

Giornata di studio:
Ricare la rete nazionale
della vivaistica forestale

30 marzo 2023

Relatori

Raffaello Giannini (coordinatore), Marco Marchetti, Cristina Vettori,
Francesco Ferrini, Alberto Maltoni, Pio Federico Rovers,
Vincenzo Gonnelli, Moreno Moraldi

RAFFAELLO GIANNINI¹

Ricreare la Rete Nazionale della Vivaistica Forestale

¹ Accademia dei Georgofili

La Strategia Forestale Nazionale (SFN), approvata dall'ex-MIPAAF di concerto con il MIC, il MITE ed il MISE e d'intesa con la Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano (D. Lg. 3 aprile 2018, n. 34 - TUFF), rappresenta un documento politico programmatico innovativo e di vasta portata che pone in evidenza, tra i punti di attenzione, l'importanza dell'attività vivaistica forestale, settore su cui investire con celerità per poter disporre di materiale di propagazione certificato da impiegare nell'incremento della superficie forestale e nel miglioramento qualitativo dei nostri boschi.

L'Accademia dei Georgofili con l'Accademia Italiana di Scienze Forestali, la Fondazione Alberitalia, l'Associazione Nazionale delle Attività Regionali Forestali (ANARF) e le Associazioni Vivaistiche Italiane, ha organizzato una Giornata di Studio, tenutasi il 30 marzo scorso, il cui obiettivo era quello di conoscere quanto il dialogo tra "vivaismo forestale" e "vivaismo ornamentale", ambedue ambiti caratterizzati da aspetti sovrapponibili, ma anche da aspetti fortemente differenziati, potesse contribuire a ricreare una Rete Nazionale della Vivaistica Forestale.

Scopo non ultimo era anche quello di sottolineare l'importanza della copertura arborea – ecosistemi forestali e verde urbano – quale efficace contributo all'attenuazione degli effetti negativi dovuti ai cambiamenti climatici ed al dissesto idrogeologico. Si spiegano così i sempre più frequenti appelli a rendere più verde il nostro pianeta invitando a piantare, a livello globale, migliaia di miliardi di alberi. Argomento altamente coinvolgente di immenso interesse e da sottoscrivere, ma che coinvolge svariati interventi attuativi e strategie differenziate tra cui quella che invita a considerare, con altrettanta priorità, il porre freno alla deforestazione.

Il vivaismo forestale ha come obiettivo quello di produrre materiale di propagazione rappresentativo della variabilità genetica a livello intraspecifico. Il vivaismo ornamentale guarda invece con grande interesse i singoli fenotipi che produce spesso per moltiplicazione vegetativa. Nello stesso tempo non possiamo dimenticare che questa tecnica è impiegata nella pioppicoltura, eccellenza italiana, la cui produzione di biomassa contribuisce a ridurre i prelievi legnosi dai boschi esistenti.

Il rimboschimento/imboschimento, cioè la creazione di un ecosistema forestale, implica necessariamente un progetto coinvolgente che operi su vasta scala per periodi temporali lunghi. Così molto lunghi sono anche i periodi generazionali di adattamento degli alberi forestali rispetto agli effetti rapidi dei cambiamenti climatici, per cui è necessario studiare una nuova selvicoltura adattativa imperniata su di una selezione genotipica specifica, oggi accessibile, per la produzione di materiali di propagazione adattati.

È evidente inoltre individuare la locazione delle aree da rimboschire e i criteri da seguire per la loro scelta. Il suolo disponibile è oggi quasi totalmente di proprietà privata ed è soggetto alla “concorrenza” della produzione alimentare, con quella dei biocarburanti e con quella richiesta dall’urbanizzazione.

Sono necessari supporti finanziari certi (Stato e Regioni) e una pianificazione di appositi servizi inseriti in un contesto di sviluppo sostenibile coinvolgente gli aspetti ambientali, paesaggistici, economico-sociali.

Occorre una garanzia di nessun cambiamento d’uso del futuro suolo destinato a bosco, di correttezza nella scelta della specie, della disponibilità del materiale di propagazione che deve essere certificato nei confronti delle caratteristiche intrinseche, estrinseche e sanitarie, dell’attuazione delle cure colturali almeno fino allo stadio di sviluppo di maturità del nuovo soprassuolo.

Nel passato il vivaismo forestale nel nostro Paese è stato di riferimento quasi esclusivamente pubblico, gestito da una struttura sovranazionale che aveva funzioni anche di controllo e di certificazione, che si è progressivamente dissolto e reso oggi quasi inesistente, mentre le aziende vivaistiche private hanno, ad oggi, scarsa esperienza nel campo della vivaistica strettamente forestale. Ci dobbiamo chiedere: chi insegna oggi il “mestiere” di vivaista forestale? È necessario riprendere piena coscienza del ruolo della formazione del tecnico-professionale e favorirne la propria specificità.

Gli interventi dei partecipanti alla Giornata di Studio, hanno evidenziato con chiarezza quanto il progetto sia impegnativo e di lungo periodo, ma realizzabile se verrà sviluppato a livelli elevati di coordinamento attraverso specifici contratti di coltivazione supportati da una governance pubblica efficace imperniata sugli aspetti propri della sostenibilità economica la quale

non può prescindere dall'analisi del fabbisogno di risorse finanziarie necessarie per riattivare, e poi mantenere, questa rete che deve essere edificata sulla creazione di strette relazioni coinvolgenti le imprese private e quelle pubbliche.

MARCO MARCHETTI¹, FABIO SALBITANO²

Per il rilancio delle attività vivaistiche forestali in Italia

¹ Accademia dei Georgofili, UNIMOL e Fondazione Alberitalia ETS

² UNISS e Fondazione Alberitalia ETS

Le foreste sono fondamentali per il nostro futuro. Dopo decenni di trascuratezza e abbandono del settore, programmi su scala globale, Direttive Europee e Strategie nazionali, regionali e locali richiamano con forza la realizzazione di nuove alberature, di boschi e foreste, la cura dei nuovi impianti e la gestione sostenibile delle foreste esistenti, la difesa dai disturbi e il recupero. L'incremento della magnitudo dei disturbi naturali è un tema che non avremmo in passato immaginato di dover affrontare e gestire così presto. VAIA ne è stato esempio chiaro e devastante e ora vediamo che il bostrico percorrerà una superficie ancora maggiore di quella che ha schiantato e stroncato le foreste di abete rosso, modificando in modo radicale uno dei paesaggi iconici delle nostre montagne più famose. C'è anche la cocciniglia del pino domestico che sta facendo sparire un elemento estetico e funzionale dei paesaggi urbani e litoranei mediterranei, a una velocità inattesa. Non mi sembra però di vedere particolare attenzione su questo, né mediatica né politica ma neanche tecnica. E i disturbi, con i danni che conseguono per le attività umane, non si fermano agli attacchi parassitari. Dobbiamo intraprendere nuove strade per favorire, magari accelerare, ma soprattutto accompagnare la natura nel suo lavoro di ricostituzione di sistemi arborei e forestali più resilienti e resistenti, e farlo velocemente, prima di scoprire che anche nei nostri boschi temperati l'azione di mitigazione della crisi climatica venga pregiudicata e minata alle fondamenta, assieme al funzionamento per tante delle utilità ecosistemiche che i boschi ci forniscono gratuitamente e continuamente. E ci serve nel contempo una visione globale e responsabile dei problemi, sempre più complessi nelle loro interrelazioni, retroazioni e accelerazioni: non possiamo dimenticare che spesso è il commercio di materiali vivaistici e il loro movimento globalizzato la causa di tante epidemie anche per le piante e che, nello stesso tempo, noi siamo tra

i Paesi del mondo che più sono responsabili della deforestazione incorporata nelle materie prime che importiamo, per lo più dai Paesi che ospitano i biomi forestali più importanti, fragili e ormai decisivi per combattere la crisi socio-ecologica del pianeta.

Per affrontare in modo proattivo le sfide poste dai nuovi programmi operativi di città metropolitane e regioni, PNRR, Green Deal su rimboschimento e imboschimento ai fini del contenimento dell'inquinamento, l'assorbimento di CO₂, la mitigazione e la compensazione di opere e interventi di alterazione degli ecosistemi e della biodiversità, la diversificazione dei paesaggi agrari, è cruciale e urgente rilanciare il settore vivaistico forestale italiano e promuovere una nuova Governance che sappia favorire la collaborazione tra le diverse istituzioni regionali e l'integrazione tra il settore pubblico e privato. La conoscenza approfondita della filiera vivaistica, la definizione ecologica e genetica dei materiali di base, la qualità delle piantine forestali, l'attuazione di programmi colturali di pregio, la cura e la gestione degli impianti, sono parte integrante del programma di rilancio del settore. La SISEF e la Fondazione ALBERTALIA ETS hanno proposto nel 2022 a tutti i portatori di interesse, d'intesa con la DIFOR del MASAF, il Manifesto RI-VIVA-FOR come documento di riferimento per sensibilizzare i decisori in ambito nazionale, regionale e locale sull'importanza strategica del settore vivaistico forestale per il presente e il futuro dei territori, delle comunità e dell'ambiente (Mariotti et al., 2022). La Direzione Generale delle Foreste e dell'Economia Montana, nell'ambito del suo ruolo di indirizzo e coordinamento, contribuisce in modo significativo. Infatti, sono già stati erogati finanziamenti dedicati specificamente alla vivaistica alle regioni e alle province autonome attraverso il Fondo foreste 2022 (Decreto del Ministro delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali n. 383963 del 01.09.2022), in linea con quanto previsto nella Strategia forestale nazionale (<https://www.reterurale.it/foreste/StrategiaForestaleNazionale>) che prevede per il settore vivaistico forestale una Azione Specifica "3 - Risorse genetiche e materiale di propagazione forestale" e una sottoazione "3.2 Vivaistica forestale, risorse genetiche e materiale di propagazione forestale".

Il rinnovato interesse per gli alberi e i boschi rende necessario il coinvolgimento di tante categorie. Innanzitutto ci si deve rivolgere ai cittadini, interlocutori privilegiati di qualsiasi scelta o programma formulati e varati nell'interesse della comunità nazionale, la cui distanza conoscitiva dai processi naturali e dal settore primario è vieppiù crescente. Le comunità hanno infatti il diritto di conoscere le iniziative volte a migliorare l'ambiente in cui viviamo e di fruire dei benefici, diretti e indiretti, che ne derivano. Al contempo, la collettività, nelle sue diverse articolazioni dell'amministrazione e della società civile, avrebbe il dovere di sostenere, adottare, difendere e prendersi cura di

tali iniziative con profondo senso di comunità. Ciò deve valere, quindi, anche per i piccoli o grandi programmi di piantagione di alberi e creazione ex-novo di boschi e foreste, a partire dalla produzione di piantine e di materiali di propagazione di qualità nell'ambito della vivaistica forestale.

Nel tempo della fatica della rappresentanza e dell'intermediazione, gli operatori privati potenzialmente interessati a collaborare con il settore pubblico, diventano cruciali e devono collaborare al progetto di rilancio del settore. In particolare, imprese, aziende, istituzioni economiche e finanziarie e fondazioni vanno coinvolte direttamente e il loro sostegno fattivo al progetto di rilancio del settore è cruciale sia per ovviare alle debolezze strutturali dell'amministrazione pubblica che per operare al meglio e con capacità di innovazione non solo utilitaristica, nella nostra economia sociale di mercato.

D'altra parte, gli amministratori e funzionari tecnici, i liberi professionisti e le loro istituzioni associative, non possono essere assenti e devono svolgere ruoli di guida, coordinamento e garanzia. Ancora, la sfida è anche per il mondo della ricerca (forestale e interdisciplinare) e della formazione, a rafforzare innovazione e conoscenze scientifiche e applicative nonché opportunità di trasferimento di saperi e tecnologie proprie della vivaistica forestale al mondo imprenditoriale (Martini et al., 2022) e nell'istruzione. In particolare, è necessario richiamare l'attenzione degli organi accademici sull'attivazione di chiari percorsi formativi universitari, per singoli insegnamenti o per corsi specificamente dedicati, che sviluppino capacità e opportunità di lavoro nel settore.

La proposta di road map per la valorizzazione del vivaismo forestale in Italia, contenuta nel Manifesto RI-VIVA-FOR, in sintonia con l'Azione Specifica 3 - Risorse genetiche e materiale di propagazione forestale della Strategia Forestale Nazionale (SFN), si basa sulle seguenti linee strategiche:

Ricerca e sviluppo

- aggiornare e integrare il compendio dei Materiali forestali di Base iscritti nel Registro Nazionale (A.S.3.2.d; A.S.3.2.b SFN);
- migliorare e monitorare le conoscenze ecologiche, genetiche, strutturali e funzionali dei popolamenti forestali iscritti al Registro Nazionale e renderle accessibili a livello nazionale ed europeo (A.S.3.1.b SFN);
- armonizzare i criteri colturali e adottare le migliori tecniche di coltivazione in accordo con le Linee guida per la programmazione della produzione e l'impiego di specie autoctone di interesse forestale preparate dal MIPAAF;
- includere le specie arbustive ed erbacee nella produzione vivaistica corrente per favorire la diversificazione ecologica degli impianti e fornire un servizio di base per i progetti di recupero e ripristino degli ecosistemi, rinaturalizzazione, sistemazioni idraulico-forestali e ingegneria naturalistica;

- rafforzare ed espandere la caratterizzazione genetica dei popolamenti forestali nell'ottica di una conoscenza (e uso) ottimale del loro patrimonio genetico anche per la sistematizzazione della produzione di Materiali Forestali di Moltiplicazione (A.S.3.1.b SFN);
- definire modalità standardizzate e codificate in linee guida per la raccolta e conservazione delle sementi mirate a tutelare la biodiversità a livello individuale, di habitat e di popolazione.

Governance

- Proseguire l'adeguamento del sistema di valutazione e certificazione di qualità della vivaistica forestale nazionale agli standard europei e promuovere, in sede di Commissione Europea, la revisione e standardizzazione della filiera di produzione vivaistica forestale (A.S.3.1.c della SFN);
- armonizzare le informazioni a livello nazionale e renderle disponibili in un'unica piattaforma online (Rete dei Materiali di Base);
- creare centri interregionali preposti alla raccolta e conservazione del seme che, sulla base delle esperienze dei vivai regionali e provinciali di pregio e con il supporto dei rinnovati Centri Nazionali per lo studio e la conservazione della Biodiversità Forestale, agiscano nell'interesse collettivo per la salvaguardia dei popolamenti e della biodiversità genetica (A.S.3.1.e SFN);
- identificare misure di programmazione e sostegno per il controllo della diffusione e commercializzazione del materiale di propagazione arboreo e arbustivo di specie forestali autoctone (A.S.3.1.d SFN);
- predisporre documenti programmatici di sintesi (policy briefs) per ogni Linea Strategica individuata nel presente documento al fine di sensibilizzare i decisori sui temi inerenti la vivaistica forestale, il suo significato prospettico e i benefici ambientali, economici e socio-culturali che possono derivare da una rinascita del settore.

Partenariato attivo

- Creare strumenti di partnership con il settore vivaistico privato in modo da ottimizzare i processi produttivi;
- consolidare ambiti di concertazione tra settore pubblico e privato (es. Tavolo Florovivaistico) e misure di incentivazione della vivaistica forestale che includano contratti e accordi di coltivazione;
- diffondere e far crescere sistemi di certificazione volontaria, come il protocollo "PiantaNativa" messo a punto da Veneto Agricoltura per favorire l'impiego di Materiali Forestali di Moltiplicazione di specie autoctone all'interno delle regioni di provenienza - per tracciare il materiale dalla pianta madre alla piantagione;

- creare un Portale Nazionale per l'offerta e la disponibilità di sementi e piantine ai fini di rendere la filiera più razionale, efficiente e in grado di supportare una efficace programmazione delle azioni di piantagione.

Formazione e comunicazione

- Implementare programmi di formazione del personale e dei dirigenti che operano in tutti i segmenti della filiera, che coinvolgano le imprese del settore pubblico e privato;
- creare o consolidare percorsi formativi di alto livello nell'ambito dei corsi universitari e dei programmi del secondo ciclo di istruzione (scuole secondarie di secondo grado; percorsi di istruzione e formazione professionale di competenza regionale);
- sviluppare piani di comunicazione che promuovano una maggiore consapevolezza dell'importanza del settore vivaistico forestale e mirino alla diffusione e divulgazione di informazioni scientificamente fondate e tecnicamente corrette sui vari aspetti concernenti la produzione vivaistica forestale e le azioni di pianificazione, progettazione, cura e gestione ad essa associate (A.O C.1 SFN).

Dunque, lo slogan “L'albero giusto al posto giusto” è una guida per il nostro lavoro: evitare i conflitti, gestire trade offs e limitare le contraddizioni sempre in agguato (trovare la terra realmente disponibile e utilizzabile per nuove piantagioni senza retroazioni negative); il ruolo della ricerca scientifica nella valorizzazione della partnership pubblico-privata, garantendo quantità, qualità e sostenibilità dei materiali di propagazione; promuovere informazione, divulgazione e trasferimento tecnologico; informare e operare con e sulla società civile per una transizione educativa e culturale che aiuti i cittadini, sempre più legati a stili di vita urbani, a riconnettersi con i cicli della natura e della terra, e non solo dal punto di vista emozionale; provare a collegare e tenere insieme attori e iniziative capaci, nella ricchezza delle diversità di approcci, di fare massa critica nella multidisciplinarietà. Avere consapevolezza di rappresentare ancora una sparuta minoranza dell'opinione pubblica ma continuare a credere nel metodo scientifico (più che nella scienza in astratto, che spesso viene strumentalizzata).

Affermare il valore primario ed essenziale di nuovi alberi e boschi deve essere fatto senza dimenticare che rimboschimenti e ripristino ecosistemico devono accompagnarsi alla gestione forestale sostenibile e responsabile, perché i nuovi impianti non possono e non devono essere visti come sostituti della necessaria immediata riduzione delle emissioni ed un uso più efficiente delle risorse naturali.

Abbiamo bisogno di unità d'intenti e cooperazione, prima che della competizione, anche nel mondo della ricerca e nella comunicazione delle nostre proposte.

Se in passato il settore vivaistico era strategicamente ed esclusivamente pubblico crediamo oggi nella partnership pubblico-privata in cui però la conservazione del bene comune che è il germoplasma sia nelle mani dello stato così come il coordinamento e il mantenimento di una giusta direzione di marcia che deve vedere tutto il mondo forestale partecipare alla lotta più importante di questo momento storico, quella contro la crisi socioecologica che si manifesta con le diseguaglianze - anche tra territori e generazioni, e con il surriscaldamento del clima e il collasso della biodiversità. Produrre materiale di propagazione per gli alberi giusti nei posti giusti è un tassello di base dal quale nessuna società può prescindere.

BIBLIOGRAFIA

- MARIOTTI B., MEZZALIRA G., ALLASIA E., FAZIO F., FIORENTIN R., MALTONI A., MARCHETTI M., MATTEUCCI G., MORI P., MOTTA R., PIOTTI A., ROSITI A., SABATTI M., TOGNETTI R., SALBITANO F. (2022): *La vivaistica forestale in Italia al bivio: sfide e strategie*, «Forest@. Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale», 19, pp. 85-94.
- MARTINI S., MALTONI A., MONTEVERDI M.C., DE DATO G., SALBITANO F., MARCHETTI M., MARIOTTI B. (2022): *Indagine sulla produzione vivaistica forestale pubblica in Italia*, «Forest@. Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale», 19, pp. 18-30.

CRISTINA VETTORI¹, RAFFAELLO GIANNINI², DONATELLA PAFFETTI^{2,3}

Il materiale vivaistico forestale: variabilità genetica, conservazione, adattamento

¹ Istituto di Bioscienze e Biorisorse (IBBR), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Sesto Fiorentino (FI)

² Accademia dei Georgofili

³ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI), Università degli Studi di Firenze

Oggi, ancora più che in passato, è determinante parlare di vivaismo e del materiale vivaistico forestale da utilizzare e come utilizzarlo. Infatti, il cambiamento climatico ha implicazioni di lunga durata sugli ecosistemi forestali che richiedono azioni urgenti di adattamento e mitigazione da parte dei governi e delle società civili (Osberghaus et al., 2010; IPCC, 2018). Gli effetti del cambiamento climatico (siccità, incremento della CO₂ e della temperatura, ecc.) sulle foreste possono determinare cambiamenti nella produttività (Allen et al., 2010; Reyer et al., 2014; Seidl et al., 2017), nell'intensificazione degli eventi di disturbo, nelle modifiche dei bilanci del carbonio (Jandl et al., 2019) e nelle alterazioni nella composizione in specie, che determinano anche significative variazioni del valore economico delle foreste (Hanewinkel et al., 2013).

Tra diverse opzioni di gestione che possono essere considerate, l'imboschimento e il rimboschimento possono contribuire in modo significativo sia alla mitigazione che all'adattamento delle foreste, ma potremmo considerare anche altre strategie compresa la conservazione *in situ* (Nilsson e Schopfhauser, 1995; Reyer et al., 2014; IPCC, 2018; Spathelf et al., 2018).

I programmi di rimboschimento sono stati ampiamente rivendicati come soluzioni basate sulla natura per sottrarre il biossido di carbonio dall'atmosfera (Griscom et al., 2017; IPCC, 2018; Bastin et al., 2019) sebbene la loro efficacia sia controversa da un punto di vista scientifico (Grainger et al., 2019; Lewis et al., 2019).

I programmi di trasformazione e rimboschimento delle foreste volti a mantenere la fornitura di servizi ecosistemici in futuro possono includere 1) cambiamenti nella composizione in specie, 2) nuove miscele di specie arboree, 3) specie arboree non autoctone e 4) la selezione di materiali riproduttivi forestali adattati (Bolte et al., 2009; Keenan, 2015; Andersson et al., 2017).

Dall'attuazione della direttiva UE sul commercio e l'utilizzo del materiale riproduttivo forestale (Direttiva del Consiglio Europeo 1999/105/CE), le attività di imboscamento e rimboscamento hanno implicato principalmente specie arboree autoctone e provenienze locali dei semi secondo il principio di "local is best" (MCPFE 1993). Tuttavia, poiché si prevede che il cambiamento climatico si verificherà molto più rapidamente della capacità naturale delle specie arboree di adattarsi e migrare (Savolainen et al., 2007; Aitken et al., 2008), il legame tra il clima del rispettivo sito e gli adattamenti locali è a rischio di essere interrotto (Aitken e Whitlock, 2013; Keenan, 2015) pertanto considerare solamente il "local is best" non è l'opzione migliore; ma si dovrebbe considerare "the most local adapted is the best".

Per superare il crescente rischio di disadattamento e maladattamento degli alberi forestali (Bradley St Clair et al., 2007), la migrazione assistita e il flusso genico assistito sono stati suggeriti come misure affidabili di gestione adattativa (Aitken e Whitlock, 2013).

Mentre la migrazione assistita mira a facilitare la colonizzazione delle specie arboree forestali in nuovi habitat con un clima adatto, il flusso genico assistito mira alla traslocazione gestita di semi e piantine preadattati all'interno dell'attuale gamma di specie per facilitare un rapido adattamento ai cambiamenti climatici e migliorare le prospettive a lungo termine degli alberi e delle relative comunità.

L'individuazione di alberi potenzialmente adattati, oltre che tramite la selezione fenotipica che richiede tempi lunghi, oggi può essere fatta tramite la selezione genotipica che può essere più veloce. Quest'ultima viene fatta con un metodo indiretto, geni candidati (fig. 1) (Garosi et al., 2022) e GWAS (*genome-wide association study*), che permette di individuare i genotipi che possono essere meglio adattati a stress abiotici ambientali (innalzamento temperatura, stress idrico, ecc.) (fig. 2).

Questi genotipi poi si possono prelevare e/o raccogliere del seme da questi, produrre da questi delle piantine in vivaio da utilizzare poi nel rimboscamento.

Un'altra opzione di gestione è la selvicoltura adattativa (fig. 3), una gestione forestale che favorisca la rinnovazione naturale derivante da libera impollinazione tra individui identificati come meglio adattati tramite il metodo geni candidati e GWAS, favorendo in questo modo il mantenimento/l'aumento della diversità genetica adattativa.

Probabilmente, la migliore gestione in un clima che cambia è la combinazione delle due strategie sopra riportate (Lefèvre et al., 2014). Con il progetto Life SySTEMiC stiamo applicando lo studio di tale combinazione di gestione (Vettori et al., 2021).

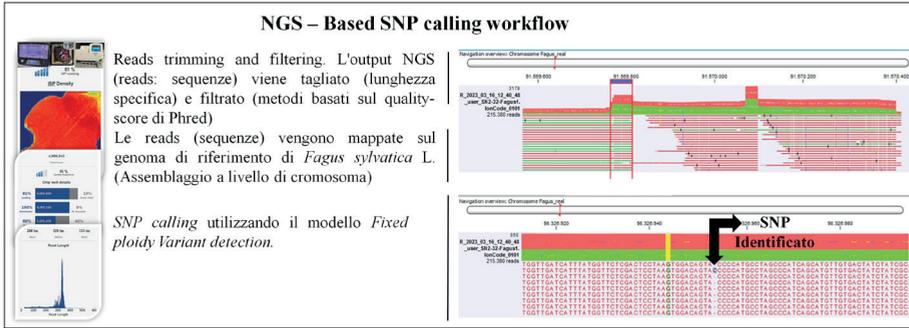


Fig. 1 Utilizzo del NGS (Next Generation Sequencing) per il sequenziamento di un elevato numero di geni potenzialmente adattativi e workflow per le analisi di sequenza e identificazione degli SNPs. Esempio di analisi in «*Fagus sylvatica*» L.

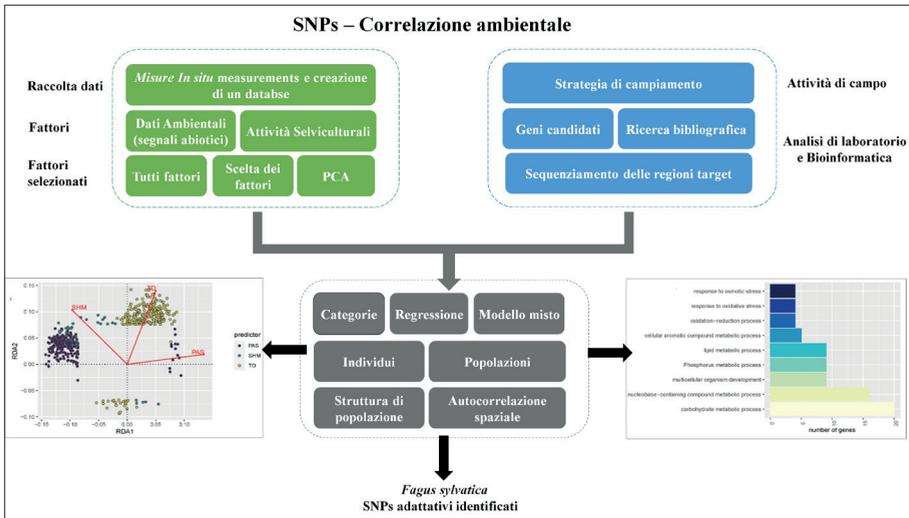


Fig. 2 GWAS («genome-wide association study»): correlazione tra SNPs (polymorphisms) e variabili ambientali con l'identificazione di SNPs adattativi. Esempio di analisi in «*F. sylvatica*» L.

ABSTRACT

The effects of climate change (drought, increase in CO₂ and temperature, etc.) on forests can lead to changes in productivity, intensification of disturbance events, changes in carbon balances, and alterations in species composition; changes which also determine significant variations in the economic value of forests. However, as climate change is expected to will occur much faster than the natural ability of tree species to adapt and migrate, the link between the respective site's climate and local adaptations is at risk of being broken, therefore “local is best” is not the best option, and “the most local adapted

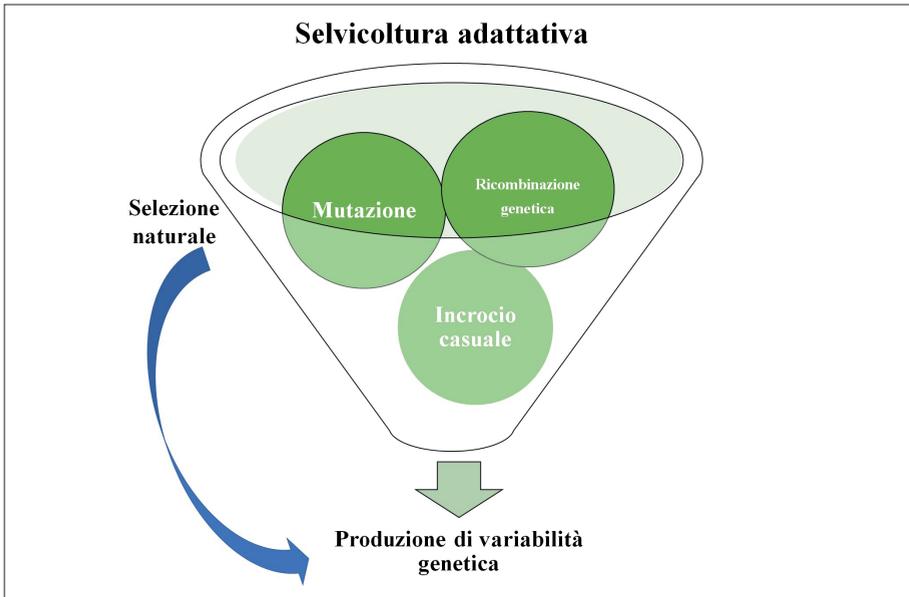


Fig. 3 *La selvicoltura adattativa è un metodo di gestione forestale che favorisce la rinnovazione naturale derivante da libera impollinazione e quindi favorisce il mantenimento o determina l'aumento della variabilità genetica*

is the best” should be considered. The identification of potentially adapted trees, as well as through phenotypic selection which takes a long time, can now be done through genotypic selection which can be faster. The latter is done with an indirect method: candidate genes and GWAS (genome-wide association study) which allows to identify the genotypes that can be better adapted to environmental abiotic stresses (rising temperature, water stress, etc). The best management option is adaptive silviculture, a forest management that favours natural regeneration resulting from free pollination among individuals identified as best adapted through the candidate gene method and GWAS. With the Life SySTEMiC project, we are applying the study of this combination of managements.

BIBLIOGRAFIA

- AITKEN S.N., WHITLOCK M.C. (2013): *Assisted gene flow to facilitate local adaptation to climate change*, «Annu Rev Ecol Evol Syst», 44, pp. 67-388.
- AITKEN S.N., YEAMAN S., HOLLIDAY J.A., WANG T., CURTIS-MCLANE S. (2008): *Adaptation, migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations*, «Evol Appl», 1, pp. 95-111.
- ALLEN C.D., MACALADY A.K., CHENCHOUNTI H., BACHELET D., MCDOWELL N., VENNETIER M., KITZBERGER T., RIGLING A., BRESHEARS D.D., HOGG E.H., GONZALEZ P,

- FENSHAM R., ZHANG Z., CASTRO J., DEMIDOVA N., LIM J.-H., ALLARD G., RUNNING S.W., SEMERCI A., COBB N. (2010): *A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests*, «For Ecol Manage», 259, pp. 660-684.
- ANDERSSON E., KESKITALO E.C.H., LAWRENCE A. (2017): *Adaptation to climate change in forestry: a perspective on forest ownership and adaptation responses*, «Forests», 8 (12), 493.
- BASTIN J.F., FINEGOLD Y., GARCIA C., MOLLICONE D., REZENDE M., ROUTH D., ZOHNER C.M., CROWTHER T.W. (2019): *The global tree restoration potential*, «Science», 365 (6448), pp. 76-79.
- BOLTE A., AMMER C., LÖF M., MADSEN P., NABUURS G.-J., SCHALL P., SPATHELF P., ROCK J. (2009): *Adaptive forest management in central Europe: climate change impacts, strategies and integrative concept*, «Scand J For Res», 24, pp. 473-482.
- BRADLEY ST CLAIR J., HOWE G.T., ST CLAIR J.B., HOWE G.T. (2007): *Genetic maladaptation of coastal Douglas-fir seedlings to future climates*, «Glob Chang Biol», 13, pp. 1441-1454.
- EUROPEAN COMMISSION (2000): *Council Directive 1999/105/EC of 22 December 1999 on the marketing of forest reproductive material*.
- GAROSI C., FERRANTE R., VETTORI C., PAFFETTI D. (2022): *Meta-Analysis as a Tool to Identify Candidate Genes Involved in the Fagus sylvatica L. Abiotic Stress Response*, «Forests», 13, pp. 159-184.
- GRAINGER A., IVERSON L.R., MARLAND G.H., PRASAD A. (2019): *Comment on "The global tree restoration potential"*, «Science», 366 (6463), 8334.
- GRISCOM B.W., ADAMS J., ELLIS P.W., FARGIONE J. (2017): *Natural climate solutions*, «Proc Natl Acad Sci U S A», 114 (44), pp. 11645-11650.
- HANEWINKEL M., CULLMANN D.A., SCHELHAAS M.-J., NABUURS G.-J., ZIMMERMANN N.E. (2013): *Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land*, «Nat Clim Chang», 3, pp. 203-207.
- IPCC (2018): *Summary for policymakers*, in Global warming of 1.5°C. Intergov Panel Clim Chang.
- JANDL R., SPATHELF P., BOLTE A., PRESCOTT C.E. (2019): *Forest adaptation to climate change is non-management an option?*, «Ann For Sci», 76 (2), 48.
- KEENAN R.J. (2015) *Climate change impacts and adaptation in forest management: a review*, «Ann For Sci», 72, pp. 145-167.
- LEFEVRE F., BOVIN T., BONTEMPS A., COURBERT F., DAVI H., DURAND-GILLMANN M., FADY B., GAUZERE J., GIDOIN C., KARAM M.J., LALAGUE H., ODDOU-MURATORIO S., CICHOT C. (2014): *Considering evolutionary processes in adaptive forestry*, «Annals of Forest Science», 71, pp. 723-739.
- LEWIS S.L., WHEELER C.E., MITCHARD E.T.A., KOCH A. (2019): *Restoring natural forests is the best way to remove atmospheric carbon*, «Nature», 568 (7750), pp. 25-28.
- MCPFE (1993): *RESOLUTION H1 General guidelines for the sustainable management of forests in Europe*, Second Minist Conf Prot For Eur, 16-17 June, pp. 1-5.
- OSBERGHAUS D., FINKEL E., POHL M. (2010): *Individual adaptation to climate change: the role of information and perceived risk*, «SSRN», Discussion Paper No. 10-061, ftp://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp10061.pdf.
- REYER C., LASCH-BORN P., SUCKOW F., GUTSCH M., MURAWSKI A., PILZ T. (2014): *Projections of regional changes in forest net primary productivity for different tree species in Europe driven by climate change and carbon dioxide*, «Ann For Sci», 71, pp. 211-225.
- SAVOLAINEN O., PYHÄJÄRVI T., KNÜRR T. (2007): *Gene flow and local adaptation in trees*, «Annu Rev Ecol Evol Syst», 38, pp. 595-619.

- SEIDL R., THOM D., KAUTZ M., MARTIN-BENITO D., PELTONIEMI M., VACCHIANO G., WILD J., ASCOLI D., PETR M., HONKANIEMI J., LEXER M.J., TROTSIUK V., MAIROTA P., SVOBODA M., FABRIKA M., NAGEL T.A., REYEET C.P.O. (2017): *Forest disturbances under climate change*, «Nat Clim Chang», 7, pp. 395-402.
- VETTORI C. GAROSI C., TRAVAGLINI D., PAFFETTI D. (2021): *Integrare i principi della genetica adattativa: un sistema di risposta ai cambiamenti climatici*, L'Accademia per il Post COVID-19, Supplemento a «I Geogofili. Atti della Accademia dei Geogofili», serie VII, vol. 17, pp 284-289.

ALBERTO MALTONI¹, GIUSEPPE PIGNATTI², ANDREA PIOTTI³

Controllo delle qualità estrinseche e intrinseche del materiale vivaistico

¹ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università degli Studi Firenze

² Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Centro di ricerca Foreste e Legno

³ Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Bioscienze e Biorisorse

INTRODUZIONE

Secondo le previsioni la velocità di cambiamento del clima supera la capacità delle piante di adattarsi alle variazioni o di migrare. Al contrario di specie con cicli vitali brevi, le specie forestali subiranno gli effetti del cambiamento, aumentando da un lato la produttività per l'allungamento del periodo vegetativo, ma anche crescendo in condizioni di maggiore secchezza dell'aria, aridità dei suoli e alterazioni fenologiche. Agenti biotici e abiotici di disturbo potranno accentuare gli effetti di cambiamento delle condizioni di crescita per le piante forestali, determinando morie, deperimenti o degrado delle formazioni forestali su ampie superfici, analogamente a quanto possiamo osservare già oggi per eventi "estremi" e imprevedibili, come ad esempio la tempesta Vaia che ha colpito i boschi dell'Italia nord-orientale (Motta et al., 2018).

Il divario tra la velocità del cambiamento climatico e la capacità di adattamento delle specie forestali ha delle importanti conseguenze per la tecnica di rimboschimento e la pratica vivaistica: le piante messe a dimora oggi dovranno confrontarsi con i cambiamenti del clima nel prossimo secolo, i rimboschimenti dovranno favorire lo spostamento di specie e popolazioni per garantire l'adattamento, il sistema vivaistico dovrà garantire la diversità nei materiali di propagazione, alla base dell'adattamento (Williams e Dumroese, 2014).

I costi crescenti hanno notevolmente ridotto l'estensione dei rimboschimenti effettuati recentemente, rispetto ad alcune fasi del passato in cui l'opera di rimboschimento aveva accompagnato lo sviluppo di alcune aree del nostro Paese. Proprio per questo motivo sembra opportuno rivolgere particolare attenzione alla scelta del materiale utilizzato, al fine di non vanificare gli sforzi e gli impegni finanziari dedicati agli interventi. Questo contributo evidenzia gli

aspetti legati alla qualità estrinseche e intrinseche del materiale vivaistico lungo la filiera produttiva, dalla raccolta del seme, fino all'impiego dei semenzali nei rimboschimenti.

CENNI ALL'EVOLUZIONE DELLA VIVAISTICA FORESTALE

Nel corso dell'ultimo secolo la vivaistica forestale ha visto un'evoluzione importante determinata dal valore attribuito alla qualità del semenzale (Grossnickle e MacDonald, 2018). Fin dagli inizi del secolo scorso è emerso il problema di quali caratteristiche dovesse avere il materiale vivaistico per garantire un maggiore successo nella piantagione, ovvero del rapporto tra attributi del materiale e prestazioni dello stesso in campo. Diversi studi furono orientati a individuare i possibili caratteri delle piante coinvolti nel processo, da quelli morfologici, legati allo sviluppo della parte aerea e dell'apparato radicale, a quelli fisiologici (Rudolf, 1939).

Negli anni '70, grazie anche all'avvio della vivaistica in contenitore, si ipotizzò che pratiche colturali intensive e controllate in vivaio favorissero l'acclimatazione dei semenzali, garantendo quindi migliori prestazioni in campo (Lavender e Cleary, 1974). Parallelamente si affermò il principio della necessità di fonti di approvvigionamento dei materiali di moltiplicazione adattate alle condizioni locali, recepito nella normativa dei diversi Paesi. È di questi anni l'idea che la piantina adatta per il rimboschimento non fosse da intendere come prodotto finale ma l'obiettivo, ovvero che la qualità fosse da intendere come "idoneità" per un determinato impiego (*quality is fitness for purpose*, Sutton, 1988), una definizione che è valida tutt'oggi.

Successivamente questo concetto fu ripreso come *target seedling* (Rose et al., 1990): la qualità dei semenzali è determinata dai caratteri, sia morfologici che fisiologici, ma anche di conservazione della diversità genetica, che possono essere messi quantitativamente in relazione con il successo della piantagione. In questa evoluzione si riconosce da un lato sempre più una partnership tra vivaista e utilizzatore del materiale forestale, con un dialogo aperto come base per il successo nei risultati della riforestazione. Dall'altro, si evidenzia l'importanza crescente assegnata alla biodiversità, con vivai che producono specie autoctone legnose e non-legnose (erbacee, anche dei pascoli) per diversi progetti di *forest restoration*, partendo da materiale diverso (semi, talee), ma soprattutto in grado di predisporre la produzione di diversi genotipi (provenienze), in una visione più completa e integrata del vivaio forestale che riflette il concetto di *target plant* (Dumroese et al., 2016), ovvero di produzione vivaistica rivolta ad esaltare nelle piantine le caratteristiche più idonee al sito ed alle

condizioni operative di impiego (es., stoccaggio, concorrenza da vegetazione erbacea spontanea, ecc.).

QUALITÀ DEL SEME

L'attenzione posta al mantenimento dell'ampiezza dell'informazione genetica contenuta nel materiale forestale di propagazione è di estrema importanza nel ciclo produttivo della vivaistica, a partire dalle modalità di raccolta, fino alle tecniche di conservazione dei semi e dei frutti (Ducci, 2003; Gömöry et al., 2021). Come avviene in natura, anche durante le diverse fasi del processo produttivo vivaistico il materiale di moltiplicazione subisce l'influenza di diversi fattori ambientali che, interagendo con il genotipo, ne determinano la sopravvivenza. D'altra parte, le condizioni controllate e relativamente uniformi del vivaio favoriscono una pressione selettiva su porzioni più o meno rilevanti del lotto di seme, riducendone, ad esempio, la germinazione solo a una parte di esso. Per questo, tecniche di raccolta inadeguata del seme (ad es., su numeri di individui troppo bassi), si sommano alle caratteristiche peculiari della produzione vivaistica, favorendo la riduzione della diversità genetica.

Per la qualità del seme i riferimenti commerciali previsti dall'art. 8 del D. Lgs. 386/2003 (purezza, germinabilità, peso) aiutano solo in parte ad affrontare la necessità di mantenere la qualità genetica del materiale di propagazione lungo la filiera, mentre sarebbero necessarie linee guida aggiornate al fine di ottimizzare il processo di raccolta, conservazione e trattamento, ma anche quello di produzione. Alcune pratiche tradizionali del vivaio, infatti, possono avere un effetto negativo sul mantenimento della diversità genetica: ad esempio, da un'operazione di vagliatura dimensionale del seme è possibile avere un impatto quantitativo significativo sulla crescita e sulla sopravvivenza del seme (Novikov e Ivetić, 2018), ma viene inevitabilmente ridotta la diversità.

QUALITÀ DEL SEMENZALE

La qualità delle piantine trova un riferimento nelle Linee guida per la programmazione della produzione e l'impiego di specie autoctone di interesse forestale (approvate con D.M. 17/05/2022), che elencano una serie di attributi morfologici del materiale vivaistico. Vengono considerati requisiti minimi per tutte le specie una parte epigea equilibrata (es. foglie verdi nella stagione vegetativa, presenza di gemme durante il riposo vegetativo, assenza di necrosi sul fusto), apparato radicale correttamente sviluppato, integro e ricco di ca-

pillizio, adeguata proporzione tra parte ipogea ed epigea, assenza di danni meccanici, buona tenuta del pane di terra (ove presente). Per le specie arboree, invece, tra i requisiti da considerare vi sono l'assenza di malformazioni indotte da errori di coltivazione, fusto e ultima cacciata ben lignificati, gemme apicali sane, piante ben equilibrate con buon rapporto altezza/diametro al colletto e altezza minima 30 cm, e, per le latifoglie, l'età indicativamente non superiore a 3 anni per ridurre le difficoltà di attecchimento.

D'altra parte, da un punto di vista sperimentale e operativo, interessano più gli attributi che hanno una relazione con lo sviluppo della pianta nel sito di impiego (tab. 1), di tipo morfologico e fisiologico, sui quali la produzione vivaistica da vari decenni pone l'attenzione (Burdett, 1983).

	CARATTERISTICA	EFFETTO
M	Ampio sviluppo radicale	Minimizza mortalità per stress idrico e deficit nutritivo
M	Basso rapporto apparato fogliare/radicale	Minimizza mortalità per stress idrico poco dopo il trapianto
M	Sistema radicale lungo	
M	Apparato radicale fibroso	
F	Resistenza a gelate	Minimizza mortalità per gelate dopo trapianto
F	Fogliame adattato al sole	Facilita crescita in spazi aperti
F	Fogliame adattato all'ombra	Facilita crescita e sopravvivenza in spazi ombrosi
F	Gemme dormienti	Evita prematura vegetazione in primavera
F	Radici tolleranti all'esposizione	Riduzione problemi di stoccaggio all'impianto
F	Tolleranza deposito alle alte temperature	
M	Grandi dimensioni	Riduzione mortalità da pascolamento, insetti ecc.
M	Gemme grosse	Crescita da più getti
F	Alte riserve carboidrati	Crescita getti vigorosi
F	Alto contenuto nutrienti minerali	Migliore sviluppo in siti poveri di nutrienti
M	Basso rapporto altezza/diametro	Crescita iniziale più rapida
M	Apparato radicale allevato in contenitore	Apparato radicale più compatto, sviluppo maggiore radici in superficie, aumento resistenza meccanica

Tab. 1 *Caratteristiche morfologiche (M) e fisiologiche (F) del materiale vivaistico che influenzano il primo sviluppo della piantina messa a dimora (Burdett, 1983)*

La relazione tra le azioni necessarie per sviluppare uno standard qualitativo appropriato comporta un processo ciclico continuo di controllo a feedback che ridefinisce continuamente gli standard di qualità del materiale in maniera

da incrementare le prestazioni del materiale prodotto e include la valutazione delle prestazioni in campo del prodotto (Landis et al., 2010).

QUALITÀ GENETICA DEL MATERIALE VIVAISTICO: LA NORMATIVA

Numerose esperienze classiche del passato hanno dimostrato l'importanza di utilizzare materiale di valore genetico e di provenienza noti per i rimboschimenti. Alla base vi è l'individuazione di popolamenti di buone caratteristiche che per le specie con areale ampio deve considerare le diverse provenienze con probabili adattamenti ecologici differenziati. In termini normativi, i riferimenti sono assicurati dal D. Lgs. 386/2003, con i relativi decreti attuativi, che definiscono il quadro di unione nazionale delle regioni di provenienza e istituiscono il Registro nazionale dei materiali di base come raccolta dei registri istituiti dalle regioni e province autonome nella loro qualità di organismi ufficiali. Ad oggi sono individuati 2230 materiali di base, sui quali si poggia la produzione vivaistica forestale nazionale.

Un esame più dettagliato del Registro evidenzia la preminenza assoluta di materiale della categoria "Identificati alla fonte" (1960 materiali di base), ovvero quello privo di una qualsiasi valutazione di qualità, rispetto alle categorie dove è prevista una valutazione fenotipica del popolamento ("Selezionati", 170 materiali di base, in gran parte derivati dalla normativa sui boschi da seme precedente), dell'individuo ("Qualificati", 14 materiali di base, riferibili in prevalenza a specie dell'arboricoltura da legno come noce e ciliegio) e sulla base di caratteri ereditari specifici ("Controllati", 86 materiali di base prevalentemente riferibili al pioppo).

Ovviamente, questa situazione è tutt'altro che soddisfacente, considerando anche il fatto che in alcuni Paesi europei il materiale della categoria "Identificati alla fonte" non è più ammissibile per l'impiego a fini forestali (ad es., in Germania è stato soppresso nel 2012), mentre in altri è ammesso solo per casi assolutamente minoritari ed eccezionali (ad es., in Francia). D'altra parte, è presumibile che molti dei materiali del registro nazionale oggi afferenti alla categoria di livello minimo, previa valutazione dei requisiti minimi, possa essere ammessa alla categoria superiore ("Selezionati"). La verifica dei requisiti minimi con relativa valutazione è prevista in termini di legge, periodicamente, in carico agli organismi ufficiali: nel caso italiano, avrebbe un'urgente e fondamentale funzione di valutare i requisiti del materiale iscritto, sia per la categoria minima, che per i materiali "Selezionati" individuati in molti casi per legge come tali sulla base della precedente iscrizione al libro nazionale dei

boschi da seme senza essere oggetto di una recente aggiornata valutazione. In tutti i casi, una delle priorità è la gestione e cura di questi materiali di base.

Un secondo aspetto da sottolineare rispetto al registro nazionale riguarda il ridotto numero di materiali iscritti come “Qualificati” (solo 14). Si tratta in prevalenza di arboreti da seme ottenuti dalla selezione di fenotipi e di loro discendenze, particolarmente rilevanti per la disponibilità di materiale di specie a distribuzione frammentaria e sporadica sul territorio o di particolare interesse produttivo (ad es., arboricoltura da legno). D'altra parte, il patrimonio esistente di prove comparative delle provenienze di una specie in ambienti differenti permette di valutare il livello di interazione genotipo-ambiente, accertando l'esistenza di ecotipi particolari (Magini, 1979) e di valutare le caratteristiche migliori degli individui, a partire dai quali è possibile ipotizzare la produzione di materiale “Controllato”. Risulta quindi importante valorizzare i diversi esempi esistenti in Italia di impianti comparativi di provenienze, in alcuni casi realizzati anche da numerosi anni e in contesti di collaborazione internazionale a cura di vari istituti scientifici, che riguardano specie diverse tra cui larice, douglasia, pini mediterranei, cipresso, ontano napoletano, olmo, pioppo, ciliegio e noce (Maltoni e Tani, 2000; Calvo, 2003).

I diversi soggetti che operano lungo la filiera vivaistica forestale necessitano di un coordinamento per garantire le azioni di tutela della biodiversità forestale autoctona. La scala regionale, infatti, non riesce a garantire da sola un adeguato sistema di approvvigionamento dei materiali forestali di propagazione, la formazione omogenea di personale specializzato, così come gli studi necessari a migliorare la qualità del materiale di propagazione (Mezzalana, 2003). La normativa più recente ha previsto per questo la nascita di nuovi Centri dedicati allo studio e alla conservazione della biodiversità forestale, accanto a quelli già esistenti dei Carabinieri Forestali, la cui attività dovrebbe essere improntata a un principio di sussidiarietà.

I Centri, a supporto dell'attività degli organismi ufficiali, dovrebbero garantire l'individuazione e la gestione dei materiali di base, la raccolta e conservazione dei materiali forestali di propagazione, ma anche la ricerca applicata sulle attività vivaistiche forestali, con particolare riguardo ai temi inerenti alla difesa della biodiversità nelle attività vivaistiche e nell'impiego dei materiali di propagazione. Nella centralità che assume la conservazione della biodiversità rispetto agli aspetti produttivi nel comparto vivaistico attuale, è necessario che la fase “in vivaio” del ciclo vitale di una pianta forestale non diventi un fattore limitante per la ricchezza genetica della flora forestale nazionale e che sia garantita, quindi, la necessaria qualità in tutte le operazioni di utilizzo dei materiali forestali di base.

CARATTERISTICHE GENETICHE DEI MATERIALI DI MOLTIPLICAZIONE PER FRONTEGGIARE IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Le foreste che oggi ci circondano sono la risultante di ciò che è successo nell'ultimo milione di anni, un periodo caratterizzato dal susseguirsi di fasi fredde e intervalli più miti, i cosiddetti cicli glaciali. Durante le glaciazioni, le specie forestali si sono spesso rifugiate a sud, verso condizioni ambientali favorevoli alla loro sopravvivenza. Le aree geografiche in cui sono sopravvissute vengono chiamate, proprio per questo motivo, "rifugi glaciali". terminate le fasi fredde, quando le condizioni ambientali nelle zone di ritirata dei ghiacciai e del permafrost miglioravano, le specie forestali tornavano a espandersi verso nord e a rarefarsi, o addirittura estinguersi localmente, nelle aree rifugio (Petit et al., 2008). È quello che si prevede accadrà, e in parte già sta accadendo, con il cambiamento climatico in corso. L'Italia ha ospitato, per molte specie, rifugi glaciali multipli: da alcuni di essi sono partite lunghissime rotte di ricolonizzazione post-glaciale che hanno raggiunto il nord Europa, altri invece hanno mantenuto dinamiche più locali senza generare ulteriori espansioni. La diversità genetica delle foreste italiane è stata determinata da questi processi e, più recentemente, dall'azione antropica, che ha spesso concorso a magnificare i fenomeni di frammentazione tipici del limite inferiore degli areali di distribuzione delle specie europee.

La pluralità e l'interazione di questi processi hanno generato un quadro complesso, ma potenzialmente di grande rilevanza a scala europea, per quanto riguarda la distribuzione della diversità genetica forestale nella nostra penisola. Un quadro complesso in quanto il nostro patrimonio forestale ha un'elevata strutturazione regionale, con la presenza di numerosi gruppi genetici differenziati, anche di modesta estensione spaziale, che possono però aver evoluto adattamenti peculiari a condizioni ambientali molto eterogenee anche su distanze geografiche relativamente brevi. Questa relazione tra la complessità delle pressioni selettive e la conseguente diversificazione delle risposte evolutive nei serbatoi di biodiversità rappresentati dalle aree rifugio sta alla base del grande interesse dei silvicoltori di tutta Europa per la diversità genetica del patrimonio forestale mediterraneo. Infatti, le caratteristiche genetiche peculiari mantenute e sviluppate al margine inferiore degli areali di distribuzione potrebbero rivelarsi cruciali per l'adattamento al cambiamento climatico della specie a latitudini superiori. Ciò dipende dal fatto che, in generale, ci si attende uno spostamento verso nord delle condizioni climatiche, con un progressivo aumento di annate siccitose e temperature estreme nelle regioni più settentrionali. Come raccontato recentemente in un interessante e ben documentato reportage sul deperimento delle foreste tedesche pubblicato sulla

rivista «Science», i gestori del patrimonio boschivo dell'Europa centro-settentrionale stanno valutando sempre con maggior interesse l'utilizzo di genotipi provenienti da latitudini mediterranee, proprio perché potrebbero aver già evoluto la resistenza alle condizioni previste per la Germania e altre nazioni più settentrionali in futuro (Popkin, 2021). Ovviamente, tali aspettative sono valide anche lungo il marcato gradiente di condizioni climatiche che caratterizzano il nostro Paese. Molte specie potrebbero proprio avere nelle loro popolazioni più marginali una combinazione di elevata diversità genetica e importanti pre-adattamenti a condizioni stressanti sempre più frequenti nel resto del loro areale di distribuzione.

I processi appena descritti, e la conseguente complessità generalmente riscontrata nella distribuzione spaziale della diversità genetica forestale in Italia, stanno alla base delle conoscenze necessarie per comprendere la localizzazione ottimale dei materiali di base e come e dove utilizzare i materiali di moltiplicazione per la vivaistica forestale e, soprattutto, per valutarne la tracciabilità. Essere in grado di tracciare la provenienza del materiale vivaistico forestale, analizzarne quantitativamente la rilevanza e prevederne le prestazioni qualora utilizzato in una determinata area geografica, richiedono un'approfondita conoscenza della storia evolutiva e dei livelli di adattamento locale di una specie all'interno della sua nicchia ecologica italiana. Questo significa, sinteticamente, avere a disposizione una grande mole di dati genomici ed ecofisiologici per un numero considerevole di popolazioni, selezionate in modo da investigare adeguatamente tutto il range di condizioni ecologiche in cui la specie vegeta in ciascuno dei gruppi genetici presenti in Italia. Purtroppo, a tal riguardo, un quadro chiaro e coerente, cioè confermato da ricerche indipendenti, è disponibile solo per un numero limitato di specie, e non è mai stato generato da una linea di ricerca multidisciplinare indirizzata appositamente alla valutazione delle risposte adattative di diverse provenienze forestali al cambiamento climatico. Esempi virtuosi di ricerche indirizzate in tal senso, con marcate finalità applicative, sono ad esempio i progetti AdapTree (<https://adaptree.forestry.ubc.ca>) e CoAdapTree (<https://coadaptree.forestry.ubc.ca>), focalizzati sull'ottimizzazione dei materiali di moltiplicazione da utilizzare per favorire la migrazione del patrimonio forestale nordamericano indotta dal cambiamento climatico, oltre alle iniziative europee GenTree (<https://www.gentree-h2020.eu>; Martinez-Sancho et al., 2020; Benavides et al., 2021; Opgenoorth et al., 2021), Forgenius (<https://www.forgenius.eu>), OptForests (<https://www.optforests.eu/>) e MyGardenofTrees (<https://www.mygardenoftrees.eu>), complessivamente indirizzate a comprendere i geni coinvolti negli adattamenti locali nelle principali specie forestali europee, per poi valutarne l'effetto in esperimenti di traslocazione del materiale e, infine, comprendere come conservarli

in situ nella rete europea delle *Genetic Conservation Units* (GCU) coordinata da EUFORGEN (<http://portal.eufgis.org/maps>).

Il rilancio della ricerca sui materiali di base e la tracciabilità dei materiali di moltiplicazione, finalizzata a ottimizzare la produzione vivaistica italiana nell'ottica delle future, ingenti esigenze per attività di riforestazione, passa necessariamente dalla comprensione delle basi genetiche dell'adattamento alle condizioni ecologiche che caratterizzano il loro ambiente (Mariotti et al., 2022). E, soprattutto, dalla nostra capacità di prevedere se e come queste caratteristiche genetiche saranno in grado di mantenere il passo della "migrazione" delle condizioni ambientali nei decenni a venire. Come specificato nel documento "Genetic aspects linked to production and use of forest reproductive material" (Gömöry et al., 2021), edito da EUFORGEN, le caratteristiche genetiche della produzione forestale vivaistica sono la diretta conseguenza della catena di decisioni eseguite da numerosi attori lungo la filiera produttiva, e ignorare l'informazione genetica lungo questa sequenza di scelte strategiche potrà avere un impatto enorme sulla sopravvivenza delle nostre foreste.

La ricerca sull'ottimizzazione dei materiali di base deve essere necessariamente indirizzata alla caratterizzazione genetica delle risorse forestali italiane con i più avanzati strumenti molecolari (Mariotti et al., 2022). Una mappa geografica densa e dettagliata delle caratteristiche genetiche di una specie forestale, che cerchi di intercettarne nel miglior modo possibile l'eterogeneità della nicchia ecologica, è la base sia per studiare quanto tale specie è adattata localmente e proiettare le interazioni tra genotipo e ambiente negli scenari climatici futuri, sia per avere elevate probabilità di tracciare correttamente l'origine geografica del materiale di base. Oltre a essere cruciali per studiare adattamenti e possibilità di tracciabilità, queste informazioni ci aiuteranno a capire quali provenienze di una specie si possono piantare in un'area geografica precisa con ragionevoli possibilità di contribuire a generare una foresta in salute. Senza le garanzie di successo legate a tali conoscenze, piantare milioni di alberi potrà rivelarsi rischioso da un punto di vista sia ambientale che economico (Di Sacco et al., 2021; Fady et al., 2021; Gömöry et al., 2021; Hermoso et al., 2021).

Per cercare simultaneamente di avere strumenti potenti per la tracciabilità del materiale di moltiplicazione e capire quali siano le provenienze con maggiore diversità genetica e con le caratteristiche migliori per essere utilizzare in una determinata area, si devono produrre dati genetici adeguati. Gli avanzamenti tecnologici nelle tecniche di sequenziamento e genotipizzazione premettono oggi di studiare dettagliatamente il genoma delle specie forestali con costi relativamente contenuti. Oltre alla quantità di dati, la grande convenienza dei dati genomici risiede nel fatto che siano sovrapponibili tra studi

differenti, al contrario di altri marcatori che dipendevano fortemente dalle condizioni di ciascun laboratorio. Infatti, se fino a pochi anni fa il tracciamento della provenienza del materiale veniva eseguito, con precisione spesso approssimativa, mediante pochi marcatori molecolari che rendevano impossibile unire le informazioni di studi diversi, attualmente, con costi paragonabili, è possibile produrre anche centinaia di migliaia di dati genetici per ogni singola pianta unendoli poi a informazioni simili prodotte in altre aree geografiche. Nell'ambito di queste caratterizzazioni genomiche, approcci sperimentali come quelli di *landscape genomics* che, campionando pochi individui in molte popolazioni che coprono capillarmente la nicchia ecologica della specie, sono finalizzati a studiare la relazione tra diversità genetica in migliaia di marcatori molecolari e le caratteristiche del paesaggio, dal clima alle caratteristiche topografiche (Holderregger et al., 2010; Vajana et al., 2023), sono promettenti perché potenzialmente informativi sia sul fronte dei livelli di adattamento locale, da cui dipende ogni considerazione su quali provenienze piantare in un determinato luogo, che per quanto riguarda la tracciabilità dei materiali di moltiplicazione.

CONCLUSIONI

Per un rilancio della ricerca finalizzata a garantire la massima qualità dei materiali di moltiplicazione, il settore forestale italiano, dalla ricerca alla vivaistica, deve sapere cogliere le opportunità sopra descritte e avvalersi degli strumenti più evoluti per poter rapidamente fornire delle linee guida per le già numerose e sempre crescenti iniziative incentrate sulla messa a dimora di alberi. Tali iniziative sono di grande rilevanza per le sfide poste dalla crisi climatica, ed è della massima urgenza porre l'informazione genetica al centro delle valutazioni sul potenziale adattativo dei materiali di base e sulla corretta propagazione della diversità genetica lungo tutta la filiera vivaistica. Solo così si potrà massimizzare la probabilità di investire risorse verso la pianificazione e conservazione di foreste più resilienti.

D'altra parte, la qualità di una pianta per i progetti di riforestazione dovrebbe essere frutto di una collaborazione tra forestali e vivaisti per produrre il materiale specifico per un determinato progetto forestale, ovvero la "pianta obiettivo" (*target plant*). Non si tratta di una definizione fissa, ma dinamica, aggiornata in continuazione dall'informazione che deriva dai risultati osservati nella piantagione, necessari ad aggiustare la nuova produzione vivaistica, laddove le nuove piantagioni possono essere interpretate come campi sperimentali per migliorare il processo. Questo approccio sperimentale innovativo

alla produzione vivaistica è supportato dalla recente normativa che prevede i nuovi Centri nazionali per lo studio e la conservazione della biodiversità forestale, affiancati a quelli già esistenti dei Carabinieri Forestali, come vera novità necessaria per il raccordo del settore vivaistico forestale, tra le attività di competenza regionale e le esigenze di tutela della biodiversità.

RIASSUNTO

Il rilancio delle filiere collegate alla vivaistica forestale passa necessariamente attraverso la possibilità per il settore di controllare le qualità estrinseche e intrinseche del materiale vivaistico. Tra le qualità intrinseche dei materiali di moltiplicazione assumono, in un contesto di rapido cambiamento climatico, un significato di particolare rilevanza la diversità genetica e, in ultima analisi, il potenziale adattativo delle nuove piante che verranno messe a dimora. Queste caratteristiche possono oggi venire accuratamente studiate grazie alla disponibilità crescente di informazioni genomiche sempre più esaustive, permettendo una pianificazione ottimale di tutte le operazioni che vanno dalla raccolta del seme alla progettazione degli interventi di riforestazione. Le qualità estrinseche dei materiali di riproduzione forestale trovano un riferimento nella normativa (D. Lgs. 386/2003 e decreti collegati) per i requisiti del materiale “commerciale”, mentre da un punto di vista sperimentale e operativo sono importanti le caratteristiche morfologiche e fisiologiche della pianta che hanno una relazione con il suo sviluppo nel sito di impiego. Il riferimento per la qualità genetica del materiale vivaistico sono i 2230 materiali di base individuati nel registro nazionale, di cui la gestione e cura rappresenta oggi una priorità. La qualità di una pianta per i progetti forestali riflette idealmente una collaborazione tra selvicoltori e vivaisti per produrre il materiale richiesto secondo un approccio dinamico, nel quale i risultati della piantagione sono funzionali al miglioramento della produzione vivaistica. Questo approccio sperimentale innovativo alla produzione vivaistica è contemplato dalla recente normativa che prevede i nuovi Centri nazionali per lo studio e la conservazione della biodiversità forestale come supporto al processo di certificazione della qualità dei semi forestali, alle Regioni per l'individuazione dei materiali di base, nonché a specifiche attività di ricerca riguardanti il materiale vivaistico.

ABSTRACT

Control of the extrinsic and intrinsic qualities of nursery material. Improvement of the supply chains connected to the forest nursery sector depends on the possibility to control extrinsic and intrinsic qualities of the reproductive material. In a context of rapid climate change, genetic diversity and, ultimately, the adaptive potential of the new plants take on a key significance among the intrinsic qualities of the reproductive material. These characteristics can now be accurately studied, thanks to the growing availability of increasingly comprehensive genomic information, allowing optimal planning of all operations ranging from seed collection to the design of reforestation projects. Extrinsic qualities of forest

reproduction materials are determined by law (Legislative Decree 386/2003 and related decrees) as far as “commercial” requirements are concerned, whereas from an experimental and operational point of view the focus is more on morphological and physiological characteristics of the plant with a relationship with its development on the planting site. The reference for the genetic quality is the list of 2230 basic materials identified in the national register, the management and care of which are considered as a priority. The quality of a plant for forestry projects ideally reflects the results of collaboration between foresters and nurseries to produce specific material for each reforestation site according to a dynamic approach, in which the results of the plantation are functional to the improvement of nursery production. This innovative experimental approach is required by a recent legislation indicating new national centers for the study and conservation of forest biodiversity to support the process of certification of forest seed quality, the regions for the identification of basic materials, as well as specific research activities concerning forest nursery material.

BIBLIOGRAFIA

- BENAVIDES R., CARVALHO B., BASTIAS C.C., LOPEZ-QUIROGA D., MAS A., CAVERS S. ET AL. (2021): *The GenTree Leaf Collection: inter- and intraspecific leaf variation in seven forest tree species in Europe*, «Global Ecology and Biogeography», 30, pp. 590-597.
- BURDETT A.N. (1983): *Quality control in the production of forest planting stock*, «The Forestry Chronicle», 59 (3), pp. 132-138.
- CALVO E. (2003): *Attività di controllo: realizzazione di una rete di impianti comparativi di provenienza*, in MEZZALIRA G., PIOTTO B. (eds.), *Biodiversità e vivaistica forestale*, APAT, Manuali e linee guida 18/2003, pp. 66-69.
- DI SACCO A., HARDWICK K.A., BLAKESLEY D., BRANCALION P.H.S., BREMAN E., CECILIO REBOLA L., ... ANTONELLI A. (2021): *Ten golden rules for reforestation to optimize carbon sequestration, biodiversity recovery and livelihood benefits*, «Global Change Biology», 27 (7), pp. 1328-1348. doi: 10.1111/gcb.15498.
- DUCCI F. (2003): *Criteri ed indirizzi per la raccolta del materiale forestale di propagazione*, in MEZZALIRA G., PIOTTO B. (eds.), *Biodiversità e vivaistica forestale*, APAT, Manuali e linee guida 18/2003, pp. 38-47.
- DUMROESE K.R., LANDIS T.D., PINTO J.R., HAASE D.L., WILKINSON K.W., DAVIS A.S. (2016): *Meeting forest restoration challenges: using the target plant concept*, «Reforesta», 1 (1), pp. 37-52.
- FADY B., DAVI H., MARTIN-STPAUL N., RUFFAULT J. (2021): *Caution needed with the EU forest plantation strategy for offsetting carbon emissions*, «New Forests», 52 (5), pp. 733-735. doi: 10.1007/s11056-020-09830-1.
- GÖMÖRY D., HIMANEN K., TOLLEFSRUD M.M., UGGLA C., KRAIGHER H., BORDÁCS S., ... BOZZANO M. (2021): *Genetic aspects in production and use of forest reproductive material: Collecting scientific evidence to support the development of guidelines and decision support tools*, European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN), European Forest Institute, 216 p.
- GROSSNICKLE S.C., MACDONALD J.E. (2018): *Seedling quality: history, application, and plant attributes*, «Forests», 9 (5), 283.

- HERMOSO V., REGOS A., MORÁN-ORDÓÑEZ A., DUANE A., BROTONS L. (2021): *Tree planting: A double-edged sword to fight climate change in an era of megafires*, «Global Change Biology», 27(13), pp. 3001-3003. doi: 10.1111/gcb.15625.
- HOLDEREGGER R., BUEHLER D., GUGERLI F., MANEL S. (2010): *Landscape genetics of plants*, «Trends in Plant Science», 15, pp. 675-683.
- LANDIS T.D., DUMROESE R.K., HAASE D. (2010): *The Container Tree Nursery Manual: Volume 7, Seedling processing, storage, and outplanting*, Agric. Handbook No. 674, Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 199 p.
- LAVENDER D.P., CLEARY B.D. (1974): *Coniferous seedling production techniques to improve seedling establishment*, in TINUS R.W., STEIN W.I., BALMER W.E. (eds), Proceedings of the North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium, Denver, CO, USA, 26-29 August 1974, Great Plains Agricultural Council Publication No. 68: Lincoln, NE, USA, pp. 177-180.
- MAGINI E. (1979): *Metodi di miglioramento delle piante forestali*, «Clusf», pp. 1-55.
- MALTONI A., TANI A. (2000): *Considerazioni sugli studi di provenienze e indicazioni per l'impostazione e la conduzione di prove comparative in campo*, «Sherwood», 61, pp. 5-9.
- MARIOTTI B., MEZZALIRA G., ALLASIA E., FAZIO F., FIORENTIN R., MALTONI A., MARCHETTI M., MATTEUCCI G., MORI P., MOTTA R., PIOTTI A., ROSITI A., SABATTI M., TOGNETTI R., SALBITANO F. (2022): *La vivaistica forestale in Italia al bivio: sfide e strategie*, «Forest@», 19, pp. 85-94, doi: 10.3832/efor4193-019.
- MARTÍNEZ-SANCHO E., SLAMOVA L., MORGANTI S., GREFFEN C., CARVALHO B., DAUPHIN B. ET AL. (2020): *The GenTree Dendroecological Collection: tree-ring and wood density data from seven tree species across Europe*, «Scientific Data», 7, 1, doi: <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0340-y>
- MEZZALIRA G. (2003): *Iniziative integrative e complementari*, in MEZZALIRA G., PIOTTO B. (eds.), *Biodiversità e vivaistica forestale*, APAT, Manuali e linee guida 18/2003, pp. 74-78.
- MOTTA R., ASCOLI D., CORONA P., MARCHETTI M., VACCHIANO G. (2018): *Selvicoltura e schianti da vento: il caso della "tempesta Vaia"*, «Forest@», 15 (1), pp. 94-98.
- NOVIKOV A.I., IVETIĆ V. (2018): *The effect of seed size grading on seed use efficiency and height of one-year-old container-grown Scots pine (Pinus sylvestris L.) seedlings*, «Reforesta», 6, pp. 100-109.
- OPGENOORTH L., DAUPHIN B., BENAVIDES R., HEER K., ALIZOTI P., MARTÍNEZ-SANCHO E. ET AL. (2021): *The GenTree Platform: growth traits and tree-level environmental data in twelve European forest tree species*, «GigaScience», 10, giab010
- PETIT R.J., HU F.S., DICK C.W. (2008): *Forests of the past: a window to future changes*, «Science», 320, pp. 1450-1452. doi: 10.1126/science.1155457.
- POPKIN G. (2021): *Forests fight*, «Science», 364, pp. 1184-1189. doi: 10.1126/science.acx9733.
- ROSE R., CARLSON W.C., MORGAN P. (1990): *The target seedling concept*, in ROSE R., CAMPBELL S.J., LANDIS T.D. (eds), Target Seedling Symposium, Proceedings of the Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations, Roseburg, OR, USA, 13-17 August 1990; RM-GTR-200; U.S. Department of Agriculture, Forest Service: Fort Collins, CO, USA, pp. 1-8.
- RUDOLF P.O. (1939): *Why forest plantations fail*, «J. For.», 37, pp. 377-383.
- SUTTON R.F. (1988): *Planting stock quality is fitness for purpose*, in SMITH C.R., REFFLE R.J. (eds.), *Taking Stock: The Role of Nursery Practice in Forest Renewal*, Proceedings of a Symposium under the Auspices of the Ontario Forestry Research Committee, Kirkland Lake, ON, Canada, 14-17 September 1987; OFRC Proceedings O-P-16;

Canadian Forestry Service, Great Lakes Forestry Centre: Sault Ste. Marie, ON, Canada, pp. 39-43.

VAJANA E., BOZZANO M., MARCHI M., PIOTTI A. (2023): *On the Inclusion of Adaptive Potential in Species Distribution Models: Towards a Genomic-Informed Approach to Forest Management and Conservation*, «Environments», 10 (1), 3, <https://doi.org/10.3390/environments10010003>.

WILLIAMS M.I., DUMROESE R.K. (2014): *Role of climate change in reforestation and nursery practices*, «Western Forester», 59 (1), pp. 11-13.

PIO FEDERICO ROVERSI¹

Difesa fitosanitaria delle sementi e del materiale vivaistico frontiera del rilancio forestale

¹ CREA-DC – Istituto Nazionale di Riferimento per la Protezione delle Piante

Molti anni prima dell'attuale fase, nella quale la richiesta di piantine di specie arboree e arbustive in Europa ha fatto registrare un incremento esponenziale, in molti Paesi del mondo le stime delle superfici da utilizzare per le piantagioni di alberi evidenziavano un forte incremento, tanto che già Lanly nel 1982 stimava che l'area delle piantagioni forestali nei Paesi tropicali sarebbe aumentata da 11,5 a 17,0 milioni di ettari tra il 1980 e il 1985, con un aumento del 48% in cinque anni. Il trend si è ulteriormente rafforzato negli anni successivi per una molteplicità di motivazioni riconducibili alle richieste di piantagioni per la produzione di legname, pasta di legno, pannelli e legna da ardere, cui si sono aggiunte necessità relative alla stabilizzazione dei suoli e al miglioramento di ambienti urbani e rurali.

Con una tale varietà di motivazioni per le richieste di piante arboree e piante arbustive, non sorprende che la portata della piantagione di alberi e la varietà di specie piantate continuino a crescere in così tanti Paesi, inclusi quelli europei, aprendo la strada anche a un'intera nuova gamma di specie indigene da provare in relazione a caratteristiche diverse riguardanti non solo forma e ritmi di crescita ma anche possibilità di vegetare in spazi ristretti con terreni con scarso o nulla apporto di sostanza organica.

In tale contesto generale è importante fare una riflessione preliminare e considerazioni distinte a seconda che si tratti di materiale vivaistico destinato ad aree forestali o ad ambienti urbani variamente connotati.

Va sottolineato in primo luogo che nessun Paese al mondo presenta una diversità di contesti fitoclimatici come l'Italia, il cui territorio, pur interessando una superficie relativamente limitata, rivela in successione tipologie forestali estremamente diversificate tra loro che partendo da formazioni tipicamente mediterranee dominate da specie sclerofile si spingono con tutte le tipolo-

gie intermedie fino a comunità dominate da elementi arborei e arbustivi che raggiungono il limite della vegetazione. Diversità che si riflette non solo nelle successioni di boschi e macchie ma anche nelle aree verdi che si ritrovano nelle città e ambienti periurbani, per le quali anche la sola osservazione della vegetazione di piazze e viali alberati rivela spesso con immediatezza la collocazione geografica dell'abitato.

Gli alberi, organismi con esigenze differenti e lunghi cicli di vita che per loro natura attraversano tutto il percorso del loro ciclo vitale nel luogo dove il seme si è schiuso o noi esseri umani li abbiamo piantati, devono oggi fronteggiare più che in passato due sfide non facili, da un lato i trend climatici in atto e dall'altro l'aumento dei rischi fitosanitari derivanti dall'aumento degli scambi internazionali.

Un Paese così peculiare richiede quindi una cura particolare, anche nella più che lodevole spinta verso una maggiore diffusione di aree verdi, in quanto questi nuovi sviluppi introdurranno accanto a nuove opportunità anche la necessità di porre la dovuta attenzione ad aspetti di protezione delle piante biologici, selvicolturali, tecnici e normativi che si dipanano in un percorso articolato dall'ottenimento e dalla manipolazione dei semi alla produzione, cura, trasporto e messa a dimora di un gran numero di piantine. E tutto questo ancor prima di tutte le indispensabili considerazioni afferenti le cure colturali, da non far mancare ai nuovi impianti soprattutto nelle aree urbane pena il rischio di vanificazione di sforzi e investimenti con disseccamenti e morie precoci.

Al riguardo di quanto sia importante considerare gli aspetti relativi alla protezione delle piante possono risultare utili due esempi chiarificatori relativi a *Pinus pinea* L., conifera che costituisce elemento primario in molta parte del territorio della penisola e delle principali isole con le sue formazioni forestali e la sua presenza costante in alcune delle principali realtà urbane e la sua presenza grazie ai semi eduli con elevate caratteristiche nutrizionali quale ingrediente nel patrimonio alimentare di varie regioni italiane assumendo un peso economico non indifferente.

Così come per le altre piante che si intende produrre in vivaio il primo aspetto da considerare anche per il Pino domestico è relativo quindi alla disponibilità di seme, che non solo deve fare i conti con le necessarie attenzioni agli aspetti genetici e di selezione degli arboreti da seme, ma anche con la nota alternanza di produzione nelle differenti annate, cui si accompagna ormai un numero crescente di situazioni di veri e propri crolli produttivi causati da introduzioni accidentali e diffusione epidemica di specie fitofaghe di insetti alieni diffusisi rapidamente in Europa.

Per il Pino domestico come per tutte le Conifere presenti sul territorio nazionale gli strobili, con il loro complesso di specie fitofaghe e relativi anta-

gonisti, danno vita a vere e proprie “merocenosi”, in cui le specie nocive sono rappresentate in maggioranza da entità monofase o oligofaghe, per lo più capaci di alimentarsi a spese dei soli coni o semi. In prevalenza lo sviluppo delle specie nocive si completa interamente all’interno delle strutture riproduttive dell’ospite dalle quali fuoriescono a maturità solo gli adulti. La dinamica di popolazione degli Insetti che si alimentano di coni e semi di Pino domestico è peraltro a sua volta influenzata in modo determinante dalle forti oscillazioni annuali che si registrano in natura nella produzione di seme.

Va peraltro ricordato che dalla comparsa delle gemme fiorali fino al raggiungimento della completa maturità degli strobili di *P. pinea* intercorrono 3 anni, nel corso dei quali si ha il passaggio attraverso varie fasi (apertura dei fiori, impollinazione, rotazione dei giovani strobili, allungamento e crescita, lignificazione e maturazione dei semi), con drastici cambiamenti di composizione chimica, umidità, dimensioni, forma e colore, che a loro volta determinano le cosiddette “finestre di vulnerabilità” rappresentanti gli stadi fenologici favorevoli all’attacco di insetti fitofagi diversi.

A fronte di richieste in costante crescita, con positivi aspetti oltre che commerciali anche ambientali in quanto le formazioni di Pino domestico si connotano in gran parte come elemento di tutela del territorio, spesso collocandosi all’interno di aree protette a legislazione speciale come ad esempio il Parco di Migliarino, S. Rossore, Massaciuccoli in Toscana, il parco del Circeo nel Lazio e il Parco del Vesuvio in Campania, la produzione nazionale di pigne e pinoli ha fatto registrare a partire dagli inizi degli anni ’90 un trend drammaticamente negativo, non riconducibile alle normali variazioni cui questi ecosistemi forestali vanno soggetti annualmente. Nell’ambito delle cause di questo crollo della fruttificazione nelle pinete di pino domestico, senza trascurare l’influenza dei cambiamenti climatici in atto che, come evidenziato in studi condotti di recente, potrebbero comunque aver ridimensionato almeno in parte la produttività, un ruolo primario è svolto da agenti biotici di danno, insetti e funghi in primo luogo.

Con riferimento ai fattori biotici in grado di danneggiare la produzione di pinoli, gli insetti indigeni comprendono una limitata ma dannosa coorte di specie spermocarpofaghe, in grado non solo di danneggiare direttamente i coni, scavando gallerie, ma anche di ridurre la germinabilità dei semi non erosi, per danni indiretti legati a scompensi fisiologici ed eccessiva disidratazione dello strobilo e all’intensa emissione di resina, conseguente allo scavo di gallerie, che finisce per inglobare i semi impedendo la germinazione di quelli rimasti indenni. Fino a qualche anno addietro le principali specie di insetti dannosi ai coni di Pino domestico erano rappresentate nel nostro Paese essenzialmente da due lepidotteri indigeni inclusi nella Famiglia Pyralidae,

Dioryctria pineae Stgr. e soprattutto *D. mendacella* Stgr., cui si aggiungevano a seconda dei casi altre specie di differenti gruppi come ad esempio il curculionide *Pissodea validirostris* Gyll. In effetti in Europa fino alla fine degli anni '90, a esclusione di limitate segnalazioni per alcuni Ligeidi, a differenza di quanto si registrava nella Regione Nearctica, non si rilevavano danni consistenti a pinacee da parte di insetti provvisti di apparato boccale pungente-succhiante.

Di recente si è aggiunta alla nostra fauna e può ormai considerarsi stabilmente insediato in Europa un insetto Rincote proveniente dal Nord America, temuto anche nei territori di origine per la sua capacità di compromettere la produzione di seme in arboreti specializzati per la produzione di seme, *Leptoglossus occidentalis* Heidemann, reperito per la prima volta nel nostro Paese nel 1999. *L. occidentalis* è presente nell'areale originario dal Canada al Messico, ove negli ultimi anni ha ulteriormente ampliato la sua diffusione verso le coste orientali e ha mostrato elevate capacità di adattamento a nuove Pinacee di origine Palearctica come *Pinus pinea* L., *P. nigra* Arnold e *P. sylvestris* Miller. Il fitomizo si nutre di infiorescenze, pigne e getti verdi in via di sviluppo, che vengono danneggiati con punture da giovani e adulti dell'insetto. L'attività trofica della Cimice americana può interessare i semi all'inizio del processo di formazione fino alla fase avanzata di sviluppo, dopo l'indurimento del tegumento, ne risulta comunque una parziale o totale necrosi dei tessuti interessati dalle punture con conseguenti perdite di produzione. Nell'area di origine di questo insetto sono segnalate perdite che vanno dal 50-70% in arboreti specializzati di Douglasia a valori di oltre l'80% in boschi da seme di *Pinus monticola*.

Il Coreide è capace di sviluppare nel corso dell'anno una generazione nei territori più a nord del suo areale e tre in Messico: per l'Italia settentrionale i dati disponibili indicano due generazioni seguite talora da una terza parziale. Complicano non poco gli studi su questi aspetti del ciclo biologico lo svernamento affidato agli adulti e la capacità di quest'ultimi di sopravvivere per lunghi periodi portando a un accavallamento delle generazioni.

La Cimice americana ha mostrato in Italia di essersi rapidamente ben adattata ai nuovi ospiti fin dai primi anni, facendo registrare un rapido aumento delle sue popolazioni favorito anche dalla mancanza dell'insieme di antagonisti naturali, parassitoidi in particolare, attivi sui diversi stadi vitali del Coreide nei territori d'origine. Analogamente a quanto rilevato in Nord America su *Pinus contorta* var. *latifolia* Engelmann, particolarmente pesante è risultato l'esito dell'attività trofica del Coreide sui giovani coni di Pino domestico. Gli studi condotti in Italia sulle perdite di raccolto in pinete mature di *P. pinea*, hanno evidenziato, mediante l'esame, che oltre il 50% delle giovani pigne dell'anno possono risultare irrimediabilmente compromesse; valore che sale al



Fig. 1 Adulto di «*Leptoglossus occidentalis*». A destra in alto pigne sane, in basso danneggiate a seguito di punture di alimentazione della Cimice americana (Foto P. Giannotti)

65% nel caso delle pigne di due anni, per arrivare a meno del 10% di pigne sane a maturazione. Più che in altre formazioni forestali, nelle pinete di Pino domestico le ricadute dell'attività di alimentazione di adulti e stadi giovanili di *L. occidentalis* sono risultate particolarmente gravi, azzerando in pratica la produzione di seme, con pesanti riflessi anche nella gestione dei boschi ultramaturi, per i quali i piani di gestione prevedevano tagli per rinnovare i soprassuoli mediante disseminazione naturale.

Con un impegnativo programma di ricerca e dopo aver ottenuto le necessarie autorizzazioni dal Servizio Fitosanitario Centrale e dal Servizio Fitosanitario Regionale della Toscana, è stato introdotto in Italia nei laboratori dell'INRPP di Firenze un antagonista naturale capace di svilupparsi a spese delle uova della Cimice, rivelatosi in grado di realizzare un efficace controllo della specie nociva in prove realizzate in laboratorio secondo gli standard internazionali, *Gryon pennsylvanicum*, ottenuto da uova di *L. occidentalis* raccolti nella Colombia britannica. Le prove condotte in condizioni di quarantena con questo antagonista naturale della Cimice hanno evidenziato le possibilità di allevamento in ambiente controllato e permesso di valutare non solo parametri biologici e demografici facendo rilevare alti tassi riproduttivi, elevata

percentuale di femmine, longevità e capacità di mantenere il potenziale riproduttivo durante periodi di privazione dell'ospite senza alterazioni sostanziali, ma anche, cosa di estrema importanza, un basso impatto potenziale su specie non target. Infatti per quanto riguarda l'introduzione di organismi utili in nuove aree, recentemente l'attenzione si è sempre più concentrata sulla possibilità di effetti negativi sulla fauna autoctona rendendo indispensabile una attenta valutazione del rischio ambientale, per il quale varie organizzazioni hanno sviluppato standard per la valutazione di agenti di controllo biologico, sia parassitoidi che predatori (vedi: EPPO 2012; IPPC 2005; OCSE 2004). I risultati ottenuti nei laboratori dell'INRPP mostrano che *G. pennsylvanicum* presenta un elevato livello di selettività cosa che ne ridurrebbe il rischio per organismi bersaglio nell'eventualità di un suo rilascio in natura nelle pinete italiane. Stante l'evoluzione della normativa italiana sul Controllo Biologico delle specie aliene dannose alle piante intervenuta negli ultimi anni, che ha finalmente introdotto un percorso autorizzativo, e considerato che la produzione di pigne e pinoli di Pino domestico non ha mostrato sintomi di ripresa, è stato inserito nelle attività dell'Istituto Nazionale di Riferimento per la Protezione delle Piante del biennio 2023-2024 la costituzione di un nucleo di moltiplicazione di *G. pennsylvanicum* e la contestuale presentazione al Ministero dell'Ambiente della relativa l'Analisi del rischio necessaria per autorizzare il rilascio in natura dell'antagonista naturale della Cimice dei pinoli, con l'obiettivo di tutelare la produzione di seme non solo a fini produttivi ma anche per ridare slancio agli arboreti di Pino domestico e alla relativa produzione vivaista forestale.

Il secondo esempio relativo al Pino domestico riguarda non solo i contesti forestali ma, in particolare, gli ambienti urbani per i quali non dobbiamo mai tralasciare di tenere a mente, sia che si tratti di viali o di giardini e parchi, che la biodiversità funzionale – la presenza cioè di organismi e microrganismi con compiti diversi, integrati e in sequenza nella parte epigea come in quella ipogea – risulta profondamente monca. Negli ambienti urbani infatti il contesto subisce una progressiva drastica semplificazione se, dagli ambienti naturali, passiamo in successione al verde dei parchi urbani e suburbani, alle aree verdi dei giardini, alle alberature dei viali, ai singoli esemplari arborei isolati in piazze, per arrivare agli estremi del verde verticale.

Toumeyella parvicornis (Cockerell), la cocciniglia della tartaruga del pino, è un insetto originario del Nord America descritto nel 1897 come *Lecanium parvicorne* Cockerell sulla base di esemplari raccolti su *Pinus taeda* e *Pinus australis* (Cockerell, 1897). La Cocciniglia è stata successivamente raccolta dal Canada al Messico risultando capace di colonizzare diverse specie del genere *Pinus* L. tra le quali è considerato ospite preferito nella parte settentriona-

le dell'areale nativo *P. banksiana* mentre in quella meridionale *P. virginiana* Mill., *P. elliotii* Engelm. var. *elliotii* e *P. echinata* Mill. sono gli ospiti più comuni. *T. parvicornis* accidentalmente introdotta in Italia dove è stata reperita per la prima volta nell'Area urbana di Napoli nel 2014, si è dimostrata capace nei nostri ambienti di moltiplicarsi rapidamente in modo massale causando danni al patrimonio arboreo tanto da divenire in breve il problema fitosanitario principale per la protezione del Pino domestico nelle aree urbane e parchi limitrofi di Campania e Lazio, con esiti disastrosi per le Pinete di Castel Porziano e Castel Fusano, dove il declino e il disseccamento delle piante colpite ha stravolto gli ecosistemi. Attualmente focolai sono segnalati anche in Toscana, Abruzzo e Puglia. Nel 2022 è stata segnalata in Francia, dopo il rilevamento in un giardino privato su *Pinus pinea* a Saint Tropez (dipartimento del Var, regione Provenza-Alpi-Costa Azzurra). La Cocciniglia può sviluppare un numero crescente di generazioni all'anno, come riscontrato in Nord America, dove si registra una sola generazione in Canada e negli Stati Uniti settentrionali (Colorado e Nebraska), due generazioni in Maryland, Virginia e Carolina del Nord e quattro generazioni nella Georgia meridionale. Negli ultimi decenni la specie è stata introdotta accidentalmente a Portorico e nelle isole caraibiche di Turks e Caicos, dove il parassita ha minacciato l'endemico *Pinus caribaea* var. *bahamensis* (Grisebach) W.H. Barret et Golfari. Per l'Europa nelle zone infestate *P. pinea* si è dimostrato altamente suscettibile agli attacchi della Cocciniglia, con produzione di grandi quantità di melata da parte dell'insetto e conseguente formazione di spesse muffe e successiva perdita degli aghi, con rapido declino della vitalità degli alberi e nella maggioranza dei casi disseccamento dei pini attaccati. La morte di un gran numero di piante di tutte le età, in particolare in grandi aree urbane della penisola, nonché la devastazione provocata in formazioni naturali sulla costa tirrenica, hanno destato forte preoccupazione per il pino domestico nel Mediterraneo anche in considerazione del fatto che un recente studio ha evidenziato come l'areale di diffusione potenziale di *T. parvicornis* si sovrappone quasi totalmente all'areale di diffusione di questa conifera.

La Cocciniglia tartaruga non rappresenta solo una minaccia diretta per la sopravvivenza delle pinete esistenti di Pino domestico ma anche un grave problema per la produzione vivaistica, in quanto oggetto di un Decreto Ministeriale di Lotta Obbligatoria che prescrive che qualora vengano rinvenuti focolai di questa specie venga delimitata non solo la zona di presenza accertata denominata "zona infestata", ma anche la delimitazione di una "zona cuscinetto", circostante la "zona infestata", di almeno 5 km di larghezza.

Ne consegue come indicato all'art. 8 (Condizioni per la movimentazione delle piante ospiti dalle aree delimitate) che è vietata la movimentazione di



Fig. 2 A sinistra Pini disseccati a seguito di attacchi di *Toumeyella parvicornis*. A destra rametto di Pino domestico infestato dalla Cocciniglia completamente ricoperto di fumaggini

piante ospiti dall'area delimitata verso l'esterno o dalla "zona infestata" verso la "zona di cuscinetto". In deroga a quanto sopra, la movimentazione delle piante ospiti è consentita solo previo controllo ufficiale del Servizio fitosanitario regionale competente e dopo idoneo trattamento con prodotti insetticidi autorizzati.

Data la richiesta di un numero elevato di piante di *Pinus* per nuove piantagioni è di immediata comprensione che qualora venga individuata la presenza della Cocciniglia tartaruga su piante di *Pinus* spp e le relative aree, "infestata" o "cuscinetto" includano Vivai Forestali, le piantine di Pini suscettibili, quindi non solo *P. pinea*, possono essere utilizzate per piantagioni con estrema difficoltà e solo a seguito di attenti controlli fitosanitari e idonei trattamenti che assicurino l'eliminazione completa della Cocciniglia.

Attualmente le sole possibilità di contenimento delle infestazioni di *Toumeyella parvicornis* sono rappresentate da trattamenti chimici endoterapici ai tronchi, non utilizzabili ovviamente in vivaio, ma tale strategia rappresenta solo un'azione tampone che sta permettendo di conservare piante e limitati nuclei di particolare valore paesaggistico, storico e ambientale. Nel medio periodo con un progetto MASAF il CREA-DC ha avviato nella Regione Neartica una estesa ricerca di antagonisti naturali nelle aree di origine di *T. parvicor-*

nis che ha consentito di introdurre in condizioni di quarantena un predatore della Cocciniglia particolarmente attivo che è attualmente in fase di studio per verificarne le potenzialità e il potenziale impatto ambientale.

I due esempi illustrati evidenziano come per realizzare concretamente il rilancio del Vivaismo Forestale in Italia sarà necessario porre la massima attenzione all'aumento dei rischi fitosanitari, associati da un lato alla presenza ormai conclamata nel nostro Paese di specie aliene per le quali è necessario unire a un costante monitoraggio azioni di contrasto diretto e di lotta biologica, dall'altro a un innalzamento dei controlli con personale specializzato in relazione agli scambi internazionali e inter/regionali di semi e piantine per piantagioni e/o creazione di arboreti da seme. Quanto sopra anche in considerazione che un certo numero di insetti che non hanno lo status di parassiti forestali economici possono essere considerati parassiti negli arboreti da seme e nei vivai forestali e che oltre 400 specie di insetti fitofagi e acari sono noti a livello mondiale come agenti di danno per i semi delle sole conifere.

ABSTRACT

The demand for forest seedlings shows a notable increase which reflects on the need for forest nurseries to produce in high numbers the main tree and shrub species that can be used not only for new plantings but also to increase the presence of green spaces in urban and peri-urban areas. In this context, great attention is necessary to the phytosanitary problems of forest nurseries both in terms of the availability of selected seed and in relation to the production and transport of nursery material free from attacks by biotic adversities. The stone pine is a conifer widely spread in our country where it contributes to forming coastal and hilly pine forests and characterizing the landscape of some of the main Italian cities. However, this conifer, like other *Pinus* species, is subject to infestations of harmful organisms/microorganisms which can compromise the success of new plantings, not only directly with a reduction in seed production, but also following blocks on the movement of seedlings from forest nurseries due to the development of outbreaks of alien phytophagous insects subject to specific regulations.

BIBLIOGRAFIA

- BRANCO M., NUNES P., ROQUES A., FERNANDES M.R., ORAZIO C., JACTEL H. (2019): *Urban trees facilitate the establishment of non-native forest insects*, «NeoBiot», 52, pp. 25-46.
- GUÉGAN J.-F., DE THOISY B., GOMEZ-GALLEGO M., JACTEL H. (2023): *World forests, global change, and emerging pests and pathogens*, «Current Opinion in environmental Sustainability», 61, 101266.
- LEAL I., ALLEN E., HUMBLE L., SELA S., UZUNOVIC A. (2010): *Phytosanitary risks associa-*

- ted with the global movement of forest products: A commodity-based approach*, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Information Report, BC-X-419, pp. 42.
- ROQUE A. (2010): *Alien forest insects in a warmer world and a globalised economy: impacts of changes in trade, tourism and climate on forest biosecurity*, «New Zealand Journal of Forestry Science», 40 suppl. (2010) S77-S94.
- ROVERSI P.F. (2021): *Il Rinascimento nella protezione delle piante. La nuova stagione di un corretto approccio al controllo delle specie invasive*, Libro Bianco del Verde 2021. Focus emergenza Pini: 42-51.

VINCENZO GONNELLI¹, MORENO MORALDI¹

Il ruolo della formazione tecnico-professionale per il rilancio della vivaistica forestale

¹ Accademia Italiana di Scienze Forestali

Negli anni del dopoguerra, grazie ad alcune linee di finanziamento destinate ai territori depressi e a quelli svantaggiati delle aree interne, nonché a seguito delle azioni intraprese dalla Cassa del Mezzogiorno, la vivaistica forestale trovò un momento di buon splendore e di progresso riuscendo ad avvicinarsi ai livelli di sviluppo già raggiunti, con decine di anni di anticipo, sia dai Paesi del Nord che dell'Est Europa. Di pari passo iniziarono a comparire le prime importanti pubblicazioni per l'ammodernamento del settore, scritte in Polonia da Boleslaw Suszka e in Italia da Adriano Gradi e Beti Piotto. Su questi volumi si sono formati i tecnici vivaisti che hanno operato in quel periodo, per poi giungere alla caduta d'interesse per il settore iniziata alla fine del secolo scorso.

In quest'ultimo ventennio la vivaistica forestale ha perso gran parte della sua capacità produttiva, non ha investito nell'aggiornamento e nell'innovazione e, nel frattempo, si sono anche perse le esperienze, patrimonio delle maestranze e dei tecnici del passato. Gran parte di costoro si sono ritirati dal lavoro per limiti di età senza aver avuta l'occasione di poter tramandare i segreti del mestiere e le conoscenze acquisite in anni di esperienza sul campo.

La nuova Strategia Forestale Nazionale, in linea anche con quella UE dedicata alla Biodiversità per il 2030, riconosce la multifunzionalità delle foreste, compresa la loro valenza paesaggistica ed ecosistemica. La conservazione e la fruizione di tali benefici, in un periodo caratterizzato da importanti cambiamenti climatici, non possono essere assicurate alle generazioni future se non si creano anche le basi per garantire il duraturo e costante adattamento del bosco alle mutevoli condizioni climatiche.

Analoghe e ancor più approfondite conoscenze sono necessarie per ricreare nelle città le condizioni di biodiversità presenti spontaneamente nei nostri boschi, rendendo così le metropoli più vivibili, con aree periurbane che

dovranno sempre più somigliare a quelle naturali. Il recente interesse verso gli alberi, comprese le loro funzioni sempre più indispensabili per garantire la qualità della vita dell'uomo, presuppone una preventiva ricostituzione del comparto che sta alla base di tutto ciò: la vivaistica forestale. Così come già ora vengono dedicate tante risorse alle prime fasi di vita dei nostri figli, investendo nei reparti di maternità, nella pediatria e nella scuola primaria, è doveroso fare altrettanto per le prime fasi di vita degli alberi.

Nella seconda metà del secolo scorso, oltre alle pubblicazioni già citate, gli operatori del settore vivaistico hanno potuto attingere alle esperienze maturate dai vivai forestali dell'allora Corpo Forestale dello Stato di Dogana di Peri e di Pieve Santo Stefano, nonché accedere ai risultati delle ricerche provenienti dall'Istituto di Selvicoltura di Arezzo, dal Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale della SAF e dall'approccio innovativo verso la selvicoltura e l'arboricoltura da legno allora messo in atto dalle strutture facenti capo all'ENCC, Ente Nazionale Cellulosa e Carta.

Nel 1960 nacquero le prime scuole forestali italiane, in particolare l'Istituto Professionale per l'Agricoltura con scuola per la Silvicoltura di Pieve Santo Stefano, seguito poi da quello di Ormea, Feltre e Edolo dove si sono formati e si formano tutt'oggi i quadri intermedi del settore forestale. Questi sono stati la fucina della stragrande maggioranza di coloro che in passato hanno indossato la divisa del Corpo Forestale dello Stato, validi portatori di professionalità e di conoscenze acquisite non solo sui banchi di scuola, ma anche nella pratica. Nel frattempo le Facoltà universitarie di Scienze forestali chiamavano per l'insegnamento i maggiori esperti di vivaistica forestale formatisi "sul campo", riuscendo a trasferire conoscenze che poi, man mano, si sono affievolite per il lento declino del settore.

Dopo il passaggio delle competenze del settore agricolo e forestale alle Regioni, sono stati avviati ex novo, o ripotenziati, alcuni vivai regionali, soprattutto nelle realtà del centro-nord Italia. In contemporanea si disperdevano gran parte delle esperienze accumulate dal gruppo ENCC nel settore vivaistico e in quello della ricerca. L'ultimo momento favorevole per la domanda di postime forestale è stato il Regolamento CEE 2080/92 con la disponibilità di cospicui finanziamenti ma, purtroppo, senza una preventiva programmazione della vivaistica forestale.

Finito quest'ultimo momento di slancio i pochi vivai pubblici rimasti ancora attivi hanno indirizzato le loro produzioni anche verso il settore ornamentale, spesso senza essere in grado di affrontare adeguatamente la concorrenza di tali nuovi mercati. Allo stesso tempo i vivai privati, che si erano rapidamente organizzati per intercettare il flusso delle risorse provenienti dalla Comunità Europea con il Regolamento 2080/92, ritornavano prontamente

alle loro abituali specializzazioni, ben consapevoli dell'impossibilità di programmare l'attività di un'impresa all'interno delle fluttuazioni storiche del settore forestale.

Analizzando le vicende della vivaistica forestale degli ultimi 60 anni, appare chiaro come la riuscita di qualsiasi iniziativa legata a incentivare la piantagione degli alberi, sia nel bosco che nelle città, debba essere preceduta da un'accurata e preventiva organizzazione di quel settore che, senza distinzione tra uomo e vegetali, in lingua inglese viene chiamato *Nursery*.

A tal fine, per prima cosa, dovranno essere coinvolte le Scuole Forestali Italiane presenti in diverse regioni, in particolare quelle dove sono già attivi dei percorsi quinquennali tendenti a formare i quadri intermedi con competenze nel settore forestale. Attualmente in Italia ci sono circa 20 Istituti Professionali ad indirizzo forestale, distribuiti in quasi tutte le regioni Italiane. Nonostante i vari processi di riforma che si sono succeduti nell'Istruzione professionale, queste hanno mantenuto una vocazione forestale, tanto che anche quest'anno, agli esami di Stato per le materie professionali, troviamo "Selvicoltura e Utilizzazioni Forestali" oltre a "Gestione Parchi e Assestamento Forestale".

In queste scuole, soprattutto in quelle con maggiore facilità logistica per attivare momenti formativi pratici anche presso vivai forestali già esistenti, l'autonomia didattica permette di programmare, fin dal prossimo anno scolastico, una specializzazione dedicata alla vivaistica forestale. La formazione non può trascurare le maestranze che dovranno operare direttamente in vivaio, sia nel comparto sementiero che in quello della produzione. Per queste esigenze dovrebbero essere avviate delle azioni formative di base, supportate dai finanziamenti regionali, con l'attivazione, fin dal prossimo anno, presso gli Istituti Professionali a indirizzo Forestale, di percorsi IeFP (Istruzione e formazione Professionale) con una qualifica nel settore della vivaistica forestale.

Un ruolo molto importante nella formazione delle figure gestionali della futura vivaistica forestale dovranno averlo le Università. Numerosi sono gli Atenei con indirizzi forestali al loro interno, in alcuni dei quali sono già presenti dei docenti che hanno al loro attivo ottime pubblicazioni riferite al settore vivaistico e che, pertanto, potrebbero essere direttamente cooptati in percorsi di studio dedicati al settore. Per questo si ritiene importante applicare quanto già consente il D.M 12/8/2020 n. 446, così come disciplinato in dettaglio dalla L. 8 novembre 2021 n. 163 sulle Lauree Professionalizzanti.

La normativa indica già un possibile percorso adatto allo scopo nella parte riferita alle *Scienze e tecniche riguardanti la gestione ambientale dei sistemi forestali e dei loro prodotti* AGR/05. La medesima legge istitutiva delle Lauree professionalizzanti individua anche i possibili sbocchi occupazionali dei laureati prevedendo, tra l'altro, per il settore forestale che «i laureati potranno

operare nelle filiere tecnologiche, nel controllo delle aree protette e su specifiche problematiche di carattere ecologico-selvicolturale, anche riguardanti la selvicoltura urbana e peri-urbana».

Visto che l'attenzione sulle emissioni e sul miglioramento della vita degli abitanti delle metropoli coinvolge direttamente il settore forestale, la figura del Laureato triennale proveniente dal percorso professionalizzante LP-02 appare quanto mai adatta alle necessità.

Si tratta di un percorso di studi che prevede attività formative in didattica frontale, sia di base che caratterizzanti, maturando complessivamente crediti per 48 CFU, ciascuno dei quali parametrato a 25 ore di impegno medio. Non mancano le attività laboratoriali per ulteriori 48 CFU da svolgersi, tramite convenzioni, anche presso strutture pubbliche e private esterne all'Università, compresa la collaborazione con Scuole di secondo grado con adeguate strutture.

Da quest'ultima previsione si comprende bene come possano nascere sinergie utili alla formazione dei tecnici destinati al rilancio della Vivaistica Forestale, attraverso adeguati scambi e integrazioni tra il percorso formativo universitario e quello degli Istituti superiori accennato in precedenza. Per il completamento della formazione universitaria sono inoltre previste attività di tirocinio, per ulteriori 48 CFU, da svolgere presso imprese o enti pubblici e privati, nonché presso studi professionali per avvicinare il laureato al futuro mondo del lavoro. Ulteriori crediti possono essere maturati dallo studente sulla base di percorsi formativi di propria scelta.

Rifacendosi alle proposte dettagliate in precedenza, si può concludere che la formazione indispensabile per il rilancio della vivaistica forestale deve poter contare su n. 4 diversi percorsi:

- a. formazione di competenza regionale rivolta agli operatori e alle maestranze attraverso l'attivazione di percorsi IeFP della durata triennale;
- b. assicurare che nel processo di riforma dell'Istruzione Tecnica e Professionale, di prossimo avvio, sia garantito un percorso di studi quinquennale con uno specifico indirizzo nel settore forestale, all'interno del quale prevedere anche la vivaistica forestale;
- c. attivare dei corsi IFTS di specializzazione post diploma;
- d. poter contare sull'avvio, a livello nazionale, di un numero limitato di percorsi di Laurea professionalizzante LP-02, da attivare negli Atenei che hanno condizioni logistiche favorevoli per collaborare con i più importanti vivai forestali.

ABSTRACT

«The role of Technical-Professional Training for the relaunch of forest nurseries». From the post-war period to the 2000s, forestry nurseries found a moment of splendor and progress with the release of lots of important publications, on which the nursery technicians who have worked to date, were trained. Unfortunately, in the last 20 years, the sector has lost a large part of its production capacity, mainly because it has not been invested in development and innovation and also because a large part of the experience gained by the workers and technicians of the past has also been lost. The new National Forestry Strategy recognizes the multifunctionality of forests, including their landscape and ecological value. The maintenance of these benefits for future generations, combined with the need to spread wooded areas near and within cities, presupposes the relaunch of forest nurseries. This process must start with various training courses for employees:

a) Regional training aimed at operators and workers through the activation of IeFP courses lasting three years.

b) Ensure that in the process of reforming Technical and professional Education, a five-year course of study is guaranteed with a specific address in the forestry sector which also includes forest nursery.

c) Activate IFTS post-diploma specialization courses.

d) Being able to count on the launch, at national level, of a number even if limited, of LP-02 professionalizing degree courses, to be activated in universities that have logistical conditions favorable, to collaborate with the most important forest nurseries.

