

SELVICOLTURA: CAMBIAMENTI CLIMATICI, PROTOCOLLO DI KYOTO

Dopo una breve introduzione sui cambiamenti climatici in atto e sul ruolo svolto dalle foreste per contrastare tali fenomeni, vengono analizzati i contenuti delle relazioni orali presentate nella sessione. I contributi hanno riguardato: la situazione attuale del patrimonio forestale italiano alla luce degli ultimi dati forniti dall'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio (INFC); le analisi condotte sulla misura dello scambio netto di carbonio degli ecosistemi forestali in diverse stazioni sperimentali installate in Italia; il ruolo della gestione forestale per l'adattamento e la mitigazione; il rapporto tra inquinamento atmosferico e risposta degli ecosistemi forestali; il ruolo del Registro dei serbatoi agro-forestali di carbonio; il rapporto tra vegetazione forestale e produzione di bioenergia in Sicilia; i risultati del progetto BIOREFUGIA; i risultati delle analisi delle riserve e degli incrementi del contenuto di carbonio negli ecosistemi forestali del Piemonte; il ruolo delle ricerche ecologiche di lungo periodo in ambito forestale; il ruolo delle indagini dendroecologiche sull'abete bianco in risposta al clima realizzate in Toscana; le analisi basate sugli isotopi stabili sulla funzionalità degli ecosistemi forestali nei confronti dell'acqua, dell'assimilazione del carbonio e dei rapporti con la fertilità azotata. In conclusione, appare fondamentale per il nostro Paese sostenere con forza la concreta realizzazione del Registro dei serbatoi agro-forestali di carbonio per la certificazione dei sinks nell'ambito del Protocollo di Kyoto e l'adozione di specifici investimenti, considerati in un apposito capitolo del Fondo Forestale Nazionale, come previsto nella mozione finale di questo Congresso.

Parole chiave: cambiamenti climatici; Protocollo di Kyoto; ecosistemi forestali; adattamento.
Key words: climate change; Kyoto Protocol; forest ecosystems; adaptation.

Il Congresso Nazionale di Selvicoltura, con la speciale Sessione sui Cambiamenti climatici, sono significativamente avvenuti in occasione di una ricorrenza quanto mai importante, poiché sono passati 50 anni da quando, nel 1958, uno studioso recentemente scomparso, Charles Keeling,

(*) Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse, Università degli Studi della Tuscia, Viterbo.

(**) Dipartimento Agronomia, Foreste e Territorio, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura, Roma.

metteva in evidenza a Mauna Lua, nelle isole Hawaii, l'elevato incremento nella concentrazione atmosferica che aveva raggiunto 315 ppm, con un tasso d'incremento pari a 0.6 ppm annuo, dando così l'avvio alle ricerche su scala mondiale. La concentrazione atmosferica è andata, poi, costantemente crescendo ed ha superato 390 ppm negli ultimi 50 anni con un incremento del 24%, valore mai raggiunto nelle epoche precedenti. L'attuale concentrazione di CO₂ nell'aria corrisponde ad un incremento medio di carbonio nell'atmosfera di circa 3,3 Giga tonnellate all'anno.

Al di là del lato quantitativo, l'aspetto più preoccupante è dato dalla rapidità e dalla diversità con cui il saggio d'incremento si manifesta nei vari paesi, soprattutto in quelli che stanno vivendo una forte espansione industriale come India, Cina, Brasile, dove l'incremento annuale di 3,5% può comportare il raddoppio delle emissioni nell'arco dei prossimi 25 anni. Come noto, i Paesi industrializzati si sono impegnati nella Conferenza di Kyoto a ridurre le proprie emissioni di gas serra complessivamente del 5% rispetto al livello del 1990, nel periodo 2008-2012, nella speranza di essere in grado di compensare l'aumento dovuto alle attività antropiche soprattutto nei paesi emergenti. Tuttavia, secondo le proiezioni dei modelli previsionali, il raggiungimento della sostenibilità climatica corrisponde ad una concentrazione di CO₂ di equilibrio prossima all'attuale, cioè compresa tra 350 e 400 ppm ma richiede la riduzione delle emissioni del 50% rispetto al 1990, per tutto il pianeta (MOLOCCHI, 1998) e quindi saranno necessarie ulteriori diminuzioni nelle emissioni ma non senza difficoltà.

Un altro aspetto di incerta definizione del protocollo di Kyoto è costituito dalla difficoltà di calcolare la riduzione delle emissioni di CO₂ come bilancio netto tra le emissioni e la capacità di assorbimento del gas da parte di un dato Paese. Le foreste che scambiano ogni anno con l'atmosfera oltre il 60% del carbonio complessivamente presente nella biomassa degli ecosistemi terrestri, svolgono un'insostituibile azione mitigatrice nei principali cicli biogeochimici come quelli del carbonio, dell'acqua e nei rapporti tra biosfera e clima. Quando in un Paese si determina un aumento della superficie forestale, delle piantagioni arboree da legno o viene migliorata l'efficienza degli ecosistemi forestali e ridotte le superfici percorse dagli incendi, può essere in grado di rientrare nelle quote di riduzione delle emissioni gassose, che sono state riconosciute dal Trattato per i prossimi decenni ed ha facoltà di scambiare le quote eccedenti con altri paesi mediante un apposito meccanismo, il così detto Emission Trading Scheme (EUT) che è in vigore da circa 4 anni.

Una recente novità è rappresentata dal fatto che gli Stati Uniti, che avevano osteggiato il Protocollo, hanno lanciato un sistema di scambio simile a quello europeo tra le industrie che producono energia elettrica

mediante l'impiego del carbone e che provvedono a circa la metà del fabbisogno energetico del paese. In Europa, nonostante le difficoltà del momento, sono stati scambiati più di 2 milioni di tonnellate di carbonio sul mercato spot di Blue Next. I prossimi anni vedranno la graduale normalizzazione dei crediti ma, nel frattempo, appare fondamentale per il nostro Paese sostenere con forza la concreta realizzazione al previsto Registro Nazionale dei Serbatoi di carbonio in modo da avere un punto fermo, periodicamente aggiornato della situazione, poiché l'equilibrio dell'assegnazione delle quote ai vari Paesi nell'ambito del protocollo non è stato ancora raggiunto.

Attualmente, la temperatura dell'aria alla superficie del pianeta è aumentata di 0,3-0,6 gradi nell'ultimo secolo e sono sempre più evidenti gli effetti del riscaldamento terrestre quali il ritiro dei ghiacciai nelle regioni alpine, la riduzione della massa totale dei ghiacciai polari, il riscaldamento dell'acqua sub-superficiale dei mari etc. Gli effetti di queste modifiche a livello planetario danno luogo ad una variabilità climatica locale particolarmente intensa. Le informazioni fornite dal Panel Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici (IPCC) prevede un persistente cambiamento globale del clima con un aumento della temperatura da 1,4 a 5,8 °C durante questo secolo, che potrà provocare modifiche repentine nelle precipitazioni.

In realtà, anche nelle ere geologiche passate si è verificato in seguito a rilevanti modifiche climatiche lo spostamento delle specie forestali. Nelle condizioni attuali queste migrazioni dovrebbero avvenire ad una velocità più elevata che è stata valutata in 1,5-5,5 Km all'anno nella direzione dei poli e 1,5-5,5 m in altitudine. La conseguenza è che dal punto di vista della biodiversità si potrebbe verificare una temporanea riduzione di ricchezza specifica in alcune aree dovuta alla degradazione o scomparsa delle foreste presenti, e si potrà assistere alla formazione di strutture più varie a causa delle variazioni ambientali. I problemi gestionali che ne derivano sono molto complessi per favorire o guidare la migrazione naturale delle specie come, per esempio la creazione dei corridoi ecologici. Purtroppo la realizzazione pratica delle misure di adattamento delle specie forestali richiede tempi biologici, fisiologici e strutturali più lunghi di quelli previsti per il recupero dell'attuale congiuntura finanziaria mondiale e può avvenire soltanto mediante un adeguato piano di sostegno.

A questo scopo dovrebbero venire adottati specifici investimenti, considerati in apposito capitolo del Fondo Forestale Nazionale, come previsto nella mozione finale di questo Congresso. Infatti, gli interventi devono tendere a conservare la struttura degli ecosistemi esistenti e nei casi estremi la sostituzione di una specie può comportare non solo modifiche ambientali, ma anche sociali nel rapporto con il territorio. Questa breve introduzione è intesa a rendere più agevole la collocazione delle varie relazioni nel contesto

generale delle tematiche della sessione riguardante l'impatto dei cambiamenti climatici sui boschi e il ruolo della selvicoltura per migliorare l'adattamento e la mitigazione.

Dopo l'intervento introduttivo dei coordinatori di sessione (GIORDANO e SCARASCIA-MUGNOZZA, 2009), vi è stata la presentazione di POMPEI e SCARASCIA-MUGNOZZA (2009). La relazione ha illustrato la situazione attuale del patrimonio forestale italiano alla luce degli ultimi dati forniti dall'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio (INFC). Sono stati mostrati sia i dati di superficie forestale che quelli relativi alle biomasse ed alle quantità di carbonio immagazzinate negli ecosistemi forestali italiani. L'analisi dei dati relativi alle superfici forestali provenienti dall'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio (INFC) del 2005 e dalle altre indagini inventariali elaborate a livello nazionale e regionale mostra come il bosco negli ultimi 80 anni sia cresciuto in termini di superficie. Sia la Carta Forestale del 1930 (anche se senza una prova scientifica) che le indagini derivanti dai due inventari forestali nazionali (1985 e 2005), sia i dati ISTAT o quelli per la FAO nonché i risultati di studi realizzati *ad hoc* su scala regionale mostrano in maniera inequivocabile come la superficie forestale nazionale sia aumentata nel tempo e continui a crescere in maniera sensibile.

La ripetizione dell'INFC al 2013, secondo quanto previsto dal Decreto del 1 aprile 2008 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare che istituisce il «Registro dei serbatoi agroforestali di carbonio», strumento di contabilizzazione del Carbonio all'interno dei meccanismi del Protocollo di Kyoto, potrà fornire i dati necessari a comprendere l'andamento dell'espansione delle foreste italiane nonché gli strumenti utili per una migliore gestione forestale più orientata alla sostenibilità ed alla difesa della biodiversità.

La relazione di MATTEUCCI (2009) sul bilancio del carbonio degli ecosistemi forestali ha presentato le diverse stazioni sperimentali di misura dello scambio netto di carbonio installate in Italia; la prima è stata realizzata tra il 1993 ed il 1994, nella faggeta di Collelongo, nel Parco nazionale d'Abruzzo ed è risultata anche la prima stazione di flussi di carbonio in Europa. Nel nostro Paese, successivamente, sono state installate numerose altre stazioni. Attualmente, su foreste, sono attive 13 stazioni, dal Nord (Piemonte, Alto Adige) alla Calabria. Diverse di queste stazioni si caratterizzano per un approccio di ricerca a lungo termine che consente di valutare il ruolo degli andamenti climatici nelle variazioni del bilancio di carbonio a scala di ecosistema, nonché l'impatto di eventuali eventi estremi (p.e. ondate di calore del 2003 o del 2007) o di annate anomale (autunno-inver-

no 2006/2007). La relazione ha anche fornito lo stato attuale dei risultati ottenuti soprattutto con particolare riferimento alla faggeta di Collelongo (stazione di rilevamento attiva dal 1993), ad una pineta di pino laricio in Sila Greca (stazione attiva dal 2003) ed ad un querceto misto rovere-cerro nei Boschi di Carrega (Parma), i cui rilevamenti sono iniziati nel 2007.

La relazione di MAGNANI e MATTEUCCI (2009) ha invece approfondito gli aspetti della gestione forestale per l'adattamento e la mitigazione. Il selvicoltore è chiamato oggi a riconoscere e prevedere le dinamiche in atto, per modificare dove necessario le pratiche colturali al fine di prevenire i rischi ed esaltare gli eventuali benefici del cambiamento. Sebbene il ciclo di vita naturale dei boschi sia sempre caratterizzato da una notevole variabilità climatica ed ambientale, le tendenze in atto e previste influenzeranno in modo nuovo e non facilmente prevedibile la dinamica e l'accrescimento dei popolamenti forestali, a causa non solo dell'aumento di temperature e richieste evapo-traspirative, ma anche della maggiore frequenza di eventi estremi, dell'irregolarità delle precipitazioni, dell'aumento di concentrazione atmosferica di CO₂, delle deposizioni azotate.

Numerose evidenze sperimentali dimostrano come la produttività e le dinamiche di accrescimento dei boschi negli ultimi 40-50 anni siano state influenzate in senso positivo dall'aumento di concentrazione di CO₂, dalle deposizioni azotate e dalle variazioni climatiche, anche se altri studi suggeriscono che l'aumento di produttività sia da attribuire in buona parte alle variazioni nelle pratiche selvicolturali. In ambiente mediterraneo, inoltre, le variazioni climatiche in atto sembrerebbero avere influito in senso negativo sulla produttività forestale, in particolare al limite meridionale dell'areale delle specie.

Il cambiamento climatico, d'altra parte, potrebbe avere anche effetti negativi sulla crescita e sulla sopravvivenza stessa del bosco. Le variazioni del periodo vegetativo potranno influenzare i periodi di fioritura, fruttificazione e disseminazione ed esporre al contempo gli ecosistemi forestali a maggiori rischi da gelate tardive o precoci; l'aumento di frequenza di annate estreme e ondate di calore pone a rischio la perpetuità di alcune tipologie di ecosistemi, in particolare quelli mesofili. Inoltre, le variazioni climatiche potranno causare variazione nella distribuzione delle specie, con spostamenti di areali e fasce fitoclimatiche.

La relazione, partendo da dati sperimentali e da risultati di simulazioni modellistiche, ha indicato alcune delle opzioni selvicolturali che possano essere più idonee a favorire l'adattamento degli ecosistemi forestali ai cambiamenti globali. In particolare, sono stati esplorati gli effetti su resistenza e resilienza dell'ecosistema sia da parte dei trattamenti selvicolturali caratterizzati dalla copertura continua del suolo, sia dei diradamenti. È stata anche

mostrata l'importanza della conservazione della sostanza organica attraverso idonee pratiche selvicolturali, non solo per la fissazione del carbonio ma anche per esaltare la capacità di ritenzione idrica e la fertilità del suolo. E' stato infine discusso il ruolo della biodiversità, in termini sia di diversità specifica (foreste miste rispetto alle coperture monospecifiche) sia di diversità genetica e introduzione di genotipi adattati (ad es. rinnovazione posticipata con provenienze di zone più calde).

Il rapporto tra inquinamento atmosferico e risposta degli ecosistemi forestali è invece stato affrontato da Loreto e Calfapietra. L'aumento di CO₂, di inquinanti e temperatura, e la contemporanea diminuzione della disponibilità idrica, avranno un effetto combinato sul metabolismo primario e secondario delle piante. La fotosintesi risponde positivamente all'aumento di CO₂ ma alte temperature, esposizioni acute o croniche ad inquinanti di aria, acqua e suolo, e ricorrenti stress idrici, possono ridurre la capacità di sequestro della CO₂ e la produttività primaria delle foreste, specialmente in zone ecologicamente fragili ed esposte alla desertificazione, come l'intero bacino del Mediterraneo.

I cambiamenti climatici e gli inquinanti modificano anche il metabolismo secondario delle piante alla base del rilascio di composti organici volatili (VOC). I VOC, ed in particolare gli isoprenoidi volatili, consentono alle piante di «interagire» con le altre componenti degli ecosistemi, costituendo una difesa nei confronti di stress biotici ed abiotici, e attirando insetti che favoriscono l'impollinazione entomofila. L'estrema reattività dei VOC biogenici rende inoltre questi composti importanti nel regolare i meccanismi di ossidazione dell'atmosfera, la conseguente formazione di ozono e particolato, e l'accumulo di gas serra.

La relazione di LUMICISI e VALENTINI (2009) ha approfondito in particolare il ruolo del Registro del Carbonio organizzato dal Ministero dell'Ambiente con il supporto del Corpo Forestale dello Stato e di ISPRA (Istituto per la protezione ambientale). In particolare sono state prese in considerazione le possibilità di mitigazione e quindi di sequestro di carbonio da parte del sistema agricolo-forestale e la situazione italiana nell'ambito del Protocollo di Kyoto.

La relazione di SAPORITO e CANDORE (2009) ha affrontato per la Sicilia il rapporto tra vegetazione forestale e produzione di bioenergia. In Sicilia a fronte di una superficie regionale, boscata e cespugliata, censita in ha 365.224, sono presenti boschi per ha 180.100 di proprietà pubblica (demanio forestale regionale). Si tratta di ecosistemi forestali di tipo mediterraneo, sia naturali che artificiali, ricadenti per ampie superfici in aree sottoposte a vincoli ambientali, con notevoli diversità circa grado di copertura, tipo fisionomico e stadio evolutivo, affidati all'Azienda Regionale Foreste Dema-

niali, un Dipartimento dell'Amministrazione Regionale. La gestione di una così estesa proprietà pubblica pone innumerevoli e complesse problematiche tecnico-selvicolture e veniva realizzata, fino a pochi anni addietro, con criteri tradizionali per l'ambiente mediterraneo, in cui gli aspetti prima della copertura del suolo e della lotta all'erosione e quindi anche della conservazione degli ambienti naturali, erano prevalenti.

La relazione di PETRICCIONE *et al.* (2009), ha presentato i risultati del progetto BIOREFUGIA, finanziato dal CFS e realizzato in collaborazione con l'Università di Roma. Le tendenze climatiche in atto e quelle previste dagli scenari dell'IPCC sposteranno verso nord, a latitudini più elevate, le condizioni climatiche ed ambientali tipiche dell'area mediterranea. Questo significa che tutti gli ecosistemi del Mediterraneo tenderebbero a «migrare» verso l'Europa centro-occidentale e settentrionale; la rapidità del cambiamento climatico in atto è però di gran lunga superiore alla velocità con cui le specie vegetali sono capaci di colonizzare nuovi ambienti, soprattutto nel caso dei principali alberi forestali. Nei prossimi anni è da attendersi quindi una progressiva «disgregazione» degli ecosistemi forestali, dei quali solo poche componenti potranno migrare in aree più adatte ai mutati scenari climatici, mentre la maggior parte di esse saranno destinate all'estinzione, almeno a livello locale. E' insomma prevedibile una fase di instabilità negli ambienti forestali, con un peggioramento rispetto alle cenosi mature, causato da una generale rottura delle relazioni ecosistemiche.

Il lavoro di PETRELLA *et al.* (2009) (IPLA Piemonte) ha illustrato i risultati delle analisi delle riserve e degli incrementi del contenuto di carbonio negli ecosistemi forestali del Piemonte mediante misure dirette, stime con modelli e funzioni, e monitoraggio. I metodi utilizzati per il campionamento delle biomasse e dei suoli sono coerenti con il protocollo di Kyoto e le sue applicazioni (Report IPCC 2000), mentre i dati di base sono forniti dagli Inventari Regionali Forestale e Pedologico della Regione Piemonte-IPLA e dall'Inventario Nazionale (IFNI85). I risultati ottenuti dimostrano come le riserve in carbonio dei suoli forestali del solo strato superficiale (0-30 cm) in Piemonte siano quasi equivalenti alle altre componenti (biomassa, necromassa e lettiera). Infatti nel bilancio del carbonio su base inventario regionale si registrano 76.3 Mt di carbonio nel suolo e 77.8 Mt di carbonio nelle biomasse, necromassa e lettiera, per un totale di 154.1 Mt. Considerando i dati di inventario globale del carbonio nei suoli piemontesi è stato stimato un *sink* di 176 Mt nello strato superiore del suolo mentre negli strati più profondi sono presenti 109 Mt, per un totale di 285 Mt. Ciò significa che nel subsoil dei suoli forestali si può stimare in circa 29 Mt la riserva di carbonio da aggiungere al bilancio del carbonio globale per le aree forestali piemontesi.

MOTTA e PIUSSI (2009) hanno presentato il ruolo delle ricerche ecologiche di lungo periodo in ambito forestale. Le ricerche ecologiche di lungo periodo, inizialmente finalizzate prevalentemente allo studio delle successioni vegetali, hanno trovato sviluppo in diversi nuovi ambiti di ricerca quali la dinamica di popolazioni, la gestione forestale, la pianificazione ecologico-territoriale, la gestione sostenibile delle risorse naturali, e, soprattutto, l'impatto dell'uomo sui processi naturali e l'impatto dei cambiamenti globali sugli ecosistemi. La foresta di Paneveggio rappresenta un sito privilegiato per le ricerche di lungo periodo in quanto l'ecologia e la selvicoltura dell'abete rosso sono state oggetto di studio già a partire dalla metà del 19° secolo. Più recentemente le ricerche sono state riprese nella seconda metà del XX secolo con una descrizione dei suoli della foresta effettuata da MANCINI (1959) e poi, a partire dal 1960, con una serie di indagini effettuate da Piussi sull'ecologia della rinnovazione dell'abete rosso. Quest'ultimo gruppo di indagini è proseguito senza interruzioni fino al giorno d'oggi. La Riserva della Valbona è entrata a far parte della rete italiana LTER nel corso del 2007 nell'ambito del sito «Foreste alpine».

D'APRILE *et al.* (2009) (CFS-UTB) hanno affrontato il tema delle indagini dendroecologiche in abete bianco in risposta al clima, in Toscana. In ambienti come quelli dell'Appennino Toscano l'abete bianco costituisce una fascia ristretta e discontinua spesso prossima ai crinali, dove non esistono altre conifere autoctone sostituibili per biologia, ecologia e tassonomia. D'altronde, l'abete ha mostrato di avere esigenze climatico-ambientali abbastanza specifiche che lo rendono suscettibile alle modificazioni del clima. Abetine diverse per altitudine, età, struttura, geologia, fase del ciclo ontogenetico, densità e condizioni delle chiome mostrano che nello stesso periodo, tra gli '80 ed i '90 circa, la crescita radiale annua era sostenuta, continuativa. Questo sembra contrastare con l'andamento dello sviluppo diametrico nel tempo secondo il noto modello esponenziale decrescente.

Infine, LAUTERI *et al.* (2009) hanno mostrato alcune importanti tecniche di indagine, basate sugli isotopi stabili, sulla funzionalità degli ecosistemi forestali nei confronti dell'acqua, dell'assimilazione del carbonio e dei rapporti con la fertilità azotata. Lo studio dei rapporti isotopici $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ dà accesso, d'altro canto, a rilevanti informazioni ecofisiologiche sul ciclo del carbonio, sull'attività fotosintetica e sull'efficienza d'uso idrico delle formazioni forestali. Risultati ottenuti su diverse tipologie forestali mediterranee sono stati discussi in relazione ad aspetti evolutivi ed adattativi di estrema attualità nell'ambito dei processi di cambiamento globale.

SUMMARY

Silviculture: climate change effects on forest ecosystems

After a brief introduction on climate change and its interaction with forests, contents of oral contributions are presented. Papers concern: the main results of the National Inventory of the Forests and the Forest reservoirs of Carbon (INFC); the present situation of the Italian network of forest flux stations measuring net carbon exchange; the issue of forest management for adaptation and mitigation; the relationship between climate change, air pollution and forest ecosystem response; the role of the «Register of agro-forest reservoirs of carbon»; the forest situation of the island of Sicily with special reference to the use of forest biomass for bioenergy production; the most recent results of the BIOREFUGIA research project on the potential risks of shift and migration of forest vegetation in Italy; a detailed forest carbon inventory conducted in the Piedmont region; the role of Long Term Ecosystem Research for the monitoring and understanding of the impacts of global change on forest functioning, on long temporal scales; the results on the dendroecological responses of *Abies alba* forests in the last century, in relation to the climatic trend of Central Apennine mountain sites; the role of such key ecological markers and tracers as stable isotopes (C13, O18, H2, N15) for the unravelling of forest ecosystem interactions with carbon, water and other biogeochemical cycles and with climatic factors. In synthesis, it appears necessary to sustain the concrete establishment of the «Register of agro-forest reservoirs of carbon» and the adoption of a kind of National Forest Fund, as recommended in the final statement of this Congress.

BIBLIOGRAFIA

- D'APRILE F., TAPPER N., BAKER P., BARTOLOZZI L., 2009 – *Risposte di accrescimento radiale dell'abete bianco (Abies alba Mill.) in Toscana ed influenza del clima: prime emergenze*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 541-546.
- GIORDANO E., SCARASCIA-MUGNOZZA G., 2009 – *Formazioni forestali potenzialmente vulnerabili ai cambiamenti climatici e strategie di adattamento*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 523-528.
- LAUTERI M., CHIOCCHINI F., MANIERI M., BRUGNOLI E., 2009 – *Cambiamenti globali ed applicazioni degli isotopi stabili nello studio dell'uso idrico in biocenosi mediterranee*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 547-550.
- LUMICISI A., VALENTINI R., 2009 – *Foreste, selvicoltura e assorbimento di carbonio*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 529-531.
- MAGNANI F., MATTEUCCI G., 2009 – *Selvicoltura e cambiamenti climatici*. Atti del

- Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 532-535.
- MANCINI F., 1959 – *I terreni della foresta di Paneveggio (Trento)*. Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali, vol. 8: 373-454.
- MATTEUCCI G., 2009 – *Il bilancio del carbonio in ecosistemi forestali mediterranei*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 551-557.
- MOLOCCHI A., 1998 – *La scommessa di Kyoto*. Franco Angeli, Milano, 248 p.
- MOTTA R., PIUSSI P., 2009 – *Ricerche ecologiche di lungo periodo (LTER) nella riserva forestale della Valbona (Paneveggio, TN)*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 558-562.
- PETRELLA F., TERZUOLO P., PIAZZI M., BONI I., CAMORIANO L., PETERLIN G., 2009 – *Foreste e suoli del Piemonte nella mitigazione dell'effetto serra*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 563-569.
- PETRICCIONE B., CINDOLO C., COCCIUFA C., FERLAZZO S., PARISI G., 2009 – *Gli effetti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi forestali*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 570-574.
- POMPEI E., SCARASCIA-MUGNOZZA G., 2009 – *L'inventario nazionale delle foreste e dei serbatoi forestali di carbonio e le variazioni di superficie forestale nel tempo*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 536-540.
- SAPORITO L., CANDORE M., 2009 – *Gestione forestale, energia da biomasse e contenimento delle emissioni di CO₂ in ambiente mediterraneo. Le azioni del Dipartimento Azienda Regionale Foreste Demaniali Regione Sicilia*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 575-579.