

FORMAZIONI FORESTALI POTENZIALMENTE VULNERABILI AI CAMBIAMENTI CLIMATICI E STRATEGIE DI ADATTAMENTO

(*) *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*

L'elevato grado di variabilità e di incertezza dei cambiamenti climatici alle varie latitudini ha indotto l'Unione Europea a richiedere agli stati membri di mettere a punto delle strategie di adattamento riguardanti tutti i settori produttivi, compresi quelli agricoli e forestali.

In mancanza di indicazioni precise sul futuro del clima nel lungo periodo appare opportuno stabilire, fin da ora, le misure che possono venire adottate al fine di non dover affrontare drastici mutamenti nella composizione e nella struttura del patrimonio forestale del paese. L'esame di due formazioni potenzialmente vulnerabili rappresentate dalle faggete della Sicilia e dai querceti planiziali del Lazio, indica che se la risposta ai cambiamenti climatici verrà pianificata in anticipo, l'impatto ambientale potrà risultare meno sconvolgente.

La pianificazione degli interventi adattativi per essere efficace richiede però l'approfondimento delle conoscenze sulla vulnerabilità, sulle implicazioni biologiche e fisiologiche, sulle caratteristiche dei genotipi che sono alla base della capacità di resilienza delle varie specie.

Parole chiave: cambiamenti climatici, ecosistemi forestali, adattamento.

Key words: climate change, forest ecosystems, adaptation.

INTRODUZIONE

Il III Congresso di Selvicoltura avviene in occasione di una significativa ricorrenza, poiché sono passati 50 anni da quando, nel 1958, uno studioso recentemente scomparso, Charles Keeling, metteva in evidenza a Manua Loa, nelle isole Hawaii, l'elevata crescita della 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 costantemente crescendo ed ha superato 370 ppm negli ultimi 50 anni con un incremento del 18%, valore mai raggiunto nelle epoche precedenti, almeno negli ultimi 600.000 anni.

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 delle emissioni di gas serra 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 (BROWN 2007) e quindi saranno necessarie ulteriori diminuzioni nelle emissioni ma non senza difficoltà. Basti pensare ad esempio che, in Europa, il nuovo Regola-

mento Comunitario per la riduzione delle emissioni inquinanti, in discussione in questi giorni a Bruxelles, è motivo di grande incertezza per il settore automobilistico, considerato uno dei principali responsabili dell'incremento di CO₂ nell'atmosfera.

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 fissato dalla 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 un Paese consegue un significativo aumento della superficie forestale e delle piantagioni arboree da legno ovvero migliora l'efficienza degli ecosistemi forestali e riduce le superfici percorse dagli incendi, quel Paese potrà 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 3 anni.

Una recente novità è rappresentata dal fatto che gli Stati Uniti, che avevano osteggiato il Protocollo, hanno lanciato proprio in questi giorni di maggiore turbolenza dei mercati finanziari, 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. Infatti, 12 Stati della costa orientale tra cui New York e New Jersey si sono riuniti per imporre la riduzione delle emissioni di CO₂, ma il sistema in questa fase iniziale attribuisce all'industria dell'elettricità delle quote superiori a quelle che emettono.

Verranno poste in vendita con cadenza trimestrale 186 milioni di tonnellate di CO₂, mentre l'emissione annuale di

circa 500 industrie dell'elettricità interessate non supera 165 milioni di tonnellate. In pratica, è stato stabilito un eccesso di attribuzione in attesa che i sistemi di emissione vengano messi a punto nei prossimi decenni e le autorità hanno fissato un prezzo base di 1,86 Dollari per tonnellata di CO₂, che resta ancora lontano dai 25 dollari a tonnellata fissato sui mercati europei. Il prezzo americano è stato probabilmente ridotto, poiché il numero delle quote disponibili ha superato il livello dell'inquinamento effettivo. In Europa, nonostante le attuali difficoltà in cui versano i mercati finanziari, 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 dare 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.

Merita ricordare che nell'intervallo trascorso dal precedente Congresso Nazionale di Selvicoltura cioè 10 anni, l'andamento meteorologico in Italia è stato estremamente variabile. Così, durante i primi 3 mesi dell'anno 2002 si è verificata una sensibile scarsità di precipitazioni inferiori al normale di circa l'80% in Sardegna, ma che ha interessato anche il Piemonte, la Lombardia e il Veneto, mentre nel mese di marzo si sono verificate temperature di ben 10 gradi superiori alla norma, che si sono ripetute anche durante il mese di settembre. I mesi di luglio e di agosto sono stati insolitamente freddi e piovosi contribuendo così a ridurre sensibilmente il numero e l'estensione degli incendi boschivi. In autunno, le precipitazioni eccessivamente intense nelle regioni settentrionali causavano violente tempeste, l'esondazione di parecchi fiumi, del lago Maggiore e del lago di Como, provocando numerose vittime. Nell'anno successivo 2003, l'andamento climatico è stato caratterizzato da temperature superiori alla media già nel mese di maggio, che sono rimaste costantemente elevate durante tutta la stagione estiva con conseguenze disastrose per gli incendi boschivi che hanno percorso oltre 96.000 ettari.

Questa situazione sembra corrispondere alle previsioni dei cambiamenti climatici ed è il risultato dei complessi equilibri che coinvolgono l'atmosfera, la criosfera, gli oceani, gli ecosistemi terrestri.

Sono sufficienti anche modeste alterazioni per destabilizzare il sistema climatico con cambiamenti improvvisi fin quando non si ristabiliscono nuove condizioni di equilibrio. Le informazioni fornite dalla Commissione Intergovernativa 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 della scale temporali normalmente applicate alle attività umane 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, che è augurabile venga previsto nella mozione finale di questo Congresso e poi adottato dal nostro Paese.

La proposta del Fondo Forestale Nazionale era stata avanzata senza successo nel precedente Congresso di Venezia, ma in questo caso appare appropriata, poiché la salvaguardia dei boschi dall'impatto climatico possiede un'enorme valenza generale comune a tutte le Regioni e risponde all'esigenza di un'efficace governance ambientale. 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.

POSSIBILE IMPATTO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Come già accennato, in questi ultimi anni si stanno manifestando in molte regioni del pianeta delle profonde modifiche ambientali a causa dei cambiamenti climatici. Infatti, a partire dalla metà del secolo scorso, il progressivo aumento della temperatura atmosferica, che si era mantenuto entro valori piuttosto modesti, ha subito un sensibile incremento. Uno studio molto ampio condotto sui dati di oltre 100 stazioni meteorologiche distribuite in tutta Italia, per gli ultimi due secoli (Brunetti *et al.*, 2006), ha dimostrato che l'aumento della temperatura media è risultato statisticamente significativo e pari a 1°C ogni 100 anni mentre nello stesso intervallo temporale le precipitazioni sono diminuite, ancorché non significativamente, del 5% per secolo.

Le differenziazioni stagionali e territoriali sono state complessivamente notevoli; ad esempio, è importante sottolineare che le precipitazioni primaverili si sono ridotte in misura quasi doppia di quelle annuali e ciò non potrà non avere impatti significativi sulla funzionalità degli ecosistemi naturali come di quelli agricoli mentre, a scala territoriale, le precipitazioni sono state inferiori rispetto alla norma nelle regioni settentrionali, con una differenza meno sensibile in quelle meridionali. L'aspetto preoccupante è dato dall'intensità degli eventi che, pur limitati nel tempo, rendono più gravi i fenomeni dell'erosione superficiale del suolo e della desertificazione. L'elevato grado di variabilità e di incertezza dei cambiamenti climatici alle varie latitudini ha indotto l'Unione Europea a richiedere agli Stati

membri di mettere a punto delle strategie di adattamento riguardanti tutti i settori produttivi, compresi quelli agricoli e forestali.

I problemi sono di difficile soluzione, ma mentre per l'agricoltura sono previsti interventi che possono venire realizzati a breve termine, per il settore forestale, le opzioni sono più complesse e limitate. Infatti, la maggior parte dei soprassuoli boscati rilevati nel secondo Inventario Forestale Nazionale, dovranno affrontare durante il loro normale ciclo biologico le trasformazioni ambientali previste per il 2050 e saranno ancora presenti sul territorio nel 2100. Fortunatamente, la maggior parte delle specie arboree che caratterizzano il nostro Paese ha superato numerose annate eccezionali che si sono ripetutamente verificate in passato, quali il rigido inverno del 1929 o l'estate torrida del 2003 e la prolungata siccità dal 1980 al 1989, ma la risposta adattativa alle modificazioni permanenti è piuttosto incerta.

Le ipotesi più concrete sui cambiamenti della temperatura atmosferica possono venire formulate in base a quanto si sta verificando nelle regioni alpine, dove si osserva una consistente riduzione della superficie dei ghiacciai e dello strato nevoso dei versanti. L'esame delle serie storiche per il periodo 1985 - 2005 ha messo in evidenza la generale diminuzione delle precipitazioni nevose sul versante meridionale nei settori centrali ed orientali delle Alpi ed una correlazione diretta tra l'andamento delle manifestazioni e la superficie a ghiacciai (Aineva, 2006). In Sicilia, negli ultimi 80 anni, è stata rilevata su scala regionale una variazione delle precipitazioni compresa tra i valori massimi di Palermo e Messina con 1270 mm all'anno ed il minimo di 400 mm lungo le coste meridionali. A Buccheri, sul versante della Sicilia orientale, le precipitazioni sono diminuite di 7,65 mm all'anno e l'unica stazione in cui si è verificato un aumento di 2,86 mm è quella di Erice, all'estrema punta nord-occidentale (Cannarozzo *et al.*, 2006). La riduzione della disponibilità idrica che si sta manifestando ai due estremi del nostro territorio sta ad indicare che i soprassuoli forestali dovranno affrontare prolungati periodi di siccità e maggiori perdite per evapo-traspirazione.

L'aumento della temperatura atmosferica previsto su scala mondiale è compreso tra 1,1° C e 6,4° C alla fine del secolo a causa dell'effetto serra, determinato dal raddoppio del contenuto di CO₂. Tra circa quaranta anni potrebbe avere luogo la risalita verso settentrione di alcune specie mediterranee, quali il pino domestico, il pino d'Aleppo e l'espansione del leccio e della roverella a scapito delle quercie caducifoglie e sulle Alpi, oltre gli attuali limiti altitudinali dell'abete rosso, del pino cembro e del larice.

In Francia, è già stata predisposta dall'INRA la cartografia delle zone forestali del futuro al fine di individuare i nuovi confini climatici dei vari ecosistemi, ma per superare l'incertezza delle proiezioni a lungo termine è necessario un ulteriore approfondimento sulla capacità di adattamento delle diverse formazioni arboree. A questo scopo, appare opportuno prendere in esame alcune specie che si trovano al limite della loro area di diffusione nella regione mediterranea e che appaiono più esposte a condizioni di stress e cioè le faggete della Sicilia ed i boschi planiziali di quercie caducifoglie del Lazio.

LE FAGGETE DELLA SICILIA

In questa Regione il faggio è diffuso su un'area piuttosto ristretta che presenta particolari condizioni ecologiche. La superficie complessiva delle faggete pari a circa 16000 ha, comprende tre nuclei principali situati prevalentemente sui Monti Nebrodi per circa il 75%, sulle Madonie per il 16% ed in minor misura pari al 7%, sull'Etna. I limiti superiori sono compresi tra 1874 m di Mt Soro (Nebrodi), 1794 m di Mt.Cervi (Madonie) e 2000 - 2300 m dell'Etna, mentre quelli inferiori oscillano tra 1000 - 1400 m, corrispondenti all'isoterma annua di 11,5° C, sui Nebrodi e di 9,5° C sulle Madonie e sull'Etna. Le precipitazioni medie annue sono piuttosto abbondanti sui Nebrodi, con punte di 1400 mm che non scendono mai al di sotto di 600 mm, con una distribuzione stagionale che assume particolare rilevanza per l'approvvigionamento idrico del suolo; inoltre, l'areale del faggio si estende su un territorio coperto dalla neve per almeno due mesi, da gennaio a febbraio.

Il carattere ecologico più costante è rappresentato dall'elevato stato igrometrico dell'aria, poiché i venti che provengono dal mare carichi di umidità, risalendo le vallate, subiscono il raffreddamento che determina la frequente formazione di nebbie. Questo fenomeno è più intenso nel periodo da marzo a maggio, ma si verifica anche in quello estivo, mentre è più raro da settembre ad ottobre, quando si alterna alle giornate piovose. La nebbia riesce a scavalcare i crinali esposti a Nord ed il faggio discende sui versanti meridionali fino alle quote in cui si disperde a causa dei venti caldi. Le condensazioni dell'umidità atmosferica sono così elevate durante i mesi di maggio e di giugno da far gocciolare l'acqua dalle foglie e dai rami e l'improvviso raffreddamento dell'aria provoca rovesci a carattere temporalesco sull'area interessata dalle faggete (Hofmann, 1960).

In sintesi, il faggio trae profitto, nella fascia altitudinale che gli è propria, soprattutto da fattori climatici secondari e da condizioni pedologiche simili a quelle dell'ambiente subatlantico che gli consentono di superare la forte evapotraspirazione ed i periodi di siccità estiva. In Sicilia, come nel resto del suo areale, esistono due zone: quella corrispondente alle condizioni favorevoli, dove è presente in formazioni quasi pure e quella marginale, dove i fattori climatici avversi agiscono con diversa intensità al variare dell'andamento stagionale. In quest'area, il faggio si suddivide in piccoli gruppi, dispersi nelle stazioni più fresche ma, al di là di un certo limite, la faggeta scompare e si riduce a poche piante isolate, dove si verifica il cambiamento tra il clima umido e quello tendenzialmente secco. L'aumento della temperatura dell'aria, previsto dai modelli climatici, rischia di alterare nei prossimi anni lo stretto rapporto di compensazione tra altitudine e latitudine che regola la presenza del faggio (Lausi e Pignatti 1973), ma ai fini della conservazione delle faggete della Sicilia può anche dare luogo all'intensificazione ed alla permanenza delle nebbie, in seguito al riscaldamento della superficie del mare.

In una ricerca comparativa effettuata nel 2003, durante il lungo periodo di siccità che ha colpito l'Europa, sono state esaminate alcune popolazioni di faggio lungo un transect comprendente la Germania centro-settentrionale e la Francia meridionale, allo scopo di rilevare eventuali cambiamenti nei parametri fondamentali quali il bilancio dell'azoto e dei composti proteici non solubili presenti

nella linfa dello xilema, ma questi indicatori non hanno manifestato particolari sintomi di stress. Ciò fa supporre che il faggio disponga di meccanismi di regolazione che assicurino un adeguato equilibrio fisiologico anche in condizioni di prolungata carenza idrica. (Nahm *et al.*, 2007). Gli andamenti climatici che sono stati registrati finora sono piuttosto contenuti ed il periodo di transizione verso l'adattamento dei soprassuoli forestali dovrebbe consentire alcuni interventi al fine di assicurare la rinnovazione delle faggete.

Per le fustaie, appaiono particolarmente idonei il taglio successivo a gruppi e il taglio a piccole buche che consentono di mantenere un adeguato microclima interno della faggeta, conservando la copertura delle chiome e di regolare l'intensità della luce per assicurare l'affermazione e lo sviluppo dei semenzali.

Nelle fustaie con provvigione ridotta, un diradamento dal basso può avere lo stesso effetto positivo del taglio di semmentazione. Il governo a ceduo semplice o matricinato comporta l'elevato riscaldamento del suolo e l'aumento delle escursioni termiche con il ripetersi degli interventi e quindi l'insorgere di fenomeni di degrado. Per evitare che il clima mediterraneo prenda il sopravvento, questa forma di trattamento non appare idonea per fronteggiare i cambiamenti climatici. L'avviamento al ceduo composto può risultare positivo, a condizione che il turno venga allungato e che le riserve siano formate da gruppi di piante di alto fusto o da piccoli boschetti di diversa graduazione di età, multiple del turno. Nelle aree montane colpite da maggior degrado, sarà necessario intraprendere gli interventi di ricostituzione facendo ricorso a specie xerotolleranti come il Pino laricio, associato nelle situazioni pedologiche favorevoli, con l'acero montano, rispettando i gruppi di faggio esistenti, anche se ridotti a cespuglio.

Nel rinfoltimento delle radure, dopo un'adeguata preparazione del suolo, soprattutto per contenere la concorrenza dei rovi, possono venire impiegati l'*Abies nebrodensis*, le provenienze di *Abies alba* e di *Abies cephalonica* selezionate nell'area del Mediterraneo, il Pino laricio ed il Pino nero, specie con cui il faggio non ha difficoltà a consociarsi.

Gli interventi di adattamento devono venire seguiti con particolare attenzione, poiché nell'area del faggio si stanno manifestando fenomeni di declino provocati da numerosi agenti patogeni che attaccano gli apparati radicali e anche le chiome. I risultati delle ricerche europee sulla resistenza di varie provenienze alle avversità, promosse dalla IUFRO, rappresentano il punto di riferimento fondamentale per la valutazione della strategia di mantenimento, che dovrà venire periodicamente monitorata.

I BOSCHI DI QUERCE CADUCIFOGIE DEL LAZIO

Nel Lazio, i cambiamenti ambientali che sono stati determinati dall'estensione delle colture agrarie e dal pascolo hanno suddiviso l'ampia superficie occupata dalle fustaie di querce, circa 10000 ha, in aree più o meno ampie, che sono esposte al degrado, a causa della prolungata antropizzazione del territorio, soprattutto nelle zone costiere e pianiziali ed agli incendi. Da alcuni decenni si stanno manifestando fenomeni di sofferenza che si ripetono con maggiore frequenza nelle formazioni pianiziali lungo le coste e che riguardano in prevalenza *Quercus robur* o farnia, ormai

presente in due nuclei principali, nelle aree protette del Circeo e di Castelporziano.

Il declino delle querce caducifoglie è stato però segnalato da tempo in tutta la vasta area di distribuzione della farnia e della rovere che si estende dalla Sicilia alla Scozia, dalla Francia alla Germania, dalla Polonia alla Russia fino alle steppe del Volga e alle colline del Mar Caspio, ma ha assunto proporzioni preoccupanti soltanto in questi ultimi decenni. Le cause possono essere molteplici e sono di difficile interpretazione, poiché la diversità climatica e pedologica su una superficie così vasta è enorme.

Per quanto riguarda l'Europa centro-settentrionale, il declino è stato attribuito ripetutamente agli attacchi degli insetti, agli agenti patogeni ed alle condizioni climatiche estreme. In Gran Bretagna, secondo la Forestry Commission il degrado delle chiome si è manifestato per la prima volta nel 1920, in seguito alla diffusione di un defogliatore, la *Tortrix viridana* e di un fungo *Erysiphe alphitoides*; il deperimento delle querce si è ripresentato con evidenza tra il 1989 ed il 1994, quando le querce hanno sofferto per un lungo periodo di siccità, seguito dagli attacchi di un Buprestide, *Agrilus pannonicus* e poi dopo una fase di pausa, dal 1997 fino ai nostri giorni, il disseccamento si sta manifestando con maggiore frequenza. In Francia ed in Germania, i danni sono stati attribuiti agli inverni eccezionalmente freddi del 1970 e del 1980. Quanta parte abbia influito l'andamento climatico sulla diminuzione della capacità di resistenza delle querce caducifoglie alle avversità è un interrogativo ancora privo di risposta, poiché si tratta di specie dotate di una notevole plasticità ed adattabilità. Infatti, i risultati di un recente studio del DNA cloroplastico condotto a livello europeo su oltre 200 popolazioni di querce, mediante l'impegno degli enzimi di restrizione, indicano la presenza di 12 aplotipi nelle varie specie. Tra questi, uno (E) domina nelle provenienze ad Est dei Carpazi, mentre ad Ovest sono dominanti gli aplotipi originati nei Balcani ed in Italia, in particolare nelle regioni meridionali ed insulari. (Bordacs *et al.*, 2002).

La diffusione delle querce che ha interessato la penisola italiana sembra aver seguito un modello di migrazione da sud verso nord ed in misura minore, dai Balcani verso ovest, mentre non risulta che sia avvenuta una migrazione dalla penisola iberica verso est (Fineschi e Vendramin, 2004). L'elevata capacità di incrocio tra le varie specie ha probabilmente consentito alla farnia ed alla rovere la formazione di razze locali dotate di una indispensabile flessibilità fenologica. Il previsto aumento della temperatura atmosferica potrà risultare una concausa aggravante dei fenomeni di degrado in atto, ma soprattutto determinerà la riduzione dell'area di diffusione delle querce caducifoglie, ostacolando la loro rinnovazione naturale.

L'interruzione della copertura arborea in seguito ai disseccamenti delle chiome, altera il microclima che rende possibile l'affermazione delle plantule dopo la germinazione e lo sviluppo dei semenzali è esposto alla concorrenza della vegetazione infestante, costituita dalle specie della macchia mediterranea. Le foglie cotiledonari delle querce caducifoglie si formano a differenza di altre specie, come ad esempio gli aceri, al di sopra della superficie del suolo e sono molto sensibili alle variazioni di temperatura e di umidità mentre le fallanze interessano anche i semenzali di 2-3 anni. La difficoltà della rinnovazione naturale in questi

ultimi decenni è diventata sempre più evidente nei querceti di farnia anche a causa delle modifiche della falda freatica provocate dalle attività agricole e dagli insediamenti edilizi lungo le coste laziali. Un'accurata ricerca condotta durante due anni nella Tenuta di Castelporziano (Roma), ha posto in evidenza che il contenuto di umidità del profilo superficiale del suolo (0-20 cm), corrispondente al piano esplorato dagli apparati radicali delle plantule, è risultato di appena il 2% nelle giornate più siccitose nel 1995 e compreso tra il 2 ed il 5% per 7 settimane, da maggio a settembre, nel 1996 (Macuz *et al.*, 2001). Lo stato fisiologico dei semenzali, parametro utile per valutare l'affermazione della rinnovazione, è stato determinato mediante il confronto tra potenziale idrico di base, che esprime le condizioni vegetative regolate dalla disponibilità idrica e la conduttanza stomatica, quale indice dell'attività fotosintetica e quindi dell'accrescimento. Nell'area di studio, il valore del potenziale idrico minimo è risultato a volte anche inferiore a -7 MPa, a dimostrazione delle condizioni estremamente difficili per l'approvvigionamento idrico dei semenzali e per la loro sopravvivenza. La strategia per la conservazione dei soprassuoli esistenti richiede un'attenta valutazione delle diverse stazioni soprattutto nei riguardi della densità delle chiome, delle caratteristiche del suolo, dell'approvvigionamento idrico, della concorrenza delle specie del piano dominato.

Il ricorso alla rinnovazione artificiale potrà dare risultati soddisfacenti soltanto nelle aree in cui la struttura dei soprassuoli non presenti segni di degrado, mentre nelle situazioni più difficili si dovrà dare la preferenza all'affermazione di altre specie più resistenti alla siccità ed in particolare del leccio, per mantenere la caratteristica presenza delle querce nel paesaggio e di contenere l'invasione della macchia mediterranea. Nel primo caso, il ricorso alla rinnovazione artificiale è giustificato per ridurre le perdite molto elevate che si verificano durante il periodo estivo tra i semenzali di origine naturale e che agli inizi dell'autunno risultano praticamente scomparsi. Tuttavia, la rinnovazione artificiale non è priva di difficoltà, poiché richiede la preparazione di adeguato materiale di propagazione, non sempre disponibile a causa dell'irregolarità degli anni in cui si verifica la produzione di ghiande sulle piante portasemi, presenti nelle aree in cui si opera. Nella farnia e nella rovera l'accrescimento iniziale è stentato fino al momento in cui il novellame supera m. 1-1,5 di altezza e può beneficiare degli sfollamenti. Nei nuovi impianti, nonostante l'impiego di materiale vigoroso, ben sviluppato e con un favorevole rapporto tra fusto e radici, devono venire adottate cure colturali intensive per facilitare la sopravvivenza e l'accrescimento longitudinale mediante il controllo della vegetazione erbacea ed arbustiva e le misure protettive contro i danni provocati dalla fauna selvatica.

CONCLUSIONI

In mancanza di indicazioni precise sul futuro del clima nel lungo periodo appare opportuno stabilire, fin da ora, le misure che possono venire adottate al fine di non dover affrontare drastici mutamenti nella composizione e nella struttura del patrimonio forestale del Paese. L'esame di due formazioni potenzialmente vulnerabili rappresentate dalle faggete della Sicilia e dai querceti planiziali del Lazio, indica che se la risposta ai cambiamenti climatici verrà

pianificata in anticipo, l'impatto ambientale potrà risultare meno sconvolgente. È evidente che per precauzione le strategie di adattamento devono essere graduali, dando la preferenza a quelle che sono note da tempo e sulle quali è in corso una vasta sperimentazione in Italia e dà anche a livello internazionale, come ad esempio, le ricerche sui diradamenti, sulle provenienze e sulle discendenze del faggio e delle querce, che riguardano ormai un elevato numero di soggetti e di condizioni ambientali differenti.

La pianificazione degli interventi adattativi per essere efficace richiede però l'approfondimento delle conoscenze sulla vulnerabilità, sulle implicazioni biologiche e fisiologiche, sulle caratteristiche dei genotipi che sono alla base della capacità di resilienza delle varie specie.

SUMMARY

VULNERABILITY OF FOREST ECOSYSTEMS TO CLIMATE CHANGE

Forest ecosystems cover about 30% of land surface and are responsible for one half of global land productivity. On the other hand, in the last 60-80 years, terrestrial ecosystem have been subjected to significant climate changes that, if the current trend will not be slowed down or reversed, will bring them to a different, warmer climate in a relatively short time frame. Hence, it is paramount importance the study of the response of forests to climate and global change.

In this framework, the continuous long-term monitoring of forest responses to environmental conditions can provide useful information on their adaptation to the present climate and its interannual variability, as well as on their functionality.

BIBLIOGRAFIA

- Aineva, 2006. *L'innevamento sulle Alpi dal 1920 ad oggi*. Dossier Aineva 30 maggio 2006.
- Bordacs S., Popescu F. *et al.*, 2002. *Chloroplast DNA variation in white oaks in northern Balkans and in the Carpathian basin*. Forest Ecology and Management, 156, 1-3, 197-209.
- Brown L., 2007. *Piano B 3.0. Mobilitarsi per salvare la civiltà*. Edizioni Ambiente, Milano.
- Brunetti M., Maugeri M., Monti F. and Nanni T., 2006. *Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series*. International Journal of Climatology, 26: 345-381.
- Cannarozzo M. *et al.*, 2006. IDRA.
- Fineschi S., Vendramin G.G., 2008. *Diversità cloroplastica delle querce italiane: evidenze di una maggiore ricchezza genetica nelle popolazioni meridionali ed insulari*. Linea Ecologica, 1, 14-17.
- Gessler A., Keitel C. *et al.*, 2007. *Potential risks for European beech (Fagus sylvatica L.) in a changing climate*. Trees: Structure and Function, 21.
- Hofmann A., 1960. *Il faggio in Sicilia*. Flora et Vegetatio Italica: *Monografie sulla flora e sulla vegetazione d'Italia*. Memoria n. 2.

- Lausi, D., Pignatti, S. 1973. *Die Phänologie der europäischen Buchenwälder auf pflanzensoziologischer Grundlagen*. Phytocoenologia 1(1): 1-63.
- Macuz A. et al., 2001. *Rinnovazione naturale dei querceti caducifogli di Castelporziano in rapporto ai parametri strutturali e microclimatici. Il sistema ambientale della Tenta Presidenziale di Castelporziano*. II, 789-812. Atti Accademia Nazionale delle Scienze, Roma.
- Nahm M. et al., 2007. *Seasonal courses of key parameters of nitrogen, carbon and water balance in four different study sites along a European North-South gradient during the 2003 drought*. Trees: Structure and Function, 21: 79-98.
- Thomas F.M., Blank R., Hartmann G., 2002. *Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oaks decline in Central Europe*. Forest Pathology, 32: 277-307.