4 Trasferimento tecnologico
Technology transfer

e formazione. Coinvolge interazioni faccia-a-faccia attraverso il quale l'informazione tecnico-scientifica è scambiata. La tavola 4.3d illustra questa attività.

- Personale in formazione. Rappresenta una parte fondamentale del trasferimento tecnologico education-oriented che genera quello che prima è stato definito trasferimento tacito, elemento essenziale per l'innalzamento del livello innovativo in una società moderna. La tavola 4.3e mostra il numero di formandi per tipologia.
- Insegnamento del personale di ricerca. I ricercatori CNR oltre a svolgere un'intensa attività di ricerca scientifica svolgono anche un'importante attività di divulgazione delle conoscenze e competenze accumulate mediante l'insegnamento in corsi universitari e non. La tavola 4.f illustra la tipologia degli insegnamenti per aree scientifiche.
- Infine fra i meccanismi di trasferimento tecnologico sono da citare le circa 150 banche dati, elaborate per il 70% dagli istituti e per il 30% dai centri, messe a disposizione di studenti, università, imprese, pubbliche amministrazioni e professionisti. Poiché l'accesso a questa tipologia di trasferimento in alcuni organi è a pagamento, ma in altri è gratuito, si è ritenuto opportuno non inserirla nelle due macro tipologie education e market oriented.

scientific and technical information through face-to-face interaction. Table 4.3d illustrates this activity.

- *Trainee personnel constitute a fundamental element of the education-oriented technology transfer generating what has been defined above as tacit transfer. This is essential to any improvement in the innovative level of a modern society. Table 4.e gives a breakdown by type.*
- *Teaching by research personnel. In addition to their intense involvement in scientific research, CNR personnel also perform an important function of disseminating their accumulated knowledge and skills through teaching in university and non-university courses. Table 4.f illustrates the types of teaching provided by scientific area.*
- *Finally, among the various mechanisms of technology transfer, attention should be drawn to the approximately 150 databases – 70% of which developed by the research institutes and the remaining 30% by the centers – made available to students, universities, firms, public sector bodies and professionals. Since access to this form of transfer is free of charge in some organizations and on a paid basis in others, it has been decided not to include it in the two major categories of market-oriented and education-oriented technology transfer.*

4.4 Collaborazioni del CNR all'esterno

La riforma del CNR, introdotta dal decreto legislativo n. 19 del 1999 mette a disposizione dell'Ente alcuni strumenti di intervento per la valorizzazione, lo sviluppo precompetitivo e il trasferimento dei risultati della ricerca scientifica e ne potenzia l'uso attraverso la partecipazione a società di diritto privato per commercializzare gli output della propria attività di ricerca.

In attesa di attivare queste nuove opportunità operative, nel corso del 2000 il CNR ha continuato a svolgere le proprie attività di collaborazione scientifica con altri istituti di ricerca e soggetti del mondo produttivo, attraverso i consorzi. Il loro scopo è quello di creare le condizioni per permettere la realizzazione di impor-

4.4 CNR collaboration with external bodies

The reform of CNR introduced by legislative decree 19 of 1999 provides the organization with various operational tools for the promotion, precompetitive development and transfer of results obtained by scientific research and boosts their exploitation through participation in companies set up under private law to market the output of CNR research activities.

Pending activation of these new operational opportunities, CNR continued its activities of scientific collaboration with other research institutes and concerns operating in the industrial sector during 2000 through consortiums. The purpose of these bodies is to create the conditions needed for the implementation of major research projects requiring interaction between the

4

Trasferimento tecnologico

Technology transfer

4.4a Consorzi e società consortili: attività e risultati di gestione

Activities and results of consortia

Denominazione Name	Oggetto sociale Scope	Forma partecipazione Law	Anno di costituzione Year of fundation	Fondo consortile (L/mio) Capital of consortia (L/mio)	Partecipazione del CNR (%) CNR share in participation (%)	Stato patrimoniale (L/mio) Net assets (L/mio)	Risultato economico /mio) Profit/Loss (L/mio)
Consorzio obbligatorio per l'impianto, la gestione e lo sviluppo dell'Area per la ricerca scientifica e tecnologica nella Provincia di Trieste – Padriciano (Trieste)	Promozione dello sviluppo scientifico, economico e sociale della Regione *Regional development*	L. 546/1977 e successive modificazioni	nd	75.000	nd	208.354	531,0
Consorzio per la Ricerca sui Semiconduttori Composti – C.R.S.C. – Roma	Sviluppo di materiali semiconduttori composti per applicazioni in elettronica veloce e fotonica *Electronic and photonics*	L. 46/1982	1984	150	5	232	-126,0
Consorzio Ricerche Tecnologiche Edilizie – RI.T.ED – Roma	Tecnologie civili ed innovazione del prodotto edilizio *Civil engineering technologies*	L. 46/1982	1985	50	nd	1.543	2,0
PASTIS – Centro Nazionale per la Ricerca e lo Sviluppo dei Materiali – Società consortile per azioni – Brindisi	Sviluppo ricerca nel campo dei nuovi materiali. Supporto all'innovazione del sistema delle PMI locali *SME system innovation*	L.240/1981	1987	3.027	11	37.245	139,0
Consorzio C.E.O. – Centro di Eccellenza Optronica – Firenze	Attività di ricerca e formazione nel campo dell'optoelettronica *Optoelectronics*	L. 46/1982	1987	300	16	1.241	- 15,8
C.A.M.P.E.C. S.c.r.l. – Consorzio sulle Applicazioni dei Materiali Plastici e per i Problemi di Difesa dalla Corrosione – Portici (Napoli)	Nuovi materiali plastici *New plastic material*	L. 240/1981	1987	600	28	1.210	- 3,0
Consorzio Siena Ricerche – Siena	Ricerca biotecnologica nell'area biomedica, chimica, agraria e tecnologica *Biotechnology*	L. 46/1982	1987	120	20	5.563	141,0
Consorzio Agrital Ricerche – Maccarese (Roma)	Ricerca nel settore delle produzioni vegetali (agricole e forestali) ed animali *Vegetation and forest*	L. 46/1982	1987	630	14	8.958	- 427,0
Consorzio CIVITA – Roma	Attività di ricerca e formazione nel campo dei Beni culturali ed ambientali *Cultural heritage*	L. 46/1982	1990	69	nd	4.150	0,0
Consorzio Nazionale di Ricerca per le Tecnologie Optoelettroniche dell'Inp – OPTEL-Inp – Roma	Sviluppo di tecnologie per la opto e micro-elettronica per applicazioni industriali *Opto and microelectronics*	L. 46/1982	1990	200	25	7.265	104,0
Consorzio di Ricerca del Gran Sasso – Assergi (L'Aquila)	Sviluppo rete per rilevamento e controllo ambientale dell'area del Gran Sasso *Environmental protection of Gran Sasso mountain*	L. 366/1990	1990	350	14	401	- 49,0
Consorzio per l'Innovazione dei Sistemi Informativi Geografici dei Grandi Bacini Fluviali (CISIG) – Parma	Studi ambientali. Sviluppo sistemi informativi geografico-territoriali. Telerilevamento. *Environmental researches*	L. 46/1982	nd	100	0*	517	0,4
Sistemi Innovativi per la Tecnologia della Scarpa Italiana (Consorzio SINTESI) – Milano	Sistemi automatizzati per il settore calzaturiero *Automation in shoe production*	L. 46/1982	1995	82	7	2.781	3,0

4 **Trasferimento tecnologico** Technology transfer

4.4a Consorzi e società consortili: attività e risultati di gestione (segue)
Activities and results of consortia (continued)

Denominazione Name	Oggetto sociale Scope	Forma partecipazione Law	Anno di costituzione Year of fundation	Fondo consortile (L/mio) Capital of consortia (L/mio)	Partecipazione del CNR %) CNR share in participation (%)	Stato patrimoniale (L/mio) Net assets (L/mio)	Risultato economico /mio) Profit/Loss (L/mio)
Consorzio RFX – Padova	Svolgimento dell'esperimento RFX nell'ambito del contratto EURATOM/ENEA *RFX nuclear energy project*	L. 46/1982	**1996**	**320**	**31**	**13.297**	**1.440,0**
Consorzio di Ricerca per lo Sviluppo di Sistemi Innovativi di Concezione e Produzione per il Settore Meccanico (Consorzio "Produzione 2000") – Milano	Innovazione per stazioni di lavorazione meccanica *Innovation in mechanic workstations*	L. 46/1982	**1997**	**30**	**0***	**7.314**	**- 8,0**
Consorzio di Ricerca per i Veicoli a Minimo Impatto Ambientale (Consorzio CORIVAMIA) – Arese (Milano)	Vetture a ridotta emissione di seconda generazione *Second generation low emission vehicles*	Art. 2602 e seguenti del Codice Civile	**1996**	**160**	**9**	**125**	**- 73,0**
Società consortile a responsabilità limitata ASSOTEC – Milano	Promozione e sostegno allo sviluppo tecnologico delle imprese della Lombardia *Technology development of Lombardia SMEs*	Art. 2602 e seguenti del Codice Civile	**1997**	**300**	**33**	**504**	**0,5**
Consorzio per la gestione del Centro di coordinamento delle attività di ricerca inerenti al Sistema Lagunare di Venezia – Venezia	Promozione e coordinamento delle ricerche inerenti il sistema lagunare veneto *Venetian lagoon research*	Art. 12 e seguenti del Codice Civile	**1998**	**40**	**25**	**472**	**0,0**
A.S.T.E.R. Agenzia per lo Sviluppo dell'Emilia Romagna Società consortile a responsabilità limitata – Bologna	Sviluppo tecnologico delle imprese dell'Emilia Romagna *Technology development of Emilia Romagna SMEs*	Art. 2602 e seguenti del Codice Civile	**1985**	**1.000**	**10**	**7.822**	**26,0**
Consorzio U.L.I.S.S.E. (Consorzio tra Università e Laboratori Industriali per lo Sviluppo di Sistemi Elettronici) – Roma	Tecnologie elettroniche, microelettroniche ed optoelettroniche *Electronics, microelectronics and optoelectronics*	L. 46/1982	**1996**	**460**	**5**	**499**	**0,0**
CC.I.R.A. – Centro Italiano di Ricerche Aerospaziali – Società Consortile per Azioni – Capua (Caserta)	Ricerca, sperimentazione e formazione nei settori aeronautico e spaziale *Research in aeronautic and space sectors*	Art. 2615ter del Codice Civile	**1999**	**1.907**	**21**	**nd**	**nd**

Nd = non disponibile / Na = no aavailable *Contributo in servizi e competenze

Fonte: DAST *Source: DAST*

4 Trasferimento tecnologico
Technology transfer

tanti progetti di ricerca che richiedono, sia per gli sforzi economico-produttivi, sia per le sinergie applicabili, l'interazione tra il sistema della ricerca pubblica e il sistema produttivo.
La tavola 4.4a illustra il quadro completo dei Consorzi in cui il CNR è stato presente nel corso del 2000, riportando anche i risultati di gestione. Nella tavola successiva (4.4b) vengono riportate le nuove iniziative in corso di istruttoria preliminare nel 2000.

public research system and the production system in connection both with the economic and productive efforts involved and with the range of applicable synergies.
Table 4.4a provides a complete list of the consortiums in which CNR was involved during 2000 and details of their balance sheets for the year. Table 4.4b illustrates the new initiatives undergoing preliminary appraisal during 2000.

Si segnala, inoltre, che il CNR sta valutando – alla luce dell'art. 8 del Regolamento sulla presenza del CNR in iniziative comuni con altri soggetti pubblici e privati - la possibilità di sviluppare e consolidare la propria partecipazione in alcuni Consorzi Città Ricerca ed in particolare Milano, Pisa, Roma e Catania. L'Ente formalmente aderisce già dal 1989 a detti Consorzi anche se non ha mai versato le relative quote

In the light of article 8 of the regulations governing CNR involvement in joint initiatives with public or private-sector concerns, CNR is now assessing the possibility of developing and consolidating its participation in a number of city research consortiums, with particular reference to Milan, Pisa, Rome and Catania. CNR has been formally involved in these consortiums since 1989 but has never paid in the relevant

4.4b Partecipazioni del CNR in fase di studio o in via di definizione
CNR participation in course of evaluation

Denominazione Name	Attività Activity
LAMMA-SKYMED Società consortile per azioni - Firenze	Meteorologia, climatologia, telerilevamento, e monitoraggio del territorio e del mare Technology transfer in meteorology
T.H.E.M.I.S. - La Laguna (Tenerife)	Gestione del telescopio eliografico per lo studio del magnetismo e delle instabilità solari Solar magnetism and instability
COREP (Consorzio per la Ricerca e l'Educazione Permanente) - Torino	Formazione ed aggiornamento professionale nei settori dell'ingegneria e dell'architettura Continuing education in engineering and architecture
ICARO (Interagency Commission for Airborne Research and Observations) - Gruppo Europeo di Interesse Economico	Gestione dell'aereo stratosferico russo Geophysika M-55 Management of the russian stratosferic aircraft Geophysika M-55
Consorzio di Ricerca Applicata in Agricoltura - Napoli	Risoluzione di problemi nel settore agricolo e degli alimenti Problem solving in agriculture and food
Joint Venture Italo-Tedesca - Milano	Cooperazione tra l'Istituto ITIA di Milano ed il Fraunhofer Institut Arbeitswirtschaft und Organisation di Stuttgart nell'ambito delle tecnologie di produzione Cooperation between ITIA Institute (CNR) and Fraunhofer Institute
CINECA Consorzio Interuniversitario per la gestione del Centro di Calcolo Elettronico dell'Italia nord-orientale - Casalecchio di Reno (Bologna)	Promozione dell'utilizzo dei più avanzati sistemi di elaborazione dell'informazione Promotion of information technology
Sardinia Radio Telescope - Cagliari	Realizzazione e gestione di un'antenna denominata Sardinia Radio Telescope per radioastronomia, esplorazione del sistema solare, ricerca di nuovi sistemi planetari ed esperimenti di fisica fondamentale Engineering and management of a telescope for radioastronomy
Progetto PARNASO	Esecuzione di tre progetti relativi alle tematiche del PNR sui Beni Culturali Implementation of three projects from the National Plan on Cultural Heritage
Virtual Reality & MultiMedia Park - Torino	Promozione della multimedialità con particolare riguardo alla realtà virtuale ed alle sue applicazioni Promotion of multimedia, virtual reality and derived products

Fonte: DAST *Source: DAST*

4
Trasferimento tecnologico
Technology transfer

consortili in quanto la propria partecipazione – così come stabilito a suo tempo dal MURST – doveva essere condizionata a specifici adeguamenti dei rispettivi Atti Costitutivi e Statuti, oggi superati alla luce dell'applicazione del nuovo Regolamento di cui sopra.

Venendo ora ad analizzare l'anno di costituzione dei consorzi cui partecipa il CNR appare evidente come il 67% di essi siano stati costituiti dopo il 1990, a testimonianza di un'aumentata dinamicità dell'attività dell'Ente nel realizzare collaborazioni con soggetti esterni.

La tavola 4.4c, invece, mostra come il 57% della base normativa con cui sono stati costituiti i consorzi è la legge 46/1982, mentre un 19% è stato formato sulla base di altre leggi (L. 240/1981, L. 546/1977, ecc.), il rimanente 24% ricorrendo ai tradizionali articoli (2602, 2615ter) del codice civile. La quota di partecipazione CNR al capitale dei suddetti consorzi oscilla tra il 5 e il 33%. In particolare nel 42% dei casi le quote CNR superano il 20% del capitale, tavola 4.4d. I principali settori di attività in cui operano i consorzi sono rappresentati nella tavola 4.4e. Il settore ambientale è presente col 24%, seguito da quello dei servizi, dei nuovi materiali e dell'elettronica/optronica che hanno rispettivamente ciascuno la quota del 14%. Più bassa invece la presenza dei consorzi nei settori dell'aerospazio, delle biotecnologie e dell'agricoltura (5% ciascuno).

sums in that its participation – as decreed by the Ministry for Universities and Scientific and Technological Research – was conditional upon specific amendments to their respective statutes and articles of incorporation. These requisites are now superseded by the application of the new regulations mentioned above.

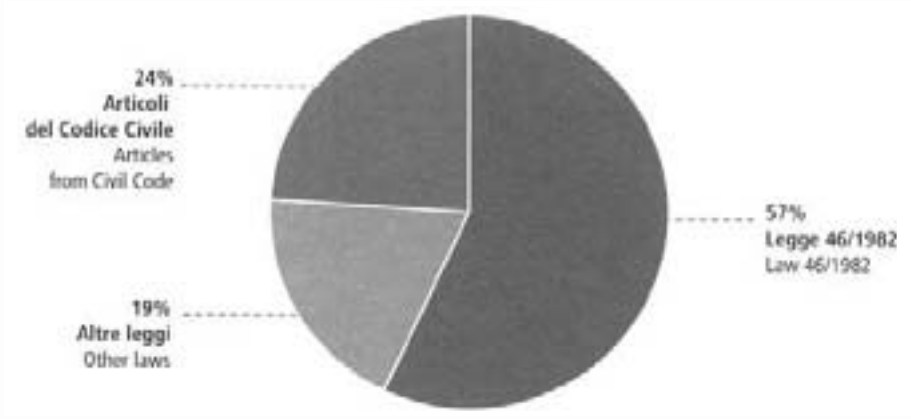
Examination of the year of foundation of the consortiums in which CNR participates shows that 67% were set up after 1990, thus attesting to increased dynamism on the part of CNR in undertaking collaboration with other organizations.

Table 4.4c shows that 57% of the consortiums were set up on the basis of law 46/1982, 19% on the basis of other laws (240/1981, 546/1977, etc.), and the remaining 24% on traditional articles of the Italian civil code (2602 and 2615 ter).

The stake of CNR in the capital of these consortiums ranges from 5% to 33%, being above 20% in 42% of cases (table 4.4d).

Table 4.4e shows the main sectors of activity in which the consortiums operate. The environmental sector accounts for 24% of the total, followed by services, new materials and electronics/optoelectronics, each accounting for 14%. Fewer consortiums are involved in the sectors of aerospace, biotechnologies and agriculture (accounting for 5% each).

4.4c Base normativa dei consorzi
Law of consortia



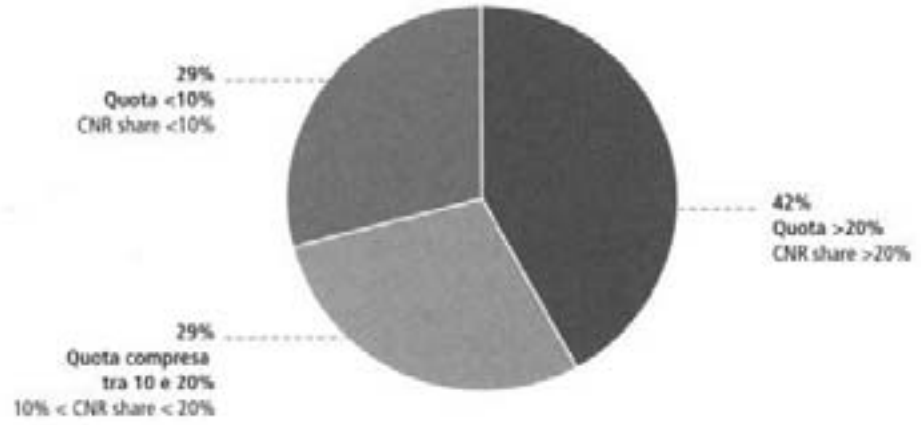
Fonte: DAST; Reparto I; Elaborazione CERIS-CNR (Torino) *Source: DAST; CERIS-CNR (Turin) elaboration*

4

Trasferimento tecnologico

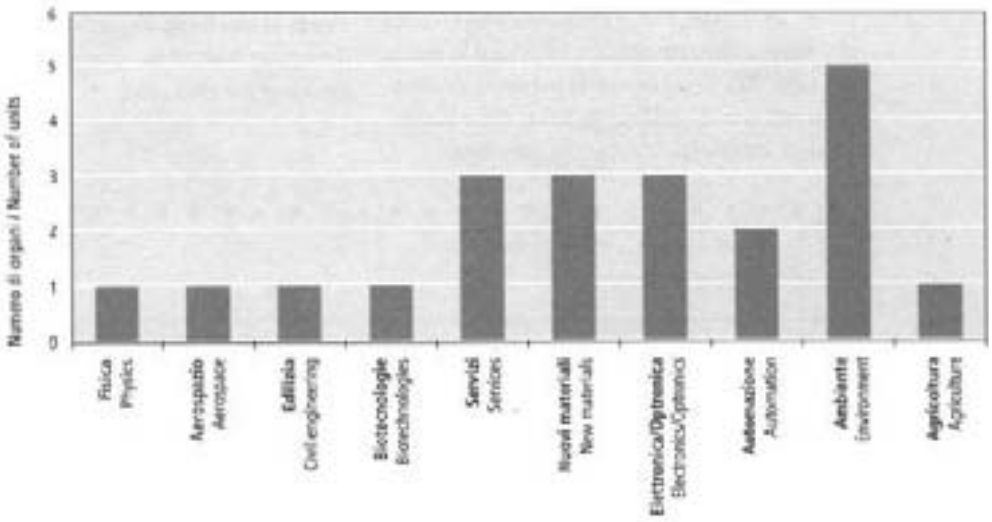
Technology transfer

4.4d Quota di partecipazione del CNR al capitale dei consorzi
CNR share in the participation of the consortia



Fonte: DAST; Reparto I; Elaborazione CERIS-CNR (Torino) *Source: DAST; CERIS-CNR (Turin) elaboration*

4.4e I settori di attività dei consorzi
Sectors of activity of consortia



Fonte: DAST; Reparto I; Elaborazione CERIS-CNR (Torino) *Source: DAST; CERIS-CNR (Turin) elaboration*

Focus

Arriva l'inquinamento pulito

Climatic effects of atmospheric aerosol in the ACE-2 project

Le particelle di aerosol presenti nell'atmosfera terrestre producono importanti effetti di diffusione ed assorbimento della radiazione solare e svolgono un ruolo fondamentale nei processi di formazione delle nubi, esercitando così una forte influenza sulle caratteristiche di riflettanza del nostro pianeta. Questi effetti indotti direttamente e indirettamente dall'aerosol sul sistema climatico superficie-atmosfera sono stati oggetto negli ultimi anni di estese ricerche. Dal 1992 ad oggi, l'International Global Atmospheric Chemistry (IGAC) Program ha promosso diversi esperimenti regionali in diverse aree del pianeta, quali ASTEX/MAGE, ACE-1, TARFOX, ACE-2, INDOEX ed ACE-3.

L'Istituto ISAO ha partecipato con due Unità Operative al progetto ACE-2 (Aerosol Characterization Experiment-2) in un'area dell'Atlantico compresa tra le Canarie, le Azzorre ed il Portogallo. La prima Unità ha operato nel Portogallo meridionale, in collaborazione con altri gruppi europei e statunitensi, per misurare le proprietà radiative dell'aerosol atmosferico di origine marina e continentale. Da queste misure sono state tratte valutazioni realistiche delle forzature radiative dirette indotte dall'aerosol nell'arco di diverse giornate caratterizzate da cielo sereno. I risultati ottenuti hanno mostrato che: (a) le forzature radiative dovute all'aerosol di pura origine marina producono effetti di raffreddamento, più intensi sopra gli oceani e più moderati sopra i continenti; (b) quelle causate da carichi atmosferici di particelle continentali (contenenti sostanze carboniose in misura rilevante) provocano in entrambi i casi degli effetti di riscaldamento, più accentuati sopra le terre emerse e meno marcati sopra gli oceani; (c) quelle generate dall'aerosol misto pro-

Atmospheric aerosol particles produce important scattering and absorption effects on solar radiation and play a fundamental role in cloud formation processes, strongly affecting planetary albedo features. The effects directly and indirectly induced by aerosols on the surface-atmosphere climatic system have been the focus of considerable research over recent years. From 1992 up to the present, the International Global Atmospheric Chemistry (IGAC) Program promoted a large number of regional experiments performed in various areas of the planet, such as ASTEX/MAGE, ACE-1, TARFOX, ACE-2, INDOEX and ACE-3.

The ISAO Institute participated with two Operative Units in the ACE-2 (Aerosol Characterization Experiment-2) project, which took place in the Atlantic Ocean area of the Canary Islands, Azores and Portugal. The first Unit operated in southern Portugal, collaborating with European and US research groups in measuring the radiative properties of atmospheric aerosols of marine and continental origin. The measurements were used to derive realistic evaluations of the direct radiative forcing caused by aerosols during various clear-sky days. The results showed that: (a) radiative forcing due to pure marine aerosols produces cooling effects that are stronger over the ocean and weaker over land; (b) radiative forcing due to atmospheric loadings of continental particles (containing carbonaceous substances) gives rise to warming effects in both cases, although more pronounced over land than over oceans; (c) radiative forcing due to mixed aerosols generally produces weak cooling effects over the ocean and weak warming over land.

The second Unit operated on Teneriffe (Canary Islands) as part of an interdisciplinary group of European and US researchers involved in studying the influence of anthropogenic aerosols

Focus

Arriva l'inquinamento pulito

Climatic effects of atmospheric aerosol in the ACE-2 project





[1]
Fotometro solare multispettrale ASP15-WL (a sinistra) in misura a Sagres (Portogallo) durante l'esperimento ACE-2.
Lo strumento è montato su un sistema automatico di inseguimento solare guidato da una telecamera CCD (a destra).
Multispectral sun-photometer ASP15-WL (left) used at Sagres (Portugal) during the ACE-2 experiment. The instrument is mounted on an automatic solar tracker driven by a CCD camera (right).

[2]
Esperimento HILL CLOUD (ACE-2) a Tenerife: impattori multistadio per il campionamento di particolato atmosferico. Il particolato è stato separato in diversi intervalli dimensionali e per ogni frazione eè stata eseguita una caratterizzazione chimica completa.
HILL CLOUD (ACE-2) experiment at Tenerife: multistage impactors for sampling the atmospheric particulate matter. The particulate matter was separated in several size intervals and a complete chemical characterization was performed for each size fraction.

ducono in generale limitati effetti di raffreddamento sull'oceano e debole riscaldamento sui continenti.

* * *

La seconda Unità ha operato sull'isola di Tenerife (Canarie) nell'ambito di un gruppo interdisciplinare composto anch'esso da ricercatori europei e statunitensi, interessati a studiare l'influenza dell'aerosol di origine antropica sulle proprietà microfisiche e radiative delle nubi nell'atmosfera marina. I risultati ottenuti dimostrano inequivocabilmente che l'avvezione di aerosol di origine antropica dal continente europeo causa la formazione di nubi contenenti un numero più elevato di goccioline rispetto alle nubi non influenzate da flussi antropici. Le goccioline nelle nubi inquinate hanno inoltre dimensioni minori rispetto alle nubi non perturbate da attività antropiche. Questo risultato ha importanti implicazioni climatiche, dato che l'aumento del numero delle goccioline delle nubi fa sì che queste risultino più riflettenti, causando un effetto di raffreddamento sul clima che può in parte compensare il riscaldamento dovuto ai gas serra.
I risultati sono stati pubblicati in diversi articoli in collaborazione con gli altri gruppi di ricerca e apparsi su note riviste del settore: "Tellus", vol. 52B, 2000: Durkee et al. (pp. 484-497); Livingston et al.(pp. 594-619); Vitale et al. (pp. 716-733); Tomasi et al. (pp. 734-749); Bower et al. (pp.750-778); "Atmospheric Environment", vol. 34, 2000: Vitale et al. (pp. 5095-5105).

*

CNR
Istituto di scienza dell'atmosfera e del clima

on cloud microphysical and radiative properties in the marine atmosphere. The results clearly highlighted that anthropogenic aerosol advection from Europe leads to the formation of clouds with a greater concentration number of droplets than in clouds not affected by anthropic fluxes. Moreover, droplets in polluted clouds have smaller sizes than those in clouds unaffected by anthropic activities. This result has important climatic implications, since the increased number of droplets in clouds lead them to be more reflective, thus causing cooling effects on the climate capable of counterbalancing the warming effects due to greenhouse gases.
The results have been published in various papers prepared in collaboration with the other research groups, which have appeared in well known scientific journals.

* * *

CNR
Institute of science of atmosphere and climate

Focus

La mappa della foresta

Genetic analysis of forest trees

La conservazione delle specie forestali richiede un'attenzione particolare coinvolgendo non solo singoli alberi, ma popolazioni ed interi ecosistemi ad elevata complessità nei quali ad un aumento della diversità corrisponde una più alta produttività ed una maggiore stabilità. La conservazione della biodiversità rappresenta una esigenza supportata da considerazioni di natura ecologica, economica ed etica. Da qui scaturisce l'interesse per la variabilità genetica e la conoscenza della diversità inter ed intraspecifica degli alberi forestali. Per tali studi si è assistito al passaggio dall'analisi di caratteri morfo-funzionali a quella del genoma anche perché si sono rese disponibili metodiche e tecniche avanzate. Numerosi marcatori molecolari identificati nel genoma nucleare, plastidiale e mitocondriale sono stati utilizzati per studiare la distribuzione delle risorse genetiche, i flussi genici, i fenomeni di introgressione e di ibridazione, nonché per indagare e comprendere i fattori che li controllano. Di interesse appaiono le indagini che hanno preso in considerazione la storia evolutiva e la distribuzione attuale degli alberi forestali. Gli studi sviluppati in questo settore negli ultimi anni hanno permesso di fornire interessanti risultati sulla distribuzione e caratterizzazione delle risorse genetiche delle più importanti specie forestali in Europa. Si riportano alcuni esempi più significativi.

Oltre 100 popolazioni di abete rosso (Picea abies) sono state analizzate con microsatelliti plastidiali al fine anche di definire e delimitare regioni geneticamente omogenee utilizzando tecniche di interpolazione spaziale basate sulla geostatistica, nonché di creare "mappe di reperibilità" della biodiversità intraspecifica. La distribuzione della diversità aplotipica è risultata geograficamente strut-

The forest conservation problem focus the attention not only at single tree but also at populations and ecosystems level. In these ecosystems at diversity increasing correspond an increase of the productivity and stability. The biodiversity conservation is very important because it involves the ecology, economy and ethics. Therefore, it is interesting to study the genetic variability, and inter and intraspecific diversity. Several molecular markers of the nuclear, chloroplast and mithocondrial genomes were used to analyse the distribution of the genetic resources, the gene flow, the natural hybridization and introgression in forest tree species. The inventory of diversity, done at different geographic and spatial scale, is a necessary step before approaching the dynamics of diversity. Besides the inventory of the diversity, research was mainly directed towards the identification of key factors shaping genetic diversity. This has been done in two different directions, either past factors by addressing post-glacial history, or current and future factors by studying mating system and gene flow. The results allowed the construction of maps of the distribution of the genetic resources of some important forest species and to increase the knowledge on gene flow and natural hybridization.

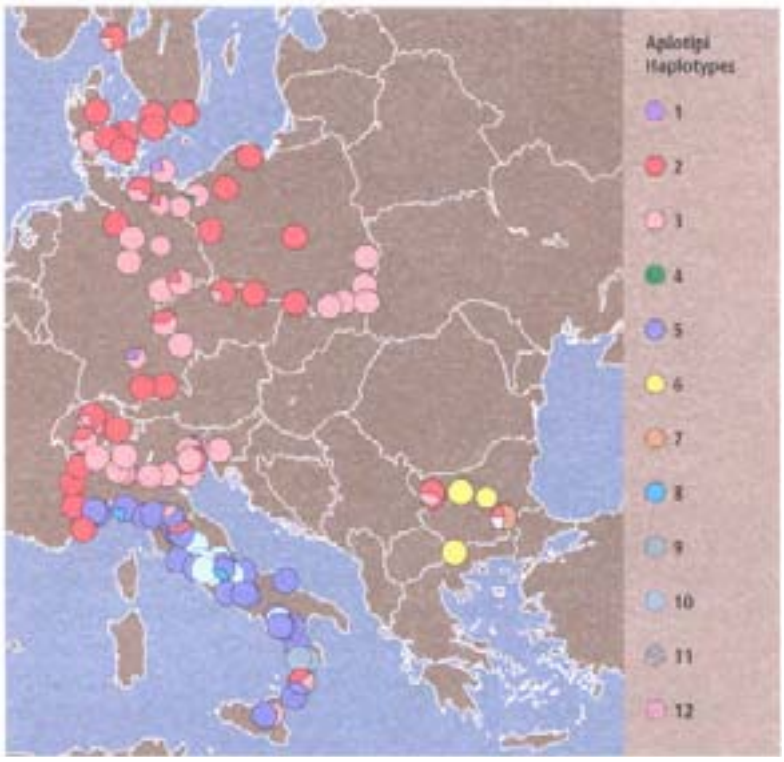
The Norway spruce (Picea abies) presents extensive distribution in Europe and it is a great polymorphic species. 100 Norway spruce populations were analysed by plastidial microsatellites to define genetic zones using geostatistic techniques and to construct the intraspecific biodiversity map. The haplotypic diversity distribution resulted geographically structured. The cluster analysis applied on the haplotipic frequencies permitted to identify in this species 16 genetic zones.

The map may be used to define the zones for conservation as for seed plot certification and for not autochthonous population identifications.

Focus

La mappa della foresta

Genetic analysis of forest trees



[1]
Distribuzione geografica di 12 aplotipi trovati in popolazioni di faggio.
Geographic distribution of 12 haplotypes founded in natural beech populations.

[1]

turata e l'applicazione della tecnica di Kriging ai valori di frequenza aplotipica ha consentito l'attribuzione di valori interpolati spazialmente ai punti griglia distribuiti regolarmente nell'areale di distribuzione della specie. L'analisi dei cluster effettuata sulle frequenze aplotipiche interpolate ha permesso di identificare per questa specie 16 zone geneticamente omogenee. La disponibilità di questa mappa costituisce un utile mezzo per la delimitazione di aree di interesse conservazionistico così come per la certificazione di lotti di seme e per l'identificazione di popolamenti non autoctoni.

* * *

Il pino d'Aleppo (Pinus halepensis) è una specie ad areale di distribuzione circummediterraneo. Gli studi condotti lungo l'areale hanno rilevato che la maggior parte della diversità aplotipica è concentrata in aree geografiche molto limitate a cui deve essere dedicata particolare attenzione per la conservazione. È inoltre stato possibile mettere in luce fenomeni di ibridazione naturale tra Pinus halepensis e Pinus brutia con un flusso genico unidirezionale.

In Italia l'abete bianco (Abies alba) è presen-

The Aleppo pine (Pinus halepensis) presents circummediterranean distribution. The conducted study showed that the haplotipic diversity is concentrated in delimited zones and this is very important for distribution of the genetic resources. Besides, it was possible to identify the natural hybridization by unidirectional genetic flow between Pinus halepensis and Pinus brutia.

In Italy the silver fir (Abies alba) presents splinter distribution on the Alps and along the Apennine dorsal. It was very interesting that the Abies nebrodensis relict species is present in Sicily. High level of differentiation between this species and Abies alba by analysis of variable microsatellites was determined. The 30% of the genetic diversity was found among populations of silver fir and Abies nebrodensis.

Studies on the beech were performed to obtain a geographic European map of the beech population. Analyses on the polymorphic plastidial fragments were conducted by amplification using specific primers and successively enzymatic digestion (PCR-RFLP techniques). In total 67 Italian populations and 53 European populations (5 individual each), sampled along the entire natural range, for a total of 600 individuals have been analyzed. In general, a total of

Focus

La mappa della foresta

Genetic analysis of forest trees

te con un areale assai frazionato sull'arco Alpino, in particolare nella parte centro-orientale e lungo la dorsale appenninica fino al complesso montano calabrese dell'Aspromonte. L'attuale distribuzione è la risultante dell'azione congiunta dell'attività antropica e della coesistenza e concorrenza esercitata da parte del faggio. Il genere Abies prosegue in Sicilia con la specie relitta Abies nebrodensis presente con sole 19 piante. Un elevato grado di differenziazione tra questa specie e l'Abies alba è stato riscontrato mediante l'analisi di due regioni microsatellite di dimensioni variabili. Il livello di differenziazione genetica indica che circa il 30% della diversità genetica totale è dovuto a differenze tra le popolazioni di abete bianco e quelle di abete dei Nebrodi.

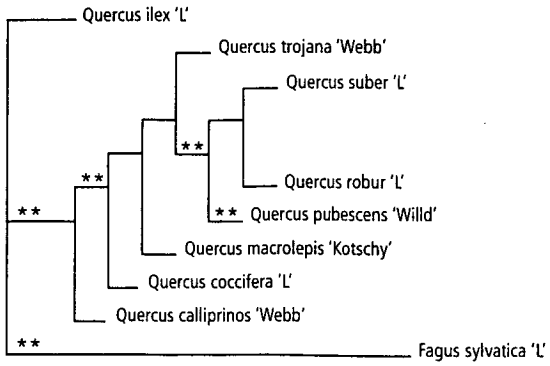
I boschi di faggio, che rappresentano uno dei più tipici consorzi forestali europei e del nostro Paese, sono stati oggetto di ampie ricerche che prevedono anche la realizzazione di una mappa filogeografica.

È stato fatto ricorso ad analisi di zone polimorfiche plastidiali, queste sono state amplificate con primer specifici ed il prodotto di amplificazione è stato sottoposto a digestione enzimatica (PCR/RFLP). Sono stati analizzati 5 individui di 53 popolazioni europee e di 67 popolazioni italiane per un totale di 600 individui. Tra tutte le popolazioni sono stati individuati 12 aplotipi diversi. Sotto l'aspetto filogeografico le popolazioni sembrano connesse con due vie principali di distribuzione, i) una proveniente dalla Bulgaria che si estende verso il nord-ovest dell'Europa e ii) l'altra proveniente dal sud-Italia che si estende ver-

12 different haplotypes have been identified. The geographic distribution of the cp DNA haplotypes of the studied populations is reported in fig. 1. Bulgaria and Italy are the regions with the high level of differentiation, and in some of them intrapopulation polymorphism is also founded, especially in some southern Italian populations. On the basis of our genetic data Bulgaria and southern regions of Italy are confirmed as main refugia during the last quaternary glaciation; in fact they present the higher level of polymorphisms and the higher number of haplotypes. It is possible to distinguish two main recolonization routes coming: i) from Bulgaria towards the northern and western European countries, and ii) from the South of Italy towards the North of the peninsula. A suture zone between the two routes was identified in the North part of Italy.

* * *

The horny oak is indigenous in Southern Europe and from Northern Africa to the Middle East. Several authors have classified the "horny oak complex" in different way, taking into account the variability of different morphological traits. To contribute to the systematics of three relict populations of horny oak on Sardinia, we studied the trnL-trnF region of chloroplast DNA. We evaluated eleven horny oak populations sampled throughout the geographic distribution of the species, as well as six additional species of Quercus and Fagus sylvatica for comparison [fig. 2]. The variable and informative sites at the interspecific level are localised in the sequences of the introns, whereas the intergenic region has a higher variability at the intraspecific level, indicating that the intergenic region evolves at a faster mutation rate than the intron. It was



[2]
Dendrogramma di 8 specie di Quercus e Fagus sylvatica.
** = significatamente positivo, P<0.01.
Dendrogram of 8 Quercus species and Fagus sylvatica.
** = *significantly positive, P<0.01.*

Focus

La mappa della foresta

Genetic analysis of forest trees

so il nord della Penisola, punto di congiunzione tra le due vie. Le popolazioni italiane e bulgare sono risultate le più polimorfiche anche a livello di intrapopolazione [fig. 1].

° ° °

Questi risultati indicano che il sud-Italia è da considerarsi sede di uno degli "hot spot" di variabilità genetica di questa specie e confermano che il sud dell'Europa è uno dei principali rifugi postglaciali, come risulta anche dalle mappe polliniche.

Il genere Quercus, presente in Italia con oltre 10 specie in ecosistemi forestali puri e misti, è stato oggetto di uno studio di filogenesi. Nel caso della quercia spinosa, specie indigena nel sud Europa, in nord Africa e in Medio Oriente, al fine anche di definire la collocazione sistematica delle popolazioni relitte della Sardegna, è stata analizzata la sequenza di una regione del cloroplasto tra i geni trnL e trnF. Siti variabili e filogeneticamente informativi a livello interspecifico sono risultati localizzati nell'introne del trnL, mentre la zona intergenica adiacente è risultata variabile a livello intraspecifico, indicando che quest'ultima si evolve ad un tasso di mutazione più veloce. Tramite lo studio di questa regione è stato possibile distinguere le specie e le due entità di quercia considerate [fig. 2].

Le popolazioni relitte di quercia spinosa della Sardegna possono considerarsi appartenenti alla specie Q. calliprinos e rappresentano un gruppo isolato ascrivibile all'area centro occidentale (o centro-insulare) del bacino Mediterraneo.

° ° °

CNR

Istituto di genetica vegetale

possible to distinguish between the different species of Fagaceae and the two systematic entities of horny oaks studied with cp DNA *analysis. Moreover, it was possible to identify the relict horny oak populations on Sardinia as Q. calliprinos. These populations represent an isolated group of Q. calliprinos in the western Mediterranean basin. The geographic isolation permitted a mutation to arise in the intergenic region near a microsatellite, and this mutation was fixed in the group and identifies the relict Sardinia populations.*

° ° °

CNR

Institute of vegetal genetics

Focus

Il genoma verde

Advances in phylogenesis and physiology in higher plants

Filogeografia del castagno (Castanea sativa Mill.)

Uno studio di filogeografia è stato condotto su castagno (Castanea sativa Mill.) con lo scopo di esaminare la distribuzione geografica della diversità genetica misurata mediante marcatori molecolari. Trentotto popolazioni naturali europee, provenienti da Portogallo, Spagna, Francia, Italia e Turchia, sono state analizzate utilizzando la tecnica PCR-RFLP: frammenti di restrizione, ottenuti per digestione con endonucleasi, di regioni di DNA cloroplastico e mitocondriale amplificate via PCR. Negli organismi vegetali lo studio di tre diversi genomi (nucleare, plastidiale e mitocondriale) consente l'identificazione di marcatori a diversa ereditarietà (biparentale nel caso di quelli nucleari e uniparentale nel caso di quelli plastidiale e mitocondriale). L'ereditarietà uniparentale, e quindi l'assenza di ricombinazione nei genomi, rende i marcatori plastidiali e mitocondriali particolarmente adatti a studi di filogenesi e di filogeografia, soprattutto nelle angiosperme, in cui cloroplasti e mitocondri sono ereditati per via materna (nella quasi totalità dei casi). Con lo studio di marcatori a ereditarietà materna si ottengono informazioni sulla storia e sui processi di diffusione e colonizzazione delle piante arboree avvenuti nel periodo più recente, quello che inizia alla fine dell'ultimo evento glaciale e giunge al presente. Nel caso del castagno, alle circostanze naturali di migrazione avvenute nel periodo post-glaciale, si sovrappone in modo molto significativo l'influenza antropica. Già prima dei Romani la coltura del castagno aveva causato la migrazione artificiale di materiale da propagazione dai paesi del vicino oriente verso quelli del Mediterraneo centrale e occidentale. L'attuale distribuzione di questa specie risulta pertanto fortemente influenzata dall'attività antropica oltre che dalle normali

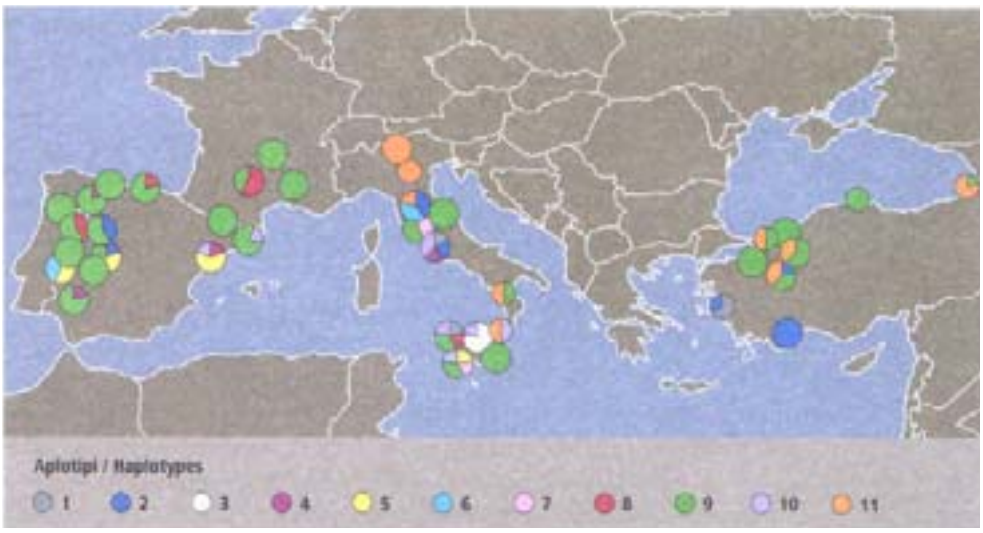
Phylogeography of chestnut (Castanea sativa Mill.)

The geographic distribution of genetic diversity (phylogeography) was analysed in sweet chestnut (Castanea sativa Mill.) through uniparental molecular markers. Thirty-eight European populations from Portugal, Spain, France, Italy and Turkey were investigated by PCR-RFLP analysis of the chloroplast and mitochondrial genomes (restriction fragments of DNA regions amplified via PCR). In plants, three different genomes with different mode of inheritance can be studied: the nuclear genome is biparentally inherited; chloroplasts and mitochondria are uniparentally inherited. The uniparental nature of inheritance of organelle genomes does not involve recombination, this makes them particularly suited for phylogenetic and phylogeographic studies. Chloroplasts and mitochondria are maternally inherited in most Angiosperms; for this reason cp – and mtDNA based markers are more appropriate than nuclear ones to study the recent history of trees, concerning the period between the end of the last glacial period and the present. The rapid expansion of chestnut starting from 3000 BP is strongly related with human activities such as agricultural practice, responsible for the movement of propagation material from the Near East to the central and western part of Europe. This demonstrates the importance of human impact, which stared before the Roman time and lasted some thousands of years, on the present-day distribution of the species. No polymorphism was detected for the single mitochondrial analysed region, while a total of 11 different chloroplast xhaplotypes were scored. The distribution of the cpDNA haplotypes revealed low geographic structure of the genetic diversity. The value of population subdivision, as measured by GSTc, is strikingly lower than in the other species of the family Fagaceae investigated. The

Focus

Il genoma verde

Advances in phylogenesis and physiology in higher plants



Distribuzione degli aplotipi (cpDNA) nelle popolazioni europee di castagno.
Distribution of cpDNA haplotypes within European chestnut populations.

migrazioni che caratterizzarono la ricolonizzazione del continente dalle aree rifugio. Lo studio sulle popolazioni sud europee non ha messo in evidenza alcun polimorfismo nell'unico frammento mitocondriale analizzato, mentre sono stati identificati 11 aplotipi cloropalstici, la cui distribuzione mostra un basso livello di strutturazione geografica della diversità genetica. Il coefficiente di differenziazione genetica tra popolazioni si è rivelato significativamente più basso di quello misurato per altre specie della stessa famiglia (Fagaceae) finora analizzate. Questo fatto può essere interpretato con il forte impatto umano su questa specie, particolarmente quello cui il castagno è stato soggetto durante il periodo delle civilizzazione romana del continente, e con il lungo periodo di coltivazione che la specie ha subito nelle ultime migliaia di anni. Studi filogeografici con marcatori uniparentali contribuiscono a mettere in evidenza le relazioni esistenti tra la struttura della diversità genetica e i processi migratori avvenuti nel post-glaciale e quindi per comprendere la distribuzione dell'attuale vegetazione in base a processi storici ed evolutivi.

Frazionamento fotosintetico degli isotopi stabili del carbonio

Un articolo di review sul frazionamento degli isotopi stabili del carbonio durante la fotosintesi è stato pubblicato in "Advances in Photosynthesis". Il lavoro riassume il complesso stato dell'arte sull'argomento. Durante la fissazione fotosintetica di CO_2, gli isotopi stabili

actual distribution of haplotypic diversity may be explained by the strong human impact on this species, particularly during the Roman civilisation of the continent, and to the long period of cultivation experienced during the last thousand years. This kind of studies contributes understanding the present distribution of tree flora on the basis of historical and evolutionary factors.

Photosynthetic fractionation of carbon isotopes

A review article on photosynthetic fractionation of carbon isotopes has been published in 'Advances in Photosynthesis'. The paper summarises the complex knowledge achieved up to now. Carbon stable isotopes are fractionated during photosynthetic CO2 fixation and plants are generally depleted in the heavy isotope 13C with respect to the isotopic composition of atmospheric CO2. Carbon isotope discrimination (_) is a measure of this process that depends on isotopic effects during diffusion and enzymatic carboxylation reactions. Discrimination during photosynthesis results in a significant, though small, effect on the isotopic composition of atmospheric CO2 at both regional and global scale. For this reason stable isotopes find relevant application as natural tracers in the study of the global carbon cycle. In addition to variations in _ among plants with different photosynthetic pathways, large

Focus

Il genoma verde

Advances in phylogenesis and physiology in higher plants

del carbonio vengono discriminati e le piante sono generalmente impoverite dell'isotopo pesante 13C, rispetto alla composizione della CO_2 atmosferica. La discriminazione isotopica del carbonio è una misura di questo processo che dipende da effetti isotopici durante la diffusione e durante le reazioni di carbossilazione enzimatica. Questa discriminazione ha un effetto significativo, anche se piccolo, sulla composizione isotopica della CO_2 atmosferica, sia a livello regionale sia planetario. Per questo gli isotopi stabili trovano applicazioni importanti nello studio del bilancio del carbonio globale. Oltre alle classiche variazioni in discriminazione dovute ai diversi metabolismi fotosintetici (C_3, C_4 e CAM), forti variazioni sono state individuate all'interno di ciascun gruppo fotosintetico a causa di influenze genetiche e ambientali sul rapporto delle pressioni parziali di CO_2 nei cloroplasti e nell'aria turbolenta (pc/pa). Evidenze sperimentali che confermano questa teoria e alcune complicazioni vengono discusse in dettaglio. Le variazioni di discriminazione tra metaboliti, compartimenti e organi delle piante sono il risultato del frazionamento isotopico durante il metabolismo secondario e delle differenze nel rapporto tra limitazioni diffusive e carbossilative. Particolare attenzione viene dedicata alle misure di discriminazione in differenti pools come biomassa intera, cellulosa, amido, saccarosio e zuccheri solubili. Questi hanno differenti tempi di turnover e pertanto integrano il rapporto pc/pa su diverse scale temporali e con conseguenti effetti sulla stima dell'efficienza idrica. La review tratta in dettaglio anche le applicazioni degli isotopi stabili a studi fisiologici ed ecofisiologici e alla selezione di genotipi con alta efficienza idrica e tolleranza alla siccità per gli ambienti dove questo evento è ricorrente. La sfida in corso per il prossimo futuro riguarda, comunque, la quantificazione degli scambi tra atmosfera e biosfera mediante gli approcci isotopici così come lo studio degli effetti del cambiamento climatico globale su questi stessi scambi.

CNR

Istituto di biologia agroambientale e forestale

variations are found within plant groups, resulting from genetic and environmental influences on the ratio of chloroplastic to atmospheric partial pressure of CO_2 (pc/pa). Experimental evidences confirming the theory and known complications are discussed. Carbon isotope composition also varies among different metabolites, compartments and plant organs as a result of fractionation during secondary metabolism and variation in the ratio of diffusional and carboxylation limitations. Special emphases are given to measurements of – in different carbon pools such as bulk dry matter, cellulose, starch and sucrose, with different turnover rates and different integration of pc/pa and to the links with water-use efficiency. The application of carbon isotope discrimination to physiological and ecophysiological studies and to selection of genotypes with improved water-use efficiency and drought tolerance and the progress in this field are reviewed. The challenge for the near future, actually under investigation in the Institute, is the quantification of atmosphere-biosphere exchange using isotopic approaches and the study of the effects of global change on these relationships.

CNR

Institute of agro-environmental and forest biology