



**CRA - Centro di Ricerca per lo Studio delle
relazioni tra Pianta e Suolo**
Via della Navicella, 2 – 00184 Roma
anna.benedetti@entecra.it



*La banca dati dei suoli della Regione Lazio: applicazioni tematiche in campo
agroforestale ed ambientale*

I progetti BIORELA di monitoraggio della fertilità biologica dei suoli della regione Lazio e qualità dei suoli di parchi urbani di Roma

Anna Benedetti

***Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura Centro di Ricerca per lo
studio delle relazioni tra pianta e suolo***

CRA-RPS

Roma, 10 aprile 2013

Progetti sviluppati sul territorio della Regione Lazio

- 1° Analisi dei suoli e fertilità anni 1994-96
- 2° Analisi dei suoli e fertilità anni 1996-98
- Qualità dei laboratori anni 1998-2000
- 1° Piano di monitoraggio dell'impatto diretto e differito delle colture geneticamente modificate sulla biodiversità del suolo anni 2001-03
- 2° Piano di monitoraggio dell'impatto diretto e differito delle colture geneticamente modificate sulla biodiversità del suolo anni 2003-2005

- 
- Praal 2000/21: Sviluppo sostenibile del sistema agricolo e dei territori rurali della Regione Lazio anni 2003-2005
 - Praal 2000/21: Modelli applicativi si agricoltura multifunzionale nello Sviluppo sostenibile di alcune aree della Regione Lazio
 - 3° Piano di monitoraggio dell'impatto diretto e differito delle colture geneticamente modificate sulla biodiversità del suolo anni 2005-2007
 - Piano di Monitoraggio degli organoclorurati nel suolo anni 2005-2008
 - 1° piano di monitoraggio della biodiversità del suolo della Regione Lazio anni 2007-2010 (BIORELA)
 - 2° piano di monitoraggio della biodiversità del suolo della Regione Lazio anni 2010 -2013 (BIORELA)



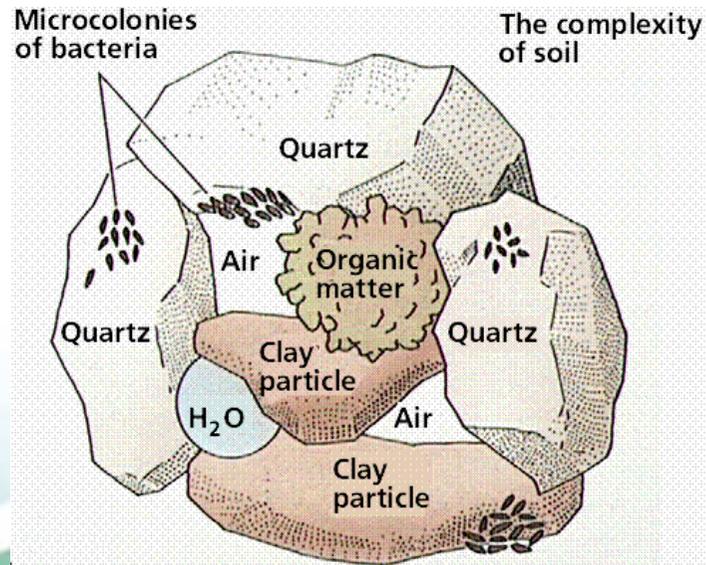
PIANO NAZIONALE SULLA BIODIVERSITÀ DI INTERESSE AGRICOLO

Anna Benedetti
Consiglio Per la Ricerca e la Sperimentazione in
Agricoltura CRA-RPS

**La conservazione delle risorse genetiche microbiche
del suolo**

Bologna, 21 novembre 2012

LA VITA NEL SUOLO



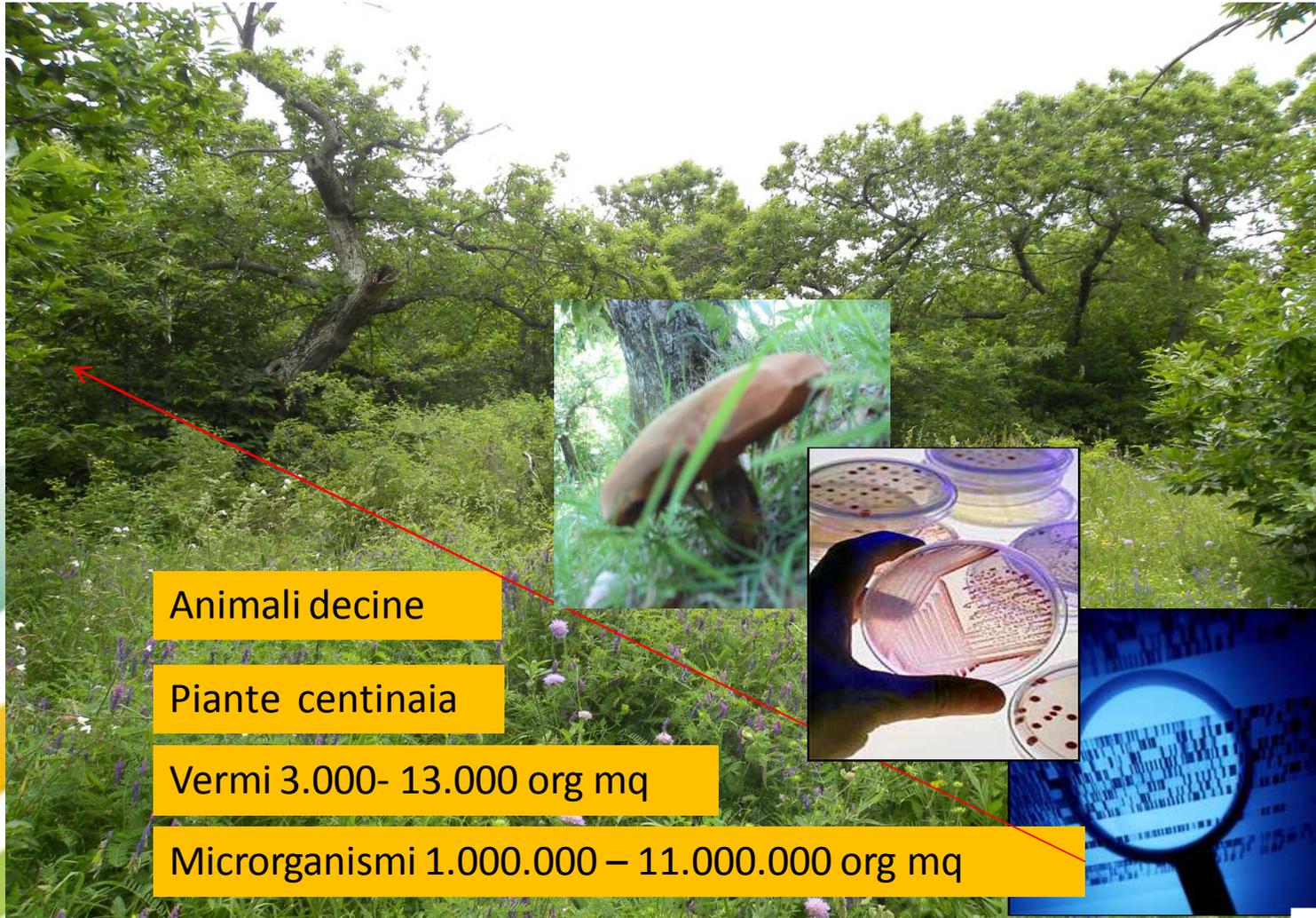
- Il suolo nasconde un numero straordinario di forme di vita, un'intricata rete di interazioni che coinvolge un'enorme quantità di biomassa vivente, oltre 3000 Kg/ha in un suolo agricolo (Bloem *et al.*, 2003).

Oltre il 95% della biodiversità dell'intero Pianeta è nel suolo

- Pochi grammi di terreno possono contenere miliardi di batteri, centinaia di chilometri di ife fungine, decine di migliaia di protozoi, migliaia di nematodi, centinaia di insetti, aracnidi, vermi e centinaia di metri di radici di piante.



Biodiversità invisibile



Animali decine

Piante centinaia

Vermi 3.000- 13.000 org mq

Microrganismi 1.000.000 – 11.000.000 org mq

SUOLO → **PIANTA** → **MICROORGANISMI**

BIODIVERSITA'

FUNZIONI BIOLOGICHE DEL SUOLO

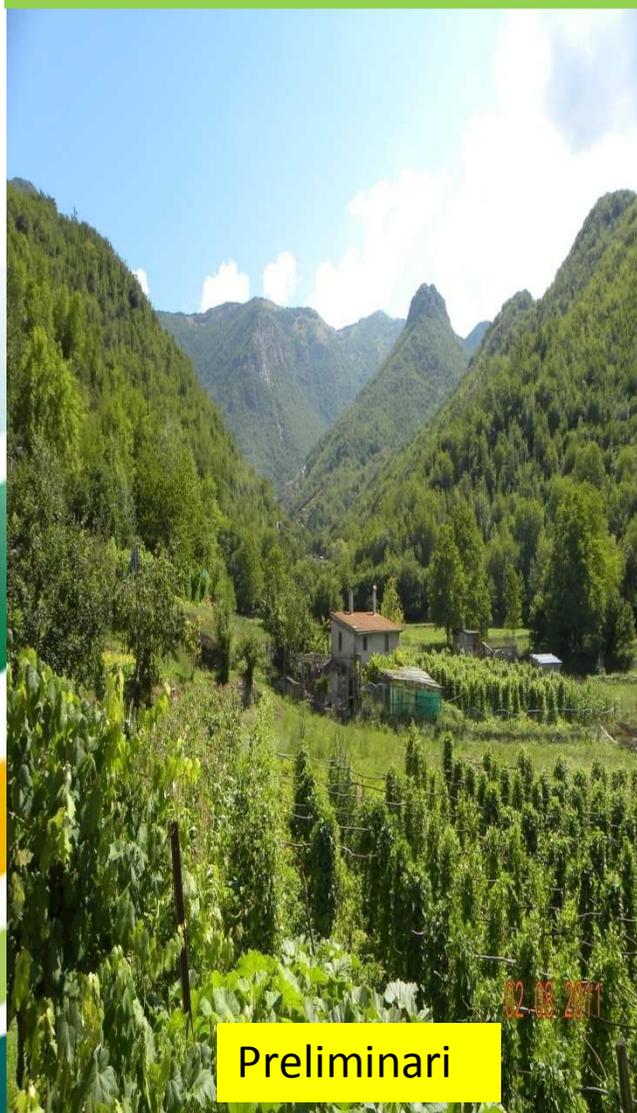
APPROCCIO ECOSISTEMICO

RELAZIONI SUOLO PIANTA





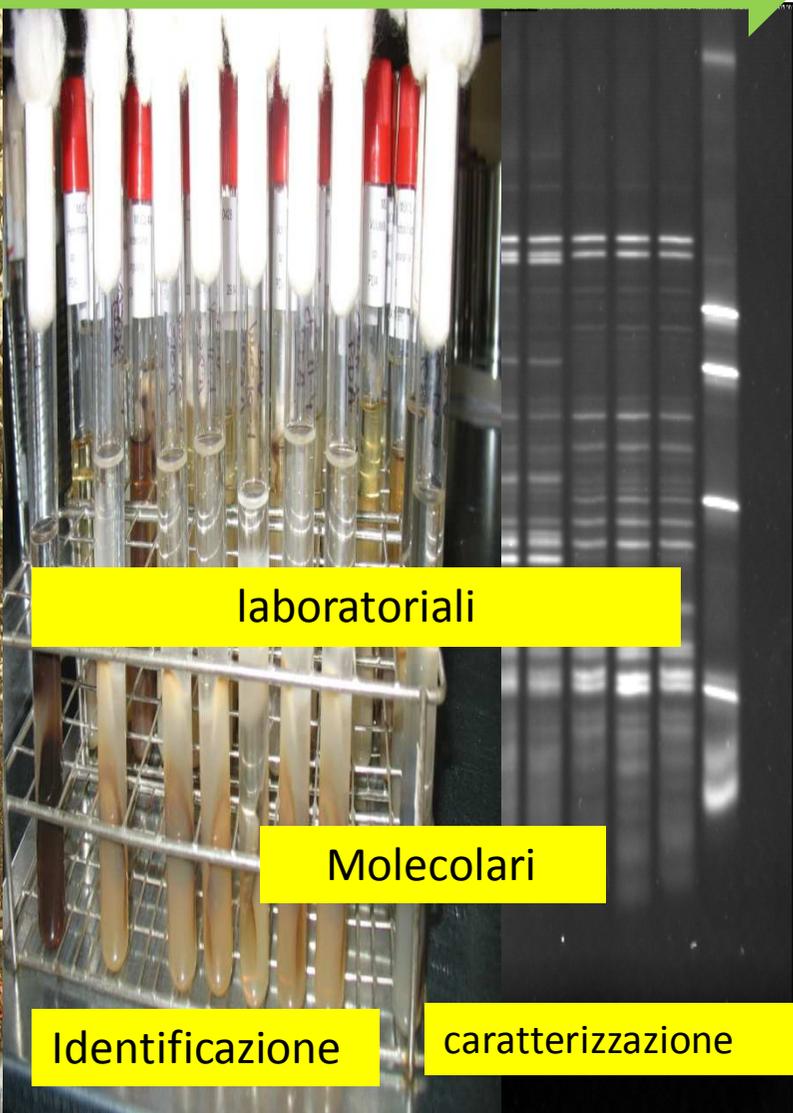
Marcatori: preliminari, obiettivi e laboratoriali



Preliminari



Obiettivi



laboratoriali

Molecolari

Identificazione

caratterizzazione

Tipo di indicatore	Indicatore Macroscopico				Biodiversità
TESSITURA	Sabbia	Limo	Argilla	Franco	-
	X			X	+
		X			+/-
			X		+
COLORE	Bruno	Marrone	Bianco		
	X				+
		X			+
			X		-
COLTURA	Leguminosa	Graminacea	Prato		
	X				+
		X			-

Marcatori preliminari





Conservazione del germoplasma vegetale

Compilazione scheda informativa

Raccolta suolo corrispondente

SUOLO

CASO A

CASO B

ROUTINE

EROSIONE ALTO VALORE

CASO A

CASO B

1

4

1

2

3

4

Livello

Azione

0

Analisi matricale

1

Valutazione della IBF Conservazione del suolo *ex situ*

2

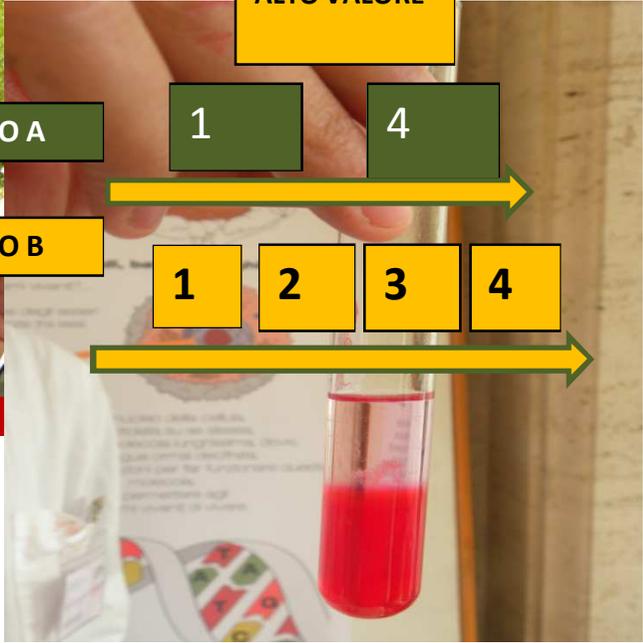
Analisi della composizione genetica e funzionale della comunità microbica

3

Sequenziamento e caratterizzazione di singole specie ed eventuale conservazione *ex situ*

4

Monitoraggio spazio-temporale. Il monitoraggio spaziale potrà essere facoltativo, mentre il monitoraggio temporale sarà obbligatorio.



Gerarchie di indicatori

Non esistono veri e propri indici, intesi nel senso comune del termine, ma dei parametri che, se ben integrati, riescono a fornire indicazioni precise sul grado di fertilità biologica del suolo e sulla biodiversità ad essa associata. La caratterizzazione della diversità microbica di un suolo, e della sua biodiversità in genere, va perciò costruita per livelli di approssimazione.

Le analisi da condurre sono state suddivise in 4 livelli, sulla base del grado di approfondimento dell'informazione cercata:

I° livello	Analisi chimico-fisiche e biologiche di base
II° livello	Estrazione e analisi fingerprinting del DNA totale dal suolo
III° livello	Caratterizzazione tassonomica del singolo microrganismo
IV° livello	Monitoraggio spazio-temporale



Indicatori di 1° livello

Il **primo livello** di conoscenza dovrà basarsi sulla caratterizzazione di base del suolo in termini fisici, chimici e biologici. In quest'ultimo caso sarà molto utile definire in primo luogo la fertilità biologica del suolo come parametro routinario, veloce e sintetico. Dovranno essere determinati parametri quali la tessitura, il pH, la capacità idrica di campo, il contenuto in N totale, C organico totale e sostanza organica.

Sarà, inoltre, indispensabile determinare la respirazione microbica e il suo contenuto in biomassa totale. In questo modo sarà possibile determinare un indice di fertilità biologica (IBF), direttamente correlato con il grado di biodiversità e sostenibilità del suolo.

Marcatori obiettivi



Indicatori I° livello selezionati

- Caratterizzazione chimico-fisica di base
- C organico totale (TOC)
- Respirazione microbica (C_{bas} , C_0)
- Biomassa microbica (C_{mic})
- Quoziente metabolico (qCO_2)
- Quoziente di mineralizzazione (qM)
- **Indice sintetico di fertilità biologica (IBF)**

Marcatori obiettivi



Indicatori di II° livello

Se necessario sarà poi consigliabile procedere, per il **secondo livello** di approfondimento, alla caratterizzazione della diversità genetica, ma anche in questo caso sarà fondamentale disporre di dati complessivi ottenuti secondo procedure standardizzate da correlare con le caratteristiche ambientali, gestionali ed evolutive del sito in esame. Si procede con l'estrazione degli acidi nucleici (in particolare il DNA) dal suolo e si prosegue con le opportune tecniche molecolari di *fingerprinting* come, ad esempio, l'ARDRA (Amplified Ribosomal DNA Restriction Analysis) o la DGGE (Denaturing Gradient Gel Electrophoresis).

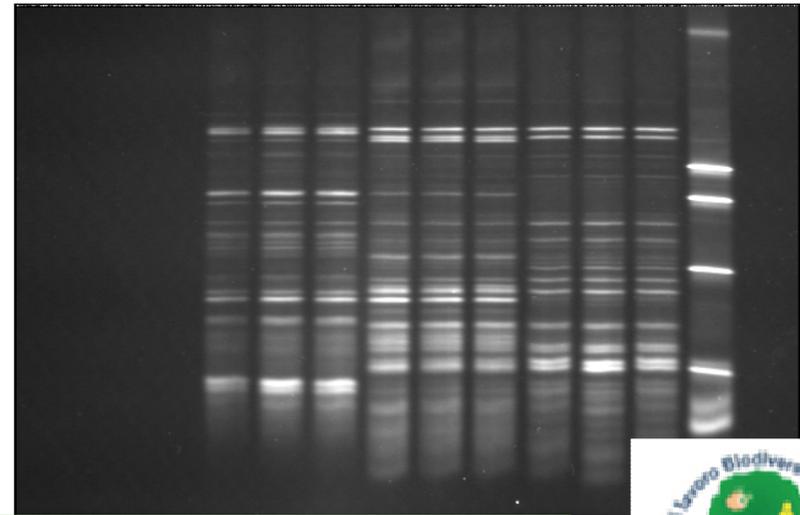
Marcatori laboratoriali molecolari: caratterizzazione



Indicatori di II° livello selezionati

Metodi molecolari:

- Estrazione del DNA totale al suolo
- ARDRA (coltivabili)
- DGGE (non coltivabili)

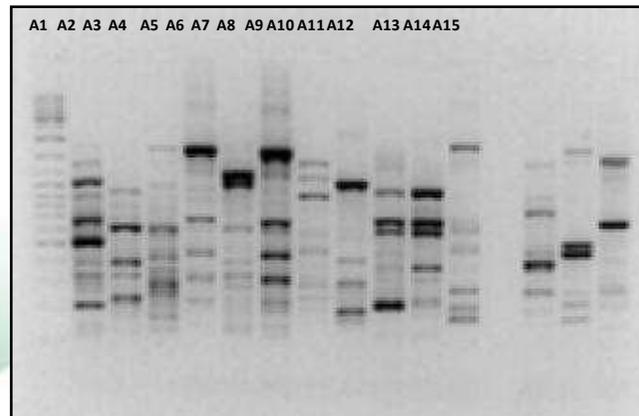


Marcatori laboratoriali molecolari: caratterizzazione

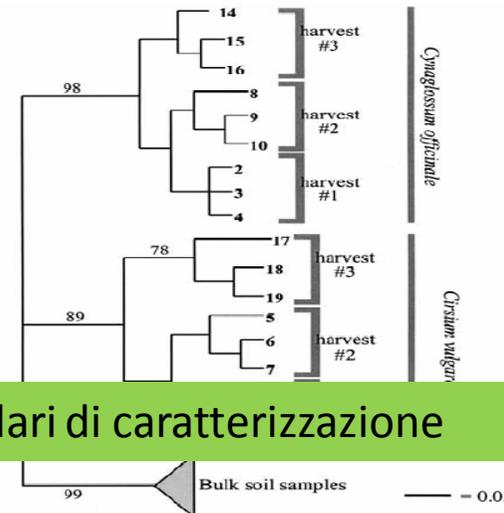
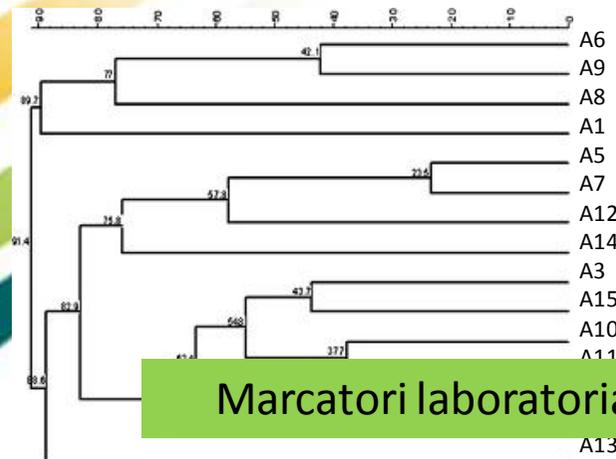
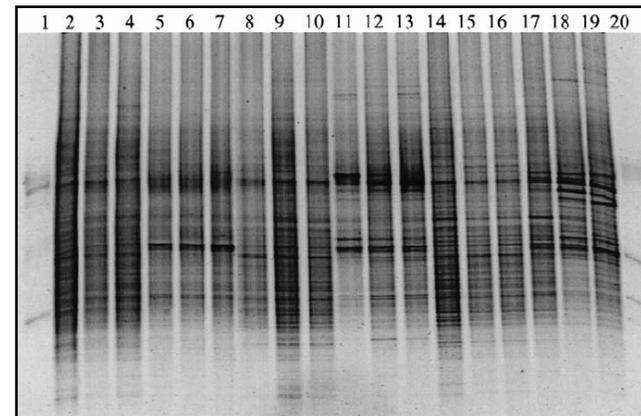


Indicatori di II° livello

Analisi ARDRA



Analisi DGGE



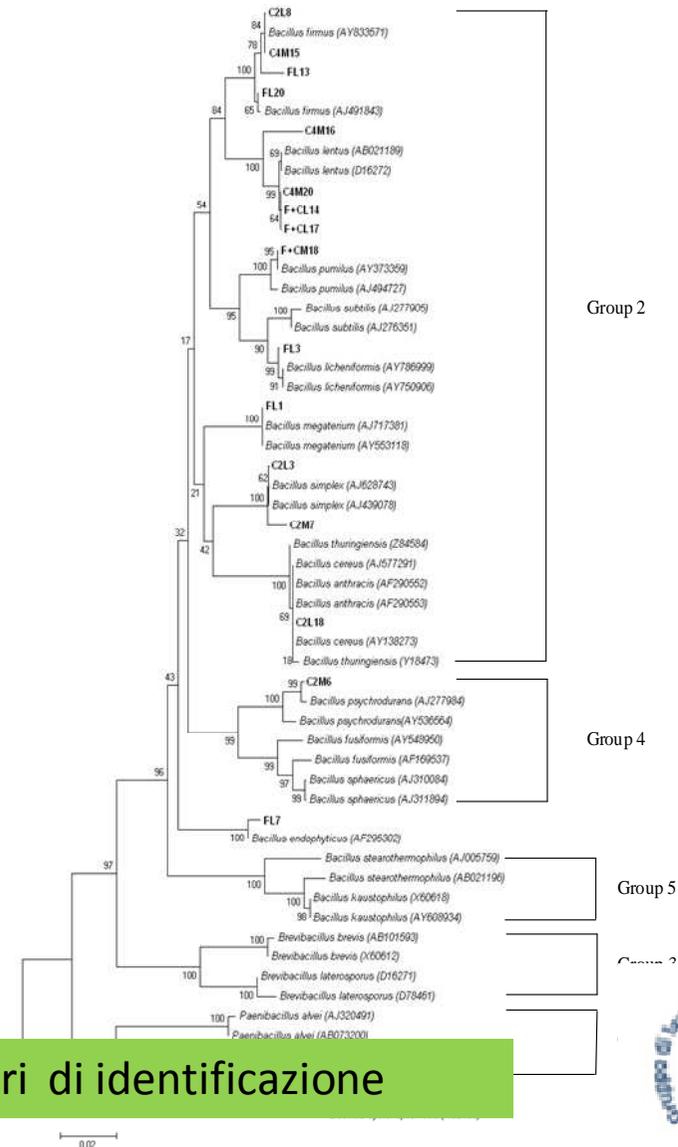
Marcatori laboratoriali molecolari di caratterizzazione



Indicatori III° livello

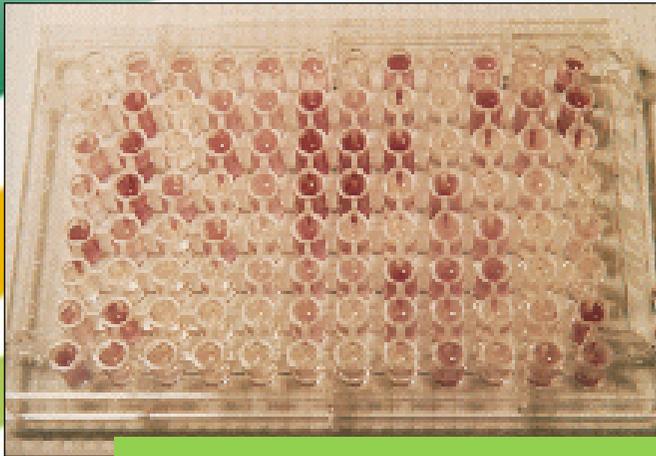
Da effettuarsi su base comparativa, è questa la fase più delicata e di maggiore difficoltà interpretativa, sarà definire la diversità microbica specifica, che comporterà l'isolamento e l'identificazione di singoli individui e l'attribuzione ad essi della corrispondente funzione (mediante, ad esempio, microarray fenotipici, Biolog, ecc.).

Marcatori laboratoriali molecolari di identificazione



Indicatori III° livello selezionati

- Biolog
- Sequenziamento DNA
- Microarray

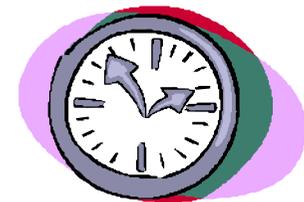


Marcatori laboratoriali molecolari di identificazione

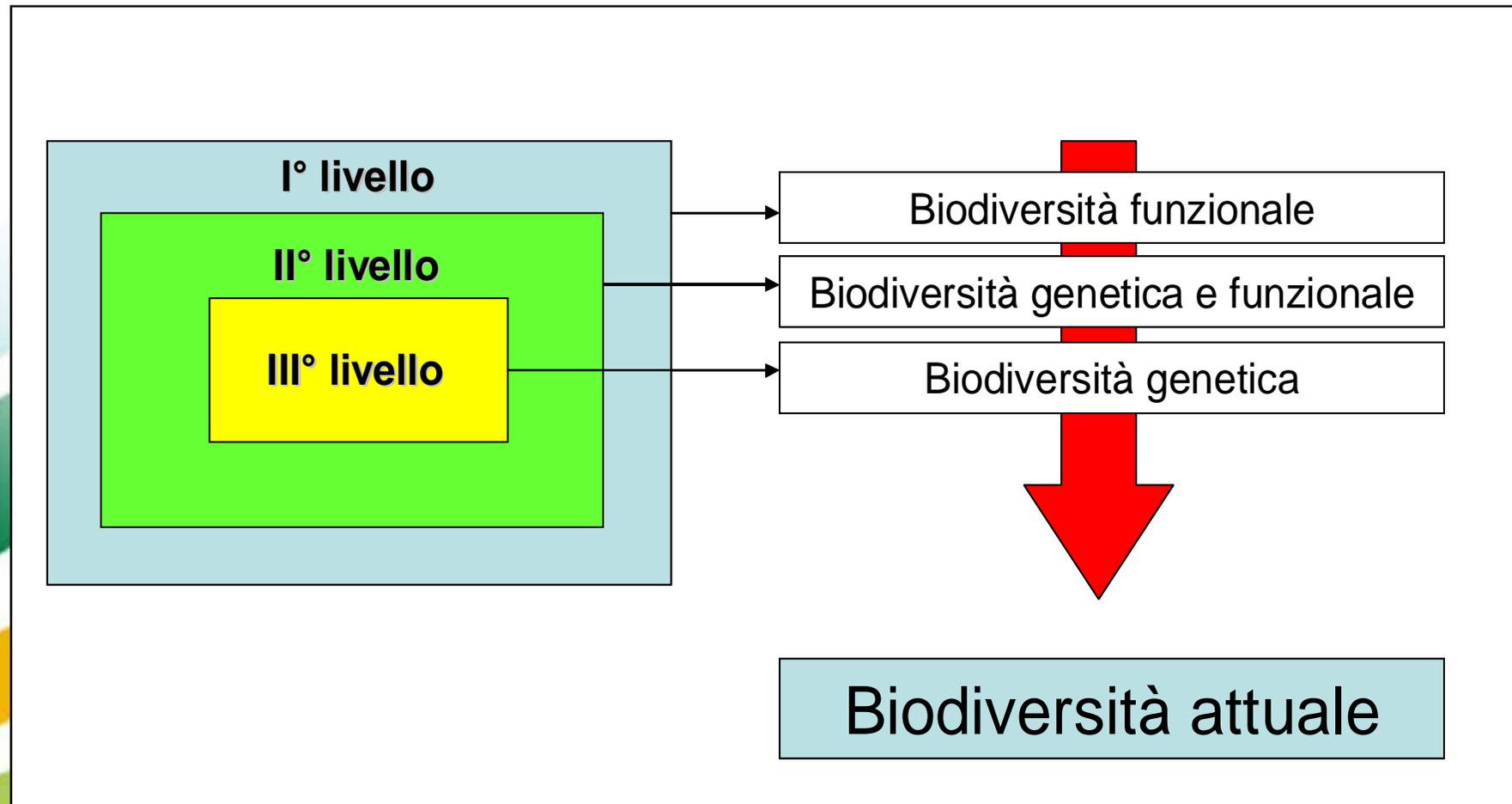


Indicatori IV° livello

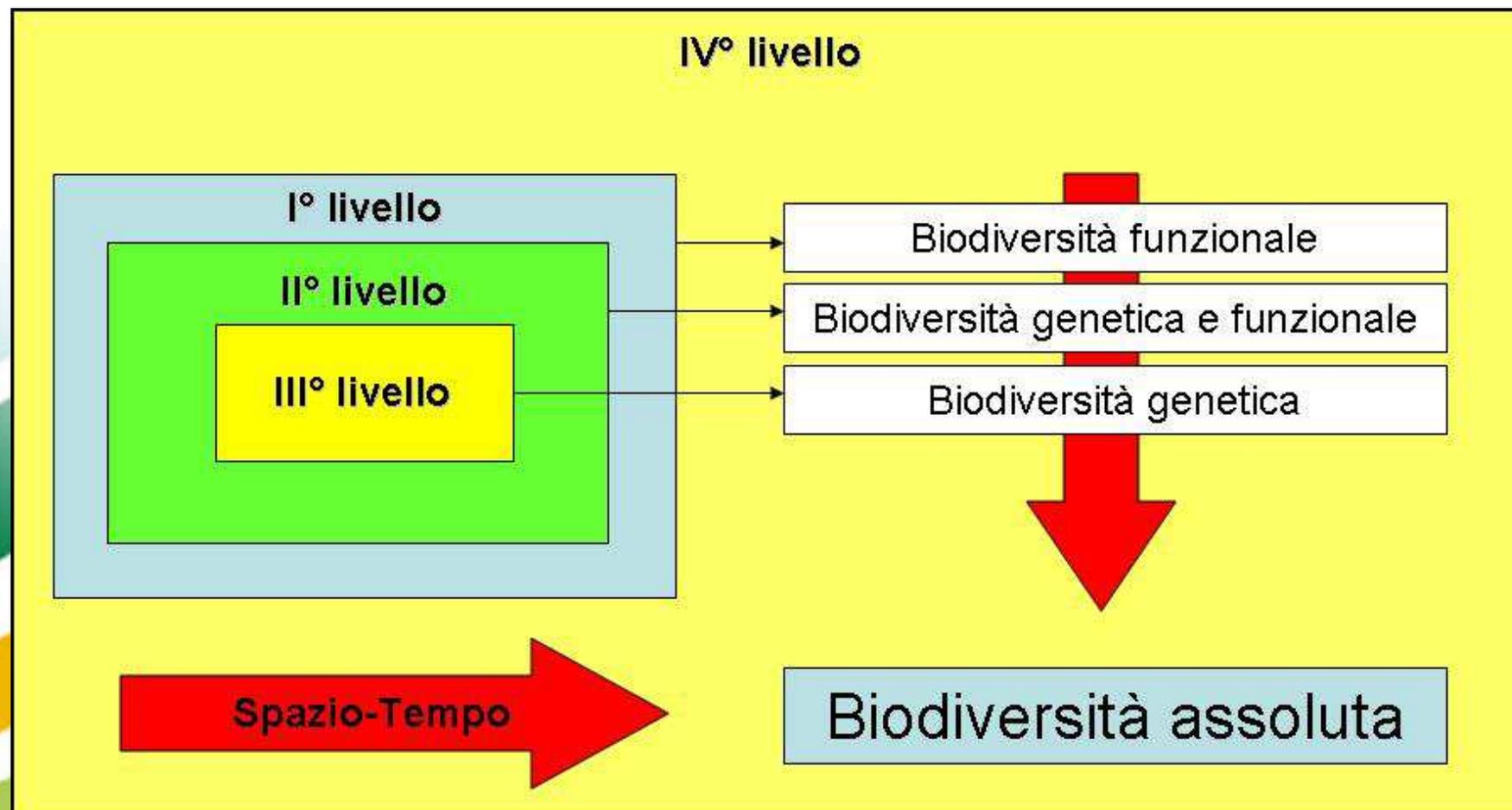
Infine nel **quarto livello** di intervento si passerà dalla **definizione** di “*diversità attuale*”, che corrisponde all’osservazione analitica del momento, alla definizione di “*diversità assoluta*”, intendendo con questa, la dotazione in termini sia di ricchezza che di abbondanza di specie con le relative funzioni di un determinato sito costante nel tempo. Sarà questa la biodiversità di quel suolo. A tale definizione si giungerà solo nel tempo dopo un lungo periodo di monitoraggio spazio-temporale conseguito con l’applicazione delle procedure sopraelencate.



Biodiversità attuale ed assoluta



Biodiversità attuale ed assoluta





Non ci può essere conservazione di nessun tipo di biodiversità
senza la fertilità del suolo



Tim Kasten, Deputy Director of Division of Environmental
Policy Implementation, United Nations Environment Programme, Nairobi
Jos Delbeke, Director-General Climate Action Directorate-General European
Commission



Soil, Climate Change and Biodiversity, Where do we stand?
Bruxelles, 23- 24 September 2010



MONITORAGGIO DELLA DIVERSITÀ MICROBICA DEI SUOLI DEL LAZIO

IX Convegno Nazionale sulla Biodiversità - Bari 6/7 settembre 2012



Gianluca Renzi, Bruno Pennelli, Anna Benedetti

CRA – Centro di ricerca per lo studio delle relazioni tra pianta e suolo, Roma

gianluca.renzi@entecra.it



Il programma di monitoraggio

Il presente studio riguarda un programma di monitoraggio sessennale della fertilità biologica del suolo condotto sul territorio della regione Lazio Nell'ambito di una collaborazione tra CRA-RPS ed ARSIAL

L.R. 01 Marzo 2000, n. 15

Tutela delle risorse genetiche autoctone di interesse agrario

congiuntamente con ARSIAL

(Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione dell'Agricoltura del Lazio)

monitoraggio della fertilità biologica su circa 200 siti distribuiti sul territorio regionale scelti sulla base dell'importanza locale di colture arboree ed erbacee

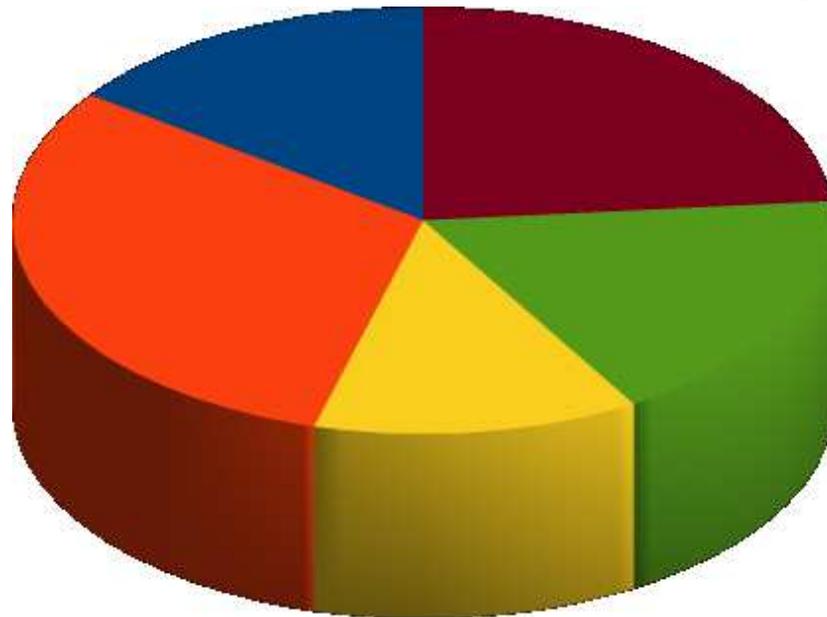
“...per favorire, promuovere e salvaguardare gli agroecosistemi e le produzioni di qualità e tutelare le risorse genetiche autoctone di interesse agrario...” (art.1)



Il piano di monitoraggio

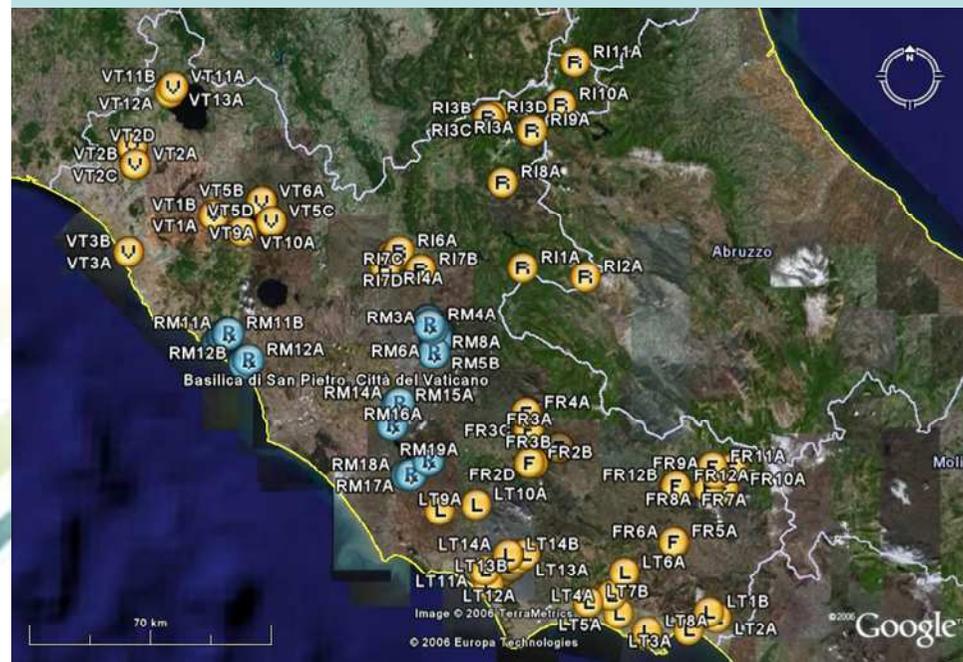
- Rieti
- Roma
- Frosinone
- Latina
- Viterbo

province	siti analizzati
Rieti	21
Roma	43
Frosinone	18
Latina	25
Viterbo	Totale 141



Il piano di monitoraggio

Lazio



Parametri biochimici e di attività della biomassa microbica dei suoli usati per il monitoraggio

Corg – stima della concentrazione di Carbonio

Organico Totale, (Springer & Klee, 1954)

Respirazione basale del Terreno – misura dell'evoluzione di C-CO₂ dal suolo stimata a 28 giorni (condizioni di campo) (Isermeyer, 1952)

Carbonio microbico – stima quantitativa del Carbonio della biomassa microbica, C_{mic}, attraverso fumigazione con cloroformio per avere lisi cellulare e successiva estrazione (Vance et al., 1987)

Quoziente metabolico – qCO₂ (Anderson & Domsch, 1993)

attività di respirazione specifica della biomassa

microbica

Quoziente di mineralizzazione – qM (Dommergues, 1960)

misura dell'attività totale di mineralizzazione della frazione più labile della sostanza organica da parte della biomassa microbica

L'indice sintetico

Primo livello: caratterizzazione chimico-fisica-biologica dei suoli

L'Indice di Fertilità Biologica (IBF) (*Benedetti et al 2006*)

I parametri biochimici scelti sono quelli generalmente utilizzati per l'analisi e lo studio della qualità del suolo.

<u>Parametri utilizzati</u>	<u>Abbreviazione</u>	<u>Unità di misura</u>
Carbonio Organico Totale	C _{org}	%
Respirazione basale	C _{bas}	ppm
Carbonio microbico	C _{mic}	ppm
Quoziente metabolico	qCO ₂	(10 ⁻²) h ⁻¹
Quoziente di mineralizzazione	qM	%

Per ciascuno dei parametri sono stati stabiliti 5 range di valori a ciascuno dei quali viene assegnato il punteggio del range a cui appartiene.

<u>Parametri utilizzati</u>	<u>Punteggio</u>				
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
Carbonio Organico Totale	<1	1 – 1,5	1,5 – 2	2 – 3	>3
Respirazione basale	<5	5 – 10	10 – 15	15 – 20	>20
Carbonio microbico	<100	100 – 200	200 – 300	300 – 400	>400
Quoziente metabolico	>0,4	0,3 – 0,4	0,2 – 0,3	0,1 – 0,2	<0,1
Quoziente di mineralizzazione	<1	1 – 2	2 – 3	3 – 4	>4

L'indice sintetico

La somma algebrica dei punteggi per ciascun parametro da origine ad una scala di fertilità biologica riportata nella tabella sottostante.

$$\sum_{i=1}^N \text{Punteggio}$$

Classe di fertilità	I	II	II	IV	V
	Stanchezza preallarme	Stress preallarme	media	buona	alta
Punteggio	6	7-12	13-18	19-24	25-30

ESEMPIO

Ammettiamo che un suolo presenti dei risultati come di seguito riportati.

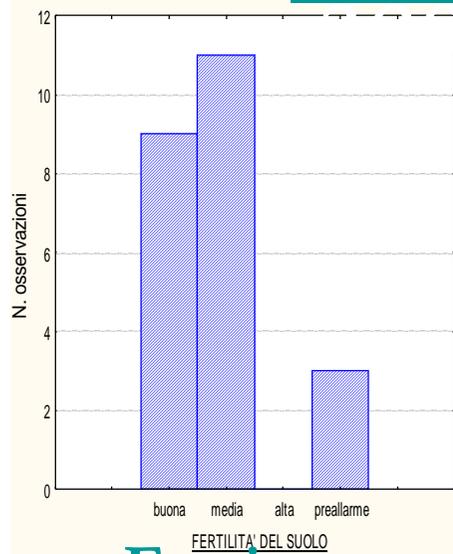
S.O.	C_{bas}	C_{cum}	C-mic	q(CO₂)	qM
1,32	7,68	205,5	111,8	0,286	2,691

Possiamo associare a ciascun parametro i seguenti punteggi.

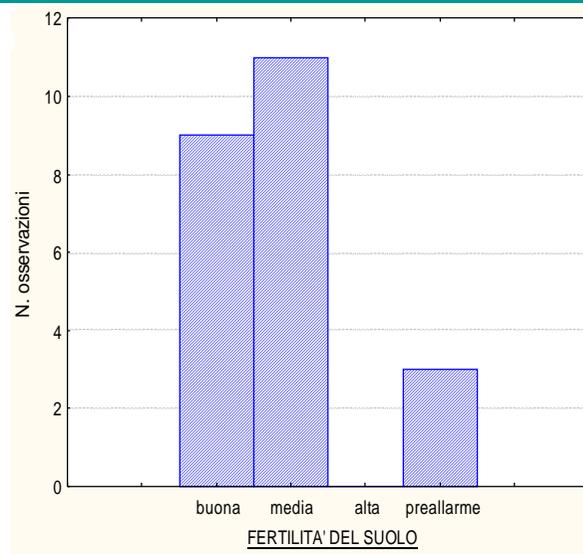
<u>Parametri analizzati</u>	<u>Punteggi assegnati</u>
Carbonio Organico Totale	2
Respirazione basale	2
Carbonio microbico	2
Quoziente metabolico	3
Quoziente di mineralizzazione	3
TOTALE	12

Il risultato ottenuto permette di assegnare a questo terreno una classe di fertilità **MEDIA**.

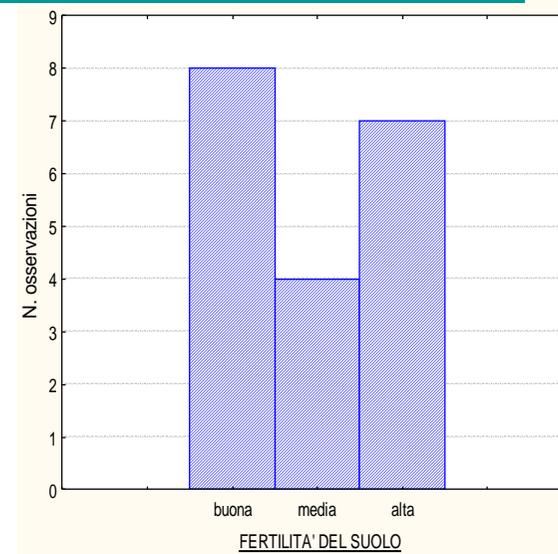
Risultati monitoraggio 2004 -



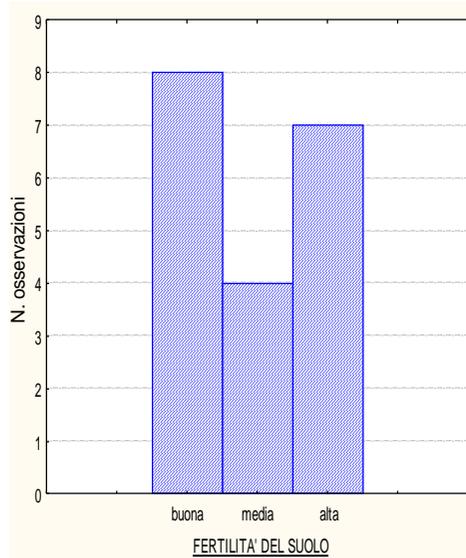
Frosinone



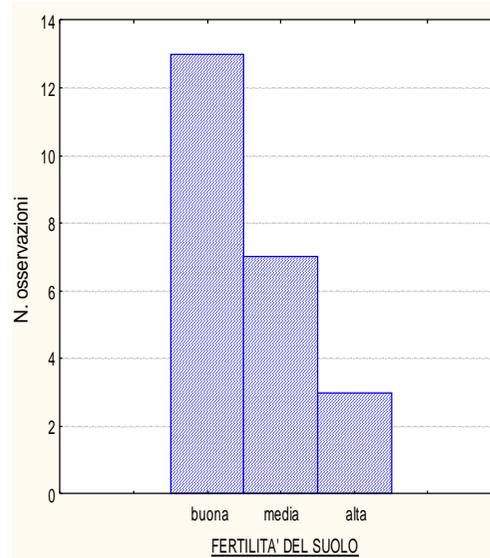
Viterbo



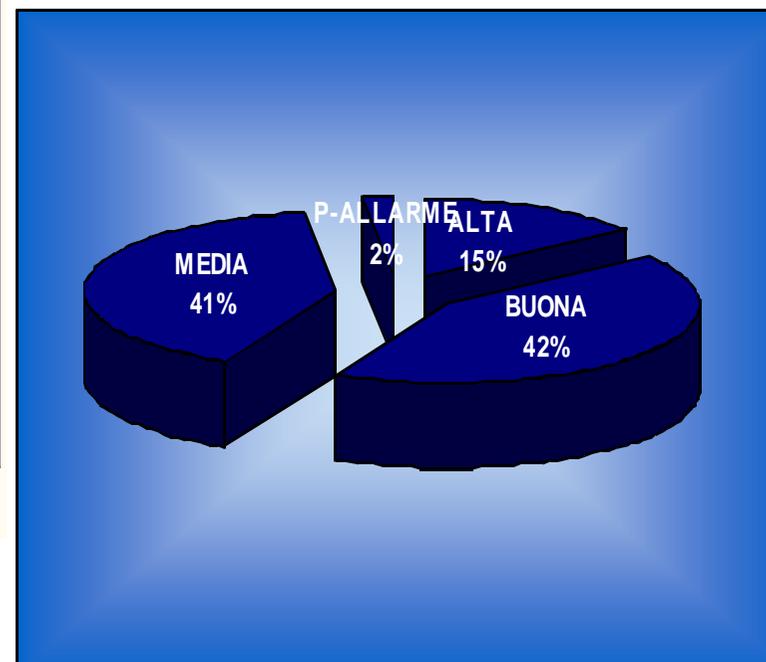
Latina



Rieti

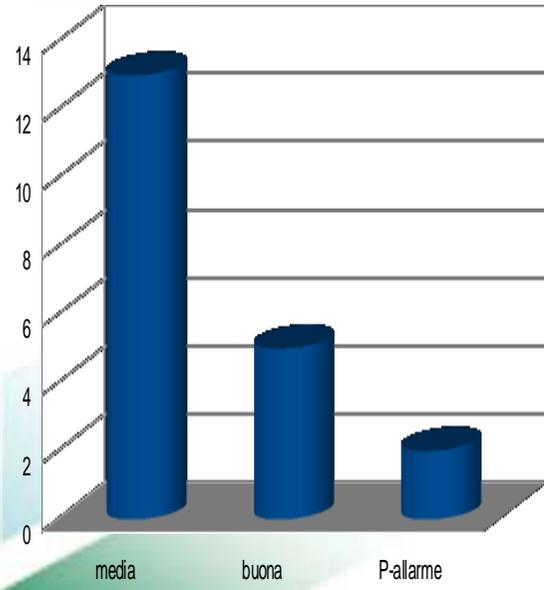


Roma

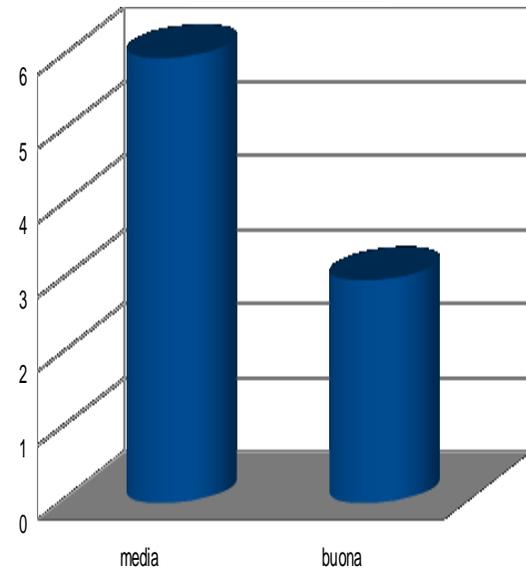


Risultati monitoraggio

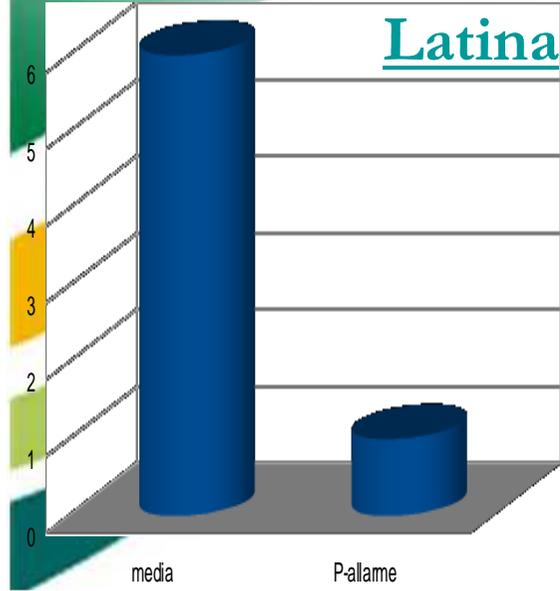
Roma



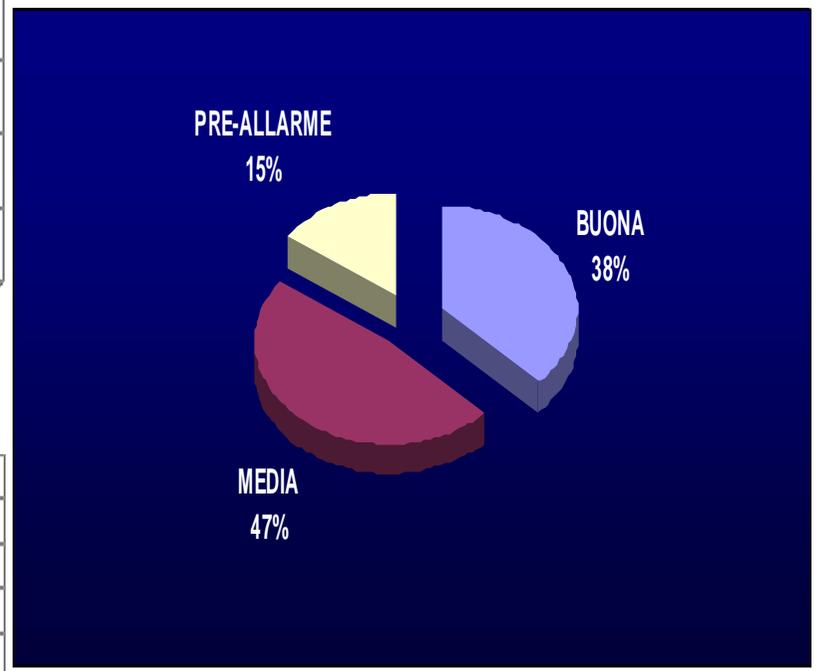
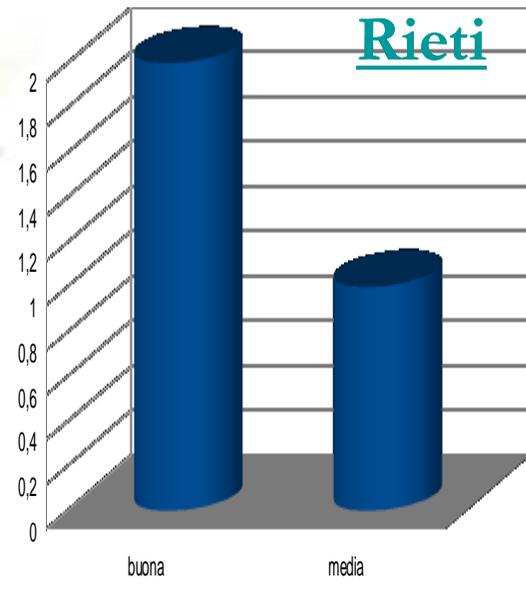
Viterbo



Latina



Rieti



Il caso studio

*Vitis Vinifera L.,
allevata nel territorio della Regione
Lazio
con sistemi di conduzione biologica e
convenzionale*



Il caso studio: 1

4 siti campionati

3 siti gestiti con un sistema di tipo convenzionale

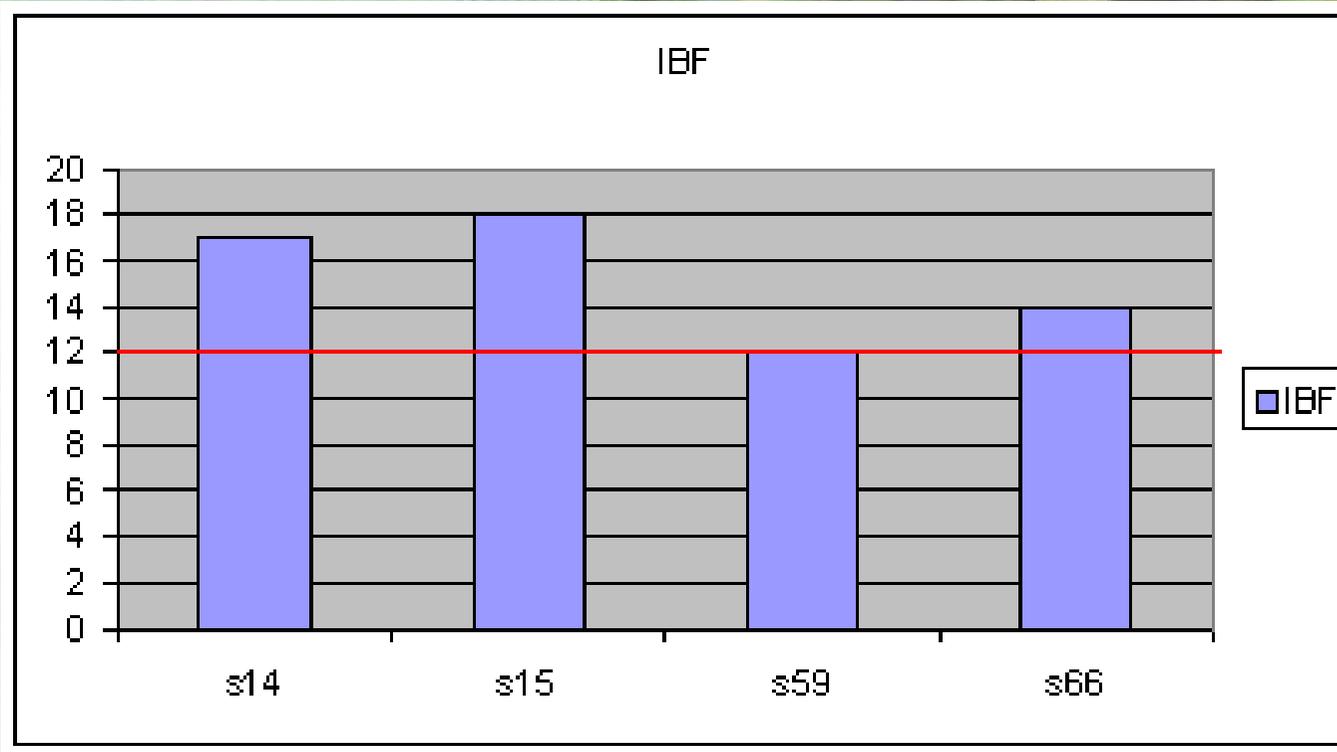
1 sito gestito con sistema di tipo biologico



Applicazione dell' indice IBF

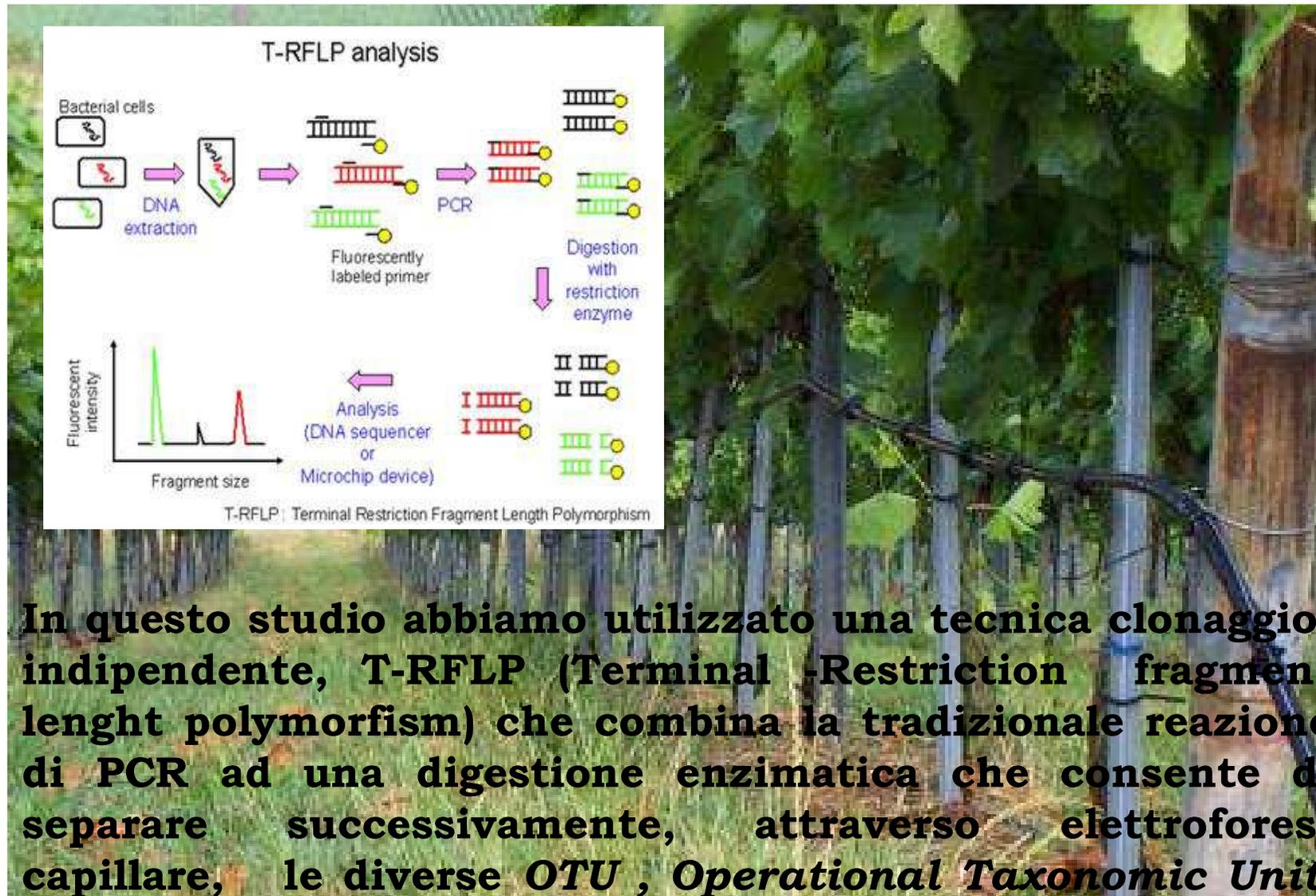
Parametri utilizzati	Punteggio			
	convenzionale	convenzionale	biologico	convenzionale
Sostanza organica (%)	2,9	3,6	0,8	2,6
Respirazione basale (ppm)	6,4	5,5	7,8	5,5
Respirazione cumulativa (ppm)	294,4	206,4	189,9	230,1
Carbonio microbico (ppm)	190,7	212,8	76,9	82,9
Quoziente metabolico	0,2	0,1	0,4	0,3
IBF	17	18	12	14
Classe di fertilità	IV	IV	II	III

Applicazione dell'indice IBF: I° livello



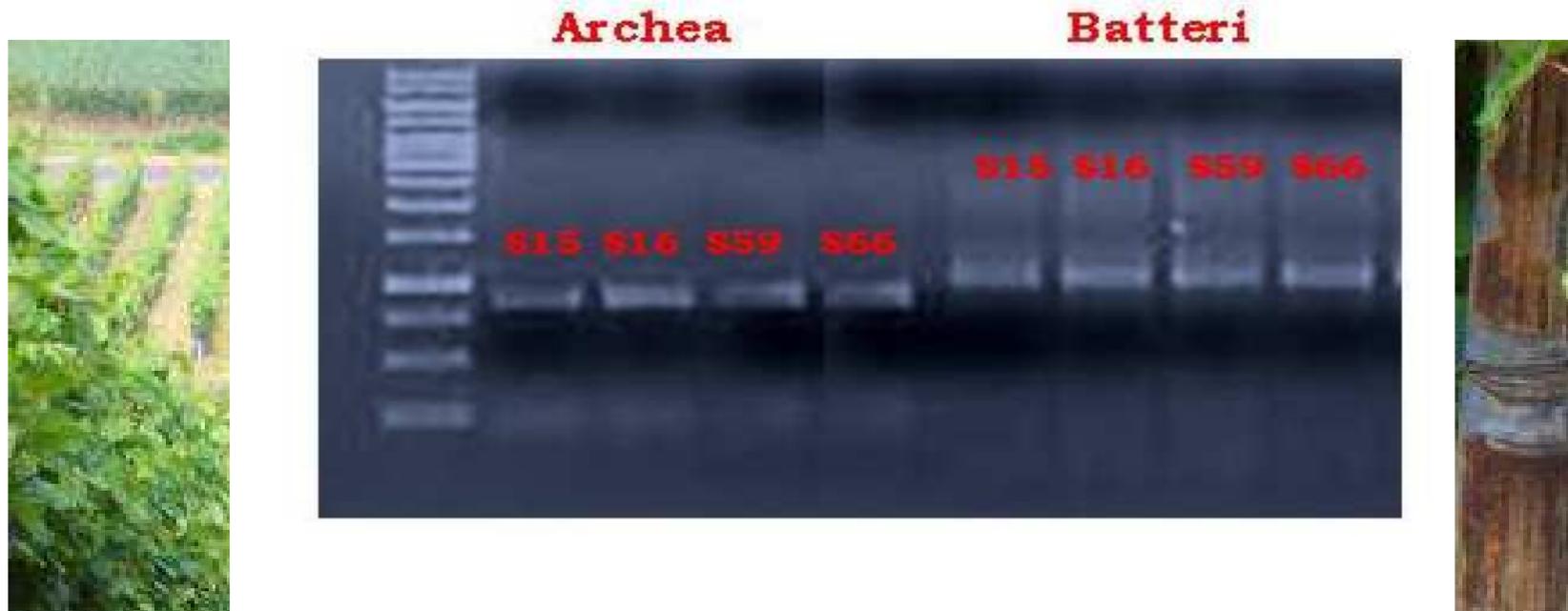
Il sito S59 mostra un livello di sostanza organica al di sotto dei livelli normali, considerando che per un suolo agrario solitamente si stima un tenore variabile dal 2-5%, questo valore accompagnato da un quoziente di mineralizzazione e metabolico elevati portano ad ottenere un IBF pari a 12 che denuncia lo stato di *stress pre-allarme*.

Analisi Molecolare: II° livello



In questo studio abbiamo utilizzato una tecnica clonaggio-indipendente, T-RFLP (Terminal -Restriction fragment lenght polymorfism) che combina la tradizionale reazione di PCR ad una digestione enzimatica che consente di separare successivamente, attraverso elettroforesi capillare, le diverse OTU , *Operational Taxonomic Unit*, dal DNA microbico totale.

Analisi Molecolare: II° livello



I risultati dello screening degli archea e dei batteri (sequenza parziale del gene 16S rRNA), mostrano la presenza in tutti i siti analizzati sia di archea che di batteri. Questa prima analisi preliminare fornisce un dato qualitativo e non dà informazioni sulla biodiversità in termini di quantità ed entità microbiche presenti; indubbiamente si evince, soprattutto nel caso degli archea, una differenza tra i quattro siti. Successive analisi sono in corso per poter definire il 3° e 4° livello di

Caso studio 2: Maccarese

EROSIONE GENETICA

Il campo dell'azienda è stato trattato con agenti fumiganti (1,3-dicloropropene) per oltre 20 anni per combattere i nematodi che danneggiavano la coltura. Tuttavia i fumiganti hanno provocato anche gravi problemi di biodiversità e sostenibilità a livello di suolo.

Sono stati quindi applicati alcuni indicatori per valutare il grado di fertilità biologica del suolo e, soprattutto, della sua diversità microbica

La caratterizzazione chimica-fisica di base del suolo ha evidenziato un elevato contenuto in sabbia (92%), un pH pari a 8,3 e un basso contenuto in azoto totale (0,4 g/kg).



Calcolo IBF: I° livello

<u>Parametri analizzati</u>	<u>Punteggi assegnati</u>
Sostanza organica	1
Respirazione basale	1
Respirazione cumulativa	2
Carbonio microbico	1
Quoziente metabolico	2
Quoziente di mineralizzazione	3
IBF	10

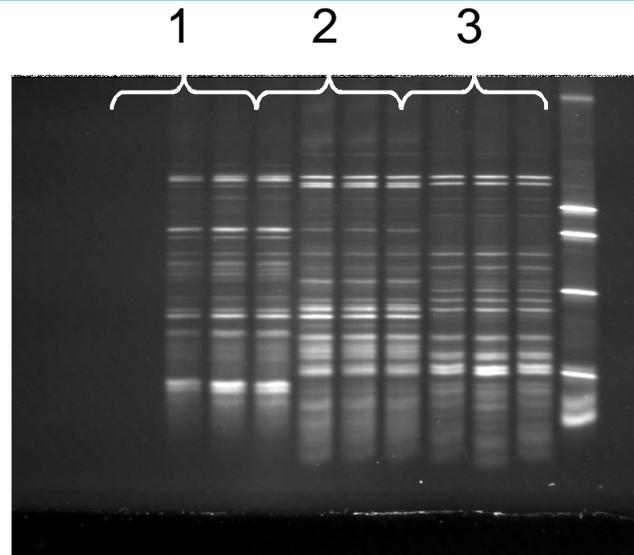
Classe di fertilità

I	II	II	IV	V
Stanchezza preallarme	Stress preallarme	media	buona	alta

Punteggio

6	7-12	13-18	19-24	25-30
---	------	-------	-------	-------

Analisi ARDRA : II° livello



**Ci sono solo 3
specie
batteriche
(aplotipi) !!**

Allo scopo di “misurare” il grado di diversità microbica, è stata deciso di analizzare inizialmente la componente coltivabile dei microrganismi del suolo. Pertanto, dopo aver effettuato l'estrazione delle cellule dal suolo, sono state fatte crescere *in vitro* su un terreno di coltura massimo. E' stata osservata la crescita di poche colonie batteriche molto simili tra loro.

A questo punto è stato estratto il DNA totale da ciascuna colonia e amplificato il 16S rDNA. Mediante analisi di restrizione del DNA amplificato è stato possibile ottenere il profilo ARDRA (aplotipi) di ciascun campione.

Ad aplotipi uguali corrispondono specie batteriche uguali, perciò sono stati individuati e raggruppati tutti i batteri isolati sulla base del loro profilo ARDRA.

A questo punto si è deciso di approfondire l'analisi e utilizzare gli indicatori di II° livello per capire quali batteri fossero resistenti alla prolungata fumigazione del suolo e,. E' stata effettuata l'analisi ARDRA delle comunità microbiche coltivabili ed ha permesso di individuare un diverso numero di aplotipi

Campione	N° aplotipi
T	3

Indicatori di III° livello

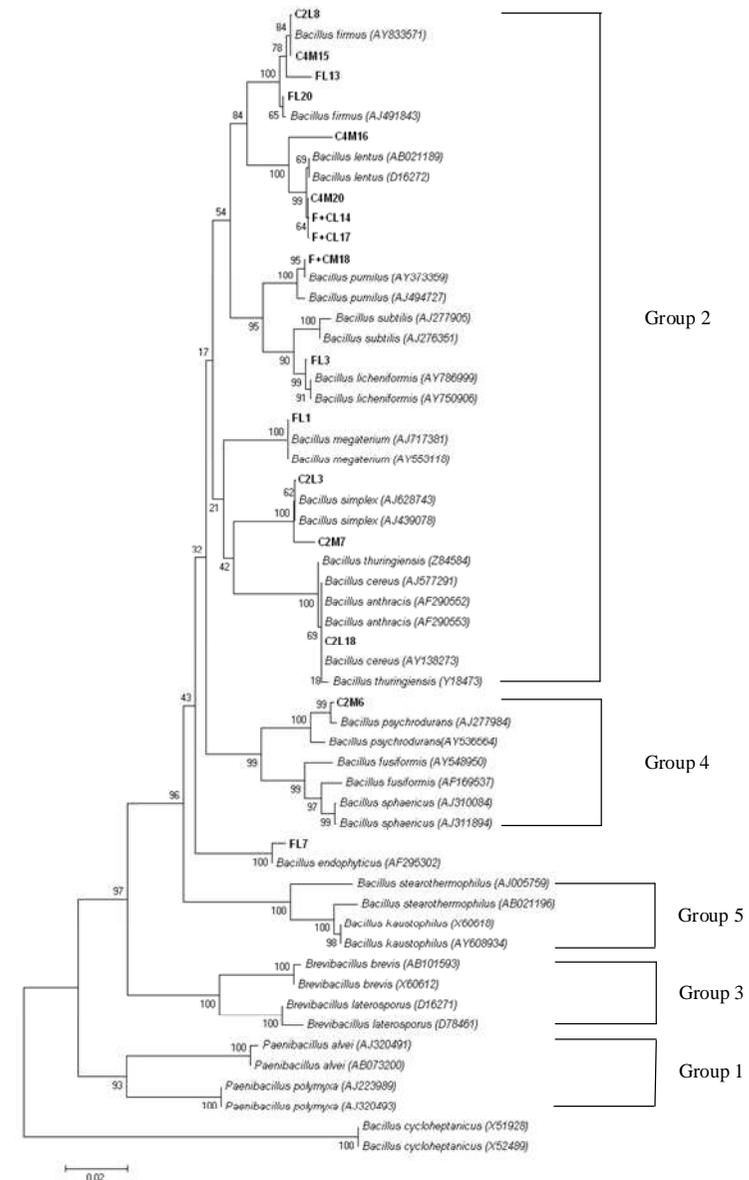
Sequenziamento del 16S

Mocali et al., 2008. *Biology and Fertility of Soils* **44**: 557-569

Analisi tassonomica

Sequenziamento del gene 16S rDNA

I 5 aplotipi più frequenti corrispondono a specie batteriche che rappresentano oltre il 64% del totale.



• I 20 anni di fumigazione del suolo avevano portato ad un impoverimento della sua fertilità e della biodiversità. Erano sopravvissute solo 3 specie batteriche, tutte appartenenti al genere *Bacillus*: *B. firmus* (C2L8), *B. firmus* (FL13) e *B. licheniformis* (FL3), tutti gram-positivi sporigeni in grado di sopravvivere anche in situazioni di grave stress ambientale.

Questi risultati riflettono il livello di “Biodiversità attuale” del suolo oggetto dello studio e confermano la stretta correlazione esistente tra fertilità, diversità microbica e sostenibilità del suolo



Grazie per l'attenzione



Campionamento

- Sono stati campionati I siti di osservazione lungo transetti che tenessero conto di alcune variabili e precisamente:
- A) inquinamento veicolare: distanza progressiva dalle arterie pontina e cristoforo Colombo;
- B) seminativi ed ex seminativi
- C) pascolamento e non pascolamento
- D) esposizione ai venti dominanti provenienti dalla città di Roma
- E) differente copertura vegetale e depoizioni atmosferiche umide e secche
- F) aree percorse da incendio e non

A) inquinamento veicolare: distanza progressiva dalle arterie pontina e cristoforo Colombo

E' emerso che I valori riscontrati sul suolo per rame e zinco sono dello stesso ordine di grandezza dei siti urbani, superiori per cadmio, nichel e cromo, nettamente inferiori per piombo. Nel corso degli anni il contenuto in metalli è andato aumentando risultando più alto ai confini della tenuta e minore nelle zone più interne.

Indicatori microbiologici

- Nei siti ove i metalli sono risultati più elevati gli indicatori microbiologici e biochimici hanno mostrato un preallarme inquinamento, manifestando una sofferenza nelle specie dei microrganismi del suolo con una iperattività degli ammonioossidanti a discapito degli altri gruppi fisiologici. (*Pinzari, F, trinchera, A.; Benedetti,A.; Sequi, P.:Defining soil quality in Mediterranean forest system: Microbial biomass activity, Fresenius Environ. Bull. 7, 447-457 (1998)*)

Suolo ed atmosfera

- Il monitoraggio ambientale negli anni 92-97 ha consentito di evidenziare l'eccedenza delle deposizioni umide e secche rispetto ai carichi critici di acidità
- *(quantità di una data sostanza che un comparto ambientale può tollerare senza che si verificano effetti negativi)*
- Cinque classi di sensibilità da 0 a 2000 eq H⁺ (la tenuta rientra nelle prime 3, (Francaviglia et al. 2001)
- Gli indicatori hanno mostrato che l'ecosistema a pineta è risultato essere il più vulnerabile



incendi

- Gli indicatori hanno evidenziato una popolazione microbica nettamente ridotta, con una forte perdita di sostanza organica ed una importante incapacità del sistema a conservare ed a ripristinare la fertilità del suolo e il ciclo biogeochimico degli elementi.

Villa Ada



Contaminanti organici ed inorganici presenti in muschi e suoli urbani: I parchi della città di Roma di Cenci et al 2006

- Villa Borghese
- Villa Ada
- Villa Doria Pamphili
- Sono state predisposte 11 stazioni di prelievo
- Sono stati analizzati:
- Metalli pesanti
- PCB ed organoclorurati
- Indice di fertilità biologica

Villa Borghese



Metalli pesanti

- Solo per il Cd a villa Pamphili e per lo Zn a villa Borghese è stato accertato che l'origine dell'inquinamento è di tipo antropico, per i restanti elementi e per gli altri siti l'inquinamento trova origine nel substrato/suolo. Infatti nei primi due casi le concentrazioni decrescono allontanandosi dalla strada verso il centro della villa. I valori sono comunque "tranquillizzanti"
- (fattore di arricchimento nei muschi superiore a 15 sono attività antropiche, inferiore a 5 suolo)

Villa Pamphili



Altri inquinanti

- Dalla letteratura si riscontra che (Motelay Massey, 2004)
- **PCBs** 342 microg/Kg area industriale
- 5,5 area urbana
- da 40,1 a 0,13 area sub-burbana
- 18,2 area naturale
- **Nei parchi romani valori molto omogenei tra 18 e 23**

Idrocarburi policiclici aromatici

- nei **muschi** sono stati riscontrati valori medi compresi tra **350-700** microg/kg
- Dalla letteratura: valori di circa 500 nelle vicinanze di strade ad alta percorrenza
- Intorno a 600 in zone parco
- Intorno a 3000-3500 aree industriali
- Nei **suoli** valori tra **600** (Villa Pamphili) e **1500** (villa Ada)

Organoclorurati

- Nei **suoli** dei tre parchi si sono riscontrati valori compresi tra **2,7 e 7,8** microg/kg
- Simili a valori riportati in letteratura per aree naturali e parchi.
- Ovviamente non sono confrontabili con i valori comunemente riscontrate in aree agricole.

BIOINDICATORI microbici

- C microbico
- Villa Ada valori molto al di sopra della media (200-300 ppm)
- Villa Pamphili e Villa Borghese valori molto più bassi della media
- Indicano una situazione che si allontana dallo stato di equilibrio, infatti i valori della **respirazione** mostrano una certa difficoltà da parte dei microrganismi di degradare il substrato nutritivo

Conclusioni

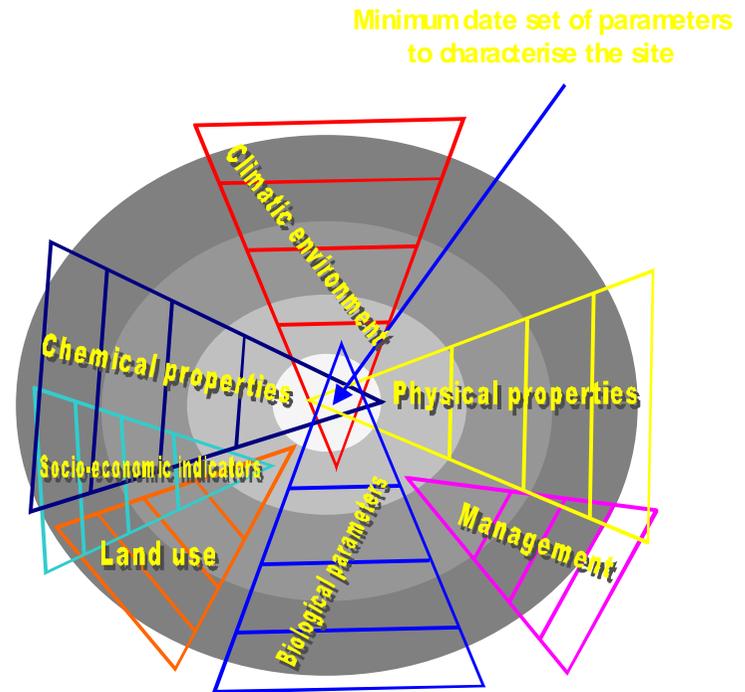
- L'uso di indicatori di qualità del suolo si è dimostrato un utile strumento diagnostico
- Se
- Utilizzato in maniera sinergica mediante la combinazione di differenti scale gerarchiche di indicatori di qualità:
 - Fisici,
 - Chimici,
 - Biologici

Monitoraggio

- Mai limitarsi a trarre conclusioni a livello ambientale senza l'ausilio di un monitoraggio:
- **Spaziale** (rilievi casuali, lungo un transetto, costruendo controlli interni, ecc)
- **Temporale** (pochi punti ripetuti nel tempo)
- **Spazio-temporale** (individuazione di aree pilota su cui condurre i medesimi rilievi con cadenza costante)

Monitoraggio /2

- Modello costruito a Castelporziano ha consentito di evidenziare dal monitoraggio combinato dei comparti ambientali:
- Acqua
- Aria
- Suolo
- Le pressioni antropiche, piuttosto che quelle naturali.



Spendibilità dei risultati

EUROPEAN COMMISSION 

Environment fact sheet:
**soil protection —
a new policy
for the EU**



- Soil is a key, largely non-renewable and very complex natural resource and yet it is increasingly damaged by certain human practices.
- EU law does not address all the threats in a comprehensive way and not all Member States have specific legislation on soil protection.
- The European Commission has launched a global cross-EU strategy to deal with all aspects of soil protection, while taking into account the variety of situations in each country.
- Adopting the soil strategy is the first stage in the development of a proper soil policy in the European Union.

Iniziativa di sostegno alla stesura della Direttiva Europea sulla conservazione del suolo che prevede tra le diverse priorità, il monitoraggio, la conservazione ed il ripristino della biodiversità del suolo

Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC.

Grazie per l'attenzione

