



**ATTI DEL CONVEGNO  
CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED  
IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

**GRUPPO DI ECOLOGIA DELLA SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA**



*Foto N. Cannone*

**ATTI DEL CONVEGNO**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED**  
**IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**  
**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**

**Mercoledì, 18 Aprile 2012**

*Aula Magna - Dipartimento di Scienze Teoriche e Applicate,  
Università dell'Insubria - Via J. H. Dunant, 3 – VARESE*



*Foto N. Cannone*

**Atti del Convegno “Cambiamento climatico: Analisi ed impatti su specie ed ecosistemi vegetali”. A cura di: N. Cannone, E. Barni, M. Marignani (Ed.). Gruppo di Ecologia della Società Botanica Italiana, Varese, 18 aprile 2012, 87 pp. ISBN 978-88-904708-2-0**

GRAFICA MARELLI, COMO

**COMITATO SCIENTIFICO PROMOTORE**

Nicoletta Cannone - *Università dell'Insubria*

Giovanna Aronne - *Università di Napoli Federico II*

Elena Barni - *Università di Torino*

Giandiego Campetella - *Università di Camerino*

Daniela Ciccarelli - *Università di Pisa*

Renato Gerdol - *Università di Ferrara*

Michela Marignani - *Università di Cagliari*

Silvano Onofri - *Università della Toscana*

Consolata Siniscalco - *Università di Torino*

Angela Stanisci – *Università del Molise*

Riccardo Valentini – *Università della Toscana*

**Comitato organizzatore locale:** *Nicoletta Cannone*

## PREFAZIONE

L'attuale cambiamento climatico è considerato indiscutibile e senza precedenti per magnitudo e velocità. I suoi effetti sono ormai evidenti sia sulle componenti biotiche degli ecosistemi, interessando in maniera diretta o indiretta un ampio *range* di organismi viventi, animali e vegetali, sia sulle componenti abiotiche.

Tali impatti si sono manifestati a scala globale con modalità ed intensità differenti in funzione del tipo di ecosistemi interessati, della localizzazione geografica, delle condizioni ambientali, della presenza di altri elementi di disturbo (primo tra i quali l'impatto antropogenico) e dei feedback prodotti.

A livello mondiale, il mondo scientifico si è mobilitato per migliorare la comprensione delle cause del recente cambiamento climatico, identificarne le componenti ambientali più sensibili e vulnerabili e produrre dati utili per una gestione compatibile degli ecosistemi e per lo sviluppo di politiche di protezione della biodiversità e di mitigazione degli impatti.

In tale contesto, anche il mondo scientifico italiano si è mobilitato e partecipa a questa "gara per la vita" che coinvolge tutti gli abitanti del nostro pianeta. L'Italia, grazie al suo straordinario patrimonio di biodiversità vegetale ed ecologica, si presta ad essere un valido esempio per l'analisi degli effetti dei cambiamenti climatici sulla diversità vegetale ed ecologica, grazie ai gradienti ecologici (con la compresenza di tre regioni biogeografiche), all'ampia variabilità delle condizioni climatiche e delle pressioni ambientali che insistono sugli ecosistemi

Questa giornata di studio si propone come un momento di confronto e di sinergia tra coloro che si occupano di ricerca scientifica applicata alle problematiche legate agli effetti del cambiamento climatico su specie ed ecosistemi vegetali.

Grazie all'ampia partecipazione ed al vasto numero di contributi ricevuti, sono state affrontate numerose tematiche che rispecchiano la complessità degli aspetti inerenti il cambiamento climatico, le differenti modalità di analisi e monitoraggio, la variabilità delle risposte in funzione del tipo di ecosistemi studiati, lo sviluppo di attività di ricerca inserite in un contesto scientifico sia nazionale che internazionale.

Ci auguriamo che questa giornata possa costituire il punto di partenza di un lungo percorso di condivisione, confronto ed interazione tra i ricercatori coinvolti.

*Il Direttivo del Gruppo di Ecologia della Società Botanica Italiana*

*Nicoletta Cannone*

*Elena Barni*

*Michela Marignani*

*Giandiego Campetella*

*Daniela Ciccarelli*

## PROGRAMMA



SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA  
**GIORNATA DI STUDI**  
CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED  
ECOSISTEMI VEGETALI

**Mercoledì, 18 Aprile 2012**

*Aula Magna - Dipartimento di Scienze Teoriche e Applicate, Via J. H.  
Dunant, 3 – VARESE*

**09:00 –09:15**

**Saluti di Benvenuto di organizzatori ed istituzioni**

**09:15-11:15**

**Relazioni – Moderatore: Prof. Renato Gerdol**

*DE MICCO V., BATTIPAGLIA G., CHERUBINI P., ARONNE G. (Università di Napoli  
Federico II): VARIABILITA' INTRA-ANNUALE DEGLI ANELLI DI CRESCITA  
NELLE SPECIE MEDITERRANEE IN RISPOSTA ALLE VARIAZIONI  
AMBIENTALI*

*PORCEDDU M, PRITCHARD H.W., MATTANA E., BACCHETTA G (Università di Cagliari):  
GERMINATION NICHE OF SARDINIAN MOUNTAIN ENDEMIC SPECIES  
UNDER A CHANGING CLIMATE*

*PRISCO I., CARBONI M., ACOSTA A.T.R. (Università Roma Tre): ESTIMATING THE  
RESPONSE OF ITALIAN COASTAL DUNE HABITATS TO GLOBAL CHANGE  
SCENARIOS FOR CONSERVATION PURPOSES*

*VITALE M., MANCINI M., MATTEUCCI G., FRANCESCO F., VALENTI R., ATTORRE F.  
(Università La Sapienza, Roma): CLIMATE CHANGE DIFFERENTLY AFFECTS*

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA  
GIORNATA DI STUDI  
CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

NET PRODUCTIVITY AND WATER USE OF TREE SPECIES IN THE  
MEDITERRANEAN REGION

*MERCURI A.M., SADORI L. (Università di Modena-Reggio; Università Roma La Sapienza):*  
CAMBIAMENTI CLIMATICI E IMPATTO ANTROPICO NEL MEDITERRANEO:  
LA PROSPETTIVA PALEO/ARCHEOBOTANICA

*BERTINI G., FABBIO G., PIOVOSI M. (CRA-Centro di ricerca per la selvicoltura, Arezzo):*  
FORESTE E CAMBIAMENTO CLIMATICO. EVIDENZE DALLA RETE DI  
MONITORAGGIO INTENSIVO ICP-FORESTS IN ITALIA

*GERDOL R., BRANCALEONI L., BOMBONATO L. (Università di Ferrara):* EFFETTI DI UN  
EVENTO CLIMATICO ESTREMO SU UN ECOSISTEMA DI TORBIERA  
ALPINA

*BRAGAZZA L., PARISOD J. & BUTTLER A. (Università di Ferrara):* THE EFFECT OF  
CLIMATE WARMING ON PLANT-MICROBE INTERACTIONS FOR  
NUTRIENT ACQUISITION IN PEATLANDS

**11:15 – 11.30**

**Coffee break**

**11:30-13:30**

**Relazioni – Moderatore: Prof. Silvano Onofri**

*CARBOGNANI M., TOMASELLI M., PETRAGLIA A. (Università di Parma):*  
DECOMPOSIZIONE NELLA TUNDRA ALPINA: INFLUENZE DEL TIPO  
FUNZIONALE VEGETALE, DELL'HABITAT E DEL RISCALDAMENTO

*CHELLI S., CAMPETELLA G., CERVELLINI M., QUINTERO G., CANULLO R., BARTHA S.,  
WELLSTEIN C. (Università di Camerino):* EFFETTI DEI CAMBIAMENTI  
CLIMATICI SULLE PRATERIE MONTANE DELL'APPENNINO. PRIMI  
RISULTATI

*ORSENIGO S., MONDONI A., GANDINI M., ABELI T., BELOTTI J., SOSSAI E., PAROLO G.,  
ROSSI G. (Università di Pavia):* LE ATTIVITÀ DI RICERCA SUL  
CAMBIAMENTO CLIMATICO DEL LABORATORIO DI ECOLOGIA  
VEGETALE E CONSERVAZIONE DELLE PIANTE DELL'UNIVERSITÀ DI  
PAVIA

*PIGNATTI S., CANNONE N. (Università La Sapienza, Roma):* ADATTAMENTO,  
PERSISTENZA O ESTINZIONE? RISPOSTE ECOLOGICHE DI SPECIE E  
COMUNITÀ VEGETALI AGLI IMPATTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO  
IN AMBIENTE ALPINO

*SINISCALCO C., CREMONESE E.; GALVAGNO M., MORRA DI CELLA U., MIGLIAVACCA  
M., ROSSINI M., COLOMBO R. (Università di Torino):* MONITORAGGIO DELLA  
FENOLOGIA IN UN PASCOLO SUBALPINO: UN APPROCCIO INTEGRATO

*TOMASELLI M., PETRAGLIA A., CARBOGNANI M. (Università di Parma):* EFFETTI  
DELLA COPERTURA NEVOSA SULLA RICCHEZZA, LA DENSITÀ E LA  
PRODUZIONE PRIMARIA IN UNA COMUNITÀ DI VALLETTA NIVALE

*ONOFRI S., SELBMANN L., ISOLA D., EGIDI E., ZUCCONI L. (Università della Tuscia):*  
MAPPATURA DELLE COLONIZZAZIONI EPI- ED ENDOLITICHE NELLA

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

TERRA VITTORIA DEL NORD (ANTARTIDE) PER IL MONITORAGGIO DI  
FUTURI CAMBIAMENTI CLIMATICI

FAVERO-LONGO S.E., GUGLIELMIN M., PIERVITTORI R., CONVEY P., WORLAND R. M.,  
CANNONE N. (*Università di Torino*): L'ESPANSIONE DI *DESCHAMPSIA*  
*ANTARCTICA* E *COLOBANTHUS QUITENSIS* NELL'ISOLA DI SIGNY (ORCADI  
DEL SUD, ANTARTIDE MARITTIMA): RISPOSTE BIOTICHE AL  
CAMBIAMENTO CLIMATICO

**13:30-14:15**                      **Pausa pranzo**

**14:15-14:30**                      **Relazioni – Moderatore: Prof Consolata Siniscalco**  
GIORDANI P., INCERTI G.; RIZZI G.; MODENESI P. (*Università di Genova*): EFFETTI DEI  
CAMBIAMENTI CLIMATICI A MICRO- E MACROSCALA SUI LICHENI  
EPIFITI

**14.30 - 16:00**                      **Breve presentazione orale Poster**

**Moderatore Prof. Consolata Siniscalco**

ARENA C., DE MICCO V., DE MAIO A., ARONNE G., VITALE L. (*Università di Napoli*  
*Federico II*): MULTIDISCIPLINARY APPROACH IN THE STUDY OF LEAVES  
OF THE MEDITERRANEAN SPECIES *CISTUS INCANUS* L. IN THE SIGHT OF  
GLOBAL CLIMATIC CHANGE

ARONNE G., BUONANNO M., ARENA C., GIOVANETTI M., DE MICCO V. (*Università di*  
*Napoli Federico II*): CLIMATE CHANGES AND PLANT CONSERVATION: THE  
STUDY CASE OF *PRIMULA PALINURI* PETAGNA

BAGELLA S., CARIA M.C., FILIGHEDDU R. (*Università di Sassari*): RISPOSTE DELLA  
VEGETAZIONE AI CAMBIAMENTI CLIMATICI: IL CASO DI STUDIO DEGLI  
STAGNI TEMPORANEI

GERVASONI D., FOGGI B. (*Università di Firenze*): UN INDICE DI RICCHEZZA  
FLORISTICA BASATO SULLE RISORSE AMBIENTALI: CONTRIBUTO AI  
MODELLI PREDITTIVI

ORLANDI F., BONOFILIO T., RUGA L., ROMANO B., FORNACIARI M. (*Università di*  
*Perugia*): INDICATORI CLIMATICI DELLA POSSIBILE TRASLAZIONE DI  
COLTIVAZIONE DELL'OLIVO SECONDO GLI SCENARI "IPCC"

TURCATO C., PECCENINI S. (*Università di Genova*): INDICATOR SPECIES ANALYSIS NEL  
MONITORAGGIO DELLE PINETE AFFETTE DA *MATSUCOCCLUS FEYTAUDI*

WELLSTEIN C. (*Università di Bayreuth, Consorzio FORKAST*). EFFETTI DEI  
CAMBIAMENTI CLIMATICI SUGLI ECOSISTEMI E STRATEGIE DI  
ADATTAMENTO

CANNONE N., BUCCHERI M., GLERAN P.; STOCH F., BOGLIANI G., LENCIONI V.,  
GOBBI N. (*Università dell'Insubria*): DESIGN OF A UNIFORM METHODOLOGY  
MONITORING AND ASSESSING THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON  
BIODIVERSITY

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

- CREMONESE E. e il team PhenoALP (ARPA Valle d'Aosta):* IL PROGETTO PHENOALP: MONITORAGGIO INTEGRATO DELLA FENOLOGIA VEGETALE IN ECOSISTEMI ALPINI
- GENTILI R., ARMIRAGLIO S., SGORBATI S., BARONI C. (Università di Milano-Bicocca):* RESILIENZA DELLE SPECIE ALPINE AI MUTAMENTI CLIMATICI LUNGO GRADIENTI ALTITUDINALI E TRAPPOLE GEOMORFOLOGICHE
- MIGNATTI A., CASAGRANDI R., PEDROTTI L., CANNONE N., GUGLIELMIN M., GATTO M. (Politecnico di Milano, Università Insubria):* DISTRIBUZIONE DELLE TANE DI MARMOTTA (*Marmota marmota*) IN UNA VALLE ALPINA D'ALTA QUOTA: INFLUENZA DI PERMAFROST E VEGETAZIONE
- PELINO G., CIASCHEZZI G., GIANCOLA C.; STANISCI A. (1Giardino della Flora Appenninica, 2 Università del Molise, 3 Parco Nazionale della Majella):* IL MONITORAGGIO ECOLOGICO IN ALTA QUOTA IN APPENNINO CENTRO-MERIDIONALE
- PETRAGLIA A., CARBOGNANI M., TOMASELLI M. (Università di Parma):* EFFETTI DELLA FERTILIZZAZIONE SULLA BIOMASSA VEGETALE: RISPOSTE SPECIE-SPECIFICHE IN UNA COMUNITÀ DI VALLETTA NIVALE
- PUPPI G., UBALDI D., ZANOTTI A.L. (Università di Bologna):* VARIAZIONI FLORISTICHE E FENOLOGICHE IN FITOCENOSI CLIMATO-ZONALI DEL TERRITORIO BOLOGNESE NELL' ULTIMO TRENTENNIO
- RODA S. e CANNONE N. (Università Insubria):* L'ANALISI DELLE VARIAZIONI DELLA COPERTURA VEGETALE IN AREA PREALPINA E DELLE RELAZIONI CON GLI IMPATTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO E LE VARIAZIONI DI USO DEL SUOLO (TRIANGOLO LARIANO)
- BERETTA M., PEDRINI S., VILLA E., ROSSI G. (Università di Milano):* MITIGAZIONE DEGLI EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO": RAFFORZAMENTO DELLA POPOLAZIONE DI *DROSER A INTERMEDIA* HAYNE NEL PARCO NATURALE DEI LAGONI DI MERCURAGO (NO) – SIC IT1150002

**16:00-16:30**

**Pausa**

**16.30 – 17:30**

**DISCUSSIONE E CONCLUSIONI**

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAIMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

**ELENCO DEGLI AUTORI**

ABELI T., 80-84  
ACOSTA A.T.R., 35  
ARENA C., 46-49; 50-53  
ARMIRAGLIO S., 71-75  
ARONNE G., 46-49; 50-53; 66-70  
ATTORRE F., 44  
BACCHETTA G., 85-88  
BAGELLA S., 13  
BARONI C., 71-75  
BARTHA S., 61-65  
BATTIPAGLIA G., 66-70  
BELOTTI J., 80-84  
BERETTA M., 54-57  
BERTINI G., 15  
BOGLIANI G., 58-60  
BOMBONATO L., 22  
BONOFILIO T., 76-79  
BRAGAZZA L., 16  
BRANCALEONI L., 22  
BUCCHERI M., 58-60  
BUONANNO M., 50-53  
BUTTLER A., 16  
CAMPETELLA G., 61-65  
CANNONE N., 20; 28; 34; 38; 58-60  
CANULLO R., 61-65  
CARBOGNANI M., 17; 31; 42  
CARBONI M., 35  
CARIA M. C., 13  
CASAGRANDI R., 28  
CERVellini M., 61-65  
CHELLI S., 61-65  
CHERUBINI P., 66-70  
CIASCHETTI G., 32  
COLOMBO R., 40  
CONVEY P., 20  
CREMONESE E., 19; 40  
DE MAIO A., 46-49  
DE MICCO V., 46-49; 50-53; 66-70  
EGIDI E., 30  
FABBIO G., 15  
FAVERO-LONGO S.E., 20  
FILIGHEDDU R., 13  
FOGGI B., 23  
FORNACIARI M., 76-79  
FRANCESCONI F., 44  
GALVAGNO M., 40  
GANDINI M., 80-84

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

GATTO M., 28  
GENTILI R., 71-75  
GERDOL R., 22  
GERVASONI D., 23  
GIANCOLA C., 32  
GIORDANI P., 25  
GIOVANETTI M., 50-53  
GLEREA P., 58-60  
GOBBI N., 58-60  
GUGLIELMIN M., 20, 28  
INCERTI G., 25  
ISOLA, D., 30  
LENCIONI V., 58-60  
MANCINI M., 44  
MATTANA E., 85-88  
MATTEUCCI G., 44  
MERCURI A.M., 26  
MIGLIAVACCA M., 40  
MIGNATTI A., 28  
MODENESI P., 25  
MONDONI A., 80-84  
MORRA DI CELLA U., 40  
ONOFRI S., 30  
ORLANDI F., 76-79  
ORSENIGO S., 80-84  
PARISOD J., 16  
PAROLO G., 80-84  
PECCENINI S., 89-92  
PEDRINI S., 54-57  
PEDROTTI L., 28  
PELINO G., 32  
PETRAGLIA A., 17; 31; 42  
PIERVITTORI R., 20  
PIGNATTI S., 34  
PIOVOSI M., 15  
PORCEDDU M., 85-88  
PRISCO I., 35  
PRITCHARD H.W., 85-88  
PUPPI G., 37  
QUINTERO G., 61-65  
RIZZI G., 25  
RODA S., 38  
ROMANO B., 76-79  
ROSSI G., 54-57; 80-84  
ROSSINI M., 40  
RUGA L., 76-79  
SADORI L., 26  
SELBMANN L., 30  
SGORBATI S., 71-75

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

SINISCALCO C., 40  
SOSSAI E., 80-84  
STANISCI A., 32  
STOCH F., 58-60  
TOMASELLI M., 17; 31; 42  
TURCATO C., 89-92  
UBALDI D., 37  
VALENTI R., 44  
VILLA E., 54-57  
VITALE L., 46-49  
VITALE M., 44  
WELLSTEIN C., 61-65; 93-95  
WORLAND R M., 20  
ZANOTTI A.L., 37  
ZUCCONI L., 30

## **RIASSUNTI**

## RISPOSTE DELLA VEGETAZIONE AI CAMBIAMENTI CLIMATICI: IL CASO DI STUDIO DEGLI STAGNI TEMPORANEI

*SIMONETTA BAGELLA, MARIA CARMELA CARIA E ROSSELLA FILIGHEDDU*

*Dipartimento di Scienze Botaniche, Ecologiche e Geologiche. Università degli studi di Sassari.  
email sbagella@uniss.it*

In accordo con la maggior parte dei modelli sui cambiamenti climatici, nell'area mediterranea si dovrebbe verificare nei prossimi anni un aumento delle temperature estive e una diminuzione delle precipitazioni (Christensen e Hewitson, 2007) che determineranno variazioni a lungo termine dei regimi idrologici con diverse conseguenze sui corpi idrici interni (Čížková et al., 2011). Che tipo di impatto si avrà su quelli poco profondi e di piccole dimensioni? Quali potranno essere le risposte delle comunità vegetali e delle singole popolazioni di specie ai cambiamenti?

Un caso emblematico è quello degli stagni temporanei mediterranei, piccoli corpi idrici poco profondi alimentati da acque meteoriche (Ramsar Convention, 2002). La loro formazione è determinata da una particolare combinazione di fattori edafici (substrato impermeabile), morfologici (presenza di depressioni in aree pianeggianti) e climatici (alternarsi di stagione arida e stagione secca) che favorisce la formazione di suoli idromorfi e lo sviluppo di comunità specializzate (Grillas et al., 2004). Le popolazioni dei taxa presenti in queste comunità possiedono strategie di persistenza che evitano estinzioni locali nei lunghi periodi di disseccamento. In particolare alcune strategie dispersive originano una banca del seme nel terreno che, oltre ad assicurare la sopravvivenza delle specie nel lungo e medio termine, ne conserva i pattern di distribuzione spaziale (Aponte et al., 2009). Tali pattern possono evidenziare l'importanza dei regimi idrologici: la vegetazione all'interno di questi corpi idrici, nonostante le dimensioni ridotte, si dispone in fasce che sembrerebbero essere determinate dalla profondità dell'acqua e dalla durata del periodo di inondazione (Rhazi et al., 2006; Bagella et al., 2009; 2010a). La nostra ipotesi è quindi che, a lungo termine, le variazioni dei regimi idrologici possano avere degli effetti sulla persistenza delle singole popolazioni e sui loro pattern di distribuzione spaziale alla scala di questi habitat. In particolare ci siamo posti i seguenti obiettivi: valutare gli effetti di diversi regimi idrologici sugli output germinativi della banca del seme nel terreno e indagare il ruolo della banca del seme a scala di habitat sulla variabilità interannuale della struttura della vegetazione.

Al fine di raggiungere questi obiettivi stiamo portando avanti esperimenti descrittivi a lungo termine ed esperimenti manipolativi. Gli esperimenti descrittivi sono orientati al monitoraggio della vegetazione e dei regimi idrologici (profondità dell'acqua e durata del periodo di inondazione) in stagni temporanei localizzati in diversi contesti ambientali seguendo lo schema della zonizzazione in fasce (Bagella et al., 2009, 2010a; 2010b). Gli esperimenti manipolativi vengono invece effettuati in laboratorio sulla banca del seme combinando diversi fattori (es. profondità dell'acqua, durata del periodo di inondazione e frequenza delle inondazioni).

### **Bibliografia**

- Aponte C., Kazakis G., Ghosn D., Papanastasis V.P. (2010). Characteristics of the soil seed bank in Mediterranean temporary ponds and its role in ecosystem dynamics. *Wetl Ecol Manag* 18(3):243–253
- Bagella S., Caria M.C., Farris M., Filigheddu R. (2009). Spatial-time variability and conservation relevance of plant communities in Sardinian Mediterranean temporary wet habitats. *Plant Biosyst* 143(3): 435-442.
- Bagella S., Caria M.C., Zuccarello V. (2010a). Patterns of emblematic habitat types in Mediterranean Temporary wetlands. *C R Biol* 333:694-700.
- Bagella S., Gascón S., Caria M.C., Sala J., Mariani M.A., Boix D. (2010b). Identifying key environmental factors related to plant and crustacean assemblages in Mediterranean temporary ponds. *Biodivers Conserv* 19(6): 1749-1768.
- Čížková H., Květ J., Comin F.A., Laiho R., Pokorný J., David Pithart D. (2011). Actual state of European wetlands and their possible future in the context of global climate change *Aquat Sci* DOI 10.1007/s00027-011-0233-4.
- Grillas P., Gauthier P., Yaverkovski N., Perennou C. (2004). Mediterranean Temporary Pools. Station Biologique de la Tour du Valat.
- Ramsar Convention Bureau. The Ramsar convention on wetlands. Resolution VIII.33: Guidance for identifying, sustainably managing, and designating temporary pools as Wetlands of International Importance (2002) <http://www.ramsar.org/>
- Rhazi L., Rhazi M., Grillas P., Khyari D.E. (2006). Richness and structure of plant communities in temporary pools from western Morocco: influence of human activities. *Hydrobiologia* 570(1):197–203.
- Vanschoenwinkel B., Hulsmans A., De Roeck E., De Vries C., Seaman M., Brendonck L. (2009). Community structure in temporary freshwater pools: disentangling the effects of habitat size and hydroregime. *Freshwater Biol* 54(7):1487–1500.

Lavoro svolto nell'ambito del progetto: "Gli stagni temporanei mediterranei: distribuzione, biodiversità e stato di conservazione in Sardegna" finanziato dalla Regione Sardegna nell'ambito del Programma Operativo FSE Sardegna 2007-2013, Legge Regionale 7 Agosto 2007, n. 7 – Promozione della Ricerca Scientifica e dell'innovazione tecnologica in Sardegna.

**FORESTE E CAMBIAMENTO CLIMATICO. EVIDENZE DALLA RETE DI  
MONITORAGGIO INTENSIVO ICP-FORESTS IN ITALIA**

*G. BERTINI, G. FABBIO, M. PIOVOSI*

*CRA-Centro di ricerca per la selvicoltura, Viale S. Margherita 80 - 52100 Arezzo  
giada.bertini@entecra.it*

Le foreste sono sistemi naturalmente sensibili alle anomalie climatiche o a eventi estremi perché gli alberi sono organismi longevi in interazione permanente con l'ambiente di crescita. Gli alberi registrano ogni deviazione dallo stato normale oltre le naturali fluttuazioni. Una grandezza molto sensibile è l'accrescimento radiale del fusto, utilizzato come descrittore dello stato biologico, come variabile di risposta ai fattori ambientali e di stress, come variabile esplicativa delle altre grandezze misurate nell'analisi complessiva. L'accrescimento è per questo uno dei principali indicatori di "salute e vitalità" dei sistemi nel Programma Pan-Europeo di Monitoraggio Intensivo degli Ecosistemi Forestali di livello II ICP-Forests, attualmente svolto nel Reg. LIFE+. Tra i fattori che guidano le relazioni suolo-albero-atmosfera, le deviazioni del clima stagionale a scala geografica, territoriale e locale, gli eventi estremi come periodi prolungati di piovosità ridotta o assente associata ad alte temperature, giocano un ruolo importante nella regione Mediterranea. L'evidenza principale recente è rappresentata dall'ondata di calore dell'estate 2003 che ha interessato gran parte dell'Europa e ha attraversato, al suo limite meridionale, l'Italia centrale. Entro questa area, il fenomeno ha provocato un forte stress idrico e la riduzione dell'accrescimento nel periodo fino al 50% su 2/3 dei plot. Sono stati coinvolti i siti ubicati a quote basse e le specie più sensibili, querce e faggio. Nel periodo successivo (2005-09), una diminuzione dell'accrescimento è avvenuta soprattutto delle foreste di conifere ubicate a quote medio-alte sull'arco alpino. In questa regione è stata registrata negli ultimi anni la ripetizione di stagioni anomale, sia in termini di temperature medie che di precipitazioni. Un cambiamento sensibile nella composizione specifica in riferimento alla lunghezza ridotta del periodo monitorato (ultimi 13 anni), è quello verificato in un sito in Emilia, sul bordo meridionale della valle del Po. Qui, due querce caducifoglie con diversa autoecologia per richiesta idrica, convivono nella stessa foresta. La specie più tollerante dell'aridità, il cerro, è risultata molto meno interessata dall'aumento delle temperature e contemporaneo, forte stress idrico per carenza di precipitazione, mentre la rovere appare in declino evidente per riduzione dell'accrescimento e mortalità diffusa.

**THE EFFECT OF CLIMATE WARMING ON PLANT-MICROBE INTERACTIONS  
FOR NUTRIENT ACQUISITION IN PEATLANDS**

LUCA BRAGAZZA<sup>1,2,3</sup>, JULIEN PARISOD<sup>2,3</sup> & ALEXANDRE BUTTLER<sup>2,3,4</sup>

<sup>1</sup>*Department of Biology and Evolution, University of Ferrara, Ferrara, Italy,  
luca.bragazza@unife.it*

<sup>2</sup>*Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Laboratory of Ecological Systems (ECOS),  
Lausanne, Switzerland*

<sup>3</sup>*Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL), Site Lausanne,  
Switzerland*

<sup>4</sup>*Laboratoire de Chrono-Environnement, UMR CNRS 6249, Université de Franche-Comté,  
Besançon, France*

Bogs are nutrient-poor ecosystems strictly dependent on atmospheric inputs so they can be a good model for understanding the effects of climate change on interactions between plants and soil microbes. Here, we investigate the seasonal dynamic of microbial activity in four Swiss bogs along an altitudinal gradient so as to simulate a natural gradient of soil temperature. Peat microbial biomass carbon (C) and nitrogen (N), soil enzymatic activity, total dissolved nitrogen (TN) and organic carbon (DOC) as well as polyphenol concentration in pore water were periodically assessed during an entire plant growing season. We report a significant difference in the seasonal trend of C/N quotient in microbial biomass in relation to the altitude and the abundance of different plant growth forms, i.e., ericoids and graminoids. Increasing polyphenol concentration in pore water is reflected in a higher amount of exchangeable organic nitrogen in peat. On the other hand, the positive relationship between vascular plant production and DOC concentration in pore-water seems to indicate a primary role of root exudates in affecting DOC concentrations. The relative activity of C, N and P acquiring enzymes differ along the altitudinal gradient in relation to the quality of dissolved organic matter. A greater abundance of ericoids at lower altitude is reflected in a different microbial community structure. Our preliminary data suggest the presence of important aboveground-belowground feedback in terms of nutrient acquisition, which can potentially destabilize the ability of peatlands to act as C sinks if vascular plants become more competitive than peat-forming mosses.

## DECOMPOSIZIONE NELLA TUNDRA ALPINA: INFLUENZE DEL TIPO FUNZIONALE VEGETALE, DELL'HABITAT E DEL RISCALDAMENTO

M. CARBOGNANI, M. TOMASELLI, A. PETRAGLIA

*Dipartimento di Biologia Evolutiva e Funzionale, Università degli Studi di Parma, Via Usberti  
11/A - 43124 Parma, e-mail michele.carbognani@nemo.unipr.it*

I modelli sui cambiamenti climatici prevedono che il riscaldamento avrà un forte impatto sugli ecosistemi di elevata latitudine ed altitudine (IPCC 2007), che sono d'importanza rilevante per il ciclo globale del carbonio (Chapin et al. 2000). Infatti, nei biomi freddi, le basse temperature e la ridotta durata del periodo vegetativo limitano fortemente la decomposizione del materiale organico, determinandone un accumulo nel suolo. I processi decompositivi sono quindi d'importanza fondamentale per comprendere i meccanismi di retroazione degli ecosistemi sul ciclo globale del carbonio in risposta ai cambiamenti climatici (Dorrepaal 2007). La decomposizione di materiali organici è controllata da un complesso di fattori, fra i quali le condizioni climatiche, le caratteristiche dei tessuti e la struttura della comunità degli organismi decompositori sono quelli di maggiore importanza (Aerts 2006). Lo scopo di questo lavoro è analizzare come la decomposizione della necromassa in ambienti di tundra alpina sia influenzata dai tipi funzionali vegetali, dagli habitat e dal riscaldamento climatico. La decomposizione è stata studiata con il metodo delle "litter bags", quantificando la perdita di peso e le differenze nelle concentrazioni e nelle quantità di carbonio ed azoto dopo un anno. Per verificare l'influenza dei tipi funzionali sono state utilizzate le necromasse di un muschio (*Polytrichastrum sexangulare*), di un arbusto nano deciduo (*Salix herbacea*), di una dicotiledone erbacea (*Leucanthemopsis alpina*) e di una graminioide (*Poa alpina*). Per esaminare gli effetti dell'habitat le necromasse sono state collocate in due differenti comunità di valletta nivale, dominate l'una da un muschio (*Polytrichetum sexangularis*) e l'altra da un arbusto nano deciduo (*Salicetum herbaceae*), mentre le risposte al riscaldamento climatico sono state quantificate attraverso l'utilizzo di "open top chambers". Per tutti i parametri quantificati (perdita di peso, differenze nelle concentrazioni e nelle quantità di carbonio ed azoto), l'analisi di regressione multipla ha evidenziato differenze significative per i tipi funzionali vegetali, per le due comunità e per l'interazione fra tipi funzionali e comunità, mentre l'effetto prodotto dal riscaldamento climatico non è risultato significativo dal punto di vista statistico. In particolare le maggiori differenze sono state osservate nella perdita di peso fra i differenti tipi funzionali, con il muschio che ha mostrato una decomposizione nettamente inferiore a quella delle specie vascolari. Una notevole differenza è stata rilevata anche fra le piante vascolari, con le specie erbacee che hanno mostrato perdite di peso notevolmente superiori rispetto a quelle dell'arbusto. La decomposizione è risultata significativamente più elevata nella comunità dominata dal muschio rispetto a quella dominata dall'arbusto. I risultati dell'esperimento indicano che, in questi particolari ambienti, le caratteristiche chimiche e fisiche della necromassa hanno un'influenza dominante sulla decomposizione a breve termine, mentre le condizioni microambientali hanno un effetto di minore importanza. Tuttavia l'effetto del microclima non pare trascurabile, come evidenziato dalla differente decomposizione dei materiali nelle due

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

comunità; le due fitocenosi sono infatti caratterizzate da una diversa durata della copertura nevosa e da una differente umidità, probabilmente imputabili all'effetto che le specie dominanti hanno sul microclima. Infine, l'assenza di un effetto significativo dell'aumento della temperatura potrebbe derivare dal fatto che il riscaldamento riguarda la breve stagione vegetativa (60-70 giorni), mentre la gran parte della perdita di materiale avviene durante il periodo di copertura nevosa.

**Bibliografia**

- Aerts R. (2006). The freezer defrosting: global warming and litter decomposition rates in cold biomes. *Journal of Ecology* 94: 713-724.
- Chapin F.S. III, McGuire A.D., Randerson J., Pielke R.A. Sr, Baldocchi D.D., Hobbie S.E., Roulet N., Eugster W., Kasischke E.S., Rastetter E.B., Zimov S.A., Running S.W. (2000). Arctic and boreal ecosystems of western North America as components of the climate system. *Global Change Biology* 6: 211-223.
- Dorrepaal E. (2007). Are plant growth-form-based classifications useful in predicting northern ecosystem carbon cycling feedbacks to climate change? *Journal of Ecology* 95: 1167-1180.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Group I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland.

## IL PROGETTO PhenoALP: MONITORAGGIO INTEGRATO DELLA FENOLOGIA VEGETALE IN ECOSISTEMI ALPINI

*E. CREMONESE<sup>1</sup> E IL TEAM PhenoALP*

*<sup>1</sup>ARPA Valle d'Aosta, Loc Grande Charriere 44, Saint Christophe 11020 Aosta  
e-mail: e.cremonese@arpa.vda.it*

La fenologia è lo studio della periodicità degli stadi di sviluppo degli organismi viventi (fioritura, deposizione delle uova, ...). PhenoALP è un progetto Interreg, cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale, che rientra nel programma operativo per la cooperazione territoriale Italia-Francia (ALCOTRA) 2007-2013. Il progetto ha lo scopo di migliorare la comprensione delle variazioni fenologiche indotte dai cambiamenti climatici nelle Alpi.

Gli obiettivi principali di PhenoALP sono 1) lo sviluppo di una rete di osservazioni fenologiche nelle regioni coinvolte nel progetto (Valle d'Aosta (IT) e Alta Savoia (FR) nelle Alpi occidentali) 2) la definizione di protocolli di osservazione comuni e 3) il coinvolgimento di volontari e scuole nelle attività di osservazione come mezzo per sensibilizzare la popolazione locale sul tema del cambiamento climatico.

Le attività di progetto sono principalmente finalizzate allo sviluppo di indicatori degli effetti dei cambiamenti climatici basati sulla fenologia vegetale, alla valutazione della relazione tra la durata della stagione vegetativa e la produttività dell'ecosistema, in termini di scambio di CO<sub>2</sub>, e al monitoraggio della fenologia utilizzando dati satellitari e immagini webcam.

Durante il progetto sono stati realizzati una rete per le osservazioni fenologiche in ecosistemi forestali e pascolivi in cui il monitoraggio viene eseguito con protocolli comuni, una rete di siti di osservazione tramite webcam e sono stati implementati due siti per il monitoraggio integrato della fenologia e degli scambi di carbonio.

L'intervento presenterà i principali risultati emersi da tre anni di osservazione con particolare enfasi sull'effetto della fusione anticipata della neve occorsa nella primavera del 2011.

### **Bibliografia**

[www.phenoalp.eu](http://www.phenoalp.eu)

**L'ESPANSIONE DI *DESCHAMPSIA ANTARCTICA* E *COLOBANTHUS QUITENSIS*  
NELL'ISOLA DI SIGNY (ORCADI DEL SUD, ANTARTIDE MARITTIMA):  
RISPOSTE BIOTICHE AL CAMBIAMENTO CLIMATICO.**

S. FAVERO-LONGO<sup>1</sup>, M. GUGLIELMIN<sup>2</sup>, R. PIERVITTORI<sup>1</sup>, PETER CONVEY<sup>3</sup>, ROGER M. WORLAND<sup>3</sup>, N. CANNONE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dip. Biologia Vegetale, Università di Torino, Torino, sergio.favero@unito.it

<sup>2</sup>Dip. Scienze Teoriche e Applicate, Università dell'Insubria, Varese –  
mauro.guglielmin@uninsubria.it; nicoletta.cannone@uninsubria.it

<sup>3</sup> British Antarctic Survey, Cambridge, UK

L'Antartide marittima è una delle tre regioni del mondo che hanno registrato il più significativo incremento della temperatura dell'aria negli ultimi 50 anni (Turner et al., 2009). La vegetazione dell'Antartide è principalmente composta da crittogame (muschi e licheni), mentre soltanto in Antartide marittima sono presenti le due uniche piante vascolari di tutto il continente: *Deschampsia antarctica* Desv. e *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl.. In diversi siti dell'Antartide marittima le popolazioni di queste due specie hanno mostrato un incremento significativo, ascrivibile soltanto all'effetto delle migliorate condizioni climatiche, in quanto in Antartide l'impatto antropico sull'evoluzione degli ecosistemi è quasi totalmente assente. Nell'Isola di Signy è stata svolta un'analisi dettagliata della distribuzione spaziale e dell'abbondanza di *Deschampsia antarctica* and *Colobanthus quitensis* negli anni '60 (1961-1965; Holdgate). Nel 2009 è stata effettuata una nuova analisi di dettaglio della distribuzione spaziale e dell'abbondanza di entrambe le specie in tutta l'isola finalizzata a: 1) verificare se le specie hanno subito un'espansione nel periodo 1965-2009, 2) analizzare i pattern di cambiamento in relazione al recente riscaldamento climatico dell'Antartide marittima, 3) verificare se le variazioni di distribuzione delle specie hanno influenzato le condizioni del permafrost e dello strato attivo, 4) discutere le dinamiche di queste due specie in funzione della disponibilità di nutrienti, delle strategie riproduttive, della presenza di elementi di disturbo (con particolare riferimento alla significativa espansione demografica delle otarie) e del glacialismo recente ed Olocenico.

Entrambe le specie hanno mostrato una significativa espansione nel periodo analizzato, sia per quanto riguarda la distribuzione spaziale che le dimensioni delle popolazioni anche se non si sono registrate variazioni di ambito ecologico (ubicazione preferenziale in siti esposti a Nord, con condizioni microclimatiche e microedafiche favorevoli). Si è anche osservato che la tendenza all'espansione delle popolazioni già presenti negli anni '60 supera la tendenza alla colonizzazione di nuovi siti. I nuovi siti sono prevalentemente distribuiti in prossimità di siti già esistenti negli anni '60, indicando che il reclutamento avviene preferibilmente a carico di popolazioni limitrofe. Queste dinamiche sono già state recentemente osservate anche in Artico, ad esempio nell'ambito della ricolonizzazione di frane superficiali prodotte dalla degradazione del permafrost (Cannone et al., 2010) E' significativo il fatto che la specie non sia migrata verso quote superiori, nonostante il miglioramento delle condizioni climatiche ed il recente

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

ritiro di alcuni ghiacciai. Queste dinamiche sono inattese rispetto ai modelli che prevedono una generalizzata migrazione delle specie verso quote superiori e conferma analoghi risultati ottenuti in località remote, quali le Alpi Europee (Cannone et al., 2007). In considerazione del trend generale della temperatura dell'aria nell'area di studio, lo strato attivo del permafrost dovrebbe avere subito un rilevante incremento di spessore (Cannone et al., 2006), che potrebbe quindi essere una delle cause di questo risultato inatteso. Tuttavia anche la disponibilità di nutrienti nel suolo gioca un ruolo fondamentale nel determinare le possibilità di colonizzazione (Hill et al. 2011, Nature Climate Change). Dal confronto tra i limiti di distribuzione areale delle due specie e la ricostruzione del dinamismo glaciale Olocenico si ipotizza che le due specie abbiano colonizzato l'isola prima di 5000 anni fa (Smith 1994).

**EFFETTI DI UN EVENTO CLIMATICO ESTREMO SU UN ECOSISTEMA DI  
TORBIERA ALPINA**

*R. GERDOL, L. BRANCALEONI, L. BOMBONATO*

*Dipartimento di Biologia ed Evoluzione, Università di Ferrara, Corso Ercole I d'Este 32,  
44121 Ferrara – grn@unife.it*

I più recenti modelli prevedono che il riscaldamento climatico produca effetti più marcati nei territori a clima freddo dell'Emisfero settentrionale, soprattutto ad alte latitudini nelle regioni artiche e subartiche, ma anche nei territori montuosi di media latitudine. Oltre alle graduali conseguenze del graduale incremento termico, per altro già in atto da alcuni decenni, si prevede che gli ecosistemi a clima freddo subiscano l'impatto di eventi climatici estremi, la cui frequenza e intensità sono anche previste in crescita per effetto dei cambiamenti climatici. Nell'estate 2003, un'ondata di calore senza precedenti per intensità e durata ha colpito ampi territori dell'Europa centro-meridionale, inclusa la catena alpina. In questa comunicazione vengono illustrati alcuni effetti di questo evento climatico sulla biodiversità vegetale e sui meccanismi di funzionamento di una torbiera alpina.

**UN INDICE DI RICCHEZZA FLORISTICA BASATO SULLE RISORSE  
AMBIENTALI: CONTRIBUTO AI MODELLI PREDITTIVI**

D. GERVASONI, B. FOGGI

*Dipartimento di Biologia Evoluzionistica “Leo Pardi” – Biologia Vegetale, Università degli  
Studi di Firenze, Via La Pira, 4, Firenze, 50126 – e-mail davidgervasoni@gmail.com,  
bruno.foggi@unifi.it*

Gli organismi vegetali sono limitati da vari fattori ambientali che possono essere raggruppati in tre categorie: risorse, stress e disturbo. Tra le risorse (Tilman, 1982) ci sono gli elementi fondamentali per la vita e la competizione delle piante (acqua, nutrienti del suolo, ecc.); tra i fattori di stress e disturbo (Grime, 1979, 2001) vi sono le proprietà fisiche dell'ambiente ed i fenomeni “violenti” più o meno ripetuti nel tempo, che agiscono negativamente limitando le risorse. Attraverso la stima di questi fattori fondamentali è possibile sintetizzare un indice che informi sulla posizione delle specie all'interno dello spazio multidimensionale dei parametri della vita vegetale: PLIP (Potential Life Index of Plants).

Il presupposto di base è che ci sia una relazione fra la ricchezza floristica e le risorse presenti in un determinato luogo. La possibile presenza e vita di una specie in un determinato luogo dipende dalle risorse disponibili, che riteniamo possano essere sintetizzate in: acqua, luce, nutrienti e O<sub>2</sub> del suolo. La risorsa che risulta al minimo livello fra quelle considerate, e che quindi risulta determinante per la vita di un organismo in un determinato luogo (legge di Liebig), è stata presa come unità di base per l'indice PLIP. L'obiettivo del nostro lavoro è stato quello di analizzare la ricchezza floristica e confrontarla con l'indice PLIP.

L'area di studio comprende i versanti ovest ed est dell'Alpe delle Tre Potenze (Appennino Tosco-Emiliano, presso Abetone, PT) a partire dalla quota di 1500 m fino a 1940 m della cima. L'area così definita ha permesso di limitare il numero di fattori utilizzati a quelli più importanti per l'ambiente di montagna (Kammer & Mohl, 2002) anche in accordo al concetto di stress di Körner (2003).

Il campionamento floristico si basa su 122 rilevamenti, di 5x5 m, distribuiti random in modo proporzionale alla superficie delle fasce 100 m di dislivello. Ogni plot è stato suddiviso in 16 sotto-quadrati di 1.25x1.25 m all'interno dei quali sono state rilevate le specie presenti e la loro copertura percentuale. Ciascun fattore è stato misurato o stimato e spazializzato sull'intera area di studio mediante l'uso del GIS, elaborando i dati del DTM e quelli climatici raccolti, realizzando una mappa per ciascun fattore e per l'indice PLIP.

I dati mostrano una relazione significativa ( $p < 0.01$ , test di Spearman per ranghi) tra PLIP e numero di specie per plot. Sono state analizzate anche le correlazioni con l'altitudine, la copertura vegetale e la diversità floristica (Indici di Shannon e Simpson). Malgrado il piccolo intervallo altitudinale considerato, dalla forma e dalla significatività della curva di regressione tra PLIP e numero di specie per plot, è possibile confrontare e discutere la situazione con i principali modelli teorici della diversità vegetale, tra i quali la “Intermediate Stress and Disturbance Hypothesis” (Grime, 1973, 1979, 2001) e il “Dynamic Equilibrium Model” (Huston, 1979, 1994). Utilizzando la relazione tra PLIP e numero di specie, è stato possibile stimare il

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

cambiamento della ricchezza floristica al variare delle risorse a causa del cambiamento climatico. Scenari con aumento di temperatura di 1.0°C e diminuzione delle precipitazioni del 20% porterebbero ad un cambiamento della distribuzione delle specie con l'effetto di accentuare la differenza tra aree a maggiore diversità floristica e quelle a maggiore dominanza delle specie prevalenti. Tali stime sono da considerare indicative di una tendenza relativa all'area di studio, assumendo un attuale e futuro equilibrio tra dinamiche floristiche e climatiche.

Questo indice può essere un contributo all'interpretazione delle proiezioni derivate dai modelli predittivi delle specie (Guisan & Zimmermann, 2000), in quanto può dare informazioni a livello di vegetazione sugli effetti di dominanza e facilitazione che influenzano concretamente la distribuzione delle specie.

### **Bibliografia**

- Grime J.P. (1973). Competitive exclusion in herbaceous vegetation. *Nature*, 242, 344-347.
- Grime J.P. (1979). *Plant Strategies and Vegetation Processes*. Chichester, Wiley.
- Grime J.P. (2001). *Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties*, 2nd edn. John Wiley & Sons Ltd, Chichester.
- Guisan A., Zimmermann N.E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecol Modell* 135:147-186.
- Huston M. A., 1979: A general hypothesis of species diversity. *American Naturalist*, 113: 81-101.
- Huston M. A., 1994: *Biological Diversity: The Coexistence of Species on Changing Landscapes*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kammer P.M., Mohl, A. (2002). Factors Controlling Species Richness in Alpine Plant Communities: An Assessment of the Importance of Stress and Disturbance. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 34 (4), 398-407.
- Körner Ch. (2003). Limitation and stress – always or never. *Journal Vegetation Science* 14: 141-143.
- Tilman D. (1982). *Resource competition and community structure*. Princeton University Press. Princeton, N.J.

**EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI A MICRO- E MACROSCALA  
SUI LICHENI EPIFITI**

*P. GIORDANI<sup>1</sup>, G. INCERTI<sup>2</sup>; G. RIZZI<sup>1</sup>; P. MODENESI<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Polo Botanico Hanbury, Dip.Te.Ris., Università di Genova, Corso Dogali 1M,  
Genova, 16136 – e-mail giordani@dipteris.unige.it*

*<sup>2</sup>Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Trieste, Via Giorgeri 10, Trieste,  
34127 – e-mail incerti@units.it*

Gli ecosistemi Mediterranei, nonostante la considerevole durata del periodo di aridità estiva, ospitano ricche comunità licheniche epifite ed epilittiche, caratterizzate da un vasto range di adattamento rispetto alla disponibilità di acqua. Studi precedenti hanno dimostrato l'importanza dei fattori ecologici legati all'acqua nel determinare la diversità e la distribuzione delle specie licheniche a macroscale spaziale, mentre su scala locale sembra prevalere l'effetto dei fattori legati al substrato.

In questo modulo, abbiamo indagato questo complesso quadro ecologico mediante un intensivo disegno campionario nidificato realizzato nella Sardegna Occidentale. In 70 stazioni di campionamento, sono state rilevate 75 variabili potenzialmente legate alla diversità lichenica.

Utilizzando modelli non parametrici multivariati, abbiamo selezionato subset di fattori ambientali significativamente correlati con la diversità lichenica complessiva (variabili strutturali del substrato), la distribuzione delle specie più rappresentative (es. radiazione solare attraverso la chioma) e di gruppi morfo-funzionali (tessitura della corteccia e competizione di altri organismi). Utilizzando tecniche di boosted tree regression analysis, abbiamo valutato l'importanza relativa dei fattori ambientali, mettendo in evidenza set di specie principalmente associati a fattori locali di variabilità microclimatica ed altri potenzialmente relazionabili a cambiamenti climatici su scala spaziale e temporale maggiore.

## CAMBIAMENTI CLIMATICI E IMPATTO ANTROPICO NEL MEDITERRANEO: LA PROSPETTIVA PALEO/ARCHEOBOTANICA

ANNA MARIA MERCURI<sup>1</sup>, LAURA SADORI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Dipartimento di Biologia, Università di Modena e Reggio Emilia, Viale Caduti in Guerra 127, 41123 Modena, Italy - annamaria.mercuri@unimore.it*

<sup>2</sup> *Dipartimento di Biologia Ambientale, Università "La Sapienza", Piazzale Aldo Moro 5, 00185 Roma, Italy - laura.sadori@uniroma1.it*

Il legame tra esseri umani e ambiente è una delle problematiche più stringenti degli ultimi decenni, volta in particolare a comprendere quale sostenibilità ambientale sia possibile in un momento di evidenti cambiamenti climatici (Diamond 2002; Oldfield 2005; Sadori 2007).

Le ricerche sugli archivi biologici permettono di studiare la relazione tra storia della vegetazione e trasformazioni socio-ambientali per area geografica e per fase culturale (Berglund 2003; Birks et al. 1998; Mercuri 2008)

La prospettiva paleo- e archeobotanica si occupa di questi temi attraverso lo studio di resti botanici, polline e macroresti vegetali, presenti in depositi di origine diversa. Lo studio del Tardoglaciale e Olocene, circa gli ultimi 15mila anni, mostra chiari cambiamenti della copertura vegetale che sono avvenuti in seguito a oscillazioni climatiche globali. Con una generalizzazione, possiamo riassumere i cambiamenti più evidenti in un andamento verso innalzamento delle temperature e calo delle precipitazioni, con variazioni stagionali, nel Mediterraneo centrale. Proprio nel Mediterraneo, l'Olocene medio ha visto anche il fiorire di alcune delle più importanti civiltà, preludio della società moderna. Molti autori sottolineano che le traiettorie di evoluzione culturale sembrano più o meno fortemente coincidere con cambiamenti climatici (Mercuri et al. 2011). Questi ultimi hanno portato, tra le proprie conseguenze, modifiche nell'assetto vegetazionale più o meno drammatiche. Resta comunque non facile avere a disposizione record che abbiano una risoluzione sufficiente a discriminare tra modifiche ambientali climatiche o antropiche, perché è probabile che alcuni adattamenti all'ambiente siano avvenuti in modo sfumato e altre più brusco, in dipendenza dalle condizioni locali.

### **Bibliografia**

- Berglund BE (2003) Human impact and climate changes - synchronous events and a causal link? *Quat Int* 105: 7-12
- Birks HH, Birks JB, Kaland PE, Moe D (1988) *The Cultural Landscape*, Cambridge University Press, Cambridge
- Diamond J (2002) Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature* 418: 700-707
- Mercuri AM (2008) Human influence, plant landscape, evolution and climate inferences from the archaeobotanical records of the Wadi Teshuinat area (Libyan Sahara). *J Arid Environ* 72: 1950-1967

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

- Mercuri AM, Sadori L, Uzquiano Ollero P (2011) Mediterranean and north-African cultural adaptations to mid-Holocene environmental and climatic change. *Holocene* 21: 189–206
- Oldfield F (2005) *Environmental change: key issues and alternative approaches*, Cambridge, University Press Cambridge
- Sadori L (2007) Pollen Records, Postglacial. Southern Europe. *Encyclopedia of Quaternary Sciences*, Elsevier, pp. 2763-2773

**DISTRIBUZIONE DELLE TANE DI MARMOTTA (*Marmota marmota*) IN UNA  
VALLE ALPINA D'ALTA QUOTA: INFLUENZA DI PERMAFROST E  
VEGETAZIONE**

MIGNATTI A.<sup>1</sup>, CASAGRANDE R.<sup>1</sup>, PEDROTTI L.<sup>2</sup>, CANNONE N.<sup>3</sup>, GUGLIELMIN M.<sup>4</sup> AND GATTO M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dip. di Elettronica e Informazione, Politecnico di Milano, Milano – [mignatti@elet.polimi.it](mailto:mignatti@elet.polimi.it);  
[gatto@elet.polimi.it](mailto:gatto@elet.polimi.it); [casagrande@elet.polimi.it](mailto:casagrande@elet.polimi.it)

<sup>2</sup>Parco Nazionale dello Stelvio, Bormio; [luca.pedrotti@stelviopark.it](mailto:luca.pedrotti@stelviopark.it)

<sup>3</sup>Dip. Scienze Teoriche e Applicate, Università Insubria – Como –  
[nicoletta.cannone@uninsubria.it](mailto:nicoletta.cannone@uninsubria.it)

<sup>4</sup>Dip. Scienze Teoriche e Applicate, Università Insubria VARESE, Varese –  
[mauro.guglielmin@uninsubria.it](mailto:mauro.guglielmin@uninsubria.it)

L'ubicazione delle tane della marmotta (*Marmota marmota*) può costituire un importante indicatore delle condizioni ambientali dei siti, con particolare riferimento ad alcuni fattori di rilevante importanza ecologica quali il regime termico del terreno e le caratteristiche della componente vegetale. La distribuzione spaziale delle tane è quindi legata a particolari condizioni ambientali del sito suscettibili di subire variazioni, anche in risposta agli impatti del cambiamento climatico.

La presente ricerca, sviluppata nell'ambito del Progetto SHARE Stelvio (Fondazione Lombarda per l'Ambiente), analizza i pattern di distribuzione spaziale delle tane di marmotta in una valle alpina di alta quota in relazione a: tipo di vegetazione, presenza/assenza di permafrost, quota, esposizione, pendenza e contesto geomorfologico. L'area di studio è ubicata nella Valle del Foscagno, nelle Alpi Centrali Italiane (Provincia di Sondrio). Tale sito infatti permette di correlare la distribuzione delle tane di marmotta a dati di dettaglio relativi alla distribuzione della vegetazione (per la quale è stata elaborata anche una carta fitosociologica di dettaglio) e del permafrost.

A tal fine è stato sviluppato uno specifico protocollo di rilevamento delle caratteristiche dell'intorno di ciascuna tana, che viene iscritta in un plot di 5 x 5 m, per il quale vengono registrati dati relativi alle condizioni topografiche, vegetazionali e di uso/attività delle tane stesse. Durante il periodo estivo degli anni 2010 e 2011 sono state censite 465 tane, ubicate a quote comprese tra 2200 e 2900 m di quota, con netta prevalenza di tane attive (sia primarie che secondarie) rispetto a quelle abbandonate. Il numero di tane aumenta in modo inversamente proporzionale alla quota, conformemente a quanto atteso. L'ubicazione delle tane è principalmente associata alla presenza di vegetazione di prateria alpina con copertura discontinua (*Nardetum alpigenum*, *Caricetum curvulae*) e solo secondariamente a vegetazione di prateria alpina con copertura continua, mentre la percentuale di tane presenti in corrispondenza sia di vegetazione arbustiva sia di vegetazione pioniera si riduce in maniera significativa. Le tane sono localizzate preferibilmente in corrispondenza di versanti, a quote prevalentemente superiori a 30°, con granulometria del terreno grossolana. L'ipotesi che la distribuzione spaziale delle tane sia casuale in un ambito tri-dimensionale è stata rigettata, a

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

seguito dell'analisi di Hopkins & Skellam e di Pielou (in entrambi i casi  $p < 0.005$ ). La maggior parte delle tane è ubicata in zona in cui il permafrost è assente (in accordo al modello Permaclim) ma le tane poste su versanti meridionali a quote superiori i 2700 m e quelle poste a quote superiori i 2600 m su quelli settentrionali sono presenti in aree sia con permafrost possibile che probabile. Tuttavia, essendo il modello basato su dati meteorologici del periodo 1978-1994, e considerando il contesto dell'attuale cambiamento climatico, la distribuzione delle tane delle marmotte in queste specifiche zone potrebbe segnalare una forte degradazione del permafrost, che necessita pertanto verifiche di terreno o rimodellazione con dati attuali.

**MAPPATURA DELLE COLONIZZAZIONI EPI- ED ENDOLITICHE NELLA TERRA  
VITTORIA DEL NORD (ANTARTIDE) PER IL MONITORAGGIO DI FUTURI  
CAMBIAMENTI CLIMATICI**

*SILVANO ONOFRI, LAURA SELBMANN, DANIELA ISOLA, ELEONORA EGIDI, LAURA ZUCCONI*  
*DIBAF - Università degli Studi della Tuscia - Via San Camillo de Lellis s.n.c. - 01100 Viterbo –*  
*onofri@unitus.it; selbmann@unitus.it; zucconi@unitus.it*

Negli ambienti terrestri antartici deglaciat, quali le Valli Secche di McMurdo o i picchi delle montagne lungo la catena transantartica, si raggiungono le condizioni ambientali limite per la vita. In queste zone, quando le condizioni climatiche sono troppo proibitive per permettere la colonizzazione epilittica, le comunità microbiche sopravvivono all'interno della roccia. Lo stile di vita endolitico, pertanto, rappresenta l'ultima chance di sopravvivenza in quelle condizioni. Il tipo più diffuso e studiato è rappresentato dalle comunità criptoendolitiche, in particolare quelle dominate dai licheni, caratteristiche delle rocce arenarie. Queste comunità si sviluppano all'interno delle porosità delle rocce sedimentarie e la loro presenza produce un caratteristico pattern di esfoliazione superficiale del substrato litico, l'erosione biologica. La distribuzione delle comunità criptoendolitiche negli affioramenti di arenaria colonizzati da microrganismi in Terra Vittoria del Nord è stato mappato durante la spedizione antartica italiana 1996-1997; sulla base di tale mappatura è stato definito il confine della vita in quell'area. Durante la spedizione antartica italiana 2010-11 è stata effettuata una nuova e più dettagliata mappatura della colonizzazioni endolitiche nella Terra Vittoria per ridefinire i confini geografici della presenza di forme di vita attive. Sessantasei diversi siti sono stati visitati lungo un transetto che va da Cosmonaut Glacier, al Nord (73°26'47"S) fino al promontorio di Battleship nelle Valli Secche di McMurdo, al Sud (76°54'36" S), dal livello del mare fino a 3600 m s.l.m., e dalla costa verso l'interno del continente. Tutti gli affioramenti di arenaria nella Terra Vittoria del Nord sono stati visitati, così come i graniti. Queste osservazioni, valutate alla luce dei dati climatici registrati dalle stazioni meteorologiche presenti sul territorio e delle caratteristiche del substrato litico, offrono un quadro aggiornato dei limiti geografici per la vita in quell'area. Essi rappresentano anche un prezioso strumento per valutare eventuali future variazioni dei confini per la vita in risposta a possibili cambiamenti climatici.

## EFFETTI DELLA FERTILIZZAZIONE SULLA BIOMASSA VEGETALE: RISPOSTE SPECIE-SPECIFICHE IN UNA COMUNITÀ DI VALLETTA NIVALE

A. PETRAGLIA, M. CARBOGNANI, M. TOMASELLI

*Dipartimento di Biologia Evolutiva e Funzionale, Università degli Studi di Parma, Via Usberti  
11/A - 43124 Parma, e-mail alessandro.petraglia@naturmedia.it*

L'atteso incremento delle deposizioni azotate di natura antropogenica e l'aumento della mineralizzazione della sostanza organica nel suolo legato al riscaldamento climatico in atto propone il tema di come le piante che colonizzano la tundra alpina, solitamente limitate da N e P, possano reagire all'aumento della disponibilità di questi nutrienti. Mentre per le graminoidi, gli arbusti e molti muschi i dati mostrano un pattern di risposta sostanzialmente simile all'interno di ciascun gruppo, per molte dicotiledoni erbacee la letteratura evidenzia un comportamento specie-specifico molto accentuato. Per questa ragione è stato intrapreso lo studio di una comunità vegetale di valletta nivale costituita da un tappeto composto prevalentemente dal muschio *Polytrichastrum sexangulare* e colonizzata da poche e poco studiate dicotiledoni erbacee e alcune camefite il cui rappresentante più abbondante è *Salix herbacea*. A partire dal 2003 in un sito situato sul fondo di un circo glaciale, nei pressi del passo di Gavia, a 2700 m di quota, è stato messo a punto un impianto sperimentale finalizzato alla fertilizzazione di questa comunità vegetale mediante 5 differenti concentrazioni di N e P. L'abbondanza delle specie è stata stimata mediante il metodo degli intercept points. *Polytrichastrum sexangulare* ha mostrato un significativo decremento della biomassa in tutti i trattamenti in cui N e P erano combinati, mentre N e P da soli non hanno generato effetti sulla biomassa muscinale. Tutte le specie vascolari hanno evidenziato un significativo aumento di biomassa fin dal primo anno dell'esperimento nei trattamenti con N e P combinati. Le specie chionofile *Veronica alpina*, *Cardamine alpina* e *Gnaphalium supinum* hanno mostrato un aumento della biomassa confinato alla prima metà dell'esperimento, mentre *Leucanthemopsis alpina* e *Poa alpina* hanno mostrato un forte aumento di biomassa durante tutta la durata dell'esperimento di fertilizzazione. Sulla base di questi dati è possibile concludere che un aumento dei nutrienti disponibili può condurre ad una variazione nei rapporti di dominanza tra le specie in questa comunità a vantaggio delle specie più plastiche da un punto di vista ecologico, che sono in grado di colonizzare ambienti meno estremi ma che riescono a sopravvivere, evidentemente in condizioni fortemente limitate, anche in questi ambienti. Le specie più tipicamente chionofile possono essere penalizzate da queste variazioni, poiché non crescono come le altre e possono risentire di una maggiore competizione per lo spazio e le risorse da parte delle altre specie. Alla luce di questo sembra possibile ipotizzare che un aumento della disponibilità di nutrienti possa mettere in pericolo la struttura attuale di queste comunità e, in breve periodo, portare a forti stress competitivi per le specie più strettamente chionofile.

## IL MONITORAGGIO ECOLOGICO IN ALTA QUOTA IN APPENNINO CENTRO-MERIDIONALE

G. PELINO<sup>1</sup>, G. CIASCHETTI<sup>3</sup>, C. GIANCOLA<sup>2</sup>; A. STANISCI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Giardino della Flora Appenninica, Capracotta (IS), 86082 – e-mail giovannipelino@yahoo.it

<sup>2</sup>Dipartimento di Scienze e Tecnologie dell'Ambiente e del Territorio, Università del Molise, Pesche (IS), 86090 – e-mail stanisci@unimol.it

<sup>3</sup>Parco Nazionale della Majella, Giardino Botanico Daniela Brescia, ex S.S. 487 km 26, S. Eufemia a Majella (PE), 65020 - e-mail giampiero.ciaschetti@parcomajella.it

Il monitoraggio ecologico a lungo termine viene svolto in 36 aree permanenti collocate nel piano alpino del massiccio della Majella e nel piano altomontano dei Monti del Matese.

Le principali attività di ricerca del sito riguardano la diversità di specie di piante vascolari, la distribuzione e la composizione degli habitat di interesse comunitario, i cambiamenti climatici, i cambiamenti di uso del suolo, la composizione chimica della neve, la caratterizzazione e classificazione pedologica dei suoli, gli scambi di CO<sub>2</sub> suolo-atmosfera (Basili et al. 2009; Cioci et al. 2008; Corti et al. 2011), la biologia delle piante vascolari endemiche o a rischio di estinzione.

Le aree di monitoraggio dei dati termometrici e floristico-quantitativi sono incluse nella rete mondiale del progetto GLORIA (GLOBAL Research Initiative in Alpine ecosystems - [www.gloria.ac.at](http://www.gloria.ac.at)).

L'elaborazione dei dati raccolti in questi ultimi 10 anni ha evidenziato:

- l'aumento della temperatura media annua del suolo di 0,05 °C nelle aree poste a di sopra dei 2500 m di quota (periodo 2001-2010);
- l'incremento del 4% della ricchezza della flora vascolare, lungo i versanti più caldi (meridionali ed orientali), per effetto della risalita di specie termofile provenienti da quote inferiori;
- la riduzione del 25-30% del numero e della taglia degli individui di specie microterme minacciate (es. *Androsace mathildae*);
- la concentrazione delle specie microterme endemiche negli habitat di crinale e rupestri (Stanisci et al. 2010).

### Bibliografia

- Basili M., Cioci C., Cocco S., Agnelli A., Di Peco D., Ferrarsi P., Corti G. (2009). Characteristics and origin of organic matter and basal respiration of soils from Majella massif (Central Apennines, Italy). Geophysical Research Abstracts. European Geosciences Union. General Assembly 2009 Vienna, Austria, 19 – 24 April 2009.
- Cioci C., G. Corti., Agnelli A., Cocco S. (2008). Role of the altitude on the organic matter preservation in soils under a secondary prairie on the Majella massif, Italy. *Agrochimica*, 5:313-324.

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

- Corti G., Cocco S., Basili M., Cioci C., Warburton J., Agnelli A. (2011). Soil formation in kettle holes from 1 high altitudes in central Apennines, Italy. *Geoderma*. DOI: 10.1016/j.geoderma.2011.10.016
- Dullinger S., Kleinbauer I., Pauli H., Gottfried M., Brooker R., Nagy L., Theurillat J.-P., Holten J. I., Abdaladze O., Benito J.-L., Borel J.-L., Coldea G., Ghosn D., Kanka R., Merzouki A., Klettner C., Moiseev P., Molau U., Reiter K., Rossi G., Stanisci A., Tomaselli M., Unterlugauer P., Vittoz P. & Grabherr G. (2007). Weak and variable relationships between environmental severity and small-scale co-occurrence in alpine plant communities. *Journal of Ecology* 95: 1284–1295
- Giancola C., Di Marzio P., Stanisci A. (2008). Gli habitat nelle aree d'alta quota in Molise. *Fitosociologia*, 44 (2).
- Stanisci A., Pelino G., Blasi C. (2005) - Vascular plant diversity and global change in central Apennine (Italy). *Biodiversity and Conservation*, 14: 1301-1318.
- Stanisci A., Carranza M.L., Pelino G., Chiarucci A. (2010). Assessing the diversity pattern of cryophilous plant species in high elevation habitats. *Plant Ecology*, 212: 595-600.

**ADATTAMENTO, PERSISTENZA O ESTINZIONE? RISPOSTE ECOLOGICHE DI  
SPECIE E COMUNITÀ VEGETALI AGLI IMPATTI DEL CAMBIAMENTO  
CLIMATICO IN AMBIENTE ALPINO**

S. PIGNATTI<sup>1</sup>, N. CANNONE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Biologia Vegetale, Università La Sapienza, Roma - sandro.pignatti@gmail.it

<sup>2</sup>Dip. Scienze Teoriche e Applicate, Università dell'Insubria, Como (CO) -  
nicoletta.cannone@uninsubria.it

La vegetazione dell'area del Passo dello Stelvio (Alpi Centrali Italiane) ha subito nel periodo 1953-2003 significative variazioni areali relative alla distribuzione spaziale ed al tipo di comunità vegetali (Cannone et al., 2007), a fronte di un incremento della temperatura dell'aria con un trend di +1.2°C/decade. La presente ricerca è finalizzata all'analisi delle variazioni intra-comunità nel periodo 1953-2003 relativamente a diversità, turnover di specie, composizione floristica, forme biologiche, corotipi ed indici di bioindicazione ambientale. A tal fine sono stati selezionati soltanto i rilievi del 1953 e del 2003 strettamente comparabili per localizzazione, tipo di comunità, numero di rilievi, in modo da evitare le problematiche relative allo pseudo-turnover. Le comunità vegetali investigate comprendono vegetazione pioniera (*Oxyrietum digynae*, *Luzuletum spadiceae*), di valletta nivale (*Salicetum herbaceae*), prateria alpina (*Caricetum curvulae*) e arbusteto alpino nano (*Cetrario-Loiseleurietum*).

La consistenza della flora appare decisamente aumentata nel periodo studiato con un incremento da 72 specie (1953) a 91 specie (2003). Nonostante il cospicuo incremento di diversità (+39 %), il reclutamento delle specie è avvenuto a carico di comunità contigue (principalmente a carico delle cenosi di prateria alpina) interessando specie già presenti nel 1953, anche se distribuite in comunità vegetali differenti. Non si registra alcun ingresso di specie alloctone. Tutte le comunità analizzate mostrano una tendenza verso l'aumento della diversità floristica, associato ad una generalizzata diminuzione di frequenza e dominanza delle specie caratteristiche, indice della creazione di un "vuoto ecologico" saturato da elementi estranei. Il turnover di specie è massimo nelle comunità pioniere (come ci si attenderebbe) ma anche negli arbusteti nani e nelle praterie, mentre le vallette nivali mostrano una maggiore stabilità che può derivare dal forte controllo microclimatico ed edafico su questa tipologia di comunità vegetale. Significative le variazioni dei corotipi, con un forte incremento delle specie del gruppo delle orofite sud europee ed una concomitante riduzione delle specie artiche e boreali (tranne che nel *Cetrario-Loiseleurietum*), a conferma dell'impatto dell'incremento della temperatura dell'aria sulle singole specie. Gli indici di bioindicazione (calcolati sia secondo Ellenberg che secondo Landolt) mostrano per tutte le comunità una generale tendenza all'incremento della temperatura, dell'umidità, dei nutrienti e del pH del suolo ed un decremento dell'esposizione alla luce, che potrebbe indicare una tendenza all'aumento di copertura ed alla chiusura della vegetazione.

## ESTIMATING THE RESPONSE OF ITALIAN COASTAL DUNE HABITATS TO GLOBAL CHANGE SCENARIOS FOR CONSERVATION PURPOSES

*IRENE PRISCO, MARTA CARBONI, ALICIA T.R. ACOSTA*

*Dipartimento di Biologia Ambientale, Università Roma Tre, Viale G. Marconi 446, 00146  
Roma*

*e-mail: iprisco@uniroma3.it; mcarboni@uniroma3.it; acosta@uniroma3.it*

**Introduction and aims.** In the last decades, the intensification of human activities (agriculture, forestry, industry, transport and tourism) and the consequent climate and land use changes have led to fragmentation and/or loss of many habitats and species. In particular, the second Italian Report about the implementation of the Habitats Directive (93/42/CEE) has highlighted an alarmingly critical conservation status of coastal dune habitats. Therefore these habitats require special management measures in the near future, especially in the light of the predicted further global changes. In this context the main purpose of this project was to build a national database of vegetation plots of coastal dune habitats, with the following aims:

- analyse the present day geographical distribution of coastal habitats along the Italian littoral;
- analyze the predicted future distribution of habitats under climate and land use change scenarios;
- evaluate the efficacy of the protected areas network in Italy for the present and future conservation of these habitats.

**Methods.** Through the software TURBOVEG, we built a national database collecting previously published phytosociological information (2,666 phytosociological relevés) distributed in 10 coastal dune EU habitats. Each relevé was georeferenced and transferred on a 10x10 km UTM grid in a GIS environment. We developed suitability models to predict the distribution of the most widespread dune habitats comparing two approaches: habitat-based and species-based. In the habitat-based approach we used the current distribution of the habitat itself and modelled its present and future distribution based on environmental predictors. In the species-based approach we modelled the habitat in terms of its diagnostic species. For both approaches we selected six non-correlated bioclimatic variables (WorldClim data) plus three land use and geomorphological variables. For the future prediction we chose two scenarios (A2 and B2) for the year 2050. Current and future distribution of dune habitats were modelled using the R based package BIOMOD. Finally, in a GIS environment we carried out a gap analysis based on the modelled habitat distributions and the present day protected areas network in order to estimate the current and future efficacy of the network.

**Results.** Although the most part of EU dune habitats is in a bad or inadequate conservation status, our national phytosociological database highlighted that, at present, central Italy, the insular areas and the northern Adriatic coasts are characterized by a high number of species and phytosociological associations, often rare or endemic. Habitats closer to the sea-line were much

SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA  
GIORNATA DI STUDI  
CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI

more widespread compared to more inland ones, probably because of frequent transformation of back dunes into areas suitable for agriculture activities or urban development.

In general, our results showed that under different global change scenarios mobile dune and fixed dune habitats are projected to lose even more suitable area in the near future. On the contrary distribution of fore dune habitats will likely remain stable or may even increase in the same time-frame. Depending on the type of modelled habitat, the simple habitat-based approach was very efficient in rapidly assessing range distribution changes. However, the more complex and indirect species-based approach was a necessary complement for habitats with many characteristic species rather than one or few very dominant ones.

**Conclusions.** Italian coastal dunes and inland dunes are among the most threatened habitats at national level, mainly due to anthropogenic activities. Our results indicate that the protected areas network might become ineffective for the protection of some of these highly endangered habitats in the near future. As it is highly probable that human development and recreational activities along coasts will continue to be intense, an appropriate management of well-preserved dune systems, paired with a more appropriate selection of protected areas, is urgently needed.

## VARIAZIONI FLORISTICHE E FENOLOGICHE IN FITOCENOSI CLIMATO-ZONALI DEL TERRITORIO BOLOGNESE NELL' ULTIMO TRENTENNIO

G. PUPPI, D. UBALDI, A.L. ZANOTTI

*Dipartimento di Biologia E.S., Università di Bologna, Via Irnerio 42, Bologna, 40126  
e-mail: giovanna.puppi@unibo.it*

Vengono presentati i primi risultati di una analisi delle variazioni subite negli ultimi 30 anni da fitocenosi climato-zonali, rappresentative delle principali teste di serie del territorio bolognese (Puppi et al., 2010). Nello studio sono analizzate alcune fitocenosi già studiate in precedenza (a partire dalla fine degli anni '70) con il metodo fitosociologico e sinfenologico, per evidenziarne eventuali variazioni nella fisionomia, composizione floristica e nel ritmo fenologico. La scelta è stata limitata a fitocenosi evolute (boschi maturi collinari e montani e brughiere di altitudine) per escludere a priori situazioni in spontanea evoluzione dinamica e dunque limitare lo spettro delle possibili cause di variazione. Il confronto tra dati pregressi e attuali è reso possibile grazie alla precisa localizzazione delle stazioni, effettuata anche per mezzo di immagini fotografiche scattate all'epoca dei rilievi. Nel presente studio viene illustrata la procedura di indagine e vengono discussi alcuni risultati relativi alla individuazione delle possibili cause (ivi compresi i cambiamenti climatici in atto) delle variazioni fisionomico-floristiche delle comunità, anche alla luce delle anomalie dei relativi ritmi sinfenologici.

### **Bibliografia**

Puppi G., Speranza M., Ubaldi D., Zanotti A.L., 2010 - *Carta delle Serie di Vegetazione dell'Emilia-Romagna*, in: Blasi C. (ed) . "La Vegetazione d'Italia" con Carta delle serie di vegetazione in scala 1:500.000" Ministero dell'Ambiente – Dip. Biologia Vegetale, la Sapienza Univ. di Roma, Palombi & Partner : pp. 181-203

**L'ANALISI DELLE VARIAZIONI DELLA COPERTURA VEGETALE IN AREA  
PREALPINA E DELLE RELAZIONI CON GLI IMPATTI DEL CAMBIAMENTO  
CLIMATICO E LE VARIAZIONI DI USO DEL SUOLO (TRIANGOLO LARIANO)**

*SIMONA RODA E NICOLETTA CANNONE*

<sup>1</sup>*Dipartimento di Scienze Teoriche e Applicate, Università Insubria, Via Lucini 3, Como,  
22100- e-mail: simona.roda@uninsubria.it; e-mail: nicoletta.cannone@uninsubria.it*

Gli impatti del cambiamento climatico cominciano ad essere evidenti non solo sulla vegetazione alpina e polare (alte quote e alte latitudini), ma si stanno manifestando anche a quote e latitudini inferiori, coinvolgendo differenti tipi di ecosistemi vegetali. In particolare, nono sono stati ancora chiariti gli effetti del cambiamento climatico sugli ecosistemi forestali dall'ambito montano al subalpino sia per quanto riguarda la composizione floristica e la distribuzione delle specie e delle comunità vegetali, sia per quanto attiene gli aspetti funzionali, i principali processi ecologici e l'interazione con altri fattori sia biotici (competizione interspecifica, parassiti, ecc) che abiotici (eventi di precipitazione estrema, siccità, incendi, erosione del suolo,...). Inoltre, anche i cambiamenti di uso del suolo, con il progressivo abbandono delle tradizionali attività agro-silvopastorali, sta producendo concomitanti ed, in alcuni casi, convergenti effetti sulla componente vegetale ed, in particolare, su quella forestale. In tale contesto, risulta di grande importanza, anche ai fini di una corretta gestione del territorio, analizzare e quantificare gli impatti del cambiamento climatico sulla vegetazione degli orizzonti montani e subalpini, in modo da individuare le modalità di risposta ed adattamento fornite sia a livello di comunità vegetale che di singole specie.

A tal fine, è stata avviata una ricerca finalizzata allo studio delle variazioni della vegetazione di un'area prealpina per individuare e quantificare gli impatti del cambiamento climatico e del concomitante cambiamento di uso del suolo. L'area di studio è situata nella Comunità Montana del Triangolo Lariano, rappresentativa della vegetazione della fascia prealpina lombarda. Nel 1994, nell'ambito del Progetto Cartografia della Regione Lombardia, è stata realizzata una carta di uso del suolo ad indirizzo vegetazionale riguardante il Triangolo Lariano, elaborata in scala 1:10.000 ed ottenuta dall'osservazione di fotografie aeree integrate con osservazioni di terreno (rilevatore N. Cannone). Con la presente ricerca si sta realizzando la nuova carta della vegetazione, ottenuta con i medesimi criteri della cartografia del 1994. Inoltre, la ricerca sarà completata con la ricostruzione della cartografia vegetazionale degli anni '50, ottenuta tramite l'analisi di fotografie aeree. Sono in fase di raccolta ed elaborazione i dati climatici dal 1950 relativi al territorio analizzato, per la quantificazione dei trend climatici. Per quanto riguarda i cambiamenti di uso del suolo, sono stati raccolti anche i dati ISTAT ricavati dai Censimenti generali dell'agricoltura, a partire dal 1961 (I censimento agricolo). I risultati hanno mostrato chiaramente una progressiva espansione delle aree boschive soprattutto nelle aree montane, verso quote maggiori, con un aumento del grado di naturalità del territorio e una riduzione della frammentarietà del paesaggio. Queste dinamiche sono il prodotto del cambiamento di uso del suolo in combinazione con l'incremento delle temperature. L'espansione della vegetazione forestale avviene principalmente per reclutamento dai boschi contigui. Si sta assistendo inoltre

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

ad una progressiva espansione delle aree urbane. Entrambe queste espansioni (boschiva e urbana) si stanno verificando a discapito dei prati, che costituiscono pertanto la cenosi più a rischio (tendenza riscontrabile in altre aree italiane sulle quali sono stati realizzati studi simili), mentre buona è la tenuta delle aree destinate ai pascoli, che nel territorio comasco sono addirittura incrementate. Inoltre, si è riscontrata un'ampia diffusione di parassiti e patogeni, soprattutto a carico delle biocenosi forestali.

## MONITORAGGIO DELLA FENOLOGIA IN UN PASCOLO SUBALPINO: UN APPROCCIO INTEGRATO

C. SINISCALCO<sup>1</sup>, E. CREMONESE<sup>2</sup>; M. GALVAGNO<sup>2</sup>, U. MORRA DI CELLA<sup>2</sup>, M. MIGLIAVACCA<sup>3</sup>, M. ROSSINI<sup>3</sup>, R. COLOMBO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Biologia vegetale, Università di Torino, Viale Mattioli 25, 10125 Torino –  
consolata.siniscalco@unito.it

<sup>2</sup>Arpa Valle d'Aosta, Aosta, e.cremonese@arpa.vda.it

<sup>3</sup>Laboratorio di Telerilevamento delle Dinamiche Ambientali (LTDA), Dip. di Scienze  
dell'Ambiente e del Territorio (DISAT), Università degli Studi di Milano Bicocca,  
roberto.colombo@unimib.it

La fenologia delle praterie può essere rilevata con diversi metodi e fornisce informazioni multi-scala, dal livello di specie al livello di ecosistema. Nell'ambito del Programma Interreg Alcotra PHENOALP (capofila ARPA valle d'Aosta) abbiamo applicato un approccio integrato alla rilevazione della fenologia di alcune specie vegetali e dell'intera comunità per evidenziare lo sviluppo primaverile e la senescenza autunnale in una prateria subalpina con dominanza di *Nardus stricta*, non più sottoposta a pascolamento dal 2007, riferibile all'associazione *Sieversio-Nardetum strictae*, localizzata in Valle d'Aosta a 2160 m di quota.

Si è messo a punto un protocollo per rilevare la fenologia vegetativa e riproduttiva delle principali forme di crescita delle praterie alpine (Cyperaceae, Poaceae, Ericaceae sempreverdi e a foglia caduca, Asteraceae e Leguminose). Sono così stati rilevati, in tre anni consecutivi, gli allungamenti fogliari e dei fusti, come le fasi fenologiche su 15 individui marcati per ciascuna forma di crescita.

Sono inoltre stati misurati, ogni 15 giorni nel corso della stagione, la biomassa epigea, LAI, rinverdimento stimato a vista e a partire da immagini digitali. Sono stati valutati i flussi di carbonio in prateria attraverso il metodo eddy covariance. La strumentazione presente nel pascolo prevede anche una stazione meteorologica, un sistema di radiometri (per calcolare indici di vegetazione) e una webcam. Tutti i dati rilevati, sia tramite strumentazione sia con misurazioni dirette, sono stati posti a confronto per valutarne le potenzialità.

È stato constatato che la curva di tutti i parametri riferiti alla comunità presenta nel corso della stagione un andamento asimmetrico, con pendenza maggiore nella fase ascendente (dall'inizio della stagione fino alla metà di luglio) rispetto alla fase discendente (dalla fine di luglio a fine stagione), pur con lievi differenze quantitative tra i valori misurati per i vari parametri. Sono state evidenziate differenze relative sia all'accrescimento delle singole specie sia tra singole specie e parametri di comunità.

Il protocollo completo necessita di un lavoro intensivo e molto puntuale; un protocollo semplificato può essere invece proposto per gli Enti territoriali o per la divulgazione delle conoscenze sui cambiamenti ambientali. I dati rilevati possono essere utilizzati in un approccio integrato per l'analisi a diversi livelli di scala.

Si è cercato di rispondere alle seguenti domande:

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

- quali eventi fenologici sono identificati più coerentemente dai parametri misurati?
- qual è la variabilità spaziale e temporale degli eventi fenologici derivati dai diversi parametri?
- quali metodi sono più adeguati per un monitoraggio a lungo termine della fenologia della prateria subalpina?

## EFFETTI DELLA COPERTURA NEVOSA SULLA RICCHEZZA, LA DENSITÀ E LA PRODUZIONE PRIMARIA IN UNA COMUNITÀ DI VALLETTA NIVALE

M. TOMASELLI, A. PETRAGLIA, M. CARBOGNANI

*Dipartimento di Biologia Evolutiva e Funzionale, Università degli Studi di Parma, Via Usberti  
11/A - 43124 Parma, e-mail marcello.tomaselli@unipr.it*

Le comunità di valletta nivale vengono ritenute particolarmente sensibili ai previsti decrementi della copertura nevosa e sono quindi considerate degli habitat idonei per studiare gli effetti dei cambiamenti climatici sulla vegetazione alpina (Björk & Molau 2007; Schöb et al. 2008). Lo studio della vegetazione lungo gradienti nel tempo di scioglimento del manto nevoso fornisce un'opportunità per valutare le risposte delle piante in funzione della lunghezza del periodo vegetativo (Kudo & Ito 1992) e per analizzare le relazioni fra la struttura delle comunità ed i cambiamenti climatici (Galen & Stanton 1995). Il presente studio si pone lo scopo di analizzare come la durata del periodo libero dalla neve influenzi alcune caratteristiche della comunità di valletta nivale dominata dal muschio artico-alpino *Polytrichastrum sexangulare*. In particolare, sono state confrontate le proprietà del suolo, la ricchezza in specie, la densità e la produzione primaria in due gruppi di stand della fitocenosi in esame caratterizzati da una differenza naturale di circa 2.4 settimane nel periodo di scioglimento della neve. Gli stand ad innevamento più prolungato sono risultati avere un suolo maggiormente ricco di sostanza organica, dato che suggerisce l'esistenza di una limitazione dell'attività degli organismi decompositori. La densità e la produzione primaria del muschio dominante non sono influenzate in alcun modo dalla differenza analizzata nell'inizio della stagione vegetativa. Diversamente, la ricchezza delle specie vascolari sembra fortemente limitata dalla durata del periodo libero dalla neve, mostrando valori significativamente maggiori negli stand caratterizzati da un più precoce scioglimento della neve. Le piante vascolari hanno inoltre mostrato risposte specie-specifiche nella densità e nella produzione primaria in relazione all'inizio del periodo vegetativo. Infine la produzione primaria totale delle specie vascolari è risultata significativamente più alta negli stand con maggiore durata del periodo di crescita. Questi risultati suggeriscono che, in questo habitat estremo, la ricchezza delle specie vascolari, così come la loro densità e produzione primaria, sono molto sensibili anche a ridotte variazioni nella durata del periodo libero dalla neve. Se il riscaldamento climatico determinerà un più precoce scioglimento della copertura nevosa è possibile che questa particolare comunità vegetale subirà notevoli modificazioni nella composizione floristica e nelle proprietà strutturali e funzionali, mutando di conseguenza nell'aspetto o subendo una riduzione ed una frammentazione dell'attuale distribuzione nella fascia alpina.

### **Bibliografia**

- Björk R.G., Molau U. (2007). Ecology of alpine snowbeds and the impact of global change. Arctic Antarctic and Alpine Research 39: 34-43.
- Galen C., Stanton M.L. (1995). Responses of snowbed plants species to changes in growing-season length. Ecology 76: 1546-1557.

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

- Kudo G., Ito K. (1992). Plant distribution in relation to the length of the growing season in a snow-bed in the Taisetsu Mountains, northern Japan. *Vegetatio* 98: 165-174.
- Schöb C., Kammer P.M., Kikvidze Z., Choler P., Veit H. (2008). Changes in species composition in alpine snowbeds with climate change inferred from small-scale spatial patterns. *Web Ecology* 8: 142-159.

**CLIMATE CHANGE DIFFERENTLY AFFECTS NET PRODUCTIVITY AND  
WATER USE OF TREE SPECIES IN THE MEDITERRANEAN REGION**

VITALE M.<sup>1\*</sup>, MANCINI M.<sup>2</sup>, MATTEUCCI G.<sup>3</sup>, FRANCESCONI F.<sup>1</sup>, VALENTI R.<sup>1</sup>, ATTORRE F.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Environmental Biology, "Sapienza" University of Rome, Piazzale  
Aldo Moro 5, 00185 Rome, Italy E.mail: marcello.vitale@uniroma1.it;  
fabio.atorre@uniroma1.it; fabio.francesconi@uniroma1.it; roberto.valenti@uniroma1.it

<sup>2</sup> Department of Forest Resources and Environment, University of Tuscia, Via S.  
Camillo de Lellis snc, 01100 Viterbo, Italy. E.mail: marcomancinister@gmail.com

<sup>3</sup> Institute for Agricultural and Forestry Systems in the Mediterranean, National  
Research Council, Via Cavour 4-6, 87036 Rende (CS), Italy E.mail:  
giorgio.matteucci@isafom.cs.cnr.it

A semi-empirical model has been used to estimate net primary productivity, canopy transpiration and the water use efficiency of *Fagus sylvatica*, *Quercus cerris* and *Quercus ilex* growing in Italy, under actual and future climate projections (B1 and A2 IPCC Scenarios). The two deciduous species showed a strong reduction of NPP values as responding to the climate change, whereas the evergreen one showed very limited reductions. These responses may be affected by the non consideration of the increase of CO<sub>2</sub> for the NPP simulations in the future scenarios, although there is broad agreement that the effects of elevated CO<sub>2</sub> measured in experimental settings may overestimate responses of forests lacking of limiting influence of pests, nutrients, competition and soil water. *Q. ilex* was the best adapted to drought stress. Its higher drought resistance is based on a drought-tolerant water-saving strategy *Q. cerris* had a reduction of transpiration under limiting scenarios, due to stomata closure which was sensitive to change of evaporative demand and to the variation of soil water availability. WUE values did not increase in the B1 and A2 scenarios, pointing out a non conservative water strategy, affecting the distribution pattern of *Q. cerris* under these conditions. Similar functional behaviour have been noted in *F. sylvatica*, although it adopted a water spender strategy, typical for species growing in mesophilous environments, but representing a risk for survival of beech population when climate extremely change. Moreover, the remaining surface area under the A2 scenario pointed out a scarce possibility to shift to higher altitudes.

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

## **RIASSUNTI ESTESI**

## MULTIDISCIPLINARY APPROACH IN THE STUDY OF THE MEDITERRANEAN MAQUIS SPECIES *CISTUS INCANUS* L. IN THE SIGHT OF GLOBAL CLIMATIC CHANGE

C. ARENA<sup>1</sup>, V. DE MICCO<sup>2</sup>, A. DE MAIO<sup>1</sup>, G. ARONNE<sup>2</sup>, L. VITALE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Biologia Strutturale e Funzionale, Università degli Studi di Napoli Federico II, Via Cinthia, Napoli, 80126 – e-mail c.arena@unina.it

<sup>2</sup>Dipartimento di Arboricoltura, Botanica e Patologia Vegetale, Università degli Studi di Napoli Federico II, Via Università 100, Portici (Na), 80055

<sup>3</sup>Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo, CNR, Via Patacca 85, Ercolano(Na), 80056

### Introduction

Mediterranean-type ecosystems are characterized by a particular temperature and rainfall regime that may constrain plant growth in both summer and winter. The photosynthetic depression under cold winters and hot, dry summers may be due to stomatal and non-stomatal limitations (Arena et al. 2008). Mediterranean plant communities comprise many evergreen and semi-deciduous species that rely on both morphological and physiological adaptations to optimize the photosynthetic performance, overcoming the stress conditions successfully (De Micco et al. 2011). According to the IPCC (2007) the Mediterranean ecosystems show a higher vulnerability to climate change. Simulations models for the Mediterranean region report a temperature increase of more than 5°C by the end of the 21st century (Giorgi and Lionello 2008). In the sight of global climate change, summer drought could be exacerbated and Mediterranean plant community may change in composition and species. Among different Mediterranean maquis species, *Cistus incanus* L., is well adapted to Mediterranean climate thanks to a strategy based on seasonal dimorphism, expressed in the morpho-anatomical traits of leaves and in wood properties (Aronne and De Micco 2001; De Micco and Aronne 2009). It has been also demonstrated that the acclimation of this species to winter temperature is enhanced by regulation of poly(ADP-ribosyl)ation reaction (a post-translational reversible modification, marker of cell energy metabolism) together with modulation of photochemistry (Arena et al. 2011). For these reasons *C. incanus* appears a good model to study possible alterations in physiology and anatomy related to the impact of climatic change.

In the last years, we aimed to identify new indicators able to monitor *C. incanus* health status in response to temperature rising by means of a multidisciplinary approach. It is based on ecophysiological measurements *in vivo*, characterization of morpho-anatomical traits and determination of stress biochemical indicators. Specific research questions we have faced are: 1) How and in what measure *C. incanus* is able to counteract the effects of increasing summer drought expected in the sight of temperature rising? 2) Which mechanisms adapt to low winter temperature avoiding photo-inhibition and what happens after increasing winter temperature? 3) Are morpho-anatomical and eco-physiological properties utilized at the same extent in adaptive strategies of this species?

## Material and Methods

Several experiments were carried out at the Castelvoturno Nature Reserve on the Tyrrhenian coast of southern Italy (north of the Bay of Naples) and in controlled conditions in a greenhouse at the Department of Structural and Functional Biology of the University of Naples Federico II, in the years 2007-2010. In all experiments, plants of *C. incanus*, approximately three years old, were selected in the field for size and uniformity. They were either followed with field work or transferred in the greenhouse for experiments in controlled conditions. The chosen plants were tagged in order to have a comprehensive analysis at anatomical, physiological and biochemical levels in winter and summer leaves, at different hours of the day.

The multidisciplinary approach was based on the three groups of analyses (Fig. 1) carried out with the methodologies reported as follows. When possible, the three types of analyses were performed on the same leaves; in the case of destructive analyses, different groups of leaves were considered, paying attention to have leaves of comparable age, at the same light exposition and the same height on the plant. All data have been interpreted together to evidence the strict relation between structure and function.

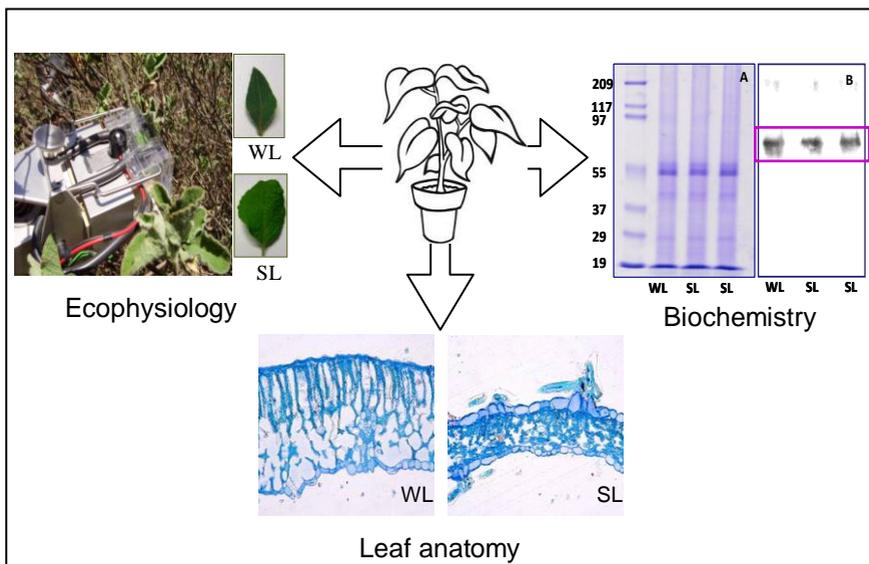


Fig. 1: The multidisciplinary approach based on the three groups of analyses on *Cistus incanus* leaves: ecophysiology, biochemistry, leaf anatomy. WL= winter leaves, SL= summer leaves.

*Eco-physiological measurements.* Gas exchange and chlorophyll *a* fluorescence measurements were simultaneously performed by means of a portable photosynthetic system (HCM-1000, Walz, Germany) and a pulse amplitude modulate fluorometer (Mini-PAM, Walz, Germany). Gas exchange parameters were calculated by software in the HCM-1000 according to von Caemmerer and Farquhar (1981). In the early morning leaves were darkened in order to determine the maximal PSII photochemical efficiency ( $F_v/F_m$ ). At noon and other hours of the day, net photosynthesis ( $A_N$ ), water stomatal conductance to water ( $g_s$ ), quantum yield of linear electron transport ( $\Phi_{PSII}$ ) and non-photochemical quenching (NPQ) were measured; these parameters were determined according to Genty et al. (1989) and Kramer et al. (2004), respectively.

*Biochemical determinations.* PARP activity has been assayed as incorporation of [ $^{32}$ P] NAD $^{+}$  into acid-insoluble fractions by liquid scintillation in a Beckman counter (model LS 1701). For the analysis of protein expression, duplicate aliquots from nuclear fractions of all examined samples have been subjected to electrophoresis (Arena et al. 2011). The Rubisco activity was measured as NADH consumption (Ouerghi et al. 2000).

*Anatomical analyses.* After chemical fixation, sub-samples of leaves were embedded in acrylic resin and cut with a rotative microtome. Semi-thin cross sections were stained for observation by means of light microscopy or kept unstained for epi-fluorescence microscopy observations. Digital image analysis was applied to quantify anatomical and cytological leaf properties such as: size and frequency of stomata and trichomes; size and shape of mesophyll cells; distribution and amount of phenolic compounds; specific indexes related to the exposure of chloroplasts to intercellular spaces in the mesophyll (Oguchi et al. 2003; De Micco et al. 2011).

*Results and Discussion.* As regards photosynthetic performance, summer compared to winter leaves exhibit reduced gas exchanges and photochemistry. The decrease of photosynthesis is likely due to both stomatal (decline of stomatal conductance) and non stomatal limitations (reduced quantum yield of PSII linear electron transport, Rubisco deactivation). On the contrary, summer leaves showed a higher NPQ, indicating that under limiting condition for gas exchanges, thermal dissipation has a fundamental role in photoprotection.

The strong reduction of PARP activity observed in summer leaves could be due to reduced ATP production as a direct consequence of down-regulation of photosynthetic electron transport observed in these leaves. The different behavior of summer and winter leaves is ascribing also to different leaf anatomy: Summer leaves collected at midday showed lower thickness than winter leaves due to a significant decrease of thickness in both palisade and spongy parenchyma, moreover they are characterized also by less incidence of intercellular spaces in the whole mesophyll. This could be responsible for the reduced the gases diffusion inside the leaf.

Regarding acclimation to winter warming, winter leaves of *C. incanus* grown under increasing controlled temperature conditions are able to act physiological and morphoanatomical adjustments to invest more of absorbed light in photochemistry. Indeed, they not show traits linked with thermal dissipation of excess absorbed light which is a strategy commonly applied by winter leaves growing under natural conditions.

The overall structural characteristics together with biochemical and physiological traits represent in *C. incanus* an important multi-faceted adaptive strategy, allowing summer leaves to withstand the summer drought condition and allowing winter leaves to optimize their productivity in the scenario of increasing temperature.

## References

- Arena C., Natale E., Mistretta C., Faraone Mennella M.R., Virzo De Santo A., De Maio A. (2011). Characterization and role of poly(ADP-ribosyl)ation in the Mediterranean species *Cistus incanus* L. under different temperature conditions. *Plant physiology and Biochemistry*, 49: 435-440.
- Arena C., Vitale L., Virzo De Santo A. (2008). Photosynthesis and photoprotective strategies in *Laurus nobilis* L. and *Quercus ilex* L. under summer drought and winter cold. *Plant Biosystems*, 142: 472-479.
- Aronne G., De Micco V. (2001). Seasonal dimorphism in the Mediterranean *Cistus incanus* L. subsp. *incanus*. *Annales of Botany*, 87: 789-794.
- De Micco V., Aronne G. (2009). Seasonal dimorphism in wood anatomy of the Mediterranean *Cistus incanus* L. subsp. *incanus*. *Trees Structure and Function*, 23: 981-989.
- De Micco V., Arena C., Vitale L., Aronne G., Virzo De Santo A. (2011). Anatomy and photochemical behaviour of Mediterranean *Cistus incanus* winter leaves under natural outdoor and warmer indoor conditions. *Botany*, 89: 677-688.
- Genty, B., Briantais, J.M., and Baker, N.R. (1989). The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochemical and Biophysical Acta*, 990: 87-92.
- Giorgi F., Lionello P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, 63: 90-104.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *Climate change 2007: mitigation. Contribution of working group III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kramer, D.M., Johnson, G., Kiirats, O., Edwards, G.E. (2004). New fluorescence parameters for the determination of QA redox state and excitation energy fluxes. *Photosynthesis Research*, 79: 209-218.
- Oguchi, R., Hikosaka, K., Hirose, T. (2003). Does photosynthetic light-acclimation need change in leaf anatomy? *Plant and Cell Environment* 26: 505-512.
- Ouerghi, Z., Cornic, G., Roudani, A., Ayadi, A., Brulfert, J. (2000). Effect of NaCl on photosynthesis of two wheat species (*T. durum* and *T. aestivum*) differing in their sensitivity to salt stress. *Journal of Plant Physiology* 156: 335-340.
- von Caemmerer, S., Farquhar G.D. (1981). Some relationship between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. *Planta*, 153: 376-387.

**CLIMATE CHANGES AND PLANT CONSERVATION: THE STUDY CASE OF  
*PRIMULA PALINURI* PETAGNA**

G. ARONNE<sup>1</sup>, M. BUONANNO<sup>2</sup>, C. ARENA<sup>3</sup>, M. GIOVANETTI<sup>1</sup>, V. DE MICCO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Arboricoltura, Botanica e Patologia Vegetale, Università degli Studi di Napoli Federico II, Via Università 100, Portici (Napoli), 80055 – aronne@unina.it

<sup>2</sup>Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo, CNR, Via Patacca 85, Ercolano (Na), 80056

<sup>3</sup>Dipartimento di Biologia Strutturale e Funzionale, Università degli Studi di Napoli Federico II, Via Cinthia, Napoli, 80126

Preservation of rare plants through national parks and protected areas does not guarantee their conservation. We consider that any strategies for plant conservation need to be based on the real knowledge of the life cycle of single species and of possible interactions with environmental factors and other organisms. Sexual reproduction is the only natural system able to improve genetic variability which is basic for long term survival of the species in the area and for the adaptation process to changing environmental conditions. Continuous reproductive failure and/or reduced seedling establishment worsen the endangered status of a threatened species and reduce its areal distribution.

Reproductive success as well as establishment and growth of new fertile individuals depend on the ability of the species to cope with numerous environmental factors such as water availability, temperature, light, pathogens and competitive interactions. In the scenario of climatic changes, all these factors might be subjected to direct or indirect variations.

Our approach to plant conservation is to go beyond the statement of the threatened status of a species applying the scientific hypothetical-deductive method (Fig. 1). The first step in this process is the analytical observation of the phenomenon in the field in order to identify critical functional stages in life cycle. All observations lead to questions as "why this species has such a restricted distribution?", or "what made that happen?". As in any deductive process, these questions might suggest possible explanations (hypothesis). The hypothesis leads to predictions which must be tested through specific experiments. Some of these experiments can be conducted in the field but most of them are performed under controlled conditions. In the laboratory it is possible to monitor the environmental factors and analyse the effects of one or a few of them on specific functional processes. The final analysis and interpretation of the data might confute or support the hypothesis. In the first case a new hypothesis and predictions should be made, in the second new experiments should be done to confirm the hypothesis. At the end of this process, results are available to the public by means of scientific publications and are elaborated in order to offer suggestions and protocols for management plans.

This approach is being applied to *Primula palinuri* Petagna, a rare endemic species living in coastal cliffs, along a restricted area of the Tyrrhenian coast of southern Italy. It is considered a remnant species which survived to all climatic changes from the Quaternary till present. Most of the few restricted populations are in the area of the Cilento National Park. It has been inserted as Near Threatened species in the IUCN Red List. The main threats to the species are:

SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA  
GIORNATA DI STUDI  
CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI

human impact, fire, competition with invasive alien species and landslides (Uzunov et al. 2008). Although it is the symbol of the National Park of Cilento, very little is known on its biology and no management plan for the areas where it grows is available at present.

As first step we have monitored in the field the life cycle of this species in order to detect any critical points limiting its survival probability; moreover, we are studying the effect of changes of the main environmental factors on different stages of growth.

We started with several surveys to all populations within the areal distribution of this species and then we selected three study sites in the area of the National Park of Cilento and Diano Valley. Here we are monitoring plant phenology, assessing successful getting through the reproductive cycle and recording variability of the main environmental factors. Phenology and reproductive success are monitored at regular intervals in the field using specific protocols. Presence of seedlings in the areas where adults survive is periodically checked. Field environmental factors are continuously recorded by means of multiple sensors and data loggers. So far field data showed that, plants of *P. palinuri* flower regularly every year at the end of the winter. Flowering period lasts several weeks during which insects from the orders Hymenoptera and Lepidoptera visit the flowers. Reproductive success is high and a large number of seeds is dispersed starting at the beginning of autumn. Seedlings were rarely found in the area. We identified seed germination and seedling establishment as critical phases in the long term regeneration process by sexual reproduction.

As a consequence, we have carried out laboratory analyses and experiments to find out reasons and conditions of this limiting stage (Aronne et al. 2008). Germination starts with the emergence of the root tip through the micropyle; it continues with the lengthening of the hypocotyl and the initial development of hypocotyl hairs in the region between the hypocotyls and radicle. When the development of hypocotyl hairs is complete, a clear ring of hairs spreads out and anchors the seedling to the substrate. Afterwards, the radicle extends and develops root hairs in the differentiation zone.

We proved with specific tests that the development of hypocotyl-hairs is strictly dependent on water availability in the substrate: the less water is available the more numerous and the longer are the hairs. Moreover, we demonstrated by means of experiments with a dye that the ring of hypocotyl hairs plays a positive role not only in holding the seedling tightly to the substrate, but also in water absorption. Histochemical analysis revealed the presence of phenolic compounds in hypocotyl tissues suggesting that they constitute a protection against herbivores and pathogens.

Field observations evidenced that the remnant populations have a structure based on old individuals, while seedlings and young plants are rare. To explain why the transition from the seedling to the adult stage is a critical point in the life cycle of *P. palinuri*, we finely scanned and compared anatomical characteristics of plant organs of different ages (De Micco and Aronne 2012).

Leaves from both young and old plants do not develop any anatomical trait of xeromorphy and do not survive the dry season.

In adult plants, roots and rhizome present typical anatomical traits against biotic and abiotic constraints (multiple layers of thick and/or suberized cell walls, abundance of phenolic

compounds, storage of water and starch). Differently, the same organs at juvenile phases, are inadequately protected against transpiration because of the presence of thin and delicate cuticle and absence of phenolic compounds accumulation.

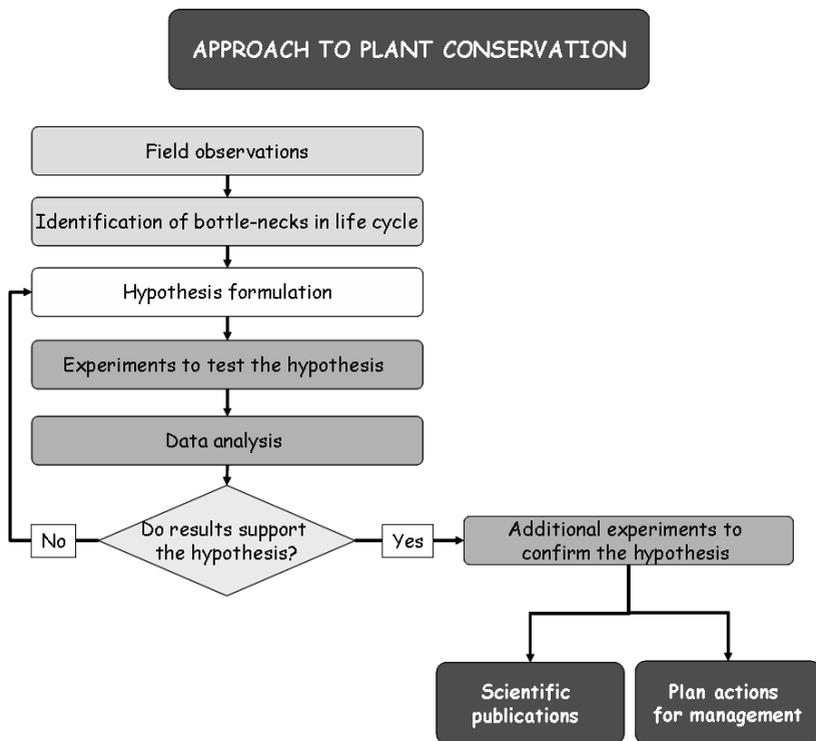


Fig. 1 Flowchart of the research approach to plant conservation.

Considering that seed germination and seedling establishment are bottle-neck stages in the life cycle of this species, we have also carried out specific experiments under controlled environmental conditions aimed to understand the combined effect of temperature, soil water availability and light on early stage of plant development. Plant survival was monitored on young individuals, obtained in the laboratory starting from germinated seeds. Plants developed larger leaves under shadow-watered conditions. Leaf traits showed an increased tissue density in sun light-watered plants. This was supported by the results of the quantification of anatomical and cytological parameters of mesophyll through digital image analysis of photomicrographs. Pigment content and ecophysiological parameters, including PSII photochemical

SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA  
GIORNATA DI STUDI  
CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI

efficiency and non-photochemical quenching, were measured to compare mechanisms of energy dissipation at different light and water conditions. UV-microscopy evidenced phenolic compounds filling cells around vascular bundles and covering chloroplast membranes.

So far an overall analysis of the obtained results, showed that adult plants of this species can tolerate the present conditions while environmental factors limit the establishment and survival of young individuals. Results of the multi-factorial experiments gave us a relevant set of information fundamental to set up realistic prevision models of *P. palinuri* survival under present and future climatic changes.

With this approach we obtained key information for the evaluation of the conservation status of *P. palinuri*. Moreover, we acquired relevant records for plant growth and cultivation *ex situ*. These data will be basic to start possible action plans aimed to protect and reintroduce this species in its area distribution. Obtained results can be easily used for educational activities aimed to sensitize local people and tourists to the problems of conservation of the rare species.

#### Acknowledgements

The National Park of Cilento and Diano Valley funded the study on *Primula palinuri* Pet.

#### References

- Aronne G., De Micco V., Barbi S. (2008). Hypocotyl features of *Primula palinuri* Petagna (Primulaceae) an endemic and rare species of the Southern Tyrrhenian Coast. In: G. Giordani, V. Rossi, P. Viaroli (Eds) S.It.E. Atti XXXI, pp. 113-119.
- De Micco V., Aronne G. (2012). Occurrence of Morphological and Anatomical Adaptive Traits in Young and Adult Plants of the Rare Mediterranean Cliff Species *Primula palinuri* Petagna. TheScientificWorld Journal pp. 1-10, ISSN: 1537-744X, doi: 10.1100/2012/471814.
- Uzunov D., Gangale C., Cesca G. (2008). “*Primula palinuri* Petagna. Flora da conservare”. *Informatore Botanico Italiano*, 40: 101-102.

**“MITIGAZIONE DEGLI EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO”:  
RAFFORZAMENTO DELLA POPOLAZIONE DI *DROSERA INTERMEDIA* HAYNE  
NEL PARCO NATURALE DEI LAGONI DI MERCURAGO (NO) - SIC IT1150002**

M. BERETTA<sup>1</sup>, S. PEDRINI<sup>2</sup>, E. VILLA<sup>3</sup>, G. ROSSI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Milano – [mario.beretta1@unimi.it](mailto:mario.beretta1@unimi.it)

<sup>2</sup>Centro Flora Autoctona - Parco del Monte Barro, Galbiate (LC) – [smpedrini@gmail.com](mailto:smpedrini@gmail.com)

<sup>3</sup>Ente di gestione delle aree protette del Ticino e del Lago Maggiore, Cameri (NO) –  
[villa.parchilagamaggiore@ruparpiemonte.it](mailto:villa.parchilagamaggiore@ruparpiemonte.it)

<sup>4</sup>Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente, Università degli Studi di Pavia –  
[graziano.rossi@unipv.it](mailto:graziano.rossi@unipv.it)

### **Introduzione**

Gli effetti dei cambiamenti climatici degli ultimi 20 anni, hanno portato al declino o alla scomparsa di numerose popolazioni di piante rare o di elevato valore floristico, in particolare quelle legate agli ambienti di alta quota e alle zone umide. Il progetto “*Mitigazione degli effetti del cambiamento climatico sulla flora lombarda e del Piemonte nord orientale attraverso progetti pilota di reintroduzione*”, cofinanziato da Fondazione Cariplo (2009-2012), si pone l’obiettivo di contrastare questa tendenza con azioni di conservazione *ex situ*, tramite raccolta semi e conservazione in banca del germoplasma, e interventi di rafforzamento e reintroduzione *in situ* (Godefroid *et al.* 2011).

Nell’ambito del progetto sono state effettuate 173 raccolte di semi, di 115 specie, in 61 località lombarde e piemontesi; i semi sono stati trattati, disidratati e stoccati nei freezer della Lombardy Seed Bank della Regione Lombardia (Università di Pavia) per una conservazione a lungo termine. Attualmente sono in corso gli interventi di conservazione *in situ* con le reintroduzioni di 5 specie e i rafforzamenti di popolazioni di 15 specie, nelle province di Mantova, Pavia, Sondrio, e Novara.

Uno degli interventi di maggior interesse, riguarda il rafforzamento di *Drosera intermedia* Hayne nel Parco Naturale dei Lagoni di Mercurago (Novara). Questa pianta carnivora che intrappola e digerisce piccoli insetti mediante un sistema di cattura a colla, colonizza substrati acidi e oligotrofici di ambienti umidi di torbiera (Crowder *et al.*, 1990) e in Italia il suo stato di conservazione è vulnerabile (Scoppola, Spampinato, 2005).

A partire dal 2003, all’interno dell’area protetta, si sono ripetuti prolungati periodi di siccità estiva e temperature elevate che hanno causato l’abbassamento dei livelli idrometrici in quasi tutte le zone paludose. Nella località “Il Lagone” (Fig. 1), vi è stata l’alterazione della vegetazione presente sulle sponde: queste condizioni hanno favorito le specie forestali già presenti (*Betula pendula*, *Frangula alnus*), la colonizzazione dell’esotica *Bidens frondosa* e la totale scomparsa di sfagni e *D. intermedia*. Quest’ultima cresceva abbondante in una fascia dominata da *Juncus conglomeratus* con la presenza di *Carex elata*, *Molinia coerulea*, *Rhynchospora alba* e più sporadicamente *Sphagnum palustre* (Bracco, Nola, 1995). Nel 2008, i responsabili del Parco hanno realizzato delle soglie che hanno raggiunto lo scopo di garantire negli anni seguenti il mantenimento di un buon livello idrometrico anche in periodi di scarsa

piovosità; la causa che ha portato all'estinzione locale di *D. intermedia* è stata rimossa e questo ha consentito l'instaurarsi delle condizioni idonee per un suo ripopolamento.

### Materiali e Metodi

Nel corso del 2010 sono stati prelevati i semi dalla palude denominata la "Camotta", situata a circa 1 km dal "Lagone", dove *D. intermedia* ha risentito meno dei periodi di siccità poiché l'abbassamento del livello idrometrico era stato meno marcato. Le semine sono state eseguite durante l'autunno, simulando le condizioni naturali di stagionalità e in primavera con stratificazione fredda in frigorifero a 4°C. Come substrati sono stati usati: torba di sfagno commerciale (pH=3,8-4,5; N=0,14%) e torba proveniente dall'area di studio con lo scopo di testarne la qualità in seguito all'aumento delle frequentazioni dei cinghiali.



Fig. 1. Lagoni di Mercurago, località "Il Lagone", estate 2007. Livello idrometrico: -72cm rispetto al livello medio.

### Risultati

Entrambe le semine hanno avuto successo e non si sono riscontrate differenze tra il substrato commerciale e quello locale: la presenza dei cinghiali non provoca un'alterazione significativa della qualità della torba. La semina su torba commerciale ha richiesto una maggior manutenzione a causa della proliferazione di muschi che avrebbero potuto ostacolare le giovani plantule. Per tutti i metodi di semina oltre la metà delle piante coltivate sono fiorite e hanno prodotto, nel primo anno di vita, una grande quantità di semi (Fig. 2).

Nel mese di Luglio del 2011 sono state messe a dimora 29 piante subadulte in diversi punti della palude e nell'ultimo monitoraggio di Settembre ne sono state ritrovate 28 tra cui alcune

fiorite. Contemporaneamente, nel sito di ripopolamento, si sta assistendo ad una lenta ripresa degli sfagni e alla ricomparsa spontanea di qualche *D. intermedia*.

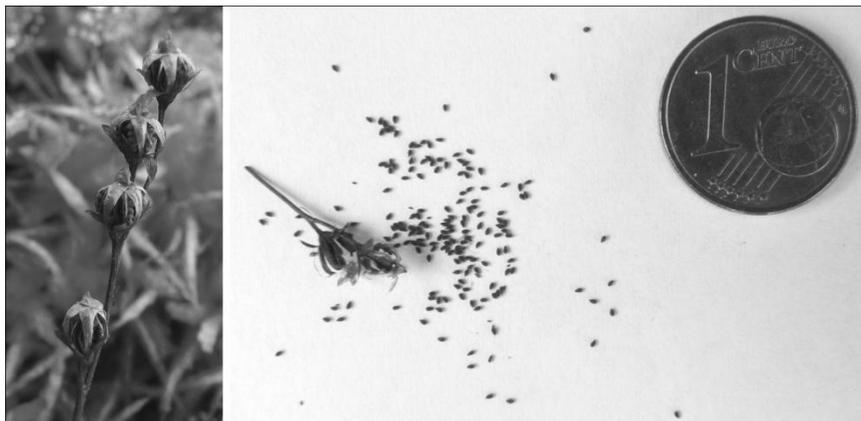


Fig. 2. Capsule mature e raccolta semi di *D. intermedia* coltivate *ex situ*.

### Discussione

I risultati fin qui ottenuti dimostrano che, in alcuni ambienti umidi, una volta ristabilite le condizioni ambientali ottimali, è possibile mitigare gli effetti, a volte letali, avvenuti a causa di alterazioni antropiche o naturali. Nel Parco Naturale dei Lagoni di Mercurago gli effetti provocati dai cambiamenti climatici (temperature elevate e prolungati periodi di siccità) hanno portato alla drastica riduzione della popolazione di una pianta carnivora rara: *Drosera intermedia*. Alterazioni su cui si sta indagando avevano portato alla totale scomparsa di *Drosera rotundifolia* L., la cui presenza, nella medesima area, è documentata da campioni d'erbario di fine 1800; quest'altra specie è oggetto di un'azione di reintroduzione nell'ambito dello stesso progetto.

Il ripopolamento di *D. intermedia* presso la località denominata "Il Lagone", reso possibile in seguito al ripristino del livello idrometrico, sta lentamente riportando questa specie allo stato in cui si trovava prima del 2003; se non si interveniva, l'intera popolazione dei Lagoni di Mercurago risultava sensibilmente ridotta e ben conservata solo nello stagno della "Camotta" (sito da cui sono stati prelevati i semi). Il lavoro si concluderà nel 2012 con la messa a dimora di oltre 100 piante di *D. intermedia*; seguirà poi una fase di monitoraggio sull'andamento della popolazione.

### Referenze

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

- Bracco F., Nola P. (1995). La vegetazione acquatica e palustre dei Lagoni di Mercurago. *Fitosociologia*, 29: 137-150.
- Crowder A.A., Pearson M.C., Grubb P.J., Langlois P.H. (1990). Biological flora of the British Isles. No. 167, *Drosera* L. *Journal of Ecology*, 78: 233-267.
- Godefroid S., Piazza C., Rossi G., Buord S., Stevens A.D., Aguraujuja R., Cowell C., Weekley C.W., Vogg G., Iriondo J., Johnson I., Dixon B., Gordon D., Magnanon S., Valentin B., Bjureke K., Koopman R., Vicens M., Virevaire M., Vanderborght T. (2011). How successful are plant species reintroductions? *Biological Conservation*, 144: 672–682.
- Scoppola A., Spampinato G. (Eds.) (2005). Atlante delle specie a rischio di estinzione. CD Rom in allegato al volume Stato delle conoscenze floristiche d'Italia. Società Botanica Italiana.

## DESIGN OF A UNIFORM METHODOLOGY MONITORING AND ASSESSING THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON BIODIVERSITY

N. CANNONE<sup>1</sup>, M. BUCCHER<sup>2</sup>, P. GLERAN<sup>2</sup>; F. STOCH<sup>3</sup>, G. BOGLIANI<sup>4</sup>, V. LENCIONI<sup>5</sup>,  
N. GOBBI<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*Dipartimento di Scienze Teoriche e Applicate, Università Degli Studi dell'Insubria,  
Via Ravasi 2, 21100 Varese,*

<sup>2</sup>*Museo Friulano di Storia Naturale, via Marangoni 39, 33100 Udine,* <sup>3</sup>*Dipartimento di  
Scienze Ambientali Università dell'Aquila, Via Vetoio, Coppito 67100 L'Aquila* <sup>4</sup>*Dipartimento  
di Biologia Animale Università di Pavia, Via Adolfo Ferrata 9, 27100 Pavia,* <sup>5</sup>*Museo  
Trentino di Scienze Naturali Via Calepina 14, 38122 Trento*

Over the past 100 years the global temperature has registered an average increase of about  $0.6 \pm 0.2$  ° C (95% CI: IPCC, 2007), is also expected that this trend will continue in the future (IPCC 2001, 2007). Many species have shown that latitudinal variations and altitudinal distribution, shifted towards the polar areas or to higher altitudes (Hughes, 2000; Menzel and Estrella, 2001; Walther et al., 2002; Chapin et al. 2005). In the Alps the increase in air temperature was about twice that found in the world (Böhm et al. 2001), with a significant increase in summer temperatures, particularly severely from the 70s onwards (Casty et al. 2005). Vegetation at high altitude is considered highly sensitive and vulnerable to climate change in the long term (Gottfried et al. 1998; Theurillat and Guisan 2001). This protocol is aimed at evaluating and monitoring, both short- and medium- to long-term impacts of climate change on terrestrial ecosystems of plant components and faunal components in the Friulian territory for a period of 15-20 years, as part of the Interreg Project Climaparks, in particular with regard to the Regional Park of Friuli Dolomites and the Julian Alps Regional Park. The botanical protocol provides for monitoring of individual species and plant communities within the permanent plot, Phytosociological mapping and land use, Analysis of the phenology. Monitoring will take place in suitable sites, for example the plateau of Monte Canin and Monte Pramaggiore. In particular, the botanical protocol provides:

- Monitoring of individual plant communities within permanent plots;
- Development of a detailed phytosociological map of vegetation that could constitute a reference for monitoring medium-term (15-20 years) of the potential changes in spatial distribution and areal and species composition of plant communities;
- assessment and monitoring of the main phenological stages of selected plant target species (within the selected plots of point 1);
- Monitoring of land use and its changes;
- Approach to altitudinal gradients with the selection of different altitudinal horizons, above the tree line;
- Analysis of ecosystems with high potential degree of sensitivity, such as altitude grasslands, snowbeds and river valleys;
- Any monitoring of dynamic processes of periglacialization and in sites where the plant component is closely associated with glacial and/or periglacial features.

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

The permanent plots will be installed at the plant communities of special environmental vulnerability (such as the snowbeds communities) and follow-up provide evidence to identify and quantify the impacts of change Climate, also involving species with high sensitivity and environmental vulnerability. The size of the squares permanent must take account of the minimum area of community plant involved (Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974; Lévesque, 1996; Cannone, 2004), in order to create a monitoring both at the species level and community level. In particular, plant communities with prevalent herbaceous and shrub the appearance Plot size must be at least 5 x 5 m (equal to 25 m<sup>2</sup>), while the vegetation forest the size of the plot should be at least 10 x 10 m (ie 100 m<sup>2</sup>). For each type of plant community will be appropriate to provide for the installation of at least two (optimum 3-4) permanent plots, so you have a number of replicates that allows considered sufficient amount of data acquired with analysis of their subsequent treatment statistics. In the case of permanent plots located along an altitudinal gradient, should be provide two replicates for each share for the same types of vegetation. Within each study site monitoring activities will concern the analysis of floristic composition of plant communities and its variations, in addition to the distribution. Space and dynamics of the individual species that compose them.

The phytosociological map of the vegetation type, will be found mainly on the ground. The scale of 1:1500 or 1:2000 should be to obtain a map phytosociology of detail. In fact, only the paper phytosociology of detail, can be a "zero point" for monitoring medium-to long-term qualitative and quantitative impacts of climate change (Cannone et al., 2007). The phytosociological relevés of the vegetation may be a point of reference for the monitoring in the medium to long term (15-20 years) of the potential variations in the distribution of species composition of plant communities, both in evaluating the possible impacts of climate change for the assessment of possible impacts of changing land use. Furthermore it can be expected to carry out the permanent plots for monitoring phenological equipped with instrumentation to measure at least soil temperature and in optimal situation, at least close to weather stations that provide data on air temperature and precipitation. Regarding the functional aspects of ecosystems, including the phenology of the species can be affected by the impacts of climate change and for this reason, it would desirable to select the monitor plots in which, year after year, the phenophase of species target (within selected plant communities). To this end, we recommend the protocol of Use international project developed by ITEX (International Tundra Experiment, Molau 1993), for the selection of specific phenophase be monitored.

The protocol proposed, for the faunal part, the constitution of altitudinal transects (gradients) in representative areas inside the park territories. Transects will be structured in series of monitoring stations in which data concerning certain taxa of vertebrates and invertebrates will be mattered in a permanent way. Further lake suitable stations at of streams and basins will be added to these sites for what which regards the aquatic invertebrate community monitoring.

The choice of the indicators to be inserted in the monitoring protocol is done on the basis of various elements, between which the level of knowledge of taxa and their representativeness as indicators, the "easiness" of survey, the relative reference specialists' availability and the possibility of involvement of the local operators of the parks in their monitoring. Taxa selected

for the protocol are, for terrestrial invertebrates, Coleoptera Carabidae and Lepidoptera, possibly supported by a group of predators such as spiders and a group of mainly phytophagous insects as Orthopteroidea. For aquatic invertebrates are proposed Insecta Diptera Chironomida, Plecoptera, Ephemeroptera and Tricoptera (larvae and adults). In addition of these taxa is proposed the monitoring of nesting birds as a representative for the groups of vertebrates.

Areas of investigations in two parks are the same as those identified for the protocol of the vegetation. Each sampling station will be characterized by parameters related to topography, environment (by in situ vegetation surveys) and micro-climate (by location of dataloggers). Special attention will have to be placed in the evaluation of the antropic impact level which insists on the environment, in order to be able to discriminate between the conditional variables from factors not related directly to climatic change.

### References

- Böhm R, Auer I, Brunetti M, *et al.* 2001. Regional temperature variability in the European Alps: 1760–1998 from homogenized instrumental time series. *Int J Climatol* **21**: 1779–1801
- Cannone, N. 2004. Minimum area assessment and different sampling approaches for the study of vegetation communities in Antarctica. *Antarctic Science*, **16(2)**, 157 – 164.
- Cannone, N., S. Sgorbati, and M. Guglielmin. 2007. Unexpected impacts of climatic change on alpine vegetation. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7:360–364.
- Casty, C., H. Wanner, J. L. Luterbacher, J. Esper, and R. Böhm. 2005. Temperature and precipitation variability in the European Alps since 1500. *International Journal of Climatology* 25:1855–1880
- Chapin FS, Sturm M, Serreze MC, *et al.* 2005. Role of land-surface changes in Arctic summer warming. *Science* **310**: 657–60
- Hughes, L. 2000: Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends Ecol. Evol.*, **15**, 56-61
- IPCC 2007. *Climate Change 2007: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Summary for policy makers.* WMO, UNEP, Geneva, Switzerland
- Lévesque, E. 1996. Minimum area and cover-abundance scales as applied to polar desert. *Arctic and Alpine Research*, **28**, 156–162.
- Molau U (1993) Relationships between flowering phenology and life history strategies in tundra plants. *Arctic Antarctic and Alpine Research*, **25**,391–402
- Theurillat JP and Guisan A. 2001. Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: a review. *Clim Change* **50**: 77–109
- Walther G, Post E, Convey P, *et al.* 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature* **416**: 389–95

**EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE PRATERIE MONTANE  
DELL'APPENNINO. PRIMI RISULTATI**

S. CHELLI<sup>1</sup>, G. CAMPETELLA<sup>1</sup>, M. CERVELLINI<sup>1</sup>, G. QUINTERO<sup>2</sup>, R. CANULLO<sup>1</sup>, S. BARTHA<sup>3</sup>,  
C. WELLSTEIN<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Camerino, Via Pontoni, 5, I-62032 Camerino, MC, Italy. E-mail: stefano.chelli@gmail.com; diego.campetella@unicam.it; roberto.canullo@unicam.it; marcocervellini@gmail.com*

<sup>2</sup> *Dipartimento di Biologia Vegetale e di Ecología, Università di Siviglia, C/o Professor García González, s/n, cp:41012 Sevilla, Spain. E-mail: gemaqml@hotmail.com*

<sup>3</sup> *Istituto di Ecologia e Botanica, Accademia Ungherese delle Scienze, H-2163 Vácrott, Hungary. E-mail: sanyi@botanika.hu*

<sup>4</sup> *Dipartimento di Biogeografia, Università di Bayreuth, Universitätsstr. 30, D-95440 Bayreuth, Germany. E-mail: camilla.wellstein@uni-bayreuth.de*

I cambiamenti climatici produrranno effetti probabilmente consistenti sugli ecosistemi terrestri, con conseguenze ancora poco prevedibili sul loro funzionamento (Thomey et al., 2011). La previsione degli effetti di tali cambiamenti sarà un fattore determinante nella gestione e conservazione degli ecosistemi (Suttle et al., 2007); in particolare gli studi sulla risposta delle comunità vegetali sono essenziali per valutare la variazione dei servizi ecosistemici quali la produttività, lo stoccaggio della CO<sub>2</sub>, il ciclo dei nutrienti (Grime et al., 2000). L'area Mediterranea è caratterizzata da un clima di transizione tra quello temperato delle medie latitudini e quello caldo tropicale; per questo motivo è considerata potenzialmente molto sensibile ai cambiamenti climatici, con possibili conseguenze quali perdita di biodiversità, invasione di specie aliene e perdita di funzionalità degli ecosistemi (Sala et al. 2000). L'analisi del territorio italiano, ha mostrato un sensibile decremento delle precipitazioni con un significativo cambiamento nella loro distribuzione temporale risultante in un numero minore di giorni di pioggia, una maggiore intensità degli eventi e un aumento della durata dei periodi privi di precipitazioni (ISAC-CNR, 2009). In tale contesto, un impatto consistente è atteso per le praterie della fascia montana che potrebbero risultare tra gli ambienti più a rischio. Una manifestazione dei cambiamenti climatici è rappresentata dall'incremento della frequenza e dell'intensità di alcuni eventi climatici estremi (ad esempio la siccità estiva), le cui conseguenze ecologiche rimangono poco conosciute (Jentsch et al., 2007). Un evento estremo non necessariamente è letale per gli organismi, ma può spingere il sistema verso un nuovo equilibrio dinamico (Gutschick & Bassirirad, 2003). In questo contesto, le specie con una maggiore abilità di adattamento, possono avere un vantaggio competitivo sulle altre (Gratani et al., 2005) potendo comportare cambiamenti di composizione e struttura. Le specie mediterranee, mostrano diversi meccanismi di adattamento allo stress idrico e alle elevate temperature estive, ma ad oggi non è sufficientemente chiara la relazione specifica che lega tali risposte ai

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

cambiamenti della temperatura e della piovosità (IPCC, 2001). Negli ultimi due decenni, la previsione della risposta ai cambiamenti climatici si è basata su sperimentazioni finalizzate principalmente alla modifica del regime delle precipitazioni e delle temperature (Sandel et al., 2010). Il progetto E-Changes (Effect of Climate Change on Apennines Grassland Ecosystems) è in fase di realizzazione nella Riserva Naturale Statale “Montagna di Torricchio” (Appennino centrale) ed ha lo scopo di valutare l’effetto di eventi estremi su due comunità di prateria differenti, la prima riconducibile all’associazione *Sesleria nitidae* – *Brometum erecti* (esposizione a Nord, “sito N”), la seconda all’associazione *Asperulo purpureae* – *Brometum erecti* (esposizione a Sud, “sito S”). Mentre il sito N è caratterizzato da una cotica erbosa chiusa e densa, dominata da *Sesleria nitida*, il sito S, in cui la stessa *Sesleria nitida* risulta meno frequente, mostra una cotica erbosa è aperta e suolo meno profondo (figura 1). I trattamenti applicati durante la stagione vegetativa in entrambi i siti, sono tre: (i) aridità estrema, (ii) precipitazioni aggiuntive, (iii) controllo. La durata del trattamento di aridità è stata stimata attraverso il calcolo del massimo evento estremo di aridità possibile con cadenza millenaria (Jentsch et al., 2007), sulla base di una serie climatica degli ultimi 50 anni.

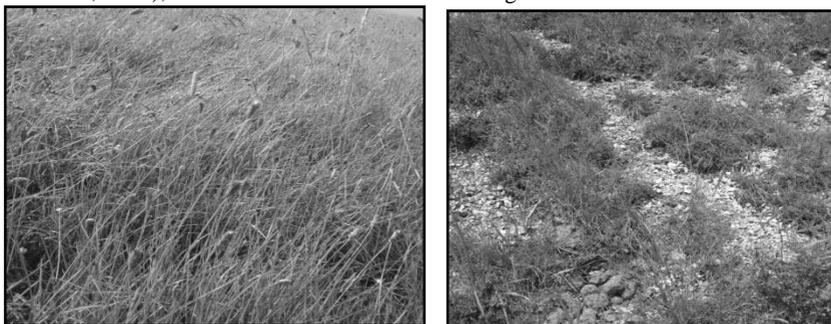


Figura 1. Sito Nord (N) caratterizzato da una prateria densa con cotica erbosa chiusa (a sinistra). Sito Sud (S) con cotica erbosa aperta e fenomeni erosivi in corso (a destra).

Per l’area di Torricchio tale evento estremo è risultato avere una durata di 58,5 giorni. In ogni sito, sono stati localizzati 15 plot di dimensione 1x1 m: 5 plot dotati di una tettoia di 2x2 m al fine di simulare l’aridità, 5 plot immediatamente a valle dei precedenti per simulare le precipitazioni aggiuntive e 5 plot di controllo. In accordo al periodo di aridità estrema stimato per l’area, le tettoie sono state posizionate nel corso della stagione vegetativa 2011, dal 31 maggio al 27 luglio. Tali tettoie erano costituite da un telaio in ferro, coperto da plexiglass con spessore 3 mm in grado di permettere la penetrazione di oltre il 90% della radiazione fotosinteticamente attiva (PAR). Alla fine del trattamento, per ciascun plot, è stato effettuato un campionamento della struttura della vegetazione a scala fine (quadrati di 0,05x0,05 m), registrando la presenza/assenza delle specie radicate in un totale di 200 quadrati, nella metà superiore di ogni plot (figura 2). Nella stessa metà, è stata valutata anche la copertura percentuale delle specie; mentre la metà inferiore è stata utilizzata per la raccolta della

SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA  
GIORNATA DI STUDI  
CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI

biomassa epigea per specie, lungo un piccolo transetto di 0,1x0,4 m (400 cm<sup>2</sup>). I caratteri fogliari (*leaf traits*) quali SLA (*specific leaf area*), LDMC (*leaf dry matter content*) e LMA (*leaf mass per area*), sono stati misurati su 13 specie, selezionate tra le più frequenti, seguendo procedure standard (Cornelissen et al., 2003).

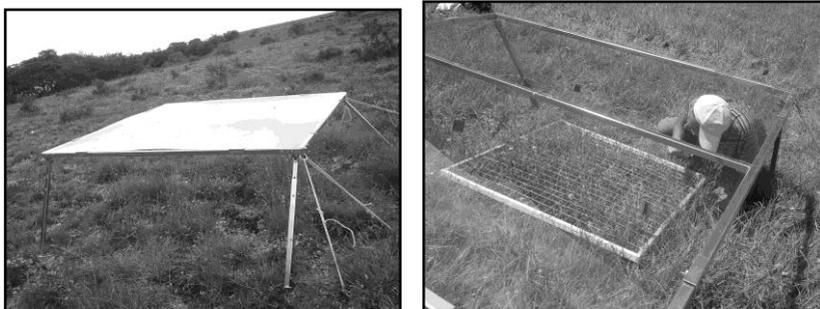


Figura 2. Esempio di tettoia in plexiglass trasparente a copertura del plot di aridità (a sinistra). Campionamento della struttura della vegetazione a scala fine (0,05x0,05 m) nel plot di aridità (a destra).

La variazione complessiva della biomassa epigea conferma l'efficacia dei trattamenti in entrambe le comunità, con i plot di aridità caratterizzati dai valori più bassi rispetto ai plot di controllo, mentre invece i plot con precipitazioni aggiuntive mostrano valori più elevati rispetto agli stessi plot di controllo. Particolarmente interessante è la variabilità della biomassa: nel sito N è relativamente bassa in tutti i trattamenti; nel sito S, la variabilità nei trattamenti di aridità e precipitazioni aggiuntive è molto elevata, raggiungendo rispettivamente il 67% e 83% (Figura 3).

Una possibile spiegazione risiede nella maggiore eterogeneità ambientale del sito S a scala molto fine, oltre alla diversa struttura della vegetazione (soprattutto l'abbondanza di *Sesleria nitida*).

Si è inoltre riscontrata una risposta nella biomassa epigea delle erbe in funzione del trattamento, a differenza delle graminacee che non hanno mostrato variazioni significative. Il genere *Sedum* si è dimostrato il più sensibile ai trattamenti, probabilmente a causa della sua particolare nicchia ecologica. Anche i caratteri fogliari delle specie prese in considerazione hanno manifestato una reazione ai trattamenti. La siccità estrema induce una reazione opposta tra le erbe, che riducono la SLA e le graminacee, che la aumentano. Le reazioni osservate potrebbero essere un adattamento diretto alla siccità o potrebbero essere causate da effetti biotici successivi (interazione tra individui). Diversi studi su praterie dell'Europa centrale e settentrionale hanno dimostrato come eventi estremi di aridità e piovosità possano essere tollerati, senza effetti significativi riscontrabili su tali sistemi (Grime et al., 2008; Kreyling et al., 2008).

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

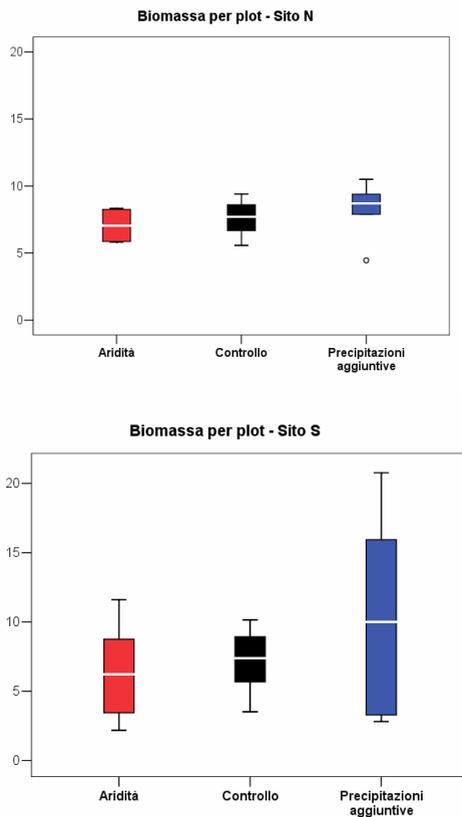


Figura 3. Biomassa media per plot espressa in grammi. E' evidente l'elevata variabilità nel sito S (sotto) rispetto al sito N (sopra), soprattutto nei plot di aridità e precipitazioni aggiuntive.

Al contrario, nel caso delle praterie montane dell'Appennino, i risultati ottenuti già dopo il primo anno dell'esperimento E-Changes, forniscono indicazioni di una discreta sensibilità ai cambiamenti climatici, soprattutto nel caso del versante esposto a sud, confermando che diverse comunità esposte a cambiamenti di precipitazioni, rispondono in maniera sostanzialmente diversa (Grime et al., 2000). L'esperimento E-Changes sarà ripetuto nel corso dell'anno 2012 per valutare anche eventuali effetti cumulativi dei fenomeni estremi simulati.

## Bibliografia

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

- Cornelissen, J.H.C., Lavorel, S., Garnier, E., Diaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D.E., Reich, P.B., ter Steege, H., Morgan, H.D., van der Heijden, M.G.A., Pausas, J.G., Poorter, H. (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian journal of botany*, 51: 335-380. Csiro publishing.
- Gratani, L., Varone, L., Bombelli, A. (2005). Modelli adattativi di specie sempreverdi mediterranee. *Informatore Botanico Italiano*, 37: 216-217.
- Grime, J.P., Brown, V.K., Thompson, K., Masters, G.J., Hillier, S.H., Clarke, I.P., Askew, A.P., Corker, D., Kiely, J.P. (2000). The Response of Two Contrasting Limestone Grasslands to Simulated Climate Change. *Science*, 289: 762.
- Grime, J.P., Fridley, J.D., Askew, A.P., Thompson, K., Hodgson, J.G., Bennett, C.R. (2008). Long-term resistance to simulated climate change in an infertile grassland. *Proc Natl Acad Sci USA*, 105(29): 10028-10032
- Gutschick, V.P. & BassiriRad, H. (2003). Extreme events as shaping physiology, ecology, and evolution of plants: toward a unified definition and evaluation of their consequences. *New Phytologist*, 160, No. 1: 21-42.
- IPCC Climate Change, (2001). The scientific basis. Contribution of working group I in the third assessment report of intergovernmental panel on climate change, eds: Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., Van Der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K. & Johnson, C.A. – Cambridge University.
- ISAC-CNR, (2009). Clima, cambiamenti climatici globali e loro impatto sul territorio nazionale. Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima – Consiglio Nazionale delle Ricerche. Quaderni dell'ISAC, vol, 1. Bologna. Italy.
- Jentsch, A., Kreyling, J., Beierkuhnlein, C. (2007). A new generation of climate change experiments: events, not trends. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5: 365-374.
- Kreyling, J., Wenigmann, M., Beierkuhnlein, C., Jentsch, A. (2008). Effects of Extreme Weather Events on Plant Productivity and Tissue Die-Back are Modified by Community Composition. *Ecosystems*, 11: 752-763.
- Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, R., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M., Wall, D.H. (2000). Biodiversity - global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287: 1770-1774.
- Sandel, B., Goldstein, L.J., Kraft, N.J.B., Okie, J.G., Shuldman, L.I., Ackerly, D.D., Cleland, E.E., Suding, K.N. (2010). Contrasting trait responses in plant communities to experimental and geographic variation in precipitation. *New Phytologist*, 188: 565-575.
- Thomey, M.L., Collins, S.L., Vargas, R., Johnson, J.E., Brown, R.F., Natvig, D.O., Friggens, N.T. (2011). Effect of precipitation variability on net primary production and soil respiration in Chihuahuan Desert grassland. *Global Change Biology*, 17: 1505-1515 .

### INTRA-ANNUAL VARIABILITY OF TREE-RINGS IN MEDITERRANEAN SPECIES IN RESPONSE TO ENVIRONMENTAL CHANGES

V. DE MICCO<sup>1</sup>, G. BATTIPAGLIA<sup>2,3</sup>, P. CHERUBINI<sup>4</sup>, G. ARONNE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Dipartimento di Arboricoltura, Botanica e Patologia Vegetale, Università degli Studi di Napoli Federico II, Via Università 100, Portici (Napoli), 80055 – demicco@unina.it, aronne@unina.it*

<sup>2</sup>*Seconda Università degli Studi di Napoli, via Vivaldi 81100 Caserta – giovanna.battipaglia@unina2.it*

<sup>3</sup>*Centre for Bio-Archaeology and Ecology, Institut de Botanique, École Pratique des Hautes Études, Université Montpellier 2, F-34090 Montpellier, France*

<sup>4</sup>*WSL Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, CH-8903 Birmensdorf, Switzerland – paolo.cherubini@wsl.ch*

Tree-rings represent the best-dated archive of climate and environmental information because dendro-ecological traits, as well as wood anatomical and chemical properties, are a synthesis of the various environmental factors and interconnected processes occurring during tree growth. In Mediterranean-type ecosystems, the seasonal fluctuations in water availability and temperature play a major role during wood formation in direct and indirect ways. Indeed, environmental factors directly affect cambial activity, cell growth and differentiation (including radial and longitudinal elongation, thickening and lignification of walls) (Wardrop 1965). Further, such factors affect plant metabolism and the balance between photosynthesis and respiration. As a consequence, carbon allocation pathways and the related processes of growth, reproduction and resources storage can be affected by variable climatic conditions (Fig. 1). Hence, it is commonly accepted that cambial activity and the characteristics of formed tree-rings are climate-dependent, even if the relationships between tree-ring features and climatic stress experienced by plants in the past are not straightforward. This is especially true in Mediterranean-type ecosystems. Here, although plants are able to avoid or minimize photo-inhibitory and/or photo-oxidative risks, especially during summer season, the severe water shortage, in combination with high temperature and strong irradiance, may limit carbon assimilation, resulting often in photo-inhibition of photosynthetic apparatus (Larcher 2000; Arena et al. 2008). When it happens, the absorbed light energy is not converted in biomass at all and the whole plant carbon balance results perturbed. Also winter cold may induce an inhibition of photosynthesis by low temperatures leading to a slow vegetative growth and photo-oxidative damages (Huner et al. 1998). These two timely separated climatic stresses are known as the characteristic Mediterranean “double stress” (Mitrakos 1980) that shapes growth forms and *habitus*, and triggers the formation of the so-called “false rings” or “double rings” or “intra-annual density fluctuations” (IADFs) in tree rings (Cherubini et al. 2003; De Micco et al. 2007). A double ring is caused by the interruption of the normal course of growth during growing season and its restart, determining a zone of growth known as a false ring (Schulman

1938). IADFs have been related to different ecophysiological processes of Mediterranean tree growth (De Micco et al., 2007; Battipaglia et al. 2010; Vieira et al. 2009).

In our recent studies we have set up a multidisciplinary approach to characterize intra-annual variability of tree-rings in order to provide information about the relationship between environmental factors and tree growth at the seasonal level (Battipaglia et al. 2010; De Micco et al. 2012). In this report, we illustrate the applied multidisciplinary approach for the reconstruction of the periodicity of wood formation in relation to environmental parameters through the interpretation of the climatic signs recorded in tree-ring chronologies. Our approach is based on a combination of traditional methodologies of dendro-ecology with the analyses of Quantitative Wood Anatomy (QWA) and stable isotope composition performed on tree-ring chronologies with intra-annual resolution. To support the applicative value of our approach, we report a synthesis of the obtained results.

Dendro-chronological analysis, including the measurement of tree-ring width and the identification of IADFs, have been conducted on four shrub/tree species growing on the Elba island (Tuscany, Italy): *Erica arborea* L. *Arbutus unedo* L., *Quercus ilex* L. *Pinus pinaster* Ait. IADFs were classified on the base of their position within ring-width and their relative frequency was calculated. Anatomical analyses were performed on semi-thin sections, cut through a sliding microtome, stained according to standard methodologies and observed under a transmitted light microscope. Digital image analysis was applied on digital photomicrographs in order to quantify intra-annual variability of anatomical parameters along tree-ring chronologies. We focused on those traits, such as conduit size and frequency that are linked with eco-physiological parameters, with particular attention to theoretical conductivity and efficiency/safety of the water transport. Isotope analyses mainly regarded the measurement of intra-annual variation of  $\delta^{13}\text{C}$  to estimate plant Water Use Efficiency (WUE). Both anatomical and isotope analyses were conducted by applying two different methodological approaches: a) the separation of each ring into different regions (earlywood, latewood and IADF) and the comparison of anatomical and isotopic parameters measured in those specific sectors and b) the analysis of such features *in continuum* along ring width. Moreover, different parameters of vessels (i.e. ecd – Equivalent Circle Diameter, area, elongation, sphericity and convexity of vessel lumen) were considered in order to identify those more sensitive for the representation of intra-annual anatomical variations. Finally, we tested specific methods to standardize the analysis of anatomical parameters along tree-rings (especially to simplify the operations in the sight of automatic measurements) and to find the best graphical representation. From an ecological viewpoint, we found that different mechanisms can lead the formation of IADFs in relation to water availability. As an example, in *A. unedo*, the IADFs in an extremely dry site are induced by drought deficit, while at a mesic site IADFs are linked with the re-growth in the last part of the growing season triggered by favourable wet conditions (Battipaglia et al. 2010). The tendency to form IADFs with various characteristics (such as frequency or position) in different species can be considered a sign of the species-specific sensitivity to variable environmental conditions, being related to functional traits of efficiency/safety of water flow. From a methodological point of view, our investigations

showed that IADFs can be considered positive anomalies during wood formation because they can be used, in combination with climatic data, as tools to point precise moments of wood formation, helping a sort of *calendarization* of ring-width. In other words, they proved to be useful to follow the periodicity of wood growth, thus gaining phenological information with intra-annual resolution. Using different methodologies for anatomical and isotopic measurements in synergy helped to obtain complete information and to avoid misleading interpretations of IADFs in tree rings (De Micco et al. 2012).

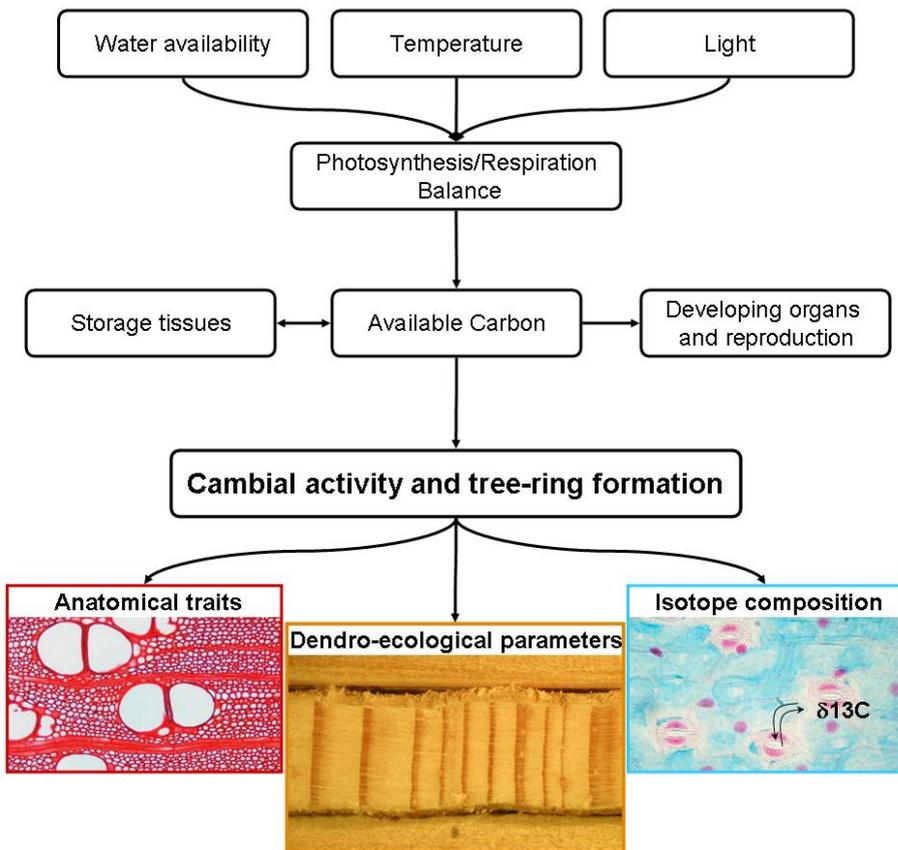


Fig. 1. Schematic representation of general factors affecting wood growth and final properties of tree-rings

In conclusion, the applied multidisciplinary approach highlighted existing relations between environmental factors and the periodicity of wood formation in model species growing in Mediterranean-types ecosystems. The overall interpretation of dendro-ecological, anatomical and isotopic data allowed to gain detailed information on the ecophysiological processes involved in tree-rings formation (Fig. 1). Deeper understanding of such processes is desirable in the sight of climate change and regional modifications in the Mediterranean environments which are rich in biodiversity, but are considered to be threatened by climate changes. A better understanding of the growth strategies of Mediterranean woody species in response to environmental modifications, occurring both at regional and global scale, is necessary to comprehend ecosystems dynamics, guarantee their protection and efficiently manage territorial resources.

### References

- Arena C., Vitale L., Virzo De Santo A. (2008). Photosynthesis and photoprotective strategies in *Laurus nobilis* L. and *Quercus ilex* L. under summer drought and winter cold. *Plant Biosystems*, 142: 472-479.
- Battipaglia G., De Micco V., Brand W.A., Linke P., Aronne G., Saurer M., Cherubini P. (2010). Variations of vessel diameter and  $\delta^{13}\text{C}$  in false rings of *Arbutus unedo* L. reflect different environmental conditions. *New Phytologist*, 188: 1099-1112.
- Cherubini P., Gartner B.L., Tognetti R., Bra'ker O.U., Schoch W., Innes J.L. (2003). Identification, measurement and interpretation of tree rings in woody species from mediterranean climates. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 78: 119-148.
- De Micco V., Saurer M., Aronne G., Tognetti R., Cherubini P. (2007). Variations of wood anatomy and  $\delta^{13}\text{C}$  within tree rings of coastal *Pinus pinaster* Ait. showing intra-annual density fluctuations. *IAWA Journal*, 28: 61-74.
- De Micco V., Battipaglia G., Brand W.A., Linke P., Saurer M., Aronne G., Cherubini P. (2012). Discrete versus continuous analysis of anatomical and  $\delta^{13}\text{C}$  variability in tree rings with intra-annual density fluctuations. *Trees-Structure and Function* DOI 10.1007/s00468-011-0612-4.
- Huner N.P.A., Öquist G., Sarhan F. (1998). Energy balance and acclimation to light and cold. *Trends in Plant Science*, 3: 224-230.
- Larcher W. (2000). Temperature stress and survival ability of Mediterranean sclerophyllous plants. *Plant Biosystems*, 134: 279-295.
- Mitrakos K.A. (1980). A theory for Mediterranean plant life. *Acta Oecologica*, 1: 245-252.
- Schulman E. (1938). Classification of false annual rings in Monterey pine. *Tree-ring Bulletin*, 4: 4-7.

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

- Vieira J., Campelo F., Nabais C. (2009). Age-dependent responses of tree-ring growth and intra-annual density fluctuations of *Pinus pinaster* to Mediterranean climate. *Trees-Structure and Function*, 23: 257-265.
- Wardrop A.B. (1965). Cellular differentiation in xylem. In: Côté W.A. (Ed.) *Cellular ultrastructure of woody plants*. Syracuse University Press, Syracuse, New York, pp, 61-97.

## RESILIENZA DELLE SPECIE ALPINE AI MUTAMENTI CLIMATICI LUNGO GRADIENTI ALTITUDINALI E TRAPPOLE GEOMORFOLOGICHE

R. GENTILI<sup>1</sup>, S. ARMIRAGLIO<sup>2</sup>, S. SGORBATI<sup>1</sup>, C. BARONI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio, Università di Milano-Bicocca, Piazza della Scienza 1, Milano, 20126 – e-mail: [rodolfo.gentili@unimib.it](mailto:rodolfo.gentili@unimib.it)

<sup>2</sup>Museo Civico di Scienze Naturali di Brescia, Via Ozanam 4, 25128, Brescia – e-mail: [botanica@comune.brescia.it](mailto:botanica@comune.brescia.it)

<sup>3</sup>Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa, Via S. Maria 53, 56126, Pisa – e-mail: [baroni@dst.unipi.it](mailto:baroni@dst.unipi.it)

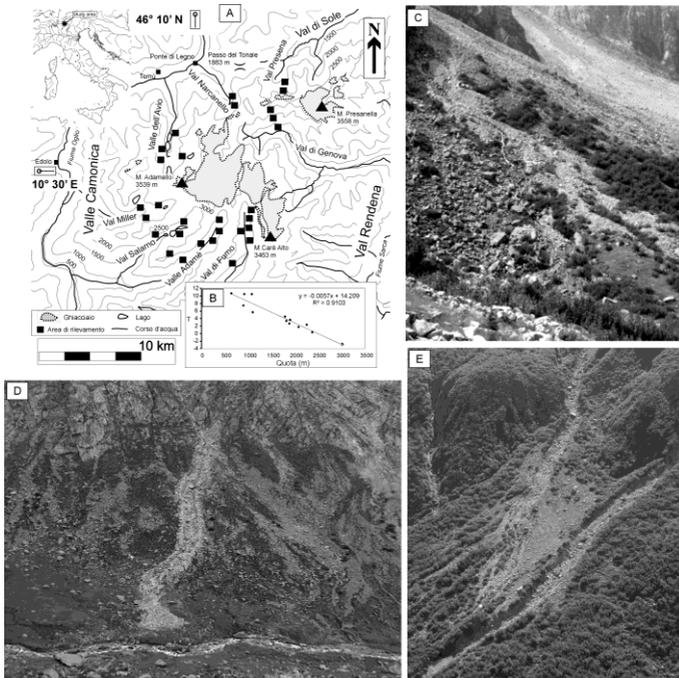
Nelle aree montuose le relazioni ed il *feedback* tra mutamenti bioclimatici in atto e i processi geomorfologici (movimenti in massa, *debris flow*, valanghe) potranno guidare le future dinamiche degli ecosistemi a diverse scale di definizione (Randin *et al.*, 2009; Restepo *et al.*, 2009). In tale contesto, le nicchie ecologiche saranno essenziali al mantenimento dei gradienti di biodiversità entro e tra habitat differenti. Lungo i versanti detritici alpini sono presenti gradienti ecologici altitudinali che possono favorire l'incremento dei livelli di diversità biologica e il *turnover* delle specie (Odland, 2009). Con l'aumento della quota, i fattori ecologici cambiano rapidamente entro brevi distanze: tipo e intensità di questi ultimi influiscono sulla composizione floristica delle comunità.

Scopo di questo studio, effettuato su versanti detritici subalpini e alpini (1500-2600 m s.l.m.) del Gruppo Montuoso dell'Adamello-Presanella (Fig. 1), è quello di individuare i principali parametri ambientali che influiscono sulla composizione delle comunità vegetali ai differenti intervalli altitudinali, aventi un'ampiezza pari a 100 m. Per raggiungere tale obiettivo è stata utilizzata l'analisi di gradienti multipla su una matrice di 180 plot di vegetazione, per undici caratteri ecologici.

I caratteri rilevati o stimati (continui o categorici) sono i seguenti: altitudine (Alt; m s.l.m.); esposizione (Asp; scala da 1 a 6); inclinazione (Incl; in gradi); copertura del suolo (Soil%); spessore del suolo (Soil\_t; cm); disturbo (Dist; scala da 1 a 4, basata sulla presenza di processi geomorfologici); umidità del suolo/drenaggio superficiale (Moist; scala da 1 a 5); granulometria (Grain\_sz; scala da 1 a 5); indice di Ellenberg per la reazione del Suolo (R); indice di Ellenberg per i nutrienti (N); indice di temperatura ricavato dalla retta di regressione delle temperature di luglio in funzione della quota (logT<sub>j</sub>). Nella CCA, per stimare l'effetto della combinazione lineare tra le diverse variabili ambientali è stato costruito un modello lineare generalizzato (GLM). Inoltre, sono stati applicati modelli additivi generalizzati (GAM) per valutare le relazioni tra single variabili e distribuzione delle specie (Fig. 2).

Sulla base della matrice floristica dei rilievi, sono stati costruiti lo spettro di disseminazione e lo spettro biologico in funzione della quota (Fig. 3).

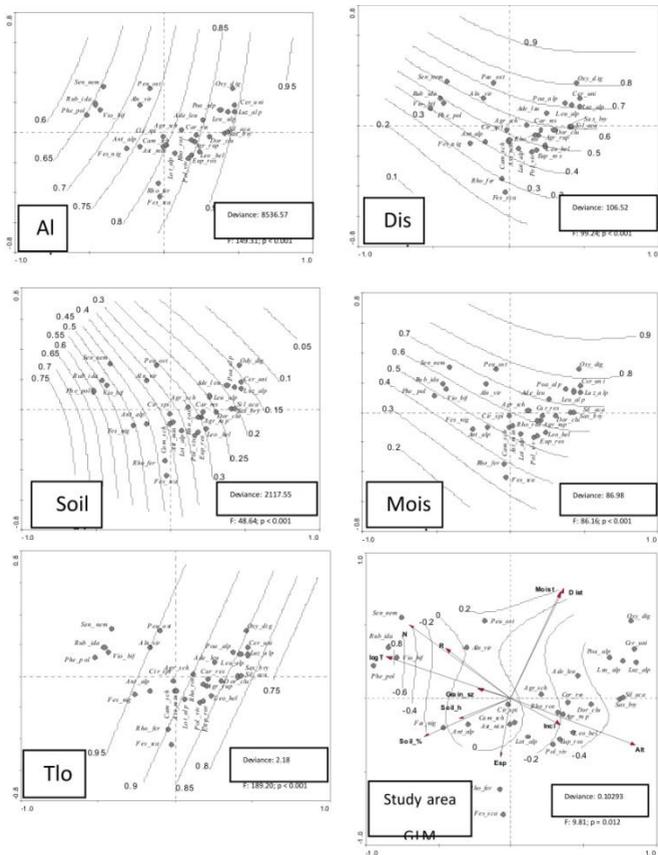
**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**



**Fig. 1.** A) Area di studio e di campionamento. B) Retta di regressione della temperatura media di luglio in funzione della quota (13 stazioni meteo). C-E) Eterogeneità della vegetazione lungo alcuni versanti detritici indagati.

I risultati hanno evidenziato che il *turnover* delle specie vegetali lungo l'intervallo altitudinale indagato è fortemente influenzato dal disturbo geomorfologico. Quasi tutte le variabili hanno una forte relazione con la quota. Questo andamento sembra favorire la resilienza delle specie d'alta quota entro trappole geomorfologiche e topografiche temporanee quali: canali alpini, nicchie di nivazione, depositi di *debris flow* (Gentili *et al.*, 2010). Dal punto di vista biologico, a quote più elevate, aumentano le forme di vita a cuscinetto (camefite), più appressate al suolo e di pari passo aumentano notevolmente le specie che disperdono i semi a breve distanza dalla pianta madre. Tale trend, in accordo con la *stress-gradient hypothesis* (Brooker e Callaghan, 1998), sembra essere legato ai fattori di disturbo ed a stress abiotici più intensi che alle quote più elevate determinano una maggiore incidenza dei fenomeni di facilitazione e d'interazione positiva tra le specie.

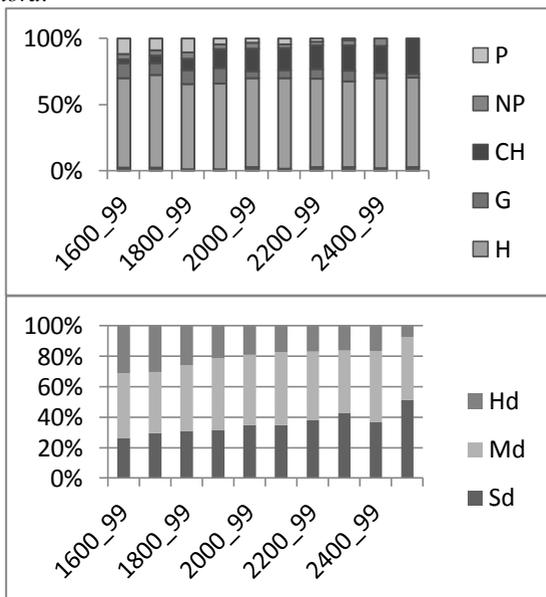
**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**



**Fig. 2.** CCA delle specie più frequenti dell'area di studio con modello additivo generalizzato (GAM) delle principali variabili ambientali (isolinee): Alt = altitudine; Dist = disturbo geomorfologico; Soil% = copertura percentuale del suolo; Mois = umidità/drenaggio superficiale; Tlog = indice di temperatura. Il box *Study area GLM* rappresenta il modello lineare generalizzato delle variabili ambientali lungo il gradiente altitudinale (Alt), in relazione alle principali specie dell'area di studio. Da tale grafico risulta molto evidente il determinismo esercitato dai fattori disturbo e umidità/drenaggio superficiale (lungo l'isolinea 0) sulle altre variabili ambientali e sulla distribuzione delle specie. Abbreviazioni: Ade\_leu = *Adenostyles leucophylla*; Aln\_vir = *Alnus viridis*; Agr\_rup = *Agrostis rupestris*; Agr\_sch = *Agrostis schraderana*; Ant\_alp = *Anthoxanthum alpinum*; Ast\_min = *Astrantia minor*; Cam\_sch = *Campanula scheuchzeri*; Car\_res = *Cardamine resedifolia*; Cer\_uni = *Cerastium uniflorum*;

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

Cir\_spi = *Cirsium spinosissimum*; Dor\_clu = *Doronicum clusii*; Eup\_ros = *Euphrasia rostkoviana*; Fes\_sca = *Festuca scabriculmis* ssp. *luedii*; Fes\_nig = *Festuca nigrescens*; Leo\_hel = *Leontodon helveticus*; Leu\_alp = *Leucanthemopsis alpina*; Lot\_alp = *Lotus alpinus*; Luz\_alp = *Luzula alpino-pilosa*; Oxy\_dig = *Oxyria digyna*; Peu\_ost = *Peucedanum ostruthium*; Phe\_pol = *Phegopteris polypodioides*; Poa\_alp = *Poa alpina*; Pol\_viv = *Polygonum viviparum*; Rho\_fer = *Rhododendron ferrugineum*; Rho\_ros = *Rhodiola rosea*; Rub\_ida = *Rubus idaeus*; Sax\_bry = *Saxifraga bryoides*; Sen\_nem = *Senecio nemorensis*; Sil\_aca = *Silene acaulis*; Vio\_bif = *Viola biflora*.



**Fig. 3.** Andamento dello spettro biologico (a sinistra) e dello spettro di disseminazione dei semi in funzione della distanza di dispersione dalla pianta madre, secondo la classificazione di Vittoz and Engler (2007): Hd = lunga distanza; Md = media distanza; Sd = corta distanza. Abbreviazioni: P = fanerofite; NP = Nano-fanerofite; CH = camefite; G = Geofite; H = emicriptofite; T = eerofite.

Una migliore conoscenza delle relazioni esistenti tra distribuzione delle comunità vegetali e variabili ambientali, in funzione della quota, potrà chiarire i meccanismi che stanno dietro la risposta delle specie ai cambiamenti climatici globali. Inoltre, nello studio degli ecosistemi

alpini suggeriamo di considerare i processi geomorfologici che agiscono lungo i versanti (fattori di disturbo), per evitare interpretazioni erranee dei cambiamenti ambientali in atto.

### **Bibliografia**

- Brooker R.W., Callaghan T.V., 1998. The balance between positive and negative plant interaction and its relationship to environmental gradients: a model. *Oikos* 81: 196-207.
- Gentili R., Armiraglio S., Rossi G., Sgorbati S., Baroni C. (2001). Floristic patterns, ecological gradients and biodiversity in the composite channels (Central Alps, Italy). *Flora*, 205: 388-398.
- Odland A. (2009). Interpretation of altitudinal gradients in South Central Norway based on vascular plants as environmental indicators. *Ecological Indicators*, 9: 409–421.
- Randin C.F., Engler R., Normand S. et al. (2009). Climate change and plant distribution: local models predict high-elevation persistence. *Global Change Biology*, 15: 1557–1569.
- Restrepo C., Walker L.R., Shiels A.B. et al. (2009). Landsliding and its multiscale influence on mountainscapes. *BioScience*, 59: 685–698.
- Vittoz P., Engler R. (2007). Seed dispersal distances: a typology based on dispersal modes and plant traits. *Botanica Helvetica* 117: 109–124.

## INDICATORI CLIMATICI DELLA POSSIBILE TRASLAZIONE DI COLTIVAZIONE DELL'OLIVO SECONDO GLI SCENARI "IPCC"

F. ORLANDI, T. BONOFILIO, L. RUGA, B. ROMANO, M. FORNACIARI

*Dipartimento di Biologia Applicata, Università degli Studi di Perugia, Borgo XX Giugno, 74,  
Perugia.*

*([fabor@unipg.it](mailto:fabor@unipg.it); [tom.bonofiglio@tiscali.it](mailto:tom.bonofiglio@tiscali.it); [luimau@iol.it](mailto:luimau@iol.it); [romano@unipg.it](mailto:romano@unipg.it); [mfdp@unipg.it](mailto:mfdp@unipg.it))*

Uno dei limiti più importanti per la costruzione di modelli fenologici è quello di avere una conoscenza approfondita sia delle aree di studio che delle piante per definire l'utilizzo di particolari variabili meteorologiche utili per l'implementazione di modelli fenologici (Botta et al., 2000). Questa caratteristica limita la capacità di previsione dei modelli fenologici a scala regionale considerando che i fattori utilizzati dai modelli possono, infatti, cambiare da un luogo all'altro, inoltre, per ottenere estrapolazioni affidabili, i modelli devono essere spazialmente "robusti" (Chuine et al, 2000; Fornaciari et al, 2000; Orlandi et al, 2010). Nella presente ricerca abbiamo preso in considerazione una serie minima di requisiti ambientali che devono essere soddisfatti per una specie sempreverde quale è l'olivo (*Olea europaea* L.) sia per avviare che mantenere un certo stadio fenologico implementando un modello fenologico generalizzato per verificare l'ipotesi di esistenza di condizioni climatiche che interagiscono per determinare sia la fenologia vegetativa che riproduttiva a scala regionale.

Di conseguenza, l'obiettivo principale della ricerca è quello di implementare un modello regionale fenologico derivato dall'indice della stagione vegetativa (GSI) sviluppato in applicazioni fenologiche a scala globale per la previsione fenologica in risposta al clima, adattandolo a una specie molto diffusa nel mediterraneo quale è l'olivo con l'obiettivo di prendere in considerazione non solo i singoli eventi fenologici, ma l'intero ciclo ontogenetico delle specie in un approccio biologico integrato.

Un altro scopo della ricerca è quello di realizzare un'indagine climatica, funzionale alla implementazione del modello fenologico. Saranno valutate inoltre le principali limitazioni climatiche tra le aree di coltivazione dell'olivo nel sud Mediterraneo considerando un range di latitudine di 10° (praticamente i limiti geografici dell'olivo), dando anche informazioni sulle variazioni climatiche locali nei due ultimi decenni (1990-1999 e 2000-2009) attraverso l'interpretazione della temperatura, radiazione solare e dell'evapotraspirazione.

Le aree olivicole di Tunisia, Spagna meridionale e Italia, in cui è stato realizzato il presente studio sono mostrate in Figura 1. Nella presente ricerca, tre fasi fenologiche (sia vegetative che riproduttive) sono state utilizzate per implementare un modello regionale fenologico. Le fasi fenologiche sono state descritte in accordo con la scala BBCH ufficialmente accettata per descrivere gli stadi di crescita. I dati riguardanti lo sviluppo vegetativo fenologico delle foglie in primavera (Fig. 1A) e la fase riproduttiva durante l'autunno (viraggio colorazione frutti, Fig. 1B) sono stati registrati nelle regioni italiane attraverso osservazioni tradizionali in campo. Inoltre, i dati primaverili riproduttivi (piena fioritura, BBCH = 65; Fig. 1C) erano disponibili in

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

tutte le diverse aree di coltivazione dell'olivo e sono stati ottenuti dal monitoraggio aerobiologico utilizzando apparecchi volumetrici di cattura del polline (Hirst, 1952; Galán et al, 2007).

In accordo con lo scopo principale della ricerca è stato studiato un insieme di variabili meteorologiche che, potrebbero spiegare gran parte della variazione osservata nella fenologia stagionale registrata in tutto il Mediterraneo. Abbiamo scelto quattro variabili che determinano fortemente le attività biologiche: temperature minime, radiazione solare, evaporazione e fotoperiodo. Sono stati considerati i limiti di soglia per ogni variabile partendo dal presupposto che l'attività fenologica varia linearmente da inattiva (0) a non vincolata (1). Il prodotto dei quattro indici forma un modello combinato che viene calcolato ogni giorno e integrato come una media mobile a 21 giorni (Lieberman, 1982; Lechowicz, 2001).

In questa ricerca abbiamo implementato un modello bioclimatico generalizzato (GSI), sviluppato per applicazioni fenologiche a scala globale (Jolly et al. 2005).

Sono state considerate le soglie ottimali minime e massime delle temperature soglia per l'indice della temperatura minima ( $iT_{min}$ ) in base all'esperienza dei regimi termici utilizzati per il calcolo delle unità in "freddo" e in "caldo" utilizzate come "forzanti" per questa specie arborea e corrispondenti a 0° e 7° C, rispettivamente.

Inoltre sono state considerate delle soglie concernenti il fotoperiodo secondo valori già utilizzati in precedenti studi applicati su scala globale (soglia inferiore di 10h e superiore di 11h), considerando che l'area di studio del Mediterraneo è geograficamente situata in una fascia di latitudine che rappresenta una situazione media (Clima temperato).

I parametri considerati per l'ottimizzazione statistica valutata attraverso il calcolo RMSE sono stati quelli relativi alla radiazione solare ( $iRad$ ) ed evapotraspirazione ( $iETP$ ). Il miglior risultato interpretativo delle fasi fenologiche considerate (sviluppo fogliare e maturazione frutti) ottenuto dalla minimizzazione del RSME tra date previste e reali è stato ottenuto considerando un valore minimo di radiazione solare di 5 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, e un valore massimo di 12 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, i migliori valori di minimo e massimo per l'evapotraspirazione sono stati di 2 mm d<sup>-1</sup>, e 5 mm d<sup>-1</sup>. Infine, tutti i parametri climatici sono stati utilizzati per definire i valori dell'indice complessivo di crescita vegeto-riproduttiva (GSI) e per individuarne i suoi andamenti annuali in ogni area di studio. L'analisi delle variazioni dell'indice  $iETP$  tra i due decenni (1990-1999 e 2000-2009) ha permesso di evidenziare l'aumento di questo limite climatico durante il periodo estivo praticamente nella maggior parte dei territori spagnoli e tunisini (in Italia solo Perugia ha evidenziato un aumento dello stress estivo con i valori di evapotraspirazione più alti). Nel complesso l'indice "sintetico" (GSI), mostra due periodi vegeto-riproduttivi principali.

Le diverse limitazioni climatiche sono state calcolate per le aree di studio geograficamente rappresentative (Perugia, Cordoba, Mornag e Zarzis) e per loro gli stessi limiti sono stati rimossi uno alla volta per valutare in maniera progressiva la curva potenziale relativa all'indice GSI senza particolari condizioni climatiche, evidenziando quindi le principali limitazioni climatiche in ciascuna diversa area.

La presente ricerca ha permesso di creare un modello fenologico "Mediterraneo" particolarmente adatto ad una delle specie arboree più importanti per quest'area geografica che

presenta fabbisogni climatici sia durante l'inverno (fabbisogno in freddo per l'induzione a fiore e la dormienza) che durante la stagione calda (caduta dei frutti in accrescimento e riduzione del peso dei frutti dovuti a condizioni estreme di evapotraspirazione).

L'analisi climatica tra i due decenni studiati ha permesso di evidenziare una riduzione dell'indice costruito sulla temperatura minima ( $iT_{min}$ ) che manifesta appunto una contrazione di questo limite in particolare nelle aree più a Nord. Questo fenomeno potrebbe portare a nuovi scenari positivi in futuro per quanto riguarda lo spostamento verso Nord della zona di coltivazione dell'olivo a causa del potenziale ampliamento della stagione di crescita in inverno, ma d'altra parte scenari negativi potrebbero essere rappresentati dal mancato soddisfacimento dei requisiti minimi in freddo nelle zone di coltivazione più a Sud. La presente analisi ha dimostrato come il limite dovuto al fotoperiodo per le aree olivicole di monitoraggio sia significativo solo a basse latitudini (Hackett & Hartmann, 1964; Bonofiglio et al 2008).

La tendenza dell'indice  $iETP$ , sebbene l'olivo sia un parsimonioso consumatore di acqua, adattato a condizioni xeriche, suggerisce che l'aumento della  $ETP$  media estiva a partire dal 2000 nelle zone di coltivazione tunisine e spagnole potrebbe creare problemi agli oliveti in assenza di irrigazione, inoltre, la valutazione dell'evapotraspirazione colturale ( $ETC$ ) attraverso indici specifici potrebbe essere considerata economicamente importante per il calcolo dell'importo di irrigazione. In generale l'indice  $iETP$  ha mostrato il più alto rapporto di correlazione nei confronti dell'indice generale  $GSI$  confermando come in genere il periodo invernale non è così limitante come quello estivo in zone mediterranee (Ben Ahmed et al. 2007). A latitudini relativamente alte, dove la radiazione solare e la temperatura sono decisamente stagionali, emerge l'importanza di un mix tra fotoperiodo e limiti di temperatura che risulta coerente con ricerche precedenti. L'indagine condotta ha dimostrato come la calibrazione del modello  $GSI$  sulla specie olivo nelle aree di coltivazione mediterranee è sufficientemente flessibile al fine di prevedere la risposta fenologica indipendentemente da fattori meteorologici locali e che questa definizione dei limiti climatici potrebbe essere molto utile nel campo dei cambiamenti climatici.

## Referenze

- Ben Ahmed C., Ben Rouina B., Boukhris M. 2007. Effects of water deficit on olive trees cv. Chemlali under field conditions in arid region in Tunisia. *Scientia Horticulturae* 113: 267–277.
- Bonofiglio T., Orlandi F., Sgromo C., Romano B., Fornaciari M. 2008. Influence of temperature and rainfall on timing of olive (*Olea europaea*) flowering in southern Italy. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 36: 59-70.
- Botta A., Viovy N., Ciais P. et al. 2000. A global scheme of leaf onset using satellite data. *Global Change Biology* 6: 709–725.
- Chuine I., Cambon G., Comtois P. 2000. Scaling phenology from the local to the regional level: advances from species-specific phenological models. *Global Change Biology* 6: 943-952.
- Fornaciari M., Orlandi F., Romano B. 2000. Phenological and aeropalynological survey in an olive orchard in Umbria (Central Italy). *Grana* 39: 246-251.

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

- Galán, C., Cariñanos P., Alcázar P., Dominguez E. 2007. Management and Quality Manual. Spanish Aerobiology Network (REA). Servicio Publicaciones Universidad de Córdoba, Córdoba, Spain. ISBN 978-84-690-6353-8.
- Hackett WP., Hartmann HT. 1964. Inflorescence formation in olive as influences by low temperature, photoperiod, and leaf area. Botanical Gazette 125: 65-72.
- Hirst J.M., 1952. An automatic volumetric spore-trap. Annals of Applied. Biology 36: 257-265.
- Jolly WM., Nemani RR., Running SW. 2005. A generalized, bioclimatic index to predict foliar phenology in response to climate. Glob Chang Biol 11: 619-632.
- Lechowicz MJ. 2001. Phenology. In: Encyclopedia of Global Environmental Change, Vol. 2. Wiley, London.
- Lieberman D. 1982. Seasonality and phenology in a dry tropical forest in Ghana. Journal of Ecology 70: 791-806.
- Orlandi F., Sgroio C., Bonofiglio T., Ruga L., Romano B., Fornaciari M. 2010. Spring Influences on Olive Flowering and Threshold Temperatures Related to Reproductive Structure Formation. Hortscience 45: 1052-1057.

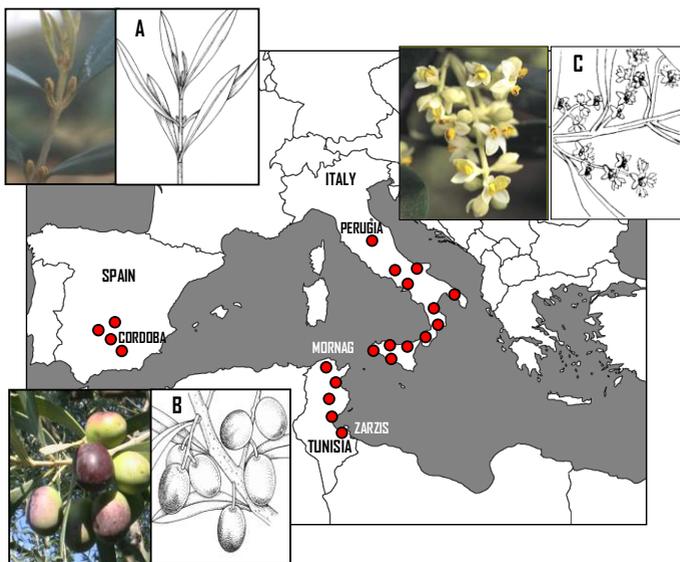


Fig 1. Aree di studio fenologico e principali fasi di sviluppo considerate per la specie Olivo.

**LE ATTIVITÀ DI RICERCA SUL CAMBIAMENTO CLIMATICO DEL  
LABORATORIO DI ECOLOGIA VEGETALE E CONSERVAZIONE DELLE PIANTE  
DELL'UNIVERSITÀ di PAVIA**

S. ORSENIGO<sup>1</sup>, A. MONDONI<sup>2</sup>, M. GANDINI<sup>2</sup>, T. ABELI<sup>1</sup>, J. BELOTTI<sup>1</sup>, E. SOSSAI<sup>1</sup>, G.  
PAROLO<sup>1</sup>, G. ROSSI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente, Università degli Studi di  
Pavia – simone.orsenigo@unipv.it graziano.rossi@unipv.it*

<sup>2</sup> *Museo delle Scienze, Trento – andrea.mondoni@unipv.it*

### **Introduzione**

Il rapido cambiamento climatico in corso, sta coinvolgendo una grande varietà di organismi ed ecosistemi (Parmesan 1996; Walther *et al.* 2002), causando cambiamenti nella distribuzione, nella fenologia e nella fisiologia di molte piante ed animali (Gottfried *et al.*, 2012; Thuiller *et al.* 2005; Camill & Clark 2000; Parolo & Rossi 2008). Tra gli ambienti soggetti a queste alterazioni, gli ecosistemi alpini sono tra i più vulnerabili, essendo caratterizzati da specie adattate a vivere a basse temperature. Dal 1850 ad oggi è stato registrato infatti un incremento medio globale di 0,76°C (temperatura media annua dell'aria), mentre nelle zone alpine l'incremento medio è risultato essere più del doppio (circa 2°C) (Beniston 2003). In futuro si potrebbero avere variazioni ancora maggiori; le stime più ottimistiche, presentate nel quarto rapporto dell'IPCC (2007), prevedono un aumento delle temperature variabile tra 1,8°C e 4°C entro il 2100, rispetto ai livelli del 1990. Secondo Noguès-Bravo *et al.* (2007) l'incremento di temperature entro il 2085 per le montagne europee di media latitudine (es: Alpi, Appennini) potrebbe essere anche maggiore, con variazioni comprese tra i +2,9°C ed i +5,3°C. Si prevede inoltre che eventi estremi come onde di calore (periodi di almeno 5 giorni con temperature superiori alla media di almeno 5°C) siano destinate a moltiplicarsi nel tempo, a causa dell'aumento della concentrazione di gas ad effetto serra in troposfera (Schär *et al.* 2004).

Le specie vegetali che vivono sulle montagne potrebbero rispondere all'innalzamento della temperatura diversamente: adattandosi alle nuove condizioni, modificando la loro fenologia e fisiologia, migrando verso zone climaticamente più favorevoli, oppure estinguendosi (Davis & Shaw, 2001; Theurillat & Guisan, 2001). Capire quale potrà essere la risposta delle piante alpine e quindi come potrebbe cambiare la composizione vegetale degli ambienti in questione, può essere importante per fare previsioni circa i fenomeni cui andremo incontro nei prossimi decenni, ed eventualmente aiutare le istituzioni preposte nell'attuazione di programmi di conservazione e mitigazione.

### **Materiali e Metodi**

Le attività di ricerca inerenti il cambiamento climatico del gruppo di lavoro del Laboratorio di Ecologia Vegetale e Conservazione delle Piante dell'Università di Pavia ([www.floraconservation.com](http://www.floraconservation.com)), in corso ormai da oltre 10 anni, vengono condotte mediante un doppio approccio, con lo scopo di studiare gli effetti sia a livello di micro scala (individui, popolazioni), sia a livello di macro scala (areali delle specie, ecosistemi). Nel primo caso

possono essere inclusi gli studi che prevedono l'osservazione della risposta all'aumento di temperature delle specie che presentano popolazioni con areale disgiunto o al margine meridionale di areale, che si presume siano particolarmente sensibili agli effetti del riscaldamento globale.

Nel secondo approccio invece rientrano i monitoraggi *in situ* a lungo termine della vegetazione, eseguiti da diversi anni nell'ambito del progetto GLORIA (Global Observation Research Initiative in Alpine environment), di cui il nostro gruppo di ricerca è partner ormai dal 2001 (Target region Northern Apennines and South Alps/Alpi Orobie Bergamasche, rientranti anche nella rete L-TER).

### **Risultati**

Alcuni degli studi condotti hanno dimostrato come la risposta delle piante alpine agli effetti del riscaldamento climatico (es. diminuzione della copertura nevosa, aumento delle temperature) in atto sia specie-specifica.

Per esempio due studi condotti da Abeli *et al.* (2012 a, b) su alcune specie che vivono in popolazioni isolate sull'Appennino Settentrionale, hanno evidenziato come il numero di scapi fiorali durante le annate con estati particolarmente calde (es. 2003) si sia ridotto drasticamente in alcune specie, mentre è rimasto pressoché invariato in altre (Fig.1). Questo suggerisce come le variazioni di temperatura, indotte da fenomeni estremi come le onde di calore, possano influenzare le strategie riproduttive delle piante, cambiando ad esempio il rapporto tra riproduzione sessuale e vegetativa (a favore della seconda).

Osservazioni su scala più ampia, condotte nell'ambito del progetto internazionale GLORIA (2001-2008), hanno dimostrato per le montagne europee come, a seguito dell'innalzamento delle temperature e delle variazioni climatiche che stanno avvenendo negli ambienti d'alta quota, le specie termofile stiano espandendo il loro areale, a scapito delle specie microterme. Queste ultime infatti, adattate alla sopravvivenza in ambienti freddi e selettivi, stanno subendo la competizione delle specie provenienti dalle quote inferiori. Il fenomeno, descritto come termofilizzazione della flora d'altitudine (Gottfried *et al.*, 2012), è molto accentuato nelle catene montuose che circondano il bacino del Mediterraneo. Essendo queste aree particolarmente ricche di endemismi, verosimilmente esiste un alto rischio di estinzione a carico di specie dall'elevato valore conservazionistico e biogeografico.

### **Discussione**

La differente risposta delle specie ad eventi estremi connessi con il cambiamento climatico potrà in futuro causare alterazioni, che nel caso di popolazioni al limite di areale o composte da pochi individui, potranno anche portare alla scomparsa delle stazioni di crescita. Per far fronte ad un possibile aumento della perdita di biodiversità, sono stati attivati programmi di conservazione *ex situ* delle piante alpine, mediante lo stoccaggio in condizioni controllate dei semi in banche del germoplasma (come ad es. *Lombardy Seed Bank* del Centro Flora Autoctona della Regione Lombardia). I semi infatti rappresentano un importante mezzo di persistenza e diffusione, potendo sopportare una grande variabilità di fattori ambientali e rimanendo vitali per lunghi periodi.

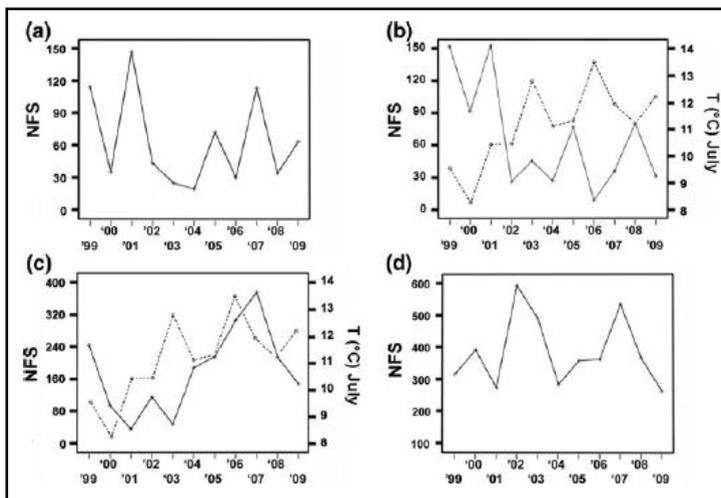
**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

In uno scenario climatico in continua e rapida evoluzione, l'intrinseca diversità di ciascun seme conferisce alle specie un'ampia variabilità genetica, che ne aumenta le probabilità di sopravvivenza ed evoluzione.

Tuttavia, esperimenti di invecchiamento controllato in laboratorio hanno dimostrato che le piante alpine producono semi meno longevi rispetto alle specie di pianura (Mondoni *et al.*, 2011), indicando che la conservazione a lungo termine di queste entità potrebbe necessitare un rinnovo frequente delle collezioni.

Parte delle collezioni di semi sono inoltre utilizzate per condurre esperimenti di germinazione in laboratorio che simulano cambiamenti delle temperature in accordo con possibili futuri scenari climatici. I risultati di questi studi, possono fornire indicazioni circa quello che potrebbe accadere alle specie, rispetto a questo importante aspetto della biologia riproduttiva delle piante, in analogia a quanto già evidenziato per diverse entità della regione sub-artica (Milbau *et al.*, 2009; Shevtsova *et al.*, 2009).

Fig. 1. Grafico che mostra il numero di scapi fiorali delle specie considerate (linea continua), dal 1999 al 2009. a) *Carex foetida*, b) *Leucanthemopsis alpina*, c) *Senecio incanus* subsp. *incanus* d) *Silene suecica*. Le linee tratteggiate in b e c, rappresentano le temperature medie del mese di luglio registrate presso la stazione meteorologica del Monte Cimone (Modena) e risultano significativamente correlate con l'abbondanza delle fioriture in *L. alpina* e *S. incanus* subsp. *incanus* [tratto da Abeli *et al.*, (2012). *Plant Ecology*, 213: 1-13].



## **Bibliografia**

- Abeli T., Rossi G., Gentili R., Mondoni A., Cristofanelli P., (2012a). Response of alpine plant flore production to temperature and snow cover fluctuation at the species range boundary. *Plant Ecoogy* 213: 1-13.
- Abeli T., Rossi G., Gentili R., Gandini M., Mondoni A., Cristofanelli P., (2012b). Effect of the extreme summer heat waves on isolated populations of two orophitic plants in the N-Apennines (Italy). *Nordic Journal of Botany*, in press.
- Beniston M. (2003). Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts. *Climatic change* 59: 5-31.
- Camill P., Clark J.S. (2000). Long term prospectives on lagged ecosystem responses to climate change: permafrost in boreal peatlands and the grassland/woodland boundary. *Ecosystems* 3: 534-544.
- Davis M.B., Shaw R.G. (2001) Range shift and adaptative response to quaternary climate change. *Science* 292: 673-679.
- Gottfried M., Pauli H., Futschik A., Akhalkatsi M., Baraňcok P., Benito Alonso J.L., Coldea G., Dick J., Erschbamer B., Fernández Calzado M.R., Kazakis G., Krajči J., Larsson P., Mallaun M., Michelsen O., Moiseev D., Moiseev P., Molau U., Merzouki A., Nagy L., Nakhutsrishvili G., Pedersen B., Pelino G., Puscas M., Rossi G., Stanisci A., Theurillat J.P., Tomaselli M., Villar L., Vittoz P., Vogiatzakis I., Grabherr G. (2012). Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change*, in press.
- IPCC (2007) Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (eds.) *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Milbau A., Graae B.J., Shevtsova A., Nijs I. (2009). Effects of a warmer climate on seed germination in the subarctic. *Annals of Botany*, 104: 287–296.
- Mondoni A., Probert R.J., Rossi G., Vegini E., Hay F.R. (2011). Seeds of alpine plants are short lived: implications for long-term conservation. *Annals of Botany* 107: 171-179.
- Nogués-Bravo D., Araújo M.B., Errea M.P., Martínez-Rica J.P. (2007). Exposure of global mountain systems to climate warming during the 21st Century. *Global Environmental Change* 17: 420–428.
- Parmesan C. (1996). Climate and species. Climate and species' range. *Nature* 382: 765-776.
- Parolo G., Rossi G. (2008). Upward migration of vascular plants following a climate warming trend in the alps. *Basic and Applied Ecology* 9: 100-107.
- Schär C., Vidale P.L., Luthi D., Frei C., Haberli C., Lingier, M.A., Appenzeller C. (2004). The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature* 427: 332-336.
- Shevtsova A., Graae B.J., Jochum T., Milbau A., Kockelbergh F., Beyens L., Nijs I. (2009). Critical periods for impact of climate warming on early seedling establishment in subarctic tundra. *Global Change Biology* 15: 2662–2680.
- Theurillat J.P. & Guisan A. (2001). Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: a review. *Climatic Change* 50:77-109.

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

- Thuiller W., Lavorel S., Araùjo M.B., Sykes M.T., Prentice I.C. (2005). Climate change threats to plant diversity in Europe. *PNAS* 102 (23): 8245–8250.
- Walther G.R., Post E., Convey P., Menzel A., Parmesan C., Beebee T.J.C. *et al.* (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416: 389-395.

## GERMINATION NICHE OF SARDINIAN MOUNTAIN ENDEMIC SPECIES UNDER A CHANGING CLIMATE

M. PORCEDDU<sup>1</sup>, H.W. PRITCHARD<sup>2</sup>, E. MATTANA<sup>1</sup>, G. BACCHETTA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Centro Conservazione Biodiversità (CCB), Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università degli Studi di Cagliari, V.le Sant'Ignazio, da Laconi 11-13, 09123 Cagliari, porceddu.marco@gmail.com*

<sup>2</sup>*Seed Conservation Department, Royal Botanic Gardens, Kew, Wakehurst Place, RH17 6TN Ardingly, West Sussex, UK*

Central Northern Sardinia has been identified as one of the 52 putative glacial refugia in the Mediterranean region, whose existence implies the local long term persistence of a species or population, within a well-defined geographical range (e.g. mountain, gorge; Médail *et Diadema*, 2009). This region represents also a Southern European refugium (*sensu* Tzedakis *et al.*, 2002) for some temperate tree species, as detected for the Supramontes biogeographic sector (CE-Sardinia; Fenu *et al.*, 2010). The Supramontes region and the Gennargentu massif are two of the most interesting mountain territories of Sardinia. In these areas, vegetation among waterways is mainly constituted by *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. woods. Rare and threatened Sardinian endemic species belonging to genera typical of temperate climates (e.g. *Aquilegia* L., *Paeonia* L. and *Ribes* L.) grow under and close to the canopy of such riparian woods.

Environmental conditions during seed maturation influence germination, with temperature being the major environmental factor responsible for changes in dormancy states of seeds (Baskin *et Baskin*, 1998). Thermal time ( $\theta$ , in °Cd), is commonly used as a mean to model population germination responses to temperature (Steadman *et al.*, 2003). It is based on the linear increase in germination rate that occurs as germination temperature is raised above the base temperature for germination (Covell *et al.*, 1986). The seed germination niche of *Aquilegia barbaricina* Arrigoni *et Nardi*, *Paeonia corsica* Sieber *ex* Tausch, *Rhamnus persicifolia* Moris, *Ribes multiflorum* Kit *ex* Roem *et* Schult. subsp. *sandalioticum* Arrigoni, and *Taxus baccata* L. is being characterized, with the aims of evaluating if these species show the same patterns of seed dormancy and germination, and understanding whether these habitats can act as a refuge under Mediterranean climate for these species.

In this work three study areas were selected: one in the Gennargentu massif and two in the Supramontes region (Table 1). Data-loggers have been buried in the natural populations in order to study and monitor the annual trend of temperatures and to detect differences in soil temperature underneath and outside the tree canopy. At the same time, seeds of the studied *taxa* have been sown in the field to investigate their *in situ* germination. The daily maximum, minimum, average temperature and  $\Delta T$  (difference between daily maximum and minimum temperatures) is being analysed. Different environmental conditions (temperature and light) and several pre-treatments (cold and warm stratifications and combinations of them) are being tested on fresh seeds in laboratory, so that their optimal conditions and thermal requirements (thermal time approach; Pritchard *et al.*, 1996) for embryo growth, seed dormancy loss and germination can be revealed. All the investigated *taxa* belong to families characterized as

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

having oily (Corner, 1976), and endospermic seeds (Martin, 1946). Therefore, their seed oil content is being quantified, using the Supercritical Fluid Extraction with carbon dioxide (SFE-CO<sub>2</sub>) methodology (Seal *et al.*, 2008), and thermal analysis of seeds and extracted oils being carried out using the Differential Scanning Calorimeter (DSC) to investigate ice crystallization and melting, so that seed freezing tolerance in the natural environment can be predicted.

Table 1 - Localities and geographic data of the study areas.

Study area	Locality	Coordinates	Altitude (m a.s.l.)	Substrate
Gennargentu	Rio Correboi (Vilagrande Strisaili, OG)	N 40°03' E 09°20'	1267	Metamorphytes
Supramontes	Monte Novo San Giovanni (Orgosolo, NU)	N 40°07' E 09°24'	1265	Limestones
	Rio Olai (Orgosolo, NU)	N 40°08' E 09°21'	947	Metamorphytes

The preliminary data on soil temperature (from June to December 2011; Fig. 1), underneath and outside the tree canopy, showed a difference on average temperatures and  $\Delta T$ s. In Rio Correboi, the mean daily temperature underneath the canopy ranged from  $17.17 \pm 2.3^\circ\text{C}$  in summer to  $9.39 \pm 2.60^\circ\text{C}$  in autumn, with a maximum of  $23.40^\circ\text{C}$  on July and a minimum of  $5.41^\circ\text{C}$  on December, whereas outside the canopy these values ranged from  $20.19 \pm 4.23^\circ\text{C}$  to  $7.68 \pm 2.43^\circ\text{C}$  for summer and autumn, respectively and maximum values of  $40.06^\circ\text{C}$  on July and minimum of  $2.74^\circ\text{C}$  on December (Fig. 1). In Rio Olai, mean daily temperatures underneath the canopy ranged from  $16.30 \pm 1.13^\circ\text{C}$  in summer to  $10.33 \pm 2.29^\circ\text{C}$  in autumn, with a maximum of  $22.75^\circ\text{C}$  on August and a minimum of  $3.59^\circ\text{C}$  on December, whereas outside the canopy from  $23.68 \pm 3.11^\circ\text{C}$  in summer to  $10.56 \pm 2.99^\circ\text{C}$  in autumn, with maximum and minimum values of  $47.16^\circ\text{C}$  (July) and  $2.82^\circ\text{C}$  (December), respectively (Fig. 1). In Monte Novo San Giovanni mean daily temperatures underneath the canopy were  $17.54 \pm 2.33^\circ\text{C}$  and  $9.75 \pm 2.80^\circ\text{C}$  for summer and autumn, respectively with a maximum of  $25.28^\circ\text{C}$  on July and a minimum of  $4.56^\circ\text{C}$  on December, whereas outside the canopy it was  $22.36 \pm 2.9^\circ\text{C}$ , ranging from a maximum of  $39.86^\circ\text{C}$  on July and a minimum of  $4.01^\circ\text{C}$  on December (Fig. 1). High differences in  $\Delta T$ s were also detected in summer for each locality, with the  $\Delta T$ s calculated for outside being approximately five times higher than those obtained underneath the canopy (Fig. 1). In Rio Correboi, the average  $\Delta T$ s were  $2.57 \pm 0.76^\circ\text{C}$  and  $12.24 \pm 5.87^\circ\text{C}$ , in Rio Olai  $3.97 \pm 1.03^\circ\text{C}$  and  $21.24 \pm 6.47^\circ\text{C}$ , and in Monte Novo San Giovanni  $3.62 \pm 1.02^\circ\text{C}$  and  $16.72 \pm 3.86^\circ\text{C}$ , underneath and outside the tree canopy, respectively (Fig. 1). In autumn, quite similar values were detected in each locality underneath and outside the tree canopy, with the

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

latter being only ca. two times higher:  $1.57 \pm 1.03^{\circ}\text{C}$  and  $3.82 \pm 1.52^{\circ}\text{C}$  for Rio Correboi,  $3.30 \pm 1.51^{\circ}\text{C}$  and  $6.95 \pm 4.27^{\circ}\text{C}$  for Rio Olai and  $1.99 \pm 1.34^{\circ}\text{C}$  and  $4.58 \pm 2.50^{\circ}\text{C}$  for Monte Novo San Giovanni (Fig. 1).

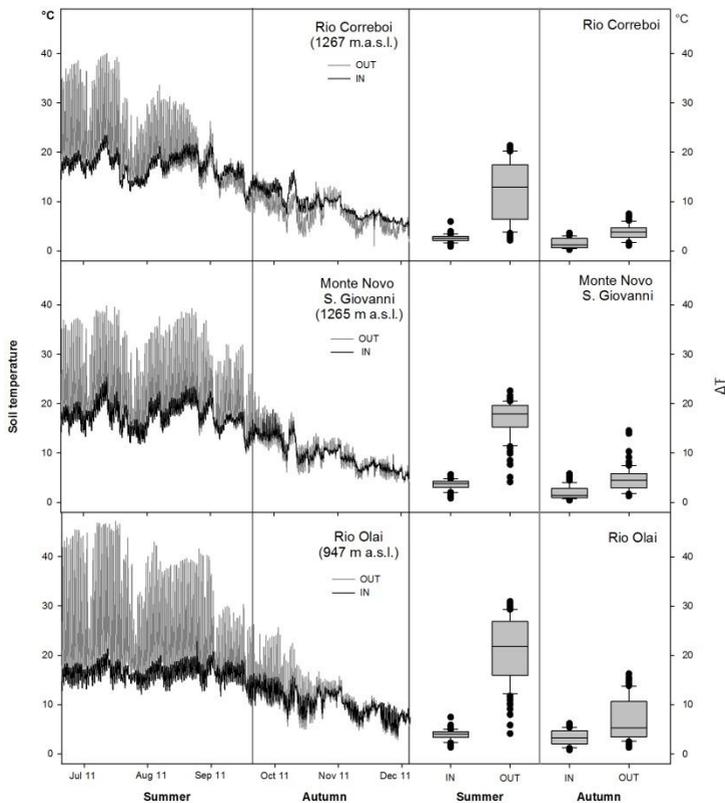


Figure 2 – On the left, the soil temperature trends recorded for summer and autumn by data loggers; on the right, the  $\Delta T$ s calculated underneath (IN) and outside (OUT) the tree canopy for the two seasons

The high differences in  $\Delta T$ s, as well as those highlighted in average temperatures, detected between seasons are due to the vegetation canopy that is well established in summer, generating

a different microhabitat respect to the autumn, when deciduous species such as *Alnus glutinosa* lose their leaves and the natural conditions underneath and outside the canopy are quite similar. Although preliminary, these data reveal new insights on the effect of vegetation canopy in the annual trend of soil temperatures in Mediterranean mountains and will be helpful to analyse and discuss the results of the experiments on seed dormancy, germination ecology and seed freezing tolerance in the natural environment that are still in progress. These approaches and the data generated will help us understanding of the potential impact of climate change on natural regeneration in this niche environments.

### References

- Baskin C.C., Baskin J.M. (1998). Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press.
- Corner E.J.H. (1976). The Seeds of Dicotyledones. Cambridge University Press, Cambridge.
- Covell S., Ellis R.H., Roberts E.H., Summerfield R.J. (1986). The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. *Journal of Experimental Botany*, 37(5): 705-715.
- Fenu G., Mattana E., Congiu A., Bacchetta G. (2010). The endemic vascular flora of Supramontes (Sardinia), a priority plant conservation area. *Candollea*, 65(2): 347-358.
- Martin A.C. (1946). The comparative internal morphology of seeds. *American Midland Naturalist*, 36: 513-660.
- Médail F., Diadema K. (2009). Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of Biogeography*, 36: 1333-1345.
- Pritchard H.W., Tompsett P.B., Manger K. (1996). Development of a thermal time model for the quantification of dormancy loss in *Aesculus hippocastanum* seeds. *Seed Science Research*, 6: 127-135.
- Seal C.E., Kranner I, Pritchard H.W. (2008). Quantification of seed oil from species with varying oil content using supercritical fluid extraction. *Phytochemical Analysis*, 19: 493-498.
- Steadman K.J., Crawford A.D., Gallagher R.S. (2003). Dormancy release in *Lolium rigidum* seeds in a function of thermal after-ripening time and seed water content. *Functional plant Biology*, 30(3): 345-352.
- Tzedakis P.C., Lawson I.T., Frogley M.R., Hewitt G.M., Preece R.C. (2002). Buffered tree population changes in a quaternary refugium: evolutionary implications. *Science*, 297: 2044.

**INDICATOR SPECIES ANALYSIS NEL MONITORAGGIO DELLE PINETE  
AFFETTE DA *MATSUCOCCUS FEYTAUDI***

C. TURCATO, S. PECCENINI

*Polo Botanico Hanbury, DIP.TE.RIS., Università di Genova, Corso Dogali 1M, 16136 Genova.  
claudia.turcato@unige.it*

Le invasioni biologiche sono divenute una costante del nostro tempo in relazione agli scambi commerciali e ai cambiamenti climatici che hanno favorito l'acclimatazione di nuove specie come la cocciniglia del pino marittimo *Matsucoccus feytaudi* Ducasce. In questo studio è stata analizzata la vegetazione all'interno delle pinete a *Pinus pinaster* Aiton nel Parco Nazionale delle Cinque Terre, con la finalità di reperire informazioni sintetiche sullo stato di salute delle pinete affette da tale parassita.

La vegetazione del sottobosco è una componente chiave di un ecosistema forestale. Essa contribuisce alla diversità biologica dell'ecosistema ed è una buona indicatrice ambientale, proprio come la composizione specifica di una comunità vegetale riflette le condizioni ecologiche di un dato sito in un dato tempo (Diekmann 2003).

Il monitoraggio della vegetazione vuole anche verificare, all'interno delle pinete, la presenza e l'abbondanza di specie esotiche, che sono rinvenute con sempre maggiore frequenza all'interno dell'area protetta.

Il definire la presenza e l'abbondanza di alcune specie in ambienti naturali, soprattutto laddove le condizioni non sono ottimali, è uno *step* importante nella valutazione delle classificazioni all'interno delle comunità ecologiche.

Le pinete del Parco delle Cinque Terre sono state analizzate durante la primavera-estate del 2010 e del 2011 tramite rilievi in 20 aree di 500 mq l'una. Le aree di campionamento sono state scelte casualmente utilizzando il metodo chiamato "*Simple random coordinate method*" (Elzinga *et al.*, 2001). All'interno di ogni area di campionamento è stata effettuata un'analisi della vegetazione, mediante l'esecuzione di rilievi sulla base della presenza-assenza delle specie e della loro abbondanza, stimata tramite una scala percentuale. Tale scelta è stata dettata dalla necessità di effettuare analisi statistiche su valori numerici netti piuttosto che valori relativi a classi di abbondanza; la rielaborazione di queste ultime produrrebbe infatti un doppio errore: il primo durante il rilievo e il secondo durante la rielaborazione numerica. La matrice utilizzata per i calcoli risulta composta da 59 specie vegetali e da 20 siti oggetto di rilievo.

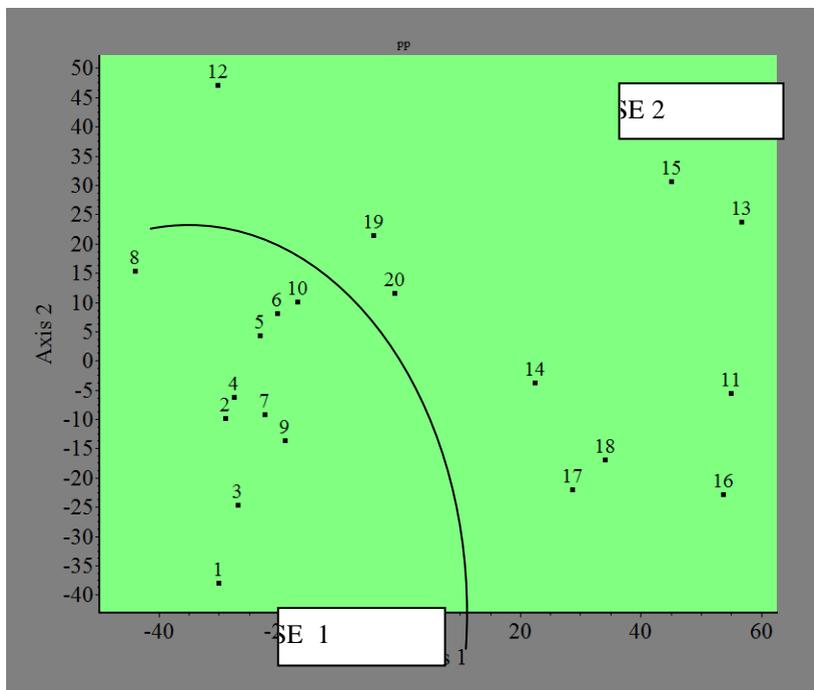
Per semplificare la lettura dei dati sulla vegetazione ed ottenere una prima indicazione sull'eventuale presenza di differenze fra le condizioni di salute delle pinete è stato utilizzato il metodo della *Principal component analysis (PCA)* impiegando il software *SIN-TAX Ordin* (Podani 2001). Le pinete studiate sono state quindi suddivise in due classi in base allo stato di salute: buono (classe 1) e non buono (classe 2).

I risultati dell'analisi sono chiaramente descritti dal grafico in figura 1.

I numeri da 1 a 20 di identificano i rilievi effettuati. I rilievi dall'1 al 10 sono quelli eseguiti in pinete in buone condizioni, invece i rilievi dall'11 al 20 sono quelli in condizioni non buone.

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

Nella figura 1 si può notare che i rilievi nei siti della classe 1 risultano più aggregati e quindi presentano specie che meglio descrivono la condizione di “buono stato della pineta”. I rilievi in classe 2 invece, secondo la PCA, presentano un numero inferiore di specie indicatrici di condizione, risultano quindi graficamente più dispersi.



**Figura 3: Principal component analysis (PCA) per definire lo stato di salute delle pinete.**

Per verificare la validità dei risultati ottenuti tramite la *Principal component analysis (PCA)* si è scelto di misurare l'intensità di luce che raggiunge il sottobosco. L'intensità di luce al suolo è importante poiché influenza la vegetazione ed è fortemente relazionabile allo stato di salute degli alberi e al tipo di sottobosco arbustivo.

Per ottenere dati sul livello di illuminazione del sottobosco sono state fotografate, con obiettivo *fish-eye*, le chiome degli alberi all'interno dell'area di rilievo, dal basso verso l'alto. Le fotografie ottenute sono state analizzate utilizzando il software di elaborazione immagini denominato *GLA – Gap Light Analyser* (Frazer *et al.* 1999), in modo da ottenere un valore numerico che descrivesse la quantità di luce che raggiunge il suolo della pineta.

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

In seguito i dati vegetazionali sono stati analizzati ed elaborati tramite un *software* indicatore di valutazione (*IndValCom*) che permette di individuare le specie che meglio caratterizzano alcuni ambienti o condizioni (Podani *et al.* 2010). L'indicatore compara fedeltà, distribuzione e abbondanza di una specie in vari gruppi proposti a priori e fornisce un valore proporzionale alla significatività della specie in un determinato gruppo.

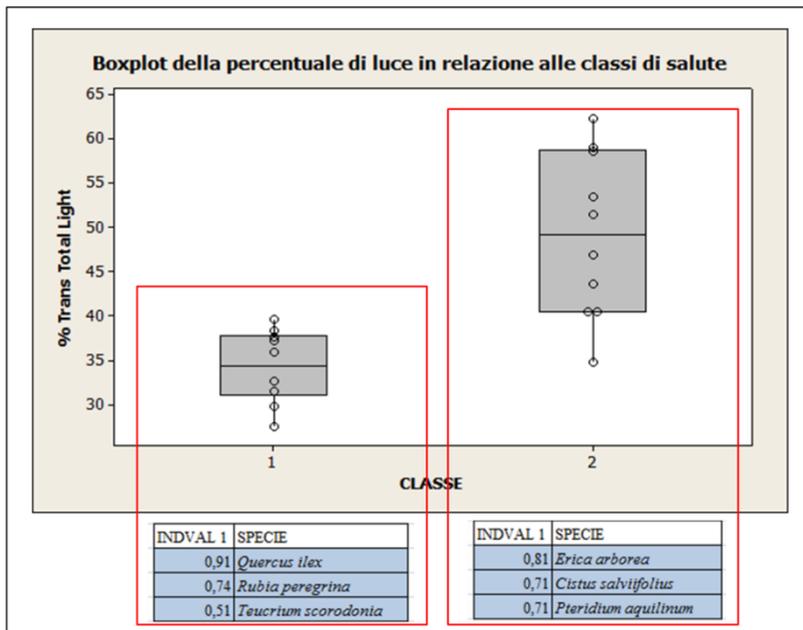
La precedente analisi con la PCA, che fornisce indicazioni sulle differenze fra le due classi, è necessaria poiché *IndValCom* richiede la suddivisione a priori in classi per individuare le specie indicatrici. Sono stati considerati significativi i valori, elaborati dal software *IndValCom*, superiori a 0,50, ovvero pari alla probabilità del 50% di trovare una determinata specie all'interno di una classe.

I dati ottenuti sulla vegetazione del sottobosco sono stati sovrapposti a quelli sulla luce diffusa che raggiunge il suolo della pineta utilizzando lo schema grafico in figura 2 per meglio chiarire i risultati ottenuti. Osservando il *boxplot* emergono chiaramente le differenze fra le due classi di salute, avvalorando quindi i risultati della PCA.

Come si nota dall'osservazione della figura 2, le specie che si trovano più frequentemente all'interno di pinete in classe 1 sono: *Quercus ilex* L., *Rubia peregrina* L. e *Teucrium scorodonia* L. I valori ottenuti dal software *IndValCom* sono significativi soprattutto per quanto riguarda la prima specie; infatti il valore di *IndVal* pari a 0,9 significa che le piante di leccio sono presenti nelle pinete di classe 1 nel 90 % dei casi. Il valore relativo a *Quercus ilex* merita alcune considerazioni: i lecci presenti nelle pinete in oggetto sono tutti in forma arbustiva o come piantule, non contribuiscono quindi all'ombreggiamento, dato invece dalle chiome di *Pinus pinaster* Aiton in maniera considerevole. Per quanto riguarda le specie in classe 2 abbiamo risultati molto decisi per ben tre specie, *Erica arborea* L., *Cistus salviifolius* L. e *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn in Kersten.

Le pinete in cattive condizioni di salute, si presentano con alberi caratterizzati da una chioma scarsa e quindi con una forte predominanza di specie fortemente eliofile nel sottobosco. Confrontando i dati ottenuti dalla PCA e quelli ottenuti da *IndValCom* è possibile osservare come in realtà il risultato sia simile. Sicuramente la classe più definita è quella delle pinete in buone condizioni, nella PCA si notava dall'aggregazione dei punti nel grafico, mentre nei risultati di *IndVal* si percepisce dagli alti valori ottenuti (0,9 per *Quercus ilex* e 0,74 per *Rubia peregrina*).

La scarsa agglomerazione del secondo gruppo, indicata dalla PCA, è forse da attribuirsi al fatto che le pinete in cattive condizioni non sono un sistema stabile e definito e quindi non possiedono specie che le caratterizzano in maniera soddisfacente, a differenza delle pinete in buono stato di salute che, al contrario, presentano dei caratteri vegetazionali precisi.



**Figura 2: Boxplot relazionato ai risultati dell'analisi tramite software IndValCom**

**Referenze:**

Diekmann, M., 2003. Species indicator values as an important tool in applied plant ecology—A review. *Basic and Applied Ecology*, 4, 493–506.

Elzinga C.L., Salzer D.W., Willoughby J.W., Gibbs J.P. (2001), “Monitoring plant and animal populations”pp 114. Blackwell Science.

Frazer GW., Canham CD., Lertzman KP., 1999. Gap Light Analyzer (GLA): Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, user’s manual and program documentation. Simon Fraser University, Burnaby, BC.

Podani J. 2001. SYN-TAX 2000. Computer programs for data analysis in ecology and systematics. User’s Manual. – Scientia.

Podani J., Csányi B., 2010. Detecting indicator species: Some extensions of the IndVal measure. *Ecological Indicators* 10: 1119-1124.

## EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUGLI ECOSISTEMI E STRATEGIE DI ADATTAMENTO

C. WELLSTEIN<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Dipartimento di Biogeografia, Università di Bayreuth, Universitätsstr. 30, D-95440 Bayreuth, Germany. E-mail: camilla.wellstein@uni-bayreuth.de*

<sup>2</sup> *Consorzio FORKAST "Effetti del cambiamento climatico sugli ecosistemi e strategie di adattamento climatico" [www.bayceer.uni-bayreuth.de/forkast](http://www.bayceer.uni-bayreuth.de/forkast)*

Gli impatti ecologici del cambiamento climatico (p.e. Jentsch et al. 2007) rappresentano sfide, che devono essere risolte primariamente dalla ricerca sugli ecosistemi e sul clima. Praterie e foreste sono ecosistemi longevi, che possono essere colpiti dai cambiamenti climatici. Questi ecosistemi coprono gran parte del paesaggio Europeo e sono di grande importanza economica. Gli effetti negativi e positivi si mostrano in modo più evidente alla scala regionale. Con il cambiamento climatico aumenta la probabilità di eventi climatici estremi, rari un tempo, attualmente caratterizzati da maggiore intensità e frequenza (Easterling et al. 2000; IPCC 2007; Meehl et al. 2000). Inoltre si attendono nuovi eventi climatici estremi, i cui potenziali sviluppi negativi dovrebbero essere affrontati nel più breve tempo possibile con misure di adattamento adeguate.

La ricerca del consorzio FORKAST si concentra sul tema di come le condizioni climatiche estreme, come siccità o piogge pesanti, influenzino le proprietà e le funzioni degli ecosistemi. Quanto sono colpite le singole funzioni, come ad esempio la produzione di biomassa o l'interazione degli animali e delle piante? Qual è la capacità di questi sistemi di compensare le conseguenze ecologiche dei cambiamenti climatici? Quanto sono resilienti i nostri ecosistemi?

Il consorzio FORKAST ha svolto una ricerca di tre anni finalizzata a rispondere a queste domande. Esso si compone di sessanta ricercatori ed è finanziato con tre milioni euro dal Programma Bavarese Clima 2020. Per la realizzazione di tali finalità interdisciplinari ed inter-strutturali, la rete FORKAST unisce le capacità di ricerca delle università bavaresi. Le aree di studio dei sotto-progetti comprendono le foreste delle montagne centrali, praterie nelle Alpi, Prealpi e nelle zone alluvionali e torbiere a quote basse.

I risultati fondamentali della ricerca forniscono la base scientifica per valutare come i servizi ambientali potrebbero essere colpiti, ad esempio, la qualità del suolo e la produzione agricola e forestale. Essi forniscono anche la base per l'efficiente valutazione dei danni e per la loro riduzione. Oltre a ciò i sviluppi positivi devono essere individuati e le opportunità emergenti di sviluppo devono essere utilizzate al più presto (p.e. Wellstein & Beierkuhnlein 2011).

Gli obiettivi primari sono migliorare la comprensione della forza e della resilienza degli ecosistemi sotto nuove condizioni ambientali. Inoltre esaminiamo le reazioni delle comunità e

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

la loro funzionalità in termini di servizi e benefici ecologici (ad esempio la produttività, la fenologia, la fertilità del suolo, lo scambio del gas serra) anche per la società umana. Sono state inoltre identificate nuove domande di ricerca, preparando le condizioni per ulteriori attività di ricerca.

I risultati delle attività di sperimentazione hanno indicato che importanti tipi di specie erbacee ed arboree di origine europea differiscono notevolmente nella loro performance di crescita, nella loro variabilità fenotipica, nella loro risposta al riscaldamento e ad eventi climatici estremi (siccità, gelate tardive) (p.e. Beierkuhnlein et al. 2011, Schenk et al. in prep.). I gradienti di elevazione possono fungere da proxy per i cambiamenti climatici (temperatura). La ricerca dei gradienti di elevazione mostra che specie e gruppi di specie hanno alcuni forti legami con il gradiente di temperatura (p.e. Fischer et al. 2011) e che sono quindi vulnerabili ai cambiamenti climatici. La fenologia è molto sensibile ai cambiamenti climatici, che può portare a diverse conseguenze ecologiche (p.e. Menzel et al. 2011). Numerosi risultati hanno confermato che la diversità delle specie e la diversità intraspecifica rappresentano un alto potenziale per la stabilizzazione delle funzioni ecosistemiche in un ambito di cambiamento climatico (p.e. Jentsch et al. 2011, Wellstein & Beierkuhnlein 2011).

Di seguito di riassumono i risultati ottenuti per gli ecosistemi temperati

Effetti degli eventi climatici estremi e il riscaldamento globale:

I reazioni dei organismi e ecosistemi

- > Non avvengono
- > Seguono immediatamente
- > In parte si manifestano soltanto negli anni successivi
- > Durano per più tempo
- > Influenzano le risposte per altri parametri climatici
- > Variano nelle stagioni
- > Possono essere contrari tra le diverse specie
- > Possono essere variabili al livello intraspecifico (fenotipico o genetico)

Le questioni scientifiche più rilevanti relative alle attività di ricerca sugli effetti ecologici del cambiamento climatico e le nuove ipotesi di ricerca sono:

- > Queste reazioni influenzano il fitness/la sopravvivenza degli individui e delle popolazioni?
- > Le specie sono in grado di adattarsi?
- > Qual è la reazione del rilassamento?
- > Hanno un effetto al livello della comunità?
- > Hanno un effetto per le interazioni?
- > Hanno effetti su funzioni e servizi ecosistemici?
- > Quali sono i parametri climatici ecologicamente importanti o le loro combinazioni?

Adattamento generale e preciso

- > Preservare e favorire la biodiversità

**SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - GRUPPO DI ECOLOGIA**  
**GIORNATA DI STUDI**  
**CAMBIAMENTO CLIMATICO: ANALISI ED IMPATTI SU SPECIE ED ECOSISTEMI VEGETALI**

- > Favorire la diversità genetica
- > Mantenere e rendere possibile rifugi climatici
- > Adattare la silvicoltura e la pianificazione dei paesaggi
- > Adattare i requisiti della protezione
- > Elaborare profili di rischio per le specie
- > Utilizzare i caratteri funzionali delle specie
- > Ripensare: da "condizioni statiche" a processi di cambiamento
- > Cercare sinergie nell'adattamento
- > Eventualmente fare relazione a già esistenti politiche di gestione e mitigazione

### **Bibliografia**

- Beierkuhnlein C, Thiel D, Jentsch A, Willner E, Kreyling J (2011) Ecotypes of European grass species respond specifically to warming and extreme drought. *Journal of Ecology* 99: 703–713.
- Easterling D.R., Evans J.L., Groisman P.Y., Karl T.R., Kunkel K.E., Ambenje P. (2000) Observed variability and trends in extreme climate events: a brief review. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81, 417–425.
- Fischer A., Blaschke, M., Bäessler, C. (2011): Altitudinal gradients in biodiversity research: the state of the art and future perspectives under climate change aspects, *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz*, 8 (11), S. 35-47
- IPCC (2007) *Climate change 2007: the physical science basis*. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jentsch A, Kreyling J, Elmer M, Gellesch E, Glaser B, Grant K, Hein R, Lara M, Mirzae H, Nadler SE, Nagy L, Otieno D, Pritsch K, Rascher U, Schädler M, Schloter M, Singh BK, Stadler J, Walter J, Wellstein C, Wöllecke J, Beierkuhnlein C (2011): Climate extremes initiate plant regulating functions while maintaining productivity. *Journal of Ecology*.
- Jentsch, A., Kreyling, J. & Beierkuhnlein, C. (2007). A new generation of climate change experiments: events, not trends. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5, 365–374.
- Meehl G.A., Karl T., Easterling D.R., Changnon S., Pielk Jr. R., Changnon D., Evans J., Groisman P.Y., Knutson T.R., Kunkel K.E., Mearns L.O., Parmesan C., Pulwarty R., Root T., Sylves R.T., Whetton P., Zwiers F. (2000) An introduction to trends in extreme weather and climate events: observations, socioeconomic impacts, terrestrial ecological impacts, and model projections. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81, 413–416.
- Menzel A, Seifert H, Estrella N. 2011. Effects of recent warm and cold spells on European plant phenology. *International Journal of Biometeorology*.
- Schenk V, Kreyling J, Thiel D, Beierkuhnlein C, Wellstein C (in prep.): Late frost tolerance of juvenile *Quercus pubescens* Willd. differs by geographic origin.
- Wellstein C, Beierkuhnlein C (Eds.) 2011: Special Feature: Forschungsverbund FORKAST – Ökosysteme im Wandel. *LWF Aktuell* 85: 1- 24



*Foto: N. Cannone*

**GRUPPO DI ECOLOGIA DELLA SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA**