo.

E' opportuno però al proposito ricordare che risultati depurativi comparabili con quelli ottenibili con costosi trattamenti fisico-chimici terziari talvolta non esenti da controindicazioni per effetti collaterali negativi possono ottenersi naturalmente con l'invaso per tempi definiti in vasche collettive o aziendali di economica realizzazione e conduzione.

In Israele indagini condotte su alcuni invasi di acque reflue han-

no evidenziato come in seguito alla permanenza si ottenga una significativa riduzione di sostanza organica, azoto e fosforo. L'accumulo sembra soprattutto influire molto efficacemente per il decadimento dei microrganismi enterici avendo rilevato riduzioni di due o più ordini di grandezza (Eren, 1987; Liran *et al.*, 1994).

In Sicilia indagini sperimentali sono state condotte per diversi anni su piccoli serbatoi aziendali invasi con acque reflue sia brute che dopo trattamento secondario (Barbagallo *et al.*, 1990, 1996). Le indagini sono state condotte effettuando prelievi e analisi utili a valutare le variazioni cui sono soggette le caratteristiche qualitative delle acque reflue invase. Il principale effetto evidenziato in seguito all'accumulo stagionale in piccoli serbatoi di acque reflue urbane preliminarmente sottoposte ad un trattamento secondario è costituito dal progressivo decadimento di coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi fecali: invasando acque reflue che avevano subito un trattamento secondario senza successiva disinfezione, dopo un mese dall'accumulo, le caratteristiche batteriologiche dell'acqua (2 coli fecali in 100 ml) erano tali da renderla idonea per l'irrigazione senza alcuna restrizione per le colture (Fig.4).

L'accumulo delle acque reflue trattate in serbatoi collettivi o aziendali, oltre al significativo risultato depurativo predetto, ha anche la funzione di aumentare la disponibilità di risorsa idrica per l'irrigazione consentendo l'utilizzo delle acque reflue prodotte in periodo non irriguo. Inoltre l'accumulo consente di evitare lo scarico anche invernale con conseguenti effetti positivi per la qualità dei corpi idrici. Le prove effettuate, hanno inoltre evidenziato l'assenza di significativi effetti ambientali negativi.

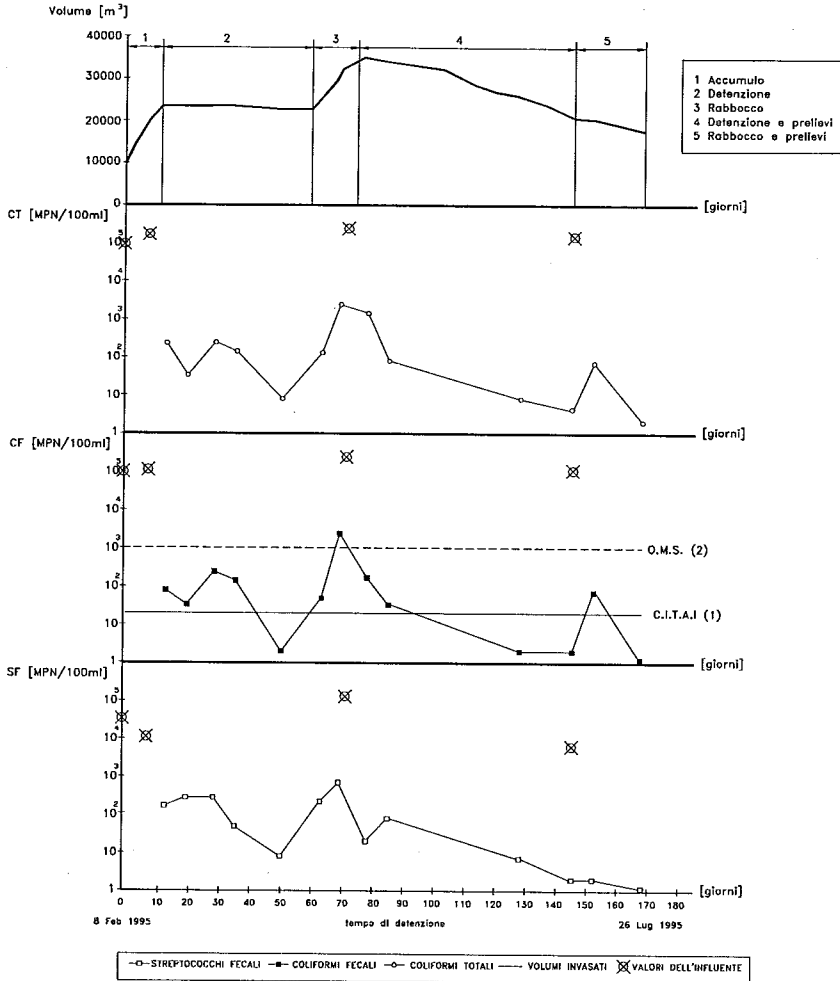
### **Indicazioni normative**

Uno dei motivi, forse il principale, che ha bloccato in Italia una estesa riutilizzazione delle acque reflue (determinando insieme il diffondersi di utilizzazioni non controllate e regolamentate) è l'assenza di una specifica e idonea normativa al riguardo e la imposizione indiretta di numerosi vincoli spesso ingiustamente restrittivi.

L'art. 6 della legge 36/94 dovrebbe (o meglio avrebbe dovuto) porre fine a questa situazione: esso prevede infatti che con decreto del Ministro dell'ambiente sono adottate norme tecniche riguardanti la tipologia dell'uso dell'acqua per la quale è ammesso l'uso di acque reflue, le tipologie delle acque suscettibili di riutilizzo, gli standard di qualità, le modalità di impiego ecc.

Figura 4

Andamento dei volumi e delle caratteristiche microbiologiche nel serbatoio riempito con acque reflue trattate (prelievi a 0,5 m dal fondo).



(1) Valore limite previsto dalla delibera del Comitato Interministeriale per la Tutela delle Acque dall'inquinamento del 4.2.1977 per l'irrigazione di: colture il cui raccolto è destinato ad essere consumato dopo trattamento fisico o chimico e che entrano in contatto con il liquame o il terreno inquinato; pascoli per bestiame da latte

(2) Valore limite del numero di coliformi fecali raccomandato dall'O.M.S. per l'irrigazione con acque reflue (senza alcun vincolo per le colture)



Sulla base delle ricerche e delle esperienze in molte parti del mondo, delle indicazioni dei più autorevoli organismi internazionali ed inoltre delle specifiche ricerche effettuate in Italia è auspicabile che la normativa tecnica sul riuso delle acque reflue da emanarsi in attuazione del predetto art. 6 della L. 36/94 sia orientata per quanto riguarda l'uso agricolo secondo le linee che qui si propongono.

Per l'irrigazione dovrebbero potersi impiegare acque reflue urbane, domestiche e di industrie agro-alimentari che presentano concentrazioni degli elementi in traccia non superiori a limiti da fissare (ad es. B 2 mg/l, Cd 0,015, Ni 0,2, Zn 2, Al 5, Fe 5, Li 2,5, Pb 5, Cr 1). Tali acque per le loro caratteristiche dovrebbero essere compatibili ed utili alle colture; compatibilità da valutarsi anche con riferimento alle caratteristiche del terreno.

Le acque reflue domestiche ed urbane che hanno subito almeno un trattamento primario (tale da assicurare una riduzione del BOD5 di almeno il 20% del valore iniziale) dovrebbero potersi utilizzare, anche per aspersione, per le colture non alimentari. L'irrigazione per aspersione non dovrebbe però essere consentita nelle aree prossime a luoghi di residenza abituale e strade ad elevato traffico. Per effluenti provenienti da piccoli insediamenti civili potrebbe essere consentita la loro utilizzazione previo solo trattamento primario per l'irrigazione di colture arboree o arbustive con metodi e modalità che evitino sia il contatto tra acque reflue e prodotti alimentari sia il ruscellamento superficiale e l'immissione in falda e sempreché l'irrigazione venga conclusa almeno 2 settimane prima della raccolta.

Le acque reflue domestiche ed urbane che hanno subito un trattamento secondario o equivalente (tale da assicurare una riduzione del BOD5 di almeno l'80% del valore rilevato nelle acque reflue in arrivo) dovrebbero potere essere utilizzate per l'irrigazione di: colture i cui prodotti vengono consumati dopo cottura o altro trattamento fisico-chimico; colture i cui prodotti, anche da consumare crudi, non entrano a contatto con le acque reflue e con il terreno e per i quali l'irrigazione viene conclusa almeno 2 settimane prima della raccolta; pascoli anche per bestiame da latte. Le acque reflue non devono contenere più di 1 uovo di nematodi intestinali per litro. Nessun organo commestibile potrà essere raccolto dal terreno.

Le acque reflue domestiche ed urbane che hanno subito un trattamento secondario e un successivo trattamento di affinamento (anche tramite lagunaggio e/o stoccaggio) a seguito del quale il numero di coliformi fecali risulti inferiore a 100 per 100 ml e il numero di uova di nematodi intestinali inferiore a 1 per litro dovrebbero poter essere utilizzate per l'irrigazione di colture i cui prodotti sono destinati ad essere consumati crudi. Le

stesse acque con numero di coliformi fecali inferiore a 100 per 100 ml e numero di uova di nematodi intestinali inferiore a 1 per litro dovrebbero potersi essere utilizzate per l'irrigazione di ogni altro tipo di coltura, di spazi verdi aperti al pubblico e di campi sportivi (ad esempio da golf). Il trattamento di affinamento può essere effettuato in sede centralizzata (ad esempio presso l'impianto di depurazione) o decentrata (ad esempio all'interno dei comprensori irrigui o delle aziende). In quest'ultimo caso il provvedimento di autorizzazione dovrebbe fissare le modalità e le condizioni per conseguire l'affinamento delle acque reflue delegando eventualmente alle strutture di controllo le opportune verifiche in campo.

Potrebbe essere consentito miscelare acque reflue che abbiano subito almeno un trattamento primario con acque convenzionali destinate all'uso irriguo, in alternativa o ad integrazione dei previsti trattamenti, al fine di conseguire gli standard di qualità richiesti.

Dovrebbe essere vietata l'irrigazione con acque reflue nelle zone di protezione dei pozzi di alimentazione idrica ad uso potabile ai sensi del D.P.R. 25 maggio 1988, n. 236. I costi di depurazione necessari per il conseguimento degli standard di qualità imposti per lo scarico nel corpo riceettore dovrebbe restare a carico del gestore dell'impianto di depurazione o titolare dello smaltimento. I costi aggiuntivi per gli eventuali affinamenti, regolazione, adduzione e controlli, derivanti dall'uso delle acque trattate, potrebbero essere posti a carico degli utilizzatori.

Una normativa di questo tenore, integrata con un sistema di controlli sugli effetti delle singole utilizzazioni di acque reflue e con un insieme adeguato di incentivi come previsto dal già citato art. 6 della Legge 36/94, dovrebbe consentire il diffondersi in Italia, ed in particolare nel Mezzogiorno, dell'uso irriguo degli effluenti dei sempre più numerosi impianti di depurazione.

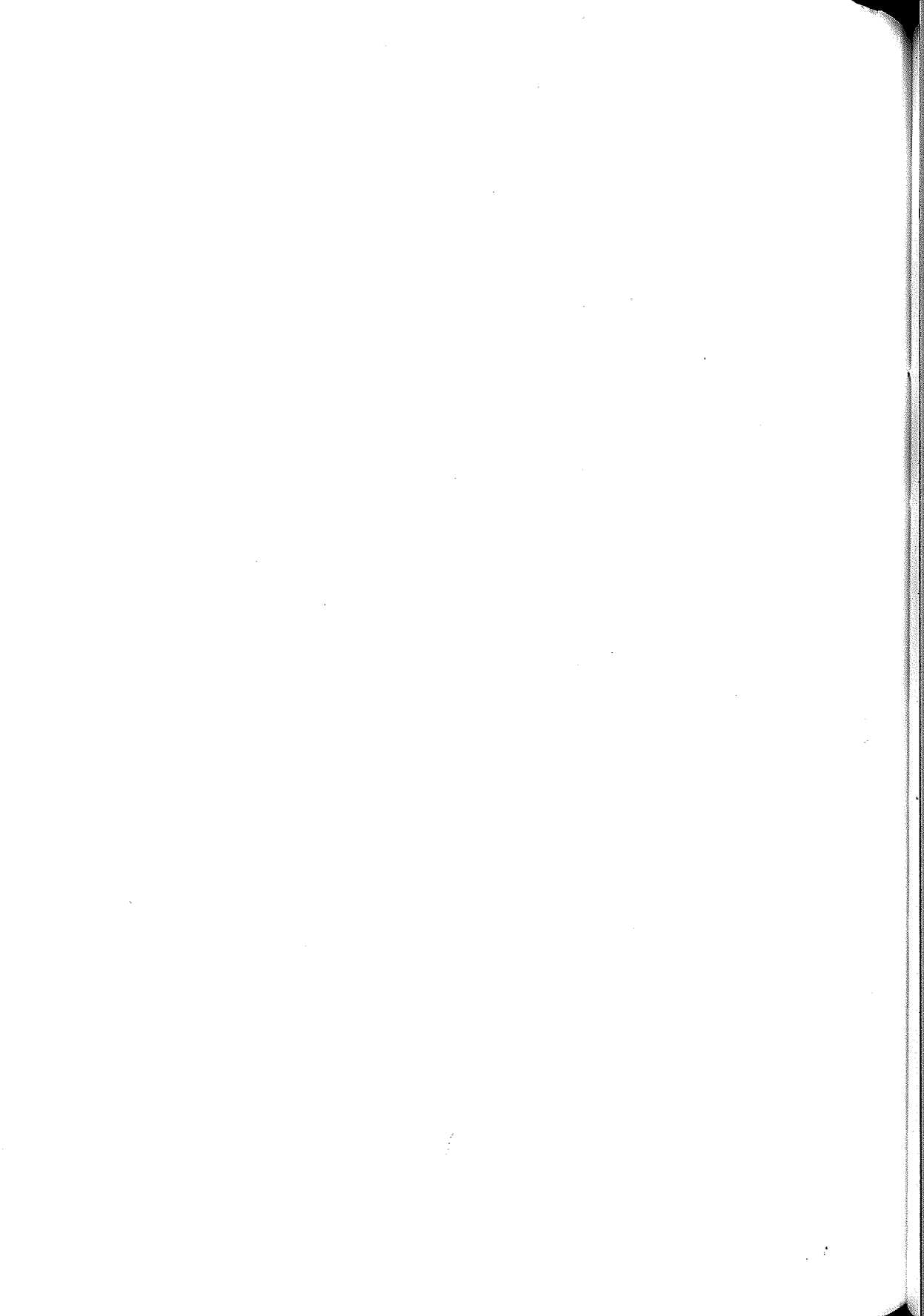
Ciò costituirebbe un rilevante vantaggio per l'agricoltura che vedrebbe accresciute le sue disponibilità di risorse idriche, per gli altri utilizzatori di acqua ai quali potrebbero essere attribuite le eventuali acque chiare sostituite da acque reflue ed infine per l'ambiente che potrebbe beneficiare sia di eventuali riduzioni di prelievi che, soprattutto, delle riduzioni di scarichi localizzati in corpi idrici di acque reflue trattate ma pur sempre inquinanti.

**Bibliografia**

- BARBAGALLO S., BIONDI M., LI DESTRI NICOSIA O., 1988. Prove di irrigazione con acque reflue parzialmente trattate. Secondo contributo. *Rivista di Ingegneria Agraria*, n. 4.
- BARBAGALLO S., CIRELLI G.L., GIAMMANCO G., INDELICATO S., PIGNATO S., 1996. Prove sperimentali di accumulo di acque reflue urbane non trattate per uso agricolo. *Ingegneria Agraria*, n. 1.
- BARBAGALLO S., CIRELLI G.L., PIGNATO S., INDELICATO S., GIAMMANCO G., 1997. Effetti dell'accumulo in serbatoi per uso agricolo di acque reflue urbane trattate. *Ingegneria Ambientale*, n. 1-2 gen.-feb.
- BARBAGALLO S., TAMBURINO V., 1996. La gestione delle acque reflue. La gestione delle acque in Italia: evoluzione di criteri e metodi. CSEI-Catania.
- CAPRA A., LI DESTRI NICOSIA O., TAMBURINO V., 1985. Subirrigazione con acque reflue. *Rivista di Ingegneria Agraria*, anno XVI, n. 3, settembre.
- EREN J., 1987. Changes in wastewater quality during long term storage. IV Symposium water reuse, Denver, Colorado, 2-7 August.
- IDROSER, 1988. Riutilizzo irriguo dei reflui civili. Ricerca sperimentale di irrigazione al pesco. Regione Emilia Romagna.
- INDELICATO S., LI DESTRI NICOSIA O., TAMBURINO V., 1981. A case of raw wastewater irrigation in Sicily. Proceedings "Water Reuse Symposium II", vol. 1, Washington, D.C., August 23-28.
- INDELICATO S., LI DESTRI NICOSIA O., TAMBURINO V., 1984. Effects de l'irrigation avec eaux uses. Etudes en Sicilie. "10eme Congres International du genie rural", september 3-7.
- INDELICATO S., LI DESTRI NICOSIA O., TAMBURINO V., 1984. Wastewater irrigation. Lisimeter investigation in water quality aspects. Environmental Technology Letters, Kew England.
- INDELICATO S., 1988. Problemi connessi all'impiego delle acque reflue urbane per l'irrigazione. Convegno GRUSI Ricerca e Irrigazione, Bologna, 5-8 luglio.
- LIBERO A., 1988. Aspetti igienico sanitari dell'irrigazione del pesco con reflui civili a diverso stadio di trattamento. Convegno GRUSI Ricerca e Irrigazione, Bologna, 5-8 luglio.
- LIRAN A., JUANICO M., SHELEF G., 1994. Coliform removed in a stabilization reservoir for wastewater irrigation in Israel. *Wat. Res.*, 28(6), 1305-1314.
- TAMBURINO V., BARBAGALLO S., 1988. Effetti dell'irrigazione con acque reflue su terreno, colture e acque sotterranee. Convegno GRUSI Ricerca e Irrigazione, Bologna, 5-8 luglio.
- WHO (World Health Organization), 1989. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. Technical Report Series, n. 778, Geneva.

**Note**

- (1) Le prove sono state condotte su commessa del Comune di Canicattini Bagni (SR) e finanziamento dell'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana.



## *MODELLIZZAZIONE. SVILUPPO DI MODELLI IDROLOGICI PER AMBIENTI MEDITERRANEI*

Marcello Mastrorilli

Istituto Sperimentale Agronomico

Via C. Ulpiani, 5 - 70125 Bari

### **Cosa è la modellizzazione ?**

- Un sistema è una porzione della realtà che contiene elementi che interagiscono tra di loro;
- un modello è la rappresentazione semplificata di un sistema;
- la simulazione è l'arte di costruire modelli matematici;
- la realtà virtuale diventa lo strumento per studiare le proprietà del sistema stesso.

### **Cosa è un modello idrologico?**

In superficie il suolo riceve acqua sotto forma di pioggia o eventualmente di irrigazione che, in parte, può essere soggetta al ruscellamento laterale. Il ruscellamento sarà più o meno importante a seconda delle condizioni idrologiche e topografiche del territorio. Una frazione dell'acqua apportata evapora dal suolo in funzione della domanda climatica, il resto si infiltra nel terreno i cui pori sono riempiti dall'aria e dall'acqua. Sotto l'influenza della domanda evaporativa esercitata dal clima sulle foglie, le piante estraggono l'acqua dal terreno utilizzando l'apparato radicale per rigettarla nell'atmosfera.

Se le condizioni di alimentazione idrica diventano limitanti, gli stomi regolano la traspirazione opponendosi alla diffusione dell'acqua dalla

cavità stomatica verso l'atmosfera. Il limite è determinato dalla capacità delle radici di superare la tensione dell'acqua nel terreno. Questa tensione ha una doppia origine: quantità (potenziale matriciale) e disponibilità (potenziale osmotico) di acqua nel terreno. Per effetto della traspirazione, nel terreno si generano gradienti di tensione che danno luogo ai movimenti dell'acqua. La dinamica dell'acqua nel terreno è soggetta alle forze di gravità e di capillarità: le prime sono preponderanti durante l'infiltrazione, le seconde durante la redistribuzione. Il drenaggio rappresenta il flusso verso il sottosuolo della quantità di acqua che il terreno non ha la capacità di trattenere, al netto dell'eventuale risalita capillare.

### **Perché un modello idrologico?**

Il bilancio idrico si ottiene direttamente dalle esperienze in campo, ma queste non possono coprire che un numero limitato di condizioni. Il ricorso a un modello è indispensabile per affrontare i rischi derivanti dalla variabilità interannuale del clima o per verificare differenti itinerari colturali. I modelli che riguardano le relazioni tra acqua e ambiente devono tenere conto di un sistema complesso in cui interagiscono aspetti biologici, chimici, fisici e antropici.

Da un punto di vista biologico, il fattore idrico modula le funzioni della pianta. I sali della soluzione circolante del terreno favoriscono o limitano la crescita delle piante. Le caratteristiche fisiche del terreno determinano la disponibilità in acqua per le colture e la corretta esecuzione delle pratiche agricole. Infine, il bilancio idrico e il fabbisogno in acqua di una superficie agricola sono la base della gestione delle risorse idriche.

### **Perché un modello idrologico per l'ambiente mediterraneo?**

La questione agricola meridionale si sta aprendo a nuovi interessi: relazione con l'ambiente, valorizzazione della ricchezza di ambienti, utilizzazione di acque non convenzionali per sopperire alla cronica carenza idrica. Solo con la modellizzazione è possibile analizzare, in un panorama assai diversificato, i molteplici aspetti che, interagendo contemporaneamente, determinano le variazioni dell'acqua nel terreno nello spazio e nel tempo.

## Lo stato dell'arte

I modelli idrologici possono essere classificati in due gruppi:

1. meccanicistici, basati sulle equazioni fisiche che governano la diffusione dell'acqua;
2. empirici, o agrometeorologici poiché utilizzano essenzialmente dati meteorologici.

I primi descrivono con precisione i processi di diffusione dell'acqua nel terreno in scala temporale inferiore al giorno. Le equazioni di flusso di acqua nel terreno vengono risolte con metodi numerici. Il terreno viene diviso in un certo numero di strati paralleli e, per ogni strato, si richiede una raffinata descrizione delle caratteristiche fisiche.

Pertanto i parametri da fornire in input devono essere di alta qualità, ma a livello territoriale (o di parcella) è difficile conoscere, ad esempio, la distribuzione spaziale delle caratteristiche idrologiche di un terreno, necessarie per qualsiasi modello meccanicistico. Ed è anche difficile verificare *a posteriori* le informazioni prodotte.

Davanti a queste difficoltà sono stati sviluppati modelli più semplici che possono essere usati in scala regionale per analisi territoriali o per la programmazione irrigua. Questi modelli utilizzano allo stesso tempo sia l'estrapolazione statistica sia le leggi fisiche; essi si basano sulla tecnica del bilancio idrico e richiedono pochi dati che sono di solito facilmente reperibili. La base temporale è il giorno o un multiplo. Il terreno è considerato come un recipiente (o una serie di recipienti) che si riempie o si svuota in funzione dell'acqua che arriva come pioggia o irrigazione.

Questi modelli consistono in una serie di sub-modelli per simulare un solo termine dell'equazione del bilancio idrologico: 1) acqua disponibile, 2) ruscellamento, 3) drenaggio, 4) evapotraspirazione.

• La quantità massima di acqua disponibile viene definita come differenza, espressa in millimetri, tra la quantità di acqua trattenuta alla capacità di campo (-33 KPa) e al punto di appassimento (-1500 KPa) nella zona di terreno occupata dalle radici. Solo questa porzione di acqua è disponibile per le piante: al di sotto del punto di appassimento, l'acqua è talmente legata alla matrice solida da non essere estratta dalle radici; al di sopra della capacità di campo, l'acqua non è trattenuta e si perde per drenaggio.

Poiché il punto di appassimento in campo viene spesso superato nello strato superficiale e non si raggiunge negli strati più profondi, alcuni au-

tori preferiscono definire la massima quantità di acqua disponibile come la differenza tra l'umidità del profilo verticale del terreno alla capacità di campo e quella corrispondente al minimo di disponibilità idrica alla fine di una stagione siccitosa.

- Quando si stima l'erosione si ricorre a formule empiriche.
- Il drenaggio dalla zona radicale è calcolato come l'acqua in eccesso in uno strato quando il suo contenuto idrico supera la capacità di campo.
- Il modo di calcolare l'evapotraspirazione varia da un modello all'altro, ma generalmente tutti i modelli si basano sul concetto di evapotraspirazione potenziale. Diverse formule correlano l'evapotraspirazione potenziale a quella effettiva, attraverso lo stato idrico del terreno.

Il vantaggio maggiore di un modello empirico è la possibile applicazione in condizioni semiaride dove l'acqua rappresenta il principale fattore limitante. Questi modelli semplici non pretendono di essere strumenti accurati per calcolare i differenti termini del bilancio idrologico, ma riducono al minimo il numero di parametri in input in modo che il campo di applicazione sia il più vasto possibile. Lo svantaggio principale consiste nel trascurare la risalita capillare. La risalita capillare, pur essendo impossibile da modellizzare in modo semplice, deve essere debitamente presa in considerazione perché nei suoli profondi e durante i periodi siccitosi contribuisce significativamente al bilancio idrico del terreno.

A questi 2 tipi di modelli, concepiti unicamente per simulare la dinamica dell'acqua nel terreno, si possono aggiungere anche i modelli colturali che simulano la crescita delle colture. L'idea è quella di utilizzare la dinamica di crescita come sintesi dell'ambiente della coltura. Molti autori, ipotizzando che una vasta area può essere trattata come una parcella omogenea, hanno utilizzato i modelli di colture per la valutazione territoriale ed hanno dimostrato il vantaggio che deriva dalla simulazione dinamica. Infatti i modelli colturali, oltre alle produzioni finali, forniscono informazioni utili circa il fabbisogno idrico e l'evoluzione dello stato idrico del terreno.

I modelli colturali sono concepiti in scala parcellare: se siano adatti o no a predire la dinamica dell'acqua in un territorio assai complesso, come quello meridionale, è una questione che merita di essere affrontata. Poiché in scala regionale aumenta la variabilità spaziale e temporale, l'adozione di opportune procedure di spazializzazione dei parametri in input costituisce un prerequisito essenziale per l'utilizzazione dei modelli di crescita a livello territoriale.



Un esempio di approccio intermedio tra modello rigorosamente idrologico e modello colturale è rappresentato dal tentativo della FAO di classificazione delle zone agro-ecologiche, oppure, più recentemente dai modelli EPIC (Cabelguenne *et al.*, 1990) e GOA (Brisson *et al.*, 1992), che simulano la produttività e il bilancio idrico con pochi input di tipo biologico e delle caratteristiche idrologiche. Questi si sono dimostrati idonei a simulare a livello territoriale il fabbisogno di acqua irrigua e la perdita di produttività in caso di stress. Purtroppo, se applicati in ambienti semi-aridi, sono risultati poco soddisfacenti.

### **Perché sviluppare un modello nuovo?**

La modellizzazione del bilancio idrico nel terreno può essere effettuata con tre approcci: i modelli locali, in cui la dinamica dei fluidi è applicata a livello del volume di terreno elementare, i modelli empirici, basati sul concetto di acqua disponibile, e i modelli colturali, che in output forniscono anche l'evoluzione spazio-temporale dell'acqua nel terreno.

Poiché nessun modello idrologico è universalmente valido, il lavoro scientifico consiste in due azioni: integrare gli approcci di complessità variabile esistenti in letteratura e colmare le lacune di conoscenza delle implicazioni fisiche e biologiche.

### **Fasi del lavoro**

La prima tappa consiste nello scegliere un modello *a priori*. La scelta avviene attraverso criteri formali (stabilità, sensibilità ai parametri), fisici (a seconda dell'empirismo e del determinismo delle equazioni utilizzate) e operativi (costo della parametrizzazione, numero di variabili di ingresso). Ogni modello è una aggregazione di sub-modelli che corrispondono ai differenti fenomeni del ciclo dell'acqua: si tratterà di selezionarli e adattarli alle diverse situazioni operative.

Il confronto dei risultati del modello con l'evidenza sperimentale fornisce *a posteriori* la verifica del modello e la precisione associata alle sue predizioni. Infatti non ci si può accontentare di effettuare delle simulazioni senza conoscere il loro grado di verosimiglianza rispetto alla realtà.

## **Conclusioni**

- Integrare l'approccio fenomenologico e quello statistico è l'ipotesi di lavoro più promettente.

- Individuare le unità pedoclimatiche è la base per rendere operativo un modello idrologico.

- Il ruscellamento, la dispersione dell'acqua attraverso le crepacciature, la risalita capillare, il potenziale osmotico rappresentano alcuni temi di ricerca specifici per l'ambiente mediterraneo. L'interazione tra l'esperienza e la teoria apre un vastissimo panorama di possibilità per la modellizzazione dello stato idrico del terreno.

- Uno strumento di predizione del bilancio idrico deve essere semplice da parametrizzare e richiedere solo una breve fase di adattamento.

- Gli input devono essere limitati a dati climatici di routine (pluviometria, radiazione, temperatura dell'aria, evapotraspirazione potenziale) e alle caratteristiche del terreno (contenuto in sostanza organica, pH, tessitura, costanti idrologiche e densità apparente) per i diversi orizzonti.

- I modelli idrologici devono essere strumenti utili e affidabili nelle mani di non-specialisti (agricoltori, consulenti, pianificatori, decision-makers). Per rendere accessibili i modelli non c'è bisogno di semplificare gli algoritmi, ma l'ingresso dei dati e la presentazione dei risultati.

## *IRRIGAZIONE SOSTENIBILE E QUALITÀ DELLE ACQUE IN RELAZIONE ALLE TECNICHE AGRONOMICHE*

Pasquale Tedeschi

Istituto per lo Studio dei Problemi Agronomici dell'Irrigazione nel Mezzogiorno, CNR  
Casella Postale 101 - 80040 San Sebastiano al Vesuvio (Napoli)

### **Premessa**

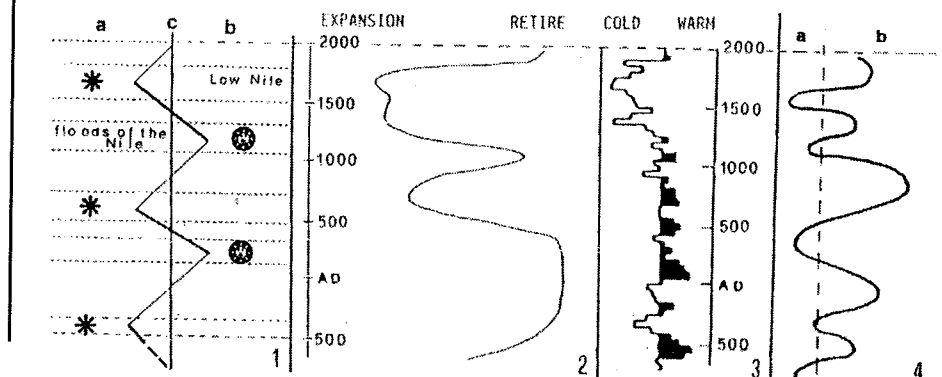
La risposta delle colture all'irrigazione è un elemento essenziale alla programmazione e alla gestione irrigua, ma deve essere considerato anche il problema potenziale di una salinizzazione dei suoli come conseguenza del contenuto di sali disciolti nell'acqua irrigua. Il fenomeno è particolarmente grave nelle regioni aride e semi-aride per la dinamica dei soluti che tende verso l'accumulo dei sali e per il contenuto di sali nelle acque che proprio in questi ambienti tende ad aumentare.

Il mezzogiorno d'Italia e soprattutto le pianure alluvionali costiere, caratterizzate da basse pendenze e da quote prossime al livello del mare, sono particolarmente esposte a questo tipo di rischio. La bonifica di queste pianure infatti, eseguita a partire dalla fine del secolo scorso per lo smaltimento delle acque superficiali e di falda in eccesso, associata al massiccio emungimento con pozzi sia per l'irrigazione di vaste aree agricole che in seguito all'intensa urbanizzazione di alcune fasce costiere, ha determinato una depressione della falda con conseguente ingressione di acque marine.

Il fenomeno è destinato ad aggravarsi se saranno confermate le previsioni di un ulteriore sollevamento del livello del mare (circa 50 cm negli ultimi due secoli) con conseguente estensione dell'ingressione marina. Si prevede, inoltre, un aggravamento del quadro generale come conseguenza dei previsti cambiamenti climatici. Da un'analisi degli indicatori geologici, morfologici e archeologici e dalle fonti letterarie è stato possibile accertare, infatti, che negli ultimi 2500 anni si sono succedute crisi ambientali cicliche di tipo freddo umido e caldo arido della durata di 100-150 anni con periodo di circa 1000 anni così come schematizzato nella Figura 1.

Figura 1

Correlazione tra la curva climatica da noi ricostruita (1), la curva dell'attività dei ghiacciai (2; da Orombelli, 1990), la curva del rapporto  $O^{18}/O^{16}$  (3; da Dansgaard *et al.*, 1969) e la curva desunta da fonti letterarie (4; da Vidal-Naquet, 1993). a = periodo freddo-umido con crisi alluvionali; b = periodo caldo-arido con crisi aride e semiaride; c = clima attuale. Ortolani F. e Pagliuca S.: "Variazioni climatiche e crisi dell'ambiente antropizzato" – Il Quaternario 7, 1994.



Gli indicatori geologici evidenziano poi che ogni 500 anni circa le fasce climatiche si sono spostate di circa  $8^{\circ}$  -  $10^{\circ}$  di latitudine, alternativamente verso sud e verso nord, provocando brevi ma intense crisi ambientali nell'area mediterranea compresa tra il  $30^{\circ}$  ed il  $46^{\circ}$  di latitudine nord (Figura 2).

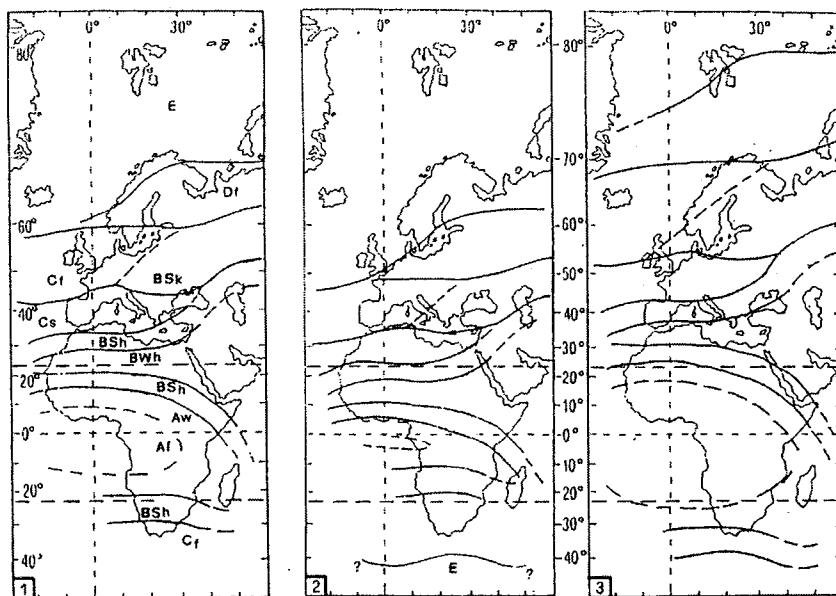
I dati finora disponibili evidenzerebbero che attualmente ci troviamo nella fase naturale di transizione ambientale da un clima freddo-umido verso uno caldo-arido; fase che dovrebbe accentuarsi già nel prossimo secolo con il ripristino, nelle aree mediterranee, di condizioni climatiche di tipo caldo-arido già sperimentate tra il II e IV secolo e tra l'XI e XIV secolo d.C. (Fig. 2 sub 3). Tutto ciò senza considerare che, per gli effetti congiunti e contrastanti di gas serra e aerosols, i modelli climatici più attendibili prevedono un innalzamento della temperatura globale di  $1-3,5^{\circ}$  C da qui al 2100 con variazioni regionali più marcate e importanti modificazioni nella distribuzione della disponibilità idrica.

Le prevedibili conseguenze sono minori disponibilità idriche ed un peggioramento della qualità delle acque a fronte di una maggiore richiesta per uso irriguo.

Figura 2

Schema delle modificazioni delle fasce climatiche nel periodo storico. 1 = zone climatiche attuali secondo la classificazione di Koppen-Geiger modificata (E = zona polare di tundra e del gelo perenne; Df = zona sub-artica di tipo continentale e subartico continentale umido-nivale; Cf = zona temperata umida di tipo oceanico; BSk = zona semiarida fredda della steppa; Cs = zona temperata con estate asciutta di tipo mediterraneo; BSh = zona semiarida calda della steppa; BWh = zona arida calda del deserto; Af = zona equatoriale umida della foresta pluviale; Aw = zona tropicale della savana con inverno asciutto); 2 = zone climatiche nel periodo freddo-umido del VI-IV sec. a.C., V-VIII sec. d.C. e XVI-XIX sec. d.C.; 3 = zone climatiche nel periodo caldo-arido del II-IV sec. d.C. e XI-XIV sec. d.C..

Ortolani F. e Pagliuca S.: *"Variazioni climatiche e crisi dell'ambiente antropizzato"* - Il Quaternario 7, 1994.



Il problema che si pone, quindi, è quello di operare un'accorta e corretta gestione delle risorse idriche attraverso una valutazione della domanda generale e l'accertamento della compatibilità dei fabbisogni con le disponibilità idriche, indirizzando gli usi al risparmio ed al rinnovo della risorsa acqua, riservando la priorità al suo uso potabile senza trascurare la tutela dell'equilibrio quantitativo e qualitativo di tale risorsa e quella degli equilibri ecologici.

Ai fini irrigui i problemi più gravi, stando alle proiezioni futu-

re, sono rappresentati da limitate disponibilità idriche e scadente qualità delle acque, per qualità e quantità dei sali in esse disciolti. Questi problemi vanno affrontati e risolti, nel contesto generale di un uso compatibile dell'acqua con la salvaguardia dell'ambiente.

### **Limitate disponibilità idriche per uso irriguo**

Per quanto riguarda il problema delle disponibilità di acqua queste possono essere limitate rispetto al fabbisogno medio o di punta.

Se sono limitate rispetto al fabbisogno di punta bisognerà operare una "decapitazione" della curva di consumo idrico aziendale. Ciò va fatto innanzi tutto al momento della programmazione degli ordinamenti colturali aziendali scegliendo, in base alla stima dei deficit idrici attesi su base probabilistica, ordinamenti e calendari colturali tali da distribuire nel modo più uniforme i consumi irrigui. È importante prevedere anche colture capaci di resistere a periodi di carenza idrica e scegliere metodi irrigui a più alta efficienza. Come interventi di emergenza, che possono rendersi necessari per eventi climatici eccezionali, si può prevedere la sospensione dell'irrigazione alle colture più povere o a quelle capaci di resistere di più alle carenze idriche.

Se le disponibilità sono limitate rispetto al fabbisogno medio il problema è di stabilire, anche in relazione al regime dei prezzi (mezzi tecnici e prodotti), gli ordinamenti colturali più idonei. Si tratta cioè di dare una risposta al problema del più elevato valore di trasformazione dell'acqua tenuto conto che si assiste oggi ad una costante lievitazione dei costi variabili. Per la soluzione del problema si può operare: sulla parzializzazione irrigua; sulla scelta degli ordinamenti colturali; sulla scelta di metodi irrigui.

- Nel primo caso si può limitare l'irrigazione ad una parte della superficie aziendale su colture di alto reddito caratterizzate da elevato indice di trasformazione dell'acqua;

- nel secondo caso si può massimizzare il prodotto per unità di acqua erogata mediante la scelta di specie meno esigenti e l'adozione di ordinamenti colturali che prevedono una maggiore superficie irrigua. Poiché nel giudizio di convenienza interviene anche il prodotto fornito dalle colture asciutte, la scelta va fatta sulla base di un confronto tra il prodotto netto aziendale conseguibile nell'ipotesi di diversi ordinamenti colturali;

- nel terzo caso, infine, si possono ridurre i consumi migliorando l'efficienza dell'acqua erogata attraverso la scelta del metodo irriguo.

E' evidente che le tre ipotesi possono coesistere e contribuire variamente alla soluzione del problema.

### **Qualità delle acque per uso irriguo**

Anche per quanto riguarda l'impiego di acque saline è di fondamentale importanza una corretta gestione irrigua nel senso che bisognerebbe puntare su metodi irrigui ad alta efficienza per:

- ridurre i volumi di adacquamento e limitare quindi la percolazione e l'apporto di sali al suolo;
- intervenire con adacquamenti molto frequenti o diurni per mantenere basso il potenziale matriciale dell'acqua nel suolo e consentire alle colture un soddisfacente accrescimento.

Tuttavia, ciò non è sempre possibile perché i metodi che meglio si prestano allo scopo sono l'irrigazione a microportata di erogazione (es., a goccia), che non sempre è proponibile, e l'irrigazione per aspersione che ha l'inconveniente di lasciare depositi salini sulle foglie con il rischio di provocare ustioni alle stesse. Un discorso a parte meriterebbe l'irrigazione per sommersione totale e continua.

Quando non è possibile operare così come indicato, ma si è costretti ad intervenire con altri metodi irrigui (es. infiltrazione laterale da solchi) e turni più lunghi, allora si fa ricorso ad una maggiorazione del volume di adacquamento (requisito di lisciviazione) per favorire il dilavamento dei sali accumulati e consentire lo sviluppo delle colture <sup>(1)</sup>. Tuttavia se non si tengono nella giusta considerazione gli effetti sul suolo, i danni a medio e/o lungo termine che ne derivano possono risultare irreparabili. Questa tecnica, infatti, in alcune situazioni può essere causa di una più rapida salinizzazione del suolo per il maggior apporto di sali, come si vedrà in seguito, senza considerare che si dilavano anche gli elementi nutritivi, con rischi di inquinamento, mentre spesso si aggravano i problemi di salinità a valle.

In ogni caso, affinché la lisciviazione dei sali apportati con l'irrigazione sia possibile (sia ad opera degli adacquamenti stessi che delle piogge) è necessario innanzi tutto una sistemazione idraulico-agraria del suolo (affossatura aperta o drenaggio tubolare) ed è fondamentale che i movimenti di filtrazione laterale (interflusso) prevalgano sui movimenti verticali (ricarica profonda).

In assenza di sistemazione avremo solo ricarica profonda e

quindi problemi di salinizzazione del suolo e della falda più o meno profonda e, se poco profonda, problemi di salinizzazione superficiale per risalita capillare dei sali. In proposito va ricordato che l'irrigazione può creare grossi problemi, nelle regioni aride e semiaride, quando la percolazione dell'acqua raggiunge strati di accumulo dei sali che, per risalita capillare dell'acqua (es. tra un adacquamento e l'altro), vengono depositati negli strati superficiali fino a renderli inadatti alla coltivazione.

In presenza di sistemazioni idraulico-agrarie l'interflusso rappresenta la prima risposta alla pioggia in conseguenza di una locale sopraelevazione del livello di falda (falda momentaneamente sospesa) per un tempo relativamente breve in relazione all'intensità e alla durata della pioggia, alla natura del suolo, alla sua permeabilità verticale e laterale, al tipo di lavorazione, alla coltura ecc. Orbene, l'efficacia della lisciviazione è legata appunto all'interflusso. Infatti è questo il movimento in grado di allontanare dall'unità colturale l'accesso di sali poiché il dilavamento dei sali in profondità, come accennato, non rappresenta una soluzione globale del problema.

Nei terreni argillosi crepacciabili prevale la ricarica profonda mentre l'interflusso è quasi nullo durante i primi eventi piovosi autunnali che sono quelli che dilavano la maggiore quantità di sali accumulatisi con l'irrigazione o durante la stagione secca. Il tipo di lavorazione del terreno, tra le tecniche agronomiche, può esaltare i movimenti laterali o profondi dell'acqua favorendo o meno la lisciviazione. La ripuntatura, ad esempio, favorisce la ricarica profonda mentre l'aratura, specie se eseguita sempre alla stessa profondità, favorisce l'interflusso per la presenza della suola di aratura. Secondo che prevalga l'uno o l'altro fenomeno le conseguenze sono quindi molto diverse anche in relazione alla stratigrafia e alla idrogeologia del territorio.

Un esempio servirà a chiarire meglio il concetto. La piana del Volturno, dove è ubicato il campo sperimentale dell'Istituto per lo Studio dei Problemi Agronomici dell'Irrigazione nel Mezzogiorno del CNR (ISPAIM), dal punto di vista idrogeologico può essere schematicamente così caratterizzata:

- acquifero superficiale in sabbia limosa debolmente ghiaiosa di decantazione fluviale (da m -1,5 a -5,00 circa) sormontato da un suolo sepolto (da m -0,8 a -1,50 circa), con tracce di idromorfia in aumento verso il basso, e da un suolo argilloso con forti caratteri vertici (da m 0 a -0,80 circa);
- strato impermeabile superficiale di base (da m -5 a -10 circa) formato da argille limose altamente plastiche di colore grigio-azzurro verdognolo;



- acquifero di base, a profondità variabile a partire da -30 a -50 m circa, in sabbie e ghiaie alluvionali e/o piroclastiti basali caratterizzate da permeabilità relativa medio-alta, con falda profonda che satura il mezzo sovrastante composto da tufo grigio campano sormontato da strati limo-argillosi alternati con piroclastiti e limo-sabbiosi fino alla base dello strato impermeabile superficiale.

L'azienda è a 22 m s.l.m. e dista circa 24 km dal mare. L'irrigazione, come in altre aziende della piana, viene effettuata attingendo alla falda profonda la cui conducibilità elettrica è di 1 ds/m, in questo sito, mentre raggiunge valori più alti (fino a circa 3 ds/m) spostandosi verso il mare. E' in corso un'indagine sistematica per accertare il livello di salinità della falda profonda in funzione della topografia del territorio. Nella predetta azienda dell'ISPAIM è in corso una ricerca sugli effetti dell'impiego di acque saline per uso irriguo utilizzando le acque della falda profonda in confronto con la stessa acqua addizionata con NaCl commerciale nella misura dello 0,25 - 0,5 e 1% su parcelle drenate (dreni a m -0,8 dal piano di campagna) e non.

Nel 1996, nonostante un'estate non particolarmente asciutta (119 mm di pioggia da giugno ad agosto) e un autunno caratterizzato da piogge abbondanti (143 - 114 e 184 mm rispettivamente in settembre, ottobre e novembre) solo il 3 dicembre, dopo più di 500 mm di pioggia dalla fine della stagione irrigua, la falda superficiale si è alzata al livello dei dreni attivando l'impianto. La geologia della piana è tale quindi da sconsigliare una maggiorazione del volume di adacquamento per favorire la lisciviazione dei sali. Questi infatti sono destinati ad accumularsi in buona parte nell'acquifero superficiale con problemi di salinizzazione del suolo mentre solo in piccola parte possono essere allontanati con le acque di drenaggio. La ricerca in corso, attraverso lo studio del bilancio dei sali, mira proprio a prevedere, in questa realtà, gli effetti a medio e lungo termine sul suolo, dell'impiego di acque saline.

### **Considerazioni conclusive**

In conclusione si può affermare che la strategia irrigua, per far fronte sia alle limitate disponibilità idriche che ai problemi derivanti dall'impiego di acque saline per uso irriguo, sia sostanzialmente la stessa e prevede l'impiego di metodi irrigui caratterizzati da alta efficienza distributiva e adacquamenti diurni o a brevi intervalli con piccoli volumi.

Migliorando l'efficienza dell'uso dell'acqua, infatti, si riduce il volume di adacquamento, il volume di acqua percolata, l'apporto di sali, la quantità di nitrati dilavati, il pericolo di inquinamento delle acque profonde e superficiali e si migliora l'efficienza dell'uso dell'azoto, che comunque andrebbe applicato nelle dosi strettamente necessarie per un prevedibile realistico raccolto e nei momenti di effettiva richiesta da parte delle colture o facendo ricorso a fertilizzanti a lento rilascio.

Inoltre, almeno per i suoli a tessitura da mediamente fine a molto fine, alcuni interventi agronomici quali le lavorazioni profonde ed il tipo di lavorazioni del suolo, le concimazioni organiche, gli avvicendamenti colturali, le sistemazioni idrauliche-agrarie e il drenaggio sono alla base di una corretta gestione irrigua intesa anche a regolare la percolazione e facilitare il dilavamento dei sali, a ridurre i ristagni idrici e il ruscellamento superficiale e, di conseguenza, a eliminare o contenere i fenomeni di anossia, la degradazione della struttura, la formazione di croste superficiali, la riduzione della porosità e l'erosione superficiale.

Gli stessi interventi agronomici inoltre, insieme al dilavamento dei sali, alla coltivazione di specie tolleranti e all'impiego di correttivi, sono consigliati anche, singolarmente o in associazione tra loro a seconda della "tipologia di salinità", per la messa a coltura e/o il controllo di suoli salini, alcalini-non salini e alcalini-salini.

Sempre in tema di tecniche agronomiche, bisognerebbe poi favorire lo spostamento dei cicli colturali di alcune specie, anticipandone la semina o la fruttificazione, per utilizzare al meglio le acque meteoriche e ridurre gli apporti irrigui e quindi di sali, se si è in presenza di acque saline.

Esempi sono la barbabietola da zucchero a semina autunnale, i fruttiferi precoci per i quali è pensabile ad un risparmio idrico, le colture ortive precoci o assistite da protezioni nelle fasi iniziali ecc.

Si può consigliare ancora la coltivazione di specie resistenti alla salinità; non tanto quelle in grado di escludere il sodio a livello radicale (es. zucchini) o di accumularlo nelle radici (es. girasole e fico) quanto quelle in grado di accumulare i sali nella parte epigea (es. bietola e carciofo) che può essere allontanata dal campo come residui colturali o utilizzata per l'alimentazione del bestiame in caso di foraggiere.

In caso di terreni in via di salinizzazione si può pensare anche all'impiego di specie "desalinizzanti" perché particolarmente voraci di sali.

### **Strategie future**

Se sono valide le premesse secondo le quali per il futuro si prevedono più limitate disponibilità idriche ed un peggioramento delle qualità delle acque, è necessario preoccuparsi di come affrontare questa emergenza.

Molti Istituti di ricerca si sono occupati o si occupano di salinità con risultati notevoli sia sotto l'aspetto biochimico che fisiologico, agronomico e pedologico.

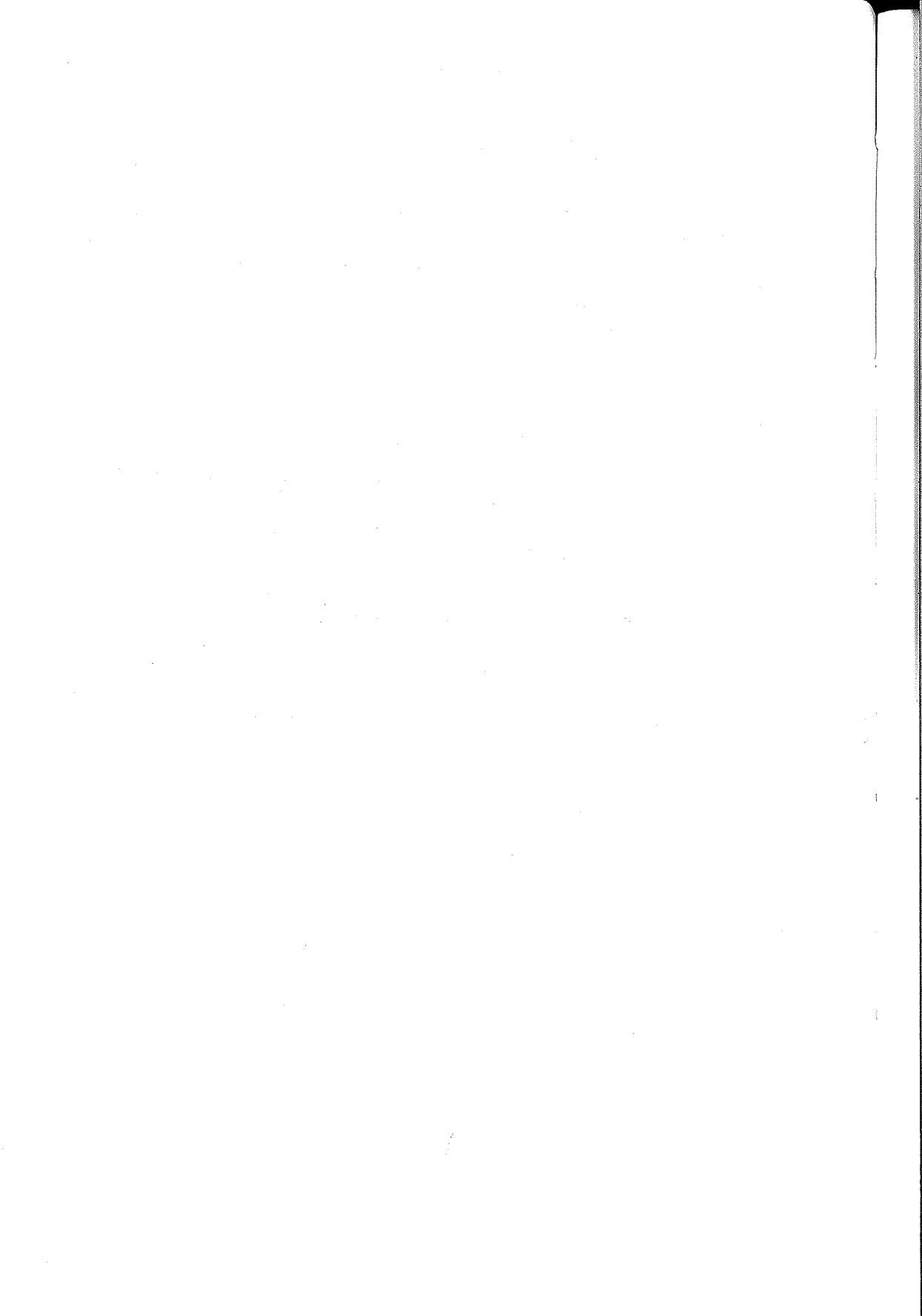
Le conoscenze sono sufficienti per avviare e mettere a punto una strategia di intervento che guardi al problema della salinità nella sua globalità preoccupandosi in particolar modo degli effetti sul suolo.

E' necessario uno sforzo di coordinamento per avviare ricerche finalizzate allo studio degli effetti, a medio e lungo termine, dell'irrigazione con acque saline sul suolo mantenendo al tempo stesso accettabili i livelli produttivi delle colture.

Si richiede cioè uno sforzo interdisciplinare che - attraverso lo studio pluriennale di campo del movimento dei soluti in situazioni rappresentative di realtà pedologiche più a rischio, del bilancio dei sali, delle tecniche di gestione irrigua e con riferimento a specie diverse in relazione ai regimi pluviometrici dei diversi anni - consenta di prevedere, attraverso l'applicazione di modelli, la strategia irrigua più idonea nel lungo periodo.

### **Note**

(1) Se la conducibilità elettrica dell'acqua di irrigazione è uguale o maggiore del limite di tolleranza della specie coltivata o della conducibilità dell'estratto saturo del suolo, in genere ogni maggiorazione del volume di adacquamento è inefficace.



## *L'IRRIGAZIONE IN FUNZIONE DELLA VULNERABILITÀ DEL SUOLO, COME STRUMENTO DEL PIANO DI BACINO*

Pietro Corona, Filippo Sisti, Roberto Monaco

Ministero per le Politiche Agricole - Consiglio Superiore dell'Agricoltura  
Via Torino, 45 - 00184 Roma

I relatori del presente tema ammettono di aver provato qualche perplessità nel momento in cui hanno letto per la prima volta il titolo dell'argomento prescelto per loro dagli organizzatori del Convegno.

Il pensiero si soffermava infatti sulle ben note tematiche dell'irrigazione intesa nei suoi limiti di pratica agronomica e del suo corretto uso, unitamente alle altre operazioni di campo, per la conservazione delle condizioni ottimali del terreno - agrario.

Appariva cioè prioritaria la trattazione della somministrazione dell'acqua alle coltivazioni in rapporto alle lavorazioni del terreno ed alla fertilizzazione organica e chimico - minerale dello stesso.

E' questo un settore d'indagine che porge purtroppo il fianco alle critiche dei detrattori della pratica irrigua, sempre pronti a sconsigliare gli investimenti in questo settore in nome delle eccedenze comunitarie e della conseguente applicazione del set - aside, omettendo però di dire che nell'ambito dell'Uruguay Round, il servizio irriguo e la connessa bonifica idraulica sono stati inclusi nella "scatola verde" in quanto servizi infrastrutturali privi di effetti sugli scambi commerciali e sul mercato.

Tale categoria di "studiosi" è sempre pronta ad evidenziare gli effetti che solitamente si verificano nel passaggio dal regime asciutto a quello irriguo, quali il compattamento dei terreni meno favoriti per tessitura e struttura e le connesse minori rese delle colture a ciclo autunno - vernino, inserite nelle rotazioni e negli avvicendamenti, tra quelle a ciclo primaverile - estivo e quindi da irrigare.

E non mancano detti ricercatori di apprestare accurati grafici e tabelle dimostrative degli effetti indotti dal "calpestamento" e "compattazione" dei terreni, senza minimamente accennare alla facile e non costosa rimovibilità dei lamentati inconvenienti ove si attui un'efficiente assistenza tecnica agli agricoltori che transitano dal regime asciutto a quello irriguo e si insegni loro il corretto impiego di tutte le tecniche agrologiche adeguate alla natura dei terreni ed alle coltivazioni in essi praticate, con grandi vantaggi anche per i suoli più vulnerabili.

Una più meditata riflessione ha spostato l'attenzione dei relatori sullo scenario dove il rapporto tra irrigazione e vulnerabilità dei suoli si svolge secondo le più aggiornate vedute e cioè sul piano di bacino idrografico.

E' emersa allora tutta la rilevanza da attribuire in questa sede all'irrigazione come strumento strategico della difesa del suolo.

Ricorre qui l'obbligo di richiamare l'attenzione sullo strumento irriguo inteso come parte essenziale della bonifica integrale e non come modesto, artigianale attingimento, talora financo abusivo, di acqua da corsi d'acqua e da falde per coltivare piccoli fazzoletti di terra allo scopo di produrre ortaggi per autoconsumo familiare.

Parliamo cioè dei sistemi idrici a prevalente finalità irrigua, gestiti in forma collettiva su grandi comprensori territoriali a cura dei Consorzi ed Enti di bonifica e di irrigazione.

Dobbiamo in sostanza risalire al vero progenitore dell'attuale piano di bacino e quindi al piano generale di bonifica, concepito da Arrigo Serpieri e tradotto in strumento legislativo da Eliseo Iandolo con il R.D. n. 215/1993.

E' questo un piano che comprende due parti distinte, ma organicamente collegate ed interdipendenti. Esse sono rappresentate dal progetto di massima delle opere di competenza statale, affidato, di norma, all'ingegnere, e il complesso delle direttive fondamentali della trasformazione agraria, assegnata all'agronomo. I due elementi sono evidentemente parti di un unico studio, il cui schema è quanto mai attuale, pur essendo stato proposto in un'epoca in cui occorreva promuovere lo sviluppo del territorio agrario nazionale, in molti casi abbandonato da secoli al latifondo parassitario ed improduttivo.

Vedi i casi della vita, anche oggi sono l'agronomo e l'ingegnere a porgere all'uditorio argomentazioni risalenti a 65 anni addietro, ma che la World Bank ha recentemente raccomandato di adottare in tutti i paesi emergenti, soprattutto in riferimento all'irrigazione praticata in modo asso-

ciato su determinate estensioni che, per conseguire risultati economici apprezzabili, devono risultare le più grandi possibili.

Il piano generale di bonifica si proponeva allora e si propone tutt'oggi finalità economico produttive, sociali, demografiche e strutturali, tramite la preliminare elaborazione di un "quadro clinico" del territorio oggetto degli interventi, senza trascurare appunto il profilo fisico, cui spetta grande rilievo.

Ogni comprensorio deve essere pertanto considerato anche nel suo ambiente geografico, geologico e climatico con riguardo all'andamento delle precipitazioni atmosferiche e, quindi, all'idrologia dei corsi d'acqua ed al regime delle falde.

Non basterebbe un trattato per commentare le implicazioni della valutazione preliminare e progettuale di un piano di bonifica e pertanto ci limitiamo a focalizzare gli aspetti connessi alle necessità dell'intervento irriguo, senza nulla togliere ai contestuali e necessarissimi interventi dell'altro aspetto delle acque cioè quello della bonifica idraulica.

Vediamo dunque come, secondo il legislatore, l'irrigazione si inserisce nel piano di bacino.

Dopo aver ribadito una volta per tutte che l'irrigazione oggetto di questo intervento è quella collettiva e che i soggetti istituzionalmente preposti a tale compito sono i consorzi di bonifica, dobbiamo ricordare che la Legge 183/89, nel riguardare all'art. 3 le attività di pianificazione, di programmazione e di attuazione dei propri obiettivi, elenca una serie di azioni che rappresentano ciò che gli enti di cui si parla hanno di fatto sempre svolto.

Si tratta infatti di attività propedeutiche e contestuali all'utilizzo delle risorse idriche ai fini irrigui, in quanto rivolte alla sistemazione, conservazione e ricupero del suolo nei bacini idrografici con interventi idrogeologici, idraulico - forestali, idraulico - agrari, silvopastorali, di forestazione e di bonifica, anche attraverso procedimenti di recupero naturalistico. Sono compresi in questo ambito gli interventi per la realizzazione di opere di moderazione delle piene e prevenzione degli allagamenti, il consolidamento dei versanti montani, il tutto a protezione del territorio agricolo e quindi dell'efficienza delle strutture irrigue ivi realizzate.

Rilevanti compiti sono assegnati ai Consorzi di Bonifica ed Irrigazione anche dalla Legge n. 36/94 recante disposizioni in materia di risorse idriche.

Al Capo IV art. 27 viene data infatti ai Consorzi la facoltà di realizzare reti a prevalente scopo irriguo ed altri impianti nel settore dell'ac-

quedottistica, dell'uso delle acque reflue e quant'altre strutture risultino funzionali all'irrigazione e alla bonifica idraulica, sottolineando così, ancora una volta, l'intimo rapporto tra lo strumento irriguo e la protezione idraulica del territorio e dei suoli agrari soggetti all'imminente minaccia dell'esondazione e del dissesto idrogeologico.

L'importanza strategica dell'irrigazione ai fini di uno sviluppo compatibile con le necessità di salvaguardia del territorio e dei relativi suoli agrari, è rimarcata, inoltre, dal recente Decreto Legislativo 4 giugno 1997 n. 143 che istituisce il Ministero per le Politiche Agricole ed assegna, tra l'altro, allo stesso compiti di disciplina e di coordinamento generale anche in materia di grandi reti infrastrutturali di irrigazione riconosciute di rilevanza nazionale, d'intesa con le Regioni.

E' evidente come soprattutto tali opere debbano essere programmate nel complesso ambito dei molteplici adempimenti previsti e disposti dalla competente Autorità di Bacino per modo di massimizzare non solo la funzione produttiva, ma anche quella di salvaguardia del territorio grazie alle connesse strutture di protezione idraulica dello stesso.

Basterebbero queste considerazioni per evidenziare l'indotto irriguo sulla difesa dei suoli, anche dei più vulnerabili, ma è giusto che l'argomento venga approfondito anche negli aspetti operativi.

Intanto non ci siamo dimenticati affatto che stiamo parlando del Meridione e che in tutto l'ambiente fisico del Sud la possibilità irrigua è condizionata dalla regolazione dei flussi idrici.

Attese le frequenti siccità, occorre, infatti fare provvista d'acqua nella stagione piovosa e negli anni più ricchi di precipitazioni, per poterne poi disporre nel periodo primaverile - estivo e negli anni più asciutti.

Dunque, la ex Cassa per gli interventi straordinari nel mezzogiorno ha visto molto lontano nel dimensionare tutti i sistemi idrici realizzati che saranno presto i grado di servire la superficie dominata di poco meno di un milione di ettari, secondo una concezione tecnica di grande respiro, proiettata cioè ad assicurare l'erogazione di acqua irrigua anche per più anni consecutivi nell'eventualità di prolungate, poliennali siccità.

In questo quadro viene da diversi anni dibattuto un rilevante problema, che riguarda le metodologie da adottare per addivenire ad una regola di esercizio dei serbatoi idrici che risulti valida ed adattabile alle singole situazioni idrologiche dei diversi bacini.

Ricordiamo intanto che l'espressione "regola di esercizio", dal punto di vista scientifico, può assumere più di un significato, ma tale circo-



stanza è da considerarsi positiva ove si consideri la necessità di valutare in senso ampio le modalità di esercizio idraulico di un serbatoio. Sarebbe intanto un errore prevedere rigide proporzionalità tra i volumi invasati e gli ettari irrigabili, mentre devono essere prese in esame alternative che investono aspetti progettuali.

L'attenzione deve essere quindi rivolta all'inserimento funzionale del serbatoio nel contesto agricolo e forestale, la cui ampiezza e la cui densità di variabili è tale da sconsigliare l'elaborazione e l'applicazione di regole immutabili. Si pensi ad esempio alla variabile degli interrimenti dovuti alla natura, giacitura e pendenza dei suoli a monte della diga ed alla necessità di assicurare in tali aree adeguate sistemazioni idraulico - forestali, interventi di forestazione e di buon governo di tutto il manto erboso e forestale a protezione dei suoli, per lo più soggetti ad erosione da ruscellamenti superficiali e perciò stesso vulnerabili in rapporto all'intervento irriguo.

Ridotta così l'entità degli interrimenti ed assicurata quindi una durata temporale dell'efficienza del serbatoio, tale da rendere conveniente il rapporto costi / benefici, occorre prendere in esame gli aspetti climatici, ecologici, fisiografici ma anche agro - socio - economici dell'area considerata. Stiamo parlando dei suoli agrari del meridione e riflettiamo dunque su quel che possiamo trovare a valle dell'invaso nei termini sopra accennati.

A differenza delle ben più fortunate aree padane, ricche di terreni sciolti e di quelle centrali, largamente dotate di terreni di medio impasto, il nostro Sud presenta, oltre agli accennati inconvenienti climatici, anche notevoli limiti fisici, costituiti dalla prevalenza di superfici calcaree, marnose, argillose e quindi da terreni compatti e pesanti che comportano l'adozione di tecniche agronomiche e di metodologie irrigue significativamente condizionanti l'uso dell'acqua invasata e quindi richiedenti specifiche regole di esercizio dei serbatoi ivi esistenti.

Non ignoriamo certo le felici aree dell'arco ionico metapontino, o delle piane di Lamezia o di Catania dove vi sono ampi margini per poter raggiungere i fasti dell'agricoltura irrigua californiana e non trascuriamo neanche le produttive colture asciutte della vite e dell'ulivo, pur esulando dal tema assegnato.

Ma non dimentichiamo però le estese plaghe delle Murge pugliesi e della Sardegna, che si prestano solo ad un pascolo ovino assai povero. In esse prevale infatti la roccia affiorante, sia essa calcarea, basaltica, trachitica o granitica, sulla quale si adagia uno strato attivo di pochi centimetri, ancorchè il terreno risulti pianeggiante. Ebbene proprio in Sardegna in occasione della redazione della carta dell'irrigabilità dei suoli operata dalla

regione, si dovette affrontare un tutt'altro che secondario problema politico, costituito dalla levata di scudi dei Sindaci dei comuni non ricompresi in tale strumento operativo, pur disponendo di terreni pianeggianti ma di uno strato attivo mediamente compreso tra gli otto ed i dieci centimetri.

Sulla regola di esercizio influiscono dunque criteri connessi ad un serio studio delle basi territoriali della programmazione socio - economica nelle aree sottese agli invasi e per conseguire questo obiettivo occorre integrare la normativa delle concessioni delle derivazioni idriche e dei finanziamenti delle relative opere.

Al gestore degli impianti si dovrebbe tra l'altro imporre l'obbligo di provvedersi delle strumentazioni per il monitoraggio degli afflussi idrici al serbatoio e delle utilizzazioni irrigue. Queste dovranno tener conto di considerazioni di tipo agronomico relative da un lato alla natura e vocazione dei terreni e dall'altro degli aspetti della produttività aziendale.

Gli aspetti meramente ingegneristico-idraulici concernenti la "regolazione dei volumi" affluiti e defluiti, prevarranno in situazioni di ampia disponibilità di acqua, e non è purtroppo questo il caso del meridione italiano.

Gli aspetti agronomici degli invasi del nostro sud dovranno risultare pertanto prevalenti e dovranno prevedere in caso di siccità anche poliennale, erogazioni razionate che devono avere tutte come limite inferiore quello della sopravvivenza stessa degli impianti frutticoli, caso non infrequente nelle aree agrumicole siciliane.

Ulteriori rettifiche alla vigente normativa dovrebbero riguardare anche criteri imposti dalla Legge 183/89 sulla difesa del suolo, che prescrive rilasci dagli invasi per assicurare il cosiddetto minimo deflusso vitale, che sarebbe più corretto denominare portata minima vitale e che comunque non è posto di per se qui in discussione. Riteniamo però che tale vincolo non debba tradursi in un danno ai suoli coltivati, sacrificati sull'altare di una male intesa cultura ecologica.

Non è certo un elemento di novità proporre ad un uditorio di specialisti i concetti informativi della regola di esercizio dei serbatoi, ma è certo che sono le occasioni come questa che forniscono le opportunità di una riflessione comune sul più corretto uso dell'acqua irrigua per la valorizzazione dei terreni serviti dagli impianti e per la salvaguardia di un loro più alto possibile livello di tutela in relazione alle loro peculiarità ed è proprio per tale ragione che intendiamo insistere sui criteri per un soddisfacente utilizzo dei serbatoi irrigui riepilogando i capisaldi della regola indicati come più idonei dagli esperti.

Cominciamo pertanto con l'indicare la necessità di sottoporre ad osservazione la portata in arrivo al serbatoio attraverso l'osservazione dei livelli raggiunti dall'acqua in intervalli di tempo noti, tenuto conto dei volumi nel frattempo derivati a scopo irriguo o scaricati per assicurare ad es. una portata di minimo deflusso vitale nella tratta di alveo sotteso alla diga. E' quindi importante effettuare accurate misurazioni dell'acqua di volta in volta derivata.

La regola di esercizio deve essere progressivamente tarata nel tempo ed è quindi essenziale conservare le registrazioni della quantità d'acqua in arrivo e di quella utilizzata per un tempo adeguatamente lungo, al fine di elaborare un modello basato su un "software" peraltro di basso costo e facile utilizzo.

Tenuto conto che la regola d'esercizio è molto più importante nelle condizioni di carenza idrica, tipiche del meridione, occorre stabilire il deficit massimo tollerabile nelle operazioni di rilascio e di erogazione idrica a scopo irriguo. Abbiamo al riguardo già accennato all'estremo limite costituito dalla sopravvivenza dei frutteti anche rinunciando ad una loro economica produzione di frutta ed agrumi.

Occorre inoltre evitare l'eccessivo svuotamento del serbatoio per far fronte ai casi, anch'essi già richiamati, di siccità che si protraggono per più anni consecutivi. Nel caso di serbatoi già realizzati, ed è il caso della stragrande maggioranza dei sistemi idrici realizzati dall'ex Agensud, è necessario aver chiare le condizioni di esercizio previste in sede progettuale, proprio per individuarne i limiti e rideterminarne i criteri sulla base dei monitoraggi precedentemente indicati.

L'obiettivo generale di una razionale regola di esercizio non può essere quindi altro che quello di tendere a soddisfare la domanda nel modo migliore possibile, attraverso la razionale ripartizione dell'acqua disponibile in tutto il periodo in cui la domanda stessa si manifesta e cioè in tutta la cosiddetta "stagione irrigua".

Abbiamo invero polemicamente esordito con alcune considerazioni nei riguardi dei detrattori dell'irrigazione, portatori, tra l'altro, di interessi che non coincidono con quelli dell'economia del nostro Paese. Vogliamo concludere con un'ulteriore riflessione che è anche una risposta a detti signori.

Il manto verde assicurato dall'irrigazione, oltre che ai gradevoli effetti paesaggistici, produce redditi alle aziende e mantiene l'uomo nelle campagne nella sua tradizionale veste di guardiano della natura.

L'agricoltore è infatti autore e manutentore delle sistemazioni idraulico - agrarie messe a punto dalle scienze agrarie a tutela soprattutto dei terreni più vulnerabili per natura e giacitura.

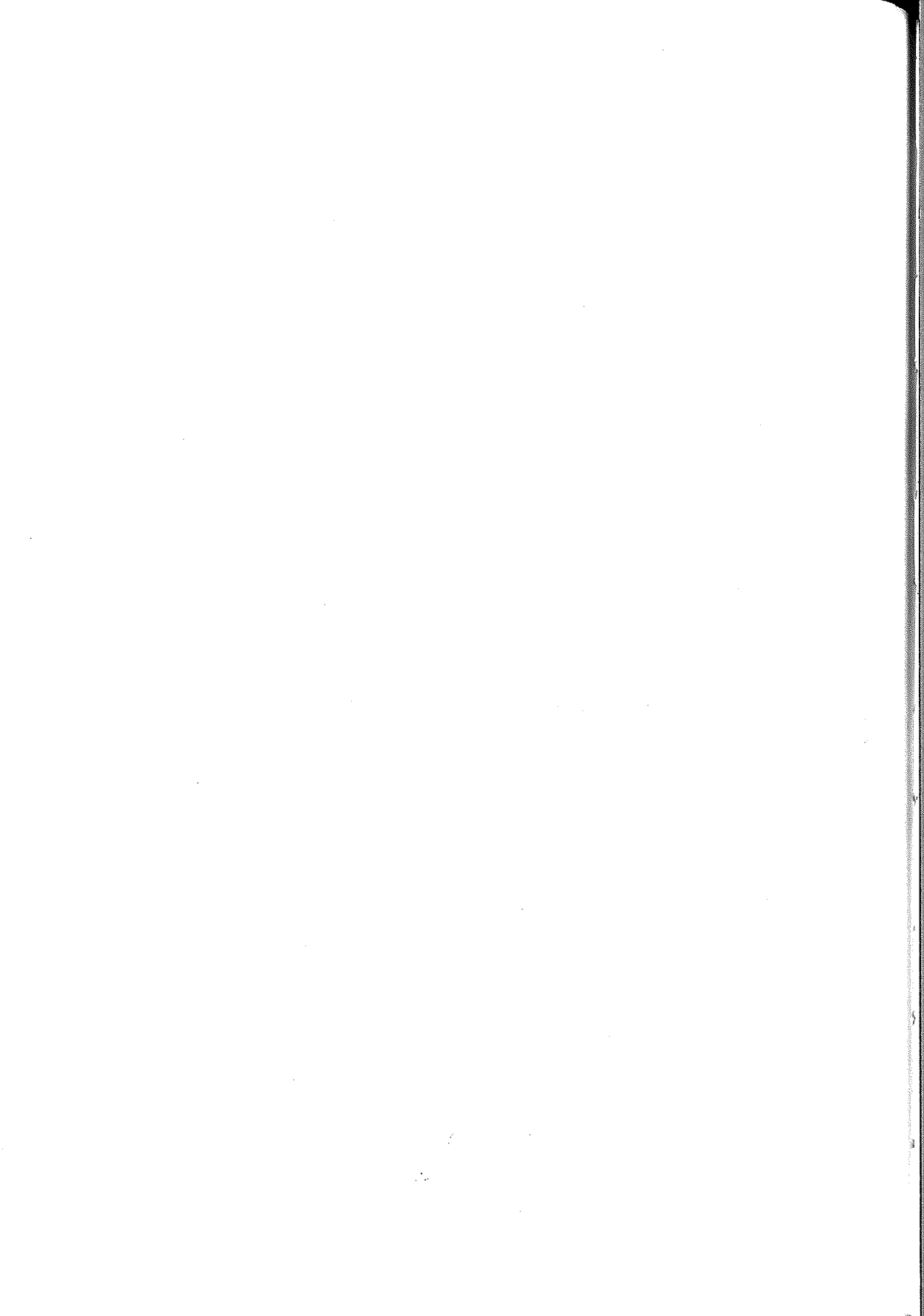
L'abbandono delle terre da parte di chi oggi le coltiva si tradurrebbe inesorabilmente in una ulteriore selvaggia invasione di cemento e asfalto e conseguentemente in una alterazione di tutti i fondamentali parametri idraulici con aumenti dei rischi di esondazione difficilmente contenibili. Ci riferiamo in particolare alla drastica riduzione dei tempi di corrivazione ed al contestuale abnorme aumento dei coefficienti udometrici.

E' dunque questo in ultima analisi il significato della strategia irrigua a protezione della vulnerabilità dei suoli agrari.



***Sessione:***

**“Ufficializzazione dei metodi di  
analisi del suolo”**



## *METODI DI ANALISI FISICA DEL SUOLO*

Marcello Pagliai

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

La problematica dei metodi di analisi fisica del suolo è tuttora molto complessa anche perché in questi ultimi anni sono stati realizzati numerosi progressi e nuovi approcci al problema.

Le misure di molte proprietà fisiche, quali, ad esempio, la struttura del terreno, sono molto complesse ed è impossibile definirle attraverso criteri univoci o con un unico tipo di determinazioni per tutti i tipi di suoli. Molti ricercatori, ad esempio, focalizzano le loro analisi su ciò che considerano rilevante per il loro scopo scientifico, mettendo a punto misure analitiche specifiche per precisi scopi in determinati progetti di ricerca. Nel contesto generale, quindi, gli studi su particolari proprietà fisiche del terreno contemplano un largo numero di metodi analitici spesso usati in maniera diversa. Da qui la necessità di una standardizzazione dei metodi proprio per una maggiore possibilità di confronto dei risultati delle ricerche sviluppate nei vari laboratori. Tale esigenza è molto sentita anche a livello internazionale e di fatto le organizzazioni di normalizzazione dei metodi di analisi (ISO, UNI, ecc.) si stanno sempre più occupando anche dei metodi per le analisi fisiche del suolo.

Per questo la Commissione I (Fisica del suolo) della Società Italiana della Scienza del Suolo (SISS) nell'ambito della sua attività ha ritenuto prioritario un programma di lavoro dedicato alla problematica dei metodi per le analisi fisiche del suolo. Dopo una lunga serie di contatti e scambi di opinioni si è giunti ad una riunione, tenutasi nel gennaio 1993 a Bologna presso l'Istituto di Agronomia, nella quale, dopo aver ribadito la necessità e la disponibilità a collaborare per l'attuazione di un "manuale" dei metodi di analisi fisica del suolo, sono stati discussi i vari argomenti oggetto del lavoro cercando di abbracciare il più possibile tutti i parametri inerenti le pro-

prietà fisiche del suolo. Per garantire al meglio la trattazione dei metodi relativi a ciascun argomento è stato deciso di avvalersi della collaborazione, per una tradizione consolidata, di specialisti interni ed esterni alla Società.

Il manuale si è poi operativamente concretizzato nell'ambito dell'attività dell'Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo del Ministero per le Politiche Agricole che ha nei suoi programmi di lavoro la realizzazione di una collana dei metodi di analisi del suolo, di cui quest'opera costituisce il primo volume che speriamo sia di buon auspicio per tutti gli altri.

Si è scelta la veste editoriale a schede per una maggiore facilità di aggiornamento dei vari metodi. Ciò è molto importante considerando la rapida evoluzione delle tecnologie sia elettroniche sia informatiche, che può consentire non solo il miglioramento di alcuni dei metodi qui trattati ma anche la messa a punto di nuovi. Ad esempio, lo sviluppo e la notevole diffusione dei *software* per l'analisi di immagine può consentire l'ampliamento della scala di indagine della porosità del suolo, includendo la determinazione quantitativa delle crepacciature in campo. Aspetto questo molto importante perché, come è noto il "sistema di crepe", oltre a determinare l'autostrutturazione del suolo, regola i movimenti dell'acqua. La difficoltà di determinare l'infiltrazione attraverso le crepacciature limita molto, ad esempio, la validità e soprattutto l'estensibilità dei numerosi modelli per la previsione quantitativa dei fenomeni erosivi.

Il manuale è diretto a tutti i laboratori di ricerca e di analisi sia pubblici sia privati ove si vanno sempre più diffondendo, a fianco delle analisi chimiche del suolo, anche le analisi fisiche. Nella visione di un'agricoltura compatibile con la protezione delle risorse ambientali, fra cui in primo luogo il suolo, è necessario quantificare quei parametri che ne determinano la qualità e quindi anche il suo possibile deterioramento, proprio nell'ottica di una gestione territoriale capace di prevenire la degradazione ambientale. Inoltre, determinate attività quali, ad esempio, l'utilizzazione agronomica di biomasse di rifiuto e di scarto di vario genere necessitano della completa conoscenza dell'ambiente pedologico in cui si opera e quindi devono essere regolamentate anche in base ai parametri fisici del suolo (tessitura, conducibilità idraulica, velocità di infiltrazione, ecc.).

Senza la pretesa di essere perfetto, il manuale offre una possibilità di uniformazione nella misura di determinati parametri. Si riporta qui di seguito gli argomenti contenuti in detto manuale e i relativi autori. I metodi contrassegnati dalla dizione "Metodo ufficiale" sono pubblicati nella Gazzetta Ufficiale quali metodi ufficiali di analisi fisica del suolo.



**I. Campionamento** (A. Castrignanò)**II. Massa volumica del suolo** (E. Busoni)

1. *Massa volumica apparente*: - Metodo del carotaggio (Metodo ufficiale); - Metodo dell'escavazione (Metodo ufficiale); - Metodo della zolla ovvero dell'unità strutturale (ped)

2. *Massa volumica reale*: - Metodo del picnometro

**III. Granulometria** (L. Cavazza, A. Patruno, A. Castrignanò):  
- Metodo della pipetta; - Metodo dell'idrometro

**IV. Porosità e distribuzione dimensionale dei pori** (M. Pagliai, A. Patruno)

1. *Porosità*: - Metodo del calcolo dalla massa volumica apparente e reale del terreno; - Metodo del picnometro a spazio d'aria

2. *Distribuzione dimensionale dei pori e loro caratteristiche geometriche*: - Metodo del calcolo in base alla curva di ritenzione idrica; - Metodo della porosimetria a mercurio; - Metodo micromorfometrico. Analisi di immagine su sezioni sottili di terreno

**V. Stabilità e distribuzione dimensionale degli aggregati** (M. Pagliai, D. Torri, A. Patruno): - Metodo del setaccio a rotazione alternata; - Metodo a determinazione unica con depurazione della sabbia ed oscillazione verticale; - Distribuzione dimensionale degli aggregati in acqua; - Distribuzione degli aggregati a secco

**VI. Proprietà meccaniche del suolo** (A. Guarnieri, A. Fabbri, P. Liberati)

1. *Limiti di Atterberg*: - Determinazione del limite di liquidità; - Determinazione del limite di Plasticità

2. *Resistenza alla penetrazione*: - Metodo del penetrometro a cono

3. *Resistenza al taglio*: - Metodo della compressione assiale con espansione laterale libera; - Metodo dello scissometro

4. *Trafficabilità del suolo*

5. *Lavorabilità del suolo*

**VII. Erodibilità del suolo** (D. Torri, J. Poesen): - Il fattore erodibilità del suolo; - Rischio di erosione per ruscellamento superficiale

**VIII. Proprietà idrologiche del suolo**

1. *Contenuto d'acqua del suolo* (A. Santini): - Metodo termogravimetrico (Metodo ufficiale); - Metodo neutronico; - Metodo della riflettometria nel dominio del tempo (TDR)

2. *Potenziale dell'acqua nel suolo* (A. Santini): - Tensiometri

3. *Ritenzione idrica* (E. Busoni, G. Mecella): - Metodi dell'apparato a pressione (Metodo ufficiale) e della cassetta tensiometrica (Metodo ufficiale); - Metodo di campo

4. *Conducibilità idraulica del suolo saturo* (P. Rossi Pisa): - Metodo a pressione costante (Metodo ufficiale); - Metodo della perdita di carico (Metodo ufficiale); - Metodo del foro-trivella; - Metodo del doppio tubo

5. *Conducibilità idraulica del suolo non saturo* (A. Santini): - Metodo delle due piastre porose; - Metodo dell'infiltrazione; - Metodo del profilo istantaneo

6. *Velocità di infiltrazione* (L. Cavazza, D. Torri): - Metodo dell'infiltrometro a cilindro; - Metodo dell'infiltrometro a disco; - Metodo dell'infiltrometro per aspersione

7. *Capacità idrica di campo* (L. Cavazza): - Metodo di campo; - Metodo approssimato di laboratorio

8. *Acqua disponibile e acqua facilmente utilizzabile* (L. Cavazza)

9. *Misura del livello della falda* (P. Rossi Pisa): - Metodo dei Fori; - Metodo dei piezometri e freatimetri (Metodo ufficiale)

#### **IX. Proprietà termiche del suolo** (G. Zerbi, P. Ceccon)

1. *Temperatura*: - Metodo termometrico; - Stima della temperatura mediante modelli

2. *Calore specifico*: - Metodo calorimetrico

3. *Conducibilità e diffusività termica*: - Metodo della termocoppia

4. *Flusso di calore nel suolo*: - Metodo delle placche di flusso termico; - Stima del flusso di calore mediante modelli

#### **X. Mobilità dei soluti** (A. Patruno, L. Cavazza, G. Ciollaro)

#### **XI. Diffusività dei gas e permeabilità all'aria** (E. Busoni)

1. *Diffusione dell'ossigeno nel suolo*; - Metodo per la determinazione della diffusione dell'O<sub>2</sub> (ODR)

2. *Permeabilità all'aria*: - Steady method

## *METODI DI ANALISI CHIMICA DEL SUOLO*

Pietro Violante

Università di Napoli "Federico II" - Dipartimento di Scienze Chimico-Agrarie  
Via dell'Università, 100 - 80085 Portici (Napoli)

Il suolo, inteso come corpo naturale, costituisce una entità complessa in cui minerali, primari e di neogenesi, sostanze organiche, acqua e aria interagiscono tra loro e con composti biotici ed abiotici. Da un punto di vista pratico, il suolo è risorsa limitata e non rinnovabile.

La Scienza del Suolo, cui è affidato il compito di descrivere, studiare, caratterizzare, conoscere, utilizzare, difendere e conservare questa particolare risorsa naturale, ha, necessariamente, carattere di interdisciplinarietà coinvolgendo la geografia, la geologia, la pedologia, la chimica, la biologia, la fisica, la mineralogia, la climatologia, l'astronomia e l'ecologia.

Il grado di sviluppo di ogni scienza può essere valutato dal numero di pubblicazioni, riviste, monografie e testi specialistici.

Se comparata ad altre discipline quali la matematica, l'astronomia, la fisica, la chimica, la medicina, la Scienza del Suolo è scienza giovane. Tuttavia, appaiono ben delineate ed evidenti le prospettive di ancor più ampio sviluppo.

Se la chimica viene efficacemente descritta come "ciò di cui si occupano i chimici", la chimica analitica dovrebbe essere ciò di cui si occupano i chimici analitici.

Ma questo non è vero in assoluto.

Biologi, pedologi, agronomi, ecologi, tutti, in qualche modo, si occupano di chimica, in particolare di chimica analitica.

Chiunque, infatti, voglia sapere qualcosa di più relativamente alla composizione dell'oggetto del proprio interesse scientifico deve impiegare metodi analitici, sia per definire la natura e la quantità delle sostanze

che lo costituiscono, sia per comprendesse in dettaglio il comportamento.

Certamente, accuratezza, precisione, riproducibilità ed attendibilità sono termini di uso quotidiano per il chimico analista.

Per la necessità di approfondire le conoscenze sulla natura e la potenzialità del suolo, di definirne il comportamento e le possibilità d'uso, si rende indispensabile la disponibilità di metodi analitici che possano consentire la caratterizzazione delle sue proprietà chimiche, fisiche e biologiche.

I metodi che possono essere utilizzati per l'analisi chimica del suolo sono tanto numerosi e diversi quanto i settori della chimica stessa.

L'estrazione di un costituente chimico è essenzialmente un procedimento di chimica del suolo mentre la determinazione del costituente estratto è un procedimento analitico, la cui scelta, fra tutti i metodi disponibili, risulta definita dalle peculiari caratteristiche del suolo stesso.

La preparazione di una guida pratica di chimica analitica risulta in ogni caso un impegno gravoso e assolutamente non facile. Si tratta di scegliere metodi di analisi tra i tanti riportati dalla letteratura più recente, di descrivere i procedimenti in modo chiaro, preciso e non prolisso, di dar conto, se possibile, dei risultati e dei criteri che ne consentano la valutazione.

Tutto ciò non può essere senza difficoltà, ove si pensi alla ininterrotta proposizione di metodologie chimico analitiche intese a risolvere problemi nuovi, a semplificare e a perfezionare metodi già noti e utilizzati da tempo.

Particolarmente arduo risulta riproporre ed aggiornare, certamente in modo provvisorio, metodi che normalmente vengono definiti "ufficiali". In particolare, se si considera che ai recenti e rapidi progressi nel campo della fisica ha fatto seguito, in modo del tutto parallelo, analoga evoluzione delle tecnologie analitiche.

Apparecchiature usate, oggi, abitualmente nei laboratori di analisi solamente 25 anni fa non erano disponibili o venivano considerate come curiosità.

Senza dubbio, anche nei prossimi 25 anni saremo testimoni di cambiamenti radicali nel tipo di metodi analitici comunemente usati e nella qualità delle informazioni che questi potranno fornirci.

Il continuo progredire in Italia della ricerca nel settore della Scienza del Suolo ha spinto a prendere in considerazione la necessità di standardizzare quei metodi di analisi chimica del suolo che risultassero di accertata validità ed ampiamente diffusi in campo internazionale.

Nel dicembre del 1976, sul numero 10 del Bollettino della SISS, è stata pubblicata, a cura di una Commissione presieduta dal Prof. Tomaso Eschena, una prima stesura dei metodi chimici standardizzati, da utilizzare per l'analisi del suolo.

Nel 1985, i Proff. Linda Goldberg Federico e Enza Arduino, avvalendosi delle indicazioni e dei consigli di numerosi colleghi, hanno pubblicato, per i tipi della Edagricole, un aggiornamento degli stessi metodi.

In particolare, in questa stesura compare una sezione dedicata all'interpretazione dei risultati, finalizzata ad una più esatta valutazione dei riscontri analitici ed alla loro traduzione in termini di interventi.

Nel 1988, una Commissione mista SISS-UNICHIM ha iniziato il lavoro di revisione critica dei rispettivi manuali metodologici al fine di individuare le differenze e formulare proposte di omogeneizzazione.

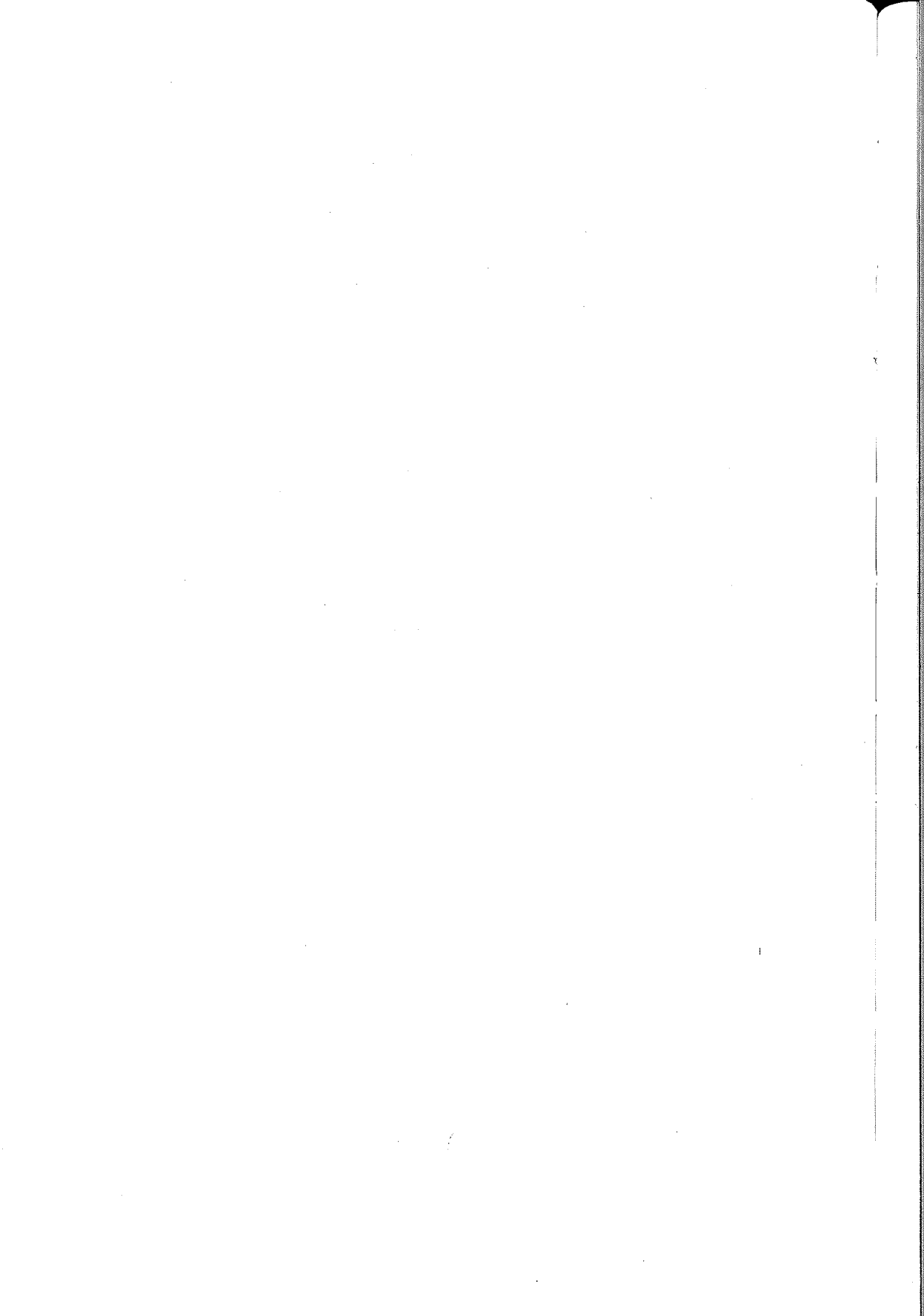
Dal 1990, il lavoro di questa Commissione è continuato nell'ambito delle iniziative attivate dal Comitato Tecnico-Scientifico per la creazione di un Osservatorio Nazionale Pedologico per la Qualità del Suolo, istituito dal Ministro pro-tempore dell'Agricoltura e delle Foreste con decreti del 7 luglio e del 20 settembre 1990.

Con DM dell'11 maggio 1992 ai metodi di analisi chimica del suolo è stato riconosciuto carattere di ufficialità.

Pubblicati, inizialmente, nel Supplemento ordinario della Gazzetta Ufficiale n° 121 del 25 maggio 1992, sono stati raccolti in volume nel giugno 1994.

Di recente, la seconda sezione della SISS ha dato inizio al lavoro di revisione e di snellimento dei metodi ufficiali di analisi chimica del suolo.

Si dà conto di alcune Proposte che, opportunamente discusse, concordate e approvate da un gruppo di lavoro, potranno consentire, in tempi brevi, la pubblicazione di un manuale che riporti i più recenti progressi della metodologia analitica e, con la scelta di opportuna veste tipografica, possa essere progressivamente aggiornato.



## *METODI ANALITICI DELLE ACQUE*

Girolamo Mecella

Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante  
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma

### **Premessa**

L'inquinamento della risorsa idrica, sia essa superficiale che sottosuperficiale e/o profonda suscita una crescente preoccupazione sia per i possibili danni di tipo ambientale (fenomeni di eutrofizzazione, danni alla vita acquatica, ecc.) sia per quelli che, in caso di utilizzazione irrigua delle acque, possono essere provocati alla salute pubblica (attraverso la catena alimentare o direttamente nella gestione delle acque), alle colture (fenomeni di fitotossicità diretta), ai terreni (perdita di fertilità o di idoneità alla produzione di alimenti, specialmente per l'accumulo di sostanze tossiche).

In tale contesto un accurato controllo della qualità delle acque per uso agricolo rappresenta un momento di importanza fondamentale nell'ambito di una efficace azione preventiva promotrice di un'agricoltura sostenibile.

E' pertanto evidente che il controllo della qualità delle acque destinate all'agricoltura risulta più agevole e corretto se basato sulla disponibilità di metodi analitici univocamente formulati e corredati di valori guida, per i diversi usi: irrigazione, acquacoltura, zootecnia).

### **Il Manuale "Metodi analitici delle acque"**

Il Manuale "Metodi analitici delle acque" è proposto dall'Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo del Ministero per le Politiche Agricole, che ha nei suoi programmi di lavoro la

realizzazione di una collana di metodi di analisi dei suoli e delle acque. Esso vede la luce con la finalità di offrire un supposto di ordine applicativo a chi operi, ai vari livelli, nel settore del controllo delle acque.

La peculiarità di questo Manuale è quella di raccogliere le diverse metodologie analitiche specifiche per il particolare uso dell'acqua (ad esempio metodologie per le acque dolci diversificate da quelle per le acque marine), di proporre anche metodi di analisi microbiologiche, virologiche, batteriologiche e di presentare i valori guida per ciascuna, delle utilizzazioni prese in considerazione.

Il lavoro di raccolta, scelta e messa a punto dei metodi analitici, è stato eseguito da un Gruppo di Lavoro, del quale fanno parte rappresentanti di Istituzioni Universitarie e di Enti pubblici di Ricerca.

Il Manuale si articola in una parte generale riservata alla tecnica del prelevamento e conservazione del campione, ed in una parte specifica, nella quale per ciascun metodo vengono illustrati:

- Principio del metodo
- Interferenze e cause d'errore
- Reattivi
- Apparecchiature
- Procedimento
- Calcoli
- Precisione ed accuratezza
- Bibliografia.

### **Valori guida per diversi usi**

A queste due parti fanno seguito alcune tabelle riepilogative, nelle quali, per ciascuno degli usi presi in considerazione e per ciascun parametro, vengono presentati i valori guida ottimali ed i valori limite e di cui si riporta un esempio nella Tabella 1. L'inserimento nel Manuale dei valori guida ha una elevata valenza in quanto la corretta valutazione dell'idoneità dell'acqua ad uno specifico uso non può prescindere dalla sua influenza sui diversi soggetti utilizzatori.

Per alcuni parametri inoltre il Manuale presenta, nell'ambito



dello stesso utilizzo, ulteriori diversificazioni in funzione della sensibilità del soggetto utilizzatore a specifici valori del parametro. Ad esempio, un terreno sabbioso risulta meno sensibile rispetto ad un terreno argilloso all'irrigazione con acqua salata, così come la stessa acqua salata può essere meglio utilizzata per l'abbeveraggio dei bovini rispetto agli avicoli.

**Tabella 1**

Esempio dei valori guida per i risultati analitici di alcuni parametri delle acque in funzione delle diverse utilizzazioni.

Parametro	Irrigazione		Acquacoltura		Zootecnia	
	Ottimale	Limite	Ottimale	Limite	Ottimale	Limite
Reazione pH (Potenziometria)	6.5-7.5	5.5-8.5	6.5-8.7	6.0-9.0	6.5-8.5	6.0-9.0
E <sub>cw</sub> µS/cm (Conduttimetria)	≤ 750	≥ 3000			≤ 4500	≥ 7500
Cloruri (meq/l Cl) (Mohr)	≤ 4	≥ 10	≤ 150	≥ 200	≤ 2000	≥ 3000
Cromo (mg/l Cr) (Spettroscopia A.A.)	≤ 0.1	> 0.1	0.01	0.05		0.05
Piombo (mg/l Pb) (Spettroscopia A.A.)	< 0.5	5.0	0.005	0.05		0.01
Zinco (mg/l Zn) (Spettroscopia A.A.)	< 2.0	2.0	0.01	0.1	20	25
Cadmio (mg/l Cd) (Spettroscopia A.A.)	0.005	0.01	0.5	3		0.01



## *METODI DI ANALISI MICROBIOLOGICA E BIOCHIMICA DEL SUOLO*

Anna Benedetti

Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante  
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma

### **Premessa**

Il suolo è un sistema naturale complesso che, attraverso processi chimico, fisici e microbiologici, regola la funzionalità e la stabilità degli **ecosistemi terrestri**, fino ad interessare la qualità dell'acqua e dell'aria. Un uso scorretto del suolo, uno sfruttamento intensivo ed una qualsiasi forma di inquinamento, altera i delicati equilibri dei sistemi microbiologici con risultati facilmente prevedibili: perdita di humus e della fertilità agronomica, innesco di un processo degradativo lento delle componenti minerali e argillose che sono l'inizio del fenomeno irreversibile di desertificazione ed erosione.

La fertilità integrale di un suolo dipende dalle caratteristiche **fisiche** (fertilità fisica), **chimiche** (fertilità chimica) e **biologiche** (fertilità biologica).

La fertilità biologica del suolo, assai meno nota, delle prime due, definisce l'attività dei microrganismi dai quali dipendono tutti gli equilibri dei cicli dei principali elementi nutritivi per le colture quali l'N il P e lo S. Essa è correlata strettamente alla fertilità organica, principale fonte energetica e di nutrimento dei microrganismi del suolo. Senza fertilità biologica un suolo è sterile e pertanto non garantisce più le condizioni per lo sviluppo delle specie vegetali.

Sono ormai molteplici i parametri analitici in grado di definire la fertilità biologica del suolo. La respirazione del terreno, la determinazione delle attività enzimatiche (deidrogenasi, ureasi, fosfatasi, ecc.), la mineralizzazione dell'azoto organico, i test di ammonificazione e nitrificazione potenziale, il coefficiente metabolico, ecc. sono diventate ormai tecniche di consolidata efficacia. L'ostacolo maggiore alla loro diffusione tra le analisi comunemente eseguite per la definizione della fertilità di un suolo è costi-

tuito dalle procedure di prelevamento e manipolazione dei campioni lunghe e laboriose, nonché dall'interpretazione dei risultati. Attualmente non esiste alcun laboratorio d'analisi pubblico o privato, ad esclusione degli Istituti di ricerca specializzati, che effettuino questo tipo di determinazioni. Molti di questi parametri si sono altresì rivelati ottimi indicatori di impatto per numerose sostanze xenobiotiche sulla qualità del suolo.

Con lo spirito di voler divulgare le conoscenze sulla materia è nata l'iniziativa di raccogliere i metodi di analisi microbiologica e biochimica del suolo in un unico testo. Il mondo scientifico sta compiendo notevoli sforzi nella divulgazione di queste conoscenze e si auspica nel breve periodo una standardizzazione di metodi di analisi ufficiali di microbiologia del suolo a livello nazionale.

Il manuale è stato preparato da un gruppo di esperti di Scienza del Suolo appartenenti all'Università, al Consiglio Nazionale delle Ricerche ed agli Istituti Sperimentali del Ministero per le Politiche Agricole. Il Manuale è scaturito nell'ambito dei lavori della Commissione III (Biologia) e della Commissione IV (Fertilità) della Società Italiana di Scienza del Suolo (SISS). La SISS, che afferisce alla **International Soil Science Society** (ISSS) ha fra le varie competenze, anche la divulgazione, attraverso convegni nazionali, internazionali, pubblicazioni scientifiche, conferenze, etc. tematiche di larga attualità e di interesse collettivo.

Un apposito Comitato Tecnico, ha svolto azione di coordinamento predisponendo l'indice dei contenuti e cercando di indirizzare gli autori e riportare in modo sintetico i principi generali e le procedure analitiche dei metodi di **microbiologia e di biochimica** del suolo, scelti fra quelli più aggiornati in uso in campo nazionale ed internazionale.

Il manuale "**Metodi di Microbiologia e Biochimica del Suolo**" è, dal punto di vista tecnico, un esempio di trasposizione di metodiche analitiche "non convenzionali" da un livello specialistico ad un livello semplificato, tenendo in considerazione la "manualità" di laboratorio, l'attendibilità e il significato del dato ottenuto.

Tutti i laboratori sia pubblici che privati dotati di normale strumentazione analitica e normali capacità professionali, saranno in grado di accedere a tali metodiche. Tutte le categorie produttive e professionali interessate all'uso del suolo, dai semplici cittadini, agli operatori ecologici, artigiani, industriali, agricoltori, verrebbero ad avere precisi riferimenti. Le suddette categorie, potrebbero acquisire sempre più familiarità e conoscenza sui concetti e termini ritenuti fino ad oggi esclusivo dominio di ristrette fasce di "addetti ai lavori" pH, compost, metalli pesanti, nitrificazione, denitrifica-

zione, bio-metanizzazione, indice di umificazione, biodiversità ecologica, sviluppo sostenibile ecc.

### **I contenuti**

I contenuti del manuale riguardano sia metodi di microbiologia classica, come ad esempio la determinazione delle cariche microbiche, dei gruppi fisiologici, dei gruppi microbici particolari, che di biochimica come la determinazione delle diverse attività della biomassa microbica. Inoltre nel manuale vengono puntualmente descritte le modalità di campionamento, trattamento e stoccaggio dei campioni di suolo da analizzare. Non vengono prese invece in considerazione le più moderne tecniche di biologia molecolare, che probabilmente in futuro costituiranno l'oggetto di un apposito volume.

### **Metodi ufficiali di analisi**

Il manuale potrebbe altresì costituire il punto di partenza per l'ufficializzazione e quindi la pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale di alcuni dei metodi descritti.

Obiettivo della scelta dei metodi per la Gazzetta Ufficiale è quello di introdurre le determinazioni microbiologiche e biochimiche del suolo a livello di caratterizzazione di base con diffusione su larga scala. Questi metodi dovrebbero integrare quelli chimici e fisici per la completa valutazione della fertilità del suolo. Un metodo ufficiale di analisi dovrebbe essere di facile esecuzione, interpretazione, nonché richiedere una strumentazione semplice e routinaria. Inoltre il metodo dovrebbe essere relativo ad un parametro generale rimandando per i metodi particolari al manuale. I metodi microbiologici e biochimici di tipo generale dovrebbero consentire, infatti, di dare un giudizio globale sulla fertilità biologica del suolo.

Un problema potrebbe essere costituito dal diverso trattamento del campione per effettuare le analisi chimiche e fisiche e per realizzare quelle di tipo microbiologico; le prime vengono normalmente eseguite su terreno secco, mentre per quelle di tipo microbiologico è consigliabile far ricorso a campioni freschi conservati a temperature controllate. Tuttavia è sconsigliabile introdurre variabili nel campionamento e nel pretrattamento del campione perché limiterebbero l'uso dei metodi stessi.

Sulla Gazzetta Ufficiale potrebbero essere introdotte oltre alle procedure di prelievo, conservazione e preparazione del campione anche le seguenti determinazioni:

1. Valutazione delle cariche microbiotiche e gruppi generici;
2. Gruppi generici di microrganismi;
3. Determinazione della biomassa microbica; fumigazione-estrazione e fumigazione-incubazione (contenuto di C ed N e respirazione);
4. Attività ammonificante e nitrificante sia attuale che potenziale;
5. Attività deidrogenasica, ureasica e fosfatasi.

### **Il passato**

La microbiologia tra le scienze del suolo è forse la più recente infatti il manuale "*Microbiologie du sol: problèmes et méthodes*" edito nel 1949 porta come sottotitolo '*cinquante ans de recherches*', dedicato da Sergei Winogradsky alla memoria di Emile Roux. Questi sono infatti i nomi dei padri della microbiologia del suolo ed in particolare Winogradsky, che nel manuale raccoglie il frutto della ricerca in microbiologia del suolo a partire dal 1885 fino al 1945, ed Emile Roux, direttore del Pasteur, sotto il quale venne inaugurato il primo laboratorio al mondo di microbiologia agraria. Nel 1949 Winogradsky afferma che in Russia, suo paese d'origine, manca un centro di studio di microbiologia, mentre in Germania Robert Koch ha fondato una scuola di microbiologia, ma rivolta soprattutto ai patogeni in campo medico, mentre in Francia opera ormai da anni l'Istituto Pasteur di Parigi. Parla inoltre della sua iniziazione alla microbiologia del suolo presso l'orto botanico di Strasburgo ove, sotto la guida del Prof. A. De Bary, aveva intrapreso le sue prime ricerche sui batteri filamentosi del suolo come fonte di zolfo e di composti ferruginosi. Successivamente a Zurigo si era occupato del problema della nitrificazione dell'azoto. Tutti questi lavori gli valsero l'invito da parte dello stesso Pasteur a stabilirsi a Parigi per lavorare nell'Istituto da lui diretto. Vicissitudini di vario genere riportarono Winogradsky in Russia e poi in Serbia ove nel 1922 lo raggiunse un nuovo invito da parte del Prof. E. Roux a far ritorno a Parigi per andare a dirigere il laboratorio di Microbiologia Agraria. Qui iniziò ad occuparsi della messa a punto di metodi di analisi definiti comunemente già da allora "diretti" come le conte su piastra, ecc.

Successivamente si occupò di azotofissazione, e di degradazione della cellulosa intraprendendo studi più globali sugli aspetti del metabolismo dei gruppi funzionali contribuendo a porre le basi della nuova branca della microbiologia del suolo definita microbiologia ecologica o meglio microbiologia dei sistemi naturali.

## Il presente

Dal 1950 ad oggi si continua a parlare di microbiologia ecologica e, forse nell'ultimo quarto di secolo si è andata un po' perdendo la microbiologia classica basata sui metodi "diretti" a favore della biochimica. In realtà attualmente il mondo scientifico è orientato verso una utilizzazione integrata delle diverse metodologie. Infatti ad esempio un aspetto di estrema attualità riguarda la conservazione della biodiversità microbica che non è monitorabile senza accurati studi tassonomici affiancati alla determinazione dell'efficienza metabolica sia del metabolismo nel suo insieme, che scomposto nelle diverse parti.

Lo studio delle comunità microbiche in differenti tipi di suolo ha dimostrato infatti che le dimensioni delle popolazioni, la dominanza relativa e la presenza di specie particolari, differiscono da suolo a suolo caratterizzandone gli aspetti fisiologici alla resilienza ambientale. Studi a livello della semplice identificazione tassonomia dei generi dominanti ha permesso di evidenziare la distribuzione delle comunità microbiche dominanti lungo il profilo e se eventi perturbanti portano al differenziamento di specie mutanti mediante i metodi messi a disposizione dalla microbiologia classica.

Attualmente la microbiologia dispone di mezzi sofisticatissimi di indagine come i metodi di biologia molecolare che hanno raggiunto già la dovuta maturità per essere resi applicativi.

Le tecniche molecolari si prestano infatti allo studio dettagliato di singole popolazioni microbiche (es. analisi di singoli ceppi nell'ambito di una determinata specie) ma anche ad ampi *screening* delle popolazioni presenti nei vari tipi di suolo, anche con metodiche *in situ*. Il vantaggio offerto da questo tipo di metodologie è quello di estendere lo studio dei microrganismi del suolo anche a quelli non coltivabili, che sono la massima parte della microflora totale presente in ogni ambiente.

Riflettendo sull'evoluzione avuta dalla microbiologia e più in generale dalla biologia in questi ultimi cinquant'anni mi è venuto di associarla all'informatica ed alle telecomunicazioni che hanno portato in avanti l'uomo rispetto al normale progresso della scienza, fatto di piccoli e graduali balzelli, non di cinquanta, ma di cinquecento.

Oggi con l'ausilio della biologia molecolare e dell'ingegneria genetica siamo in grado di manipolare gli organismi viventi rendendoli più resistenti alle malattie, e agli stress, più efficienti nell'utilizzazione delle riserve nutritive fino ad arrivare alla clonazione della pecora "Dolly" che ha fatto

tanto parlare. Bene in questi anni la microbiologia è andata tanto avanti, ma a differenza del campo medico e sanitario (chi di noi non si è mai vaccinato una sola volta nella vita o non si è sottoposto ad un tampone faringeo o ad una urinocultura) ove l'approccio microbiologico è diventato uno strumento base di diagnosi e prevenzione, in quello agrario ed ambientale è rimasto dominio degli specialisti. Lo sforzo condotto nella redazione del manuale è stato proprio quello di fornire a tutti coloro che si occupano di agricoltura e di ambiente nuovi strumenti per la conservazione della risorsa suolo.

### **Il futuro**

La microbiologia oggi è alla base delle biotecnologie del suolo. Infatti sfruttando le proprietà dei microrganismi possiamo ripristinare la fertilità di suoli diversamente stressati. Dalla biotecnologia microbia possiamo infine far derivare anche il miglioramento dell'efficienza della nutrizione delle piante sia attraverso la manipolazione genetica (azotofissazione ecc.) che attraverso il potenziamento dell'attività di specie endogene di microrganismi micorrizici e simbiotici. Sulla microbiologia dunque si basa il futuro della qualità e della conservazione del suolo.

### **Ricaduta applicativa**

Da quanto detto potrebbe apparire che la microbiologia sia una scienza poco applicata, in realtà, attraverso i mezzi di studio forniti dalla microbiologia, attualmente possiamo utilizzare i microrganismi come indicatori biologici di impatto ambientale per definire delle situazioni di inquinamento di difficile diagnosi mediante i mezzi forniti dalla fisica e dalla chimica (vedi Figura 1).

Se osserviamo i risultati ottenuti nell'ambito di una ricerca condotta per definire l'impatto della fruizione turistica di un'area forestale si è osservato come dall'analisi chimica e fisica non si potevano rilevare alterazione nella fertilità del suolo mentre i parametri biochimici denotavano una pesante situazione di stress nell'area disturbata rispetto alla indisturbata (Tabella 1).

Da tutte queste considerazioni emerge dunque l'estrema importanza ed utilità di disporre di metodi analitici di microbiologia e biochimica del suolo standardizzati, di facile interpretazione e ripetibilità. Il manuale



dunque vuole fornire una guida agli operatori del settore sia agricolo che ambientale per valorizzare la conoscenze sulla fertilità integrale di un suolo, che non dovrà più essere solamente chimica e fisica, ma anche biologica.

### Figura 1

#### Ricaduta applicativa della biochimica e della microbiologia del suolo

Indicatori microbiologici e biochimici di impatto ambientale per:	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) individuare situazioni di stress;</li> <li>b) individuare situazioni di stanchezza del suolo;</li> <li>c) valutare efficacia di un intervento di recupero.</li> </ul>
Recupero biologico dei suoli (Bioremediation) attraverso:	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) potenziamento delle attività delle popolazioni endogene;</li> <li>b) inoculazione di microrganismi modificati;</li> <li>c) utilizzazione di biomasse organiche compostate e microbiologicamente attive;</li> <li>d) valutazione dell'impatto delle pratiche agricole.</li> </ul>
Conservazione della biodiversità.	Agenda 21
Microrganismi quale mezzo di miglioramento della nutrizione delle piante per mezzo di:	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) microrganismi della rizosfera;</li> <li>b) microrganismi come "biofertilizzatori".</li> </ul>

È desiderio di tutti gli estensori del volume che i metodi di microbiologia e biochimica del suolo possono trovare ampia diffusione per il monitoraggio, conservazione e ripristino della fertilità del suolo e della sostenibilità delle risorse naturali.

Infine vorrei esprimere un vivo ringraziamento al Dr. B. Ceccanti, ed al Prof. P. Nannipieri rispettivamente *past Presidents* della III e IV Commissione della SISS che si sono resi promotori dell'iniziativa durante il loro mandato, senza il lavoro dei quali oggi non saremmo qui a parlare di questo manuale.

Tabella 1

Esempio di applicazione di parametri biochimici dell'individuazione di una situazione di disturbo del suolo, tratto da: *G. Rossi, F. Pinzari, A. Benedetti (1996)*.

<i>PARAMETRI</i>	<i>INDISTURBATO</i>	<i>DISTURBATO</i>
<b>FISICI</b>		
sabbia %	54	56
limo %	30	33
argilla %	16	11
tessitura (USDA)	FS	FS
capacità di campo (pF=2.5)	38.5	38.5
<b>CHIMICI</b>		
pH (H <sub>2</sub> O)	5.1	4.9
C.S.C. (T) meq 100g	41	46
CaCO <sub>3</sub> tot.% (De Astis)	1.0	1.0
P ass. (Olsen) (ppm)	16.3	19.4
K ass. (ppm)	152	122
T.O.C. % (Springer-Klee)	6.4	6.4
N tot. % (Kjeldhal)	0.41	0.48
C/N	15.6	13.3
<b>BIOCHIMICI</b>		
biomassa-C	503±15	142±6
q(CO <sub>2</sub> )	6 · 10 <sup>-4</sup>	12 · 10 <sup>-4</sup>
(biomassa C/TOC) %	0.79	0.23
ppm C-CO <sub>2</sub>	636±16	220±11
Qmc %	0.99	0.35
ppm N Min.	392±23	221±12
QmN %	9.56	4.60

### **Bibliografia**

- ROSSI G., PINZARI F., BENEDETTI A., 1996. Caratterizzazione della sostanza organica e dell'attività della biomassa microbica in suoli forestali sottoposti a diversa gestione. *Bollettino SISS* n.8, giugno 1996.
- WINOGRADSKY S., 1949. *Microbiologie du sol: problèmes et méthodes*. Masson et Cie Editeur, Paris.

## *UNA FUTURA COLLANA DI MANUALI DI ANALISI CHIMICO-AGRARIE*

Paolo Sequi

Direttore dell'Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante e  
Coordinatore del Comitato per l'Osservatorio Pedologico e per la Qualità del Suolo  
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma

L'approvazione e l'ufficializzazione dei "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo" avvenuta con Decreto del Ministro dell'Agricoltura e delle Foreste dell'11 maggio 1992, hanno in un certo senso iniziato una nuova era. Il Dicastero per la prima volta normava metodi riguardanti non alimenti, mangimi o mezzi per la produzione agraria, ma caratteristiche del più importante comparto ambientale, il suolo.

La definizione dei metodi di analisi è uno dei temi più importanti affrontati dall'Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo, istituito presso il Dicastero dell'Agricoltura da poco meno di dieci anni, il quale rende parere su questa materia al Ministero. Il relativo Comitato sta affrontando diversi altri problemi particolarmente urgenti in materia di suolo, come la costituzione di una banca di informazioni sulla cartografia pedologica nazionale e la definizione dei criteri per l'istituzione di servizi del suolo nelle regioni che ne sono prive.

Come si capisce, i manuali che commentano e interpretano i metodi rappresentano un impegno gravoso, ma importante quanto la stessa definizione dei metodi della quale costituiscono un complemento estremamente utile. Essi si propongono non solo di fornire un inquadramento bibliografico relativo ad ogni singola metodologia analitica e di dare una documentata motivazione della loro importanza, ma anche di illustrare all'utilizzatore le eventuali difficoltà che si possono incontrare nelle loro applicazioni di laboratorio, oltre che di guidare il lettore alla migliore interpretazione analitica dei risultati.

Una particolare attenzione, del tutto nuova nella letteratura del

nostro paese, è quella che viene posta nel riferire di ogni metodo la posizione nazionale e internazionale. La posizione nazionale, come è evidente, è quella degli estremi della pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale di ogni singolo metodo, sia nel caso si tratti di recepimento di direttiva comunitaria, sia in quello che la metodologia abbia interesse e valore esclusivamente nazionali. La posizione internazionale si riferisce invece all'eventuale approvazione del metodo da parte degli Enti internazionali di normazione (UNI, ISO, ecc.) o allo stadio raggiunto nel procedimento di approvazione qualora il metodo sia stato preso in considerazione, ma l'iter procedurale non si sia ancora definitivamente concluso.

Giova sottolineare questo ultimo aspetto, che è di enorme importanza. Purtroppo negli ultimi anni, per non dire negli ultimi decenni, l'Italia è stata pressoché assente dalle riunioni degli Enti internazionali di normazione e questa assenza si è fatta particolarmente sentire nelle iniziative inerenti o collegate alla scienza del suolo. Lo specifico comitato tecnico sulla qualità del suolo (ISO TC/190 - Soil Quality) è stato frequentato per anni da un numero di italiani che non solo non riempiono le dita di una mano, ma che si sono ridotte quasi sempre ad una sola persona che cito volentieri: il Dr. Agostino Consalter. E dire che nel comitato tecnico sulla Qualità del Suolo funzionano sette gruppi di lavoro che esigerebbero mediamente l'impegno di almeno tre - quattro persone per ciascuno. Questo è quanto succede infatti nel caso di altri Paesi europei, ma non in quello dell'Italia. Oggi si nota fortunatamente una netta inversione di tendenza: l'Italia inizia a partecipare alle iniziative di normazione internazionale, e buona parte del merito è dovuto ad un contributo *ad hoc* concesso all'Istituto che ho l'onore di dirigere dal Ministero per le Politiche Agricole.

Il Ministero ha mostrato la stessa sensibilità concedendo un secondo contributo al mio Istituto al fine di stampare e diffondere nuovi manuali sulle analisi approvate dall'Osservatorio. Il primo manuale è pronto e vedrà la luce entro la fine dell'anno: si tratta dei Metodi di analisi fisica del suolo (i primi del genere a livello mondiale in forma organica, dopo quelli usciti negli Stati Uniti). Concepirli a schede, e quindi facilmente aggiornabili in futuro, saranno disponibili anche in libreria dopo la prima diffusione fra le amministrazioni e gli esperti interessati. E' già stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale il Decreto Ministeriale di ufficializzazione dei metodi che fra questi sono più comuni e collaudati<sup>(1)</sup>. Seguiranno i metodi di analisi chimica del suolo, attualmente in via di revisione, e i metodi di analisi delle acque per uso agricolo.

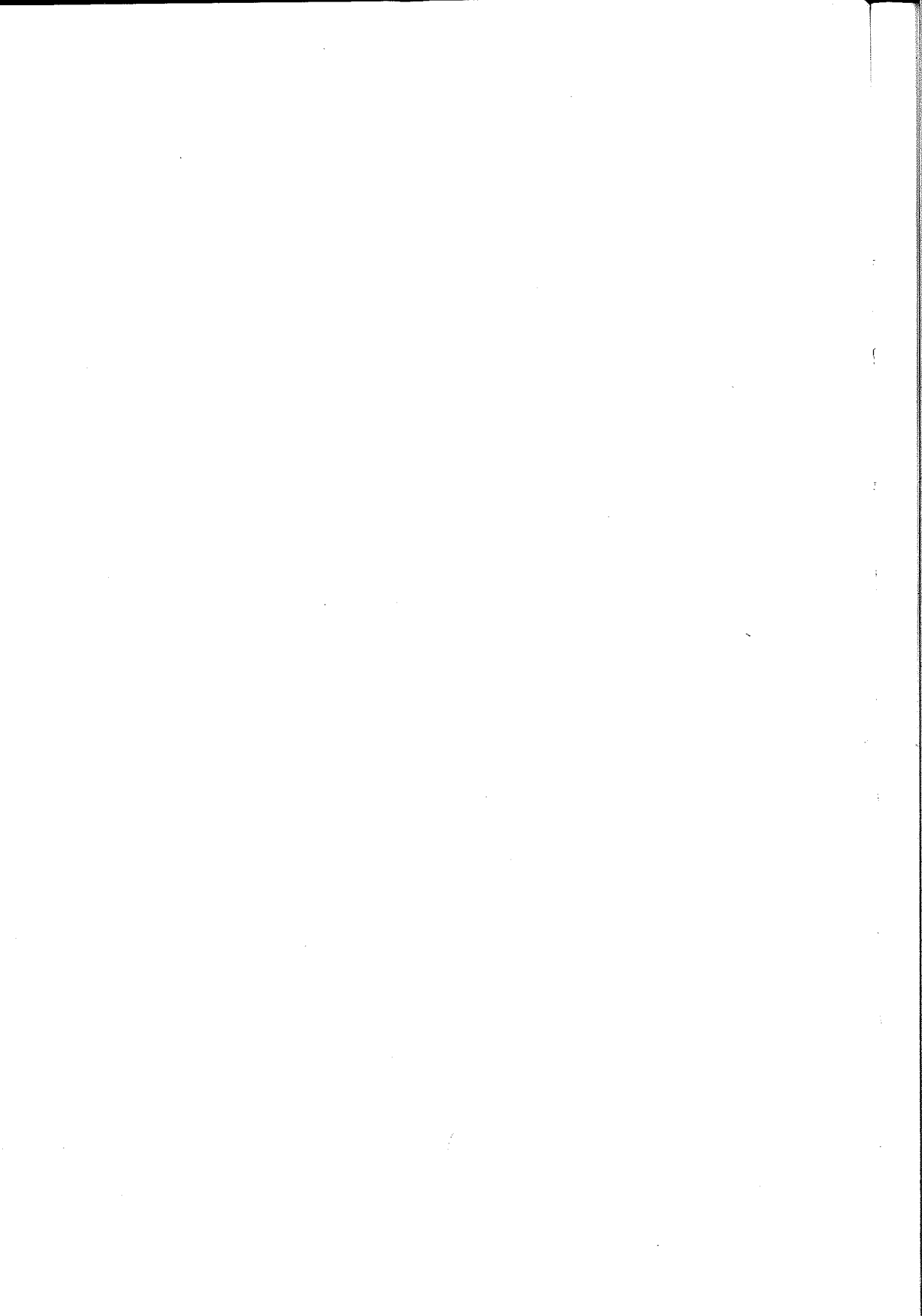
Auspichiamo di poter avere presto nella stessa collana anche altri metodi di analisi del suolo, come quelli microbiologici e chimici, ma il la-

voro non si fermerà qui né per il suolo né per altri settori di interesse agrario (per es. fertilizzanti, mangimi, e così via).

Per sgomberare il campo da ogni dubbio e malinteso bisogna aggiungere che l'Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo, che è l'organismo di riferimento del Ministero per quanto riguarda il suolo, agisce in perfetta sintonia con la Società Italiana della Scienza del Suolo, da cui riceve un insostituibile supporto tecnico; i suoi componenti sono quasi tutti Soci SISS. La SISS ha i suoi gruppi di lavoro che si occupano di standardizzazione, che non coincidono necessariamente con quelli dei quali il Ministero per le Politiche Agricole decide ufficializzazione e pubblicazione dei relativi manuali di interpretazioni e commenti, ma che ad essi collaborano in modo disinteressato e in piena uniformità di intenti.

### **Note**

(1) Ministero per le Politiche Agricole. Approvazione dei "Metodi ufficiali di analisi fisica del suolo". Decreto Ministeriale 1° agosto 1997. Suppl. Ord. G.U. n. 204 del 2 settembre 1997.



## *INFORMAZIONI DELLA S.I.S.S.*

Le informazioni che riguardano la Società Italiana della Scienza del Suolo sono direttamente reperibili sul seguente indirizzo Internet:

<http://www.inea.it/isnp/siss/siss.htm>

Sul sito, continuamente aggiornato, sono visionabili:

- Consiglio Direttivo (elenco dei componenti);
- Commissioni (elenco delle Commissioni e dei loro componenti);
- Soci (elenco e indirizzi dei Soci, informazioni e modulistica per l'adesione alla S.I.S.S.);
- Statuto; • Regolamento; • Attività
- Bollettino (elenco dei lavori pubblicati sul Bollettino S.I.S.S.);
- Links (elenchi e collegamenti con siti nazionali e internazionali interessanti sullo studio del suolo);
- News (aggiornamento di Convegni e manifestazioni).

## *DATE DA RICORDARE*

### Manifestazioni in Italia:

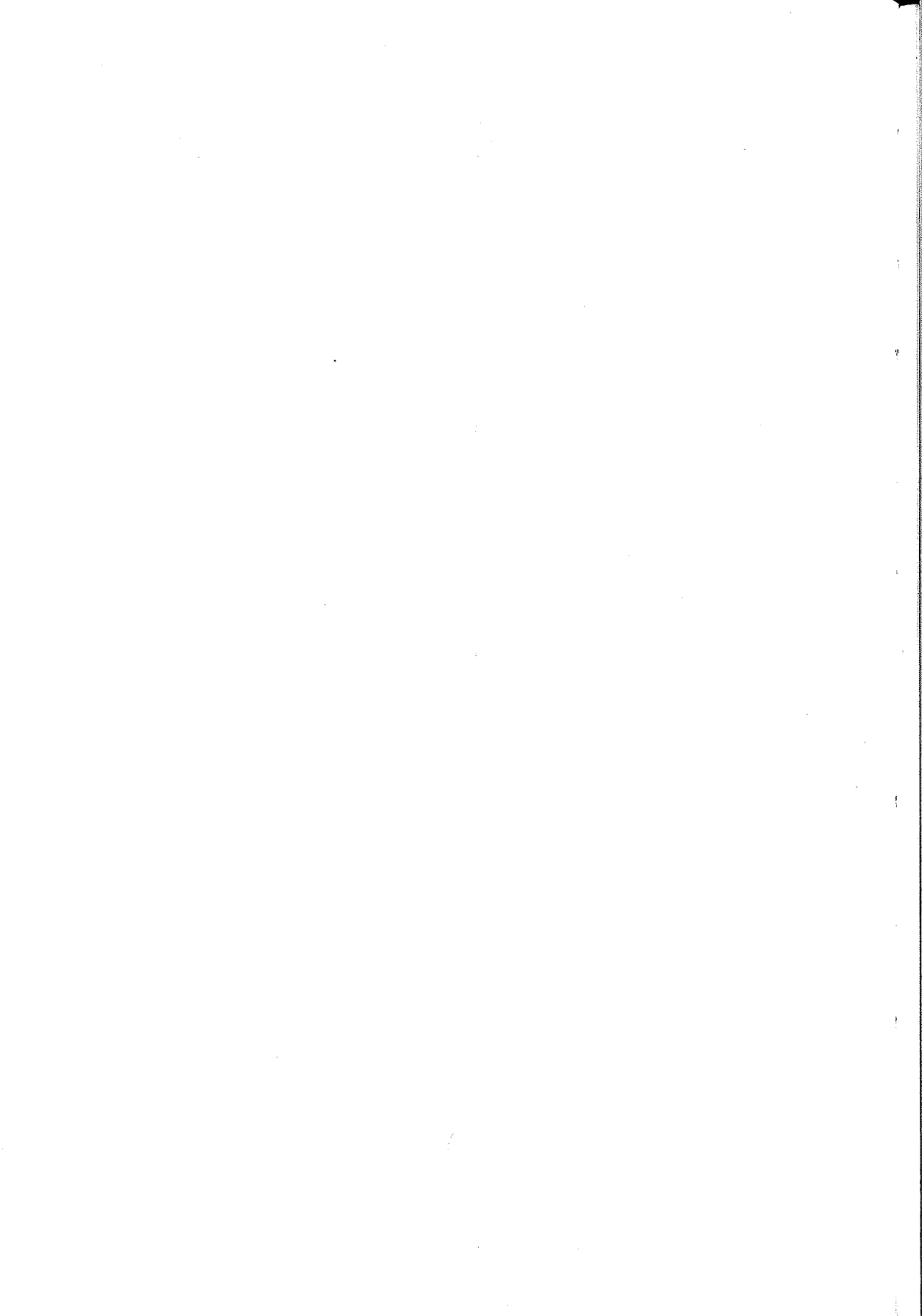
- Giornata di studio: Pietrasanta, 19 marzo 1999 - Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti
- Convegno: Firenze, Logge degli Uffizi Corti, 22 aprile 1999 - La normalizzazione dei metodi di analisi chimica del suolo
- Workshop: Castello di Gorizia, maggio 1999 - Strumenti informatici e statistici per la valutazione delle risorse agroambientali
- Convegno Annuale S.I.S.S.: Gressoney Saint Jean, 22-25 giugno 1999 - La Scienza del Suolo in Italia: bilancio di fine secolo
- Convegno Internazionale: Firenze, 18-21 ottobre 1999 - La Vulnerabilità e Sensibilità dei Suoli

### Manifestazioni Internazionali:

- International Workshop: Bangkok, Thailand 4-10 April 1999 - 2nd International Workshop on Foliar Fertilization
- 10th International Soil Conservation Organization Conference: Purdue University, West Lafayette, Indiana, 23-28 May 1999
- 1er Congreso Ciudad de la Habana, 13-18 Junio 1999 - Conservacion, manejo y gestion de suelos en cuencas hidrografica
- (IMSMTC), Barcelona (Catalonia), Spain 4-9 July 1999 - 6th International Meeting on Soil with Mediterranean Type of Climate
- International Conference: Vienna, Austria 11-15 July 1999 - 5th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements
- The International Conference, Granada, Spain 12-15 July 1999 - Enzymes in the Environment: Activity, Ecology, and Applications
- International Symposium: Katmandu, Nepal 22-27 August 1999 - Remote sensing and GIS for monitoring soils and geomorphic processes to assist integrated development of mountainous land
- Workshop: Copenhagen, Denmark 23-26 August 1999 - 10th Nitrogen Workshop
- 2nd Inter-Regional Conference on Environment-Water: Lausanne, Switzerland 1-3 September 1999 - Emerging Technology for Sustainable Land Use and Water Management
- Orbit 99: Weimar, Germany 2-4 September 1999 - International Conference on Biological Treatment of waste and the Environment
- International Symposium: Beijing, Peoples Republic of China 13-17 September 1999 - 8th International Symposium on the Interactions Between Sediments and Water
- International Symposium: Plon, Germany 14-18 September 1999 - 5th International Symposium on Cladocera
- 8th European Ecological Congress EURECO '99: Porto Carras, Halkidiki, Greece 18-23 September 1999 - The European Dimension in Ecology: perspectives and challenges for the 21st century
- Congress: Montecatini Terme, Italy 20-26 September 1999 - 2nd European Psychological Congress



- Congress: Montecatini Terme, Italy 26 September - 1 October 1999 - 8th International Conference on Applied Algology
  - International Conference: Stuttgart, Germany 13-15 October 1999 - Biogenic Emission of Greenhouse Gases Caused by Arable and Animal Agriculture
  - Congreso: Temuco, Chile 8-12 November 1999 - Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, CLACS 99
  - International Conference: New Delhy, India 14-18 February 2000 - International Conference on Managing Natural Resources for Sustainable Agricultural Production in the 21st Century
  - Congress: Hamburg, Germany 17-22 August 2000 - Third International CROP SCIENCE CONGRESS 2000
  - International Symposium IITA: Ibadan, Nigeria October 2000 - Balanced Nutrient management Systems for maize-based farming systems in the moist savanna and humid forest zones of West-Africa
  - 51st IEC Meeting of the International Commission on Irrigation and Drainage (ICID): Cape Town, South Africa 25-26 October 2000 - Control of adverse impacts of fertilizers and agrochemicals
  - "EXPO 2000" OBE 2000 GmbH: Hannover, Germany 2000 - Soil (healthy nourishment - healthy living)
  - International Council on Plant Nutrition: Hannover, Germany 28 July - 3 August 2001 - XIV International Plant Nutrition Colloquium
  - 12th World Congress: Beijing, Peoples Republic of China 3-9 August 2001 - Fertilization in the Third Millenuim (Fertilization, Food Security and Applied Ecology)
-



## Indice Generale Volume 47, 1998

### Numero 1

#### Editoriale

P. Sequi 3 Lettera ai Soci

#### La Scienza del Suolo per un Ambiente Sostenibile

(relazioni su invito del Convegno Annuale SISS, Roma 1997)

M. Pagliai, E. Zanini, E. Busoni, 11 La fisica del suolo per un ambiente sostenibile

G. Mecella, P. Scandella

A. Violante 35 Il ruolo della chimica del suolo per un ambiente sostenibile

L. Gianfreda 45 La biologia del suolo per un ambiente sostenibile

A. Benedetti, L. Scarponi, A. Figliolia, 53 La fertilità del suolo e la nutrizione delle piante per un ambiente sostenibile

L. Badalucco, M.T. Dell'Abate 63 La classificazione e la cartografia dei suoli per un uso sostenibile delle risorse ambientali

S. Vacca, P. Baldaccini, F. Previtali, E. Busoni, A. Giordano 77 Tecnologia e conservazione del suolo per un uso sostenibile dell'ambiente

D. Torri, C. Calzolari 91 La mineralogia del suolo per un ambiente sostenibile

V. Boero 91 La mineralogia del suolo per un ambiente sostenibile

#### Notizie dalle Commissioni

M Pagliai 101 Attività della Commissione I (Fisica del Suolo)

A. Violante 105 Attività della Commissione II (Chimica del Suolo)

L. Gianfreda 107 Attività della Commissione III (Biologia del Suolo)

A. Benedetti 111 Attività della Commissione IV (Fertilità del Suolo e Nutrizione delle Piante)

V. Boero 113 Attività della Commissione VII (Mineralogia del Suolo)

#### Nuovi Organismi della Società

G. Fierotti 115 La Sottocommissione Suoli Salini

A. Violante 117 Il Gruppo di lavoro NAMOX

G. Mecella 119 Il Comitato Tecnico Acque

R. Francaviglia 121 Il Comitato Tecnico di Standardizzazione

#### Attività Sociale

P.G. Arcara 125 L'Assemblea del 5 giugno 1997

R. Francaviglia 131 Riunioni del Consiglio Direttivo

P. Scandella 139 Il Convegno di Lagopesole

#### I Soci informano

M.C. Negri 145 Lo stato dei lavori del CEN/TC223

A. Benedetti 151 L'Azione COST 831

A. Benedetti 153 LISO/TC 190, SC4

N. Rossi, C. Ciavatta, C. Gessa	155	Normativa internazionale nel settore della scienza e della tecnologia del suolo: attività dell'ISO/TC 190 "Soil Quality"
M. Lupo	167	I lavori della "I Conferenza Nazionale delle Associazioni Scientifiche Territoriali e Ambientali"
<b>Date da ricordare</b>	169	

## Numero 2

### Atti del Convegno Annuale SISS "La Qualità del Suolo per un Ambiente Sostenibile", Roma giugno 1997

P. Sequi	III	Introduzione
<b>I Commissione - Fisica del Suolo</b> - Presidente M. Pagliai		
F.A. Biondi, C. Di Dio, A. Figliolia, A. Tinelli	3	Valutazione di alcuni parametri fisico-meccanici di suoli sottoposti a pascolo. Nota I
E. Bonifacio, N. Alliani, E. Zanini	13	Suoli antropici e naturali nell'Appennino ligure: confronto tra alcune caratteristiche chimiche e chimico-fisiche
A. Castrignànò, R. Colucci, M. Mastroianni, G. Marrone	21	Un metodo per la stima della porosità di un suolo agrario
M. Donatelli, M. Acutis, R. Francaviglia	35	SOILPAR un software per la stima e la validazione dei parametri idrologici del suolo
S. Pellegrini, P. Bazzoffi, L. Natarelli	43	Effetto dei sistemi colturali diversi e dell'applicazione di compost da RSU sulla dinamica della stabilità strutturale del suolo
A. Rocchini, N. Vignozzi, M. Morandi	43	
P. Scandella, F. Fricano, G. Mecella, N. Di Blasi, D. Cennamo, R. Palluzzi	55	Studio della qualità dei suoli del sistema "piscine" nella tenuta presidenziale di Castelporziano
N. Vignozzi, S. Pellegrini, M. Pagliai	63	Impatto di diverse modalità di gestione del vigneto sulle qualità fisiche di due tipi di suolo
E. Zanini, R. Scalenghe, N. Alliani, B. Biasiol	73	Effetto delle tecniche di gestione del vigneto sull'erodibilità dei suoli del terziario piemontese
<b>II Commissione - Chimica del Suolo</b> - Presidente A. Violante		
F.A. Biondi, C. Di Dio, A. Figliolia, R. Gorga, R. Indiatì	87	I noduli di Fe Mn quale trappola pedologica per i metalli pesanti e per il fosforo. Nota I
G. Bragato, A. Mori	95	Studio di frazioni umiche del suolo mediante elettroforesi capillare
L. Celi, E. Barberis, F.A. Marsan, M. Martin	103	Interazione tra molecole organiche contenenti fosforo e colloidali inorganici del suolo
A. De Cristofaro, D.H. Zhou, J.Z. He, A. Violante	109	Influenza di ossalato sull'adsorbimento di Cu <sup>2+</sup> su minerali e suoli a carica variabile
M.T. Dell'Abate, A. Benedetti, C. Dazzi	119	Caratterizzazione termica delle sostanze umiche lungo il profilo di due Vertisuoli
R. Indiatì, A. Figliolia, L. Ceteroni	129	Effetto del livello di saturazione fosfatica sulla estraibilità del fosfato del suolo
G. Modugno	137	Determinazione del fosforo assimilabile nel suolo - Modifica al metodo Olsen
<b>III Commissione - Chimica del Suolo</b> - Presidente L. Gianfreda		
M. Bragaloni, R. Pirazzi, E. Rea	151	Sintesi micorrizica con <i>Glomus mosseae</i> in

- B. Ceccanti, G. Masciandaro,  
A. Ganni, V. Ronchi, C. Garcia  
G. Convertini, D. Ferri, M. Maiorana,  
L. Giglio, P. La Cava
- L. Landi, G. Renella, L. Falchini,  
P. Nannipieri  
S. Marinari, S. Greco, L. Badalucco,  
M. La Marca, G. Masciandaro,  
B. Ceccanti
- IV Commissione - Fertilità del Suolo** - Presidente A. Benedetti
- P. Adamo, D. Felleca, F. Palmiero,  
G. Palmieri, P. Violante  
D. Ferri, G. Convertini, D. De Giorgio,  
L. Giglio, P. La Cava
- C. Mondini, G. Muhlbachova,  
P. Cantone, L. Marchiol, F. Del Zan,  
M. De Nobili, L. Leita  
R. Papini, F. Castelli, P. Spallacci
- F. Pinzari, M.T. Dell'Abate,  
A. Benedetti  
G. Rossi, A. Benedetti, C. Ciavatta
- R. Spaccini, A. Zena, M. Stemmer,  
M. Gerzabek, A. Piccolo  
A. Trinchera, F. Pinzari, A. Benedetti
- piante nobili da legno
- 157 Risposta biochimica dei suoli ai trattamenti organici
- 169 Influenza dell'interramento dei residui colturali sulla sostanza organica e su alcune proprietà biologiche del terreno in una prova a lungo termine in ambiente mediterraneo
- 183 Effetto di elevate concentrazioni di cadmio sul quoziente metabolico del suolo
- 189 Integrazione di tecniche fisiche, chimiche e biochimiche per lo studio qualitativo e funzionale di un suolo agrario
- 201 Distribuzione di nutrienti fra suolo e rizosfera
- 217 Monitoraggio di alcune proprietà di un vertice suolo meridionale, ammendato con compost da rifiuti solidi urbani, in relazione alla produzione di frumento e barbabietola
- 233 Fertilizzazione minerale ed organica: influenza sulle proprietà biologiche del terreno e sulla disponibilità di Zn, Cd, Cu, Ni, Pb
- 243 Influenza dell'ordinamento colturale e della concimazione sul contenuto di nitrati in un suolo franco sabbioso della Pianura Padana
- 257 Effetto della lettiera sulla fertilità del suolo in aree riforestate
- 271 Alcune considerazioni sul turnover del carbonio organico in un suolo ammendato con liquame suino
- 281 Dinamica della sostanza organica in tre suoli europei in un gradiente climatico
- 295 Valutazione dell'impatto del pascolamento di cinghiali (*Sus scrofa* L.) sulla fertilità del suolo in area mediterranea

### Numero 3

**Atti del Convegno Annuale SISS "La Qualità del Suolo per un Ambiente Sostenibile",  
Roma giugno 1997**

- V Commissione - Genesi, Classificazione e Cartografia del Suolo** - Presidente S. Vacca
- G. Aramini, C. Colloca, A.M. Corea,  
R. Paone  
A. Aru, P. Baldaccini, M.A. Dessena,  
F. Fantola, M.R. Lai, S. Loddo,  
S. Madrau, R. Puddu, G. Serra,  
D. Tomasi, A. Vacca, S. Vacca  
A. Bellanca, C. Dazzi, R. Neri,  
B. Palumbo
- 307 Conoscere i suoli per produrre qualità
- 311 La qualità del suolo per un ambiente sostenibile: il caso Sardegna
- 335 Distribuzione di metalli pesanti in profili di suoli forestali della Sicilia: implicazioni pedogenetiche e qualità del suolo

- E. Busoni 347 Holistic approach to hierarchical modelling in soil landscape analysis
- A. Castrignanò, L. Giglio 365 L'uso di una procedura geostatistica multivariata per la stima della qualità del suolo
- C. Dazzi, D. La Mela Veca, B. Massa, 381 Una definizione della qualità dei suoli forestali in rapporto alla pedofauna
- R. Napoli, L. Gardin, 393 Risultati metodologici e operativi del progetto E.A.C. Costantini, A. Fais cartografia pedologica nelle Unità Operative Territoriali delle Regioni meridionali: innovazioni e prospettive
- M. Raglione, C. De Simone, 409 La qualità del suolo in relazione ad un uso P. Lorenzoni agricolo sostenibile del territorio. Un esempio di applicazione alla tartuficoltura
- S. Raimondi 425 Attività vegetativa delle piante erbacee e pedoclima nella Sicilia centro-occidentale durante il 1996
- R. Scazzola, C. Bini, I. Vinci 443 I suoli del bacino-parco fluviale del Sile (TV) e relazioni con la vegetazione
- F. Ungaro 455 Cartografia di suoli salino-sodici nella Piana dell'Albegna (GR): definizione della varianza locale di krigaggio in presenza di distribuzioni asimmetriche ed effetto proporzionale
- A. Vacca 473 I suoli della porzione settentrionale del territorio di Arborea (Sardegna centro-occidentale) e valutazione della loro attitudine allo spandimento di reflui zootecnici provenienti da allevamenti bovini da latte
- R. Zanoni 485 Il "Servizio del Suolo" della Provincia di Cremona
- VI Commissione - Tecnologia del Suolo** - Presidente D. Torri
- R. Marchetti, P. Spallacci, D. Torri, 505 Variazioni di rugosità superficiale del suolo in M. Donatelli relazione a cicli ripetuti di umettamento-essiccamento
- I Soci informano**
- M. Pagliai 515 La normalizzazione dei metodi di analisi fisica del suolo
- 517 Workshop SISS-SICA
- P. Sequi 518 Suoli tra vulcanismo e antropizzazione

**Indice degli Autori**

(in parentesi il numero del fascicolo)

- Acutus M. 35 (2)  
 Adamo P. 201 (2)  
 Alliani N. 13 (2), 73 (2)  
 Aramini G. 307 (3)  
 Arcara P.G. 125 (1)  
 Aru A. 311 (3)  
 Badalucco L. 53 (1), 189 (2)  
 Baldaccini P. 63 (1), 311 (3)  
 Barberis E. 103 (2)  
 Bazzoffi P. 43 (2)  
 Bellanca A. 335 (3)  
 Benedetti A. 53 (1), 151 (1),  
 153 (1), 111 (1), 119 (2),  
 257 (2), 271 (2), 295 (2)  
 Biasiol B. 73 (2)  
 Bini C. 443 (3)  
 Biondi F.A. 3 (2), 87 (2)  
 Boero V. 91 (1), 113 (1)  
 Bonifacio E. 13 (2)  
 Bragaloni M. 151 (2)  
 Bragato G. 95 (2)  
 Busoni E. 11 (1), 63 (1),  
 347 (3)  
 Calzolari C. 77 (1)  
 Cantone P. 233 (2)  
 Castelli F. 243 (2)  
 Castrignanò A. 21 (2),  
 365 (3)  
 Ceccanti B. 157 (2), 189 (2)  
 Celi L. 103 (2)  
 Cennamo D. 55 (2)  
 Ceteroni L. 129 (2)  
 Ciavatta C. 155 (1), 271 (2)  
 Colloca C. 307 (3)  
 Colucci R. 21 (2)  
 Convertini G. 169 (2), 217 (2)  
 Corea A.M. 307 (3)  
 Costantini E.A.C. 393 (3)  
 Dazzi C. 119 (2), 335 (3),  
 381 (3)  
 De Cristofaro A. 109 (2)  
 De Giorgio D. 217 (2)  
 De Nobili M. 233 (2)  
 De Simone C. 409 (3)  
 Del Zan F. 233 (2)  
 Dell'Abate M.T. 53 (1),  
 119 (2), 275 (2)  
 Dessena M.A. 311 (3)  
 Di Blasi N. 55 (2)  
 Di Dio C. 3 (2), 87 (2)  
 Donatelli M. 35 (2), 505 (3)  
 Fais A. 393 (3)  
 Falchini L. 183 (2)  
 Fantola F. 311 (3)  
 Fellega D. 201 (2)  
 Ferri D. 169 (2), 217 (2)  
 Fierotti G. 115 (1)  
 Figliolia A. 53 (1), 3 (2),  
 87 (2), 129 (2)  
 Francaviglia R. 121 (1),  
 131 (1), 35 (2)  
 Fricano F. 55 (2)  
 Ganni A. 157 (2)  
 Garcia C. 157 (2)  
 Gärdin L. 393 (3)  
 Gerzabek M. 281 (2)  
 Gessa C. 155 (1)  
 Gianfreda L. 45 (1), 107 (1)  
 Giglio L. 169 (2), 217 (2),  
 365 (3)  
 Giordano A. 63 (1)  
 Gorga R. 87 (2)  
 Greco S. 189 (2)  
 He J.Z. 109 (2)  
 Indiati R. 87 (2), 129 (2)  
 La Cava P. 169 (2), 217 (2)  
 La Marca M. 189 (2)  
 La Mela Veca D. 381 (3)  
 Lai M.R. 311 (3)  
 Landi L. 183 (2)  
 Leita L. 233 (2)  
 Lodo S. 311 (3)  
 Lorenzoni P. 409 (3)  
 Lupo M. 167 (1)  
 Madrau S. 311 (3)  
 Maiorana M. 169 (2)  
 Marchetti R. 505 (3)  
 Marchiol L. 233 (2)  
 Marinari S. 189 (2)  
 Marrone G. 21 (2)  
 Marsan F.A. 103 (2)  
 Martin M. 103 (2)  
 Masciandaro G. 157 (2),  
 189 (2)  
 Massa B. 381 (3)  
 Mastroilli M. 21 (2)  
 Mecella G. 11 (1), 119 (1),  
 55 (2)  
 Modugno G. 137 (2)  
 Mondini C. 233 (2)  
 Morandi M. 43 (2)  
 Mori A. 95 (2)  
 Muhlbachova G. 233 (2)  
 Nannipieri P. 183 (2)  
 Napoli R. 393 (3)  
 Natarelli L. 43 (2)  
 Negri M.C. 145 (1)  
 Neri R. 335 (3)  
 Pagliai M. 11 (1), 101 (1),  
 63 (2), 515 (3)  
 Palluzzi R. 55 (2)  
 Palmieri G. 201 (2)  
 Palmiero F. 201 (2)  
 Palumbo B. 335 (3)  
 Paone R. 307 (3)  
 Papini R. 243 (2)  
 Pellegrini S. 43 (2), 63 (2)  
 Piccolo A. 281 (2)  
 Pinzari F. 275 (2), 295 (2)  
 Pirazzi R. 151 (2)  
 Previtali F. 63 (1)  
 Puddu R. 311 (3)  
 Raglione M. 409 (3)  
 Raimondi S. 425 (3)  
 Rea E. 151 (2)  
 Renella G. 183 (2)  
 Rocchini A. 43 (2)  
 Ronchi V. 157 (2)  
 Rossi G. 271 (2)  
 Rossi N. 155 (1)  
 Scalenghe R. 73 (2)  
 Scandella P. 11 (1), 139 (1),  
 55 (2)  
 Scarponi L. 53 (1)  
 Scazzola R. 443 (3)  
 Sequi P. 3 (1), III (2), 518 (3)  
 Serra G. 311 (3)  
 Spaccini R. 281 (2)  
 Spallacci P. 243 (2), 505 (3)  
 Stemmer M. 281 (2)  
 Tinelli A. 3 (2)  
 Tomasi D. 311 (3)  
 Torri D. 77 (1), 505 (3)  
 Trinchera A. 295 (2)  
 Ungaro F. 455 (3)  
 Vacante G. 381 (3)  
 Vacca A. 311 (3), 473 (3)  
 Vacca S. 63 (1), 311 (3)  
 Vignozzi N. 43 (2), 63 (2)  
 Vinci I. 443 (3)  
 Violante A. 35 (1), 105 (1),  
 117 (1), 109 (2)  
 Violante P. 201 (2)  
 Zanini E. 11 (1), 13 (2),  
 73 (2)  
 Zanoni R. 485 (3)  
 Zena A. 281 (2)  
 Zhou D.H. 109 (2)

## ISTRUZIONI PER GLI AUTORI

### Informazioni generali

I manoscritti devono essere inviati alla redazione su *floppy disk* da 3,5" o altro supporto magnetico, e su carta di buona qualità (2 copie), di formato comune (A4 o lettera). Si prega di usare programmi di *word processor* operanti in ambiente DOS-Windows (Microsoft Word 6.0 o successivi).

Usare la font *Times New Roman* 11 punti, con spaziatura singola tra linee, ed evitare formattazioni di paragrafo (spaziature, rientri di riga, allineamenti, interlinee, giustificazione, ecc.), sillabazioni forzate, note a piè di pagina (raccolgerle a fine capitolo) Dove necessario, possono usarsi termini in corsivo, sottolineati, in grassetto.

Le Tabelle, in archivi di foglio elettronico (Excel, Word) devono essere più semplici possibile, senza bordi o filetti, righe superflue o altra formattazione. Diagrammi, figure, immagini, dovrebbero essere riportate su *files* distinti dal testo, usando i più comuni programmi di grafica. Nelle copie su carta, stampare tutti i *files* grafici alla fine del testo con una stampante ad alta risoluzione. Usando fogli elettronici per i grafici, inviare anche il *file* contenente il grafico e i dati originali. Per le dimensioni di tabelle e figure tenere presente che le dimensioni massime della gabbia di impaginazione sono 19 cm in verticale e 12 cm in orizzontale.

### Riferimenti bibliografici

Usare il formato degli esempi seguenti:

... come ha detto Sequi (1998)

... sappiamo che l'agricoltura non inquina (Sequi, 1998)

... effetto dei metalli pesanti sull'attività microbica del suolo (Leita *et al.*, 1995; Wardle e Ghani, 1995).

Le referenze devono essere in ordine alfabetico. Nel caso di più citazioni di autore/i, seguire l'ordine cronologico e aggiungere una lettera a fianco (p.e. 1998a) per più citazioni nello stesso anno. La lista dei riferimenti bibliografici deve essere come segue:

Sequi P., Francaviglia R., Ilardi F., 1998. Titolo del lavoro. *Bollettino SISS*, 46: 54-58.

Francaviglia R., 1998. Titolo del capitolo. In: *Titolo del libro* (P. Sequi ed.), Patron Editore, Bologna, pp. 410-500.

Francaviglia R., 1998. *Titolo del libro*, Laterza, Bari, 580 pp.