I GEORGOFILI

Quaderni
2016-I

REALTÀ E PROSPETTIVE NELLA COLTIVAZIONE DELLA DOUGLASIA IN ITALIA

Firenze, 12 maggio 2016

EDIZIONI POLISTAMPA

Con il contributo di

ENTE CASSA DI RISPARMIO DI FIRENZE

Copyright © 2017
Accademia dei Georgofili
Firenze
http://www.georgofili.it

Proprietà letteraria riservata

Supplemento a «I Georgofili. Atti della Accademia dei Georgofili»
Anno 2016 - Serie VIII - Vol. 13 (192° dall'inizio)

Direttore responsabile: Paolo Nanni

Edizioni Polistampa
Via Livorno, 8/32 - 50142 Firenze
Tel. 055 737871 (15 linee)
info@polistampa.com - www.polistampa.com
Sede legale: Via Santa Maria, 27/r - 50125 Firenze

ISBN 978-88-596-1709-9

Servizi redazionali, grafica e impaginazione
SOCIETÀ EDITRICE FIORENTINA

INDICE

Giovanni Bernetti
Premessa 7

Orazio la Marca
Realtà e prospettive nella selvicoltura di impianto in Italia: il caso della douglasia (Pseudotsuga menziesii var. menziesii) 13

Orazio La Marca, David Pozzi
Dalla selvicoltura d'impianto a quella a rinnovazione naturale 43

Roberto Scotti
Proiezione a 10 anni del valore di un impianto: la modellistica dendroauxometrica 65

Michele Brunetti, Roberto Zanuttini
Contributi tecnologici alla valorizzazione industriale del legname di douglasia 87

Alessandro Ragazzi, Salvatore Moricca
Pseudotsuga menziesii: patogeni introdotti e di temuta introduzione 107

Jacopo Battaglini, Tiziana Panzavolta, Riziero Tiberi
Aggiornamento sull'entomofauna fitofaga della douglasia in Italia 127

Fulvio Ducci, Roberta Proietti, Anna De Rogatis, M. Cristina Monteverdi, Andrea Germani, Alfredo Bresciani, Angela Teani, Marco Lauteri, Giovanbattista de Dato, Ilaria Cutino
Gestione delle risorse genetiche della douglasia in Italia in relazione agli scenari dei cambiamenti globali 137

Giovanni Bernetti*

Premessa

Tutto cominciò fra il 1791 e il 1795, quando, durante una spedizione attorno al Mondo, il Capitano Van Couver scoprì un'isola cui dette il suo nome compattato in Vancouver. Il medico di bordo, che si chiamava Archibald Menzies, collezionò esemplari da erbario di molte specie. Successivamente, per opera di alcuni autori fra cui il Mirbel (direttore del Jardin des Plantes di Parigi), la specie corrispondente a uno di questi esemplari venne dedicata al Menzies. Poi (1825) intervenne l'avventuroso collector seminum David Douglas, che fornì all'Orto Botanico di Edimburgo una consistente partita di semi da cui derivò la diffusione in Europa di una pianta ornamentale che nelle lingue correnti fu chiamata: Abete di Douglas, Douglas fir, Douglasie, ecc. Il Carrière (1867) nel fare la sua revisione della sistematica delle conifere si adeguò al nome volgare corrente e fece *Pseudotsuga douglasii* che è rimasto molto a lungo. Però, nel 1950 la professoressa Franco dell'Università di Lisbona, stabilì una volta per tutte *Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco nome che poi è entrato gradualmente nell'uso. Nella lingua italiana sarebbe opportuno precisare sempre "douglasia verde" per escludere la varietà douglasia blu delle Montagne Rocciose.

L'impiego della douglasia verde come specie da legno pare che sia stato preconizzato addirittura dal cancelliere Otto Von Bismarck che, alla fine dell'Ottocento, ne fece nei suoi possedimenti impianti derivati da seme importato da un vivaista di Amburgo. Attualmente le piantagioni di douglasia verde in Europa contano circa 600 mila ettari ripartiti fra Inghilterra, Francia e Germania, più altri 100 mila ettari da paesi di minore superficie.

L'introduzione in Italia come pianta ornamentale risalirebbe, poco dopo il

* *Università degli Studi di Firenze*

1870, in un parco nella provincia di Arezzo. Al fine dell'Ottocento iniziò la sperimentazione degli impianti forestali che, poi si svolse notoriamente sotto l'appassionata direzione del direttore dell'Istituito Sperimentale di Selvicoltura prof. Aldo Pavari validamente sostenuto dal dott. Ernesto Allegri e con la collaborazione dei servizi forestali di allora e anche di proprietari privati. Il successo parve immediato, ma l'impiego di una specie esotica incontrò forti perplessità. C'era chi diceva che i dati incrementali riferiti dal Pavari erano esagerati: di qui il nomignolo *Pavaria inflata.* Con maggiore serietà, prof. Giacobbe (1965, 1967, ecc.) ha espresso ripetutamente perplessità relative alle diversità di clima dell'Appennino rispetto ai climi dell'area originaria, cioè della costa del Pacifico fra Canada e California.

Oggi, il risultato positivo della sperimentazione può dirsi conclamato sia per quanto riguarda la produzione che per quanto riguarda l'adattamento al clima. Ne hanno dato un resoconto molto compiuto Ciancio, Mercurio e Nocentini (1981-82). Collateralmente Mario Cantiani, (1965), dopo avere misurato 115 aree di saggio anche fuori dai popolamenti sperimentali, aveva pubblicato una dimostrazione delle capacità produttive della specie molto sintetica, ma convincente e aperta a qualsiasi controllo.

L'ottimo di sviluppo si manifesta con l'accrescimento giovanile in altezza di 80 -120 cm all'anno fino ad arrivare a 35-40 metri di altezza media a 50 anni. All'età di 50 anni di età la douglasia verde cresce di 12-15 tonnellate di legno fresco per ettaro grossolanamente corrispondenti a 3-4 tonnellate di carbonio sequestrato. Nel Sistema Appenninico, l'ottimo si verifica fra 600 e 1200 m di altitudine e su suoli silicatici. Questa ultima condizione pesa non poco perché tende a escludere buona parte della porzione dell'Appennino che va dalle Marche-Umbria fino alla Basilicata. Le gelate tardive sono considerate un fattore avverso importante; però, in Italia, il solo luogo in cui si sono riscontrati gravi danni è il ramo pistoiese dell'alta valle del Fiume Reno, in un fondovalle noto per le sue basse temperature, comprovate dalla presenza di ruderi di antichi impianti per la produzione del ghiaccio naturale.

Fra le molte specie di conifere con cui la douglasia verde si unisce nella sua area d'origine solo *Chamaecyparis lawsoniana* ha avuto pari successo e una uguale ampia diffusione, sia pure come specie ornamentale. È un fatto che questa specie, condivide con la douglasia l'areale molto grande sviluppato nel senso da nord a sud. Tutte le altre specie: *Sequoia, Sequoiadendron, Abies grandis, Pinus lambertiana* ecc. hanno avuto minore successo.

Questo fa pensare che nello studio dell'introduzione delle specie esotiche, la corrispondenza fra i climi (di origine e di destinazione) riveste una importanza relativa perché il successo dell'introduzione dipende anche dalla

capacità di adattamento della specie. Di tale capacità sono indizi l'estensione dell'areale originario, la densità della presenza della specie nell'areale e la variabilità genetica individuale che si rende visibile nelle variazioni morfologiche da pianta a pianta (forma delle ramificazioni, spessore della corteccia, ecc.) e che meglio si accerta ricorrendo ai marcatori biochimici.

Nel verificare l'opportunità dell'introduzione della douglasia verde nell'Appennino si impone il confronto con l'Abete bianco.

La presunta molto maggiore produzione della douglasia verde, rispetto a quella dell'Abete, stando ai risultati del Cantiani (1965) dovrebbe essere ridimensionata per i seguenti motivi.

Primo: molte delle parcelle sperimentali della douglasia verde sono state poste su terreni straordinariamente fertili.

Secondo: a parità di volume l'Abete fornisce una maggiore resa in legname segato a causa delle minore rastremazione dei tronchi e a causa del minore spessore della corteccia; però l'estensione al tronco del marciume radicale cancella spesso, e gravemente, questo punto a favore (La Marca 1979).

Terzo: l'Abete, grazie al temperamento sciafilo, mantiene una maggiore densità del popolamento. Ma anche questo punto viene a cadere se si considera l'eventualità di cadute o disseccamenti di piante per cause parassitarie o meteoriche.

Si potrebbe concludere che i vantaggi dell'Abete bianco rispetto alla douglasia verde sono cancellati nell'incidenza delle malattie e degli schianti da vento o da neve pesante. Soprattutto, in Toscana, come in tutta l'Europa, i boschi di Abete bianco subiscono un continuo stillicidio di piante per lo sradicamento dei soggetti colpiti dal marciume radicale (*Heterobasidion annosum*) e per il disseccamento delle piante colpite da *Armillariella mellea*. Si aggiungono altre manifestazioni patologiche per cause non conosciute che sono note col nome di "morìa dell'abete bianco" (Hippoliti 1989).

Sulla crisi dell'abete bianco in Europa sono stati scritti fiumi d'inchiostro. Ha fatto epoca la notizia secondo cui, nell'ambito di una prova in Danimarca, tutte le provenienze europee sono morte tranne una che, neanche a farlo apposta, era la più meridionale: quella dell'Aspromonte (Larsen 1981). È un fatto riscontrato anche per altre specie: le popolazioni rimaste vicine al nucleo originario della diffusione nell'areale rimangono geneticamente più ricche e variabili, mentre le popolazioni che si sono formate a distanza si sono man mano impoverite durante la migrazione. Il fenomeno è chiaro per l'Abete rosso e stando agli studi di Larsen sarebbe più che confermato per l'Abete bianco tanto che la proposta di fare dell'Abete della Calabria una sottospecie a sé stante (Giacobbe, 1973) è oramai universalmente accettata.

Viene da concludere che in questo caso la specie indigena risulterebbe meno adattata all'ambiente della specie esotica.

Contro le specie esotiche si appunta, oggi, una nutrita campagna di propaganda animata dalla Società Botanica Italiana. Le specie arboree più ricordate sono il Ciliegio tardivo e soprattutto l'abominevole Ailanto. Sulla Robinia ci sono atteggiamenti di rassegnazione in relazione alla produzione di legna da ardere, ma bisognerebbe ricordare ai botanici anche l'ingente produzione di miele e la consistente azione di cattura del carbonio.

Per ciò che concerne le conifere di antica introduzione, da noi sono presenti il Cipresso e anche i Pini mediterranei che i Fenici usavano prelevare dalle pinete originarie per impiantarli attorno ai loro luoghi di approdo (Baradat e Marpeu Bezard, 1988, Giacomini 1968). Si può dire che nessuna di queste ha mai rivelato le capacità invasive oltre i limiti del popolamento, salvo caso mai il Pino marittimo e il Pino d'Aleppo in aree adiacenti devastate da incendi. Fra le specie di più recente introduzione solo limitate espansioni del *Pinus nigra* in pascoli limitrofi (Paci e Romoli, 1992).

Quanto all'inserimento della douglasia verde nel paesaggio vien da ricordare che in determinati ambienti l'abete odoroso d'America è stato diffuso a piante sparse dagli operai addetti agli impianti che volentieri prendevano qualche piantina per far vedere a parenti e vicini un abete che cresce un metro all'anno. Più significativo è il caso della Foresta di proprietà del Comune di Friburgo in Brisgovia dove la conifera esotica è conservata in esemplari sparsi alti 60 metri sopra un piano inferiore di abieti-faggeto alto la metà. Qui è stata organizzata una festa e alla douglasia verde è stato attribuito lo status di specie naturalizzata. (Burgbacher H. & Greve P. 1996).

Comunque niente paura. Le piantagioni in Italia sono solo poco più di 10.000 ettari e tanta è la probabilità che se ne facciano ancora quanta è la probabilità che ai botanici riesca di estirpare una popolazione di Ailanto.

BIBLIOGRAFIA

Baradat P., Marpeu-Bézard A. (1988): *Le pin maritime (Pinus pinaster Ait.)*, Biologie et génétique des terpénes, These a l'Université de Bordeaux, pp. 455-465.

Burgbacher H., Greve P. (1996): *100 Jahre Douglasienanbau im Stadtwald Freiburg*, «Allg. Fors Zeitschrift», 20, pp. 1109-1124.

Cantiani M. (1965): *Tavola alsometrica della Pseudotsuga douglasii in Toscana*, «Italia Forestale e Montana», XX (5), pp. 199-225.

Ciancio O., Mercurio R. e Nocentini S. (1981-82): *Le specie forestali esotiche nella selvicoltura italiana*, «Annali dell'Istituto Sperimentale di Selvicoltura», XII-XIII, pp. 326-490.

Giacobbe A. (1965): *Douglasia e abete bianco in Appenino*, «Italia Forestale e Montana», XX (5), pp. 226-228.
Giacobbe A. (1967): *La douglasia nell'Appennino*, «Annali Accademia Italiana Scienze Forestali», XVI, pp. 353-380.
Giacobbe A. (1973): *A proposito della var. apennina dell'Abies alba*, «Italia Forestale e Montana», 28 (1), pp. 30-32.
Giacomini V. (1968): *Un albero italico per il paesaggio italico. Pinus Pinea L*, «L'Italia Forestale e Montana», 23 (3), pp. 101-116.
Hippoliti G. (1989): *Sulle cause del deperimento delle abetine della Toscana*, «Annali Accademia Italiana. Scienze Forestali», 38, pp. 517-584.
La Marca O. (1979): *Indagini auxometriche e selvicolturali su abete bianco attaccato da Heterobasidion annosum*, «Annali Accademia Italiana Scienze Forestali», 28, pp. 17-42.
Larsen B.J. (1981): *Waldbauliche und ertragskundliche Erfarungen mit verschiedenen Provenienzen der Weisstanne (Abies alba)*, «Fortswiss. Centralblatt», 100 (3-4), pp. 247-396.
Paci M., Romoli G. (1992): *Studio sulla diffusione spontanea del pino nero sui pascoli del Passo dello Spino (AR)*, «Annali. Accademia Italiana di Scienze Forestali», XLI, pp. 191-226, ISSN:0515-2178.

Orazio la Marca*

Realtà e prospettive nella selvicoltura di impianto in Italia: il caso della douglasia *(Pseudotsuga menziesii var. menziesii)*

premessa

Prima ancora di introdurre l'argomento che ci siamo proposti di trattare, desideriamo richiamare l'attenzione sul grave problema economico che la selvicoltura, in particolare quella di impianto, sta attraversando nel nostro Paese.

L'Italia è famosa nel mondo per i risultati conseguiti nella vasta opera di rimboschimento avviata dopo il primo conflitto mondiale e completata negli anni sessanta del secolo scorso, anche in condizioni pedologiche molto difficili.

Degna di menzione è inoltre la selvicoltura di impianto eseguita con finalità preminentemente produttive:

a) un caso abbastanza frequente è rappresentato dalle pinete costiere di Pino domestico, coltivate per la produzione di pinoli; trattate a taglio raso con turni di 100-120 anni (Bernetti, 2015);

b) un altro, di antica tradizione, ancora oggi presente nelle vicinanze di numerosi monasteri, (Camaldoli, Vallombrosa, Monte Senario, Serra S. Bruno e tantissimi altri luoghi) è rappresentato dalle coltivazioni di abete bianco trattato a taglio raso e rinnovazione artificiale posticipata;

c) altre considerazioni meriterebbero le pinete di strobo e quelle di radiata, le prime impiantate per lo più nel nord dell'Italia, le seconde soprattutto in Sardegna. Ambedue le specie hanno potenzialità produttive veramente notevoli se impiegate nel loro *optimum* ambientale. Sulle potenzialità produttive del Pino radiata e sui problemi di gestione abbiamo già riferito in altra sede (la Marca e Ibba, 2001), sul Pino strobo si rimanda alla bibliografia specifica;

* *Università degli Studi di Firenze*

	1961	1991	2011
Costo della giornata/operaio	1	50	120
Prezzo della legna da ardere, al q	0,4	5	8
Prezzo del tondo da sega (abete r.), al m3	10	100	100
Prezzo di acquisto della motosega	100	600	1000

Tab. 1 *Costi e prezzi all'imposto, in € (dati orientativi) (Hippoliti, 2012)*

d) le pinete di Pino nero di origine artificiale rappresentano una caso particolare in quanto impiantate in quasi tutte le Regioni italiane da oltre un secolo, sia su terreni dotati di buone potenzialità, sia su terreni anche fortemente degradati in ragione dell'estrema rusticità di questa specie, nel quadro di vasti programmi di difesa del suolo. Si tratta in verità nella maggioranza dei casi di impianti destinati a rinnovarsi naturalmente con specie dell'orizzonte vegetazionale in cui si trovano.

Una parte non indifferente di questi rimboschimenti oggi versano in precarie condizioni colturali, vuoi per le difficili condizioni morfologiche che, talvolta, rendono improponibile qualsiasi opera di meccanizzazione, vuoi perché nel nostro Paese c'è stato un incremento dei costi degli interventi colturali del tutto sproporzionato rispetto al valore del legname.

Nel caso del legname di pino, salvo particolari realtà locali, possiamo dire che i prezzi sono del tutto crollati e anche i tronchi che una volta erano destinati agli imballaggi, oggi finiscono per alimentare in gran parte il mercato del legname da triturazione.

A una generalizzata crisi in questo settore si aggiunge non di rado un quadro normativo arretrato rispetto ai progressi conseguiti dalla meccanizzazione forestale e un'applicazione che, non di rado, comporta una lievitazione dei costi che indubbiamente non incoraggiano il settore.

Indicativa per gli aspetti sopra riportati è la tabella sulle variazioni dei prezzi di alcuni assortimenti legnosi e di attrezzature indispensabili al lavoro in bosco nonché dei costi della manodopera forestale, riportata da Hippoliti (2012) in occasione di una giornata che l'Accademia dei Georgofili ha dedicato ai problemi della selvicoltura delle faggete (tab. 1). Si tratta in effetti di un prospetto da aggiornare dato che oggi il tondame da sega di abete rosso raramente spunta prezzi che raggiungono i 50-60€ al metro cubo, mentre il prezzo della legna da ardere raramente supera i 6 € al quintale.

Nella figura 1 le variazioni dei prezzi del tondame da sega in Francia (da Julie, 2015). Si osservi un trend progressivamente decrescente fin dalla metà degli anni '70 del secolo scorso con una perdita del 50% circa del prezzo di mercato. Per la douglasia il *trend* relativo ai prezzi per metro cubo inizia dagli

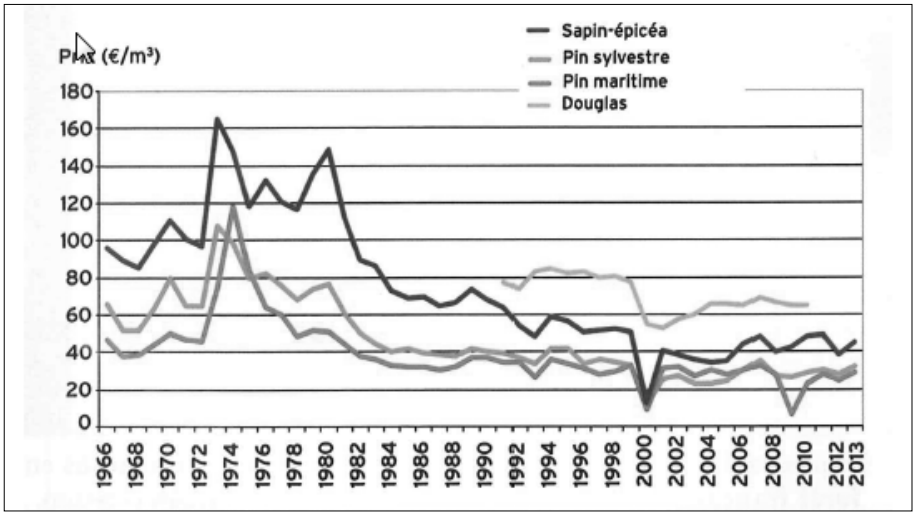


Fig. 1 *Variazioni del prezzo del tondame fino a 25 cm in punta sul mercato francese*

anni '90 del secolo scorso, è sempre superiore a quello dell'abete rosso pur avendo sostanzialmente lo stesso andamento.

Negli anni '60 del secolo scorso il costo di una giornata di lavoro di un operaio (comprensivo dei contributi) per un'azienda agricola italiana veniva coperto dalla vendita di circa 3 quintali di legna da ardere contro i circa 20 quintali di oggi.

Di contro se è vero che per tanti prodotti dell'agricoltura italiana si può fare appello a una produzione di qualità (vedi il settore agro-alimentare), questo sicuramente non è valido per tanti prodotti della selvicoltura. In quest'ultimo settore le leggi di mercato sono decisamente più rigide e, quello che non riusciamo a produrre a prezzi competitivi arriva sui nostri mercati da altri Paesi.

Nell'attuale realtà di mercato per le ragioni anzidette, per la crisi delle industrie di prima trasformazione del legname, per la mancanza di una filiera in questo settore, una parte non trascurabile dei nostri boschi soltanto di rado spunta valori di macchiatico positivi. Tra i punti di maggiore debolezza del nostro sistema di produzione si segnalano la mancanza di continuità delle produzioni (andamenti alterni), la scarsità delle quantità di legname da lavoro (fortemente insufficienti rispetto alle esigenze delle imprese di prima e seconda trasformazione), gli elevati costi delle utilizzazioni. Di contro l'offerta di legname dall'estero è molto spesso competitiva sia in termini di prezzi sia per la garanzia e la costanza delle forniture del legname.

Esaminiamo ad esempio una pineta, di quelle magari che hanno rappre-

sentato l'orgoglio dei forestali italiani per le difficili condizioni ambientali in cui si sono trovati a operare, oggi matura con una provvigione legnosa di tutto rispetto, supponiamo 500 m^3/ha. Nell'attuale realtà di mercato con il ricavato dalla vendita del legname difficilmente si riuscirà a coprire i costi della rinnovazione e delle prime cure colturali richieste in Toscana dalla normativa forestale. Il discorso cambia di poco se da una pineta si passa a un'abetina, i cui prodotti legnosi sono notoriamente più apprezzati dal mercato. Supponiamo che a 70 anni (età minima secondo la normativa forestale toscana per il taglio di maturità di un'abetina) in condizioni di buona fertilità si abbiano mediamente 600 m^3 per ettaro. Supponiamo ancora che le condizioni morfologiche del bosco e la dotazione in infrastrutture (vedi viabilità) siano buone. Raramente si riuscirà a spuntare un valore di macchiatico che superi 15-18000 €/ha. I costi di reimpianto e le cure colturali per almeno 5 anni oggi in Italia si avvicinano a 8-10.000 €/ha. A detti costi sono da aggiungere quelli di stima della massa legnosa, progettazione e direzione lavori (se richiesta), qualche Amministrazione chiede perizie asseverate sulla presenza della rinnovazione, i costi delle fidejussioni a garanzia per il reimpianto e le cure colturali dei primi anni[1].

Se infine dovessero ritenersi necessarie recinzioni a tutela delle giovani piantine dal morso della fauna selvatica o, peggio ancora, l'acquisto e la posa in opera di *shelter* per difendere singole giovani piante da eventuali danni da fauna ungulata, il costo per ettaro si raddoppierebbe.

Nella più rosea prospettiva un magro guadagno che, sicuramente, non ha ripagato il proprietario di tutte le spese sostenute per l'impianto, per gli interventi colturali a macchiatico negativo, per imposte, sorveglianza, ordinaria gestione del bosco, rischio di impresa, per tutta la durata del ciclo produttivo.

Tenuto conto che da un'analisi piuttosto accurata delle voci di bilancio che entrano in gioco ci si imbatte in costi difficilmente comprimibili, si ritiene che le poche prospettive economicamente sostenibili potrebbero interessare:

– da un lato lo studio di algoritmi colturali che contemplino la rinnovazione naturale e, quindi, il passaggio da un modello classico di arboricoltura da legno a quello di un ecosistema forestale vero e proprio. Si tratta comunque di un discorso non proprio semplice, soprattutto se si considera che nel nostro Paese ormai da tempo non si investe più in questo tipo di ricerca;

[1] Di recente per un'autorizzazione di un taglio a raso di un'abetina matura, sono stati richiesti in Toscana fidejussioni a garanzia dell'imboschimento e delle cure colturali per oltre 20.000,00 €/ha, in qualche caso di 25.000 €/ha. Una somma che si ritiene esagerata, che finisce per caricare di inutili oneri il magro bilancio di un'azienda forestale, un atteggiamento sintomatico dello scollamento tra alcuni uffici della pubblica amministrazione e l'imprenditore privato.

– dall'altro una revisione della normativa forestale per quanto riguarda in generale la semplificazione delle procedure, il contenimento dei costi a carico di tutte le figure economiche coinvolte nel processo produttivo, l'adeguamento della normativa alle esigenze di una moderna selvicoltura e alla meccanizzazione delle operazioni forestali, sostenibile dal punto di vista economico e ambientale;
– infine l'adozione di provvedimenti efficaci al contenimento della fauna selvatica entro i limiti della sostenibilità nel rispetto delle attività produttive e nel rispetto dell'ambiente dal degrado.

LA COLTIVAZIONE DELLA DOUGLASIA NEL NOSTRO PAESE

Un discorso a parte merita la coltivazione della douglasia in Italia, se non altro per le produzioni che è in grado di dare, per la buona resilienza di questa specie nei confronti delle patologie, per il fatto che non è appetita dalla fauna selvatica, anche se danni di un qualche rilievo, in relazione alle densità di fauna presente, possono verificarsi.

L'introduzione della douglasia nel nostro Paese è abbastanza recente. Nel periodo dominato dalle grandi colonizzazioni delle nuove terre, era abbastanza frequente l'importazione nei Paesi del vecchio continente di piante e semi che, nel caso delle specie forestali, avevano per lo più una destinazione ornamentale.

Il nome, come riferisce anche Bernetti (2015), si deve all'esploratore Archibald Menzies, un chirurgo che divenne un famoso botanico e che descrisse questa specie alla fine del 1700, e a David Douglas che nel 1827 inviò a Londra i primi semi di questa specie, destinata a diffondersi in tutta l'Europa.

In Italia la prima introduzione si fa risalire al 1858 nel "Pinetum di Moncioni" a Montevarchi, in Provincia di Arezzo, un'importante collezione botanica di circa tre ettari ubicata nella Villa Gaeta del Poggiolo Moncioni. Piante di douglasia sono state introdotte nel Parco di Brolio (Siena), e in altri Parchi sulle rive dei laghi Maggiore e di Como. Le prime parcelle sperimentali furono impiantate a Vallombrosa (1890), in alcune foreste demaniali del Trentino, dell'Alto Adige, del Friuli. Nel 1909 i primi impianti a scala non più sperimentale a Bivigliano e a Masseto (Tarchiani, 1996).

Un progetto organico per arricchire con l'introduzione di nuove specie i nostri boschi, sottoposti a una forte pressione antropica vuoi per la popolazione in forte espansione nel XX secolo, vuoi per lo sviluppo del settore industriale che richiedeva sempre maggiori risorse energetiche, fu realizzato

Fig. 2 *U.S. Geological Survey - Digital representation of "Atlas of United States Trees" by Elbert L. Little. Area di indigenato della douglasia*

in Italia nei primi decenni del 1900 e fu preceduto da uno studio sulle affinità ambientali delle specie da introdurre tra le zone di origine e le zone del nostro Paese che avrebbero ospitato le nuove specie.

Responsabile del suddetto progetto, alquanto articolato, fu Aldo Pavari, formatosi a Tharandt alla Scuola di Heinrich Mayr, autore nel 1906 degli studi sulle fasce climatico-vegetazionali in Germania. Pavari, per contenere al massimo il rischio di insuccessi fece precedere questa introduzione dalla costituzione di parcelle sperimentali, di modeste dimensioni, *in ambienti analoghi* a quelli dell'areale della zona di indigenato.

Successivamente furono progettati impianti pilota di maggiori dimensioni che ebbero lo scopo di veri e propri campi dimostrativi cui fecero riferimento sia i ricercatori e, soprattutto, gli imprenditori, per investimenti a scala di impresa.

Il programma durò oltre un decennio, furono impiantate parcelle sperimentali con oltre 120 specie, di cui soltanto poche hanno fornito risultati degni di interesse per finalità produttive. Tra queste ricordiamo *in primis* la douglasia, poi il pino insigne, il pino strobo, alcuni eucalipti, la quercia rossa.

In Italia i migliori risultati si ottennero con le provenienze di douglasia dall'Oregon e dallo Stato di Washington.

Fin dai primi esiti degli impianti eseguiti a scopo sperimentale, la douglasia si dimostrò subito una specie che ben si era adattata soprattutto nella fascia fitoclimatica del *Castanetum freddo* e del *Fagetum caldo*, con digressioni in senso altitudinale in presenza di microstazioni fresche e umide del *Castanetum caldo* e anche del *Lauretum freddo*. Come faceva notare lo stesso Pavari (1958), le suddette condizioni possono ritrovarsi in Italia nella zona alpina e prealpina e in un vasto territorio dell'Appennino.

Impianti di douglasia a scala produttiva si rinvengono ormai in tutta l'Italia. Mercurio e Minotta (2000) hanno stimato in 20.000 ha le superfici presenti nel nostro Paese. Dall'Inventario Forestale Nazionale (2005) risulterebbero circa 2500 ha, con un errore statistico molto elevato. La Regione Toscana (2009) in una indagine di dettaglio condotta sui rimboschimenti riporta più di 3600 ettari di douglasia, in parte misti ad altre specie. L'inventario forestale della Regione Toscana riporta oltre 5000 ha di boschi puri di douglasia e circa 2000 ha di boschi misti.

L'altra Regione che detiene importanti superfici impiantate con douglasia è la Calabria che, secondo il Piano regionale forestale, ammontano a 4.000 ha.

Tra i fattori limitanti di ordine climatico sono da segnalare le basse temperature primaverili, le stazioni con abbondanti nevicate, quelle interessate da fenomeni di galaverna o gelicidio, come pure le alte temperature, la siccità estiva e l'esposizione ai venti di tramontana. Quest'ultimo fattore può provocare fenomeni localizzati di disseccamento della parte di chioma esposta ai venti freddi.

L'azione del vento si manifesta in maniera alquanto evidente con sradicamenti e schianti, soprattutto se associati a fenomeni di gelicidio, a sovraccarichi di neve oppure *a rapporti di snellezza* (H/D) oltre 85-90 dovuti all'eccessiva densità (la Marca, 1983).

La douglasia si è manifestata particolarmente sensibile a problemi di asfissia radicale su suoli idromorfi o semplicemente a seguito di allagamenti del terreno, anche temporanei. In questi casi si verificano frequenti morìe che consigliano di provvedere tempestivamente alla regimazione delle acque superficiali anche di fossi con modeste portate idriche nella sola stagione delle piogge.

In stazioni caratterizzate da solette di lavorazione conseguenti ad arature poco profonde ripetute nel tempo (terreni ex coltivi a lungo arati a basse profondità utilizzando gli animali come forza motrice) la douglasia ha mostrato apparati radicali poco profondi, quindi con piante predisposte a sradicamenti in conseguenza di sollecitazioni da vento.

Per quanto riguarda i terreni, esattamente come avviene per un'ampia fascia della zona di indigenato della douglasia, vedi Monti della costa e Oregon, la douglasia predilige i terreni che derivano dalle arenarie eoceniche consociate in varia misura a scisti siliceo-argillosi oppure siliceo-calcareo-argillosi che danno origine a terreni sciolti o di medio impasto generalmente a reazione neutra, acida o sub-acida. La douglasia fornisce ottimi risultati su terreni vulcanici mentre rifugge dai terreni argillosi, compatti, mal drenati che in inverno diventano asfittici (Pavari, 1958).

I terreni su matrice calcarea non rappresentano l'optimum per la douglasia anche se, da un'esperienza condotta personalmente, è stato possibile appurare che sono sufficienti pochi decimetri di terre brune su substrato di origine calcarea con elevate percentuali di argilla per avere impianti con buoni accrescimenti (la Marca et al., 1998)

La douglasia ha notoriamente un areale molto ampio, soprattutto nel senso della latitudine, per questo, in relazione alle condizioni ambientali delle zone di introduzione, si presenta alquanto plastica. Per questo, in sede di progettazione di impianti artificiali, risulta importante prestare una particolare attenzione alle provenienze del materiale vivaistico.

I primi rapporti sull'esito dell'introduzione della douglasia in Italia si debbono a Pavari e De Philippis nel 1941, cui hanno fatto seguito i rapporti ventennali a opera di Allegri (1962) e di Ciancio et al. (1981-82). Si tratta di relazioni puntuali riferite per lo più agli impianti sperimentali effettuati da Pavari.

Ulteriori contributi conoscitivi all'adattamento della douglasia in Italia si

Foto 1 *Pianta sradicata dal vento. Si osservi l'andamento plagiotropo delle radici e la loro scarsa profondità. La pianta aveva un diametro a m 1,30 di 40 cm e un'altezza di circa 35 m*

debbono a Morandini (1958), a Susmel (1962) e a Giacobbe (1965 e 1967). Quest'ultimo in verità non vedeva di buon occhio l'introduzione della conifera americana.

Il primo studio organico sulla produttività di questa specie in Italia, compresa un'analisi comparativa sulla produttività nell'area di indigenato e nei principali Paesi europei che avevano introdotto la douglasia in impianti di arboricoltura da legno, si deve a Cantiani (1965) che, in occasione della costruzione della tavola alsometrica per la douglasia in Toscana, introdusse importanti applicazioni di carattere metodologico che hanno rappresentato la base della formazione di generazioni di forestali nel nostro Paese. Il confronto tra popolamenti di abete bianco e di douglasia in Italia, localizzati in stazioni ritenute analoghe, chiarì definitivamente la superiorità produttiva della douglasia sull'abete bianco quando le due specie vegetano in purezza. Nel confronto delle capacità produttive tra la douglasia e l'abete bianco in impianti misti il suddetto divario è ancora più evidente in quanto la douglasia domina sulla specie concorrente fin dai primi anni di età esercitando in questo modo una notevole concorrenza ai danni dell'abete bianco.

Lo studio alsometrico sulla douglasia di Cantiani comprende infine un confronto tra le tavole alsometriche della douglasia negli Stati di Washington e dell'Oregon (mc Ardle et al., 1930), in Gran Bretagna (Hummel e Christie,

Foto 2 *La foto riproduce chiome di piante cresciute sul bordo di una strada e, contemporaneamente, sul bordo di una tagliata a raso. Si osservino le chiome delle piante di margine e quelle interne al popolamento coltivato a densità eccessiva*

1953), in Germania (Kanzow, 1937; Wiedemann e Schober, 1957), in Francia (Pardé, 1956). Nel corso del suddetto confronto Cantiani attribuisce la superiorità produttiva della douglasia che vegeta in Italia anche alla maggiore durata del periodo vegetativo rispetto ai Paesi esaminati.

Altri contributi degni di nota su questa nuova specie introdotta in Italia sono di Merendi (1965), Cristofolini (1965) e Giacobbe (1965). In tempi più recenti ricordiamo alcuni lavori sull'effetto di diradamenti sull'accrescimento in volume e sulla stabilità delle piante alle sollecitazioni da neve e vento la Marca (1984), (la Marca e Piegai, 1985), Ciancio et al. (2008).

Un importante contributo allo studio del periodo vegetativo della douglasia in rapporto ad altre specie sia indigene sia esotiche, radicate nello stesso ambiente, è stato pubblicato da Cantiani (1978).

La douglasia si è manifestata poco socievole negli impianti misti ad altre specie a causa della tendenza a sopraffare la specie consociata se quest'ultima è mista per piede d'albero o per filari. In un caso di consociazione con ontano

napoletano sull'Appennino pistoiese è stato osservato che la douglasia è stata aduggiata dalla suddetta latifoglia per effetto del rapido accrescimento giovanile dell'ontano. In questi casi la latifoglia può causare danni meccanici alla freccia apicale della douglasia che, di conseguenza, diviene policormica e non riesce a raggiungere il piano dominante.

Gli schianti, già denunciati da Pavari nelle sue primissime pubblicazioni sulla douglasia, giustamente attribuiti a stati di eccessiva densità, hanno costituito la base degli studi condotti sulla rottura del tronco causata da sollecitazioni per eventi atmosferici. Quando la douglasia viene coltivata a densità eccessive, oltre ad avere un rapporto ipsodiametrico che eccede i valori critici stabiliti da la Marca (1983), prima di soccombere nella lotta per la conquista di uno spazio vitale, riduce la quantità di chioma verde a un modesto intervallo localizzato nella parte apicale. Ciò accentua l'instabilità strutturale delle piante che vedono il centro di applicazione delle forze in caso di sollecitazioni da neve e/o vento su una sezione piccola ubicata per lo più nel terzo superiore del fusto.. A tale riguardo, in accordo con la letteratura internazionale, sono emerse correlazioni alquanto strette tra gli schianti, le altezze raggiunte dalle piante, diametri a m 1,30 (rapporto di snellezza h/d) e le percentuali di chioma (la Marca, 1983).

Sulla base delle osservazioni che furono fatte dai principali studiosi della douglasia (Cantiani, 1965), delle difficoltà economiche a eseguire diradamenti in età giovanissima e degli studi sul rapporto di snellezza sopra citato, è emersa anche l'opportunità di diminuire la densità di impianto della douglasia che all'epoca della sua introduzione in Italia faceva riferimento a 2500 piante per ettaro e, in taluni casi, anche più. Merendi (1965) riferisce che la famosa part. 90 di Vallombrosa fu impiantata nel 1914 con 3000 piante per ettaro.

In Italia alcuni impianti estensivi risalgono agli anni '60 del secolo scorso per la produzione di cellulosa. Successivamente, a seguito del fallimento delle cartiere proprietarie, detti impianti sono stati convertiti alla produzione di legname da opera e materiale per il mercato delle biomasse.

LA DENSITÀ DI IMPIANTO E DI COLTIVAZIONE DELLA DOUGLASIA

Il problema della densità di impianto e di coltivazione della douglasia è già stato affrontato in Italia per il fatto che i primi impianti erano molto fitti e, pertanto, necessitavano di diradamenti precoci e frequenti, oppure erano impostati con l'obiettivo di adottare turni molto brevi, indicati per ottenere

pasta per cellulosa. La crisi della paleria minuta sia in agricoltura che nell'edilizia e l'aumento dei costi di utilizzazione hanno finito per rendere sempre più rari i diradamenti in tutti quei casi in cui risultavano antieconomici, con conseguente aumento dei rischi di schianti per eccesso di "snellezza". In conseguenza di quanto sopra sono state proposte densità di impianto e di coltivazione molto diverse da quelle tradizionali per le conifere.

Si è passati così da impianti con 2500 piante a ettaro (distanze 2x2 m), talvolta anche più, a impianti con 1600, 1100, 952, 833 piante per ha, corrispondenti a sesti in quadro o rettangolari e distanze rispettivamente di 2,5x2,5 -3x3- 3x3,5- 3x4 m. Risalgono a questa situazione i primi diradamenti geometrici o misti (geometrici+selettivi sui filari residui), con combinazioni sulla frequenza dei filari da abbattere adattate, caso per caso, in relazione ai mezzi di esbosco e all'allestimento degli assortimenti.

I rapporti della ricerca sugli impianti arborei a differente densità forniscono utili riferimenti soprattutto per quanto riguarda le produzioni in termini di masse legnose e, talvolta, anche in assortimenti mercantili. Manca invece nel nostro Paese un'analisi comparativa riferita all'intero ciclo produttivo sui moduli colturali che è possibile adottare negli impianti di douglasia per valorizzare al meglio le produzioni legnose sia in termini quantitativi sia qualitativi. In Italia i tentativi di valorizzare le produzioni legnose con potature dei primi 6-10 metri di fusto sono rimasti confinati nell'ambito di prove sperimentali sostanzialmente per mancanza di un mercato in grado di apprezzare e remunerare adeguatamente gli assortimenti così migliorati nella qualità Baldini e Nardi Berti (1974), Baldini e Nardi Berti (1978).

MATERIALI E METODI

La ricerca si basa su un'indagine più che trentennale condotta dapprima sulla produttività della douglasia in rimboschimenti ubicati in Toscana a differente densità di impianto, successivamente in impianti ubicati in Romagna sottoposti a differenti modalità e intensità di diradamento (sono stati messi a confronto diradamenti geometrici con diradamenti di tipo basso) (la Marca e Piegai, 1985) Altre zone di studio sono state, la Basilicata, il Molise, la Puglia, il Lazio.

In generale si è operato su aree di saggio permanenti della superficie di 2000 m^2, laddove era possibile le aree sperimentali sono state sottoposte a diradamenti e monitoraggio per un periodo fino a circa 30 anni riguardante: la crescita, la mortalità naturale, gli schianti a opera di agenti meteorici, l'evo-

luzione delle curve ipsometriche e del rapporto di snellezza, come definito da la Marca (1983). Un contributo significativo all'azione di monitoraggio e allo studio delle caratteristiche dendrometriche della douglasia è stato possibile in occasione di tesi di laurea e di dottorato (Lopez, 1986; Forteleoni, 2012; Tomaiuolo, 1995; Grazzini, 2015; Iacono, 2016).

Ulteriore materiale di studio è costituito da un campionamento probabilistico condotto nell'Azienda Podernovo, adiacente alla Foresta di Vallombrosa, che ha interessato 60 aree di saggio di età compresa tra 43 e 51anni. Su di un campione di esse si è proceduto allo studio della crescita sia con il metodo delle differenze di tariffa, sia dell'analisi del fusto. Nelle suddette aree di saggio e in aree mature o prossime alla maturità nelle foreste demaniali di Rincine e Vallombrosa sono stati abbattuti e misurati per sezioni un centinaio di alberi modello successivamente utilizzati per la costruzione di una tavola di cubatura a una entrata[2].

Il metodo seguito per la costruzione della tavola di produzione è quello proposto da Hummel e Christie (1953), già utilizzato da Cantiani nello studio alsometrico del 1965, basato sulle relazioni allometriche altezza dominante/età (Hd/età) e volume cormometrico per ha/ altezza dominante (Vol./Hd).

Il rapporto proporzionale per differenziare le curve di produzione in funzione della fertilità è stato ottenuto all'età base di 45 anni, abbondantemente rappresentata nel campione esaminato.

Un'indagine esplorativa condotta su piante di diametro medio in soprassuoli ritenuti maturi secondo il turno più adottato in Toscana (circa 45 anni) ha interessato:

- la stima del volume delle piante con corteccia per sezioni distanti 1 metro previa misurazione di due diametri in croce con il metodo di Heyer su tre piante aventi rispettivamente diametri di 42,1; 44,5 e 36,4 cm e altezze di 31,5; 31,8 e 31 m;
- la stima della densità del legno del fusto e dei rami con corteccia allo stato fresco è stata determinata in laboratorio previa pesata di un campione di rami e, per quanto riguarda il fusto, di tutte le sezioni trasversali, prelevate a 0 metri, a 1,30 m e poi ogni 2 metri fino all'altezza di 25,3 m sulle tre piante di cui sopra, con bilancia elettronica e silometro da laboratorio;
- la stima del volume della corteccia previa misurazioni sulle sezioni trasversali prelevate come sopra specificato. Le misurazioni dello spessore della corteccia su tutte le sezioni di cui sopra sono state ricavate con metodo geometrico dividendo ogni sezione in settori circolari;

[2] Si ringrazia l'UTB di Vallombrosa e il laureando Venturi per la collaborazione prestata.

– la densità della corteccia allo stato fresco è stata determinata staccando fisicamente la corteccia con scalpello e martello da un settore circolare delle sezioni sopra indicate;
– il peso del legno e della corteccia è stato determinato con bilancia elettronica;
– il volume del legno e della corteccia è stato determinato con il metodo di Archimede;
– la stima della densità basale (peso secco/volume fresco) del legno e della corteccia è stata determinata previa disidratazione in stufa ventilata dei campioni sopra riferiti fino a peso costante.

La stima delle parti legnose della chioma a maturità è stata ottenuta previo abbattimento e pesata dell'intera chioma di 3 piante aventi diametri rispettivamente di 42; 43 e 44 cm e altezze 35,5; 37 e 38 m. Successivamente su di un sottocampione di chioma variabile tra 16 e 26 Kg è stata stimata la componente non legnosa (aghi e apici vegetativi) separando direttamente in bosco e ripesando separatamente la componente legnosa e non legnosa;

RISULTATI

Le produzioni legnose e la densità di impianto

Dalle esperienze maturate nell'ambito di impianti comparativi a differente densità di impianto, oltre agli aspetti strettamente economici, che hanno valore relativamente al periodo in cui sono state effettuate le analisi, emerge una produzione legnosa che nel periodo giovanile è marcatamente a favore degli impianti più densi, con l'avanzare dell'età, già intorno ai 40-45 anni le differenze in termini di massa corrente tendono ad annullarsi.

A 15 anni, un impianto eseguito con 2500 piante per ettaro ha fatto registrare rispettivamente circa 1/4 e 1/3 di volume in più rispetto a quello presente in situazioni analoghe con 952 e con 833 piante per ha. Già prima dei 40 anni le suddette differenze, considerando un diradamento di tipo basso e di intensità moderata in tutte le parcelle sperimentali, si sono praticamente annullate. Gli impianti più densi però hanno subìto una selezione più massiccia per mortalità naturale e per schianti dovuti a eventi meteorici, inoltre hanno fatto registrare diametri medi inferiori agli impianti radi (circa-25%). Negli impianti più radi le perdite per autodiradamento si sono attestate intorno al 5% delle piante poste a dimora. Inoltre si è potuto costatare che si è trattato per lo più di fallanze avvenute nei primissimi anni dopo l'impianto.

Negli impianti con circa 952 piante per ettaro, fino all'età di 30 anni, gli schianti hanno rappresentato eventi del tutto eccezionali. In mancanza di potature i rami, pur essendo morti, sono rimasti attaccati al fusto fino al suolo in ambedue le situazioni, con l'aggravante che negli impianti più radi i rami avevano dimensioni diametriche più grandi rispetto agli impianti più densi.

Gli impianti effettuati a maggiore densità hanno richiesto però diradamenti precoci, prima di 20 anni dall'impianto. L'aumento delle distanze tra le piante ha comportato la possibilità di procrastinare il primo intervento e di ottenere con i tagli intercalari piante di maggiori dimensioni diametriche e volumetriche. Questo, oltre a un risparmio nella fase di impianto e di prime cure colturali, ha determinato un aumento della produttività del lavoro negli interventi di diradamento, una minore incidenza delle masse legnose che costituiscono gli scarti della lavorazione rispetto al volume commerciabile, maggiori possibilità di collocare il prodotto intercalare sul mercato.

C'è da dire però che, persistendo i turni attuali intorno ai 40-45 anni, si hanno scarse possibilità di plasmare il soprassuolo con gli interventi selvicolturali e ottenere gli assortimenti potenzialmente ritraibili. Tanto più che nel suddetto lasso di tempo con impianti radi si finisce per realizzare un solo diradamento prima del taglio di maturità, in presenza di impianti densi i diradamenti diventano ordinariamente due, raramente tre. Sempre comunque pochi per ottenere assortimenti sostanzialmente differenti in funzione del tipo di trattamento praticato.

Per fare ciò, sull'esempio di quanto avviene oltre le Alpi, il turno non può essere inferiore ai 60-65 anni e i diradamenti finalizzati all'ottenimento di assortimenti di qualità, accompagnati da eventuali potature sulle piante di avvenire, non possono essere meno di 5-6 durante l'intero ciclo produttivo.

La mortalità naturale e gli schianti

La mortalità naturale aumenta all'aumentare della densità dei popolamenti. In presenza di popolamenti con densità di impianto superiori a 2000 piante per ettaro, in mancanza di diradamenti precoci e frequenti il rischio di schianti delle piante fino, in alcuni casi, alla totale distruzione del soprassuolo, è concreto. L'aumento delle distanze di impianto consente di procrastinare i diradamenti e di ridurli numericamente a seconda del turno che viene adottato. In presenza di impianti con circa 1100 piante per ettaro (sesto in quadro a m 3x3), su terreni di buona fertilità è possibile procrastinare il primo diradamento fino a circa 30 anni e contenere la mortalità

naturale entro il limite del 5-6%, corrispondente per lo più alle fallanze nei primi anni dopo l'impianto. Negli impianti aventi la suddetta densità, se non si interviene con potature artificiali, i rami secchi persistono fino alla base delle piante. Con sesti di impianto in quadro e distanze di 3x3 m gli schianti entro i 30 anni di età hanno manifestato un'incidenza del tutto trascurabile.

Il diametro medio, il diametro dominante, il volume

Il diametro medio delle piante in popolamenti giovani risente della densità di impianto nel senso che aumenta all'aumentare della distanza di impianto (la Marca, 1984). Con il passare degli anni, a parità di fertilità, sia in presenza di tagli intercalari, sia in assenza di essi, le suddette differenze persistono in quanto persistono le differenze di densità dovute alle distanze di impianto e al trattamento selvicolturale. È difficile infatti che con turni di circa 40 anni e con un paio di tagli intercalari si possano uniformare le densità di impianto di soprassuoli eseguiti con un numero di piante le cui variazioni possono superare il rapporto di 1:2. Pertanto gli impianti maturi eseguiti a densità tradizionali (> 2000 piante per ettaro), costante la fertilità, hanno distribuzioni diametriche che, per l'intera durata del ciclo produttivo, risentono della densità di impianto. Il diametro dominante in soprassuoli giovani è risultato correlato positivamente alla distanza tra le piante, in soprassuoli adulti è risultato scarsamente correlato alle densità più alte mentre per le densità basse permane una correlazione positiva. In accordo con numerosi studi condotti a questo riguardo (Bartoli, 1971; Bartoli e Decourt, 1971; Thonon, 1963; Bramble et al., 1949; Harms e Collins, 1965; Byrne e Bramble, 1955; la Marca, 1984; Ciancio et al., 2008) anche l'area basimetrica e il volume per ettaro risentono della densità di impianto nel senso che la produzione aumenta all'aumentare del numero di piante poste a dimora. Per quanto sopra detto si ha quindi che gli impianti eseguiti con un maggiore numero di piante producono più di quelli eseguiti con un numero inferiore, le differenze risultano molto marcate in giovane età, mentre si assottigliano all'aumentare dell'età con tendenza ad annullarsi. Gli impianti densi richiedono interventi intercalari molto precoci, spesso a macchiatico negativo, forniscono assortimenti di dimensioni inferiori a quelli realizzati a minore densità ma, in un mercato attento alla qualità del prodotto, potenzialmente possono fornire assortimenti di migliore qualità rispetto agli impianti radi a condizione però di un generale allungamento dei turni.

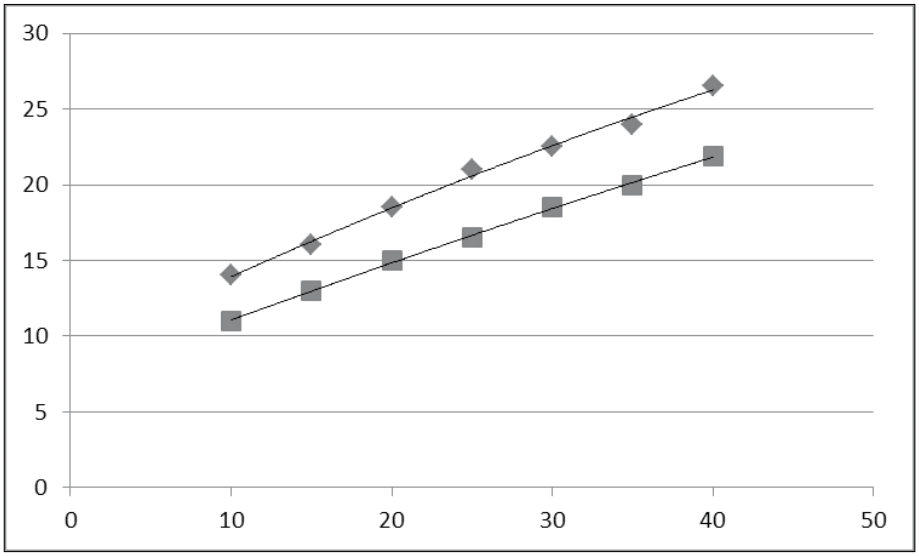


Fig. 3 *Il grafico (con le altezze in metri in ordinata e i diametri in centimetri in ascissa) riporta due curve ipsometriche di impianti eseguiti a differente densità di impianto aventi la medesima età*

L'ALTEZZA MEDIA, L'ALTEZZA DOMINANTE, LE CURVE IPSOMETRICHE

Negli impianti giovani eseguiti a distanze tra loro molto differenti la concorrenza tra le piante dello stesso soprassuolo avviene precocemente se la distanza è ravvicinata, al contrario è posticipata nel tempo al crescere della spaziatura tra le piante. Quanto sopra, se è vero che ha scarsa influenza sullo sviluppo dell'altezza delle piante, è certo che ha un'influenza diretta e positiva sullo sviluppo diametrico all'aumentare della distanza tra le piante. Quando si procede al confronto delle altezze medie (corrispondenti a piante che hanno diametro medio di area basimetrica) bisogna ammettere che il confronto interessa piante di differenti dimensioni diametriche. Gli impianti eseguiti con un maggior numero di piante per ettaro hanno notoriamente un diametro medio di area basimetrica più piccolo rispetto a quello di impianti eseguiti con un minor numero di piante per ettaro. Pertanto se si analizzano curve ipsometriche di impianti che hanno la stessa età, ma impiantate e/o coltivate a differente densità e si trova che le altezze medie sono tendenzialmente uguali, vuol dire che le curve ipsometriche si dispongono una sull'altra. Per quanto sopra specificato la curva ipsometrica che nel confronto si dispone al di sopra appartiene a impianti a maggiore densità.

Se il confronto viene effettuato sul diametro medio, certamente le suddette differenze, oltre che fuorvianti, possono risultare attutite, se non del tutto celate. Le differenze di altezza a parità di diametro, piuttosto pronunciate in soprassuoli giovani, tendono ad attenuarsi con l'avanzare dell'età.

Il confronto delle altezze dominanti, ovvero del valore medio delle altezze delle 100 piante di maggiori dimensioni diametriche per ettaro, in impianti eseguiti a differente densità, entro certi limiti, è soggetto alle stesse critiche espresse per le altezze medie. In effetti le altezze dominanti, rispetto alle altezze medie, sono molto meno influenzate dalla densità di impianto e/o di coltivazione.

Le critiche nella pratica sono quindi giustificate relativamente agli impianti il cui divario di densità è notevole. Negli altri casi è risultato che le altezze dominanti sono poco influenzate dalla densità.

Per il rapporto di snellezza (h/d) vale quanto sopra riferito per le curve ipsometriche (e non poteva essere diversamente dato che il rapporto di snellezza si fonda sugli stessi valori della curva ipsometrica). Pertanto le variazioni del rapporto h/d risentono notevolmente della densità di impianto e di coltivazione soprattutto nella fase giovanile. Atteso il suo valore predittivo, per quanto riguarda l'incidenza degli schianti causati da eventi meteorici (valori critici intorno a 85-90), è possibile assicurare maggiore stabilità ai soprassuoli con diradamenti tempestivi in modo da stimolare la crescita diametrica e, indirettamente, tenere sotto controllo l'aumento del rapporto h/d entro i valori critici definiti sperimentalmente da la Marca (op. cit) per la douglasia.

IL VOLUME UNITARIO

Il volume unitario delle piante cresciute a differente densità, a parità di diametro è più basso nel caso di impianti radi rispetto a impianti densi. Ciò si verifica per la concomitanza di due fattori:

- la maggiore altezza delle piante che vengono coltivate a densità elevate;
- una più pronunciata rastremazione del fusto delle piante cresciute rade rispetto a quelle cresciute a maggiore densità (quindi un basso coefficiente di riduzione).

Un altro fattore che emerge confrontando i profili medi dei fusti di piante fino all'età di 20 anni circa cresciute a densità differenti riguarda la brusca variazione del diametro del fusto di piante impiantate con sesto a rettangolo e distanze a m 3x4 in corrispondenza dei palchi annuali di crescita longitudinale. Le piante cresciute a maggiori densità, alla medesima età hanno, invece, profili più regolari. Le suddette differenze si attenuano con l'avanzare dell'età.

LA TAVOLA DI PRODUZIONE E LA TAVOLA DI CUBATURA A UNA ENTRATA

La tavola della produzione reale (le aree campioni non erano caratterizzate da densità normale) si basano sulle relazioni allometriche Altezza dominante/

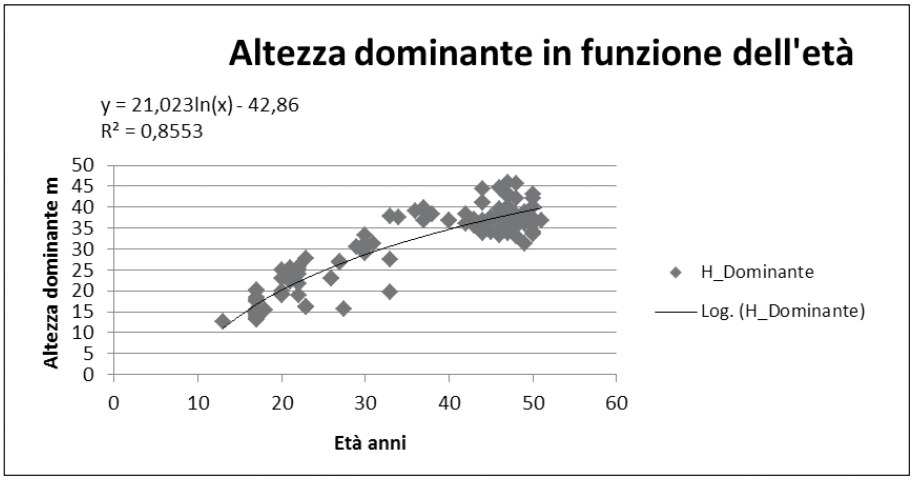


Fig. 4 *Relazione Altezza dominante (HD)/ Età dei soprassuoli (E)*

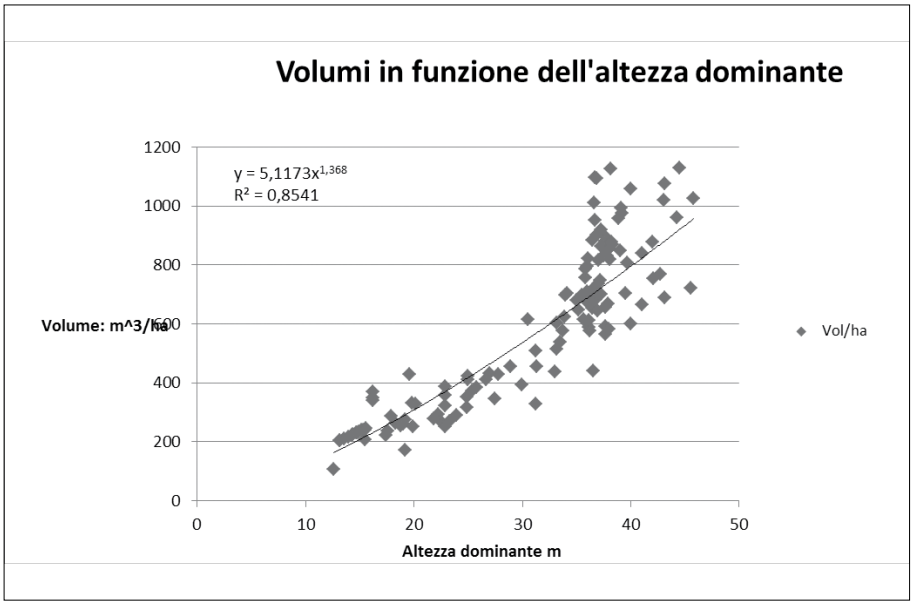


Fig. 5 *Relazione Volume per ha (Vha) Altezza dominante (Hd)*

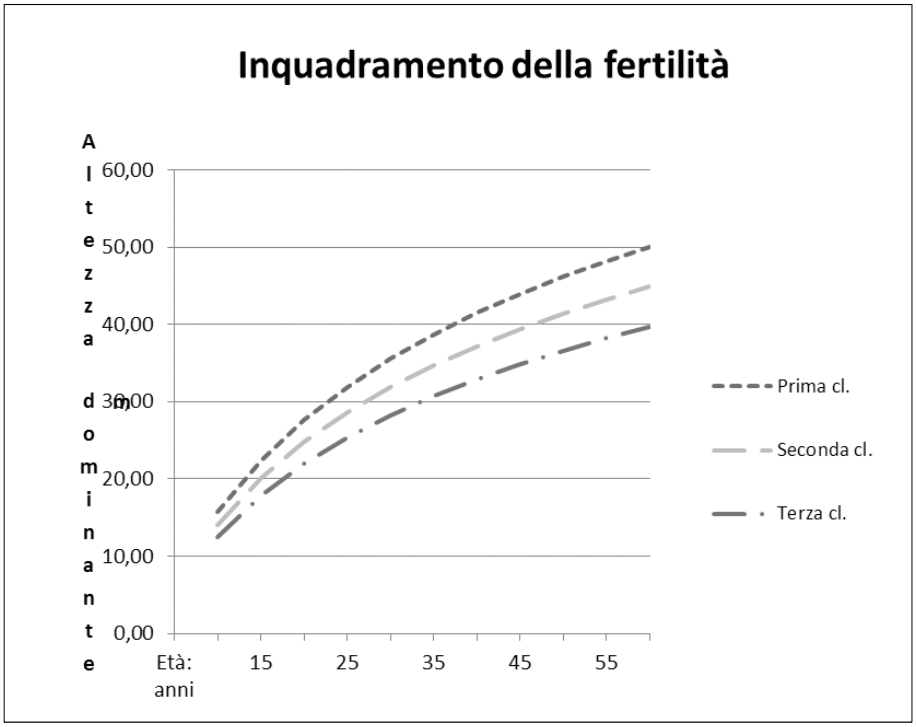


Fig. 6 *Relazione altezza dominante (Hd) – età (E) per classi di fertilità*

				PRIMA CL.	SECONDA CL.	TERZA CL.
ETÀ: ANNI	PRIMA CL.	SECONDA CL.	TERZA CL.	VOL HA^{-1}	VOL HA^{-1}	VOL HA^{-1}
	Hd m	Hd m	Hd m	m^3	m^3	m^3
15	15,69	14,07	12,45	221	191	161
20	22,44	20,12	17,80	361	311	263
25	27,67	24,81	21,95	481	414	350
30	31,95	28,64	25,34	585	504	426
35	35,56	31,88	28,21	677	583	493
40	38,69	34,69	30,69	760	655	554
45	41,45	37,17	32,88	835	719	608
50	43,92	39,38	34,84	904	779	659
55	46,16	41,39	36,61	968	833	705
60	48,20	43,22	38,23	1027	884	748
65	50,08	44,90	39,72	1082	932	788

Tab. 2 *Tavola della produzione reale della douglasia. Dati per ettaro riferiti alla massa principale*

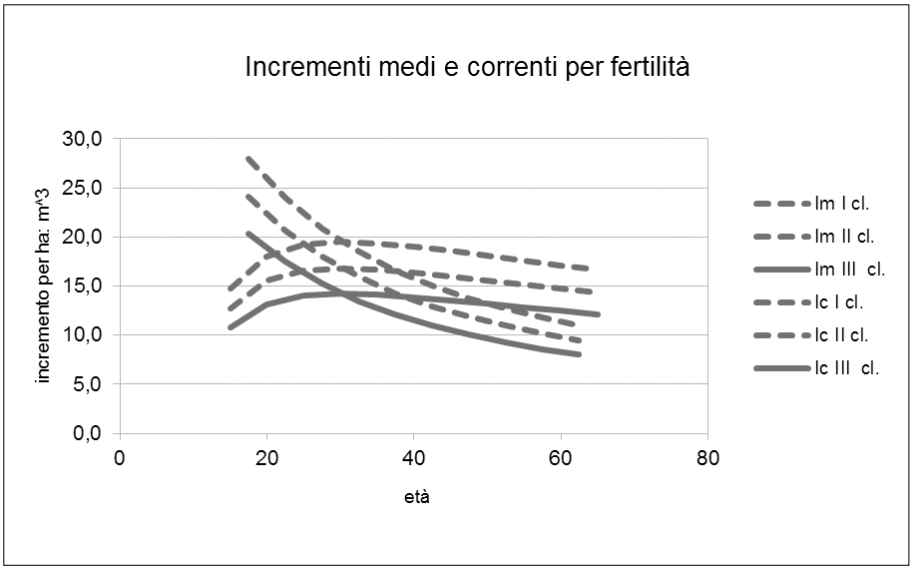


Fig. 7 *Incrementi medi e correnti per fertilità*

ETÀ ANNI	IM I CL.	IM II CL.	IM III CL.	ETÀ ANNI	IC I CL.	IC II CL.	IC III CL.
15	14,7	12,7	10,7				
20	18,0	15,5	13,1	17,5	27,9	24,0	20,3
25	19,2	16,6	14,0	22,5	24,0	20,6	17,5
30	19,5	16,8	14,2	27,5	20,9	18,0	15,2
35	19,4	16,7	14,1	32,5	18,5	15,9	13,5
40	19,0	16,4	13,8	37,5	16,6	14,3	12,1
45	18,6	16,0	13,5	42,5	15,0	13,0	11,0
50	18,1	15,6	13,2	47,5	13,8	11,9	10,0
55	17,6	15,2	12,8	52,5	12,7	10,9	9,3
60	17,1	14,7	12,5	57,5	11,8	10,2	8,6
65	16,6	14,3	12,1	62,5	11,0	9,5	8,0

Tab. 3 *Tavola degli incrementi espressi in metri cubi. Dati per ettaro*

Età (Hd/E) e Volume per ettaro/Altezza dominante (Vha/Hd) riportate nelle figure 4-6.

Dette relazioni sono state desunte dai dati dendrometrici rilevati su tutte le aree di saggio eseguite, soprattutto in Toscana, ed in parte nelle altre regioni sopra riportate.

Per quanto riguarda la tavola di cubatura a una entrata, gli alberi modello, abbattuti e cubati per sezioni, rispecchiavano le dimensioni diame-

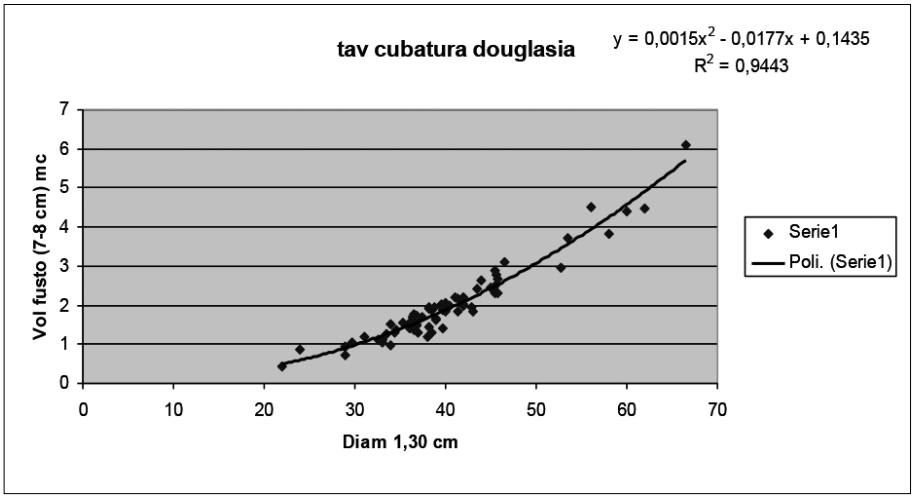


Fig. 8 *Il grafico riporta l'andamento grafico della tavola di cubatura a una entrata valida per soprassuoli maturi di douglasia*

DIAM 1,30 CM	VOLUME CORMOMETRICO M^3	ALTEZZA INDICATIVA M
10	0,117	16,82
15	0,216	20,28
20	0,390	23,49
25	0,639	26,44
30	0,963	29,14
35	1,362	31,58
40	1,836	33,77
45	2,385	35,70
50	3,009	37,38
55	3,708	38,80
60	4,482	39,97
65	5,331	40,88
70	6,255	41,54
75	7,254	41,94
80	8,328	42,09

Tab. 4 *Tavola di cubatura della douglasia di Vallombrosa, Consuma e Rincine. Fornisce i volumi fino a 5-7 cm. Indicata per soprassuoli maturi*

triche e ipsometriche medie di piante mature o prossime alla maturità in soprassuoli coltivati alla Consuma, a Vallombrosa e Rincine in Provincia di Firenze.

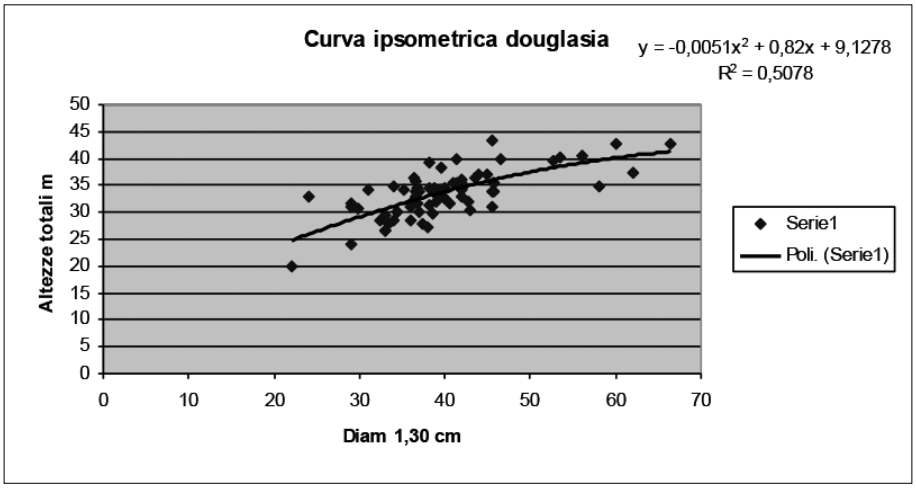


Fig. 9 *Il grafico riporta l'andamento della curva ipsometrica indicativa della tavola di cubatura a una entrata valida per soprassuoli maturi di douglasia*

ALCUNE CARATTERISTICHE DEL LEGNO E DELLA CORTECCIA

Le indagini sulla densità del legno di douglasia hanno dato i risultati di seguito riportati:

– la densità del legno con corteccia allo stato fresco è risultata variabile tra 0,795 e 0,903 gr/cm^3, con media di 0, 855 gr/cm^3. La densità del legno con corteccia manifesta una seppur debole tendenza a crescere all'aumentare dell'altezza a partire dal colletto della pianta. I valori in corrispondenza delle sezioni alla base si attestano intorno a 0,800 gr/cm^3, mentre quelli in corrispondenza dell'inserzione della chioma verde possono raggiungere valori intorno a 0,94 gr/cm^3. È probabile che tale andamento sia influenzato dall'ampiezza degli anelli di accrescimento che, negli impianti di douglasia esaminati, sono piuttosto pronunciati nelle sezioni che sono posizionate vicino alla base dei fusti arborei, mentre diventano sempre più serrati con l'aumentare dell'altezza (e quindi dell'età e della concorrenza tra le piante). C'è da osservare che in generale Giordano (1971) contempla sia una diminuzione della densità del legno quando si procede dalla base verso la cima della pianta e un aumento nella zona in cui è localizzata la chioma, sia una diminuzione della densità all'aumentare dello spessore degli anelli;
– la densità della corteccia allo stato fresco dei fusti è risultata variabile tra

Foto 3 *Aspetto della corteccia sulle parti apicali del fusto(la corteccia è liscia e sono ben visibili le tasche di resina)*

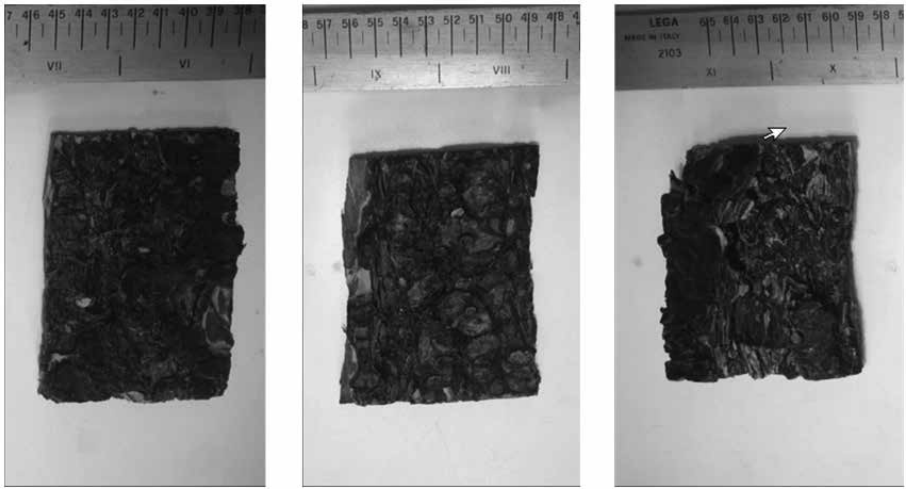


Foto 4 *Aspetto della corteccia sulle parti basali del fusto(la corteccia si presenta a placche e/o suberosa)*

0,806 e 0,856 gr/cm^3. Se si esaminano le variazioni morfologiche della corteccia su piante mature si rileva la presenza, tendenzialmente nella parte bassa dei fusti, di una corteccia fessurata, suberosa e a placche profonde alcuni millimetri. Procedendo verso l'alto la corteccia è caratterizzata dapprima da placche meno profonde, poi dalla totale assenza di placche

e dalla tipica presenza delle tasche resinifere che si mostrano evidenti su cortecce di piante e/o di parti del fusto relativamente giovani;
- dall'analisi dei dati emerge costantemente la tendenza all'aumento della densità della corteccia all'aumentare dell'altezza a partire dal colletto della pianta. Ciò sta a indicare che le parti a placche più o meno pronunciate e suberose, come era prevedibile, hanno una minore densità rispetto alle parti più lisce. Tenuto conto delle finalità della presente ricerca, non è stata accertata invece l'influenza delle tasche di resina sulla densità della corteccia. Non è da escludere che la presenza di resina possa avere un'influenza sulle porzioni di corteccia più giovani;
- la densità dei rami allo stato fresco con corteccia e la densità basale del legno dei rami senza corteccia è risultata in media pari a 0,954 gr/cm^3 e a 0,604 gr/cm^3;
- la densità della corteccia dei rami è risultata in media 0,932 gr/cm^3, mentre la densità basale è stata in media 0,437 gr/cm^3;
- la percentuale della corteccia a livello del fusto comprensivo del cimale, per piante di 40-45 anni e diametri intorno ai 40 cm è risultata variabile tra il 12,46% e il 13,39% con valore medio di 12,96%;
- la percentuale della corteccia relativa ai rami (le dimensioni diametriche esaminate oscillavano tra 4 e 7 cm) è risultata mediamente del 10,09%;
- la percentuale del peso della chioma comprensiva degli aghi è risultata alquanto variabile in relazione alla profondità della chioma delle piante di diametro medio all'interno del popolamento, nonostante si tratti di soprassuoli coetanei e sufficientemente omogenei. Non si esclude che ciò dipenda anche da fattori genetici. Piante con chiome piuttosto compresse e inserite in alto, rispetto a piante con chiome maggiormente espanse e inserite più in basso rispetto alle precedenti, a parità di diametro, possono avere un rapporto che arriva fino a 1:2. Dai dati rilevati è risultato che la percentuale del peso della chioma su piante di douglasia all'età di circa 45 anni e di diametro intorno ai 40 cm a m 1,30 varia tra il 5 e il 10% del peso del fusto.

CONCLUSIONI

Si deve premettere che le produzioni sopra riportate fanno riferimento alla sola massa principale ottenibile nella coltivazione della douglasia. Inoltre è importante tener presente che gli studi fino a ora condotti sulla produttività della douglasia, compreso quello che qui viene presentato, hanno valore indicativo e provvisorio

in quanto in Italia gli impianti esaminati sono stati eseguiti a differenti densità e anche i moduli colturali adottati sono stati, conseguentemente, eterogenei. Un'altra considerazione riguarda l'eterogeneità degli ambienti inclusi nel presente studio. D'altra parte la dispersione dei dati nelle correlazioni che sono alla base della costruzione della tavola di produzione confermano l'affermazione sopra riportata.

Nonostante siano apparsi diversi contributi scientifici sulle potenzialità produttive della douglasia, è mancato fino a oggi un lavoro di sintesi che, sebbene con i limiti dianzi esposti, fosse riferito a un intero ciclo produttivo. Tenuto conto che ormai in Italia le densità di impianto si sono attestate tra 1000 e 1500 piante per ettaro circa, salvo ulteriori variazioni nei cicli colturali conseguenti all'esito che avranno i popolamenti a rinnovazione naturale, si dovrà attendere la maturità di questi rimboschimenti per ottenere curve alsometriche maggiormente "stabili" rispetto a quello che è dato oggi osservare.

Gli impianti eseguiti con circa 1000 piante per ettaro sono stati sottoposti per lo più a un solo diradamento prima del taglio di maturità, quelli eseguiti con 2000- 2500 piante per ettaro sono stati sottoposti invece a due diradamenti, qualche volta sono stati diradati anche tre volte. I risultati riferiti alle produzioni di massa totale sarebbero stati tra loro molto eterogenei, invece aver fatto riferimento alla sola massa principale, sebbene con i limiti sopra evidenziati, hanno valore indicativo sulle produzioni totali ottenibili dalla coltivazione della douglasia a maturità.

In presenza di impianti sottoposti a diradamenti, indicativamente si può considerare che la somma dei tagli intercalari può oscillare dal 20 al 30-35% della massa corrente presente a maturità. Negli impianti non sottoposti a diradamenti, soprattutto in presenza di densità superiori alle 1000 piante per ettaro, le masse legnose perdute per autodiradamento (necromasse) possono raggiungere valori notevoli.

In tutti gli ambienti studiati la douglasia si è confermata specie altamente produttiva nella fascia fitoclimatica del *Castanetum* di Pavari e potenzialmente in grado di dare prodotti di qualità. Attualmente, soprattutto in Toscana, i tagli di maturità stanno interessando popolamenti le cui età oscillano intorno ai 45 anni circa e fanno registrare incrementi medi intorno ai 15 m^3/ha.

Il prodotto che oggi si ricava dai soprassuoli maturi è rappresentato da tondame da sega fino al diametro in punta di circa 25 cm e legna destinata a imballaggi e al mercato delle biomasse per i diametri inferiori alla suddetta soglia diametrica. Le ramaglie e i cimali vengono esboscati entro distanze di esbosco piuttosto contenute (< a 400-500 m), in presenza di distanze di esbosco maggiori, oppure in presenza di stazioni in cui le operazioni selvicolturali non sono meccanizzabili, viene meno la convenienza economica all'esbosco delle ramaglie.

Tenuto conto che gli assortimenti destinati al mercato delle biomasse allo stato attuale spuntano prezzi di mercato intorno ai 2/3 del tondame da sega, riteniamo che sia opportuno approfondire gli studi per verificare la convenienza economica ad allungare i turni per ottenere maggiormente legname da opera. Ciò non vuol dire proporre una modifica ai regolamenti forestali per quanto riguarda i turni minimi imposti, bensì offrire agli operatori del settore maggiori conoscenze ai fini dell'assunzione delle decisioni sugli obiettivi che l'azienda si propone, sulla lunghezza dei turni e sul trattamento più conveniente nelle differenti situazioni ambientali e di mercato.

Le indagini condotte sulla corteccia della douglasia rispetto al volume del fusto hanno messo in evidenza un' incidenza della corteccia che in un impianto maturo supera valori del 10%. Da un punto di vista fisico la corteccia della douglasia ha una densità elevata che, in soprassuoli maturi, diminuisce procedendo dalla base della pianta, dove si presenta abbastanza suberosa e con screpolature piuttosto profonde, verso la vetta.

La costruzione della tavola di cubatura a una entrata è stata dettata da ragioni di ordine pratico in quanto quella esistente non è più rispondente alla stima dei volumi di soprassuoli maturi. Tenuto conto degli alberi modello utilizzati a questo scopo, se ne raccomanda l'impiego soltanto per la cubatura di soprassuoli maturi.

In Toscana gli impianti maturi di douglasia tagliati a raso nell'ambito di vasti comprensori coltivati con questa specie, laddove sono stati eseguiti tagli a strisce la cui larghezza supera di poco l'altezza media delle piante mature, in diverse situazioni, danno origine a rinnovazione naturale che si diffonde dagli impianti maturi limitrofi alle tagliate a raso. Detta rinnovazione può risultare anche abbondante e si aggiunge a quella artificiale imposta dalla normativa forestale dettata dalla normativa forestale della suddetta Regione. Si tratta di un aspetto che merita di essere considerato per evitare inutili sprechi di risorse economiche e per utilizzare tutti i vantaggi, soprattutto quelli biogenetici, legati alla rinnovazione naturale. Altrettanto interessante e meritevole di studio è la rinnovazione naturale che si insedia (oppure potrebbe essere indotta con opportuni interventi selvicolturali) negli impianti maturi, puri o misti ad altre specie, ancor prima dei tagli di maturità.

RIASSUNTO

L'Autore dopo una premessa sulla crisi della selvicoltura di impianto in Italia derivante dai costi di produzione assolutamente non adeguati rispetto al valore di mercato del legno, e un breve excursus storico sull'introduzione della douglasia in Italia, presenta i risultati di una ricerca sulla coltivazione della suddetta specie nel nostro Paese.

Gli aspetti esaminati riguardano in modo particolare la produttività e alcune caratteristiche dendrometriche di soprassuoli eseguiti a differente densità di impianto e di coltivazione. Vengono presentate una tavola della produzione legnosa relativa alla coltivazione della douglasia in Italia e una tavola di cubatura indicata per la stima di popolamenti maturi. Viene inoltre evidenziata la necessità di approfondire le indagini sul trattamento selvicolturale più appropriato a questa specie e sui turni più adatti alla valorizzazione del legname.

Ulteriori considerazioni riguardano le caratteristiche fisiche del legno e della corteccia.

ABSTRACT

Considering that plantation forestry is experiencing a difficult crisis due to inadequate market values of timber compared to its production costs in Italy, the author presents a brief historical introduction on douglas fir cultivation in our country and some research results.

These concern, in particular, the productivity and some mensurational characteristics of stands deriving from different plantation densities and stocking levels.

Results include a yield table concerning the cultivation of Douglas fir in Italy and a new volume table for standing mature trees. Moreover the paper presents some results concerning wood quality and bark physical characteristics.

The paper finally evidences that more extended research is required concerning douglas fir silviculture, management and local timber value development, in Italy.

BIBLIOGRAFIA

Allegri E. (1962): *La introduzione e la sperimentazione in Italia di specie forestali esotiche a rapido accrescimento*, «Monti e Boschi», 11-12, pp. 506-519.

Aa.Vv. - Regione Toscana, Giunta Regionale (1998): *Serie Boschi e macchie di Toscana*, Edizioni Regione Toscana.

Baldini S., Nardi Berti R. (1974): *Indagine preliminare sulla potatura*, Contributi scientifico-pratici CNR Istituto del legno Firenze, pp. 79-85.

Baldini S., Nardi Berti R. (1978): *Struttura dei tempi di potatura (in prove effettuate su abete bianco e douglasia*, Contributi scientifico-pratici CNR Istituto del legno Firenze, pp. 39-75.

Bartoli M. (1971): *Premiers resultats (à 11 et 15 ans) d'une experiénce de densité sur le Douglas*, «Revue forestière française», 23 (6), pp. 605-608.

Bartoli M., Decourt N. (1971): *Densité de plantations*, «Annales des Sciences Forestières», 28 (1), pp. 59-84.

Bernetti G. (1995): *Selvicoltura speciale*, UTET, Torino.

Bernetti G. (2015): *Le Piante del Bosco forme, vita e gestione*, Compagnia delle foreste (AR).

Byrne W.R., Bramble W.C. (1955): *Growth and Yield of Plantations. Growth Red pine al Various Spacings*, «Journal of Forestry», 53 (8), pp. 562-565.

Bouchon J. (1984): *Importance des plantations de douglas et épicéa en France*, «Rev. For. Franc.», 36 (4), pp. 254-258.

Bramble W.C. et al. (1949): *Influence of spacing on growth of red pine in plantations*, «Journal of Forestry», 47, pp. 726-732.

Cantiani M. (1965): *Tavola alsometrica della Pseudotsuga douglasii in Toscana*, «Ricerche sperimentali di dendrometria e auxometria», Ist. Assestamento Forestale dell'Università di Firenze, fasc. IV, pp. 32-73.

Cantiani M. (1978): *Il ritmo dell'accrescimento diurno della douglasia, del tiglio e del liriodendro a Vallombrosa*, «L'Italia Forestale e Montana», XXXIII, p. 57.

Ciancio O., Mercurio R., Nocentini S. (1981-82): *Le specie forestali esotiche nella selvicoltura italiana*, «Annali dell'Istituto sperimentale per la selvicoltura», Arezzo, vol. XII-XIII.

Ciancio O., Garfi' V., Marziliano P.A., Menguzzato G., Pelle L. (2008): *Effetti della densità di impianto in popolamenti di douglasia*, «L'Italia Forestale e Montana», 6, pp. 519-534.

Cristofolini F. (1968): *Primi rilievi sulla douglasia in Liguria*, «L'Italia forestale e Montana», 23 (3), pp. 117-131.

Forteleoni P. (2012): *Risultati auxometrici su piantagioni di Douglasia (Pseudotsuga Menziesii (Mirb) Franco) in località Consuma (FI)*, Tesi di Laurea in Scienze Forestali, Università degli Studi di Firenze, a.a. 2011-12.

Gellini R., Grossoni P. (1996): *Botanica Forestale, I Gimnosperme*, CEDAM, Padova.

Giacobbe A. (1965): *Douglasia e abete bianco in Appenino*, «L'Italia Forestale e Montana», XX (5), pp. 226-228.

Giacobbe A. (1967): *La douglasia nell'Appennino*, «Annali Accademia Italiana Scienze Forestali», XVI, pp. 353-380.

Giordano G. (1971): *Tecnologia del legno 1 La materia prima*, UTET, Torino.

Grazzini M. (2015): *Indagini dendroauxologiche su alcuni popolamenti di douglasia (Pseudotsuga menziesii) in Toscana*, Tesi di laurea Scuola di Agraria UNIFI. a.a. 2014-15.

Harms W.R., Collins A.B. (1965): *Spacing and twelve-year growth of slasch pine*, «Journal of Forestry», 63, 12, pp. 909-912.

Hippoliti G. (2012): *Sui problemi delle utilizzazioni nelle fustaie di faggio*, «I Georgofili. Quaderni», 2012.

Hummel F.C., Christie J. (1953): *Revised yeld tables for conifer in great Britain*, Forestry Commission, «Forest record», n. 24, London.

Iacono M. (2015): *Indagini dendro-auxometriche su alcuni impianti di Douglasia in Toscana*, Tesi di laurea Scuola di Agraria UNIFI. a.a. 2014-15.

Julie T. (2015): *Quelle ressources résineuse aujourd'hui et demain?*, «Foret entreprise», n. 224, pp. 24-27.

La Marca O. (1983): *Il problema degli schianti nei boschi. Ricerche sperimentali su alcuni popolamenti di conifere*, «Annali dell'Accademia Italiana Di Scienze Forestali», vol. XXXII, pp. 69-114, ISSN:0515-2178.

La Marca O. (1984): *Preliminary results about spacing of trees in some Douglas Fir Plantation in Italy*, Proceedings of the meeting of IUFRO Project Group P 4.02.02, Dublin, Ireland.

La Marca O. (1984): *Sulla densità di coltivazione di alcuni soprassuoli di Douglasia (Pseudotsuga Menziesii Mirb. Franco)*, «Ricerche sperimentali di dendrometria e auxometria», X, 5, p. 39.

La Marca O., Piegai F. (1985): *Indagini sperimentali su diradamenti in giovani soprassuoli forestali*, «Monti e Boschi», 3, pp. 59-72.

La Marca O. et al. (1986): *Risultati dei primi cinque anni di osservazioni su popolamenti di Douglasia (Pseudotsuga Menziesii Mirb. Franco) sottoposti a prove di diradamento*, «L'Italia Forestale e Montana», vol. VI, pp. 333-349, ISSN:0021-2776.

La Marca O., Perna A., Tarchiani N. (1998): *Indagine su un rimboschimento di douglasia in Gargano*, «Legno Cellulosa Carta», IV, 1, pp. 2-15.

La Marca O., Ibba C. (2001): *Risultati della coltivazione del Pino insigne (Pinus radiata Don.) in Sardegna*, «Legno, Cellulosa e Carta», 3-4, pp. 26-39.

Lopez G. (1986): *Sulla densità d'impianto e di coltivazione di alcuni soprassuoli di Douglasia in Toscana*, Tesi di Laurea in Scienze Forestali, Università degli Studi di Firenze, a.a. 1985-1986.

Maetzke F., Nocentini S. (1994): *L'accrescimento in altezza dominante e la stima della fertilità in impianti di douglasia*, «L'Italia forestale e montana», vol. 49, pp. 582-594, ISSN:0021-2776.

Mc Ardle et al. (1930): *The yeld of douglas fir in the Pacific Northwest*, «USDA Technical bulletin», n. 201.

Mercurio R., Minotta G. (2000): *Arboricoltura da legno*, CLUEB, Bologna.

Merendi A. (1965): *Conviene coltivare la douglasia in Italia?*, «L'Italia Forestale e Montana», 20 (6), pp. 255-260.

Morandini R. (1958): *La sperimentazione della douglasia in Europa*, «Monti e Boschi», 9, (7-8), pp. 346-352.

Pardè L. (1926): *Essences exotiques et naturalisées; cas dans lequels il peut être intéressant de les employer*, Les Presses Universitaires, Parigi.

Pardè L. (1956): *L'introduction des essences exotiques dans les Forêts de l'Europe occidentale*, Les presses Universitaires de France, Parigi.

Pavari A. (1916): *Studio preliminare sulle colture di specie forestali esotiche in Italia*, «Annali del R. Istituto Superiore Forestale Nazionale», vol. 1, pp. 159-379.

Pavari A., De Philippis A. (1941): *La sperimentazione di specie forestali esotiche in Italia. Risultati del primo ventennio*, «Annali della sperimentazione agraria», vol. XXXVIII, Tip. Failli, Roma.

Pavari A. (1958): *Il genere Pseudotsuga in America*, «Monti e Boschi», n. 7-8, T.C.I.

Pavari A. (1958): *La Douglasia verde nella sua patria*, «Monti e Boschi», n. 7-8, T.C.I.

Pavari A. (1958): *La Douglasia verde in Italia*, «Monti e Boschi», n. 7-8, T.C.I.

Regolamento Forestale della Toscana (Decreto del Presidente della Giunta Regionale n. 48/R del 8 agosto 2003) http://www.sir.toscana.it/

Susmel L. (1962): *La douglasia verde*, «Monti e Boschi», 13 (11-12), pp. 579-590.

Thonon H. (1963): *Considérations sur l'accroissement des pins de Corse en fonction de l'écartement de plantation*, «Bulletin de la societé Royale Forestière de Belgique», 70 (3), pp. 172-185.

Tarchiani N. (1996): *Breve rassegna sull'impiego della douglasia in Italia*, «Cellulosa e Carta», 1-8.

Tomaiuolo M (1995): *Modello dendroauxometrico per piantagioni di Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco*, Tesi di dottorato in Arboricoltura da legno. Università degli Studi della Basilicata.

Orazio La Marca*, David Pozzi**

Dalla selvicoltura d'impianto a quella a rinnovazione naturale

PREMESSA

La douglasia è stata una delle conifere esotiche maggiormente impiantate in Italia nei decenni passati. Estesi rimboschimenti sono stati eseguiti in varie regioni italiane nella fascia fitoclimatica a cavallo fra il *castanetum* e il *fagetum* di Pavari, su terreni marginali abbandonati dall'agricoltura nel secondo dopoguerra. Gli obiettivi erano la salvaguardia idrogeologica e la produzione in tempi brevi di grandi quantità di biomassa, da impiegare nella produzione di pasta da cellulosa o, con turni più lunghi, tondame da sega. Nel primo caso, i piani di coltura e conservazione (PCC), che accompagnavano il collaudo per quegli impianti realizzati con il contributo pubblico, prevedevano in genere un regime colturale molto semplificato tipico dell'arboricoltura da legno, con assenza di diradamenti e turni brevi (anche attorno ai 20-25 anni). Nel secondo caso, invece, il regime colturale risultava più articolato e i turni erano assai più lunghi. In Toscana le PMPF del 1970 già prevedevano per la douglasia un turno minimo di 60 anni (successivamente portato a 40) anche se ancora riconoscevano validità ai PCC, mantenuta poi fino all'emanazione del Regolamento Forestale regionale (DPGR 48/R del 8 agosto 2003), quando furono adeguate alle nuove norme le indicazioni in contrasto con queste (come, ad esempio il turno più basso di 40 anni e l'estensione dei tagli a raso oltre i 3 ettari).

Ben pochi, però, sono stati gli impianti utilizzati secondo i turni originariamente previsti dai PCC, vuoi per le mutate condizioni economiche gene-

* *Università degli Studi di Firenze*
** *Agro-Dendrostudio, Prato*

Foto 1 *Douglasiete di circa 45 anni su ex superfici agro-pastorali, intercalate a cedui di faggio e di castagno nell'appennino pratese*

rali e la crisi del settore cartario, vuoi per la resistenza opposta dalle autorità forestali a utilizzazioni di grandi superfici in aree molto delicate per gli assetti idrogeologici del territorio. Quindi, la maggior parte di questi impianti, collocabili nell'arco di un ventennio, fra il 1960 e il 1980 e che in Toscana l'IFT ha stimato in ha 7932 (Hofmann et al., 1998), dei quali 3.664 con contributo pubblico su terreni privati (Ciabatti et al., 2009), sono tutt'ora in piedi e solo negli ultimi anni sono stati avviati i tagli di maturità, in seguito ai quali sono emerse le difficoltà, di carattere tecnico ed economico, insite nella loro rinnovazione per via artificiale.

In Italia la douglasia viene trattata per lo più a taglio raso con limitazioni delle superfici di taglio accorpate che variano da Regione a Regione. Il reimpianto è ovunque obbligatorio dato che è vietato trasformare i boschi in altra qualità di coltura. In Toscana la legge forestale prevede che il reimpianto venga eseguito entro l'anno successivo a quello del taglio.

Esistono numerosi casi in cui è possibile osservare la rinnovazione naturale sia in soprassuoli maturi sia in aree limitrofe a boschi maturi che, per condizioni edafiche e di luce, consentono l'affermazione della rinnovazione

naturale. In siffatte situazioni è evidente lo spreco in termini economici relativamente ai costi sostenuti per il reimpianto. Ciononostante, per la selvicoltura della douglasia non esiste ancora una sperimentazione organica che possa dare indirizzi di carattere operativo alle imprese che coltivano questa specie.

GLI IMPIANTI DI DOUGLASIA IN EUROPA

Secondo i dati provenienti dagli IFN (Angelier, 2007) le superfici occupate dalla douglasia in alcuni Paesi dell'Europa nel periodo compreso tra il 1980 e il 1994 erano:

	Ha
Francia	333.000 (1993)
Germania	152.000 (1980)
Inghilterra	47.000 (1985)
Spagna	30.000 (1993)
Belgio	18.000 (1994)
Paesi Bassi	16.161 (1990)
Italia	10.000 (1985)

La Francia, quindi, è il paese europeo con la più elevata superficie investita a douglasia, seguita a grande distanza dalla Germania e ancor più dagli altri. Fa una certa impressione vedere come due dei paesi europei a economia forestale più avanzata, la Francia e la Germania, dove certamente non mancano boschi di conifere di pregio, abbiano puntato così tanto sulla douglasia, contrariamente a quello che abbiamo fatto noi. Il sito internet[1] di *France Douglas* (l'associazione che raccoglie le aziende di trasformazione del tondame di douglasia) indica al 2012 una superficie di 420.000 ettari, con una ripresa annua di 2 milioni di m^3.

Ben diversa la situazione in Italia, anche se il dato di 10.000 ettari indicato nella tabella precedente e tratto dall'IFT 1985, appare poco rispondente alla realtà, soprattutto se messo in relazione alla superficie occupata dalla specie nella sola Toscana, dove tra impianti in purezza e misti totalizzerebbe circa 7500 ha (Ciabatti e altri, op.cit.). Altre stime a scala nazionale, infatti, (Mercurio e Minotta, 2000) danno una superficie di 20.000 ettari, concen-

[1] http://www.france-douglas.com/le-douglas/la-ressource/localisation

Foto 2 *Tagliata a raso in douglasieta di 45 anni con ramaglia ordinata in andane per favorire il rimboschimento, eseguito a sesto di 3x3. Le andane sono distanziate in modo tale da poter rispettare il sesto e le distanze d'impianto*

trati perlopiù in Toscana (che risulterebbe la regione italiana con la maggior superficie investita a douglasia) e Calabria. Poco si sa sulla destinazione del prodotto ottenuto a maturità, anche se quantità di un certo significato sono arrivate sul mercato solo di recente, con l'avvio dei tagli di maturità delle douglasiete toscane.

IL TRATTAMENTO DELLA DOUGLASIA

Per trattamento in senso stretto si intendono le diverse modalità esecutive dei tagli per l'utilizzazione e rinnovazione dei boschi (Piussi, 1981).

La coltivazione della douglasia può avvenire secondo tipi di trattamento che fanno capo al taglio raso, ai tagli successivi e anche al taglio saltuario (Angelier, 2007). Con le prime due forme si ottengono boschi coetanei, mentre con la terza si ottengono boschi disetanei.

Il trattamento generalmente adottato è quello del taglio raso a rinnova-

zione artificiale posticipata, dove l'intervento di taglio è seguito, nella prima stagione di riposo vegetativo utile, dal rimboschimento con postime a radice nuda o, più spesso, in fitocella (o *plateau*).

È questo un metodo semplice, che non richiede grandi conoscenze tecniche e ben si attaglia alla professionalità delle imprese che generalmente operano nei nostri boschi[2], ma non è esente da problemi, sia di ordine tecnico che economico; anzi, in molti casi, le difficoltà che si incontrano risultano ben più rilevanti dell'utilità data dalla semplicità di attuazione. Schematicamente queste difficoltà possono essere riassunte come segue:

- il postime, nella crisi delle vivaistica forestale italiana, non è così semplice da reperire[3] e non sempre le piantine risultano di qualità;
- il costo dell'intervento è elevato[4], specie dove l'ente autorizzante imponga di adottare alte densità d'impianto (non infrequente la richiesta di sesto in quadro a distanze di 2,5x2,5 m);
- molti enti esigono la preventiva costituzione di depositi cauzionali in denaro o fidejussioni bancarie o assicurative a garanzia del buon esito del rimboschimento, con le difficoltà e i costi conseguenti per le aziende;
- le fallanze in genere sono piuttosto elevate, raggiungendo nel primo anno anche il 15-20%; la douglasia, infatti, è specie che non sopporta il ristagno idrico, specie a livello di piantina (e dovendo piantare al più a fine inverno, in condizioni di suolo saturo, i rischi dell'effetto vaso sono molto elevati) e teme le "botte di calore", specialmente nella fase di prima crescita, e negli ultimi anni episodi di caldo intenso nel mese di maggio sono divenuti oramai la norma.

Alla luce di ciò, appare opportuno valutare la possibilità di orientare questi soprassuoli verso il trattamento a rinnovazione naturale il quale, a fronte di difficoltà tecnico-esecutive del taglio decisamente superiori al taglio raso, comporta minori problemi di affermazione del nuovo soprassuolo e costi decisamente più contenuti. La douglasia è specie che entra in piena fruttificazione già dai 40 anni e, anche se le annate di pasciona mediamente si ripetono a

[2] In genere, infatti, il rimboschimento viene eseguito direttamente dalla impresa boschiva che acquista il bosco in piedi e costituisce un onere che viene scomputato dal valore di vendita del soprassuolo.

[3] Si hanno notizie secondo le quali alcune aziende nel 2015 siano state costrette ad approvvigionarsi da vivai francesi poiché in Italia non avevano reperito materiale.

[4] Il costo del solo rimboschimento si aggira in media dai 4.000 ai 6.000 €/ha, a cui deve aggiungersi quello per le cure colturali per la durata di 5 anni, che in condizioni ordinarie raggiunge i 3.000-4.000 €/ha, con un costo totale, quindi, di 7.000-10.000 €/ha, che da solo assorbe una parte importante del valore del soprassuolo in piedi e, in alcuni casi (vedi attualmente fustaie di pino nero), rende l'intervento di maturità a macchiatico negativo.

Foto 3 *Rinnovazione naturale di douglasia sotto copertura di bosco misto di douglasia, pino nero e abete rosso di circa 50 anni in località Gualdo-La Consuma (FI)*

distanza di 4-6 anni (Bernetti, 1995), una data produzione di seme si registra comunque ogni anno, il che favorisce l'adozione di trattamenti che prevedono la rinnovazione naturale.

In un recente viaggio di studio eseguito in Francia (Borgogna) si è potuto constatare come il trattamento a tagli successivi o addirittura la fustaia da dirado siano regimi selvicolturali che vengono applicati regolarmente nelle fustaie di douglasia e con ottimi risultati. La douglasia, infatti, è si specie eliofila che si rinnova bene in condizioni di piena luce, meglio se in posizioni di margine, ma riesce a diffondersi anche sotto la copertura di boschi ariosi (Ciabatti et. al., 2009). Questo è quello che si può osservare nelle nostre douglasiete mature che vegetano a stretto contatto di pinete di pino nero o di cedui castanili a copertura rada per l'invecchiamento o le fitopatie. Interessanti prospettive, poi, sembrano avere i tagli rasi localizzati, a buche o a strisce. Nei complessi forestali di Podernovo (FI) e di Montepiano-Marzolina (PO)[5], a seguito dell'esecuzione di tagli a strisce nell'autunno 2013, la rinnovazione naturale si è insediata prontamente in molte tagliate e, anche se è ancora presto per dare valutazioni conclusive, le premesse appaiono davvero promettenti.

In Borgogna, nella Regione di Morvan, esistono 23.000 ha di douglasia che

[5] Aziende ex Cartiere Binda, ora Società Agricola Campomo.

Foto 4 e 5 *Novellame di douglasia di 3 anni in tagliate a strisce eseguite su douglasiete di circa 48 anni nella Tenuta Montepiano-Marzolina (Vernio-PO)*

Foto 6 *Piantine affermate di douglasia al margine di una fustaia matura in località Consuma (FI); si noti come il terreno messo a nudo favorisca la germinazione del seme*

Foto 7 *Tenuta di Podernovo (Consuma-FI) – promettente rinnovazione naturale sul margine di una buca da vento, verificatasi quando la douglasieta aveva appena 35 anni*

producono circa 400.000 m^3 di legname all'anno (im =17 m^3). Questi boschi sono rinnovati per la maggior parte per via naturale con vantaggi indiscutibili:

- si evitano i costi di una piantagione artificiale;
- si conserva e si migliora il patrimonio genetico locale;
- si permette la selezione dei soggetti più vigorosi e meglio adattati all'ambiente;
- si facilita la mescolanza della douglasia con le specie naturali del luogo;
- si limita l'impatto paesaggistico delle tagliate a raso;
- si ottiene legname di migliore qualità povero di nodi e con accrescimenti regolari;
- si consente la coltivazione di boschi naturaliformi;
- si creano boschi più stabili e resilienti nei riguardi di avversità biotiche e abiotiche;
- i tagli di rinnovazione sono ben accettati dall'opinione pubblica

Per una scelta oculata sull'ordinamento colturale, comunque, bisogna tenere conto che la rinnovazione naturale non è gratuita ma, di contro, necessita di interventi selvicolturali preparatori e di ausilio all'ottimale insediamento del novellame sulla tagliata.

Ma perché confermare la douglasia come specie di rinnovo e non orientarsi verso la rinaturalizzazione dei soprassuoli? A parte considerazioni di natura economico-produttiva (che non possono non concordare sul fatto che la douglasia rappresenta la specie più interessante per valorizzare i boschi della bassa montagna appenninica) e di altro genere (la douglasia è ormai considerata dai più specie naturalizzata in Italia, è entrata a pieno titolo nel paesaggio appenninico, i soprassuoli maturi ben gestiti sono molto apprezzati dal turismo rurale, …), il motivo principale risiede nel fatto che le piantine risultano poco appetite dagli erbivori selvatici. Contrariamente a quanto avviene con tutte le altre specie da rimboschimento, che sono avidamente brucate fino alla nanizzazione, la douglasia rimane da questo punto di vista sostanzialmente indenne[6]. Ciò consente non solo di rinnovare il ciclo produttivo senza temere grossi danneggiamenti degli impianti, ma anche di operare un risparmio omettendo le opere di protezione che risultano sostanzialmente inutili nei riguardi della fauna ungulata. È questo un aspetto sconosciuto ai più ma che riveste una grande importanza per il selvicoltore, nell'attualità e anche nella prospettiva futura e non solo per rinnovare gli impianti di douglasia, vista la lentezza con cui gli organi preposti stanno affrontando il problema del soprannumero degli ungulati in bosco.

Per quanto riguarda il materiale da produrre (turni, diametro di recidibilità) bisogna tener presente che, secondo un'indagine condotta in Francia (Angelier, 2007) su 35 tagli di maturità che hanno interessato piante di diametro medio compreso tra 48 e 59 cm, fatto uguale a 100 il prezzo del legname proveniente da tagli definitivi, quelli di sementazione e secondari spuntano rispettivamente prezzi più bassi del 20 e del 10% circa. La relazione tra diametro medio dei tronchi e prezzi di mercato risulta crescente fino a diametri di 65-70 cm. Per evitare perdite nella qualità del legname è stato accertato che, oltre alla regolarità della crescita, l'ampiezza degli anelli di accrescimento non deve superare gli 8 mm. È stato accertato infine che il colore rosato della parte centrale dei tronchi di douglasia è ben apprezzato per ragioni estetiche oltre che per caratteristiche tecnologiche del legname. La necessità di rispondere a questa domanda di mercato, porterebbe a produrre assortimenti di grandi dimensioni, mentre secondo altre indagini condotte in Francia, sembrerebbe che le pezzature più gradite fossero quelle medie (diametri compresi tra 40 e 50 cm). Questo almeno dove le densità degli animali risultano ancora su livelli ragionevoli.

[6] Danni di non rilevante intensità sono dovuti, invece, all'azione di sfregamento delle corna, in particolare a opera del capriolo.

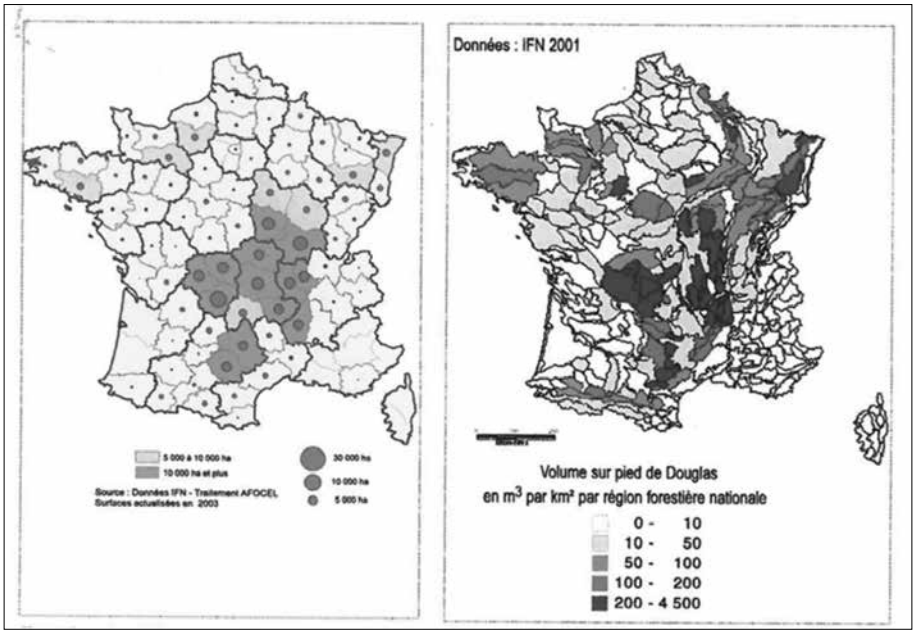


Fig. 1 *A sinistra la distribuzione delle douglasiete francesi, dove risulta ben evidente la concentrazione degli impianti nelle regioni del Massiccio Centrale; a destra le provvigioni per regione forestale (tratte da Angelier, 2007)*

In Europa esistono ormai popolamenti di douglasia che hanno superato i 150 anni con altezze medie che superano i 60 metri. La longevità nei paesi in cui è stata introdotta questa specie è assicurata. La raccolta del prodotto maturo dai 40 ai 60 anni è un dato di fatto in relazione alla qualità del legname che si desidera ottenere, alle dimensioni richieste dal mercato, all'incremento di volume, ai prezzi che spuntano gli assortimenti legnosi.

L'esperienza francese nella gestione delle fustaie di douglasia

In Francia la douglasia venne introdotta a metà ottocento e l'uso nei rimboschimenti è databile alla fine dello stesso secolo. Fu ampiamente usata nelle ricostituzioni forestali del primo e soprattutto secondo dopoguerra e anche nelle regioni centro-meridionali del Paese per rimboschimenti in terreni marginali. Attualmente i soprassuoli a prevalenza di douglasia totalizzano quasi

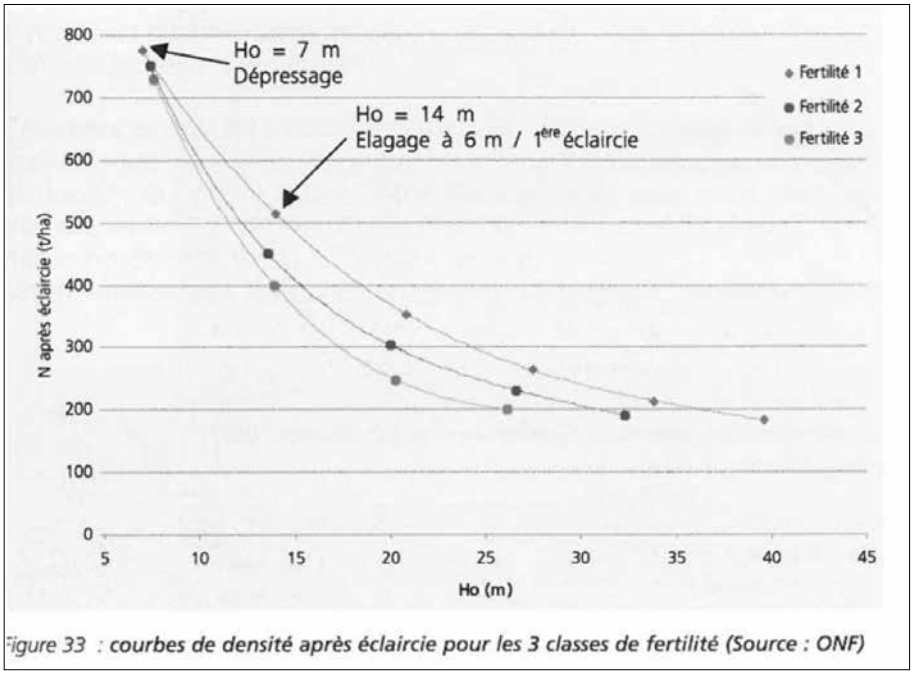


Fig. 2 *Curve di densità dei popolamenti dopo il diradamento derivate dalla tavola alsometrica a tre classi di fertilità della douglasia francese; sulla base di queste curve viene regolata la scansione temporale e l'intensità dei diradamenti, il cui anno di esecuzione è legato al raggiungimento dell'altezza dominante tabulare prestabilita ed evidenziata lungo la curva dai pallini (tratta da Angelier, 2007)*

420.000 ettari[7], per la maggior parte (70%) concentrati nell'area del Massiccio Centrale, la provvigione corrente raggiunge i 100 milioni di m^3 e la ripresa annua si attesta sui 2 milioni di m^3 di legname tondo (Angelier, 2007). Da qui la grande importanza che la specie ha nello scenario forestale francese, dove già rappresenta più del 10% dell'intera provvigione legnosa dei boschi di conifere e le proiezioni al 2030 danno una produzione di tondame che arriverà a 6 milioni di m^3!

Anche nelle fustaie di douglasia francesi il trattamento tradizionale è il taglio raso con rinnovazione artificiale posticipata, ma da qualche decennio le organizzazioni forestali di livello nazionale (*Office National des Forets*, per la proprietà pubblica, e *Centre National de la Propriétée Forestière*, per i boschi privati) stanno orientando la gestione selvicolturale dei migliori popolamenti (per produttività e caratteristiche fenotipiche) alla rinnovazione naturale dei

[7] http://www.france-douglas.com/le-douglas/la-ressource/localisation

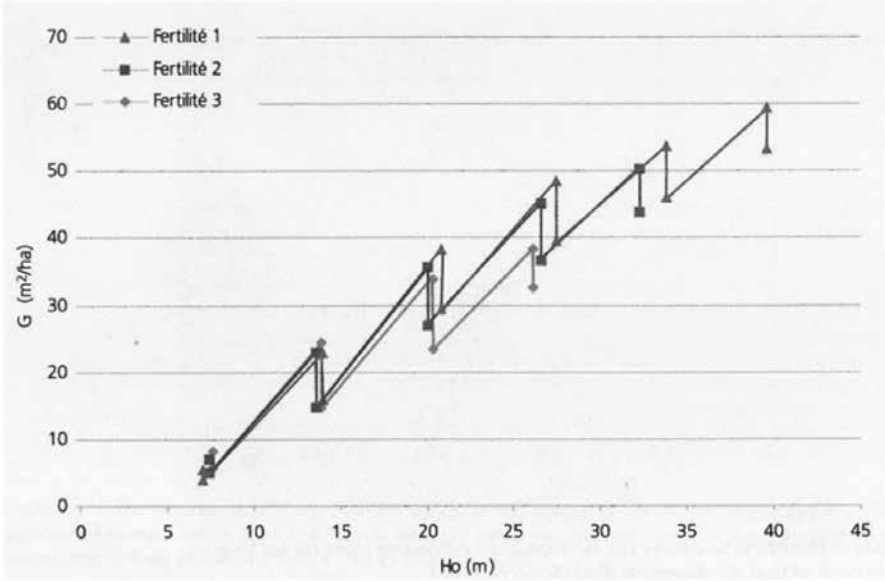


Figure 34 : courbes de surface terrière (G) avant et après éclaircie pour les 3 classes de fertilité (Source : ONF)

Fig. 3 *Variazioni dell'area basimetrica in funzione dell'altezza dominante per le tre classi di fertilità, prima e dopo il diradamento (tratta da Angelier, 2007)*

soprassuoli, in particolare attraverso il trattamento a tagli successivi, ma anche una particolare forma di taglio a scelta attuato per la disetaneizzazione di boschi coetanei di particolare valore. La scelta della forma di trattamento tiene conto dell'esistenza di un mercato del legname di douglasia differenziato per qualità degli assortimenti prodotti. Il selvicoltore trova conveniente scegliere un dato numero di soggetti di ottima forma e portamento per ettaro (in genere possono essere sufficienti 100-150 piante) da sottoporre a potatura fino a 8-12 m, per ottenere assortimenti privi di nodi e con accrescimenti regolari. I tronchi ricavati dalle suddette piante rappresentano l'assortimento di maggiore qualità, con il primo toppo che può essere addirittura destinato alla tranciatura.

Nel corso del viaggio di studio precedentemente citato, sono state visitate alcune foreste demaniali nella regione di Avalon (Breuil-Cheneu e Saulieu), in cui si applica da tempo il trattamento a tagli successivi sulle fustaie di douglasia (e in parte anche il taglio a scelta). Contrariamente a quanto avviene in genere nel nostro Paese, questi soprassuoli sono oggetto di attente cure colturali, con diradamenti precoci e selezione del popolamento principale

candidato ad arrivare a fine turno, aiutato in diversi modi (potature e taglio delle concorrenti) allo scopo di produrre legname di qualità. Oltre a un paio di sfolli (*depressage*), sono raccomandati da 3 a 5 diradamenti (più o meno uno ogni 8-12 anni) fino all'età di 60-65 anni quando si raggiungono le condizioni per avviare il taglio di rinnovo. A quel punto la fustaia ha circa 200 piante/ha (ma in qualche caso anche meno), molto ben strutturate e con chiome profonde e fruttifere; il diametro medio nei migliori popolamenti si aggira sui 60 cm.

La rinnovazione avviene in tempi brevissimi, 6-7 anni non di più e, a seconda che si tema o meno il proliferare della vegetazione infestante, le fasi che seguono l'intervento sono le seguenti:

Stazioni esposte allo sviluppo di vegetazione infestante

Taglio di sementazione	Energico, rilasciando 30 m^2/ha di area basimetrica
Taglio secondario	Quando le piantine raggiungono i 30 cm di altezza (più o meno dopo 3-4 anni), si prelevano altri 10-12 m^2/ha di area basimetrica
Taglio di sgombero	Quando le piantine hanno raggiunto non oltre i 50 cm di altezza per evitare danneggiamenti eccessivi (più o meno dopo 6 anni dal taglio di sementazione)

Stazioni poco esposte allo sviluppo di vegetazione infestante

Taglio di sementazione	Molto energico, rilascio di 18-20 m^2/ha di area basimetrica
Taglio di sgombero	Quando le piantine hanno raggiunto non oltre i 50 cm di altezza per evitare danneggiamenti eccessivi (più o meno dopo 6 anni dal taglio di sementazione)

In entrambi i modelli colturali, nel caso di ingresso delle infestati dopo il taglio di sementazione si procede con ripuliture andanti o localizzate per deprimerne la vigorìa e favorire il novellame delle specie desiderate.

La rinnovazione viene poi selezionata con due sfolli, distanziati di 3-4 anni, a partire da quando raggiunge i 4 metri di altezza dominante (più o meno dopo 6-8 anni dal taglio di sgombero). Per favorire l'accesso al popolamento, se non già presenti, vengono aperti ogni 6 metri con trincia forestale dei vialetti larghi un paio di metri, che saranno poi utili anche per le

Foto 8 *Foret Domaniale de Saulie, douglasieta di 65 anni: rinnovazione naturale dopo 5 anni dal taglio di sementazione*

Foto 9 *FD de Saulie: rinnovazione naturale pressochè pura di douglasia dopo 3 anni dal taglio di sgombero; in primo piano una pista di esbosco mantenuta per l'accesso alla spessina per effettuare le cure colturali*

Foto 10 *FD del Saulie, stesso popolamento di foto 7, si noti la presenza di piantine di abete rosso (a sinistra) e abete bianco (sulla destra, danneggiata leggermente da ungulati); queste specie sporadiche vengono aiutate con sfolli mirati per mantenere una certa diversificazione floristica dei soprassuoli*

Foto 11 *FD del Saulie, douglasieta naturale a 8 anni dal taglio di sgombero; al centro foto, con chioma più leggera e assurgente, un larice (Larix decidua L.)*

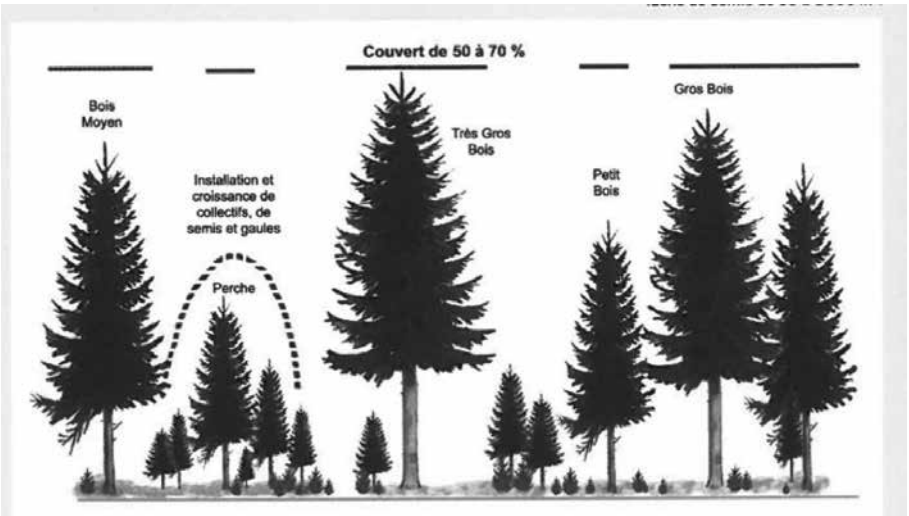


Fig. 4 *Distribuzione spaziale delle piante in una fustaia irregolare: accanto a piante giganti (tres gros bois) abbiamo gruppi di rinnovazione in vario stadio di sviluppo (semis e gaules) e piante della classi intermedie (perche, petit bois, bois moyen, gros bois) che gradualmente occuperanno lo spazio delle piante giganti*

operazioni colturali successive. Lo sfollo è già l'occasione per fare una prima selezione delle piante candidate alla costituzione del soprassuolo principale, ma anche per favorire l'affermazione delle specie accessorie, nella logica di costituire a lungo termine fustaie coetanee miste (*melangé*) per pedale o piccoli gruppi.

Nella *Foret jardinée de Folin* (530 ettari di superficie forestale, di cui 110 di douglasia) nell'alto Morvan, invece, è stato illustrato il trattamento a taglio saltuario in popolamenti di douglasia di circa 90 anni misti per pedale o gruppi ad abete rosso (*Picea abies* Karst.), abete bianco (*Abies alba* Mill.), larice (*Larix europaeus* L.), faggio (*Fagus sylvatica* L.) e altre specie, caratterizzati da notevoli potenzialità produttive, a dolce morfologia e ben serviti da viabilità.

Gli interventi, con tempo di ritorno di 6 anni sulla stessa particella, riguardano essenzialmente il taglio di singoli individui allo scopo di favorire la creazione di vuoti per stimolare la rinnovazione della douglasia e delle altre specie, ma anche per favorire l'affermazione e l'ampliamento di nuclei di rinnovazione esistenti o l'eliminazione di piante concorrenti alle migliori, o danneggiate o malate. Il bosco assume così una struttura molto articolata, dove chiazze di rinnovazione in vario stadio di sviluppo convivono con piante giganti, dando origine a quella che i francesi chiamano *futaie irrégulière.*

Foto 12 *Foret jardinee de Folin, piante giganti di douglasia (altezza oltre i 40 metri), intercalate da nuclei di rinnovazione naturale e gruppi di abete rosso e abete bianco*

Gli obiettivi che persegue il metodo riguardano la perpetuazione del ciclo produttivo (che è del tutto affrancato dagli oneri del rimboschimento), la possibilità di ottenere per la proprietà un reddito e un impiego di manodopera sufficientemente constante nel tempo, la possibilità di ricercare la maturità economica di ogni singolo albero[8] e quindi massimizzare la redditività dei soprassuoli, la possibilità di costituire fustaie a elevato livello di mescolanza e biodiversità, una costante protezione del suolo, una migliore accettazione sociale della gestione forestale. I risultati economico-produttivi sono di tutto rispetto: l'incremento corrente si attesta sui 15 m^3/ha per la douglasia e 10 m^3/ha per l'abete bianco e l'introito netto di gestione, in certe annate, raggiunge i 100.000 euro.

Nella vicina foresta di Arleuf, in una douglasieta di 88 anni dalle dimensioni imponenti (l'altezza dominante supera i 50 metri) è in corso il processo di disetaneizzazione attraverso tagli per pedale o per piccolissimi gruppi (due

[8] È questo un principio di gestione fondamentale della fustaia irregolare: la produzione viene concentrata su grandi alberi di qualità che sono mantenuti in piedi non il più a lungo possibile, ma quanto basta per ottenere dal taglio l'assortimento di maggior pregio o anche per dare spazio a un albero di miglior qualità.

Foto 13 *Foret de Arleuf, douglasieta pura di 88 anni con altezza dominante superiore ai 50 metri in corso di disetaneizzazione: sullo sfondo gruppi di giovani douglasie scalate di età e in primo piano un roveto misto a felce aquilina che risultano di ostacolo all'insediamento della rinnovazione*

o tre piante) che aprono buche di poche decine o centinaia di metri quadrati in cui si insedia prontamente la rinnovazione, talvolta però ostacolata dallo sviluppo del rovo e della felce aquilina, che tendono maggiormente a diffondersi tanto più la buca riceve luce diretta.

La gestione della douglasia a taglio saltuario è diffusa soprattutto nella proprietà privata e dal 1991 è attiva un'associazione (*Association Futaie Irreguliere* della quale la foresta di Folin fa parte) nata allo scopo di studiare e sviluppare il trattamento delle fustaie irregolari. Il metodo è in corso di applicazione anche in alcune parcelle di foreste demaniali.

CONCLUSIONI

La douglasia rappresenta certamente un piccolo comparto nel contesto forestale italiano, ma le sue indubbie qualità da tempo ben note, unite alle recenti

osservazioni (le piantine risultano pressochè indenni ai danni da brucamento operati dagli erbivori selvatici), la rendono una specie da tenere in grande considerazione per la rinnovazione dei boschi di conifere della bassa montagna appenninica, meglio se attraverso trattamenti che prevedano la rinnovazione naturale del soprassuolo.

In Francia le principali organizzazioni forestali (*ONF* e *CNFP*) stanno orientando la gestione selvicolturale dei migliori popolamenti alla rinnovazione naturale, sia attraverso il trattamento a tagli successivi che col taglio saltuario, in entrambi i casi con ottimi risultati. In Italia qualche esperienza di taglio raso a strisce sta dando risultati incoraggianti, ma casi di rinnovazione spontanea di douglasia si possono osservare in tutti i complessi più importanti, sia in posizione di margine bosco che all'interno di soprassuoli ariosi di altra specie (in particolare fustaie di pino nero).

Le premesse per indirizzare questi popolamenti alla rinnovazione naturale, quindi, ci sono. Alla ricerca il compito di mettere a punto le modalità esecutive degli interventi, ai tecnici il compito di applicare le indicazioni che verranno, nell'interesse delle nostre aziende forestali e della selvicoltura italiana.

RIASSUNTO

La coltivazione della douglasia può avvenire secondo forme di trattamento differenziate che fanno capo al taglio raso con rinnovazione artificiale posticipata, ai tagli successivi, al taglio saltuario. Con le prime due forme si ottengono boschi coetanei o tuttalpiù paracoetanei, mentre con la terza si ottengono boschi disetanei.

Essendo la maggior parte dei soprassuoli italiani di douglasia relativamente giovani (impianti perlopiù eseguiti dal secondo dopoguerra, soprattutto concentrati nel ventennio 1960-1980), pochi sono stati fin'ora gli interventi di rinnovo, che comunque hanno sempre comportato la rinnovazione artificiale del soprassuolo; limitate esperienze di tagli a rinnovazione naturale sono state condotte nell'appennino toscano con il metodo del taglio raso a strisce che stanno in verità dando discreti risultati, anche se è ancora presto per dare valutazioni conclusive.

Diversamente la realtà francese, in cui gli impianti di douglasia risultano assai più vecchi dei nostri (i primi estesi rimboschimenti sono collocati nelle ricostituzioni postbelliche della grande guerra) e la questione del rinnovo dei popolamenti è stata affrontata già da qualche decennio, sperimentando tutte le forme di trattamento suddette. Il trattamento a tagli successivi viene largamente usato nelle foreste pubbliche, come quelle di Breuil-Cheneu e di Saulieu nella regione di Avalon (Borgogna centrale), con ottimi risultati. Particolarmente interessante appare il taglio da dirado, applicato sia in foreste pubbliche che private, con il quale si ottengono *futaje irreguliaire* assai produttive e molto apprezzate dalla collettività e soprattutto a ciclo perpetuo, senza i problemi economici e tecnici insiti nella rinnovazione artificiale.

La douglasia rappresenta certamente un piccolo comparto nel contesto forestale italiano, ma le sue indubbie qualità da tempo ben note unite alle recenti osservazioni (le piantine risultano pressochè indenni ai danni da brucamento operati degli erbivori selvatici), la rendono una specie da tenere in grande considerazione per la rinnovazione dei boschi di conifere della bassa montagna appenninica, meglio se attraverso trattamenti che prevedano la rinnovazione naturale del soprassuolo.

ABSTRACT

Douglas fir can be conveniently cultivated applying different silvicultural regimes: from strictly even-aged clear-felling followed by artificial regeneration, to shelterwood cuttings with natural regeneration, to the unevenaged selection cutting regime.

Since the majority of the Italian Douglas fir stands are relatively young (relevant plantation efforts started after World War II and have been mainly concentrated between 1960 and 1980), stand regeneration experiences are limited and almost all based on plantation. So far, in the Tuscan Apennines, in only few cases natural regeneration has been taken into consideration, applying strip felling. It is still early to draw conclusions but, till now, the stands have been reacting quite well.

In France instead, where Douglas fir plantations are much older (the first extended reforestations date back to post-Great-War reconstructions) and the issue of stands regeneration had already been raised decades ago, many different silvicultural regimes have been adopted. The shelterwood cuttings regeneration treatment is widely used, with excellent results, in public forests such as those of Breuil-Cheneu and Saulieu in the Avalon region (central Burgundy). Of particular interest appears the selection treatment, applied in both public and private forests, that forms the very productive and community appreciated 'futaje irreguliaire'. Achieving a perpetual cycle, with this treatment the economic and technical problems inherent to artificial regeneration are avoided.

Douglas fir certainly accounts for a small compartment of Italian forestry. Nonetheless, given its well-known qualities and the recent discoveries (damages due to wild herbivores are minimal), the species should be held in high regard for the regeneration of the coniferous forests of the lower Apennines, preferably through treatments based on the autonomous dissemination of the stands.

BIBLIOGRAFIA CITATA

Angelier A. (2007): *Douglasaies francaises*, ONF, Paris (Fr).

Bernetti G. (1995): *Selvicoltura Speciale*, UTET, Torino.

Ciabatti C., Gabellini A., Ottavianai C., Perugi A. (2009): *I rimboschimenti in Toscana e la loro gestione*, ARSIA, Firenze.

Hofmann A., Goretti D., Merendi G.A., Tabacchi G., Vignoli M., Bernetti G. (1998): *L'inventario Forestale*, in *Boschi e Macchie di Toscana*, 3 voll., Edizioni Regioni Toscana, Firenze.

Mercurio R., Minotta G. (2000): *Arboricoltura da legno*.CLUEB Bologna.

Piussi P. (1981): *Ecologia Forestale e Selvicoltura Generale - appunti dalle lezioni anno accademico 1980-81*, Opera Universitaria Firenze.

Susse R., Allegrini C., Bruciamacchie M., Burrus R. (2009): *Le traitement des futaies irregulieres-Convention France Bois Foret/AFI*, Azur Multimedia, Saint Maime (Fr).

Roberto Scotti*

Proiezione a 10 anni del valore di un impianto: la modellistica dendroauxometrica

1. Premesse: la domanda alla quale il lavoro cerca di rispondere

La coltivazione della douglasia in Toscana rappresenta una delle principali espressioni della selvicoltura di impianto nella regione. Per la descrizione del contesto si rimanda al contributo di la Marca (quivi). La coltivazione, proposta con obiettivi produttivi piuttosto definiti, ha conosciuto una fase di sviluppo sostenuto limitata a un arco di tempo relativamente breve. Quegli obiettivi non hanno trovato riscontro al tempo previsto per la raccolta e le coltivazioni sono state reindirizzate verso assortimenti di maggiore pregio. Al presente ci si domanda "quale vantaggio si potrebbe ottenere lasciando crescere gli impianti esistenti ancora per 10 anni?".

Per una valutazione più semplice e focalizzata, si è preso in considerazione, come assortimento di pregio, il "toppo da sega" con diametro minimo in testa di 25 cm. In questo modo la domanda risulta più specifica: "di quanto aumenterà la quota della massa complessiva (e la massa stessa) valorizzabile come assortimento di pregio?"

Per rispondere a tale interrogativo offrendo valutazioni quantitative di comprovata affidabilità occorrerebbe disporre dei risultati delle elaborazioni di specifici studi realizzati in precedenza e progressivamente aggiornati. In mancanza di tali risultati occorrerebbe quantomeno realizzare una campagna di rilevamenti a questo fine disegnati e procedere alla elaborazione delle informazioni raccolte. In realtà non era praticabile neanche questa alternativa.

Si è quindi proceduto ad affrontare la "domanda di ricerca", con l'obiettivo di indicare principalmente andamenti e ordini di grandezza dei fenomeni

* *NuoroForestrySchool, Dip. Agraria, Università di Sassari*

considerati, senza pretendere di produrre valutazioni quantitativamente affidabili nel dettaglio. In realtà, il senso e la motivazione del lavoro è di carattere più generale. Illustrando il percorso di elaborazione e i risultati ottenibili dallo sviluppo di un modello dendroauxometrico, ci si propone di fare conoscere meglio l'ambito disciplinare, di evidenziare quanto poco sia stato praticato, localmente, negli ultimi decenni e di mostrare quanto sarebbe utile riprendere le ricerche in questo campo.

2. DENDROAUXOLOGIA: UN AMBITO DISCIPLINARE DA SVILUPPARE

Come accennato, la risposta alla domanda posta si sviluppa in un ambito disciplinare che, nel contesto nazionale, non ha avuto grande supporto. Nel contesto internazionale tale ambito è tipicamente indicato con l'espressione "forest growth and yield" ed è oggetto di studi estesi e dettagliati, oltre che di specifici insegnamenti nell'ambito della formazione universitaria di base e avanzata. Un rilevante esempio di una sintesi recente è offerto dal lavoro di Pretzsch (2009), che espone la problematica affrontandone la complessità e la prossimità con ambiti di studio quali l'ecofisologia o la simulazione matematica.

In particolare, per rispondere al problema posto, sono necessarie competenze in merito a due aspetti specifici, quasi del tutto trascurati nello sviluppo delle conoscenze a livello nazionale:

- la capacità di valutare la forma del fusto al fine di stimare la quota parte del volume assegnabile all'assortimento ricercato,
- la capacità di valutare come si modificheranno, in media, nei prossimi 10 anni, le caratteristiche principali dei popolamenti, in particolare le distribuzioni diametriche e le curve ipsometriche.

Da qualche decennio, nei contesti in cui la produzione legnosa è economicamente valorizzata, il procedimento di stima della forma dei fusti arborei è imperniato sulla modellizzazione del 'profilo del fusto', sulla calibrazione di una funzione che stima il diametro che il fusto presenta a una qualsiasi altezza, e, contemporaneamente, a che altezza il fusto presenta un dato diametro. In inglese la funzione è detta 'taper function' (funzione di rastremazione, Kozak et al., 1969), in italiano è di solito indicata come 'funzione di profilo' (Scrinzi et al., 1979).

Gli studi sull'accrescimento del volume complessivo, per quanto riguarda la douglasia in Italia, vedono ancora come riferimento cardine la tavola alsometrica pubblicata da Cantiani (1965). L'approccio di allora non con-

sente, in realtà, di produrre proiezioni di un certo dettaglio. In particolare non consente di sviluppare proiezioni relativamente alla modificazione della distribuzione diametrica. Oggi l'approccio a questo tipo di studi è fondato su presupposti concettuali e tecnici diversi ma rimane ineludibile il lavoro di base che sta a monte delle elaborazioni: la capacità e la possibilità di installare e mantenere attivi per decenni adeguati protocolli sperimentali, l'osservazione sistematica, attenta, dettagliata ed estesa della realtà forestale. Purtroppo gli studi successivi cui si accennerà in seguito, con i quali si è cominciato a utilizzare metodi e tecniche di maggiore efficacia descrittiva e analitica, non sono stati sviluppati al punto da produrre una sintesi operativa.

3. MATERIALI E METODI

3.1 *La base di dati e conoscenze disponibili*

Per conseguire uno sviluppo quantitativamente affidabile, il lavoro che ci siamo proposti di realizzare avrebbe richiesto, come accennato, tempi ed energie decisamente superiori a quelle disponibili. La decisione di procedere comunque, per quanto comportasse la disponibilità ad accettare approssimazioni eventualmente piuttosto grossolane, è stata motivata principalmente da una intenzione di comunicazione. Si vuole fare presente che, in ambito nazionale, la ricerca in dedroauxologia è molto carente, con impatti negativi di rilievo nella pianificazione e gestione forestale: le conoscenze e i dati disponibili non consentono nemmeno, ad esempio, di rispondere con la dovuta confidenza al quesito che questo lavoro discute.

Si è deciso di procedere solo dopo aver verificato che la base di conoscenze e di rilievi disponibile, per quanto frammentaria, consentisse di produrre quantomeno una prima approssimazione del risultato ricercato. I principali elementi di tale base sono elencati in box 1 e vengono nel seguito brevemente commentati.

In realtà, fino a qualche decennio fa, qualche opportunità di produrre pubblicazioni nell'ambito della dendroauxologia c'è stata, da circa 20 anni invece si osserva una grande carenza per quanto riguarda gli investimenti nella ricerca in questo campo, in Italia.

Con il dottorato Scotti (1988) ha sviluppato un modello matematico di simulazione della risposta incrementale delle pinete di domestico a fronte di diradamenti di diverso tipo e grado (Cantiani e Scotti, 1988). L'allora "Istituto di assestamento e tecnologia forestale, IATF-UniFI.it" contribuì

- Studi di modellistica dendro-auxometrica (1988, pino domestico; 1995, douglasia, 1999 '*Influence of silviculture on branching and taper*')
- Inquadramento della fertilità (Maetzke et al., 1994)
- Il software *TapeR*, package di R per le 'funzioni di profilo' (stima dell'altezza da terra a cui si trova un dato diametro e del volume sottostante - Kublin et al., 2013)
- Rilievi del prof. La Marca
  - ➢ 32 parcelle (UC), in impianti di 40-50 anni, condizioni gestionali reali
  - ➢ Rilievi relativi all'incremento diametrico in 5 parcelle
  - ➢ Ripetizione di rilievi diametro-altezza su 7 parcelle
  - ➢ 109 profili di fusti di douglasia (*d130* di 20-50 cm ed *htot* di 20-40 m)

Box 1 *Quadro di sintesi delle conoscenze e dei rilievi utilizzati nel lavoro*

al progetto di ricerca europeo "Forest planning and management tools (PL 920715)" (Nepveu, 1995) producendo un modello di simulazione dell'accrescimento di piantagioni di douglasia (Scotti et al., 1995). Il modello si propone di quantificare l'effetto congiunto di fattori stazionali, densità di impianto, livello di concorrenza corrente e di eventuali diradamenti recenti, sull'accrescimento in area basimetrica dei fusti delle diverse classi diametriche presenti. Con un successivo lavoro di dottorato l'indagine è stata approfondita cercando di quantificare gli effetti di tali fattori anche sulla forma dei fusti, sulla distribuzione e caratterizzazione dei nodi (Scotti, 1999).

In effetti il modello prodotto per il progetto europeo ha costituito il presupposto di base per lo sviluppo di questo lavoro. Le conoscenze che quel modello mette operativamente a disposizione sono state verificate, complementate e integrate con altri strumenti e rilievi più recenti.

Nel procedere alla stima dell'accrescimento degli alberi è generalmente necessario tenere in considerazione le differenze di potenzialità che le diverse stazioni presentano. In auxometria forestale, particolarmente in riferimento alla selvicoltura di impianto, l'inquadramento della fertilità è realizzato sulla base di una analisi, tipicamente su larga scala, dello sviluppo dell'"altezza dominante" in funzione dell'età. Al tempo dello sviluppo del modello di simulazione dell'accresimento era stato da poco pubblicato (Maetzke e Nocentini, 1994) l'inquadramento, espresso in forma di semplice funzione algebrica, che aggiornava, sotto questo profilo, ed estendeva il lavoro guida prodotto da Cantiani (1965). Questo inquadramento ha quindi rappresentato il riferimento base utilizzato nelle sviluppo di quel modello. In realtà, anche in relazione al tema 'inquadramento della fertilità' sarebbe necessario procedere a verifiche e probabilmente ad aggiornamenti del quadro sulla base delle os-

servazioni relative agli ultimi decenni (vedi, in questo volume, la Marca).

Il lavoro di Scotti del 1995 si limita alla simulazione dell'accrescimento in area basimetrica. Per produrre una valutazione relativa alla massa dell'assortimento 'da sega' è necessario disporre di stime del volume legnoso appositamente calibrate. Sulla base di esperienze recenti sviluppate su altre specie (Scotti et al., 2015) si è adottato anche in questo lavoro l'approccio alla formulazione della funzione di profilo proposto da Kublin et al. (2013) operativamente implementato nel pacchetto software per l'ambiente statistico "R", denominato TapeR (Kublin et al., 2015). Il procedimento produce una interpolazione "B-spline" (interpolazione polinomiale a tratti) in un contesto di "analisi a effetti misti", atto a separare l'influenza della correlazione interna alle osservazioni derivate da uno stesso fusto dal pattern che il complesso di fusti delinea.

Oltre che dai dati di conoscenza consolidata nelle pubblicazioni citate, il lavoro è stato reso possibile grazie alla diponibilità di una serie di rilievi che, per motivazioni diverse, il prof. La Marca ha continuato a effettuare proseguendo idealmente (e in qualche caso fattivamente) le indagini alla base dei lavori di modellistica prodotti 20 anni fa.

In particolare, per lo sviluppo delle funzioni di profilo, sono stati utilizzati rilievi relativi a 109 fusti di douglasia (con d_{130} di 20-50 cm e h_{tot} di 20-40 m). I soggetti rilevati afferiscono a un'area limitata e presentano quindi variabilità contenuta in termini di età, storia selvicolturale, fertilità e concorrenza locale.

Data la distribuzione diametrica di un popolamento, per procedere alla stima del volume complessivo (e della sua ripartizione in assortimenti) tramite le funzioni di profilo è necessario definire la curva ipsometrica (stabilire almeno un valore di altezza medio per ciascuna classe diametrica). Volendo confrontare la situazione produttiva attuale con quella attesa fra dieci anni è inoltre necessario ipotizzare come tali curve si modificano nel tempo. L'inquadramento della fertilità costituisce, a questo proposito, un riferimento che è necessario, per coerenza interna, considerare. La base dati disponibile per estendere la stima oltre al valore dell'altezza dominante, nell'approssimazione adottata, è limitata a 7 parcelle in cui i rilievi diametro-altezza sono stati ripetuti almeno una volta.

Il modello di simulazione dell'accrescimento procede stimando prima l'incremento di area basimetrica complessivo, espressione sintetica delle condizioni del popolamento (fertilità, età, selvicoltura, etc.), e successivamente valutando come si modifica la distribuzione diametrica a causa della ineguale distribuzione di tale incremento tra le classi presenti. La mortalità, in queste condizioni, è ininfluente.

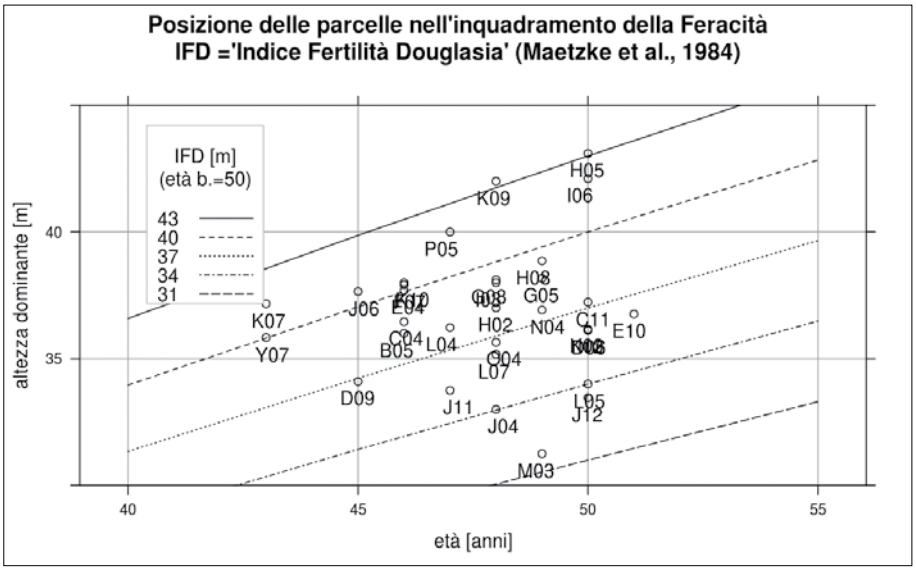
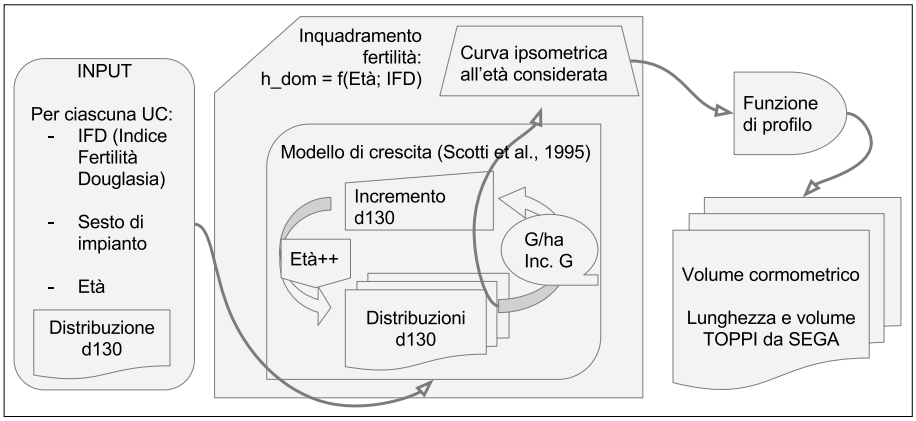


Fig. 1 *Caratterizzazione, dal punto di vista della fertilità, delle parcelle considerate*



Box 2 *Struttura del modello di stima e proiezione dei volumi per singola Unità Campionaria (UC)*

Le funzioni del modello destinate alla stima della distribuzione dell'incremento, avendo carattere squisitamente empirico ed essendo state calibrate su popolamenti analoghi ma con almeno 20 inverni in meno, sono risultate inadatte nelle applicazioni alle età attuali. Le 5 parcelle per le quali si disponeva di rilievi sulla relazione tra incremento diametrico e diametro hanno

permesso di effettuare una preliminare verifica e hanno chiaramente indicato tale inadeguatezza ma hanno costituito una base troppo limitata per la ricalibrazione di funzioni originali. Si è quindi proceduto con semplici ipotesi sostitutive, basate su queste osservazioni.

Infine, il punto di forza delle indicazioni quantitative prodotte è costituito da un insieme di qualche decina di parcelle rilevate recentemente per esigenze operative, al fine di caratterizzare la provvigione presente negli impianti di una area relativamente eterogenea. In sostanza il lavoro sviluppa, per singola parcella, una stima della consistenza che ciascuna avrà tra 10 anni, in termini di volume complessivo e di massa dei "toppi da sega", considerando il set di rilievi rappresentativo del ventaglio di situazioni presenti degli impianti di maggiore importanza in Toscana.

3.2 *La struttura del modello utilizzato*

Il box 2 illustra graficamente le relazioni tra le componenti del modello e il flusso dell'elaborazione che produce.

La cartella centrale include gli aspetti direttamente dipendenti dall'inquadramento della fertilità. A sinistra sono rappresentate le grandezze specificate in ingresso al modello per ciascuna Unità Campionaria (UC), a destra l'output. Tramite la funzione di profilo, a tutte le età di interesse (quella iniziale, quella finale ed eventualmente a età intermedie), per ogni classe diametrica, si registrano: numerosità, volume comlpessivo e quota parte utilizabile come "toppo da sega".

In input la parcella (UC) è caratterizzata dalla distribuzione diametrica osservata all'età attuale e dal valore di altri parametri. Vengono evidenziati in particolare, oltre all'età, il sesto di impianto e l'indice di fertilità per la douglasia (IFD). Questo ultimo è rappresentato dal valore dell'altezza dominate all'età di riferimento (30 anni) valutata, tramite la funzione che definisce l'inquadramento adottato (Maetzke et Al., 1994), in base ad altezza dominante ed età attuale. La funzione di stima dell'incremento complessivo di area basimetrica quantifica anche l'effetto di lungo periodo della densità iniziale determinato dal sesto di impianto. Per questo motivo occorre specificare anche tale valore in ingresso.

Il modello di crescita procede iterativamente. Nota la distribuzione diametrica (e i valori degli altri parametri) a una data età, si calcola l'area basimetrica presente (G) e, tramite la funzione [1] (Zeide, 1989), si stima (G') l'incremento di area basimetrica complessivo per quell'annata (box 3).

funzione [1]

$$G' = \gamma * \left(\frac{G}{A}\right) * [\ln(\alpha) - \ln(G)]$$

con:

$$\begin{cases} \ln(\alpha) = \alpha_0 + \alpha_1 * IFD * PD \\ \gamma = \gamma_1 * \left(\frac{1}{IFD}\right) + \gamma_2 * 10^{-6} * N + \gamma_3 * \sqrt{(TR_{pct})} \end{cases}$$

dove:

IFD = site index [m] @ 30 years
A = stand age
N = number of trees
PD = N at plantation
TR_{pct} = N% removal by last thinning
G = basal area $[m^2 * (ha)^{-1}]$
G' = basal area increment $[m^2 * (ha * year)^{-1}]$

Coeff.	*Estimate*	*Std err*	*Prob >|T|*
α_0	4.648	0.168	
α_1	0.000	0.000	
γ_1	27.536	0.668	0.0001
γ_2	-0.074	0.012	0.0001
γ_3	-0.008	0.001	0.0001

Box 3 *Funzione di stima dell'incremento di area basimetrica del popolamento (G') (da Scotti, 1995)*

funzione [2]

$$inc.d_{130}(i,e) = b_0 + b_1 * d_{130}(i,e)$$

con:

$$\begin{cases} b_1 = 0.017 \\ d_g = \sqrt{\frac{G}{N} * \frac{40000}{\pi}} \\ inc.d_g = \sqrt{\frac{(G+G')}{N} * \frac{40000}{\pi}} - d_g \\ b_0 = inc.d_g - d_g * b_1 \end{cases}$$

Box 4 *Funzione di distribuzione dell'incremento diametrico*

Quantificato l'accrescimento complessivo si procede a distribuirlo, come incermento diametrico, tra le cassi diametriche presenti. La distribuzione empirica degli incementi di diametro presenta forme sfumate e molto variabili. La funzione sviluppata nel '95, non è risultata applicabile alle condizioni delle parcelle considerate. Pur conservandone un assunto concettuale molto conservativo (la funzione è vincolata ad assegnare al diametro di area basimetrica media un incremento pari alla media degli incrementi) la funzione è stata riformulata adottando drastiche semplificazioni (box 4, funzione [2]).

A questo punto si incrementa l'età del popolamento di una unità e, nel ciclo di calcolo interno, semplicemente si aggiornano i valori centrali (oltre eventualmente agli estremi) degli intervalli diametrici a cui sono assegnate le singole frequenze (box 5, funzione [3]).

$$\forall \text{ classe } i: \; d_{130}(i, e+1) = d_{130}(i, e) + inc.d_{130}(i, e) \quad \text{funzione [3]}$$

Box 5 *Aggiornamento dei valori centrali delle classi della distribuzione diametrica*

funzione [4]

$$h(d,e) = b_0(e) + b_1(e) * \log(d)$$

con:

$$\begin{cases} b_1(e) = -2.4 + 0.44 * e \\ b_0(e) = h_{dom}(e) - d_{dom}(e) * b_1(e) \end{cases}$$

Box 6 *Modellizzazione delle curve ipsometriche (e = Età, b1(e) = pendenza)*

È solo ai fini delle stime di volume, quindi per determinate età, che si procede alla redistribuzione delle frequenze su intervalli diametrici di ampiezza costante, quindi alla determinazione della curva ipsometrica per quell'età e poi alla determinazione degli specifici profili per ogni classe, con il calcolo del volume complessivo e di singoli assortimenti.

Il modulo di stima della specifica curva ipsometrica da utilizzare nelle diverse situazioni considerate è stato definito agganciando il ragionamento allo sviluppo dell'altezza dominante, riferimento che, per coerenza interna, occorre rispettare, e sfruttando il limitato insieme di rilievi disponibile (le 7 parcelle in cui i rilievi diametro-altezza sono stati ripetuti almeno una volta), adottando approssimazioni (box 6, funzione [4]).

Come accennato, per la modellizzazione della forma dei fusti si è fatto ricorso al pacchetto software per l'ambiente statistico "R", denominato "*TapeR*" (Kublin et al., 2015) recentemente utilizzato con successo (Scotti et al, 2015). La consistenza della base di dati disponibile ha permesso di produrre una modellizzazione abbastanza affidabile, espressiva della effettiva evoluzione del profilo dei fusti con l'età, nelle distinte condizioni di crescita.

3.3 *Caratterizzazione delle parcelle forestali considerate*

Le parcelle di douglasia per le quali, nell'ambito del presente studio, si è proceduto alla proiezione a 10 anni per valutare come e quanto si modifica la massa presente e la sua distribuzione in quote di valore molto diverso, sono state rilevate nell'ambito di una valutazione operativa, non sono il frutto di una selezione finalizzata solo alla ricerca. Fra le diverse decine di rilievi disponibili le 32 parcelle considerate sono quelle per le

UC	Age	Hdom	Ifd	Ndoug/ ha	Gdoug/ ha	Gother/ ha	dg_ doug	min_ dbh	max_ dbh
B05	46	36.0	26.0	417.6	41.7	8.0	35.7	11	59
C04	46	36.5	26.4	438.0	44.1	0.0	35.8	17	52
C11	50	37.2	25.3	570.4	60.8	2.7	36.8	15	59
D06	50	36.1	24.5	346.3	37.3	4.2	37.0	15	59
D09	45	34.1	25.0	371.8	52.1	1.8	42.2	25	56
E04	46	37.7	27.3	325.9	43.4	1.2	41.2	19	60
E10	51	36.8	24.6	565.3	51.2	2.3	34.0	0	58
F07	46	37.9	27.5	300.5	40.5	0.4	41.4	24	59
G05	49	38.2	26.4	702.8	71.5	0.0	36.0	17	52
G08	48	38.1	26.8	468.6	50.7	0.2	37.1	16	56
H02	48	37.0	25.9	387.1	45.2	6.1	38.6	15	57
H05	50	43.1	29.6	448.2	63.7	0.0	42.5	21	62
H08	49	38.9	26.9	356.5	57.7	0.3	45.4	27	59
I03	48	38.0	26.7	438.0	51.0	1.9	38.5	14	64
I06	50	42.1	28.8	356.5	46.6	0.0	40.8	18	62
I12	50	36.2	24.5	478.7	51.6	0.3	37.0	18	55
J04	48	33.0	23.0	280.1	34.5	6.2	39.6	21	60
J06	45	37.7	27.8	341.2	40.0	1.4	38.6	24	54
J11	47	33.8	23.9	468.6	51.0	0.0	37.2	17	54
J12	50	33.5	22.6	438.0	47.8	2.1	37.3	10	58
K03	50	36.2	24.5	285.2	42.8	0.0	43.7	15	62
K07	43	37.2	28.4	331.0	45.5	0.0	41.8	31	56
K09	48	42.0	29.7	341.2	62.8	0.1	48.4	17	68
K10	46	38.0	27.6	275.0	39.4	0.0	42.7	24	63
L04	47	36.2	25.8	249.6	36.0	0.9	42.8	29	61
L05	50	34.0	22.9	427.8	49.5	2.1	38.4	25	61
L07	48	35.2	24.6	402.3	49.6	1.0	39.6	20	58
M03	49	31.3	21.3	244.5	24.1	0.2	35.4	25	44
N04	49	36.9	25.5	254.6	42.5	0.0	46.1	28	60
O04	48	35.7	24.9	402.3	45.1	3.5	37.8	17	52
P05	47	40.0	28.6	203.7	36.0	7.1	47.5	22	59
Y07	43	35.8	27.3	641.7	49.0	0.3	31.2	0	49

Tab. 1 *Sintesi dei rilievi nelle parcelle considerate per la proiezione*

quali è disponibile tutta l'informazione di base: oltre alla distribuzione diametrica, le indicazioni relative a età e altezza dominate (tab. 1).

Si tratta di aree di saggio circolari di 25 m (topografici) di raggio dislocate soggettivamente a rappresentare le diverse situazioni presenti. Gli impianti hanno una comune impronta colturale: sesto iniziale di 2.5m*2.5m (1600 p/ha), diradamento sistematico di una fila su 3 a circa 18 anni e ulteriore riduzione, a carattere selettivo, circa 10 anni dopo, a circa ⅔ del

numero presente. La eventuale presenza di specie diverse dalla douglasia non è significativa.

Le parcelle presentano età contenute in un intervallo relativamente limitato, esteso meno di 10 anni, da 43 a 51 anni. Il ventaglio di fertilità saggiate, con riferimento all'età base di 50 anni, quella considerata dagli autori dell'inquadramento considerato, è espresso da valori di *site index* che spaziano (in modo non uniformemente distribuito) da 32 m a 43 m coprendo le quattro classi migliori delle cinque che il lavoro originale presenta (fig. 1).

Con riferimento (assolutamente equivalente) a una età base di 30 anni l'intervallo diventa 21m, 30m (tab. 1).

Le densità correnti presentano una ampia variabilità, spaziando da 200 a 700 piante a ettaro, così come i valori di area basimetrica che oscillano da meno di 30 a più di 70 m^2/ha.

4. RISULTATI

4.1 *Stima dell'accrescimento diametrico*

Il procedimento prende le mosse dalla stima dell'accrescimento di area basimetrica complessiva del popolamento, determinato tramite la funzione [1]. Sfruttando le 5 parcelle per le quali sono disponibili misure di incremento di area basimetrica (quantificati sulla base di rilievi sulla relazione tra incremento diametrico e diametro), i valori stimati dalla funzione sono stati messi a confronto con quelli osservati. Per quanto il campione disponibile sia piuttosto esiguo, si è comunque proceduto a definire una correzione proporzionale della distorsione osservabile (fig. 2).

L'accrescimento complessivo viene poi ripartito tra le classi diametriche presenti stimando, per ciascuna un incremento di diametro. Per assicurare una fondamentale coerenza tra accrescimento complessivo e l'insieme delle stime di incremento diametrico, la funzione di ripartizione è vincolata ad assegnare al *diametro di area basimetrica media* (g=G/N_HA) l'incremento diametrico cui consegue un accrescimento areale pari alla *media degli incrementi di area basimetrica* (g'=G'/N_HA).

Essendo risultato non applicabile, a queste età, l'approccio alla ripartizione sviluppato in relazione ai rilievi disponibili nel 1995, si è adottato un approccio semplicistico, calibrato utilizzando i dati delle 5 parcelle per le quali si dispone di rilievi sulla relazione tra incremento diametrico e diametro. La funzione di distribuzione è approssimata da una retta. Le pendenze

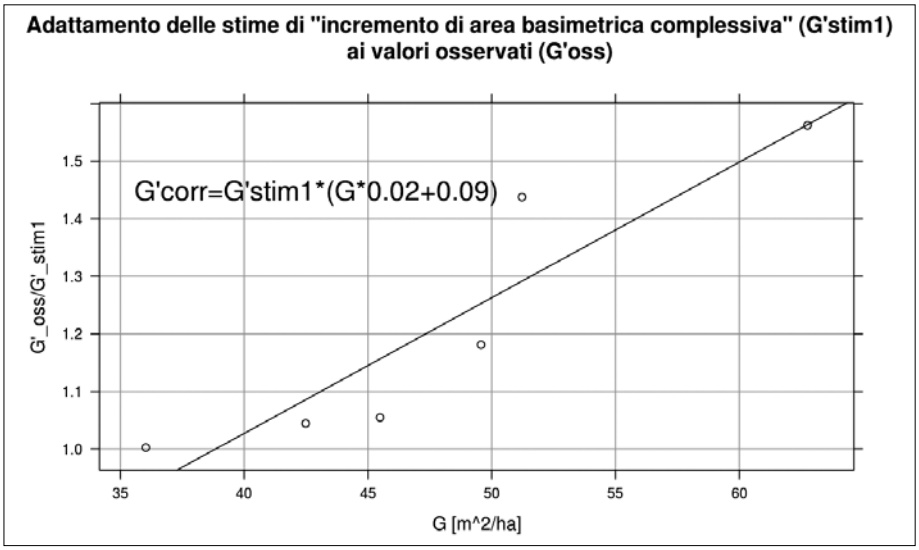


Fig. 2 *Verifica e adattamento della stima dell'accrescimento di area basimetrica complessiva (G') prodotto dalla Funzione [1], in base al confronto con valori di accrescimento osservati*

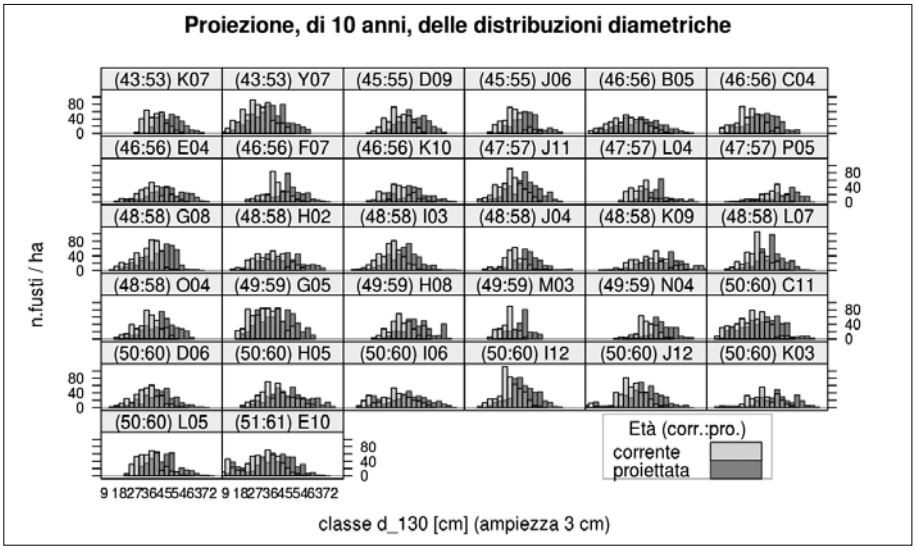


Fig. 3 *Proiezione a 10 anni delle distribuzioni diametriche osservate ora nelle UC*

delle rette calibrate indipendentemente per ciascuna parcella non presentano differenze significative, di conseguenza si adotta un valore medio costante (pend=0.017). Dato il vincolo di cui sopra la funzione che stima l'incremento diametrico per ciascuna classe diametrica è determinata.

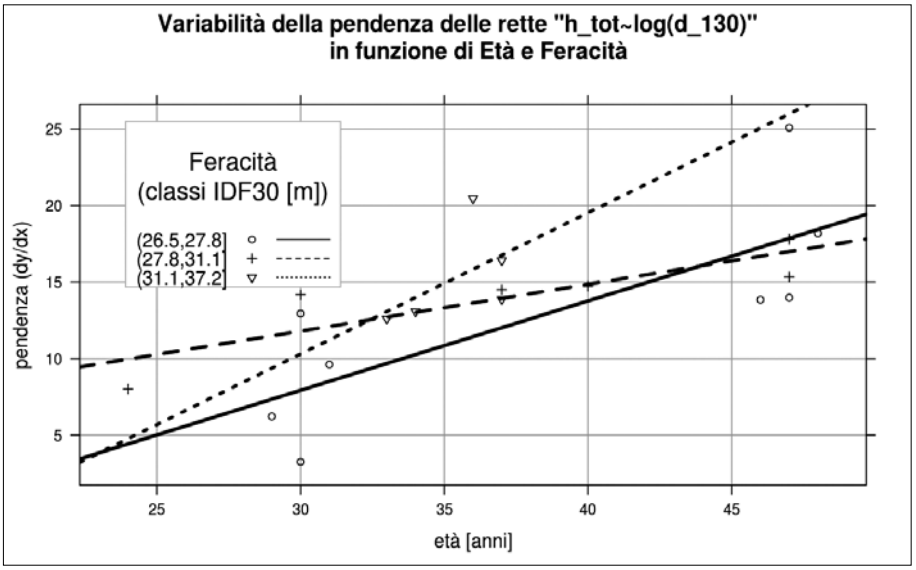


Fig. 4 *Studio per la modellizzazione delle relazioni ipsometriche*

In figura 3 sono rappresentati i risultati della simulazione per quanto concerne lo sviluppo della distribuzione diametrica.

4.2 *Stima altezza, necessità e limiti di un approccio semplificato*

La funzione che stima la curva ipsometrica, è stata sviluppata adottando gli assunti e le approssimazioni seguenti.

L'inquadramento della fertilità determina l'altezza dominate corrente, noti il valore dell'indice (IFD o *site index*) e l'età corrente. Si assegna tale valore di altezza al valore diametrico corrispondente all'area basimetrica media tra i fusti "dominanti" (i 100 fusti a ettaro di maggiori dimensioni diametriche).

Si assume come modello per le curve ipsometriche la funzione lineare con trasformazione logaritmica del diametro.

A questo punto rimane solo da determinare la pendenza della curva. In base all'analisi delle 7 parcelle per le quali è disponibile una ripetizione del rilievo delle altezze a distanza di tempo, si è verificato che il modello adottato producesse una compensazione ragionevole e si è proceduto a valutare se le variazioni della pendenza della curva dovessero essere imputate a fattori evidenti. In particolare sono stati considerati i fattori: età e fertilità.

Il grafico in figura 4 illustra la situazione riscontrata. La pendenza aumenta

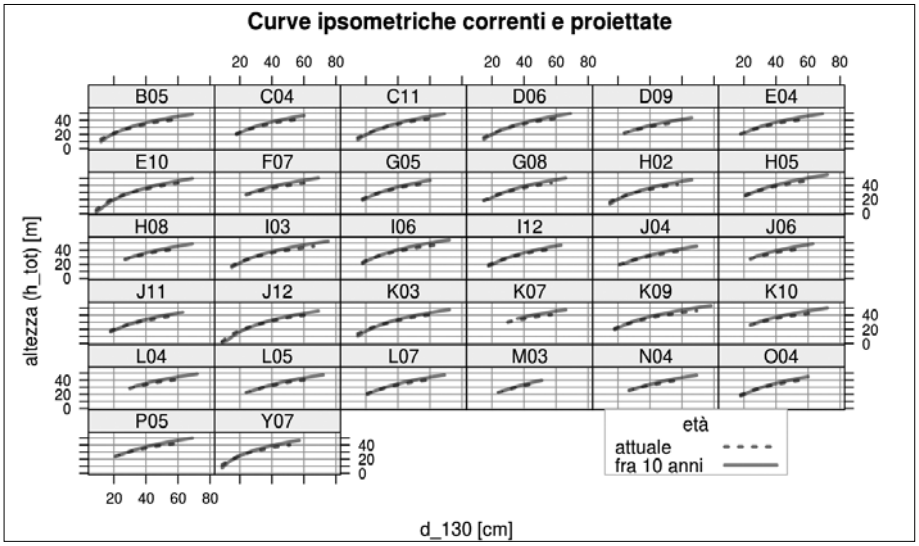


Fig. 5 *Curve ipsometriche corrispondenti alle distribuzioni diametriche prodotte (linea tratteggiata = età iniziale, continua = età finale (10 anni dopo))*

abbastanza significativamente con l'età mentre l'influenza della fertilità non risulta coerente e significativa. Che la pendenza aumenti con l'età, in realtà, appare in contraso con un andamento più generale. Di solito si riscontra un appiattimento della curva ispometrica a seguito dell'invecchiamanto. Tuttavia, per ora, attesi i risultati conseguiti (vedi fig. 4), si assume, ai fini della proiezione in oggetto, l'andamento osservato.

Il box 6 presenta la struttura della funzione che definisce le curve ipsometriche. Il modello è lineare con il logaritmo del diametro come predittore. La pendenza della retta ($b_1(e)$) è determinata in funzione dell'età (i coefficienti derivano dalla regressione generale sui dati in figura 4 con *pendenza ~ Età*). La retta è vincolata a passare per il punto di coordinate $\{d_{dom}(e); h_{dom}(e)\}$ con, $d_{dom}(e)$, diametro dominante all'età *e*, determinato dall'analisi della distribuzione diametrica e $h_{dom}(e)$, altezza dominante all'età *e*, derivata dall'inquadramento della fertilità.

La figura 5 espone i risultati conseguiti utilizzando la funzione sviluppata nelle parcelle considerate. Si percepisce principalmente l'estensione della curva più alta, quella relativa all'età finale, oltre il limite destro di quella più bassa, relativa all'età iniziale. Tale estensione corrispondente a quanto si è estesa verso destra la distribuzione diametrica. Solo in alcuni casi si apprezza il fatto che la curva finale, essendo più pendente, per costruzione, rispetto a quella iniziale, nella porzione sinistra rimane più bassa. In realtà tale evenienza non rappresenta necessariamente una incongruenza o, peggio, un errore. Non si

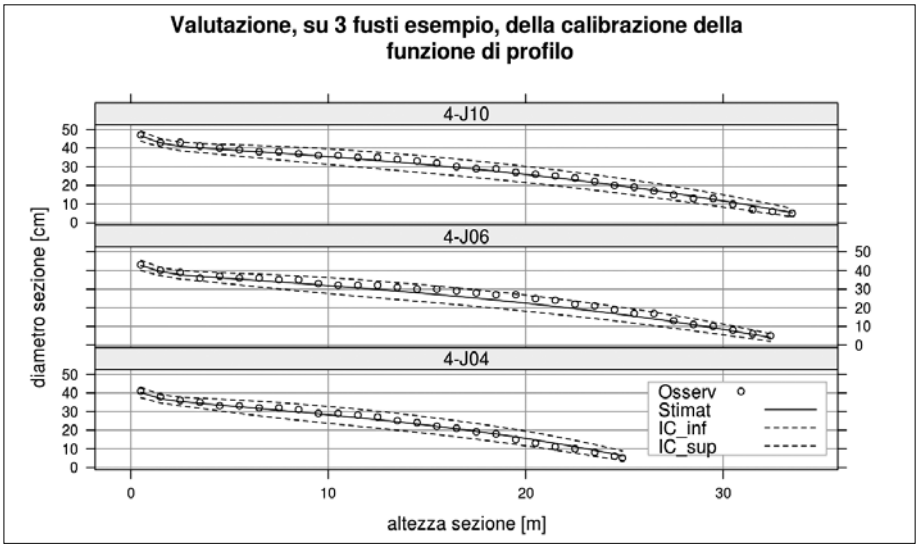


Fig. 6 *Funzione di profilo. Tre fusti utilizzati per la calibrazione del modello, a confronto con la stima e l'intervallo di confidenza della stima*

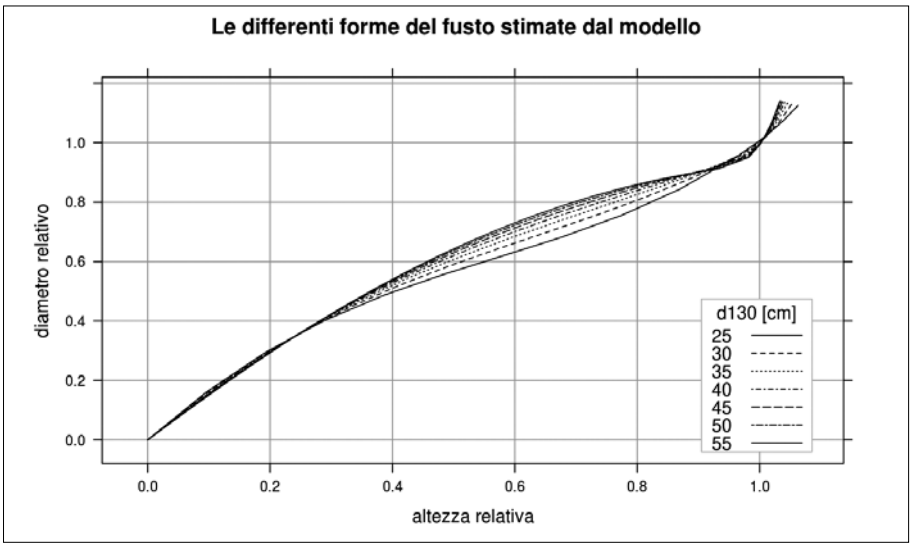


Fig. 7 *Funzione di profilo. Adattando, secondo un progressione media, l'altezza del fusto al diametro considerato, il grafico mostra come si modifica il "profilo relativo" (determinato assegnando coordinate (0,0) ed (1,1) rispettivamente all'apice ed al diametro ad 1.3 m)*

tratta infatti alberi che crescendo, riducono la loro altezza. Si tratta invece di alberi piccoli e bassi i quali, crescendo in condizioni nettamente dominate,

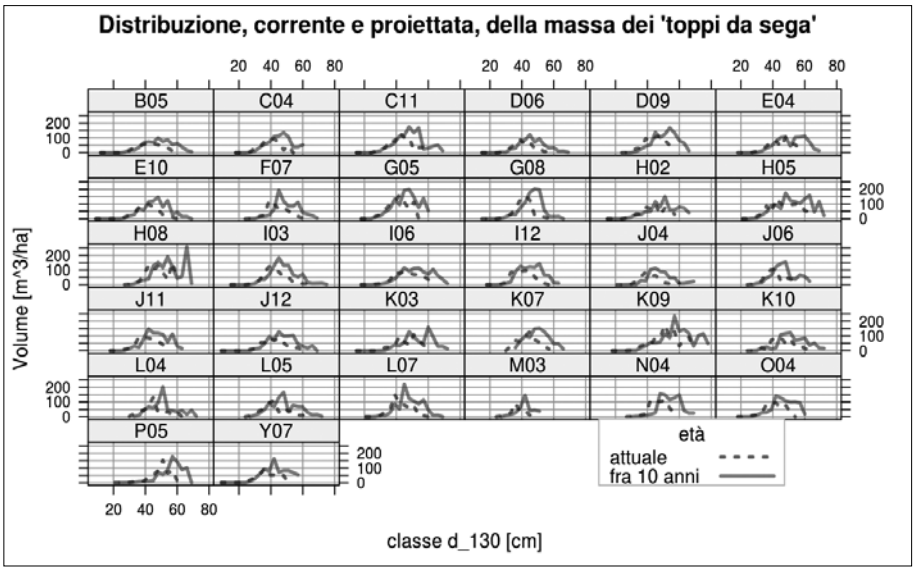


Fig. 8 *Il dettaglio dei risultati della proiezione sulla crescita delle parcelle considerate (linea tratteggiata = età attuale, linea continua = proiezione)*

acquistano diametro ma, nello sviluppo in altezza, non raggiungono i valori a cui erano arrivati i fusti che avevano raggiunto quel diametro 10 anni prima.

4.3 *Funzione di profilo, stima volume assortimento "da sega"*

La modellizzazione della forma dei fusti è stata sviluppata sfruttando il pacchetto software per l'ambiente statistico "R", denominato "*TapeR*" (Kublin et al., 2015) e l'esperienza recentemente acquisita sul tema (Scotti et al., 2015). La figura 6 espone un esempio dei grafici di verifica esaminati. I profili osservati (cerchietti), dei tre fusti modello presi ad esempio, sono discretamente interpolati dalla curva centrale, prodotta dal modello utilizzando solo i valori di *d130* e *hto*t del fusto considerato. Il procedimento stima anche la confidenza del profilo generato. I valori osservati risultano ben contenuti nei limiti di confidenza segnalati nel grafico dalle linee tratteggiate.

La figura 7 è stata generata per illustrare come e quanto si modifica la forma del fusto, determinata tramite il modello, al variare dei parametri chiave: diametro a petto d'uomo (*d_130*) e altezza totale (*h_tot*). I diametri osservati sono principalmente compresi tra 25 cm e 55 cm. Per una valutazione semplice, a ogni valore di diametro si è assegnata una altezza crescente in base alla

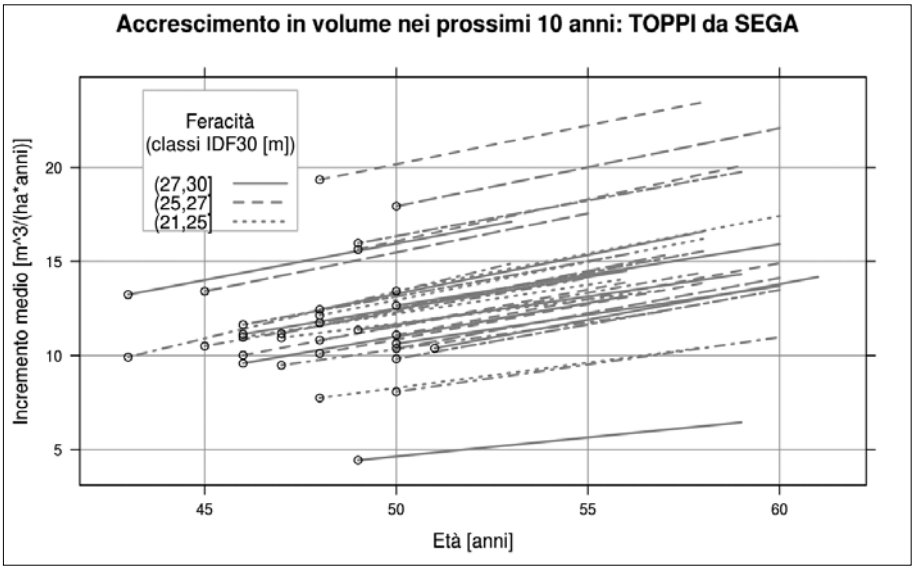


Fig. 9 *Sintesi: stima all'attualità e proiezione della massa lorda complessiva dell'assortimento "toppo da sega" (25cm in punta) classificando le parcelle in base alla fertilità*

progressione media osservata. Il grafico evidenzia quanto, al crescere delle dimensioni, nella porzione inferiore del fusto, si riduce la rastremazione ovvero la porzione di maggiore interesse diventa più 'cilindrica', in pratica "portare il toppo al tondo" comporta minori scarti.

4.4 *Variazioni, nelle parcelle forestali considerate, della ripartizione del volume legnoso in assortimenti, nell'arco dei prossimi 10 anni*

Le proiezioni che il modello produce sono esposte nelle figure 8 e 9, rispettivamente con maggiore dettaglio e in modo più sintetico. Entrambe i grafici si riferiscono alla quota parte della massa complessiva destinabile all'assortimento di maggiore valore. Ovviamente, si potrebbero produrre grafici analoghi sia per la massa complessiva che per assortimenti diversamente definiti.

Il grafico in figura 8 evidenzia il dettaglio della distribuzione delle masse in funzione dei diametri e consente di apprezzare e valutare le relazioni tra struttura e produzione.

I segmenti di retta in figura 9 semplicemente congiungono il valore di massa stimato all'attualità con il corrispondete valore proiettato. La classificazione in base alla fertilità di ciascuna parcella (definita cercando di ottenere

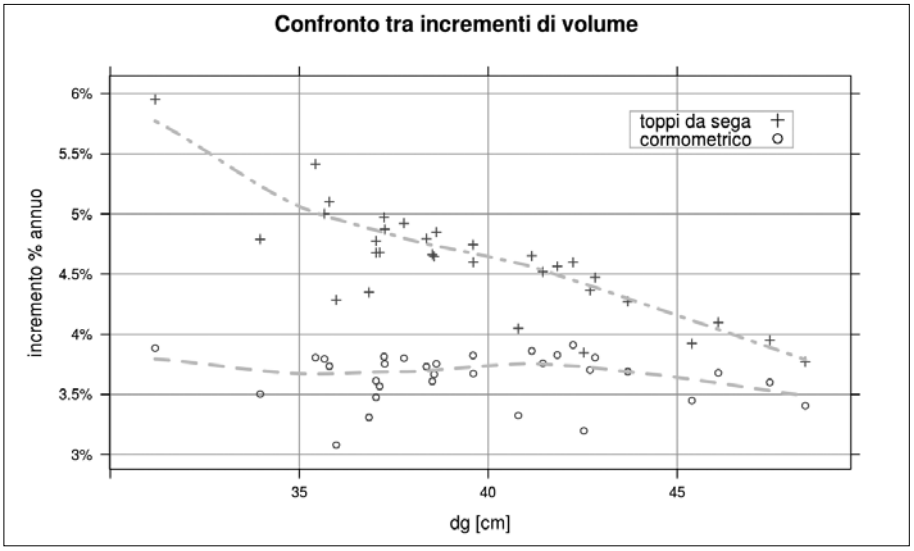


Fig. 10 *Variazione dei tassi di accrescimento stimati per il prossimo decennio in funzione del diametro di area basimetrica media*

una equiripartizione delle parcelle tra le classi) evidenzia una scarsa influenza di questo fattore sulle produzioni osservabili e prevedibili.

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

A evidenziare le relazioni tra struttura e produzione, il grafico in figura 10 mette a confronto la variazione dell'incremento percentuale di massa in funzione del diametro di area basimetrica media del popolamento, distinguendo tra volume cormometrico e massa dell'asssortimento di valore considerato. L'innalzamento del diametro medio è uno degli effetti caratteristici di diradamenti a carattere selettivo, oltre che conseguenza di densità di impianto limitate. Mentre per la massa pregiata i tassi risultano decrescenti con il diametro, non si osservano invece variazioni significative per il volume cormomentrico. Da questo punto di vista quindi, la convenienza a lasciare crescere ancora i popolamenti appare maggiore nelle situazioni a diametro medio relativamente minore.

In generale, comunque, indipendentemente dall'età attuale dei popolamenti, mentre il volume cormomentrico aumenterà di meno del 5% all'anno, il volume dei "toppi da sega" si accrescerà, nei prossimi 10 anni, di più del 6% all'anno (fig. 11).

Il modello dendroauxometrico sviluppato è presentato in questo lavoro

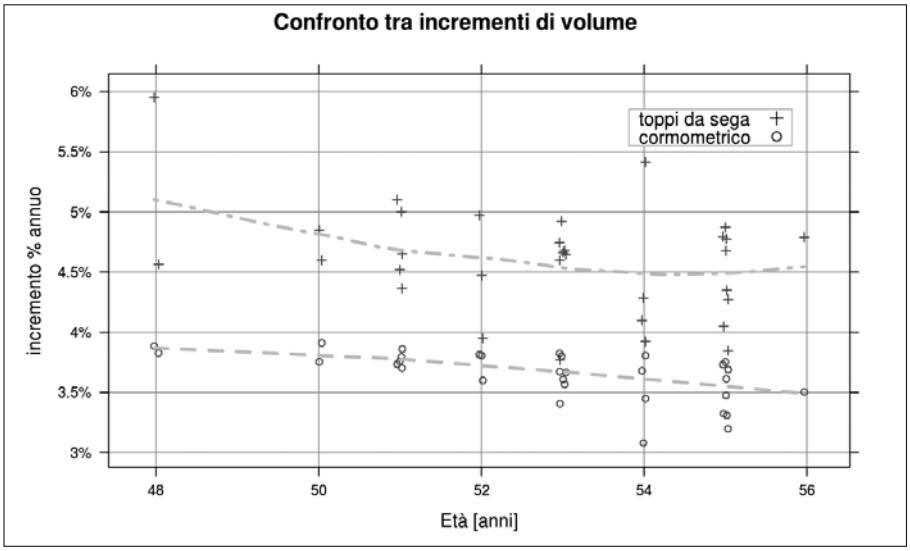


Fig. 11 *Distribuzione dei tassi di accrescimento stimati per il prossimo decennio in funzione dell'età attuale del popolamento*

principalmente ai fini di un più generale commento teso a evidenziare la necessità di dedicare maggiore attenzione e sostegno allo sviluppo degli studi e delle ricerche in questo campo, tenendo conto del fatto che si tratta di investimenti che devono considerare il lungo periodo.

La struttura di base e alcune componenti fondamentali del modello presentano solidità sufficiente a conferire al lavoro nel suo complesso, nonostante le approssimazioni cui si è dovuto ricorrere per mancanza di ricerche specifiche, un minimo di affidabilità. L'andamento generale e i rapporti tra le grandezze considerate dovrebbero rappresentare correttamente la realtà mentre non è possibile pretendere, in queste condizioni, precisione e accuratezza dei valori quantitativi.

Sistematizzare, condividere e dare continuità ai rilievi in dispositivi sperimentali di misura dello sviluppo, dell'accrescimento e della produzione di impianti e boschi è fondamentale per avere qualche riferimento con cui orientare le scelte di oggi, pensando al domani.

RIASSUNTO

Nell'attuale contingenza della coltivazione delle douglasia, in particolare in Toscana, sono molti gli impianti potenzialmente utilizzabili e potrebbe essere di interesse valutare l'eventuale convenienza a posporre di una decina di anni l'esecuzione dell'intervento. Nel proporre una

tentativo di risposta di prima approssimazione, il lavoro evidenzia la forte carenza della ricerca nazionale in dendro-auxologia e chiede che si provveda a creare le condizioni affinché il lavoro sperimentale e di elaborazione teorica in questo campo possa essere riattivato.

ABSTRACT

Given the results of different experimental trials, some decades ago, relatively important investments have been undertaken planting Douglas fir in Italy and particularly in Tuscany. Many plantations are now potentially harvestable. It could be of interest to evaluate the advantages of postponing tree fellings for yet an other decade. Developing a first approximation answer to this evaluation, the work highlights the serious shortage of national forest growth & yield research and asks that steps be taken to create the conditions for the reactivation of experimental and theoretical work in this field in Italy.

RIFERIMENTI

Cantiani M. (1965): *Tavola alsometrica della Pseudotsuga douglasii in Toscana*, «Ricerche sperimentali di dendrometria e auxometria», Ist. Assestamento Forestale dell'Università di Firenze, fasc. IV, pp. 32-73.

Cantiani M.G., Scotti R. (1988): *Le fustaie di pino domestico del litorale tirrenico: studi sulla dinamica di accrescimento in funzione di alcune ipotesi selvicolturali alternative*, «Annali dell'Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura», vol. XI, Trento, 1988. pp. 1-54.

Kozak A., Munro D.D., Smith J.H.G. (1969): *Taper functions and their application in forest inventory*, «Forest Chronicle», 45, 4, pp. 278-283.

Kublin E., Breidenbach J. (2015): *TapeR: Flexible tree taper curves based on Semiparametric Mixed Models*, R package version 033.3.

Kublin E., Breidenbach J., Kaendler G. (2013): *A flexible stem taper and volume prediction method based on mixed-effects B-spline regression*, «European J For Res», 132, pp. 983-997.

Maetzke F., Nocentini S. (1994): *L'accrescimento in altezza dominante e la stima della fertilità in popolamenti di douglasia*, «L'talia Forestale e Montana», vol. XLIX, fasc. n. 6, pp. 582-594. ISSN: 0021-2776.

Nepveu G. (a cura di) (1995): *EEC AIR Project "Forest Planning and Management Tools (PL 920715); Final Condensed Report of the Work Performed Between November 1st, 1992 and October 31, 1995*, publication Equipe de Recherches sur la Qualité des Bois, INRA, Nancy. (https://books.google.it/books?id=vaPAPgAACAAJ)

Scotti R., Corona P., la Marca O., Marziliano P., Tarchiani N., Tomaiuolo M. (1995): *Growth model for Italian Douglas fir plantations*, in *Recent advances in forest mensuration and growth and yield research. Procedings from 3 sessions of Subject Group S4.01 'Mensuration, Growth and Yield' at the 20th World Congress of IUFRO, held in Tampere, Finland, 6-12 August 1995*, a cura di J.P. Skovsgaard, H. E. Burkhart, Hørsholm, Denmark, Ministry of Environment and Energy, Danish Forest and Landscape Research Institute.

Scotti R. (1988): *Modello alsometrico per le pinete litoranee di* Pinus pinea, «Annali dell'Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura», vol. XI, Trento, pp. 55-142.

Scotti R., Mura M., Piredda I., Campus S., Lovreglio R. (2015): *Gestione forestale sostenibile in Sardegna: dal legno al legname, le funzioni di profilo*, in *Atti del II Congresso Internazionale di Selvicoltura. Progettare il futuro per il settore forestale, Firenze, 26-29 novembre 2014*, Firenze: Accademia Italiana di Scienze Forestali, vol. 2, pp. 1056-1061. ISBN 978-88-87553-21-5. http://dx.doi.org/10.4129/2cis-rs-ges

Scotti R. (1999): *Modelling the influence of silviculture on branching and taper functions in Italian Douglas-fir plantations*, in *Proceedings of the 3rd Workshop IUFRO WP S5.01-04, Connection Between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software, September 5-12, 1999, La Londe Les Maures, France*, a cura di G. Nepveu, International Union of Forest Research Organizations, Vienna. pp. 72-82. Pubblicato da: INRA Nancy, Publication year: 1999 (644 p.), Series title: Publication Equipe de Recherches sur la Qualité des Bois (1999/2).

Scrinzi G., Tabacchi G. (1979): *Interpretazione matematica del fenomeno formale dell'abete rosso* (Picea abies Karst) *del Centro-Cadore*, «Annali dell'Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura», 7, pp. 147-186.

Zeide B. (1989): *Accuracy of equations describing diameter growth*, «Canadian Journal of Forest Research», 19 (10), pp. 1283-1286.

Michele Brunetti*, Roberto Zanuttini**

Contributi tecnologici alla valorizzazione industriale del legname di douglasia

1. INQUADRAMENTO

In genere, la valorizzazione del legname si fonda su due criteri di riferimento: la conoscenza approfondita delle proprietà tecnologiche e peculiarità del materiale in esame (anche in termini di caratteristiche dendrometriche e di qualità degli assortimenti ottenibili) e l'individuazione degli ambiti applicativi in cui esse sono in grado di soddisfare i requisiti di impiego richiesti in maniera efficiente e competitiva.

La questione sembrerebbe di facile approccio ma, come spesso accade, è influenzata dai lunghi tempi della selvicoltura per cui, tra il momento dell'impianto o rinnovazione del popolamento forestale e quello della raccolta del legname a fine turno, lo scenario di riferimento può modificarsi anche in maniera significativa. Si tratta peraltro di cambiamenti non necessariamente negativi in quanto se alcune destinazioni d'uso consolidate possono scomparire o diventare meno interessanti altre se ne possono aggiungere a seguito di nuove conoscenze tecniche, cambiamenti nei gusti e nelle mode o innovazioni di processo o prodotto.

Pur di fronte a un contesto dinamico, è poi opportuno considerare che il legname di qualità elevata è sempre ricercato e trova minori difficoltà a essere valorizzato commercialmente. Per rientrare in tale ambito è tuttavia necessario che si verifichino una serie di condizioni favorevoli le quali implicano l'ottimizzazione di fattori genetici, stazionali e di gestione selvicolturale (fig. 1).

* *Consiglio Nazionale delle Ricerche-Istituto per la valorizzazione del legno e delle specie arboree (CNR-IVALSA), Sesto Fiorentino (FI)*
** *Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA), Università degli Studi di Torino*

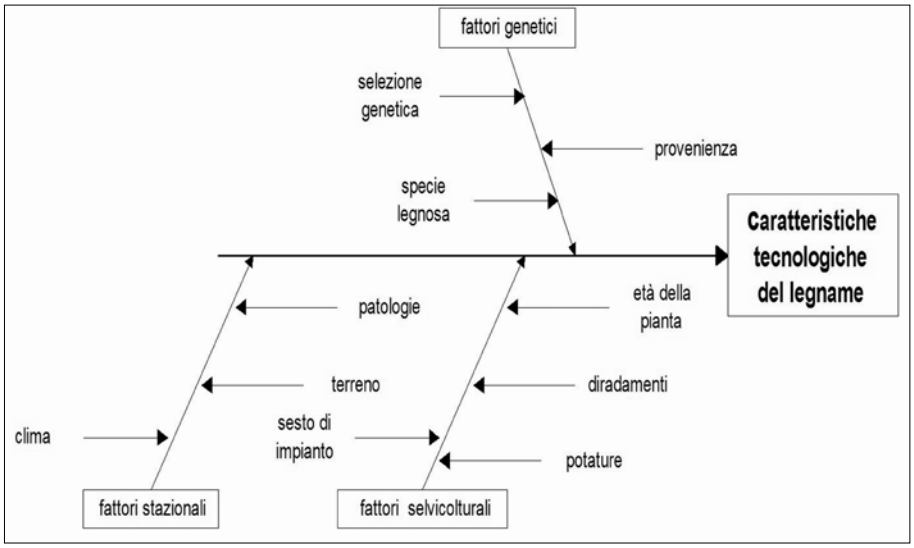


Fig. 1 *Principali fattori di influenza sulla qualità del legno*

È presumibile inoltre che alcuni aspetti tecnici ormai consolidati della materia prima (come ad esempio un elevato diametro dei fusti, il contenimento di nodi e altri difetti ecc..) rimarranno importanti anche in futuro e potranno condizionare il successo della funzione produttiva dei popolamenti di una determinata specie legnosa. In aggiunta a quanto sopra è comunque importante un adeguato collegamento tra domanda e offerta, la presenza di un solido e dinamico tessuto imprenditoriale, la garanzia di una continuità temporale degli approvvigionamenti dal punto di vista dei volumi disponibili e della qualità richiesta, conseguibile ad esempio in impianti di grande estensione o in caso di iniziative consortili, senza dimenticare che i prodotti finali, per poter trovare una collocazione sul mercato, devono soddisfare il quadro normativo di riferimento (Zanuttini, 2014).

In questo contesto, dalla fine degli anni '90, varie indagini sperimentali hanno interessato il legname di douglasia reperibile dai popolamenti nazionali, al fine di individuare nuove destinazioni e opportunità di impiego in grado di valorizzare al meglio il materiale che ha raggiunto dimensioni commerciali, compatibilmente con le caratteristiche qualitative che mediamente lo contraddistinguono.

In particolare tali ricerche hanno riguardato la possibilità di ottenere, in contesti industriali appropriati, semilavorati e prodotti che, in aggiunta a quelli già noti, consentissero di ottimizzare l'impiego della risorsa disponibile, soprattutto per quanto riguarda la parte del fusto compresa tra la sua

porzione basale – destinabile alla falegnameria (per arredi e serramenti) e carpenteria – e quella che, per la maggior influenza di difetti, trova sbocchi di più limitato interesse economico (per imballaggi, triturazione o produzione di energia da fonti rinnovabili).

2. IL LEGNO DI DOUGLASIA

Il termine douglasia (o Douglas/abete di Douglas) si riferisce alla specie *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, identificata dal codice PSMN nella norma UNI EN 13556. Originaria del Nord America, la douglasia è stata ampiamente diffusa da più di un secolo in varie zone geografiche dell'Europa centro-meridionale.

Il legno presenta tessitura media ed è differenziato, con alburno biancastro, giallognolo o roseo e durame giallognolo, roseo giallastro o rosso arancio. Le sue caratteristiche variano notevolmente in funzione della provenienza e la sua densità a umidità normale è compresa tra 440 e 600 kg/m^3. Allo stato fresco è ricco di resina ed è facilmente soggetto all'azzurramento. Gli anelli di accrescimento sono ben distinti, irregolari e con una transizione tra legno primaticcio e tardivo che nei popolamenti europei è generalmente graduale.

La durabilità naturale del legno di douglasia costituisce uno degli aspetti di maggior valore aggiunto. A tal riguardo, la classificazione dei vari legnami in riferimento al rischio di attacco da parte dei principali agenti di degrado biologico (funghi lignivori, insetti xilofagi e termiti) è riportata nella norma EN 350. Il durame di douglasia, che risulta proporzionalmente importante nei popolamenti maturi, evidenzia una resistenza ai funghi della carie (variabile tra le classi 3 e 5) pari a quella del larice e superiore alla maggior parte delle altre conifere europee, è resistente all'attacco di insetti ma non è facilmente impregnabile.

In base alla suddetta proprietà il materiale legnoso di douglasia può essere messo in opera tal quale, ovvero senza dover prevedere un trattamento preservante con prodotti chimici spesso pericolosi, in situazioni ambientali anche severe. Queste sono in relazione alle classi di utilizzo, definite dalla norma EN 335, a cui sono associati diversi livelli di possibile biodegradamento, in particolare a opera dei funghi basidiomiceti della carie unitamente a una serie di altri fattori di influenza. La porzione di alburno del legno di douglasia ha inoltre la particolarità di essere relativamente poco soggetto alla ripresa di umidità che di regola mantiene un valore inferiore a quello necessario allo sviluppo fungino.

Per quanto riguarda le sue caratteristiche meccaniche, i primi studi effettuati sul legname francese, nella seconda metà degli anni ottanta del secolo scorso, hanno dimostrato che il valore del modulo di elasticità del legno di popolamenti abbastanza giovani (20-35 anni) rimane a livelli elevati (> 12000 MPa) anche nel caso di anelli di accrescimento di ampiezza media intorno a 5-6 mm, ed è in genere maggiore rispetto ad altre conifere come l'abete e il pino silvestre (AA.VV., 2012). Per informazioni di dettaglio sulle prestazioni riferite all'impiego strutturale e ai relativi metodi di classificazione si rimanda allo specifico capitolo.

Le proprietà di resistenza meccanica e durabilità naturale conferiscono quindi al legno di douglasia un ruolo di primo piano in progetti architettonici complessi in cui il materiale deve rispondere a sollecitazioni importanti come in situazioni di esposizione in ambiente esterno e/o soggette a umidità elevata.

Esso risulta comunque particolarmente apprezzato anche per le sue qualità estetiche (colore e venatura) in quanto per il peculiare colore rosa salmone è in grado di soddisfare elevate esigenze decorative e trova interessante impiego nella realizzazione di rivestimenti e arredi di vario tipo.

Il legname di douglasia è disponibile sotto forma di diversi assortimenti e semilavorati in grado di rispondere alle esigenze del mercato e soddisfare i requisiti del quadro normativo previsto dal loro impiego. Oltre all'uso in falegnameria (per infissi, arredi, tranciati) essi sono attualmente destinati al settore strutturale (segati a quattro fili, Uso Fiume e Trieste, tavolame per legno lamellare incollato o pannelli, talvolta in alternativa al larice) e per la produzione di imballaggi.

Solo negli assortimenti meno pregiati la lavorazione può risultare talvolta difficoltosa per la presenza di grossi nodi e tasche di resina. I segati prodotti in Italia sono ricavati da tronchi di provenienza francese o nazionale (dai popolamenti dell'Appennino centro-settentrionale).

3. INDAGINI TECNOLOGICHE

Cercando di coniugare le peculiarità del legno di douglasia alle destinazioni che appaiono meglio in grado di valorizzarle, il settore dei prodotti per l'edilizia è sembrato di particolare interesse. In questo contesto ci si è quindi concentrati, in un primo tempo sulla verifica dell'idoneità alla sfogliatura per la produzione di compensato e, più di recente, sulle metodologie di classificazione dei segati per uso strutturale, che a loro volta possono trovare

impiego tal quali o come elementi base per realizzare prodotti ingegnerizzati riferibili alla tecnologia del legno lamellare, di tipo tradizionale o di nuova concezione.

In entrambi i casi si tratta di prodotti ricavabili dalla lavorazione di assortimenti che nei fusti di miglior qualità sono posizionati superiormente alla loro porzione basale o, in alternativa, che possono derivare da piante di qualità secondaria o da diradamenti, fino alle dimensioni considerate ammissibili che di solito corrispondono a un diametro minimo di testata intorno ai 25 cm.

L'approccio seguito è peraltro in sintonia con l'attuale forte interesse per l'uso del legno e dei suoi derivati nel comparto della moderna edilizia, soprattutto a livello nazionale. Nel Convegno nazionale di Federlegno-Arredo svoltosi a Sirmione nel novembre 2015, che aveva come titolo "Il futuro del legno è oggi", è stata infatti presentata un'analisi economica del settore secondo la quale, in un contesto di forte crisi che perdura dal 2008 con gravi ripercussioni su ancora molte aziende, l'edilizia in legno è l'unico segmento che in Italia evidenzia un trend positivo da ormai svariati anni, con fatturati in consistente e continuo aumento. Tra il 2006 e il 2010 il numero di abitazioni in legno è ad esempio quintuplicato, passando da poco più di mille a cinquemila, e nel 2015 hanno sfiorato le ottomila unità, al netto delle costruzioni post terremoto realizzate in Abruzzo (www.gardino.com).

3.1 *La sfogliatura e il compensato*

Le sperimentazioni sulla sfogliatura della douglasia trovano spunto dalle ricerche svolte in passato nel massiccio forestale dell'Aquitania e delle Lande francesi, ove è stato possibile valorizzare la locale disponibilità di pino marittimo attraverso una diversificazione degli assortimenti ricavabili che ha interessato anche il suddetto comparto industriale individuando una collocazione complementare alla produzione di legno massiccio e derivati.

La sfogliatura per la produzione di compensato è una tipologia di prima lavorazione che consente di trasformare una porzione di tronco (detta "toppo"), di vario diametro (da circa 20 cm a più di 1 m) e lunghezza tra 130 e 320 cm, in fogli di ampia superficie e di spessore solitamente compreso tra 1 e 5 mm. Essa prevede un taglio in modalità 0°- 90°, ove il primo valore si riferisce all'angolo tra il filo del tagliente e la fibratura del legno e il secondo tra la direzione di taglio e la fibratura (Thibaut, 1988).

La sfogliatura consente rese elevate in quanto non comporta asportazione di truciolo (che anzi costituisce il prodotto finale) e, in funzione del

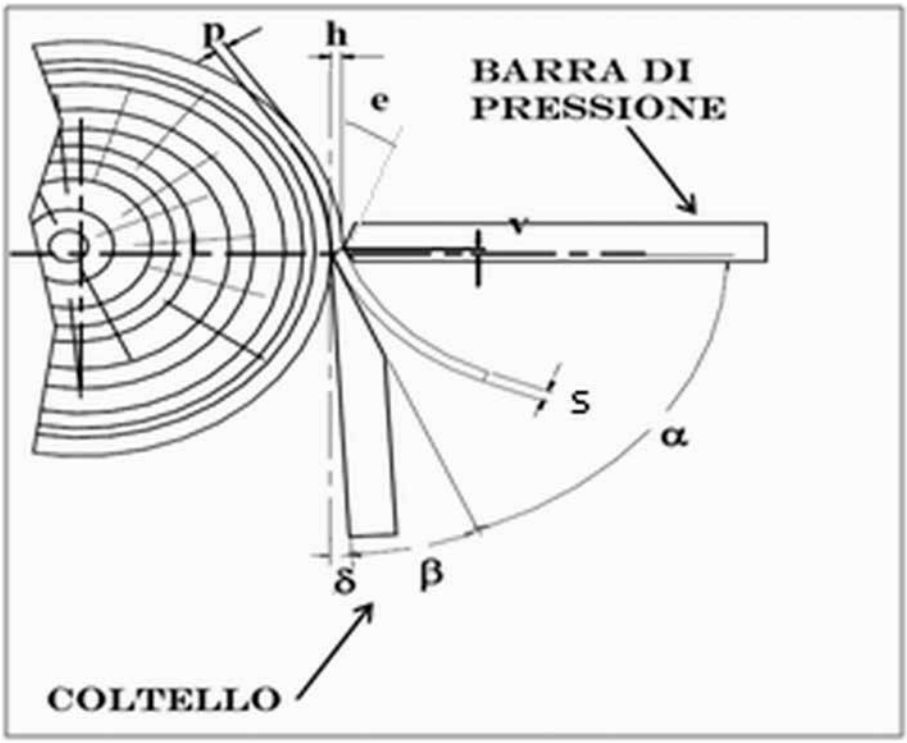


Fig. 2 *Elementi caratteristici della sfogliatura. Legenda: δ angolo di spoglia della lama; β angolo di becco della lama; α angolo di attacco della lama; e angolo di entrata della barra; h pressione della barra (quota orizzontale); v avanzamento della barra rispetto alla lama (quota verticale); p passo di sfogliatura; s spessore dello sfogliato*

diametro del toppo, il volume dei fogli ottenuti è compreso tra il 40 e il 60% di quello di partenza, ovvero con risultati paragonabili alla segagione.

La lavorazione avviene preferibilmente sul legname fresco (a umidità elevata), eventualmente vaporizzato. Tramite l'azione di un albero motore, si tratta in pratica di far ruotare un toppo, imperniato ad appositi mandrini con estremità munite di griffe di afferraggio, su un asse longitudinale passante per i centri geometrici delle sue due testate, mentre alla sua periferia agisce un sistema di taglio, formato da una lama e una barra di pressione lunghi almeno quanto il toppo stesso. Contestualmente alla rotazione del toppo, il sistema di taglio si sposta con movimento sincronizzato in direzione radiale, così che il tagliente segua un piano orizzontale passante per l'asse dei mandrini, ottenendo un nastro di sfogliato continuo.

I principali parametri di regolazione del processo (fig. 2) sono il passo **p**, l'angolo di spoglia della lama e l'angolo di entrata della barra di pressione **e**. Inoltre è possibile scegliere diverse forme della lama e barra di pressione (Zanuttini e Brunetti, 2002).

L'angolo di becco o di affilatura della lama, generalmente, ha un'ampiezza di 20° con variazioni di ± 2°. La barra di pressione, in acciaio duro, trattato termicamente, è montata parallelamente al bordo della lama, deve presentare un leggero smusso ed essere regolabile – in senso orizzontale e verticale – in modo da comprimere il legno immediatamente prima che inizi il taglio. Tale azione favorisce l'insorgere del flesso grazie al quale il foglio può mutare di concavità ed essere facilmente disteso sul piano di appoggio. Quando invece la barra non esercita correttamente il suo doppio ruolo di compressione e limitazione del passo, lo sfogliato presenta difetti superficiali e appare ruvido, fessurato e di spessore irregolare.

La sfogliatura ha termine quando la lama giunge in prossimità dei mandrini o qualora si verifichi uno scadimento qualitativo del legno tale da pregiudicare lo sfogliato utilizzabile. Il tondello residuo (cilindro legnoso centrale del toppo) viene scartato e indirizzato ad altre industrie di trasformazione (in genere alla produzione di pannelli di particelle o di listelli da imballaggio) o recuperato come combustibile.

Passando al compensato, si tratta di un pannello formato dalla sovrapposizione di strati di sfogliato (solitamente dispari) con la fibratura del legno ad angolo retto, resi solidali tra loro mediante incollaggio. Tale composizione rende omogenea la resistenza nel piano del pannello alle principali sollecitazioni meccaniche, riduce le fessurazioni e spaccature e, soprattutto, minimizza gli effetti delle variazioni dimensionali e le deformazioni legate all'anisotropia dei ritiri e rigonfiamenti del legno. Il compensato viene classificato in base alla specie usata per comporre le facce e gli strati esterni, all'aspetto superficiale (legato alla qualità dello sfogliato), all'idoneità all'uso in uno specifico ambiente di esposizione (determinato dal tipo di incollaggio) e prevede diversi livelli prestazionali dichiarati dal produttore. Solitamente presenta un formato rettangolare con la fibratura degli strati esterni orientata nella dimensione principale del pannello.

Le specie legnose usate possono essere diverse e in genere sono legate alla disponibilità delle risorse forestali nei vari contesti geografici. In Italia si usa quasi esclusivamente il pioppo ma in altri Paesi è prodotto con betulla, faggio, eucalipto e varie latifoglie tropicali. A livello mondiale prevale comunque il compensato di conifere che trova soprattutto impiego in edilizia con funzioni portanti, di tamponamento e rivestimento. La douglasia, ad esempio,

è tradizionalmente usata a questo scopo in nord America. La scelta del legno influenza le destinazioni finali che, in relazione alle caratteristiche del pannello, ove a seconda dei casi possono prevalere gli aspetti decorativi, strutturali o funzionali, spaziano dall'arredamento, alla nautica, al settore dei trasporti, dell'edilizia e degli imballaggi.

Nel caso della douglasia l'obiettivo prioritario è stato quello di superare alcune criticità legate alle differenze di umidità tra alburno e durame nonché di densità tra la porzione primaticcia e tardiva nell'ambito di ciascun anello di accrescimento, che durante il processo possono causare variazioni di spessore e irregolarità di superficie dei fogli ottenuti (Hecker, 1995; Deces-Petit, 1996). La ridotta umidità della porzione di durame determina ad esempio una mediocre qualità dei semilavorati ottenibili anche nella lavorazione dei toppi allo stato fresco (Tilmant-Tatischeff et al., 1996; Marchal et al., 1999). Tale fenomeno, piuttosto comune a molte conifere ma in genere meno marcato rispetto al caso in esame, impone un intervento di vaporizzazione finalizzato alla re-umidificazione del durame.

Per la douglasia tale trattamento è apparso indispensabile anche per la presenza di una particolare nodosità del materiale usato. A causa della nota resistenza all'impregnazione della specie, determinata dalle sue piccole punteggiature areolate di tipo piceoide e dalla loro aspirazione nella duramificazione, alcune prove preliminari hanno evidenziato l'impossibilità di aumentarne l'umidità con le tecniche di vaporizzazione adottate a scala industriale, per cui con tale trattamento si è potuto intervenire sulla sola temperatura del legno, portandola ai valori adeguati per ottimizzare il processo di lavorazione.

Le prove di sfogliatura hanno interessato circa 28 metri cubi, ovvero 150 toppi di lunghezza 132 e 178 cm, provenienti da tre diversi diradamenti in popolamenti di proprietà privata dell'Appennino tosco-romagnolo. Le piante di origine avevano età compresa tra 30 e 35 anni e diametro medio di 37 cm a 1,30 m; il legname lavorato non è stato inoltre ricavato dalla base del fusto ma da una porzione superiore, a partire da 3 metri.

La sperimentazione industriale (fig. 3) è servita a valutare le modalità di vaporizzazione più adeguate in termini di temperatura e durata, confrontando il trattamento a vapore con quello in acqua calda, soprattutto al fine di contenere gli effetti del recupero termo-igrometrico delle tensioni interne dovute ai processi di maturazione cellulare che sono in equilibrio negli alberi in piedi ma che, a seguito dell'abbattimento e del riscaldamento del legno, possono determinare lo sviluppo di fessurazioni di testata a carico dei toppi depezzati.

Fig. 3 *Fasi del processo di sfogliatura dei toppi di douglasia*

Le prove svolte hanno confermato una notevole differenza di umidità tra la porzione periferica (U_{media} > 129%) e quella centrale (U_{media} intorno a 30-35%) dei toppi, alle quali corrisponde una massa volumica fresca rispettivamente pari a 0,959 e 0,530 g/cm^3. È stata invece rilevata una maggiore omogeneità nei valori medi di densità basale tra la porzione di alburno e di durame (0,409 contro 0,386 g/cm^3). Con entrambi i trattamenti di vaporizzazione l'umidità delle due porzioni di legno è rimasta comunque pressoché invariata rispetto ai valori iniziali.

Per quanto riguarda l'evoluzione delle fessurazioni di testata indotte dai trattamenti esaminati, quello in celle con vapore saturo ha determinato un maggior sviluppo di cretti rispetto a quello in cui i toppi sono stati inseriti in vasche poi riempite di acqua calda (fig. 4). In entrambi i casi l'incremento è comunque risultato contenuto (tra 10 e 50 mm) e il difetto ha interessato quasi sempre il solo tondello residuo.

Il trattamento a vapore ha tuttavia consentito di raggiungere la temperatura del legno utile per una buona sfogliatura in un tempo inferiore a quello richiesto dalla vaporizzazione in acqua calda ed è risultato di più facile realizzazione

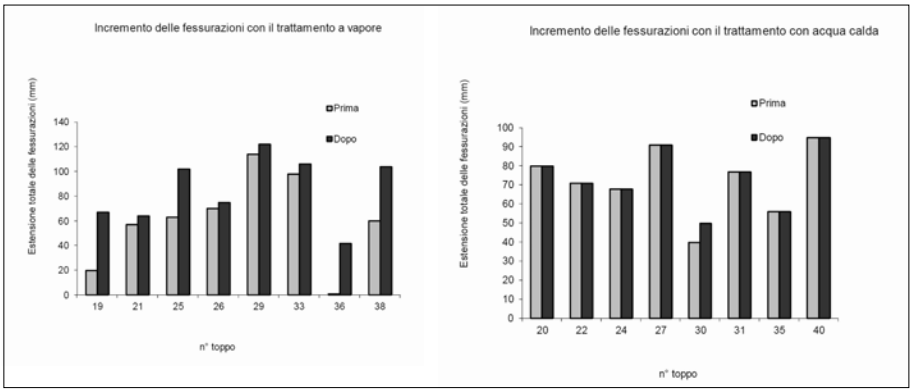


Fig. 4 *Incremento delle fessurazioni di testata registrato su un campione di toppi a seguito del trattamento con acqua calda (a 55 °C) e vapore (a 60 °C). Le variazioni sono espresse come sommatoria della lunghezza dei cretti misurati a partire dal midollo*

in un contesto industriale. Questa modalità ha inoltre determinato una più rapida e omogenea distribuzione della temperatura all'interno del toppo che, alla superficie del tondello residuo, è risultata di soli 10-15 gradi inferiore a quella del trattamento anche quando la lavorazione è stata effettuata dopo diverse ore.

Relativamente all'influenza dei due trattamenti sulla qualità degli sfogliati ottenuti è da segnalare una minor rugosità superficiale per i fogli derivanti dai toppi trattati con vapore. Tale effetto è attribuibile alla temperatura più elevata raggiunta da questi ultimi che ha determinato migliori condizioni di taglio.

La temperatura di 95 °C è stata ritenuta la massima a cui eseguire il trattamento nella forma proposta, in quanto per alcuni toppi vaporizzati che avevano superato tale soglia è stato registrato un principio di slittamento dei mandrini.

Gli aspetti teorici della sfogliatura della douglasia sono stati affrontati da alcuni ricercatori francesi dell'Università di Montpellier e dell'ENSAM di Cluny in relazione anche alla disponibilità di una piattaforma tecnologica in grado di simulare la lavorazione su rotelle e toppi di piccole dimensioni (Mothe et al., 1997; Negri et al., 1997). L'obiettivo era di sviluppare sensori sofisticati e multistrumentati per attuare un controllo adattativo del processo in funzione dei parametri rilevati. La successiva collaborazione con il comparto di prima trasformazione ha consentito di validare i risultati sperimentali ottenuti dalla sfogliatura in laboratorio e di individuare le regolazioni migliori in termini di contenimento degli sforzi di taglio e di qualità dello sfogliato prodotto. In quest'ottica è stato possibile gestire la variazione dell'angolo di spoglia secondo un andamento non lineare in quanto i moderni impianti in-

Temperatura di vaporizzazione	70-95° C
Durata del trattamento (tempo minimo)	48 h
Velocità lineare di uscita dello sfogliato	90 m/min.
Angolo di becco della lama (β)	20°
Angolo di attacco della lama (α)	70°
Variazione dell'angolo di spoglia (δ)	da 1 a 0,3° (con andamento iperbolico)
Quota orizzontale h (mm)	1,8
Quota verticale v (mm)	0,8

Tab. 1 *Parametri di lavorazione ritenuti ottimali per il processo in esame*

dustriali sono dotati di sistemi di regolazione automatizzati e programmabili in funzione delle diverse specie legnose (Zanuttini et al., 1999).

Parimenti, il ricorso a una sfogliatrice caratterizzata dal caricamento a controllo elettronico e da un sistema di rotazione del toppo a tripli mandrini telescopici, che genera condizioni di maggior rigidezza e consente di produrre un tondello residuo di diametro intorno a 8-10 cm, ha contribuito a ottimizzare le rese di lavorazione.

A titolo di esempio, i parametri di lavorazione giudicati più idonei per la produzione di sfogliato di douglasia dello spessore di 2 mm sono riportati in tabella 1.

Anche a causa della limitata lunghezza dei materiale usato e della conseguente ridotta rastremazione, la resa media in sfogliato umido è risultata intorno al 60% del volume dei toppi scortecciati (fig. 5), mentre la percentuale di liste (fogli di larghezza inferiore da riportare al formato voluto mediante opportuna giunzione laterale) è risultata variare in funzione della presenza di difetti.

Le verifiche eseguite sullo spessore dello sfogliato dopo essiccazione hanno evidenziato una maggior variazione per quello derivante dalla porzione di durame che è apparsa comunque contenuta intorno a 0,1 mm rispetto al valore nominale; il ritiro radiale è risultato omogeneo e mediamente pari a circa 5%, con una leggera tendenza a un maggior ritiro sempre nel caso del durame.

Il compensato ottenuto è stato infine caratterizzato dal punto di vista tecnologico rilevando un buon aspetto superficiale, adeguata qualità di incollaggio e prestazioni meccaniche tali da renderlo idoneo all'impiego anche come materiale strutturale in vari ambiti dell'edilizia (tab. 2).

3.2 *Gli impieghi strutturali e la classificazione dei segati secondo la resistenza*

L'impiego del legno in edilizia, con funzione strutturale, ha registrato negli ultimi 10-15 anni un forte incremento in tutta Europa, compreso il nostro Pae-

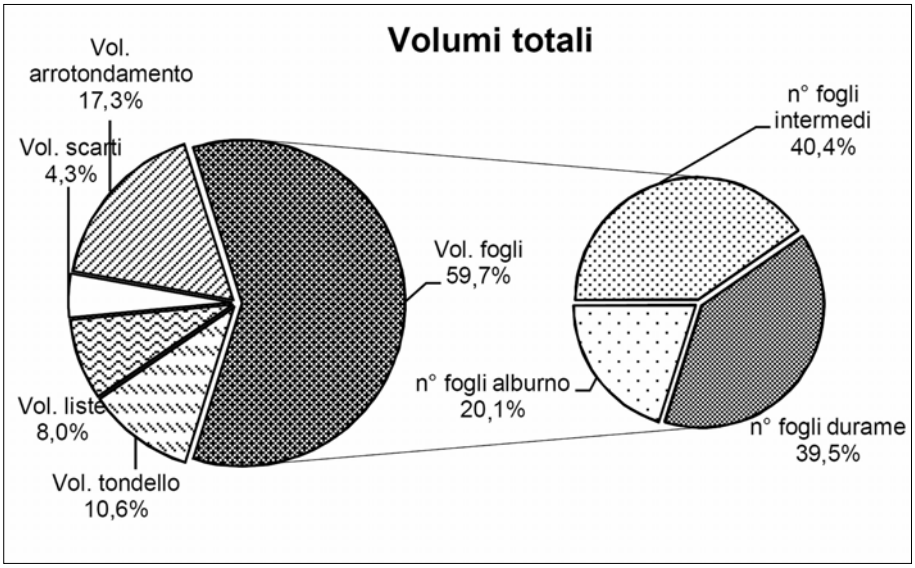


Fig. 5 *Rese e perdite di lavorazione registrate per i toppi sottoposti alla prova di sfogliatura (valori cumulati per lo spessore dei fogli di 2 e 3 mm) previo trattamento in celle con vapore saturo alla temperatura di 70-95 °C per 48 h*

PROPRIETÀ	NORMA DI RIFERIMENTO	UNITÀ DI MISURA	VALORE MEDIO	SCARTO TIPO
Resistenza a flessione long.	EN 310	N/mm^2	63,1	7,4
Resistenza a flessione trasv.	EN 310	N/mm^2	36,2	12,8
Modulo di elasticità long.	EN 310	N/mm^2	6665	687
Modulo di elasticità trasv.	EN 310	N/mm^2	2739	1198
Massa volumica	EN 323	kg/m^3	686	44,2
Qualità dell'incollaggio	EN 314-2	classe	3	

Tab. 2 *Valori prestazionali medi del compensato di douglasia realizzato nel corso della sperimentazione. I pannelli (16 mm a 7 strati composti con sfogliato di spessore 2,4 mm) sono stati incollati con adesivo MUF (melamina-urea-formaldeide) in un impianto industriale a 105° C per 12 min. e 10 kg/cm² di pressione*

se. In parallelo a questo vero e proprio rinnovato interesse, che ha riguardato sia l'edilizia privata che quella pubblica, si è verificato un radicale mutamento del quadro normativo nazionale ed europeo che ha richiesto un consistente sforzo da parte di tutti gli addetti ai lavori per adeguare il livello tecnico delle conoscenze (caratterizzazione dei prodotti, metodologie di progettazione e

verifica delle costruzioni), delle tecniche di lavorazione (trasformazione del legno tondo, qualificazione del materiale, realizzazione di prodotti ingegnerizzati) e della normativa (conformità dei prodotti alle norme armonizzate, obbligo di marcatura CE, garanzia di requisiti prestazionali).

Questo percorso, al momento non ancora concluso, ha di fatto conferito pari dignità al legno rispetto agli altri materiali da costruzione: oggi un elemento di legno strutturale è qualificato tramite l'attribuzione di requisiti prestazionali così come avviene per un elemento di acciaio, calcestruzzo, cemento armato.

Il presupposto per questa qualificazione è la messa a punto di sistemi efficienti per la classificazione secondo la resistenza, a vista o a macchina, che devono adattarsi alla risorsa da utilizzare: in questo senso, l'introduzione sul mercato di un nuovo tipo di legname (come ad esempio è accaduto per la douglasia prodotta in Italia) richiede preliminarmente una fase sperimentale di prove di laboratorio finalizzate a validare le procedure per una corretta qualificazione.

I passi iniziali in questa direzione sono stati compiuti dall'Università di Firenze, nell'ambito del progetto "Valutazione qualitativa e valorizzazione per usi strutturali del legname di castagno e douglasia prodotto in Toscana" supportato da ARSIA (1995-98), in cui sono state definite le prime regole di classificazione a vista della douglasia toscana e sono stati derivati i primi valori caratteristici per la specie (Nocentini et al., 1999); valori che sono poi confluiti nella norma nazionale UNI 11035 "Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica" e in particolare nella regola "Conifere 2".

Successivamente il CNR-IVALSA, attraverso due progetti finanziati rispettivamente dall'Istituto Nazionale per la Montagna e Provincia Autonoma di Trento (2005-2006) e dal GAL Start (PSR 2007-2013), ha ampliato la base sperimentale con ulteriori campionamenti e ha messo a punto i settaggi per la classificazione a macchina della douglasia, introducendo quindi nuove opportunità per l'impiego strutturale (Brunetti et al., 2015a). Con la classificazione a macchina infatti, grazie a una maggiore efficienza nella misurazione delle proprietà meccaniche del materiale, si possono ottenere migliori rese di classificazione, adattando il metodo di selezione alla qualità del legname disponibile.

In figura 6 è riportato un confronto tra la classificazione a vista (norma UNI 11035) e quella a macchina (ViSCAN-Portable), per il legname di douglasia toscana: come si può osservare, la percentuale di elementi che deve essere scartata (R), perché non idonea per impieghi strutturali, nel caso della classificazione a

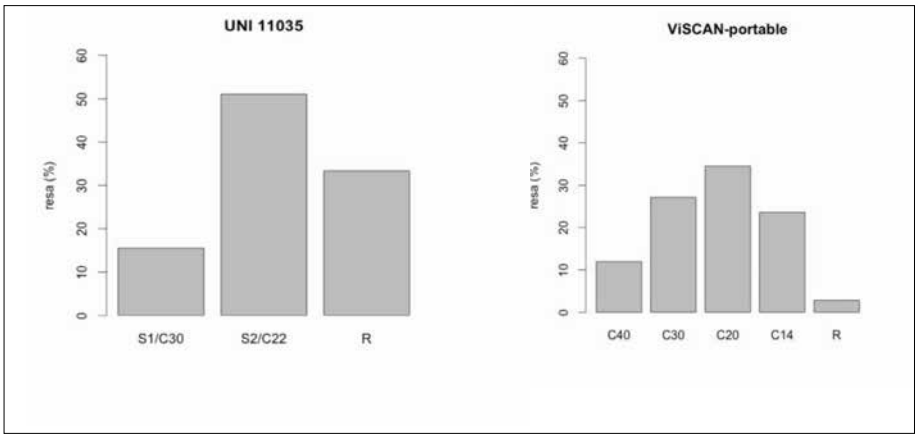


Fig. 6 *Confronto tra rese di classificazione a vista (sx) e a macchina (dx) di più di 1000 segati di douglasia toscana*

macchina si riduce drasticamente rispetto a quella a vista. Questo risultato è possibile perché la macchina misura direttamente una proprietà meccanica del legno, il suo modulo di elasticità dinamico, ben correlata con la sua resistenza (Brunetti et al., 2014). L'altro aspetto che emerge chiaramente utilizzando una macchina classificatrice è la possibilità di assegnare il legname a classi di resistenza più elevate: le classi migliori C40/C35 oppure quelle intermedie (C20 ad esempio) non sarebbero ottenibili attraverso la sola classificazione a vista (Brunetti et al., 2015b). Ciò consente un uso più efficiente della risorsa legno e una sua possibile valorizzazione in elementi incollati ricomposti: in questo tipo di prodotti, l'utilizzo del legno può essere ottimizzato proprio grazie alla migliore conoscenza della sua qualità strutturale.

I risultati delle indagini svolte hanno evidenziato anche la variabilità delle proprietà meccaniche degli assortimenti legnosi di douglasia toscana. Confrontando infatti i valori di massa volumica, resistenza a flessione e indice di nodosità di 6 aree di prelievo del legname (fig. 7), si osservano differenze significative che potrebbero essere attribuibili a vari fattori: età dei popolamenti, condizioni stazionali, caratteristiche genetiche del materiale di impianto.

Questi fattori, unitamente alle modalità di lavorazione adottate e in particolare alle tipologie di assortimenti legnosi che sono stati ottenuti, condizionano la qualità strutturale del legname, per quanto l'areale geografico di riferimento sia relativamente ristretto. I dati ottenuti suggeriscono pertanto un approfondimento degli aspetti "gestionali" (in senso lato) della coltivazione della douglasia, con la possibilità di migliorare ulteriormente la qualità del

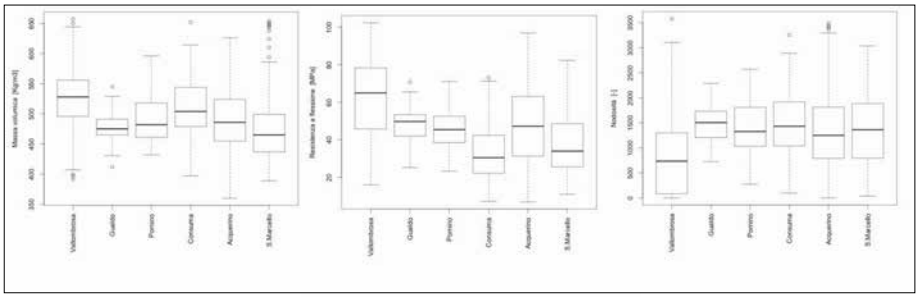


Fig. 7 *Variabilità della massa volumica, resistenza a flessione, indice di nodosità per il legname di douglasia di diverse provenienze toscane*

legname prodotto anche attraverso opportune scelte di impianto e di gestione selvicolturale.

La possibilità di classificare il legname a vista o a macchina e la conseguente valorizzazione del materiale, di fatto, ha aperto nuovi sbocchi commerciali per il legname di douglasia rendendo possibile, oltre al legno massiccio, anche l'impiego in edilizia di prodotti incollati come travi lamellari o pannelli di tavole. Tali destinazioni finali, che non erano chiaramente ipotizzabili al momento in cui sono state realizzate le prime piantagioni della specie, si stanno rivelando un'ottima opportunità anche per i proprietari boschivi.

È necessario peraltro sottolineare che, parallelamente alle indagini sulle caratteristiche della materia prima, non sono mancate le esperienze di impiego strutturale del legname di douglasia nel settore delle costruzioni. In particolare si segnalano quattro casi di studio, tutti localizzati a Firenze e dintorni.

1) La copertura del deposito per cippato all'interno del Centro Polifunzionale di Rincine (FI) dell'Unione dei Comuni Valdarno e Valdisieve (2015): tutti gli elementi di legno massiccio, utilizzati per realizzare le capriate e il tavolame della copertura, sono stati classificati a macchina previo un confronto con i progettisti che ha permesso di dimensionare correttamente gli elementi portanti della struttura sulla base delle classi di resistenza ottenibili;

2) Lo *Show Wood* dell'Associazione Foresta Modello delle Montagne Fiorentine ubicato a Rufina (FI) (2014): realizzato nell'ambito del progetto "DEMOSCOPE" con il contributo del GAL Start (PSR 2007-2013), è stato costruito con legname prodotto all'interno del territorio della stessa Foresta Modello (pannelli X-lam e legno massiccio); si tratta di una struttura modulare destinata a ospitare le attività dell'Associazione e a promuovere i prodotti del territorio, in particolare quelli a marchio "Legno della Foresta Modello";

3) La struttura della Ludoteca nell'area ex Longinotti a Firenze, realizzata per conto di CASA Spa (2011): in questo caso per realizzare le strutture

portanti (pareti, solai, scale e vano ascensore compreso) sono stati utilizzati pannelli di tavole incrociate (CLT o X-lam) con elementi classificati a vista, ricorrendo a una tecnica costruttiva sempre più diffusa nell'ambito dell'edilizia (anche multipiano);

4) La struttura e il rivestimento del centro sociale di Rignano sull'Arno (2008): qui il legname di douglasia è stato impiegato sia come massiccio, lamellare incollato, pannelli di tavole incrociate con elementi classificati a vista, nonché per il rivestimento della facciate esterne. Da notare che in questo edificio è presente una cupola a nervature di tavole non incollate ma assemblate con unioni meccaniche, progettata dal prof. J. Natterer.

Queste esperienze hanno evidenziato la possibilità di attivare nuove realtà imprenditoriali locali che hanno la peculiarità di basare i loro processi produttivi sull'impiego della douglasia; è con questo obiettivo infatti che, grazie a un progetto POR CReO (FESR 2007-2013) della Regione Toscana, si è costituito il Consorzio CALET che raccoglie aziende intenzionate a "promuovere e stimolare la filiera del legno toscano utilizzando nelle sue produzioni legname di douglasia...".

4. PROSPETTIVE

Il legname di douglasia sta trovando un buon riscontro sul mercato locale e nazionale grazie a un'ampia possibilità d'impiego sia nel settore delle costruzioni che in quello non strutturale. Allo stato attuale rimangono sicuramente alcune limitazioni nella filiera, ma indubbiamente si intravedono buone opportunità, nonostante l'attuale congiuntura economica negativa.

In Italia la produzione di compensato di douglasia può registrare difficoltà di diffusione per la quasi totale assenza di aziende specializzate nella sfogliatura del legno di conifere, per gli elevati investimenti richiesti in macchinari e l'ancor limitato impiego del prodotto in edilizia. Esso tuttavia ha potenzialmente un notevole interesse per l'uso in mercati di nicchia ove è possibile soddisfare esigenze specifiche e competere con la concorrenza globale dei prodotti di importazione. Analoghe considerazioni si applicano anche ad altri materiali a base di sfogliato, come ad esempio l'LVL, che rispetto al compensato è composto da fogli con la fibratura del legno disposta parallelamente nei diversi strati; tale prodotto consentirebbe di ottenere elementi strutturali ricavabili da pannelli di grandi dimensioni partendo da tronchi di lunghezza e diametro limitati ma la sua produzione richiede un impianto di composizione e pressatura "in continuo" con il quale sia possibile assicurare

Fig. 8 *Esempi di pannello Cross-Lam. Lo stesso è anche noto con le seguenti denominazioni: X-Lam, pannello lamellare a strati incrociati, legno massiccio (multistrato) a tavole incrociate, compensato di segati*

un idoneo collegamento longitudinale tramite l'incollaggio di fogli contigui opportunamente sfalsati.

Diverse sono invece le opportunità di valorizzazione dei segati di douglasia che, se classificati secondo la loro resistenza meccanica, possono concorrere alla produzione di moderni elementi strutturali di grande attualità in svariate applicazioni dell'edilizia.

Tra questi il più diffuso è il pannello X-Lam (nella dizione inglese di *Cross Laminated Timber* - CLT) ovvero un pannello di legno massiccio (fig. 8) che coniuga la tecnologia del lamellare all'evoluzione del compensato, in quanto è formato dalla sovrapposizione e incollaggio con opportuni adesivi strutturali di un numero dispari di strati (da 3 a 7) di segati essiccati disposti ortogonalmente tra loro a formare elementi rigidi, resistenti, dimensionalmente stabili e con buone prestazioni termo-acustiche (Zanuttini, 2010).

In Italia il prodotto è stato studiato in dettaglio per la prima volta circa dieci anni fa nell'ambito del progetto SOFIE (Sistema Costruttivo Fiemme), svolto in collaborazione tra il CNR-Ivalsa e la Provincia Autonoma di Trento, per la valorizzazione del legno di abete rosso, evidenziando un ottimo comportamento nei confronti del rischio sismico e del fuoco. A

seguito di tali sperimentazioni iniziali sono stati realizzati altri progetti di ricerca che hanno interessato diversi ambiti territoriali e risorse legnose locali tra cui anche la douglasia in Toscana (Brunetti et al., 2009; Zanuttini, 2012).

L'introduzione di strati incrociati nella produzione del legno lamellare consente infatti di migliorare le prestazioni del materiale ottenuto distribuendo le sue capacità portanti nel piano del pannello invece che concentrarle in un'unica direzione preferenziale come avviene per gli elementi strutturali lineari. Ne derivano pannelli di grandi dimensioni e spessori (di formato fino a 3x24 m e spessore tra 80 e 300 mm) dai quali, attraverso centri di lavorazione a controllo numerico, si ottengono manufatti prefabbricati idonei a ridurre i tempi di posa in cantiere e a essere usati nella configurazione a lastra o piastra per l'allestimento di pareti, solai, coperture e altri componenti strutturali e non (come ad esempio partizioni, scale, balconi). Essi trovano spazio ideale nelle costruzioni multipiano e nelle opere di ingegneria civile (ponti ecc..) ma soprattutto hanno consentito lo sviluppo di uno dei moderni sistemi costruttivi per edifici nell'ambito di un'edilizia sostenibile a elevata efficienza energetica che – utilizzando prodotti strutturali a base di legno – contribuisce alla riduzione delle emissioni di carbonio e ne consente lo stoccaggio a lungo termine.

Rispetto al compensato, le prospettive di impiego di pannelli CLT di douglasia prefabbricati e dotati di aperture per l'inserimento di serramenti e infissi sono subito apparse più concrete nonché in grado di coinvolgere vari soggetti economici che operano nell'ambito della filiera foresta-legno-edilizia regionale, come dimostrano alcune opere già realizzate. Prerequisito per la fabbricazione di tale prodotto è comunque la classificazione strutturale dei segati in base alla loro resistenza meccanica. In questo contesto il ricorso alla classificazione a macchina permette un uso più efficiente della materia prima, migliorando le rese di produzione con la possibilità di sfruttare meglio le caratteristiche meccaniche del materiale. Il maggior costo di investimento iniziale legato all'introduzione di questa tecnologia è in parte bilanciato dalla disponibilità di attrezzature portatili che potrebbero essere condivise da più imprese, anche attraverso un servizio "conto-terzi".

In conclusione, l'attività svolta ha consentito di trasferire agli imprenditori del settore una serie di conoscenze tecnico-normative e di strumenti utili per valorizzare una risorsa legnosa che si sta sempre più rivelando di significativo interesse per il contesto territoriale locale, nazionale e, considerata la grande disponibilità della vicina Francia (Riou-Nivert e Marechal, 2015), anche europeo.

RIASSUNTO

In relazione alle caratteristiche del legno di douglasia, l'articolo descrive alcuni contributi di ricerca finalizzati a individuare nuove destinazioni di impiego degli assortimenti ritraibili dai popolamenti nazionali della specie, in grado di soddisfare il rinnovato interesse per il legno nel settore dell'edilizia e i requisiti del nuovo quadro legislativo e normativo di riferimento. In particolare vengono riferiti i risultati di prove sull'idoneità e le potenzialità di questo legname alla trasformazione industriale in pannelli a base di sfogliato (compensato e LVL-Laminated Veneer Lumber) e in moderni prodotti ingegnerizzati destinati a un uso strutturale (Cross-Lam, Glulam). Il primo ambito di indagine è consistito nella verifica dei principali parametri del processo di sfogliatura ritenuti idonei al caso in esame mentre per il secondo si è trattato in primo luogo di definire le modalità di attribuzione alle classi di resistenza dei segati per uso strutturale (con metodi a vista e a macchina) in ottemperanza alle recenti prescrizioni normative. Vengono inoltre riportati alcuni esempi di utilizzazione del legname di douglasia nel settore dell'edilizia in legno.

ABSTRACT

Considering the technological properties of the Douglas fir wood, the article describes some research contributions aimed to identify new destinations of the assortments obtainable from the national forest stands of the species, in order to meet the recent demand for wood materials of the construction sector and the new regulatory requirements. In particular, it analyzes the attitude and potential of this timber for the industrial manufacturing of veneered-based products (plywood or LVL-Laminated Veneer Lumber) and modern engineered materials intended for structural use (Cross-Lam, Glue-lam). The first area of investigation consisted in the study of some parameters of the peeling process considered suitable for the case, while the second one concerned the attribution of the strength classes and related performance profiles to sawn timber for structural use (by visual and machine methods) according with the current standardization framework.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (2012): *Le Douglas, un choix naturel pour la construction*, Documento tecnico informativo a cura dell'Associazione «France Douglas» (www.france-douglas.com), Safran, Limoges (F), pp. 26.

Brunetti M., Fioravanti M., Uzielli L., Zanuttini R. (2009): *Attualità e prospettive dei moderni impieghi dei prodotti legnosi della selvicoltura italiana*, Atti del "Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani", 16-19 ottobre 2008, Taormina, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, pp. 737-741.

Brunetti M., Bacher M., Berti S., Burato P., Nocetti M. (2014): *Classificazione a macchina per impieghi strutturali: nuove opportunità per il legno italiano massiccio*

incollato, Proceedings of the second international congress of silviculture, Florence, November 26th-29th 2014.

Brunetti M., Nocetti M., Bacher M., Berti S., Burato P. (2015): *Classificazione a macchina del legname strutturale italiano. I risultati del progetto A.Pro.Fo.Mo*, «Sherwood», n. 208, Gennaio-Febbraio, pp. 9-12.

Brunetti M., Nocetti M., Berti S., Burato P. (2015): *Classificazione a macchina del legname strutturale italiano. Combinazioni di classi e rese*, «Sherwood», n. 210, pp. 11-14.

Deces-Petit C. (1996): *Etude des phases transitoires au cours du déroulage de bois*, Tesi di dottorato discussa presso l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Cluny (ENSAM), Francia, pp. 120.

Hecker M. (1995): *Peeled veneer from Douglas fir. Influence of round wood storage, cooking and peeling temperature on surface roughness*, Proceedings of the "12th International Wood Machining Seminar", October 2-4 1995, Kyoto, Japan, pp. 92-101.

Marchal R., Mothe F., Tilmant-Tatischeff W. (1999): *Sécheresse à coeur du Douglas et aptitude au déroulage: recherche de procédés alternatifs d'étuvage. I - Répartition de l'eau dans le bois vert et réhumidification sous autoclave*, «Annals of Forest Science», 57 (3), pp. 219-228.

Mothe F., Thibaut B., Marchal R., Negri M. (1997): *Rotary Cutting Simulation of Heterogeneous Wood: Application to Douglas Fir Peeling*, Proceedings of the "13th International Wood Machining Seminar", Vancouver, Canada, pp. 411-428.

Negri M., Marchal R., Mothe F. (1997): *Analysis of the European Douglas fir rotary cutting: lathe setting and steaming process*, Proceedings of the "13th International Wood Machining Seminar", Vancouver, Canada, pp. 561-572.

Nocentini G., Bonamini G., Fioravanti M., Togni M., Uzielli L. (1999): *Il legno di Castagno e di Douglasia della Toscana*, ARSIA Azienda Regionale per lo Sviluppo e l'innovazione nel Settore Agricolo-forestale, Firenze, Quaderno 9, pp. 62.

Riou-Nivert P., Maréchal N. (a cura di) (2015): *A quel diamètre récolter les résineux : bois moyen ou gros bois ?*, «Foret-entreprise», 224, pp. 22-59.

Tilmant-Tatischeff W., Marchal R., Mothe F. (1996): *Réhumidification du bois de Douglas en vue de son déroulage*, Proceedings of the "IV Conference Sciences et Industries du Bois", Nancy, France, pp. 115-122.

Thibaut B. (1988): *Le processus de coupe du bois par déroulage*, Dissertation on Sciences, University of Sciences and Techniques of Montpellier, France, pp. 354.

Zanuttini R. (2010): *Prodotti a base di legno. Tradizione e nuove tecnologie*, «Atti e Rassegna Tecnica - Società degli Ingegneri e Architetti in Torino», pp. 194-204.

Zanuttini R. (2012): *Legno locale futuro protagonista? Alcune riflessioni dagli Stati Generali del legno*, «Sherwood. Foreste ed alberi oggi», 180, pp. 41-45.

Zanuttini R. (a cura di) (2014): *Il legno massiccio: materiale per un'edilizia sostenibile*, Assolegno di Federlegno-Arredo, Milano e Compagnia delle Foreste, Arezzo, pp. 188-190.

Zanuttini R., Brunetti. M. (2002): *Paulownia tomentosa. Prove di sfogliatura e caratterizzazione dei pannelli prodotti con legno coltivato in Italia*, «Sherwood. Foreste ed alberi oggi», 76, pp. 33-37.

Zanuttini R., Macchioni. N., Fioravanti M. (1999): *Rotary Cutting of Italian Douglas Fir: Validation of the Process at Industrial Level*, Eurowood Technical Workshop Proceedings "Industrial end-uses of fast-grown species", a cura di ITL e IRL-CNR, Firenze, pp. 69-80.

Alessandro Ragazzi*, Salvatore Moricca*

Pseudotsuga menziesii: patogeni introdotti e di temuta introduzione

introduzione

Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco (già *Pseudotsuga douglasii Carr.*) venne introdotta in Europa, con semi provenienti dalle regioni occidentali degli Stati Uniti, circa 140 anni orsono, divenendo una delle specie forestali esotiche più diffuse.

In Italia fu impiegata in impianti sperimentali nei primi anni del 1900 da Pavari, che ne aveva intuito, e poi accertato, le potenzialità di adattamento ai nostri ambienti; ciò è testimoniato sia dalla capacità della douglasia di rinnovarsi spontaneamente, sia dalle sue elevate produttività e velocità di accrescimento (Pavari, 1916; Nocentini, 2010).

Successivamente la douglasia si diffuse nell'area prealpina sino a raggiungere le propaggini meridionali della catena appenninica.

In Europa, e in Italia, sono presenti tre entità (Grossoni, com. pers.):

1) *Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* (Mirb.) Franco (douglasia verde). Nelle sue zone di origine occupa la parte più occidentale (oceanica) dell'areale nordamericano.

2) *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* (Beissn.) Franco (douglasia glauca). Più volte è stata elevata al rango di specie, ma le sue differenze dalla prima non sono così rilevanti tassonomicamente da giustificarne una separazione.

3) *Pseudotsuga menziesii* var. *caesia* (Schwer.) Franco. Era in dubbio se considerarla una varietà a sé oppure una forma ibrida fra *P. menziesii* var. *menziesii* e *P. menziesii* var. *glauca* in quanto si ritrova nella porzione più settentrio-

* *Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente, Sezione di Patologia vegetale ed Entomologia, Università degli Studi di Firenze*

nale, dove gli areali delle due varietà si sovrappongono. Oggi viene ritenuta una "forma" di *P. menziesii* var. *glauca*.

Pavari (1958) considerava l'ambiente climatico italiano addirittura più favorevole alla piena affermazione della douglasia rispetto a quello delle sue aree di origine (fondamentalmente Oregon, Washington, California) da cui, nei primi anni di introduzione in Italia, furono importati i semi.

Nei suoi scritti Pavari, oltre ad ampie e approfondite considerazioni di carattere ecologico e selvicolturale, fece cenno anche a due agenti patogeni defogliatori della douglasia: 1) *Rhabdocline pseudotsugae* Syd., che, come riferito anche da Biraghi nel 1954, aveva causato ingenti danni negli impianti di molti Paesi europei; e 2) *Phaeocryptopus gaeumanni* (T. Rohde) Petr., causa di moria del novellame di douglasia negli impianti di Tolmezzo (Udine); questo agente fu studiato successivamente da Stefanelli (1963) e da Biraghi (1964 e 1966).

I due microrganismi sono originari di alcuni stati occidentali del Nord America, ove, seppur presenti a livello endemico, danno origine, in determinate annate, a eventi epidemici.

Da tali aree, che sono anche le aree di origine della douglasia, potrebbero giungere in Europa, e quindi presumibilmente in Italia, nuove entità patogene, che si connoterebbero come "aliene", e potenzialmente anche come "invasive", capaci cioè di costituire biomasse consistenti e di diffondersi in modo pervasivo in tempi rapidi.

"Aliena" è considerata una entità (specie/subspecie o taxon di rango inferiore) che si diffonde oltre il proprio areale naturale e potenziale di diffusione. "Invasiva" è invece quella entità, aliena o anche autoctona, che inizia ad affermarsi e a espandersi in un territorio, causando danni talmente gravi da minacciare la biodiversità locale (Richardson et al., 2000; Woolhouse M.E.J. et al., 2005; Panconesi et al., 2014).

Le condizioni climatiche di molti Paesi europei, favorevoli alla affermazione della douglasia, potrebbero rivelarsi tali anche per i patogeni di questa essenza dei quali si teme l'introduzione, secondo le previsioni della European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO).

In questo scritto è stato nostro impegno riferire, dal punto di vista biologico, epidemiologico e gestionale, sui patogeni già noti della douglasia e su quelli a rischio di introduzione, considerando che si continua a importare legname soprattutto dagli Stati Uniti e in funzione della grande diffusione, a livello europeo, delle diverse varietà di *P. menziesii*. Tali varietà potrebbero essere esse stesse oggetto della aggressione da parte delle entità infettive introdotte e porsi come focolaio, inizialmente anche solo a livello endemico, dal quale però l'eventuale patogeno potrebbe raggiungere gli impianti italiani.

PATOGENI ENDEMICI NON SPECIFICI DELLA DOUGLASIA

In Italia, sono presenti, a livello endemico, alcuni patogeni, agenti di carie e di marciume radicale, che aggrediscono anche le piante di douglasia.

Armillaria spp.
Agente del Marciume radicale fibroso
Basidiomycota, Agaricales, Physalacriaceae

Patogeno ubiquitario, del quale si conoscono diverse specie, alcune delle quali attaccano anche le conifere e tra queste la douglasia: *Armillaria cepistipes* Velen, *A. gallica* Marxm. et Romagn., *A. mellea* (Vahl) P. Kumm., *A. obscura* (Schaeff.) Herink, *A. ostoyae* (Romagn.) Herink.

Determina sintomi aspecifici che consistono in diffuse clorosi, spesso interessanti l'intero apparato fogliare, arrossamenti, necrosi, defogliazioni, ridotte dimensioni dei getti. Ne consegue morte dell'intera pianta. *Armillaria* spp. differenzia, sotto la corteccia delle parti infette, un ricco feltro miceliare biancastro; al quale segue la comparsa di rizomorfe, scure, spesso avvolgenti le radici e la base del fusto, a livello sotto corticale.

Si tratta di un microrganismo edafico che sopravvive anche in forma saprofitaria a carico della sostanza organica che si trova nel suolo, ove si diffonde tramite le rizomorfe.

In annate umide e in caso di processi infettivi importanti, il patogeno dà origine, alla base della pianta, ai basidiomi di color miele, nel caso di *A. mellea*, dal cui imenio fertile sottostante vengono emesse le basidiospore che contribuiscono alla diffusione del patogeno.

Si consiglia un attento monitoraggio del soprassuolo, con eliminazione delle piante infette, ponendo attenzione alla potenziale presenza delle rizomorfe, il cui movimento nel terreno, dovuto alla attività meristematica del loro apice, può essere interrotto scavando una trincea profonda 70-80 cm. Applicazioni di sali di rame al terreno rallentano il processo infettivo e ostacolano l'attivazione di eventuali residui del patogeno.

Heterobasidion annosum sensu stricto (Fr.) Bref.
Agente del Marciume radicale delle conifere
Basidiomycota, Russulales, Bondarzewiaceae

Agente patogeno ampiamente diffuso nei soprassuoli a conifere della no-

stra Penisola. Il processo infettivo inizia a carico dell'apparato radicale, dal quale il microrganismo raggiunge la ceppaia e il fusto; dalle radici, destinate a morte, tramite anastomosi, si diffonde alle piante sane limitrofe.

Su douglasia, abete bianco e abete rosso, il microrganismo porta a morte la sezione inferiore delle radici. All'interno del fusto la colonizzazione prosegue sino a circa 6 m. di altezza, determinando carie, alla quale corrisponde, in esterno, uno stato generalizzato di sofferenza; tali alterazioni possono comportare lo sradicamento della pianta.

Alla base delle piante, in periodi umidi, si differenziano i corpi fruttiferi, crostosi o a mensola, di colore biancastro; dall'imenio fertile sottostante si distaccano le basidiospore che portano l'infezione sulle ceppaie rimaste in bosco.

La douglasia, identificata un tempo come *Pseudotsuga douglasii*, era considerata resistente a *H. annosum*, e il suo impiego era raccomandato al posto dell'abete bianco (Moriondo, 1967).

Morie di douglasia, determinate dall'azione di *H. annosum*, furono invece segnalate, in varie parti d'Italia, a partire dal 1975-78 (Intini e Tocci, 1979; Farina et al., 1990; Mugnai et al., 1992).

Capretti (2005) ha poi chiarito che *Heterobasidion annosum sensu stricto*, capace di infettare il pino, aggredisce anche la douglasia; mentre *Heterobasidion abietinum*, ampiamente presente a Vallombrosa (FI), specializzato verso l'abete bianco, non attacca *Pseudotsuga* spp.

Sono sconsigliati gli impianti puri in terreni ex-coltivi o pascolativi. La superficie delle ceppaie può essere protetta, subito dopo il taglio, attraverso il trattamento (spennellatura) con una sospensione di spore di *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich, microrganismo saprofita che, colonizzando rapidamente la ceppaia, impedisce l'insediamento di *H. annosum*.

PATOGENI INTRODOTTI

In Italia sono da tempo noti i due microrganismi patogeni già ricordati nella introduzione *Rhabdocline pseudotsugae* e *Phaeocryptopus gaeumannii*.

Rhabdocline pseudotsugae Syd.
Ascomycota, Helotiales, Hemiphacidiaceae

Rhabdocline needle cast
Agente di defogliazione della douglasia

Patogeno biotrofo, introdotto dagli stati occidentali del Nord America, presente in Italia in popolamenti dell'Appennino settentrionale, dove, negli anni successivi alla sua introduzione, presumibilmente tra il 1960 e il 1965, si manifestò su *P. menziesii* var. *glauca* e *P. menziesii* var. *caesia* (oggi considerata una "forma"). *P. menziesii* var. *menziesii* è ritenuta infatti pressochè resistente.

Il processo infettivo è favorito da annate fresche e umide; le prime manifestazioni sintomatiche si osservano ad autunno inoltrato e consistono nella comparsa di macchie color arancio a carico degli aghi, che tendono successivamente a divenire di colore viola scuro. A fine marzo/inizio di aprile, in corrispondenza delle macchie, inizia la maturazione degli ascomi che in maggio/giugno erompono, lacerando l'epidermide, sulla pagina inferiore degli aghi, assumendo un intenso color rosso arancio. Il patogeno emette le ascospore nelle giornate umide, a primavera inoltrata; ne consegue una pesante defogliazione durante i mesi estivi.

Si suggerisce di privilegiare gli impianti misti, con bassi sesti di impianto, e di utilizzare la douglasia verde, resistente. (Bonifacio et al., 1970; Moriondo, 1970, 1971, 1972; Moriondo et al., 2006).

Phaeocryptopus gaeumannii (T. Rohde) Petr.
Ascomycota, Dothideales, Dothioraceae

Swiss Neddle Cast
Agente di defogliazione della douglasia

Originario del Nord America, questo patogeno ha prodotto, nei tempi successivi alla sua introduzione in Italia (si sospetta il periodo tra il 1952 e il 1955), danni di una certa rilevanza sul novellame di douglasia verde in Carnia e, in modo meno grave, negli impianti sull'Appennino settentrionale.

Favorito da annate fresche e umide, causa infezioni generalmente durante i mesi di maggio e giugno per porsi in latenza negli aghi e per manifestarsi circa dopo 12 mesi, allorchè gli ascomi, piccole sfere di color nerastro, emergono dagli stomi. La sua pericolosità è in relazione alla persistenza, anche di due anni, delle fruttificazioni e alla elevata capacità sporulativa. La defogliazione avviene in genere dopo tre anni dalla prima infezione.

Si consiglia di evitare gli impianti di douglasia verde in aree soggette frequentemente a periodi ad alta umidità.

PATOGENI DI TEMUTA INTRODUZIONE

La EPPO classifica gli organismi a rischio di introduzione (o introdotti, ma presenti a livello endemico, in aree momentaneamente circoscritte) nei Paesi dell'Unione Europea in apposite "liste" che aggiorna continuamente. Per quanto riguarda la douglasia, dalle schede EPPO, si evince quanto segue:

- Lista A1 (organismi assenti nell'area EPPO): *Ophiostoma wageneri*, agente di tracheomicosi; *Phellinus weirii*, agente di carie; *Arceuthobium douglasii*, pianta parassita.
- Lista A2 (organismi nocivi presenti in alcuni Paesi EPPO): *Phytophthora ramorum*, agente di marciume radicale, presente in Italia su rododendro e viburno; *Gibberella circinata*, agente di cancro, segnalato in Italia su pino domestico e pino d'Aleppo; *Botryosphaeria laricina*, agente di disseccamento rameale; *Melampsora medusae*, agente di ruggine.
- Lista di allerta (organismi nocivi che presentano un rischio di diffusione nei Paesi membri): *Mycosphaerella pini*, agente di necrosi fogliare.

Ophiostoma wageneri (Goheen & F.W. Cobb) T.C. Harr

Anamorfi: *Leptographium wageneri* (Kendrick) M.J. Wingfield var. *ponderosum* e *Leptographium wageneri* var. *pseudotsugae* T.C. Harr. et F.W. Cobb
Ascomycota, *Ophiostomatales*, *Ophistomataceae*

Black Stain Root Disease (BSRD)
Agente di Tracheomicosi del pino e della douglasia

Il patogeno, originario degli stati occidentali del Nord America, inserito nella Lista A1 della EPPO, ha tra gli ospiti di una delle sue due forme anamorfe, *Leptographium wageneri* var. *pseudotsugae* T.C. Harr. et F.W. Cobb, specifico per le piante di douglasia. L'altra varietà, *Leptographium wageneri* (Kendrick) M.J. Wingfield var. *ponderosum*, attacca *Pinus contorta*, *P. edulis*, *P. jeffreyi*, *P. monophylla* e *P. ponderosa.*

Ha come habitat naturale il terreno, ove vive saprofiticamente. I primi organi a essere infettati sono le radici, delle quali invade lo xilema, risalendo lungo il fusto, dando luogo a una colonizzazione di tipo vascolare.

I sintomi consistono in: clorosi generalizzata, appassimento, disseccamento degli agli e dei rametti, defogliazione, nonché morte della pianta, che nelle adulte sopraggiunge nell'arco di alcuni anni, mentre nelle giovani e nei semenzali avviene in pochi mesi. Nel fusto, sino al colletto e

alle prime radici, si possono osservare, lungo i fasci vascolari, estesi imbrunimenti.

L'evasione dall'ospite avviene tramite vettori, quali gli scolitidi *Hylastes macer* Le Conte e *H. nigrinus* (Mannerheim); in particolare, vettori del patogeno presente su douglasia sono i curculionidi *Steremnius carinatus* (Boheman) e *Pissodes fasciatus* Le Conte.

I processi infettivi su *Pinus ponderosa* e su *Pseudotsuga menziesii* in Nord America sono estremamente gravi; in Europa si teme possano subire attacchi devastanti gli impianti di *Pinus ponderosa* e *P. sylvestris*, ma anche di *P. nigra*, in virtù della presenza di alcune specie entomatiche, afferenti al genere *Hylastes*, potenziali vettori (Webber e Hansen, 1990).

La EPPO raccomanda un attento e continuo monitoraggio degli impianti esistenti delle specie suscettibili, nonché l'ispezione delle piante e del legname importati dal Nord America.

Phellinus weirii (Murrill) Gilb.
Ascomycota, *Hymenochaetales*, *Hymenochaetaceae*

Laminated root and butt rot
Agente del Marciume lamellare della douglasia

Phellinus weirii, patogeno fungino collocato nella Lista A1 della EPPO, è particolarmente virulento su douglasia; attacca comunque anche alcune specie di abete, cipresso, larice e pino.

È diffuso in Cina, Giappone, Canada e in molti stati occidentali del Nord America, luoghi di origine della douglasia e dove ha provocato ingenti danni.

In Europa, secondo la EPPO, potrebbe infettare le piante di douglasia e anche altre specie di conifere.

È un tipico abitante del terreno dove si mantiene vitale per lunghi anni a carico di materiale legnoso in decomposizione. I semenzali di douglasia e le piante di 15-20 anni sono particolarmente sensibili, soprattutto nei periodi nei quali la temperatura oscilla da 24 a 26°C, anche se il microrganismo è attivo da 5 a 30°C. Il micelio avvolge le radici, sviluppandosi inizialmente in superficie, per poi penetrare e dare origine a processi cariogeni quasi totalmente a carico dell'apparato radicale; infatti la porzione di fusto interessata si limita ai primi 80-100 cm da terra. Attraverso le anastomosi radicali l'infezione si estende alle piante vicine.

A livello della chioma si osservano microfillia, clorosi e arrossamenti, tutti sintomi precursori di defogliazione, conseguenza della distruzione dell'appa-

rato radicale, che comporta infine la morte e la caduta a terra della pianta. Sulle radici infette e sulla porzione di fusto cariata, nei periodi umidi, si formano i basidiomi di colore marrone.

Le piante infette vanno spesso soggette a infezione da parte di *Armillaria* sp. e *Leptographium wageneri* var. *pseudotsugae.*

La EPPO raccomanda di controllare la sanità di semi e piantine di douglasia di importazione, di esigere la decorticazione o la disinfezione (secondo le procedure EPPO) dei tronchi provenienti da zone e/o Paesi infetti.

In caso di nuovi impianti, occorre tener presente che il patogeno è in grado di sopravvivere, nel soprassuolo che ha infettato, per 40-50 anni (Sturrock et al., 2006).

Arceuthobium douglasii Engelmann
Angiospermae, *Santalales*, *Santalaceae*

Douglas-fir dwarf mistletoe
Vischio nano della douglasia

Arceuthobium douglasii è una pianta parassita, inserita nella Lista A1 della EPPO, specifica della douglasia, anche se occasionalmente attacca alcune specie di *Abies* e, raramente, di *Picea*.

Tutti i vischi sono dioici, e hanno impollinazione entomofila. Le piante misurano dai 2 agli 8/9 cm, sono di colore marrone verdastro e hanno piccole ramificazioni a ventaglio. I fiori, peduncolati, si formano all'altezza degli internodi e si differenziano da aprile a giugno. I frutti, ovoidali, sono di colore verde oliva e misurano 3-5 x 1-2 mm, maturano a fine agosto/inizio di settembre. I semi vengono dispersi anche a lunghe distanze dai volatili, la germinazione è favorita da alti valori di umidità.

Il sistema radicale del vischio assume nella pianta parassitizzata comportamento endofitico e può così sopravvivere per lunghi anni, producendo nuovi elementi propagativi che ampliano la zona colonizzata. I primi sintomi consistono in un ingrossamento del punto di infezione, che va ad assumere un aspetto fusiforme. Infezioni ripetute e numerose avvolgono i rami della douglasia, con conseguente disseccamento (Tinnin et al., 1999).

La EPPO ha vietato l'importazione di piante di douglasia, ma non dei semi, dal continente nord americano. Nel caso di impianti infetti si consiglia di procedere al taglio delle piante contaminate, al fine di evitare che le infezioni si manifestino anche negli anni successivi.

Phytophthora ramorum S. Werres, de Cock et W.A.Man in t'Veld.
Chromista, *Oomycota*, *Peronosporale*, *Peronosporaceae*

Sudden Oak Death
Agente della Morte improvvisa della quercia

Phytophthora ramorum è un microrganismo particolarmente virulento, identificato per la prima volta su piante di *Rhododendron* sp. e *Viburnum* sp. nel 1993 in Germania e in Olanda (Werres et al. 2001) e inserito nella Lista A2 della EPPO. Il parassita, afferente al Regno "Cromista", infetta, tra le latifoglie arboree di carattere forestale, prevalentemente piante del genere *Quercus*, anche se è stato reperito su castagno, faggio, frassino, ippocastano, magnolia e altre specie minori. Su conifere è stata osservata, negli Stati Uniti, su *Sequoia sempervirens* e *Pseudotsuga menziesii*; in Europa ha devastato negli ultimi anni gli impianti artificiali di larice giapponese (*Larix kaempferi*) nel Regno Unito (Webber et al., 2010). Estremamente sensibili sono anche camelia, corbezzolo, alloro, rododendro, viburno, ecc., che vengono considerati "ospiti-ponte", in quanto da questi il cromista potrebbe passare sulle piante arboree forestali.

Il parassita ha infierito particolarmente in alcuni stati del Nord America, tanto da guadagnarsi l'appellativo di agente della "Sudden Oak Death" (Morte improvvisa della Quercia). In Europa è stato rinvenuto in Belgio, Croazia, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Lituania, Olanda, Norvegia, Polonia, Regno Unito, Repubblica Ceca, Serbia, Slovenia, Spagna, Svizzera, Svezia, prevalentemente su viburno e rododendro.

In Italia ha fatto la sua comparsa nel 2002, su piante di rododendro allevate in vivaio, nel piemontese (Gullino et al., 2003), per essere poi nuovamente segnalato per gli ingenti danni causati su *Viburnum tinus* in alcuni vivai in provincia di Pistoia (Ginetti et al., 2013).

Il microrganismo, sulle specie arboree, ha la capacità di infettare sia il tessuto floematico che quello cambiale (strati più esterni), dando origine a necrosi e cancri lungo tutto il fusto. I sintomi vengono prodotti sia in senso acropeto, per via dell'abilità del microorganismo di diffondersi dalle radici, o dal colletto, verso l'alto, che in senso basipeto, tramite infezioni che dalle porzioni aeree della chioma si dipanano verso il basso sulla corteccia dei rami o del tronco. In corrispondenza delle necrosi si osserva, sull'esterno della corteccia, un essudato mucillagginoso. I sintomi descritti, per il loro aspetto, assumono una particolare denominazione, si parla infatti di "lesioni sanguinanti" (bleeding lesions) o "cancri sanguinanti" (bleeding cankers) a

causa della tipica colorazione rosso sangue del cambio, visibile scortecciando la pianta a livello della lesione cancerosa, e dell'essudato che fuoriesce da esso (Ginetti et al., 2015).

Su rododendro e viburno i sintomi più evidenti consistono nella comparsa di maculature brune e necrosi a livello fogliare, avvizzimento dei germogli con ripiegamento degli stessi "a uncino" e presenza di striature di colore bruno lungo il fusto, apprezzabili dopo scortecciamento anche a livello cambiale.

P. ramorum ha come habitat naturale il terreno dove si conserva per mezzo delle clamidospore e delle oospore e dove infetta le radici, attraverso le quali risale al fusto e ai rami dando luogo ai processi necrotici descritti. Le infezioni avvengono a temperature ideali per lo sviluppo delle clamidospore, la formazione e l'apertura degli sporangi e la germinazione delle zoospore e sono comprese tra 16-18 e 20-22°C.

Sono conosciuti due ceppi, uno definito "americano" e l'altro "europeo". Il primo attacca piante afferenti alle famiglie delle *Aceraceae*, *Amamelidaceae*, *Ericaceae*, *Fagaceae*, *Hippocastanaceae*, *Lauraceae*, *Pinaceae*, *Rosaceae*, *Taxodiaceae.* Il secondo infetta piante afferenti alle seguenti famiglie: *Caprifoliaceae*, *Ericaceae*, *Fagaceae*, *Taxaceae*, *Theaceae*. Ambedue i ceppi sono stati segnalati in entrambi i continenti, con il rischio, se si dovessero ibridare, di comparsa di genotipi più virulenti. L'Unione Europea, nel tentativo di contrastare e rallentare il diffondersi della malattia, ha adottato la decisione 2002/757/CE del 19 settembre 2002 "Misure fitosanitarie provvisorie di emergenza volte a impedire l'introduzione e la propagazione nella Comunità di *P. ramorum*", successivamente modificata con le decisioni 2004/426/CE del 29 aprile 2004 e 2007/201/CE del 27 marzo 2007, che impongono misure di profilassi e controllo. Queste norme prescrivono: 1) l'ispezione di piante e legname di specie sensibili a *P. ramorum* al momento dell'ingresso nei Paesi membri; 2) la possibilità di introdurre nel territorio comunitario piante sensibili e legname provenienti dagli Stati Uniti solo se rispondenti alle misure fitosanitarie d'emergenza e, comunque, dopo aver superato l'ispezione al punto d'ingresso; 3) la possibilità per le piante di *Viburnum* spp., *Camelia* spp., *Rhododendron* spp., a esclusione di *Rhododendron simsii* Planch, e a eccezione delle sementi, provenienti da zone in cui non è nota la presenza dell'organismo nocivo, di essere introdotte all'interno del territorio della Comunità solo se munite di passaporto fitosanitario.

Risultano poi fondamentali i controlli da parte dei Servizi Fitosanitari per individuare la presenza di eventuali focolai, con distruzione, in caso di rilevamento del patogeno, di tutte le piante infette o sensibili entro un raggio di 20 metri dai soggetti infetti. In caso di piante allevate in contenitori è necessario sterilizzare anche il terreno presente nei vasi e gli stessi contenitori. Le piante

colpite non devono essere interrate in quanto non è certo se le clamidospore vengano devitalizzate durante il processo di distruzione (Ginetti et al., 2015).

La legge impone anche misure specifiche per evitare la diffusione del patogeno dopo la sua prima segnalazione in un determinato Paese: durante i primi due anni dall'individuazione di piante infette è fatto obbligo di evitare di piantare, trapiantare o depositare specie sensibili nelle zone interessate; qualora ci fossero piante di specie sensibili entro un raggio di 10 metri, occorre effettuare almeno due ispezioni durante i tre mesi successivi al ritrovamento.

Gibberella circinata Nirenberg et O'Donnell

Anamorfo: *Fusarium circinatum* Nirenberg et O'Donnellu
Ascomycota, *Hypocreales*, *Nectriaceae*

Pitch canker
Agente del Cancro resinoso del pino

Il microrganismo, inserito nella Lista A2 della EPPO, è originario degli Stati Uniti, probabilmente California; si è poi diffuso in Asia: Filippine, Giappone, Iraq, Korea; Africa: Sud Africa, Tanzania; Centro America: Haiti, Honduras; Sud America: Cile; Oceania: Australia.

È presente in Spagna e, dal 2007, in Italia; è stato infatti segnalato in impianti di *Pinus pinea* e *P. halepensis* in provincia di Foggia. Sensibili sono anche *P. radiata* e *P. strobus* (Carlucci et al., 2007). Infezioni artificiali effettuate negli Stati Uniti hanno permesso di accertare la suscettibilità di *P. menziesii.*

La malattia, determinata dall'anamorfo (il teleomorfo *Gibberella circinata* non è mai stato trovato in natura, ma ottenuto solamente in laboratorio) interessa i getti, i rami, il fusto e l'apparato radicale.

Il primo sintomo osservabile consiste in un ingrossamento dei tessuti infetti, dovuto alla secrezione di ormoni da parte del patogeno. Gli organi attaccati manifestano lesioni fusiformi, dalle quali fuoriesce un abbondante essudato resinoso. Il tessuto xilematico è sede elettiva e una volta che viene aggredito ne consegue la variazione di colore degli aghi, dal giallo al rosso, e successiva filloptosi. L'infezione procede verso la base della pianta, destinata a morte.

Il patogeno si conserva nel terreno con microconidi, macroconidi e clamidospore. Viene disseminato dalle acque che circolano in superficie e nel terreno, ma soprattutto attraverso semi infetti e insetti vettori dei generi *Ips* e *Pityophthorus*. Il processo infettivo è favorito da temperature miti e da alta umidità.

Alcuni sintomi sono aspecifici e possono indurre a diagnosi errate, poiché anche *Atropellis pinicola* Zeller et Goodd induce una sintomatologia simile, tuttavia quest'ultima determina un marcato imbrunimento dei tessuti legnosi.

La EPPO raccomanda di controllare semi, semenzali e legname provenienti da regioni ove il patogeno è presente. Nel caso di comparsa di infezioni, le piante attaccate vanno immediatamente eradicate e bruciate sul posto.

Botryosphaeria laricina (K. Sawada) Y. Zhong
Ascomycota, *Botryosphaeriales*, *Botryosphaeriaceae*

Shoot blight of larch
Agente del Disseccamento dei germogli del larice

Il microrganismo, inserito nella Lista A2 della EPPO, è originario delle regioni asiatiche, dove è presente in Cina, Giappone e Korea. Si è poi diffuso ad alcune aree della Russia orientale.

Ospite principale è il larice. Le specie più suscettibili sono *L. decidua*, *L. laricina* e *L. occidentalis;* mentre *L. eurolepis* e *L. leptolepis* mostrano una resistenza intermedia. Resistenti sono *L. gmelinii* e *L. olgensis var. koreana.* L'unico altro ospite trovato in natura è *P. menziesii var. menziesii.*

La suscettibilità delle piante perdura per molto tempo, da giugno sino a settembre. I primi sintomi consistono in una cospicua decolorazione degli aghi dell'anno, mentre gli aghi più vecchi non vengono infettati. Segue il disseccamento dell'apice dei germogli e la caduta delle foglie che erano, dopo l'ingiallimento, imbrunite; mentre le foglie più distali possono rimanere attaccate alla pianta durante tutto l'inverno. Sul fusto compaiono profonde lesioni longitudinali dalle quali emergono i corpi fruttiferi che sporulano profusamente, contornati da un abbondante flusso resinoso. Tali manifestazioni si osservano anche sul fusticino dei semenzali.

La EPPO raccomanda a tutti i Paesi dell'Unione Europea di proibire l'importazione di piante o di parti di pianta di larice dall'Asia.

Melampsora medusae Thümen
Basidiomycota, *Pucciniales*, *Melampsoraceae*

Poplar rust
Agente della Ruggine del pioppo

Melampsora medusae è stata inserita nella Lista A2 della EPPO in quanto

presente in Belgio, Francia, Portogallo e Spagna. Originaria del Nord America, si è diffusa in Asia: Giappone; Africa: Sud Africa, Zimbabwe; Nord America: Canada (dalla Columbia britannica sino alla Nuova Scozia), Messico; Sud America: Argentina (presenza dubbia), Bolivia, Brasile, Cile, Uruguay; Oceania: Australia, Nuova Zelanda.

Trattasi di un organismo eterotrofo che compie il suo ciclo su due ospiti: su pioppo (varie specie del genere *Populus*, specialmente *P. balsamifera*, *P. deltoides*, *P. nigra* var. *italica* e *P. tremuloides*) le fasi uredosorica e teleutosorica; e su conifere dei generi *Larix* spp., *Pinus* spp. e *Pseudotsuga* spp., le fasi picnidiosorica ed ecidiosorica.

Nei periodi umidi primaverili le basidiospore, emesse dai teleutosori formatisi sulle foglie di pioppo cadute a terra, infettano gli aghi delle conifere sui quali, nei mesi estivi, si differenziano, sulla pagina superiore, i picnidiosori e su quella inferiore gli ecidiosori. A fine estate/inizio autunno le ecidiospore portano l'infezione sul pioppo.

La formazione dei sori, su pioppo, è preceduta dalla comparsa, sulla pagina superiore delle foglie, di macchie giallastre. Le prime infezioni si hanno sulle foglie basali, successivamente sulle altre, destinate a necrotizzare e a cadere.

Gli aghi delle conifere ingialliscono e disseccano e vanno incontro a caduta; oltre a questi vengono infettati anche i giovani germogli e le pigne.

La EPPO raccomanda di non importare piante dalle zone dove il patogeno è presente, soprattutto di specie afferenti ai generi *Abies*, *Larix*, *Picea*, *Pinus*, *Populus*, *Pseudotsuga*, *Tsuga.* Occorre inoltre procedere all'uso di pioppi resistenti (Manoela et al., 2007) ed evitare impianti di conifere suscettibili in vicinanza degli impianti di pioppo. Negli Stati Uniti, in vivaio, si effettuano trattamenti preventivi con ossicloruro di rame, oppure con triadimefon.

Mycosphaerella pini E. Rostrup
Anamorfo: *Dothistroma septospora* (G. Doroguine) Morelet
Ascomycota, *Capnodiales*, *Mycosphaerellaceae*

Red band needle blight
Agente del Disseccamento degli aghi del pino

Mycosphaerella pini è stata inserita nella Lista di allerta della EPPO data la sua presenza in alcuni Paesi europei, tra i quali l'Italia. È originaria dell'America centrale e si è poi diffusa in Asia: Brunei, Filippine, Giappone, India,

Korea, Nepal, Pakistan, Sri Lanka; Africa: Kenya, Malawi, Sud Africa, Tanzania, Uganda, Zambia, Zimbabwe; Nord America: Canada, California, Florida, Hawaii, Iowa, Idaho, Illinois, Maryland, Minnesota, Montana, Nebraska, Ohio, Oklahoma, Oregon, Virginia, Washington; Centro America e Caraibi: Costa Rica, Guatemala, Honduras, Jamaica, Nicaragua. Sud America: Argentina, Brasile, Cile, Colombia, Ecuador, Uruguay; Oceania: Australia, Nuova Zelanda.

Tra le piante suscettibili si ricordano alcune specie del genere *Pinus*, tra le quali, nell'ambito delle regioni EPPO: *Pinus canariensis*, *P. contorta*, *P. glauca*, *P. halepensis*, *P. muricata*, *P. nigra*, *P. ponderosa*, *P. radiata*, *P. sylvestris*, *P. taeda*. Ospiti sono anche *Larix decidua*, *Picea abies e Pseudotsuga menziesii.*

I primi sintomi si manifestano con la comparsa di macchie giallastre sugli aghi più vecchi. Tali macchie, allungandosi, divengono delle striature perpendicolari alle nervature, assumendo anche una colorazione rosso scuro. Su queste macchie si differenziano i corpi fruttiferi (acervuli) inizialmente biancastri, subepidermici, tendenti al colore nero (Muir e Cobb, 2005). Gli aghi infetti sono destinati a necrotizzare, con conseguente filloptosi, mentre rami e fusto disseccano rapidamente.

L'infezione è favorita da una temperatura di 18-20°C, anche se il patogeno rimane attivo in uno spettro più ampio (da 8 a 26°C); fondamentale è la presenza di un velo d'acqua. La disseminazione dei conidi avviene tramite pioggia, vento, insetti, semi o piante infetti.

La EPPO raccomanda di non importare piante di pino dalle zone ove il microrganismo ha determinato danno. In vivaio e nei giovani impianti si possono effettuare interventi con ossicloruro di rame, previa eliminazione dei semenzali infetti.

CONCLUSIONI

L'attuale tendenza all'aumento termico che sta interessando l'Italia, e che rispecchia la situazione propria di quel "Climate change Hot Spot Zone" che è il bacino mediterraneo, favorirà l'affermazione di patogeni esotici ad *habitus* più termofilo o termotollerante, ma anche, nel tempo, degli ecotipi che meglio si saranno adattati alle mutate condizioni climatiche.

Per fronteggiare tale problema dobbiamo avvalerci rigidamente delle linee guida della EPPO:

– attento e continuo monitoraggio degli impianti di douglasia esistenti;
– altrettanto meticoloso monitoraggio degli impianti di conifere, vicini a quelli di douglasia, che potrebbero ospitare patogeni introdotti capaci di infettare anche *Pseudotsuga* spp.;
– controllo di semi, piantine e legname di douglasia di importazione;
– controllo delle piante e del legname delle conifere sensibili ai patogeni della douglasia importati dal Nord America;
– rigido controllo dell'effettuata decorticazione o disinfezione dei tronchi provenienti da Paesi o zone infetti;
– immediata eradicazione, mediante distruzione con il fuoco sul posto, delle piante trovate infette, al fine di circoscrivere i focolai iniziali ed evitare che le infezioni abbiano a ripetersi anche negli anni successivi;
– divieto di importare piante o parti di pianta di larice dall'Asia;
– uso di cloni di pioppo resistenti a *M. medusae*;
– effettuazione, in vivaio e nei giovani impianti, di interventi con ossicloruro di rame, previa eliminazione dei semenzali infetti.

In particolare, e in ottica preventiva, è consigliabile programmare una serie di azioni:

– ricostruzione, attraverso il DNA fingerprinting, dei *pattern* di ingresso e diffusione dei microorganismi fitopatogeni;
– studio della diversità microbica di un soprassuolo;
– studio del potenziale evolutivo delle entità patogene introdotte;
– costruzione di modelli di simulazione climatica, vegetazionale ed epidemica.

Quanto sopra in funzione del potenziale rischio di introduzione, nel territorio della penisola italiana, di nuove entità infettive.

Fondamentali sono tuttavia alcune considerazioni, di natura fitosanitaria, in relazione alla attuale gestione selvicolturale perseguita in Italia.

La prevalente utilizzazione, nei soprassuoli boschivi italiani, della douglasia verde, ad alta tolleranza verso *R. pseudotsugae*, ha evitato la comparsa di eventi infettivi importanti, diversamente da quanto successo in molti Paesi europei. Oltralpe, dove, nel tempo, si sono messe a dimora anche altre varietà, rivelatesi poi estremamente suscettibili al patogeno, si sono avuti invece danni rilevanti anche perché, rispetto alle zone di origine della douglasia (stati

occidentali del Nord America), le condizioni climatiche e la costituzione di impianti puri coetanei hanno favorito il patogeno.

I popolamenti coetanei e quelli puri, unitamente alla uniformità genetica, costituiscono un facile bersaglio per il parassita che può facilmente dar luogo a eventi epidemici. Sarebbe più opportuno impiegare la douglasia in impianti disetanei e misti onde ostacolare il movimento del patogeno nell'impianto e contribuire, al contempo, ad abbattere la massa di inoculo. Il patogeno non troverebbe infatti sempre e solamente l'ospite specifico, o la fase fenologica più suscettibile, sui quali dare inizio al processo infettivo, riprodursi e dai quali evadere per diffondersi nell'ambiente; le piante non-ospiti costituirebbero infatti un'efficace "barriera" contro la dispersione dei propaguli infettivi.

È da tenere inoltre in considerazione, da un punto di vista fitosanitario, la questione relativa alla consociazione con altre specie. Infatti, piante che hanno un accrescimento maggiore, rispetto alla douglasia, almeno nei primi 20-25 anni, quali, ad esempio, il larice europeo, andrebbero a ombreggiare le piante di douglasia. Le chiome delle piante di douglasia si verrebbero pertanto a trovare su un piano dominato e conseguentemente a subire gli effetti negativi dei maggiori valori di umidità atmosferica ivi prevalenti, che favorirebbero molti patogeni.

Pertanto, se da un lato sono consigliabili impianti misti, dall'altro occorre valutare l'utilizzazione di specie che non possano interferire con gli accrescimenti e lo stato fitosanitario della douglasia, salvo il prevedere opportuni diradamenti a precise scadenze. Si dovranno inoltre evitare nuovi impianti in prossimità di soprassuoli a pino, soprattutto laddove è presente in maniera massiccia *H. annosum sensu stricto.*

Attualmente, in Italia, gli impianti di douglasia hanno una densità pari a 800/1.000/1.500 piante a ettaro, valori più bassi rispetto agli impianti di altri Paesi europei. È bene mantenere tale densità, dal momento che densità maggiori favorirebbero la capacità infettiva e la diffusione da pianta a pianta dei microrganismi patogeni, che troverebbero, tra l'altro, condizioni di umidità a loro più confacenti.

Occorre inoltre considerare, in funzione della difficoltà della douglasia a chiudere gli stomi, che l'attuale trend climatico, con riduzione delle precipitazioni e incremento dei valori termici, rischia di causare alla pianta una ulteriore perdita di acqua che la indurrebbe in uno stato di stress fisiologico, situazione che avvantaggerebbe i patogeni opportunistici. Da questo punto di vista sembrerebbe pertanto che dovessero essere favoriti gli impianti a più alta densità.

Si impone pertanto un attento e meditato approfondimento della questione "densità" con l'obiettivo di individuare quella ottimale, che garantisca non solo una elevata resa produttiva, ma anche uno stato fitosanitario delle piante accettabile, che consenta loro di autodifendersi.

Moriondo (1970, 1972) suggeriva di preferire impianti puri e ad alta densità e di utilizzare la douglasia verde, resistente al più aggressivo dei due patogeni per primi introdotti in Italia: *R. pseudotsugae*, che si era rivelato devastante nelle piantagioni del Nord America e in alcuni Paesi europei.

La densità ha ovviamente una ricaduta importante sugli incrementi legnosi e quindi sulla resa, che al momento è massima, in Italia, tra i 40 e i 50 anni; lasciare gli impianti oltre tale età potrebbe significare doversi confrontare con piante dal rallentato/alterato metabolismo secondario, con conseguente ridotta produzione di quei fattori di difesa biochimici quali fenoli, flavonoidi, cumarine, terpeni ecc.

RIASSUNTO

Le condizioni climatiche di molti Paesi europei, favorevoli alla affermazione della douglasia, potrebbero rivelarsi tali anche per i patogeni dei quali si teme l'introduzione, secondo le previsioni della European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). Del resto, già negli anni attorno al 1920, fecero la comparsa, in Europa e in Italia, due specifici patogeni: *Rhabdocline pseudotsugae* e *Phaeocryptopus gaeumanni*.

Negli anni successivi *P. menziesii* var. *menziesii*, fondamentalmente utilizzata in Italia negli impianti, ha subito danni solamente da parte di *Heterobasidion annosum sensu stricto*; ma, in tempi non definibili, potrebbe andare incontro a processi infettivi innescabili da "parassiti alieni", provenienti anche da altri continenti. Tra le "specie patogene aliene", delle quali si teme l'introduzione, secondo la EPPO, per quanto riguarda la douglasia si ricordano:

Lista A1 (organismi assenti nell'area EPPO): *Ophiostoma wageneri*, *Phellinus weirii*, *Arceuthobium douglasii*. Lista A2 (organismi nocivi presenti in alcuni Paesi EPPO): *Phytophthora ramorum*, presente in Italia su rododendro e viburno. *Gibberella circinata*, segnalato in Italia su pino domestico e pino d'Aleppo; *Botryosphaeria laricina*, *Melampsora medusae.* Lista di allerta (organismi nocivi che presentano un rischio di diffusione nei Paesi membri): *Mycosphaerella pini*.

L'attuale tendenza all'aumento termico che sta interessando l'Europa e l'Italia favorirà l'affermazione dei patogeni alieni maggiormente termofili o termotolleranti, ma anche, nel tempo, degli ecotipi che andranno meglio ad adattarsi alle mutate condizioni climatiche.

Quale conseguenza dei primi processi infettivi, già negli anni '70 del 1900, furono

sconsigliati gli impianti puri e ad alta densità, con il suggerimento di utilizzare la douglasia verde, considerata pressochè resistente a *R. pseudotsugae*.

Oggi, se da un lato siamo vincolati alle rigide norme della EPPO, dall'altro possiamo perseguire approcci innovativi: ricostruzione, attraverso il DNA fingerprinting, dei *pattern* di ingresso e diffusione dei microorganismi fitopatogeni; studio della loro diversità genetica; stima del potenziale evolutivo dei parassiti introdotti; sviluppo di accurati modelli previsionali; definizione di protocolli di monitoraggio permanente.

Fondamentale comunque sarà la gestione fitosanitaria (incluso il monitoraggio, preferibilmente permanente) degli impianti esistenti e dei nuovi, in relazione alle tecniche selvicolturali perseguite in Italia.

ABSTRACT

According to European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) forecasts, the climatic conditions favourable to Douglas fir in many European countries could prove suitable also to those pathogens whose possible introduction is feared. Already around the twenties of the last century, on the other hand, two pathogens specific of this tree species, *Rhabdocline pseudotsugae* and *Phaeocryptopus gaeumanni*, made their appearance in Europe and in Italy.

In subsequent years, *P. menziesii* var. *menziesii*, the species mainly employed in Italy in new plantations, was damaged only by *Heterobasidion annosum sensu stricto*. However, in an undefined time, this species could face new infectious processes induced by alien pathogens, which might also come from other continents. Concerning Douglas fir, among the alien pathogen species whose possible introduction is feared, in accordance with the EPPO, deserve to be mentioned:

A1 List (organisms absent from the EPPO region): *Ophiostoma wageneri*, *Phellinus weirii*, *Arceuthobium douglasii*. A2 List (pests present only in some EPPO countries): *Phytophthora ramorum*, present in Italy on *Rhododendron* and *Viburnum*. *Gibberella circinata*, reported in Italy on *Pinus pinea* and *P. halepensis*; *Botryosphaeria laricina*, *Melampsora medusae*. EPPO Alert list (harmful organisms posing a risk of spread in member countries): *Mycosphaerella pini*.

The current trend to warming that is affecting Europe and Italy will favour the more thermophilic or thermotolerant alien pathogens, but also, with the time, those ecotypes that will better adapt to a changing climate.

Following the first infectious processes, already in the 70s of the 1900, high density pure stands were not recommended and it was suggested to use green Douglas fir, which is resistant to *R. pseudotsugae*.

Today, if on one hand we are bound to the strict EPPO regulations, on the other hand we can pursue novel approaches: reconstruction, through DNA fingerprinting, of the introduction and dispersal pathways of plant pathogens; study of their genetic diversity; estimate of the evolutionary potential of introduced pathogens; development of accurate forecasting models; set up of permanent monitoring protocols.

Phytosanitary management (including monitoring, preferably permanent) of existing plantations and of new ones will be in any case fundamental, according to silvicultural techniques pursued in Italy.

BIBLIOGRAFIA

Bernetti G. (1995): *Selvicoltura speciale*, UTET, Firenze, pp. 415.

Biraghi A. (1954): *Some important diseases of conifers in Italy*, «Plant Protection Bulletin», FAO, II, pp. 166-167.

Biraghi A. (1962): *Della tutela fitosanitaria*, «Monti e Boschi», 11-12, pp. 550-554.

Biraghi A. (1966): *L'importanza di* Phaeocryptopus gaeumannii (Rohde) Petr., «L'Italia Forestale e Montana», 4, pp. 153-155.

Bonifacio A., Moriondo F., Turchetti T. (1970): *Segnalazione di agenti defogliatori della douglasia*, «L'Italia Forestale e Montana», 25, pp. 271-275.

Capretti P. (2005): *Dalle abetine di Vallombrosa nuovi spunti per la ricerca in Patologia forestale*, «L'Italia Forestale e Montana», 2, pp. 217-220.

Carlucci A., Colatruglio L., Frisullo S. (2007): *First Report of Pitch Canker Caused by* Fusarium circinatum *on* Pinus halepensis *and* P. pinea *in Apulia (Southern Italy)*, «Plant Disease», 91 (12), p. 1683.

Farina P., Capretti P., Mugnai L. (1990): *Gruppi intersterili di* Heterobasidion annosum, *osservazioni nella foresta di Vallombrosa*, «L'Italia Forestale e Montana», 5, pp. 348-360.

Fratini R., Pellegrino S., Capretti P. (2006): *Valutazione tecnica e finanziaria dei danni provocati da* Hetrobasidion annosum *in una piantagione di douglasia in Calabria*, «L'Italia Forestale e Montana», 3, pp. 209-212.

Ginetti B., Carmignani S., Ragazzi A., Werres S., Moricca S. (2013): *Foliar blight and shoot dieback caused by* Phytophthora ramorum *on* Viburnum tinus *in the Pistoia area, Tuscany, central Italy*, «Plant Disease», 98 (3), p. 423.

Ginetti B., Carmignani S., Ragazzi A., Moricca S. (2015): *Biological and epidemiological aspects of the quarantine pathogen* Phytophthora ramorum, «Italian Journal of Mycology», 44, pp. 18-30.

Gullino C., Garofalo M.C., Moretti F., Gianetti G., Mainenti E. (2003): *Rinvenimento su rododendro* di Phytophthora ramorum, «L'Informatore Agrario», 19, pp. 87-89.

Intini M., Tocci A. (1979): *Morie di douglasia causate da* Heterobasidion (Fomes) annosum (Fr.) Bref. *in un impianto sperimentale a Vallombrosa*, «L'Italia Forestale e Montana», 2, pp. 55-60.

Manoela M., Steven G. R., Mellway R., White R., Heath M.C., Bohlmann J., Constabel C.P. (2007): *The Transcriptional Response of Hybrid Poplar* (Populus trichocarpa x P. deltoids) *to Infection by* Melampsora medusae *Leaf Rust Involves Induction of Flavonoid Pathway Genes Leading to the Accumulation of Proanthocyanidins*, «Molecular Plant-Microbe Interactions», 20 (7), pp. 816-831.

Moriondo F. (1967): *Le malattie infettive nei rimboschimenti*, «Annali dell'Accademia Italiana di Scienze forestali», 16, pp. 381-406.

Moriondo F. (1970): *Nuove malattie infettive della douglasia sull'Appennino*, «L'Italia Forestale e Montana», 1, pp. 36-38.

Moriondo F. (1972): *Nuove acquisizioni su* Rhabdocline sp. *in Nord America ed in Europa*, «L'Italia Forestale e Montana», 1, pp. 36-38.

Moriondo F., Capretti P., Ragazzi A. (2006): *Malattie delle piante in bosco, in vivaio e delle alberature*, Pátron Editore, Bologna, pp. 1-238.

Mugnai L., Capretti P., Raddi P. (1992): *Prove di inoculazione artificiale con* Hetero-

basidion annosum *su abete bianco e altre conifere*, Atti del Convegno "Avversità delle abetine", Vallombrosa, 25-26 giugno 1992, pp. 55-60.

Muir J.A., Cobb F.W. Jr (2005): *Infection of radiata and bishop pine by* Mycosphaerella pini *in California*, «Canadian Journal of Forest Research», 35 (11), pp. 2529-2538.

Nocentini S. (2010): *Le specie forestali esotiche: la sperimenazione di Aldo Pavari e le prospettive attuali*, «L'Italia Forestale e Montana», 65 (IV), pp. 449-457.

Panconesi A., Moricca S., Ragazzi A., Dellavalle I., Tiberi R. (2014): *Parassiti delle piante arboree forestali ed ornamentali. Specie introdotte e di temuta introduzione*, Pàtron Editore, Bologna, pp. 447.

Pavari A. (1916): *Studio preliminare sulle colture di specie forestali esotiche in Italia*, «Annali del Regio Istituto Superiore Forestale Nazionale», 1, pp. 159-379.

Pavari A. (1958): *La Douglasia verde in Italia*, «Monti e Boschi», 7-8, pp. 353-369.

Richardson D.M., Pyšek P., Carlton J.T. (2000): *A Compendium of Essential Concepts and Terminology In Invasion Ecology*, in *Fifty Years of Invasion Ecology: The Legacy of Charles Elton*, 1st edition, edited by Blackwell Publishing Ltd, pp. 409-420.

Stefanelli A. (1963): *Dell'infezione di* Phaeocryptopus gaeumannii *sulla douglasia in provincia di Udine*, «Monti e Boschi», 9, pp. 405-413.

Sturrock R., Zeglen S., Turner J.(2006): *Laminated Root Rot Forest Health Stand Establishment Decision Aid*, «Journal of Ecosystems and Management», 7 (3), pp. 41-43.

Tinnin R.O., Parks C.G.; Knutson D.M. (1999): *Effects of Douglas-Fir Dwarf Mistletoe on Trees in Thinned Stands in the Pacific Northwest*, «Forest Science», 45 (3), pp. 359-367.

Webber J.F., Hansen E.M. (1990): *Susceptibility of European and N.W. American conifers to the North American vascular pathogen* Leptographium wageneri, «European Journal of Forest Pathology», 20, pp. 347-354.

Webber J.F., Mullet M., Brasier C.M. (2010): *Dieback and mortality of plantation Japanese larch (*Larix kaempferi*) associated with infection by* Phytophthora ramorum, «New Disease Reports», 22, p. 19.

Werres S., Marwitz R., Man in't Veld W.A., de Cock A.W.A.M., Bonants P.J.M., de Weerdt M., Themann K., Ilieva E., Baayen R.P. (2001): *Phytophthora ramorum* sp. nov., a new pathogen on *Rhododendron* and *Viburnum*, «Mycological Research», 105, pp. 1155-1165.

Woolhouse M.E.J., Haydon D.T., Antia R. (2005): *Emerging pathogens: the epidemiology and evolution of species jumps*, «Trends in Ecology and Evolution», 20, pp. 238-244.

Jacopo Battaglini*, Tiziana Panzavolta**, Riziero Tiberi**

Aggiornamento dell'entomofauna fitofaga della douglasia in Italia

introduzione

In ambito fitosanitario è frequente osservare che alcune specie arboree non manifestano sintomi o segni riferibili ad attacchi di insetti fitofagi presenti negli ambienti dove esse vegetano. Questo fenomeno è particolarmente riscontrato per piante esotiche non accompagnate, nella loro introduzione, dai fitofagi presenti nell'areale originario e che, al tempo stesso, non risultano utilizzate dalle entità indigene (locali), che sembrano incapaci di stabilire con questi nuovi potenziali ospiti una relazione trofica vantaggiosa. È questo il caso della douglasia verde (*Pseudotsuga menziesii*) che negli anni '70 del XIX secolo fu introdotta dal Nord America per la costituzione di impianti finalizzati alla produzione legnosa. La notevole capacità di adattamento alle nuove caratteristiche ambientali e l'elevata potenzialità produttiva sono alla base della sua rapida diffusione in Europa, Italia compresa. Per svariati decenni successivi alla introduzione della pinacea in Italia non si sono osservati danni e, pertanto, la conifera ha potuto esprimere, nelle condizioni stazionali favorevoli, tutto il suo potenziale produttivo.

La particolare situazione fitosanitaria che si era venuta a determinare per la douglasia cominciò a modificarsi nei decenni 1950-1960, quando la conifera subì le prime infestazioni di insetti fitofagi introdotti con materiale di propagazione dal suo areale di origine e contemporaneamente cominciò un lento, ma progressivo, adattamento di vari fitofagi autoctoni al nuovo ospite vegetale. Al riguardo si fa osservare che in Europa vari Autori riportano circa 87 spe-

* *Unione dei Comuni Valdarno e Valdisieve, Firenze*
** *Università degli Studi di Firenze*

cie fitofaghe indigene adattatesi alla douglasia (circa 1/3 rispetto a quelle note nel Nord America); il 42% di tali specie sono polifaghe, cioè si alimentano a carico di vegetali afferenti a più famiglie, mentre il 30% sono monofaghe, in quanto si alimentano e si riproducono su piante afferenti a uno stesso genere. L'alta percentuale di specie monofaghe può essere messa in relazione anche alla vicinanza tassonomica della douglasia con conifere native, per esempio l'abete rosso per l'Europa (Schmidt et al., 2014)

Per quanto riguarda l'Italia, i primi seri danni alla conifera esotica risalgono agli anni '60 del secolo scorso, quando in vivai dell'Appenino Toscano venne segnalata la presenza di un fitomizo, anch'esso di origine nordamericana, introdotto con piantine di douglasia (Cantiani, 1968). Si tratta di un afide adelgide, *Gilletteella coweni* (Gillette), prima identificato come *Gilletteella cooleyi* (Gillette), anch'essa introdotta in Italia ma meno dannosa rispetto alla congenere *G. coweni*. In questo periodo si è assistito, inoltre, a un progressivo adattamento alla douglasia da parte di alcuni fitofagi indigeni legati a conifere locali, e ciò si è verificato soprattutto negli impianti della pinacea realizzati in aree dove erano presenti soprassuoli di *Abies* e di *Picea*. Le varie segnalazioni di danni prodotti, oltre che dai fitofagi specifici della douglasia anche da fitofagi indigeni, hanno contribuito a determinare una nutrita entomofauna legata alla conifera in oggetto.

Al momento sono segnalati per l'Italia adattamenti al nuovo ospite vegetale di 27 specie fitofaghe, di cui 3 fitomizi, 9 defogliatori, 13 xilofagi s.l. e 2 spermocarpofagi (Roversi et al., 1993).

Onde evitare la compilazione di una lunga e arida successione di nomi, di nessun interesse scientifico e applicativo, si ritiene più utile soffermarsi sulle specie fitofaghe più diffuse e responsabili di danni di rilievo alla douglasia, trattando brevemente la biologia, il comportamento e la natura dei danni effettivamente prodotti nelle piantagioni realizzate sul territorio nazionale.

FITOMIZI

Notizie bio-ecologiche e comportamentali dei fitomizi della douglasia sono riferite alle già citate due entità introdotte dal Nord America, *G. cooleyi* e *G. coweni* e a un omottero cercopide indigeno ampiamente diffuso nelle nostre coniferete.

La prima specie svolge un olociclo omotopo dioico tra una picea (ospite primario) e la douglasia (ospite secondario). L'adelgide nel suo areale di origine, in Inghilterra e in altri paesi europei viene ricordato per i ricorrenti e

spesso intensi attacchi sulle picee, che consistono nelle iperplasie (galle) che vengono evocate a spese delle gemme, dei cimali e dei getti laterali, compromettendone lo sviluppo. L'adelgide pur presente e diffuso in Italia per le difficoltà che incontra nella localizzazione delle picea può ritenersi poco dannoso.

Diversa attenzione merita, invece, *G. coweni*, che giunta in Europa agli inizi del XIX secolo, con materiale di propagazione proveniente dal nordamerica, si è rapidamente diffusa interessando tutte le aree dove era stata piantata la douglasia, colonizzandone la parte inferiore degli aghi. I primi danni in Italia sono stati riscontrati su giovani impianti realizzati sull'Appennino tosco-emiliano; in seguito il fitomizo è stato segnalato in quasi tutte le aree individuate per le piantagioni di douglasia e piantine allevate in vivaio, non disdegnando formazioni di douglasia di 30-40 anni (Covassi, 1971).

Il ciclo biologico di *G. coweni*, rispetto a quello biennale degli adelgidi, è decisamente semplificato; si tratta infatti, di un anolociclo monoico omotopo sulla douglasia con la comparsa nella primavera avanzata di ginopare alate. Lo svernamento viene sostenuto dalle pseudoiemosistenti, come neanidi di prima età, sulla pagina inferiore degli aghi; all'inizio della primavera seguente, queste raggiungono la maturità e depongono, partenogeneticamente, le uova peduncolate protette dal corpo della madre e dalla copertura cerosa che la stessa secerne. Una volta fissatesi al substrato le neanidi, facilmente individuabili per la copertura cerosa biancastra, già nella prima metà di luglio depongono le uova che daranno origine alle generazioni delle pseudoiemosistenti. In presenza di forti infestazioni si può verificare la caduta precoce degli aghi che porta alla conseguente trasparenza della chioma delle douglasie infestate. Alcuni Autori hanno dimostrato che in coincidenza di forti infestazioni dell'adelgide, provocate artificialmente su piantine di douglasia, si può riscontrare una riduzione dell'accrescimento longitudinale del 22%, limitato a un anno dalla stessa defogliazione artificiale, mentre l'incremento radiale potrebbe diminuire anche del 28,5% (Roversi e Nocentini, 1996).

Un altro omottero fitomizo che si è rivelato in grado di produrre danni di rilievo sulle douglasie è il cercopide indigeno *Haematoloma dorsatum* (Ahrens). La specie è diffusa in tutta l'Europa, in Nord Africa, nei paesi che si affacciano sul Mediterraneo, e in Turchia. Il fitomizo, diffuso in tutta l'Italia fino a 2000 metri sul Pollino, è infeudato a numerose specie di pinacee e anche a molte cupressacee, sulle quali è inconfondibile, in quanto la sua attività trofica determina caratteristiche clorosi anulari gialle sugli aghi della pianta ospite, ovvero quelli di due anni, che poi necrotizzano. Tali necrosi sono dovute all'introduzione, attraverso le aperture stomatiche, degli stiletti boccali entro gli aghi, determinando microlesioni dei tessuti che vanno incontro a

eccessiva traspirazione, disseccandosi lentamente. A questa azione va sicuramente aggiunto un probabile effetto tossigeno dei succhi salivari immessi dall'insetto prima dell'alimentazione (Covassi et al., 1989).

Su *P. menziesii* la sintomatologia dei danni arrecati dalle punture si manifesta con l'ingiallimento degli aghi seguito, in casi di forti infestazioni, da una loro copiosa caduta. Le douglasie infestate manifestano un'evidente rarefazione della chioma che assume un colore giallastro.

A Vallombrosa il fitomizo attacca giovani piante dei rimboschimenti e della rinnovazione naturale, soprattutto alle quote inferiori della foresta (Consuma). La specie completa una generazione all'anno e il suo ciclo di sviluppo si articola tra le radici delle erbe (graminacee soprattutto) dove inizia e procede fino alla formazione dell'adulto, che si porta sulla chioma e si alimenta, in primavera, a spese degli aghi.

DEFOGLIATORI

Piuttosto nutrita è la schiera di insetti defogliatori s.l. che sono stati riscontrati sulla douglasia in Italia, ma la loro attività determina danni non confrontabili, per entità e ricorrenza, a quelli prodotti dai fillofagi presenti nell'areale di origine della douglasia. In Nord America le pullulazioni di tali fitofagi si ripetono, con una certa ciclicità e intensità, con conseguenti defogliazioni su tutto l'areale naturale della *Pseudotsuga*. In particolare si segnalano le ondate epidemiche di due lepidotteri defogliatori della douglasia, vale a dire dell'*Orgyia pseudotsugata (*McDunnough) e di *Choristoneura occidentalis* Freeman. Nella douglasiete italiane, almeno fino a ora, pochi sono stati gli insetti defogliatori che hanno danneggiato la chioma della douglasia e tra questi meritano di essere citate le sporadiche infestazioni del lepidottero tortricide *Ditula angustiorana* (Haworth), registratesi nelle piantagioni di douglasia nei passati decenni. Nelle formazioni della pinacea costituite lungo l'Appennino all'inizio del secolo scorso sono stati spesso riscontrati danni agli organi verdi della pinacea causati dagli adulti di quattro specie di coleotteri curculionidi: *Strophosoma (Strophosoma) melanogrammum* (Forster), *Polydrusus* (Metallites) *marginatus* Staphens, *Otiorhynchus (Otiorhynchus) armadillo* (Rossi) e *Hylobius (Callirus) abietis* (Linnaeus) (Roversi et al., 1993).

Le prime tre specie si sono riscontrate, in particolare nelle giovani douglasiete realizzate su terreni liberi dagli arbusti e quindi in situazioni che favoriscono la ricerca delle piantine di douglasia da parte degli adulti atteri (Covassi, 1967), che comunque possono alimentarsi anche degli aghi, gemme e cortecce verdi di altre conifere a anche latifoglie e piante erbacee.

Il quarto curculionide in grado di produrre ragguardevoli danni alle giovani piantine di douglasia è l'*Hylobius abietis*. È un specie ampiamente diffusa in Europa e legata alle coniferete. Particolare è il suo ciclo riproduttivo e pure la sua importanza nelle varie regioni europee. Infatti, lo sviluppo giovanile dell'*Hylobius* avviene a spese degli strati sottocorticali delle ceppaie di abete, pini e anche della douglasia e quindi svolgono un'attività utile perché le larve, con l'escavazione delle loro gallerie sottocorticali creano i presupposti favorevoli alla colonizzazione dei demolitori veri e propri (funghi e batteri) e pertanto concorrono a ridurre i tempi necessari per il recupero delle risorse immagazzinate nelle ceppaie; gli adulti, invece, si spostano camminando, o volando, e si portano in autunno o primavera, sulla rinnovazione e sulle piantine messe a dimora di recente di cui erodono le giovani cortecce sulla parte apicale dei fusticini o dei rami laterali, provocandone il disseccamento. Le situazioni più a rischio sono costituite dai nuovi impianti di douglasia in vicinanza di coniferete oggetto di recente utilizzazione.

XILOFAGI S.L.

Nelle douglasiete che hanno superato la fase giovanile e sono entrate in quella di maturità, il gruppo di insetti fitofagi più rappresentato è quello che annovera specie a comportamento xilofago e ciò si riscontra soprattutto nelle formazioni di *Pseudotsuga* realizzate in prossimità di soprassuoli maturi di abete bianco e abete rosso puri o anche misti con la partecipazione della douglasia stessa. Nel gruppo degli xilofagi sono comprese specie che attaccano e si riproducono colonizzando il floema e la loro attività comporta, in tempi più o meno brevi, la morte della pianta, mentre le specie a comportamento lignicolo sono responsabili soprattutto di danni economici, in quanto deprezzano il valore commerciale del legno.

Tra i primi troviamo alcuni coleotteri scolitidi che rivestono un ruolo primario nella individuazione delle piante ospiti in difficoltà vegetative, anche temporanee, o che abbiano subito danni riconducibili ad attacchi di fitomizi, defogliatori o come conseguenza di eventi meteorici straordinari. In particolare ci si riferisce a due entità afferenti al genere *Cryphalus*: *C. piceae* (Ratzeburg) e *C. abietis* (Ratzeburg). La prima specie è legata all'abete bianco, la seconda invece all'abete rosso ed è spesso associata anche alla douglasia e ciò si verifica soprattutto nelle formazioni, di tutte le età, pure o miste di *Abies*, *Picea* e douglasia; vista la sua vicinanza tassonomica con la Picea è stato piut-

tosto pronto il passaggio di *C. abietis* sulla *Pseudotsuga* e in particolare su piante mature, però il più diffuso e aggressivo è *C. piceae*, che sembra aver trovato nella douglasia il nuovo ospite di elezione, come ricorrentemente osservato a Vallombrosa. Sono scolitidi a comportamento corticicolo e subito capaci di colonizzare le piante ospiti. In genere l'attacco iniziale si riscontra sulla porzione apicale della chioma delle conifere ospiti se la pianta è adulta e la loro attività trofica e riproduttiva procede verso la parte inferiore della chioma stessa. I danni sono visibili per l'ingiallimento delle chiome degli ospiti e delle colature di resina sul tronco e rami. Altro scolitide che ha mostrato notevole attitudine alla colonizzazione della douglasia è ancora un corticicolo, legato alle peccete e alle abetine, si tratta dell'ipino *Pityophthorus pityographus* (Ratzeburg). A Vallombrosa lo scolitide è stato riscontrato in tutte le particelle prese in esame e la sua aggressività viene dimostrata dal fatto che in più occasioni è riuscito a colonizzare più dell'80% dei tronchetti allestiti per studiarne la biologia. Lo scolitide mostra preferenza per rami o giovani fusti ed è molto diffuso su abete bianco a Vallombrosa.

Nell'ambito degli xilofagi a comportamento lignicolo si ricordano ancora uno scolitide, *Trypodendron lineatum* (Olivier), e due specie del gruppo dei Siricidi. Attacchi dello scolitide sono stati segnalati su diverse conifere, ma l'abete bianco e l'abete rosso risultano gli ospiti preferenziali e nell'Appennino settentrionale è stato rinvenuto su *P. menziesii* (Roversi et al., 1993). I segni della presenza dello xilofago sulle piante di douglasia sono ben evidenti e facilmente distinguibili per i piccoli fori sulla corteccia dai quali emerge una rosura chiara prodotta durante l'escavazione delle gallerie da parte degli adulti e delle larve nell'alburno.

Si tratta comunque di un danno puramente tecnologico in quanto non si insedia mai su piante in difficoltà vegetativa e pertanto è rinvenibile su piante di douglasia abbattute o scalzate da eventi naturali.

Tra i siricidi si ricorda *Xeris spectrum* (Linnaeus), diffuso in Italia sia sulle Alpi e sia lungo l'Appennino, ovunque sono presenti formazioni di abete bianco e di abete rosso, manifestando una netta preferenza per la prima specie. Individui di *X. spectrum* sono stati osservati con frequenza su *P. menziesii* insediandosi in porzioni di tronchi a terra o provenienti da piante stroncate a seguito di nevicate tardive o raffiche di vento; sugli stessi substrati sono stati ricorrenti i ritrovamenti di residui pupali di un altro siricide l' *Urocerus gigas* (Linnaeus). È da notare che le piante, o loro porzioni, non mostrano segni esterni che consentano di rivelare la loro presenza fino allo sfarfallamento degli adulti. I danni che questi imenotteri possono causare sono di natura tecnologica da ricollegare al deprezzamento del legname.

SPERMOCARPOFAGI

A completamento di questa rassegna sembra opportuno ricordare due specie a comportamento spermocarpofago di origine nordamericana. Si tratta dell'imenottero torimide *Megastigmus spermotrophus Wachtl*, introdotto in Europa tra la fine del XX e gli inizi del XXI secolo e dell'emittero coreide *Leptoglossus occidentalis* Heidemann, che proprio nelle douglasie trova le piante ospiti d'elezione. Il torimide si nutre essenzialmente dei semi e l'entità dei danni è tale da condizionare la rinnovazione della douglasia. Il coreide, comparso in Italia nel 1999 (Bernardinelli e Zandigiacomo, 2001) mostra invece, nel nostro Paese, un'elevata capacità di adattamento a varie specie del genere *Pinus.* Particolarmente temuti sono gli attacchi agli organi riproduttivi di *P. pinea*, in quanto può influire in maniera determinante sulla produzione di pinoli con gravi riflessi negativi di ordine economico.

CONCLUSIONI

I risultati dell'indagine condotta per aggiornare la composizione specifica degli insetti fitofagi indigeni ed esotici che attualmente si possono riscontrare sulla *Pseudotsuga* nel nostro Paese è poco rassicurante sotto l'aspetto fitosanitario e questa situazione è venuta a determinarsi non solo per il continuo adattamento dei fitofagi nativi alla conifera in oggetto, ma anche per l'introduzione di altri fitofagi legati alla conifera dal nord America. Questa eventualità, che si concretizza attraverso il commercio di materiale di propagazione, essenzialmente piantine o semi, della *Pseudotsuga*, rappresenta una costante minaccia per il mantenimento della douglasiete realizzate in molte zone dell'Italia, in particolare in quelle aree che possono ritenersi al limite della tolleranza ecologica della douglasia.

Nel corso dell'indagine svolta, in più occasioni si è ricordato che questo stato di difficoltà della pianta è dipeso, in parte, dalle iniziative gestionali che, già al momento della costituzione di nuove douglasiete, sono state adottate nell'intento di favorire la crescita delle piantine messe a dimora. Così si è ritenuto opportuno liberare le nuove aree dagli arbusti, e anche da esemplari arborei, quando presenti, ed effettuare una lavorazione del terreno, creando in tal modo situazioni che hanno facilitato l'adattamento di fitofagi indigeni al nuovo ospite. In modo particolare se ne sono approfittati alcuni fitofagi indigeni che presentano un ciclo di sviluppo che potremmo definire "sdoppiato", cioè che si articola nella fase giovanile sulle radici delle erbe e in quella

adulta sugli aghi delle conifere, douglasia compresa; ci si riferisce soprattutto all'omottero cercopide indigeno *H. dorsatum*. E ad avvantaggiarsi di tale situazione sono stati anche altri insetti, in particolare coleotteri curculionidi che hanno sfruttato le radici delle erbe e la chioma delle conifere durante il loro ciclo di sviluppo. Anche la vicinanza delle douglasiete a formazioni di conifere native (*Abies*, *Picea* e *Pinus*) facilita il passaggio dei fitofagi indigeni sul nuovo ospite e questa vicarianza diventa sempre più accentuata man mano che le douglasiete si avvicinano alla fase di senescenza. A rendere ancora più precario il futuro delle nostre douglasiete, indipendentemente dall'età e dalle modalità di gestione selvicolturale adottate, concorrono le conseguenze sulla fenologia e sullo stato vegetativo in generale, delle anomalie climatiche in atto. Infatti, la temperatura e le irregolarità delle precipitazioni nell'arco dell'anno rendono meno incisive le possibilità della conifera di arginarne gli effetti delle infestazioni dei fitofagi. Pertanto verrebbe a determinarsi una palese incapacità della pinacea di attenuare gli effetti delle avversità naturali e di conseguenza una pericolosa vulnerabilità nei confronti degli insetti fitofagi, soprattutto xilofagi, che potrebbero determinare stati di declino fisiologico delle douglasiete non facilmente controllabili.

RIASSUNTO

La douglasia (*Pseudotsuga menziesii*) per molti decenni, dopo la sua introduzione in Italia, non ha manifestato danni imputabili agli insetti fitofagi presentì nelle aree individuate per la coltivazione. I primi danni, causati da due adelgidi, *Gillettella coweni* e *G. cooleyi*, anch'essi provenienti dal Nord America come la douglasia, si sono registrati dopo la seconda guerra mondiale. Proprio l'ampio impiego della douglasia in Europa ha favorito il progressivo adattamento di molti fitofagi nativi al nuovo ospite vegetale. Inoltre, l'eliminazione dello strato arbustivo e, quando presente, arboreo nelle aree via via individuate per la coltivazione della douglasia ha favorito lo sviluppo dello strato erbaceo e, di conseguenza, l'insediamento di insetti che articolano il loro ciclo riproduttivo sulle piante erbacee e gli aghi di varie conifere. Anche la vicinanza delle douglasiete a formazioni di conifere native facilita il passaggio dei fitofagi indigeni, in particolare xilofagi, sul nuovo ospite.

ABSTRACT

After its introduction in Italy, Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) did not show damage due to phytophagous insects for several decades. Phytosanitary issues were recorded after the second world war, when attacks by sap sucking insects *Gillettella coweni* and *G. cooleyi* (native to North America like the Douglas fir) were first observed. The wide use of Douglas fir in Europe favored the adaptation of several native phytophagous insects to the

new host. Furthermore, the removal of the undergrowth, as well as other trees to plant Douglas firs, favored the development of herbaceous species, thus affecting the dynamics of insect whose habitats include both the roots of herbaceous plants (immature stages) and the needles of coniferous trees. Moreover, the short distance from native conifer stands favor native insects to shift to the new host, especially xylophagous insects.

BIBLIOGRAFIA

Bernardinelli I., Zandigiacomo P. (2001): Leptoglossus occidentalis *Heidemann (Heteroptera, Coreidae): a conifer seed bug recently found in northern Italy*, «Journal of Forest Science», 47, pp. 56-58.

Cantiani M. (1968): *L'afide lanigero della Douglasia (*Gilletteella cooleyi *Gill.) in Italia*, «L'Italia Forestale e Montana», XXIII, pp. 195-198.

Covassi M. (1967): *Osservazioni su* Strophosomus melanogrammus *(Forst.),* Polydrosus marginatus *Steph. E* Otiorrhynchus armadillo *(Rossi) (Coleoptera Curculionidae), dannosi alla* Pseudotsuga douglasii *Carr. in Toscana*, «Redia», L, pp. 89-119.

Covassi M. (1971): *Prove di lotta chimica in vivaio contro* Gilletteella coweni *(Gill.) (Homoptera Aphidoidea Adelgidae) e sua diffusione in Italia*, Annali I.S.Z.A., Firenze, II, pp. 1-9.

Covassi M., Roversi P.F., Toccafondi P. (1989): *Danni da* Haematoloma dorsatum *(Ahrens) su conifere (Homoptera, Cercopidae). I. alterazioni macroscopiche degli apparati fogliari*, «Redia», LXXII; pp. 259-275.

Roversi F. P., Covassi M., Binazzi A. (1993): *Insetti fitofagi della* Psudotsuga menziesii *(Mirb) Franco Var.* menziesii *in Italia*, in Atti del convegno "Le avversità delle abetine", Vallombrosa (FI) 25-26 giugno 1992, Tiposervice, Firenze, pp. 125-140.

Roversi F. P, Nocentini S. (1996): *Effetti della colonizzazione di* Gilletteella coweni *(Gillette) (Homoptera Adelgidae) sulla crescita della douglasia*, «L'Italia Forestale e Montana», LI, pp. 50-59.

Schmid M., Pautasso M., Holdenrieder O. (2014): *Ecological consequences of Douglas fir* (Pseudotsuga menziesii) *cultivation in Europe*, «European Journal of Forest Research», 133, pp. 13-29.

Fulvio Ducci*, Roberta Proietti*, Anna De Rogatis**,
M. Cristina Monteverdi*, Andrea Germani*, Alfredo Bresciani***,
Angela Teani*, Marco Lauteri****, Giovanbattista de Dato*,
Ilaria Cutino*

Gestione delle risorse genetiche della douglasia in Italia in relazione agli scenari dei cambiamenti globali

introduzione

Questo lavoro ha lo scopo illustrare lo sviluppo storico delle ricerche e sperimentazioni relative agli aspetti genetici e di miglioramento genetico in Italia relativamente alla douglasia (*Pseudotsuga menziesii)*. La sua introduzione nel nostro continente può essere annoverata tra i pochi esempi di successo nell'impiego di specie esotiche in arboricoltura da legno in Europa.

Il genere *Pseudotsuga* ha un areale esteso a tutto il Nord Ovest americano (fig. 1), originatosi dopo la fine del periodo glaciale, che spiega la grande variabilità esistente (Christophe e Birot, 1979; Slavov et al., 2004).

In generale si usa far riferimento a 3 varietà principali di *Pseudotsuga menziesii* (fig. 1): **l**) v. *menziesii*, douglasia verde, originaria delle fasce climatiche costiere più umide; **n**) v. *cesia*, delle fasce climatiche più interne e montane a carattere più continentale, forma tassonomica intermedia tra le altre due; **m**) v. *glauca*, dagli aghi grigio argentati, varietà delle fasce climatiche montane interne e asciutte.

La douglasia è un albero imponente, che può raggiungere, anche nel nostro Paese oltre 60 m di altezza. Ha la corteccia lucida e ricca di tasche resinifere in gioventù, che diviene spessa e di colore grigio-marrone a maturità quando screpola, dando origine a profondi solchi dal fondo color arancio.

* *CREA SEL, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Centro di ricerca per la selvicoltura, Arezzo*
** *CREA API, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Unità di ricerca di apicoltura e bachicoltura, Bologna*
*** *Unione dei Comuni Montani del Casentino, Ponte a Poppi (Arezzo)*
**** *CNR IBAF, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Biologia Agroambientale e Forestale, Porano (TR)*

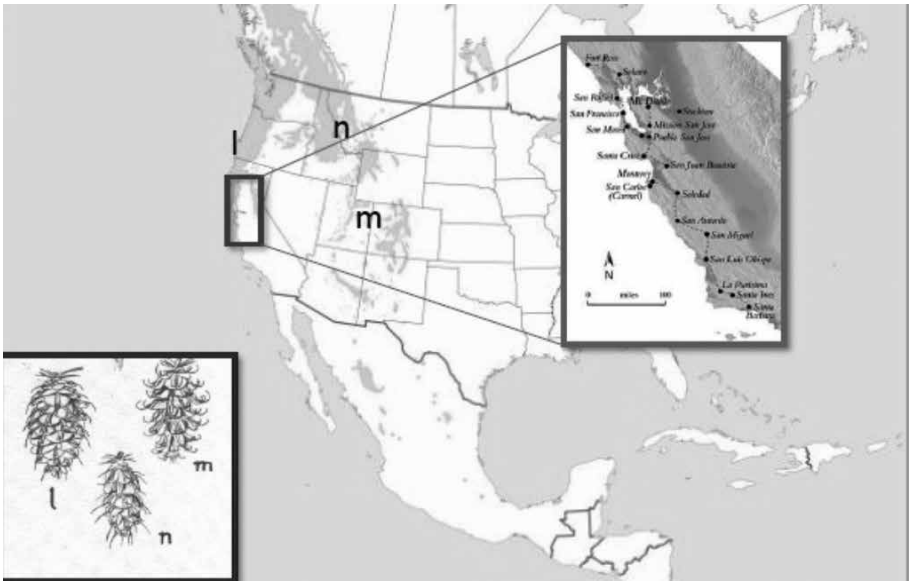


Fig. 1 *Areale di* Pseudotsuga menziesii *(Mirb.) Franco con le aree interessate dalle tre principali varietà, riconoscibili dalla forma degli strobili. Nel riquadro è indicato il percorso delle esplorazioni botaniche di D. Douglas*

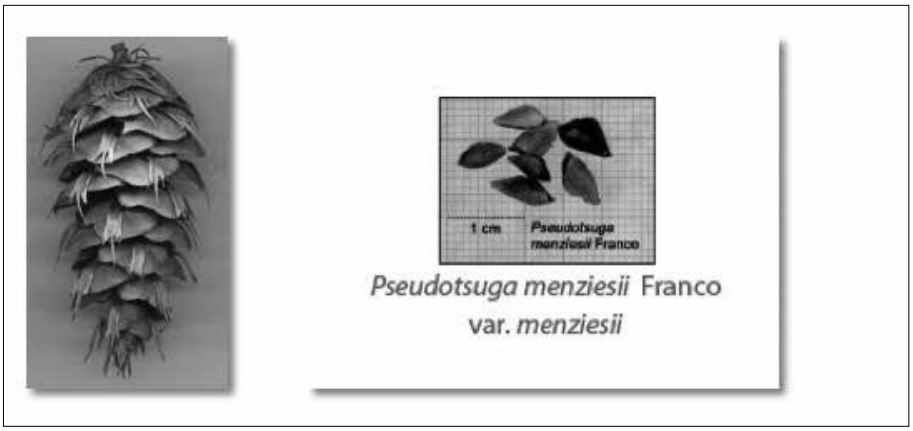


Fig. 2 *Strobilo di* Pseudotsuga menziesii *var.* menziesii *(Mirb.) Franco, douglasia verde e semi (da Ducci e De Rogatis 2010)*

Gli strobili sono rosso-marrone, penduli, lunghi mediamente 10 centimetri, caratterizzati da lunghe brattee trifide che fuoriescono dalle squame. La forma e le dimensioni di queste permettono il riconoscimento delle varietà (fig. 1 e 2).

David Douglas, botanico al servizio della corona inglese (Scone, Scozia, 25 giugno 1799 – Hawaii, 12 luglio 1834)

Archibald Menzies, chirurgo di marina e naturalista scozzese (Weem, Scozia, 15 marzo 1754 – Londra, 15 febbraio 1842)

Fig. 3 *I due esploratori botanici scozzesi, artefici dell'introduzione della douglasia in Europa*

Gli aghi sono lunghi 2-3 cm molto stretti, non pungenti, hanno fillotassi a spirale sui rami di luce, mentre hanno disposizione pettinata in quelli d'ombra. Schiacciati o stropicciati, emanano, come la resina, un caratteristico profumo di limonene.

Il nome "douglasia" ricorda il botanico scozzese David Douglas, che per primo, nel 1827, ne importò i semi in Europa, mentre quello scientifico celebra un altro scozzese, il chirurgo di marina Archibald Menzies che, al seguito di una spedizione guidata da George Vancouver sulla costa nord-occidentale dell'America, descrisse per la prima volta nel 1791 la specie.

Quando Menzies e Douglas (fig. 3, Mitchell e House, 1999; Whittle, 2015)

1882. Prima introduzione della douglasia nell'arboreto privato "*Pinetum*" di Moncioni (Ar).
1908-1913. Prove di introduzione in Chianti (Ar e Si) e in Pratomagno (Fi e Ar).
1922-1938. Pavari avvia nuove prove di introduzione in grande stile (98 test in Italia).
1958. Pavari e Morandini passano alla fase di selezione di provenienze e avviano studi climatici per scegliere le provenienze da testare nell'Appennino settentrionale.
1960-1968. Morandini avvia la selezione fenotipica di piante parentali nelle parcelle di introduzione.
1960-1970. Morandini e Tocci iniziano le prime prove di progenie a Faltona (Ar).
1969-2016. Morandini, Tocci e Ducci avviano e seguono la sperimentazione italiana del test internazionale IUFRO 1969/1970, coordinata da Barner, a Vallombrosa (Fi), Faltona (Ar) e con IPLA a Millerose (To).
2000. Ducci avvia un test di provenienze/progenie Italiane e progenie della provenienza Burnt Wood (Progetto Eudirec, Alpe Catenaia, Ar).
2009-2016. Ducci e il Gruppo di lavoro CREA SEL iniziano gli studi sull'adattamento delle provenienze di douglasia agli effetti del cambiamento climatico (Progetto Finalizzato MiPAAF RGV FAO, III ciclo e Progetto europeo Trees4Future).

Box 1 *Cronologia delle ricerche e sperimentazioni sulle provenienze di douglasia in Italia*

esplorarono i territori della costa del Pacifico su incarico del loro governo, poterono visitare solo una parte molto ridotta dell'immenso areale della specie (fig. 1). In questa regione ebbero modo di apprezzarne le caratteristiche di accrescimento e la capacità adattativa in ambienti molto simili per clima all'Europa. Come molte altre specie la douglasia fu introdotta nel Regno Unito intorno alla metà dell'800.

Introdotta in Italia nella seconda metà dell'800 in arboreti e collezioni private, se ne apprezzarono da subito le qualità. Le parcelle sperimentali costituite a Vallombrosa (Fi) e nel territorio nazionale, dalla Regia Stazione Sperimentale per la Selvicoltura, dimostrarono da subito il suo elevato interesse produttivo ed economico (Gaeta, 1882, in: Gradi e Perrone, 1983; Ducci e Tocci, 1987). In tutta Europa l'evoluzione di sperimentazioni analoghe è stata rapida e parallela, con frequenti e intensi contatti e collaborazioni a partire dal primo dopoguerra. Nel box 1 se ne riporta una breve sintesi (Pavari, 1958; Pavari e De Philippis, 1958; Morandini, 1958, 1968; Ciancio et al., 1982; Ducci e Tocci, 1987; Ducci et al., 2003).

LA SPERIMENTAZIONE IUFRO 1969/70

Il test sperimentale più significativo in Italia è la prova comparativa internazionale "IUFRO 1969/70" in cui sono poste a confronto oltre 80 provenienze dell'areale originario della douglasia e 10 provenienze cosi dette "artificiali italiane", campionate tra le piantagioni realizzate in varie zone dell'Appennino a matrice silicea, in Toscana e Calabria. Tali siti comparativi, in circa 40 anni di ricerca, hanno fornito risultati molto importanti.

La rete IUFRO fu realizzata dai miglioratori europei alla fine degli anni '60, quando sotto la guida del danese H. Barner e dell'inglese A. Fletcher (Barner, 1973; Fletcher e Barner, 1978), fu effettuato un campionamento sistematico di seme di 128 provenienze rappresentative di tutto l'areale americano.

Furono campionati materiali secondo un gradiente latitudinale, tenendo conto della longitudine di origine, dell'altitudine e della distanza dal mare.

Standardizzati i disegni sperimentali, si procedette alla distribuzione di campioni di seme a tutti i paesi europei con clima omologo a quello dell'areale originario. Ai paesi più settentrionali furono assegnate provenienze del settore centro settentrionale, mentre ai più meridionali furono riservate provenienze delle regioni centro meridionali. Alcune provenienze, definite "provenienze standard", furono condivise tra tutti i paesi, come riferimento per le diverse latitudini e i diversi climi (Ducci e Tocci, 1987).

Il test internazionale, quindi, include principalmente provenienze appartenenti alla douglasia verde, la varietà delle foreste pluviali temperate della costa americana del Pacifico. È importante sottolineare che, oltre alle provenienze "standard" e a quelle di origine settentrionale, solo all'Italia ne furono distribuite altre più continentali, intermedie tra la varietà verde e quella grigia o appartenenti alla varietà grigia, a distribuzione più interna e più adatte ai climi continentali (Ducci e Tocci, 1987). I materiali di questa ultima varietà sembrano apparentemente di scarso interesse per l'impiego pratico in ambienti europei caratterizzati da maggiore "oceanicità". Tuttavia, bisogna sottolineare che costituiscono oggi una risorsa unica in Europa, costituita da campioni statisticamente rappresentativi, di grande valore non solo biologico e botanico e di notevole interesse per lo studio dell'adattamento ai cambiamenti climatici attualmente in corso.

La sperimentazione IUFRO italiana è stata condotta in due località dell'Appennino toscano: Vallombrosa (Fi), Lat. N 43°44', Long. E 12°38', 955 m slm, esposizione Nord-Ovest e Faltona (Ar), Lat. N 43°18', Long. E 11°35', 800 m slm, esposizione Nord-Est.

Vallombrosa è una stazione mediamente più fredda di Faltona di circa 0.7 °C e più piovosa di circa 400 mm anno^{-1}. Vallombrosa è quindi una stazione nel complesso a tendenza "oceanica", mentre Faltona ha connotati di maggiore "mediterraneità".

Entrambe sono caratterizzate da suoli bruni forestali originati da arenaria macigno del Pratomagno.

Inizialmente fu coinvolto nella sperimentazione anche l'Istituto per le piante da legno e l'ambiente di Torino (IPLA) per provare 22 provenienze dell'areale più settentrionale, insieme a due locali, scelte come riferimento in aree prealpine a matrice silicea.

State	Site	Survival %	mean mm	p-value (prov.effect)	mean nb. of tree/prov.	1-1/F prov.	Residual coe of var. %	Residual var.
B	Soy	80	6,4	0	60	0,84	25	2,881
D	Hasbruch		5,2	0	80	0,87	46	5,266
	Segeberg	34	6,9	0	65	0,90	25	2,778
	Osterholz	20	6,5	0	66	0,92	27	3,641
	Bederkesa		6,6	0	25	0,78	41	5,489
	Katzenelnboge	22	6,8	0	20	0,61	28	3,097
ES	Bande		4,4	0	160	0,55	56	5,959
	Conforcal		6,0	0	32	0,68	69	7,136
	Ochagavia		8,2	0	200	0,72	22	3,090
F	Mazerolles	91	9,6	0	28	0,93	23	4,337
	Perruel		7,4	0	25	0,88	25	2,958
	Royère	90	9,5	0	20	0,88	25	4,637
	Peyrat		8,0	0	22	0,61	27	4,730
	Orléans		7,4	0	16	0,47	26	3,654
	Cendrieux		7,7	0	260	0,93	21	2,921
I	**Faltona**	**77**	**7,1**	**0**	**47**	**0,92**	**32**	**3,520**
	Vallombrosa	**87**	**6,3**	**0**	**49**	**0,64**	**23**	**3,045**
PL	Dolice	76	6,3	2	24	0,48	26	2,420
UK	Dean		8,0	0	100	0,84	21	2,925
	Radnor		7,6	8	110	0,44	18	2,622

Tab. 1 *Percentuale (%) di sopravvivenza e incremento diametrico medio (mean mm) relativamente a 7 paesi e 20 aree sperimentali al 2000 (Heois, 2000; Ducci et al., 2003)*

A questo scopo fu scelto il sito di Millerose in provincia di Torino, Lat. 45°05'30", Long. E 7°45'38", 325 m slm, esposto a Nord, con risultati non molto incoraggianti (Ferraris, 1993). Di tutte le 22 provenienze solo 3 erano condivise con gli esperimenti dell'Appennino toscano (1085-Randle, 1090-Cougar e 1091-Yale).

RISULTATI

In Europa

I risultati da considerare pressoché definitivi consentono di valutare il comportamento della douglasia in Europa in relazione alla sua variabilità genetica e adattativa (Kleinschmit et al., 1974, 1992; Lines e Samuel 1985; Heois, 2000; Ducci et al., 2003).

In queste prove sono stati presi in esame caratteri quantitativi relativi ad accrescimenti, policiclismo, dirittezza e angolazione dei rami, presenza di biforcazioni e densità del legno stimata con il metodo del Pylodine (Mäkipää and Linkosalo, 2011). È stata infine calcolata la mortalità quale indice di adattamento.

In questo lavoro, per brevità ci si riferisce solamente a caratteri ritenuti importanti per descrivere le capacità adattativa e produttiva dei materiali: accrescimenti, policiclismo, dirittezza del fusto, densità del legno e mortalità. Nei box successivi (alle pp. 152 e 153) sono inoltre anticipati brevemente alcuni risultati relativi a prove condotte con marcatori molecolari per individuare l'origine di alcune provenienze italiane caratterizzate da ottima performance.

Le due stazioni appenniniche, comparate alle altre europee, confermano che le condizioni ecologiche appenniniche sono ottimali per la douglasia. Gli indicatori di performance impiegati in tab. 1, quali la % di sopravvivenza, l'incremento diametrico medio annuo, le varianze residue, hanno valori che collocano le due località tra le migliori per la douglasia in Europa. Considerando il livello di rappresentatività dei campioni nei due esperimenti, stimabile attraverso il numero medio di alberi calcolato per ciascuna provenienza, i dati italiani sono più attendibili di altri apparentemente migliori ma ottenuti con campioni di minori dimensioni.

Le migliori popolazioni, quelle caratterizzate da minore *interazione provenienza x ambiente* in Europa, provengono dalle seguenti aree: Washington Coast, particolarmente 1073-Humptulips e 1076-Matlok, che si distinguono per la buona forma del fusto; Oregon Coast settentrionale, in cui si distinguono particolarmente le provenienze 1094-Vernonia e 1116-Burnt Woods; Oregon Nord West Coast con 1096-Sandy, buonissima per l'Europa sud occidentale assieme a 1113-Mill City e a 1114-Detroit. La provenienza 1128-Gasquet della costa della California ha dato buone prestazioni in Francia, Spagna e Italia.

In Italia

Nell'Appennino centro settentrionale e in quello Calabrese dove è stata introdotta sin dai primi decenni del '900 da Pavari, la douglasia ha mostrato di adattarsi con successo, con produzioni medie ben superiori a quelle ottenute con le tradizionali piantagioni con specie indigene (Ciancio et al., 1982), caratterizzate solitamente da produttività molto minore sia per quantità che per qualità.

Per brevità, si consiglia di esaminare i dettagli sui materiali e i metodi nei lavori di Ducci e Tocci (1987), Heois (2000), Ducci et al. (2003) e Ducci e De Rogatis (2010).

Si noti che la significatività di questi risultati posa sulla registrazione di dati raccolti su 11.000 alberi e un disegno sperimentale che prevede parcelle unitarie di 25 piante, per 3 blocchi randomizzati per ciascuna delle 90 provenienze, in ciascuna località.

LA SPERIMENTAZIONE IUFRO 1969/70

Vallombrosa (Fi); Faltona (Ar)

Buono è stato il comportamento del materiale introdotto dalle zone costiere

Provenance regions compared by the Duncan's tst (lines include values not significantly different) for the teste traits in Vallombrosa (site: Pozzacce).

List of Regions:	DBH cm Region N.	Mean	SD	G/Tree Sqcm Region N.	Mean	SD	Straight. Scoring Region N.	Mean	SD	Policycl. cm Region N.	Mean	SD
1. Vancouver	13	7,22	*7,50*	13	84,19	105,17	13	1,28	*0,51*	3	9,54	*3,27*
2.Olympic	3	10,74	*5,09*	3	109,76	76,97	4	1,68	*0,90*	2	10,01	*3,12*
3.British Columbia	4	13,11	*8,25*	4	186,56	168,51	15	1,98	*1,33*	4	10,27	*3,03*
4.Cascade N.	2	13,83	*7,55*	2	193,28	156,87	7	2,07	*1,08*	7	10,58	*3,24*
5.Will. vall.	1	14,30	*7,94*	1	208,43	158,01	1	2,19	*1,19*	6	10,98	*3,98*
6.Cascade C.	15	14,82	*8,20*	15	223,47	167,28	6	2,23	*1,18*	15	11,14	*3,75*
7.Coast R. N.	8	15,47	*7,34*	8	228,49	165,59	2	2,24	*1,18*	10	11,43	*3,71*
8.Will. Vall.S.	10	15,57	*7,76*	6	233,85	160,21	8	2,40	*1,19*	8	12,18	*4,25*
9.Coast R. C.	6	15,61	*7,51*	10	236,00	170,46	3	2,44	*1,14*	13	12,24	*4,96*
10. Coast R.S	5	15,87	*8,23*	7	237,79	152,25	5	2,51	*1,27*	9	12,29	*3,77*
13.Mexico	7	15,93	*7,16*	5	249,04	167,70	9	2,58	*1,25*	1	12,68	*4,14*
15.Artif. Italian	9	18,19	*8,51*	9	314,08	212,23	10	2,71	*1,21*	5	13,31	*4,67*
	Average	15,02	*7,96*	Average	225,31	168,83	Average	2,29	*1,22*	Average	11,44	*3,91*

Tab. 2 *Valori medi in ranghi ottenuti a Vallombrosa (Fi), parcelle in loc. Pozzacce, all'età di 24 anni per diametri a petto d'uomo (DBH), area basimetrica (G), dirittezza del fusto (Straight. Scoring) e policiclismo (Policycl.). Sono riportate in corsivo le rispettive deviazioni standard (SD) e i risultati delle comparazioni multiple tra grandi regioni di provenienza (Duncan's test) [tabella riportata da Ducci et al., 2003]*

di bassa quota di Oregon e California settentrionale e di alta quota della California meridionale. Si è evidenziata in questo esperimento la grande variabilità fenotipica e adattativa della specie, tuttavia sul piano strettamente applicativo è stato importante osservare il comportamento superiore di alcune provenienze italiane di seconda generazione.

In tabella 2, per il test di Vallombrosa, sono riportati in sintesi i risultati del confronto multiplo tra medie delle grandi regioni di provenienza (Ducci et al., 2003). Il materiale risultato migliore e più adattabile fa capo a tre grandi regioni americane (circa 10 provenienze originarie) e soprattutto alle "artificiali italiane".

Il gruppo italiano non appare nella statistica per regioni (tab. 2) tra le migliori, perché in realtà solo due sono le provenienze ottime, I15-Mercurella e I11-Acquerino, mentre le altre sono relativamente mediocri, soprattutto I4–Cohailla, una provenienza messicana commerciale.

Il *policiclismo* è stato esaminato perché considerato un carattere con significato adattativo. Le piante policicliche possono produrre più cicli vegetativi durante la stessa stagione, secondo la disponibilità idrica estiva. Nel caso delle nostre provenienze sembrerebbe legata all'origine geografica e alla maggiore affinità ad ambienti con regime di tipo mediterraneo caratterizzati da una ripresa delle precipitazioni a metà estate. Sembra che in seguito al riscaldamento globale e all'inaridimento questa caratteristica adattativa vada riducendosi in varie specie (Girard et al., 2011).

PROVENIENZA	DIAM 130 CM A 24 ANNI FALTONA	DIAM 130 CM A 24 ANNI VALLOMBROSA	DIAM 130 CM A 10 ANNI-FALTONA	DIAM 130 CM A 10 ANNI VALLOMBROSA	POLICICLISMO A FALTONA	POLICICLISMO A VALLOMBROSA	DRITTEZZA A FALTONA	DIRITTEZZA A VALLOMBROSA	PRECOCITÀ	DENSITÀ BASALE LEGNO (PYLODINE)
I4	0,21	0,04	0,16	0,07	0,25	0,26	0,07	0,18	-	0,41
I6	0,50	0,57	0,92	0,54	0,79	0,59	0,21	0,29	0,20	0,84
I9	0,11	0,50	0,48	0,46	0,68	0,41	0,79	0,93	0,84	0,65
I10	0,29	0,86	0,60	0,79	0,96	0,56	0,75	0,07	0,53	0,46
I11	0,89	0,75	1,00	0,96	0,11	0,74	0,64	0,54	0,11	0,54
I12	0,61	0,18	0,52	0,50	0,86	0,63	0,54	0,21	0,76	0,24
I13	0,46	0,32		0,64	0,57	0,81	0,68	0,39	0,23	0,57
1028	0,04	0,11	0,08	0,04	0,21	0,04	0,11	0,79	0,63	
1031	0,39	0,46	0,20	0,29	0,29	0,67	0,18	0,61	0,13	
1042	0,71	0,39	0,44	0,36	0,54	1,00	0,61	0,50	0,45	0,73
1050	0,36	0,43		0,57	0,93	0,37	0,32	0,14	0,88	0,76
1078	0,57	0,14		0,14	0,04	0,30	0,93	0,46	0,75	
1080	0,68	0,96	0,36	0,86	0,64	0,89	0,50	0,57	0,55	0,27
1081	0,75	0,21	0,40	0,43	0,43	0,11	0,71	0,68	0,52	0,11
1091	0,18	0,93	0,04	0,93	0,07	0,48	0,25	0,36	0,16	
1094	0,82	0,82	0,72	0,82	0,50	0,19	0,57	0,32	0,09	0,14
1096	0,96	0,61	0,84	1,00	0,89	0,52	0,36	0,25	0,24	0,08
1103	0,79	0,29	0,64	0,89	0,75	0,22	0,14	0,11	0,43	0,59
1104	1,00	0,68	0,96	0,68	0,82	0,44	0,29	0,43	0,48	0,49
1114	0,64	1,00	0,80	0,39	0,71	0,70	0,39	0,71	0,64	0,35
1117	0,07	0,36		0,25	0,14	0,07	0,43	0,86	0,27	0,95
1131	0,32	0,25	0,28	0,75	0,46	0,33	0,96	0,64	0,68	0,43
1137	0,86	0,71	0,56	0,71	0,32	0,78	0,86	0,89	0,49	0,38
1138	0,93	0,89	0,24	0,32	0,18	0,85	1,00	0,82	0,51	0,65
1140	0,54	0,79	0,84	0,61	0,36	0,96	0,46	0,96	0,47	0,30
1141	0,14	0,57	0,32	0,21	0,61	0,93	0,89	1,00	0,87	0,70
1142	0,43	0,54		0,18	0,39	0,15	0,82	0,75	0,77	0,19
1151	0,25	0,07	0,12	0,11	1,00	0,96	0,04	0,04	0,21	0,03

Tab. 3 *Indice di performance stimato per provenienze comuni a entrambi i siti di Faltona e Vallombrosa, per i principali caratteri osservati. I valori relativi a diametri si riferiscono a rilievi effettuati a 24 e 10 anni di età. Per l'indice di performance vedere nota 1 alla pagina successiva [tabella riportata da Ducci et al., 2003]*

Valutazione del comportamento delle provenienze

Al di là della produzione legnosa, è molto importante avere un'idea della capa-

cità dei materiali di mostrare un comportamento stabile nello spazio (confronto tra siti sperimentali) e, se possibile, anche nel tempo (confronto tra anni di rilievo). Per comparare quindi il comportamento delle diverse provenienze presenti in entrambi i siti, è stato adottato un indice di performance[1] molto semplice, che desse idea del comportamento almeno per alcuni caratteri.

Diametri. I materiali più stabili e performanti appartengono alle provenienze 1138-Arcata, 1137-Burney, 1094-Vernonia e I11-Acquerino (tab. 3). Quest'ultima provenienza ha mostrato stabilità nel tempo per i diametri in confronto alla prima campagna di rilievi a Faltona e Vallombrosa (Ducci e Tocci, 1987). La stessa stabilità è stato dimostrata dalla provenienza 1094-Vernonia come pure da 1096-Sandy. Rispetto alle relazioni di Schermann (1999) e Heois (2000), queste hanno confermato la loro forte stabilità di crescita in 3 altri siti europei.

Non sono stati osservati cambiamenti significativi in questo periodo di osservazioni nel comportamento delle singole provenienze da un sito all'altro, tranne che per la 1140-Arcata. Questa provenienza è stata rilevata tra le migliori in Faltona nel 1985, mentre ha invertito posizione nei ranghi a Vallombrosa successivamente.

In generale, la maggior parte delle provenienze dimostratesi stabili per la crescita in un sito, lo sono ovunque, sia per quanto riguarda le prestazioni migliori che per le peggiori (es. per le peggori: I4-Coahilla-Messico [sementi commerciali]), 1151-Saltillo [*P. flahaultii*], 1131-Scott Bar, 1117-Marion Forks, 1028-Marritt).

Rispetto ai risultati ottenuti da Morandini (1968) su 11 provenienze di Oregon e Washington, va notato che 1088-Castle Rock e 1096-Vernonia sono confermate come fonti di semi di qualità.

La provenienza I11-Acquerino ha mostrato una buona stabilità nello spazio e nel tempo.

Anche altre provenienze, provate in un solo sito, dovrebbero essere prese in considerazione. Si tratta delle provenienze 1149-Lower Lake e 1128-Gasquet che hanno mostrato un buon comportamento nell'esperimento di Vallombrosa. A Faltona, la provenienza I15-Mercurella è la migliore per l'elevata produttività, l'ottima qualità dei fusti e la bassa mortalità. Altre provenienze

[1] *Indice di performance*: il rapporto tra la posizione nei ranghi di ogni provenienza e il numero totale di provenienze registrate.

PROVENIENZA	DIAMETRO MEDIO CM	G/ALBERO CM^2	VARIANZA	% DI G DOMINATA	QUALITÀ DEL FUSTO	VARIANZA	% FREQUENZA DI PIANTE CON BIFORCAZIONI	% MORTALITÀ
1138	21	280.6	49433.7	9	3.9	0.10	0	20.0
1094	22	283.1	54401.1	12	2.9	1.74	7.5	0.70
I15	22	300.0	54468.0	23	3.3	1.76	1.4	8.0
1137	21	302.9	63053.3	18	3.2	1.50	4.5	12.0
1080	20	310.3	4419.5	17	2.8	1.80	10.0	20.0
1096	22	310.8	68814.6	16	2.6	1.50	8.06	17.3
1103	20	310.9	40703.8	9	2.1	1.36	8.9	24.0
1081	20	319.9	53006.8	11	3.0	2.01	2.4	16.0
I11	21	320.8	38300.7	11	3.0	1.47	4.3	20.0
1104	23	351.1	66663.2	6	2.5	1.46	10.5	24.0
Aver.	18.6	239.7	37359.7		2.7	1.54	8.51	28.2

Tab. 4a *Prova internazionale IUFRO 1969/70 a Faltona (Arezzo - Toscana, Italia) a 24 anni. Le migliori provenienze sono classificate per G/albero (G: area basimetrica), nessuna differenza significativa è stata trovata tra queste migliori provenienze per questa caratteristica. I loro valori sono maggiori dal 17 al 46% rispetto alla media dell'esperimento*

da prendere in considerazione come fonte di materiale di propagazione sono la 1104-Brookings e la 1114-Detroit.

Le provenienze standard di Barner, 1028-Marritt, 1078-Cle Elum, 1081-Alder Lake, 1102-Upper Soda e 1104-Brookings, stabili durante i primi 12 anni dalla piantagione (Ducci e Tocci, 1987), hanno conservato la loro posizione nei ranghi anche in età adulta.

A Faltona, dove lo sviluppo delle piante è stato più rapido, in alcune provenienze la competizione tra piante è evidente, mentre in altre è ridotta o assente (tab. 4a). Le percentuali stimate di area basimetrica prodotta dalle piante dominate mostrano differenze tra provenienze (tab. 4a) e tra regioni di provenienza per questo carattere (tab. 4b).

Ciò significa che, a parità di distanza tra piante, alcune provenienze concentrano la biomassa su pochi grandi alberi dominanti, mentre altre la ripartiscono tra un numero maggiore di alberi di dimensioni simili. In generale, queste provenienze sono caratterizzate da minore mortalità. I materiali provenienti dalla Coast Range (USA) e dalla Calabria in media hanno mostrato percentuali più basse di area basimetrica dominata.

Le migliori provenienze per l'Italia non differiscono in modo significativo

REGIONE DI PROVENIENZA	DIAMETRO MEDIO CM	G/ALBERO CM^2	VARIANZA	% DI G DOMINATA	QUALITÀ DEL FUSTO	VARIANZA	% % DI PIANTE BIFORCATE	LIVELLO DI SIGNIFICATIVITÀ DELLE % DI MORTALITÀ (DUNCAN'S TEST)
Colorado	11	99.9	11043.3	67	1.9	1.4	60.7	A
British C. S.	16	182.1	14959.8	39	1.9	1.5	22.5	B
Mexico	19	216.8	28348.7	25	1.8	1.3	56.8	BC
N.Mex.	18	224.5	30692.9	23	2.1	1.4	36.7	BC
Cascade S	20	253.7	42743.7	21	2.6	1.7	14.5	CD
Toscana (I11)	18	254.2	31553.7	18	2.9	1.7	7.2	CD
California	20	256.1	40219.5	18	3.1	1.4	15.2	CD
Willamette	19	264.7	39562.6	17	2.7	1.8	11.0	CD
Vancouver	20	278.1	36285.1	19	2.8	1.5	20.0	CD
Cascade Wash.	20	278.4	32704.0	18	2.9	1.6	12.2	CD
Calabria (I15)	22	299.7	54468.9	10	3.3	1.1	6.7	D
Coast Range	21	307.1	51517.4	10	2.5	1.6	21.6	D
Cascade Centr.	20	310.3	44019.5	17	2.8	1.8	20.0	D
Average	18.6	239.7	37288.6		2.7	1.7	28.2	

Tab. 4b *Graduatoria delle grandi regioni di provenienza per G/albero (Sito: Faltona, Ar)*

per quanto riguarda l'area basimetrica (tab. 4a) e hanno mostrato valori relativamente bassi, tra il 6 e il 23%, di G dominata.

Provenienze caratterizzate da bassa competizione interna potrebbero essere utili per la produzione di lotti omogenei per meglio ripartire i costi di utilizzazione. Provenienze caratterizzate da alberi dominanti potrebbero invece fornire fenotipi superiori da destinare al miglioramento genetico o all'arboricoltura da legno intensiva (De Rogatis e Ducci, 1984).

Policiclismo. Questo carattere, correlato a fattori adattativi, varia in relazione alle caratteristiche climatiche dei due siti. Solo le provenienze 1114-Detroit e 1151- *P. flauhaltii* hanno mostrato evidente bassa *interazione genotipo x ambiente*.

Complessivamente le provenienze costiere e meridionali di possibile impiego nel nostro Paese sono tendenzialmente policicliche. Le "artificiali italiane" sono tutte policicliche in entrambi i siti, a eccezione di I4-

Coahilla. I valori più marcati sono stati rilevati nella stazione più arida di Faltona. La provenienza I11-Acquerino è l'unica ad aver mostrato *interazione genotipo x ambiente* con policiclismo più marcato a Vallombrosa. La provenienza di origine più meridionale, la 1151-*P. flauhaltii* è in assoluto la più policiclica.

Dirittezza del fusto. La dirittezza del fusto è nel nostro ambiente parzialmente correlata ad accrescimenti ridotti. È quindi necessario individuare provenienze a fusto dritto ma con accrescimenti sostenuti. Provenienze inizialmente individuate (10 anni di età) con queste caratteristiche sono state: 1138-Arcata 1, 1137-Burney, 1080-Yelm, 1081-Alder Lake, 1140-Arcata 2 e I9.

Rispetto ai risultati del 1985 (Ducci e Tocci, 1987), la graduatoria dei migliori materiali dopo i rilievi effettuati a 24 anni (Ducci et al., 2003) deve essere parzialmente modificata, a dimostrazione che le sperimentazioni di breve durata (circa dieci anni), su fasi precoci, non sono sempre del tutto affidabili (Kleinschmit et al., 1974; Nanson,1973; Kleinschmit e Bastien, 1992; Rozemberg, 1993). Questo è probabilmente determinato dal variare dei parametri di plasticità fenotipica nei differenti stadi di sviluppo delle piante (Chambel et al., 2005). Per questo carattere sono rimaste stabili nel tempo: 1138-Arcata 1, 1137-Burney, 1080-Yelm, 1094-Vernonia e parzialmente 1096-Sandy e I9.

Fenologia. Ducci e Tocci (1987) hanno preso in considerazione anche la variabilità del germogliamento primaverile di tutte le provenienze, comparandone precocità/tardività sia in piantagione che in condizioni controllate, in serra. Pur con alcune eccezioni in così elevato numero di popolazioni, è stato osservato un chiaro gradiente latitudinale e parzialmente altitudinale del comportamento in relazione all'origine geografica.

La precocità delle provenienze più settentrionali è inversamente correlata alla latitudine di origine, mentre nelle provenienze più meridionali, quelle che interessano il nostro Paese, è necessario considerare anche una componente legata all'altitudine di origine. Studi analoghi condotti per la Francia da Michaud (1979) avevano già evidenziato questa tendenza.

Le provenienze migliori per l'Italia per produttività sono tutte caratterizzate da un comportamento fenologico tendenzialmente tardivo che, in ambiente mediterraneo, consente loro di evitare il pericolo delle gelate primaverili.

Le provenienze I11 e I15 sono tardive mentre le italiane risultate mediocri per qualità e produzione sono anche le più precoci.

Densità basale del legno. Per quanto sia un metodo relativamente speditivo e non estremamente preciso, la densità basale misurata con Pilodyne, viene accettata dai miglioratori di alberi forestali come una stima della caratteristiche di densità del legno. Non si può affermare per questo carattere un *trend* geografico, ma si possono piuttosto osservare singole provenienze con valori elevati. In generale i materiali a crescita più rapida e più tardivi, quindi con stagione vegetativa più corta, sono caratterizzati da bassi valori di densità del legno. È da valutare se questo carattere sia negativo per le trasformazioni tecnologiche a elevato valore di trasformazione. Solo la provenienza meridionale 1138-Arcata 1 ha un indice di performance elevato per la densità basale (0,68).

Millerose (To) (Ferraris, 1993)
In questa prova comparativa, sita nella zona prealpina occidentale, gelo e forte competizione inter- e intra-provenienze hanno determinato forti perdite sin dalle prime fasi, nonostante i ripetuti risarcimenti. La mortalità a 22 anni è variata tra 53 e il 93%, comprese le sostituzioni effettuate nei primi anni. Solo le due provenienze italiane pre-alpine (Velate e Quasso al Monte, Varese, Lombardia) hanno mostrato una minore mortalità (rispettivamente 7% e 40%).

L'esperimento, anche se limitato a un solo sito, ha mostrato i limiti per la diffusione della douglasia in quella regione, essendo infatti troppo sensibile alle gelate tardive e alle inversioni termiche. Rispetto ai risultati ottenuti in Toscana alla stessa età, il generale andamento di tutte le provenienze è stato davvero scadente.

Le provenienze comuni con i siti toscani hanno mostrato livelli di plasticità fenotipica elevati. La 1091 pressoché scomparsa a Millerose (80% di mortalità) ha invece avuto le migliori performance di crescita a Vallombrosa. La 1085, risultata tra le migliori in Vallombrosa, in Millerose è invece tra le peggiori. Purtroppo, nessuna delle provenienze standard fissate da Barner è presente in Millerose.

RISULTATI FINALI DELLE PROVE COMPARATIVE

I risultati illustrati indicano che le regioni dell'areale americano che esprimono le migliori provenienze sono le seguenti (fig. 4a):

– Cascade Range: 1080-Yelm, 1096-Sandy, 1114-Detroit (elevati accrescimenti, policiclismo stabile, dirittezza buona, mediamente tardive, bassa densità basale).

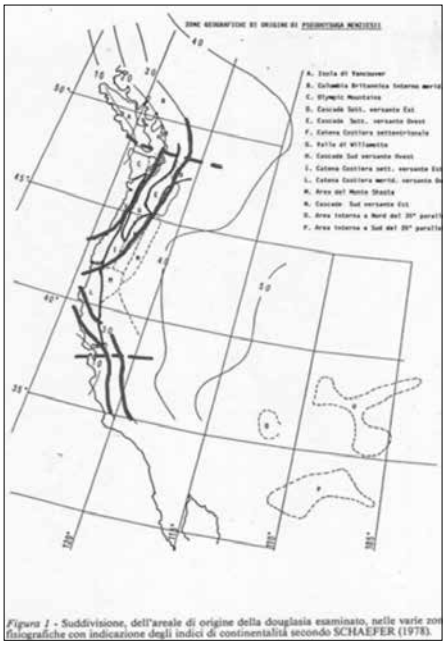


Fig. 4a *Le migliori provenienze per l'Italia provengono da aree in cui l'"Indice di continentalità" è compreso tra 20 e 30 (modificato da Ducci e Tocci, 1987)*

Fig. 4b *Collocazione geografica delle provenienze impiegate nelle prove comparative italiane (modificato da Ducci e Tocci, 1987)*

– Northern Coast Range: 1094-Vernonia, 1104-Brookings (elevati accrescimenti, policicliche in situazioni mediterranee, dirittezza mediocre, tardive, densità basale bassa).
– Southern Coast Range: 1137-Burney, 1138-Arcata 1; 1128-Gasquet, 1149-Lower Lake (accrescimenti medio alti, policiclismo elevato in situazioni umide, ottima dirittezza, precoci, densità basale medio alta).

"Artificiali italiane":
– *Appennino settentrionale*, I11-Acquerino (accrescimenti superiori, policiclismo elevato in situazioni umide, buona dirittezza, tardiva, densità basale media).
– *Calabria*, I15-Mercurella (accrescimenti alti, policiclismo elevato in situazioni umide, ottima dirittezza).

I materiali americani provengono da aree climatiche caratterizzate da indici di continentalità (fig. 4a e 4b) compresi tra 20 e 30 su una scala di 50 (Ducci e Tocci, 1987).

Materiali: nei test comparativi di Vallombrosa (Fi) e Faltona (Ar) sono state individuate alcune provenienze rappresentative di diverse regioni dell'areale di origine:
– *Cascade Range* (Washington - Oregon, basse quote): 1080-Yelm, 1096-Sandy;
– *Northern Coast Range* (Oregon – California basse quote, vicino all'Oceano): 1094-Vernonia, 1104-Brookings;
– *Southern Coast Range* (California, alte quote): 1137-Burney;
– *New Mexico*: 1167-Taos;
– *Italia: Appennino settentrionale*, I11-Acquerino; *Calabria*, I15-Mercurella. Sono queste le due migliori provenienze, di cui si deve stimare l'origine e soprattutto verificarne il livello di variabilità interna.

Metodi: da 30 piante circa di ciascuna provenienza sono stati prelevati campioni legnosi e del cambio per estrarre il DNA per le analisi molecolari, non essendo stato possibile raggiungere le chiome a causa dell'altezza eccessiva.
È stato messo a punto un protocollo di estrazione del DNA dal cambio in micro-carote legnose prelevate all'inizio della stagione vegetativa. Sono stati messi a punto protocolli di amplificazione in PCR per i 7 *loci* scelti in letteratura (PmOSU2C3, PmOSU3D5, PmOSU 783, PmOSU2G12, PmOSU3B2, PmOSU4A7, PmOSU1F9) e messi a confronto con profili touch down (Slavov et al., 2004; Williams and Otvos, 2005).
Risultati: è stato individuato il luogo di origine del bosco da seme di Acquerino (I11), lo stesso della provenienza 1094-Vernonia. La collocazione della provenienza I15-Mercurella è risultata meno chiara, anche se nel dendrogramma si colloca tra i materiali provenienti da Oregon e Washington (Krutovsky et al., 2009).

Box 2 *Saggio preliminare per l'identificazione dell'origine probabile di provenienze italiane (dati in corso di pubblicazione)*

RICERCHE IN CORSO

Sono in corso ricerche preliminari sulla individuazione dell'origine delle migliori provenienze italiane e sulla variabilità del comportamento adattativo in relazione agli effetti dei cambiamenti climatici. Se ne anticipano nei box 2 e 3 alcuni risultati, ritenendo utile condividerli.

CONCLUSIONI

Le analisi genetiche hanno permesso di risalire alle probabili aree di origine dei due boschi da seme italiani di Acquerino e Mercurella, che coincidono con aree di origine già dimostrate buone fonti di approvvigionamento nelle sperimentazioni condotte in Italia (Morandini, 1968; Ducci e Tocci, 1987; Ducci et al., 2003). Mentre per Acquerino è certa la coincidenza con le popolazioni originarie di Vernonia (area di raccolta americana n. 452), per Mercurella si identifica una zona di origine più ampia, compresa tra la parte meridionale dello stato di Washington e quella settentrionale dell'Oregon.

<table>
<tr><td colspan="2">Si è avviato lo studio della variabilità dell'efficienza di uso idrico (WUE) inter e intra popolazioni, ritenuta parametro adattativo a condizioni climatiche di aridità crescente. Sulla base della relazione inversa tra WUE e la discriminazione isotopica del carbonio ($\Delta^{13}C$) (Brugnoli and Farquhar, 2000; Lauteri et al., 2004; Ripullone et al., 2004), sono state eseguite analisi dendro-isotopiche su cronologie di anelli legnosi. In annate estreme per temperatura media e precipitazioni, comparando le variazioni di $\Delta^{13}C$ con quelle di accrescimento annuale del legno, si è osservato che:
– le provenienze I11 e 1094, origine Vernonia, rispondono a una riduzione delle precipitazioni (anni target 1985; 2003; 2005; 2007) con un immediato aumento di WUE, a discapito dell'accrescimento annuale. Tale comportamento sembra tendenzialmente mantenersi nei 2-3 anni successivi ad un evento estremo.
– La provenienza 1104-Brookings, ha una reazione simile, ma sembra risentire delle condizioni di stress solamente nell'anno successivo all'evento estremo.
In sintesi nelle due distinte località:</td></tr>
<tr><td>Vallombrosa

I-11 e 1094: trend decrescente di $\Delta^{13}C$, associabile a incremento dell'efficienza di uso idrico (WUE) in relazione alla riduzione di precipitazioni, all'incremento delle temperature e a competizione. Maggior mortalità.

1104 (provenienza standard di Barner): reagisce velocemente alle variazioni climatiche né sembra risentire della competizione tra piante adulte dovuta alla eccessiva densità. Minor mortalità.

Tutte, in fase giovanile, non mostrano particolari differenze di $\Delta^{13}C$ (variazioni minori di 1‰), facendo ipotizzare in quello stadio condizioni stazionali favorevoli di crescita per le tre provenienze.</td><td>Faltona

Nelle fasi giovanili le provenienze esaminate mostrano un $\Delta^{13}C$ più basso, quindi una maggiore WUE. Questo fenomeno può essere spiegato da una maggiore sensibilità giovanile alle condizioni relativamente più asciutte a Faltona.

Negli anni successivi queste differenze tendono ad annullarsi, evidenziando un comportamento simile in entrambe le provenienze in fase adulta, in particolare dopo un diradamento e conseguente riduzione della competizione. Questo probabilmente ha compensato in parte lo stress indotto dalle variazioni climatiche del sito.

I-11/1094: maggiore sensibilità giovanile a condizioni relativamente più asciutte. Maggior mortalità.

1104 (provenienza standard di Barner): mostra una variazione minore di $\Delta^{13}C$, suggerendo una maggiore capacità adattativa a condizioni più asciutte. Minor mortalità.</td></tr>
</table>

Box 3 *Saggio preliminare sulla capacità adattativa. Primi risultati ottenuti da analisi dendro-isotopiche su anelli legnosi (dati in corso di pubblicazione)*

Per garantire una miglior adattabilità e per semplificare la gestione nella filiera vivaistica, è consigliato utilizzare materiali a bassa interazione *genotipo x ambiente*. A causa dei prezzi elevati e di difficoltà nell'approvvigionamento di seme dai siti di origine, è possibile impiegare sementi "di seconda generazione", raccolte dai boschi da seme nazionali che hanno dimostrato, analogamente ad altri paesi europei, performance migliori. Questi soprassuoli da seme possono produrre piantine di qualità superiore rispetto alle popolazioni americane originali, perché hanno probabilmente subito fenomeni di adattamento e selezione spontanea dopo la loro introduzione.

Non esistono *arboreti da seme* in Italia per due motivi principali: da un lato l'esigua superficie coltivata a douglasia che non ha giustificato sino a oggi

i costi di gestione di arboreti da seme, dall'altro, la necessità di disporre di una base genetica sufficientemente ampia per garantire variabilità e adattabilità a piantagioni realizzate generalmente in situazioni ambientali difficili e variegate. Solo a Faltona in Casentino (Ar) esiste una prova comparativa di discendenze, che CREA SEL ha proposto alla Regione Toscana per l'iscrizione nel registro regionale dei materiali di base come arboreto da seme. Si tratta di una prova di discendenze di fenotipi superiori selezionati da Morandini (1968) nelle douglasiete della Toscana.

La superficie coltivata a douglasia in Italia potrebbe essere estesa a circa 100.000 ettari, secondo i suggerimenti di Bernetti (1998) per incrementare la produzione legnosa in arboricoltura intensiva di montagna. Questo possibile ampliamento può essere ottenuto sia sfruttando la capacità a rinnovarsi spontaneamente delle douglasiete, sia ricorrendo alle tradizionali tecniche di rinnovazione artificiale posticipata. In quest'ultimo caso sarà necessario approvvigionarsi di materiali di riproduzione con caratteristiche adeguate dal punto di vista genetico, fenotipico e adattativo.

In anni recenti, in seguito alla contrazione della produzione vivaistica nazionale, si è fatto ricorso frequentemente a materiali acquistati in altri paesi europei, in genere Francia o Germania. L'impiego di semi raccolti da arboreti da seme francesi o tedeschi è permesso dalla direttiva europea 1999/105/CE, essendo materiali certificati. È tuttavia necessario verificare con attenzione le rispettive condizioni ambientali del luogo di origine e del sito di introduzione. Infatti, trattandosi di materiali selezionati per climi di tipo essenzialmente oceanico, se utilizzati in Italia, essi verrebbero introdotti in aree a regime mediterraneo, caratterizzate da siccità estive e frequenza di gelate tardive. Fenomeni che con gli effetti del *global change* stanno incrementando in frequenza e intensità.

Sulla base dei risultati si possono trarre alcune indicazioni importanti per la gestione dei materiali in relazione agli squilibri connessi agli effetti dei cambiamenti climatici. La variabilità presente nell'areale naturale sembra garantire un elevato potenziale adattativo per indirizzare la specie verso nuovi equilibri.

La strutturazione della douglasia in relazione alle caratteristiche del suo areale e ai gradienti climatici connessi (temperature minime invernali e continentalità dei climi di origine) permetterà di adattare la specie ai cambiamenti anche in Europa e consentirà di sviluppare strategie adattative per l'arboricoltura da legno per i prossimi decenni.

Le popolazioni da seme più adatte a climi futuri sono allo stato attuale quelle di basse quote e più meridionali. I materiali disponibili in Italia

sembrano già predisposti a ben reagire essendo infatti ben adattate al regime pluvio-termico mediterraneo.

RIASSUNTO

Il genere *Pseudotsuga* ha un areale esteso a tutto il Nord Ovest americano caratterizzato da grande variabilità ambientale. Si riconoscono 3 varietà principali di douglasia, differenziatesi in relazione a diversi gradi di continentalità del clima: *Pseudotsuga menziesii* a) v. *menziesii*; b) v. *cesia*; c) v. *glauca*. Sperimentazioni condotte per oltre 70 anni nel nostro Paese, hanno evidenziato che la douglasia verde (*P. menziesii* var. *menziesii*) ha fornito i migliori risultati per le aree appenniniche a matrice silicea e che le provenienze migliori sono quelle originarie delle zone costiere di bassa quota dell'Oregon, della California settentrionale e di alta quota della California meridionale. Va sottolineato però, come le provenienze cosiddette "italiane" di seconda generazione, Mercurella (Calabria) e Acquerino (Appennino tosco-emiliano), introdotte da Pavari negli anni '20, siano superiori a tutte per produttività e capacità adattativa. Questi risultati sono confermati dalle sperimentazioni di Morandini degli anni '50/'60 e dalla sperimentazione internazionale IUFRO 1969/70. Il rapido evolversi dei cambiamenti climatici e i loro effetti rendono tuttavia necessario continuare gli studi per monitorare la capacità adattativa delle migliori popolazioni.

ABSTRACT

Management of genetic resources of Douglas fir in Italy in relation to global change scenarios. Pseudotsuga has a range extended throughout the North-western America, characterized by great environmental and genetic variability. Three main varieties, adapted to different values of continentality are recognized: *Pseudotsuga menziesii* a) v. *menziesi*i; b) v. *cesia*, c) v. *glauca.* For our Country the green Douglas fir (*P. menziesii* var. *menziesii*) has provided the best results for siliceous Apennine areas. The experimental network IUFRO 1969/70 has highlighted for Italy the coastal areas of low altitude of Oregon and northern California and high altitude of southern California as sources of reproductive material. It should be stressed that Mercurella (Calabria) and Acquerino (Tuscan-Emilian Apennines), the so-called "second-generation Italian provenances" introduced by Pavari in the '20s, have proved for quality and adaptation. These results are partially similar to those obtained by Morandini on late '60s with provenances from Oregon and Washington. The rapid evolution of climate change and their effects make it necessary to initiate studies related to adaptive and genetic monitoring of the best populations.

BIBLIOGRAFIA

Barner H. (1973): *Procurement of Douglas-Fir seed for provenance research*, Proc. of IUFRO Meeting Working Party on Douglas-Fir provenances, Göttingenp, pp. 82-89.

Bernetti G. (1998): *Selvicoltura speciale*, Utet, Torino, pp. 279-284.

Brugnoli E., Farquhar G. D. (2000): *Photosynthetic fractionation of carbon isotopes,* In *Photosynthesis: Physiology and Metabolism* (Advances in Photosynthesis, vol 9). Eds. R.C. Leegood, T.D. Sharkey and S. von Caemmerer. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp. 399-434.

Chambel M.R., Climent J., Alía R., Valladares F. (2005): *Phenotypic plasticity: a useful framework for understanding adaptation in forest species*, «Invest Agrar: Sist Recur For», 14 (3), pp. 334-344.

Christophe C., Birot Y. (1979): *Genetic variation within and between populations of Douglas-Fir*, «Silvae Genetica», 28, pp. 5-6.

Ciancio O., Mercurio R., Nocentini S. (1982): *Le specie forestali esotiche nella selvicoltura italiana*, «Ann. Ist. Sper. Selv.», Arezzo, vol. XII-XIII, pp. 330-491.

De Rogatis A., Ducci F. (1984): *Ricerche sulla produttività della* Pseudotsuga menziesii *(Mirb.) Franco della Toscana in una ipotesi di diradamento celeroincrementale*, «Ann. Ist. Sper. Selvicoltura», Arezzo, XV, pp. 235-264.

Ducci F., De Rogatis A., [a cura di] (2010): *Risorse Genetiche Forestali in Italia*, CRA - Centro Ric. Selv., Prg. MiPAAF RGV/FAO, Arezzo: pp. 180, ISBN 978-88-901923-3-3.

Ducci F., Heois B., De Rogatis A., Proietti R. (2003): Pseudotsuga menziesii *(Mirb.) Franco, 1969/1970 IUFRO Field experiment results in Europe and Italy*, Sisef, Atti 4, pp. 101-109.

Ducci F., Tocci A. (1987): *Primi risultati della sperimentazione IUFRO 1969- 1970 su* Pseudotsuga menziesii *(Mirb.) Franco nell'Appennino centro-settentrionale*, «Ann. Ist. Sper. Selv.», Arezzo, vol. XVIII, pp. 215-289.

Ferraris P. (1993): *Adattamento e accrescimento di diverse provenienza di douglasia del nord America: osservazioni in un impianto comparativo di 22 anni*, «Ann. Ist. Sper. Selv.», Arezzo, vol. XXIV, pp. 63-68.

Fletcher A.M., Barner H. (1978): *The procurement of seed for provenance research with particular reference to collection in N-W America*, Proc. IUFRO Meeting of WP 2 02, 05, 05, 12, 14, Vancouver, Canada, pp. 141-154.

Gaeta G. (1882): *Conifere: catalogo sistematico delle specie e varietà di conifere coltivate nel bosco sperimentale di Moncioni (Comune di Montevarchi)*, in *Riproduzione estratto del Bollettino della Regia Società Toscana di Orticoltura*, anno XVII-XVIII "Il *Pinetum* di Moncioni con l'antico catalogo sistematico di G. Gaeta", a cura di A. Gradi e V. Perrone, CFS, ex ASFD Ufficio Produzione Semi Forestali di Pieve S. Stefano (Ar).

Girard F., Vennetier M., Ouarmim S., Caraglio Y., Misson L. (2011): *Polycyclism, a fundamental tree growth process, decline with recent climate change: the example of* Pinus halepensi*s Mill. in Mediterranean France*, «Trees», 25, p. 311. doi:10.1007/s00468-010-0507-9

Heois B. (2000): *Eudirec, Consolidated Progress Report of the Period, 1.1.96 – 31.3.2000. Fair CT 95 - 0909 "Towards a sustainable Productive Douglas-fir Forest of High Quality Raw Material in Europe*", p. 221.

Kleinschmit J., Bastien J.C. (1992): *IUFRO's Role in Douglas-Fir (*Pseudotsuga Menziesii *(Mirb.) Franco) Tree Improvement*, «Silvae Genetica», 41 (3), pp. 161-173.

Kleinschmit J., Racz J., Weisgerber H., Dietze W., Dieterich H., Dimpflmeier R. (1974): *Ergebnisse aus dem internationalen Douglasien-Herkunftversuch von 1970 in der Bundes-republik Deutschland*, «Silvae Genetica», 23, pp. 167-176.

Krutovsky K.V., St. Clair J. B., Saich R., Hipkins V.D., Neale D.B. (2009): *Estima-*

*tion of population structure in coastal Douglas-fir [*Pseudotsuga menziesii (*Mirb.) Franco var.* menziesii] *using allozyme and microsatellite markers*, «Tree Genetics & Genomes», 5 (4), pp. 641-658. [http://dx.doi.org/10.1007/s11295-009-0216-y]

Lauteri M., Pliura A., Monteverdi M. C. , Brugnoli E., Villani F., Eriksson G. (2004): *Genetic variation in carbon isotope discrimination in six European populations of* Castanea sativa *Mill. Originating from contrasting localities,* «Journal of Evolutionary Biology» (Blackwell Publishing Ltd), n.17, pp. 1286-1296.

Lines R., Samuel C.J.A. (1985): *Results of the Douglas-fir experiments in Britain at 10 years*, Proc. IUFRO Meeting Working Party Breeding Strategy for Douglas-fir as an introduced species, Vienna, 1985, pp. 31-47.

Mäkipää R. & Linkosalo T. (2011): *A non-destructive field method for measuring wood density of decaying logs*, «Silva Fennica», 45(5), pp. 1135-1142.

Michaud D. (1979): *Etude du deburrement de 181 provenances de Douglas*, Afocel, p. 163.

Mitchell A.L., House S. (1999): *David Douglas. Explorer and botanist*, Aurum Press, London, p. 241.

Morandini R. (1958): *Sperimentazione della douglasia in Europa*, «Monti e Boschi», 9 (7/8), pp. 346-352.

Morandini R. (1968): *Studi e ricerche di genetica forestale*, Pubbl. n. 15 Ist. Sper. Selv., Arezzo, p. 73.

Nanson A. (1973): *International Douglas-fir provenance experiment in Belgium (Early results)*, Proc. IUFRO Meeting Working Party on Douglas-fir provenances, Göttingen, pp. 158-172.

Pavari A. (1958): *Il genere* Pseudotsuga *in America*, «Monti e Boschi», 9 (7-8), pp. 307-320.

Pavari A., De Philippis A. (1958): *La douglasia verde in Italia*, «Monti e Boschi», 9 (7-8), pp. 321-345.

Ripullone F., Lauteri M., Grassi G., Amato M., Borghetti M., (2004): *Variation in nitrogen supply changes water-use efficiency of* Pseudotsuga menziesii *and* Populus × euroamericana; *a comparison of three approaches to determine water-use efficiency*, «Tree Physiology», 24, pp. 671-679.

Rozenberg P. (1993): *Comparaison de la croissance en hauteur entre 1 et 25 ans de 12 provenances de Douglas (*Pseudotsuga menziesii *(Mirb.) Franco*, Elsevier/Inra, «Ann. Sci. For.», 50, pp. 363-381.

Schermann N. (1999): *Task 2.1, Updating IUFRO provenance database and synthesis*, Proc. Eudirec 4th annual Meeting, 16-18 Oct. 1999, Orlèans, France, p. 30.

Slavov G.T., Howe G.T., Yakovlev I., Edwards K.J., Krutovskii K.V., Tuskan G.A., Carlson J.E., Strauss S.H., Adams W.T. (2004): *Highly variable SSR markers in Douglas-fir: Mendelian inheritance and map locations*, «Theoretical and Applied Genetics», March 2004, volume 108, issue 5, pp. 873-880.

Whittle M.T. (2015): *I cacciatori di piante* (trad. da *The plant Hunters*), II Edizione, DeriveApprodi, Roma, Italia (ISBN 978-88-6548-140-0), p. 325.

Williams H.L., Otvos I.S. (2005): *Genotypic variation and presence of rare genotypes among Douglas-Wr tussock moth multicapsid nucleopolyhedrovirus (OpMNPV) isolates in British Columbia*, «Journal of Invertebrate Pathology», Elsevier 88, pp. 190-200. [doi:10.1016/j.jip.2005.02.002]

Finito di stampare in Firenze
presso la tipografia editrice Polistampa
nel marzo 2017