

INTEGRARE I PRINCIPI DELLA GENETICA ADATTATIVA E LA SELVICOLTURA: UN SISTEMA DI RISPOSTA AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Vettori C.⁽¹⁾, Garosi C.⁽²⁾, Travaglini D.⁽²⁾, Paffetti D.⁽²⁾

⁽¹⁾**IBBR – Consiglio Nazionale delle Ricerche**

⁽²⁾**DAGRI – Università degli Studi di Firenze**

L'importanza delle foreste è ormai da tempo ampiamente riconosciuta a livello globale. Le foreste europee ospitano una parte dominante della biodiversità terrestre, coprendo una vasta gamma di zone climatiche e tipologie forestali e contribuiscono in modo significativo alla mitigazione dei cambiamenti climatici (EEA, 2010). Secondo Nabuurs et al. (2015), le foreste eliminano circa 430 Mt di diossido di carbonio (CO₂) e immagazzinano il 13% delle emissioni di gas serra (GHG) d'Europa. Oltre ai molteplici servizi ecosistemici, gli ecosistemi forestali offrono un ampio spettro di *benefit* economici e sociali alla popolazione.

Come è noto, il funzionamento degli ecosistemi dipende dall'adattamento degli organismi viventi al loro ambiente chimico-fisico. Secondo Lefèvre et al. (2014), una delle maggiori minacce degli ecosistemi forestali è data dal potenziale "disadattamento" degli alberi alle condizioni locali, che può provocare disfunzioni come il deperimento della foresta o la diminuzione del potenziale di affermazione della rinnovazione, e può anche influenzare le interazioni biotiche tra gli individui e le specie ad essi associate. In base a quanto riportato nel report dell'*European Environment Agency*, il numero e la varietà delle minacce agli ecosistemi sta aumentando: il cambiamento climatico, l'inquinamento atmosferico, la gestione forestale, l'aumento di specie invasive, l'urbanizzazione e la frammentazione del paesaggio sono fattori che stanno influenzando negativamente gli equilibri di questi ecosistemi e che porteranno ad una ridotta capacità di adattamento futuro e ad una diminuzione del potenziale di resilienza delle foreste (EEA, 2010).

Come riportato da Paffetti et al., (2012), la variazione genetica intrinseca di ogni organismo vivente contribuisce direttamente alla capacità interna degli ecosistemi forestali di reagire ai disturbi ambientali e ai cambiamenti climatici. La diversità genetica, quindi, è un tassello fondamentale per la sopravvivenza e per l'evoluzione delle popolazioni mediante la risposta specifica a differenti stimoli ambientali. Tutto questo rappresenta ancor di più una criticità per quanto riguarda i popolamenti forestali, data la loro limitata mobilità, i lunghi periodi di tempo per raggiungere la maturità riproduttiva e, più in generale, i lunghi cicli vitali. Secondo quanto riportato da Lefèvre et al. (2014), all'interno di ogni popolazione forestale la variazione genetica nei tratti adattativi, plasticità ed evolvibilità (intesa come tutti i meccanismi implicati nell'insorgenza di mutazioni o riarrangiamenti che avvengono a livello di genoma/organismo/popolazione/specie), risultante dalla combinazione di processi casuali e selettivamente orientati, può essere influenzato dal tipo di gestione. La FAO, nel 2014, ha lanciato un piano d'azione globale per la conservazione, l'uso sostenibile e lo sviluppo delle risorse genetiche forestali, dopo aver riconosciuto come la gestione della diversità genetica dei soprassuoli forestali abbia un ruolo chiave nel promuovere le risposte adattative degli alberi ai cambiamenti climatici in atto e nel mitigare gli effetti deleteri di parassiti e/o malattie, portando ad un aumento della resilienza complessiva degli ecosistemi.



Bosco vetusto di Fonte Novello (Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga) riferimento bibliografico Paffetti *et al.* (2012).

Una corretta gestione permette di ottenere dalle foreste una vasta gamma di benefici e servizi. La pianificazione di trattamenti selvicolturali specifici per gli ecosistemi forestali può guidare il recupero di foreste danneggiate da precedenti usi antropogenici, da disastri naturali o dirigere lo sviluppo di terreni non forestali verso condizioni più complesse. Fino a pochi decenni fa, l'obiettivo della gestione forestale si concentrava principalmente sulla produzione di legname, con alcune eccezioni come la gestione a scopi di protezione da erosione e/o valanghe nelle regioni montane (Messier *et al.*, 2019). La gestione forestale ha sempre dovuto affrontare il problema associato ad una necessaria pianificazione a lungo termine (a causa dei lunghi cicli vitali degli alberi forestali), mentre le condizioni del sito, in particolare i parametri climatici, sono state generalmente considerate più o meno costanti. Tuttavia, la crescente preoccupazione per la perdita di biodiversità e l'accelerazione dei cambiamenti climatici, con il conseguente livello di incertezza, richiedono un cambiamento ed una rivalutazione della gestione. Secondo quanto riportato da Messier *et al.* (2019) e da Lefèvre *et al.* (2014), interpretare gli ecosistemi come sistemi adattativi complessi, potrebbe servire per comprendere la complessità delle interazioni e come il sistema si adatti alle mutevoli condizioni.

Nell'articolo di Messier *et al.* (2019) viene presentato un quadro riassuntivo delle principali categorie di gestione forestale, suddivise in base al cambiamento del pensiero avvenuto negli ultimi decenni dettato dalla necessità di soddisfare esigenze della società differenti. Un tema comune a tutte le strategie proposte è l'attuazione di piani di gestione finalizzati ad accrescere la diversificazione (in termini di composizione e struttura) delle comunità forestali esistenti e ad aumentare l'abbondanza delle specie più adatte alle condizioni climatiche future. Gran parte delle linee guida di gestione per l'adattamento al cambiamento climatico si concentrano poi sul mantenimento dei processi ecologici esistenti, utilizzando metodi di adattamento. Tuttavia, un

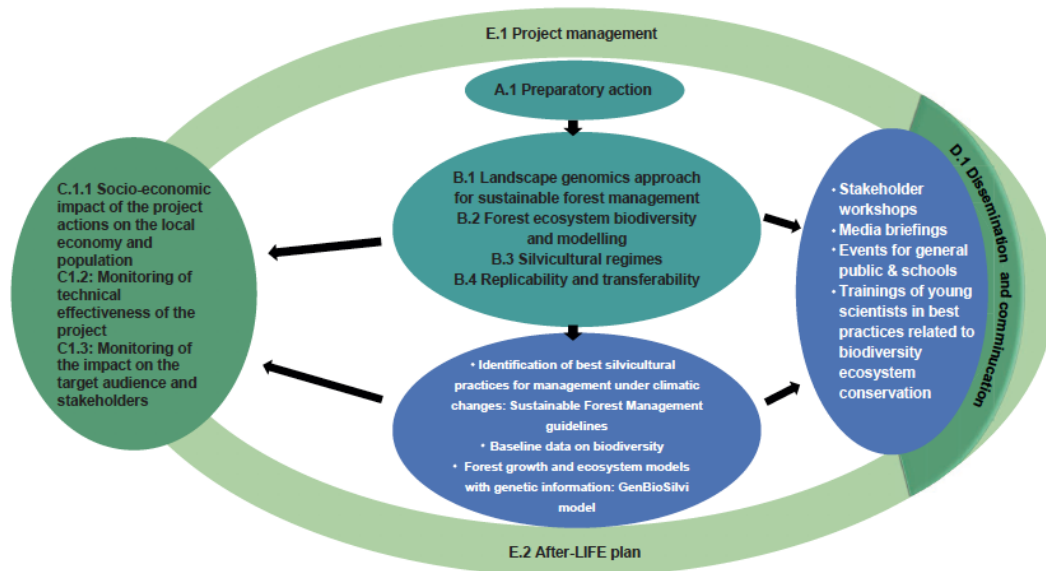
elemento chiave delle dinamiche forestali che ha ricevuto scarsa attenzione è quello dell'intensificazione dell'interazione fra gestione forestale, diversità genetica ed impatti del cambiamento climatico.

L'aspetto genetico del soprassuolo viene raramente considerato nello sviluppo e nella valutazione delle strategie di gestione adattativa. Le pratiche selvicolturali potrebbero consentire un'accelerazione dell'adattamento genetico aiutando le popolazioni a seguire i cambiamenti in atto attualmente conosciuti e a preservare la diversità genetica come “*serbatoio*” di opzioni future (insorgere di nuove combinazioni genetiche innovative) per rispondere ai cambiamenti sconosciuti. Secondo Lefèvre *et al.*, (2014), la gestione dei soprassuoli forestali può aumentare il potenziale di adattamento al cambiamento climatico secondo tre strategie: i) una strategia a *pieno-controllo*, che consiste nel rimpiazzare la popolazione locale con una presumibilmente a miglior fitness; questo viene raggiunto con una piantumazione di materiale riproduttivo forestale che permette un notevole step in avanti nella risposta agli stress ambientali ma necessita della totale sicurezza dell'integrazione delle specie non autoctone; ii) una strategia *guidata*, che consiste nel supportare ed accelerare la naturale evoluzione utilizzando le risorse genetiche forestali che sono già integrate con l'ambiente; iii) una strategia *combinata*, che segue i principi delle due strategie precedenti, ovvero supportare ed accelerare l'evoluzione naturale del soprassuolo a seguito dell'introduzione di una necessaria quantità di materiale non autoctono. Nell'articolo, gli autori, focalizzandosi sulle ultime due strategie, propongono un interessante approccio di gestione che accoglie tutti gli aspetti citati all'inizio del paragrafo; l'approccio gestionale proposto, denominato *evolution-oriented forestry*, che integra il miglioramento dei processi evolutivi, aumenta la possibilità della comparsa di combinazioni genetiche innovative, facilita la diffusione dei miglior genotipi all'interno della popolazione e preserva la diversità genetica per affrontare i cambiamenti ambientali futuri. Questo esempio di gestione selvicolturale potrebbe essere un notevole passo in avanti per il futuro dei soprassuoli italiani ed europei. Infatti, come detto, il mantenimento della diversità genetica dovrebbe essere integrato fra gli obiettivi principali dei piani di gestione forestale a lungo termine, al fine di poter permettere a questi ecosistemi complessi di affrontare con successo i futuri ed imprevedibili mutamenti climatici che la crisi climatica comporterà. Dati pubblicati hanno dimostrato come foreste sviluppate per anni in assenza di alcuna gestione, presentano una complessa e non-randomizzata struttura genetica spaziale, in cui ogni sottopopolazione rappresenta un cluster familiare specifico. Risultati simili sono stati osservati anche in foreste gestite (Paffetti *et al.*, 2012.), indicando che un soprassuolo può essere gestito, e quindi essere produttivo, pur mentendo la diversità genetica. Sebbene alcuni studi abbiano evidenziato l'assenza di un netto effetto della gestione sulla variabilità genetica, comparando un soprassuolo gestito con uno non gestito, è stata anche osservata una diminuzione del numero di alleli rari ed una struttura spaziale molto meno complessa nel soprassuolo gestito.

Il Progetto LIFE “Close-to-nature forest sustainable management practices under climate changes” (SySTEMiC)

Un esempio di integrazione tra genetica e selvicoltura è rappresentato dal progetto LIFE SySTEMiC (*Close-to-nature forest sustainable management practices under climate changes*).

Il progetto, finanziato dal programma LIFE dell'Unione Europea, esamina le migliori pratiche selvicolturali sostenibili per quanto riguarda le risorse genetiche forestali in differenti tipologie forestali europee, comparando differenti situazioni di gestione con foreste non gestite, al fine di preservare il potenziale di adattamento degli ecosistemi (<https://www.lifesystemic.eu/>).



Attività del progetto LIFE SySTEMiC e principali risultati

L'obiettivo di LIFE SySTEMiC è sostenere la stabilità e la connettività delle foreste nei cambiamenti climatici e la loro adattabilità agli ambienti futuri. Pertanto, lo scopo principale di LIFE SySTEMiC è quello di utilizzare una combinazione delle metodiche di genomica, di modellizzazione e metodi selvicolturali per sviluppare un modello innovativo “genetico, biodiversità e silvicolturale (*GenBioSilvi*)” da utilizzare come strumento per una gestione sostenibile delle risorse forestali (*Sustainable Forest Management*). L'approccio multidisciplinare del progetto LIFE SySTEMiC prevede di:

- i) utilizzare metodi innovativi o adattati per valutare la *Sustainable Forest Management* considerando la conservazione delle risorse genetiche forestali e della biodiversità;
- ii) valutare la capacità di rigenerazione naturale delle foreste “*close-to-nature*” nell'ambito di diversi trattamenti selvicolturali e in relazione ai cambiamenti climatici;
- iii) sostenere un'interfaccia di discussione comune tra le parti interessate, tra cui enti gestori, enti di ricerca, enti accreditati per la certificazione forestale, selvicoltori, autorità di conservazione al fine di trasferire gli strumenti sviluppati nel progetto.

La multidisciplinarietà e “multi-territorialità” del presente progetto, permetterà anche di fornire linee guida specifiche per la gestione sostenibile delle foreste per mantenere nel tempo la biodiversità, risorse genetiche forestali e la produttività delle foreste.

La responsabile scientifica e coordinatrice del progetto è la professoressa Donatella Paffetti del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Agroalimentari, Ambientali e Forestali (UNIFI-DAGRI), dell'Università degli studi di Firenze.

Bibliografia

EEA (2010). Forest dynamics in Europe and their ecological consequences, EEA Report No 5/2010, European Environment Agency. doi:10.2800/964893

FAO (2014). Global plan of action for the conservation, sustainable use and development of forest genetic resources, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). ISBN: 978-92-5-108422-9. Il testo complete è disponibile a: <http://www.fao.org/3/a-i3849e.pdf> (10 novembre 2020)

Lefèvre F., Boivin T., Bontemps A., Courbet F., Davi H., Durand-Gillmann M., Fady B., Gauzere J., Gidoïn C., Karam M.-J., Lalagüe H., Oddou-Muratorio S., Pichot C. (2014). Considering evolutionary processes in adaptive forestry. *Annals of Forest Science* 71, 723–739. doi.org/10.1007/s13595-013-0272-1

Messier C., Bauhus J., Doyon F., Maure F., Sousa-Silva R., Nolet F., Mina M., Aquilué N., Fortin M.- J., Puettmann K. (2019). The functional complex network approach to foster forest resilience to global changes. *For. Ecosyst.* 6, 21. doi.org/10.1186/s40663-019-0166-2

Nabuurs G.-J., Delacote P., Ellison D., Hanewinkel M., Lindner M., Nesbit M., Ollikainen M., Savaresi A. (2015). A new role for forests and the forest sector in the EU post-2020 climate targets. *From Science to Policy 2*. European Forest Institute. doi.org/10.36333/fs02

Paffetti D., Travaglini D., Buonamici A., Nocentini S., Vendramin G.G., Giannini R., Vettori C. (2012). The influence of forest management on beech (*Fagus sylvatica* L.) stand structure and genetic diversity. *Forest Ecology and Management* 284, 34-44. doi.org/10.1016/j.foreco.2012.07.026