

M.TOMAIUOLO - Analisi del fenomeno dell'autodiradamento in piantagioni di pino laricio (*Pinus laricio* Poiret) della Calabria.

Analysis of self-thinning in Calabrian pine plantations (Pinus laricio Poiret) in Calabria (southern Italy)......

S. AVOLIO, V. BERNARDINI, E. CLERICI, E. ADDARIO, T. TURCHETTI - Indagini selvicolturali e fitosanitarie in cedui di castagno della Sila (Calabria) situati a quote diverse e sottoposti a diradamento.

Silvicultural and phytosanitary researches in thinned chestnut coppices at different elevations in Sila (Calabria)......

P. CANTIANI, F. FERRETTI, F. PELLERI, D. SANSONE, G. TAGLIENTE - Le fustaie di cerro del Molise. Analisi del trattamento del passato per le attuali scelte selvicolturali.

The Turkey oak high forests in the Molise region (central Italy). Analysis of past silvicultural system and current management choices......

A. CORAZZESI, A. TANI, F. PELLERI - Effetto della consociazione e del diradamento di un impianto di arboricoltura da legno con latifoglie di pregio dopo oltre 20 anni dall'impianto.

Effects of mixture and thinning in a tree farming valuable broadleaves plantation more than 20 years after the establishment......

P. CANTIANI, M. PLUTINO, E. AMORINI - Effetti del trattamento selvicolturale sulla stabilità delle pinete di impianto di pino nero.

Effects of silvicultural treatment on the stability of black pine plantations......

F. FERRETTI, V. GIULIETTI, F. PELLERI - Tavola di cubatura a doppia entrata ed a una entrata per gli acero-frassineti di neoformazione della Comunità Montana Agno-Chiampo (Vicenza)

One and two-entry tree volume tables for the new-established ash-sycamore forest types at a pre-alpine territory......

S. AVOLIO - Prove di piantagione di pino loricato sulla montagna della Catena Costiera calabra. Risultati dopo 27 anni.

Results 3 decades after the plantation trials with palebark pine in the mountain of the coastal chain in Calabria......

A. CUTINI, F. CHIANUCCI, T. GIANNINI, R. TIBERI, E. AMORINI - Effetti del morso di capriolo sull'accrescimento di cedui di cerro e di castagno.

Roe deer browsing effects on growth development of Turkey oak and chestnut coppices......

T. GIANNINI, A. CUTINI, O. I. GUGLIOTTA, M. C. MANETTI - Copertura e rinnovazione naturale in formazioni forestali a protezione integrale nella Riserva M.a.B. di Montedimezzo (Isernia).

Tree canopy cover and natural regeneration into strictly-protected forest areas: the MaB reserve of Montedimezzo (Isernia, Italy)......

M. C. MANETTI, E. AMORINI, C. BECAGLI, F. PELLERI, R. FRATINI, E. MARONE - Valorizzazione dei cedui di castagno: modalità di gestione e realtà socio-economica del territorio.

Enhancing chestnut coppices: silvicultural management and socio-economic context......

A. CUTINI, F. CHIANUCCI, T. GIANNINI - Effetti del trattamento selvicolturale su caratteristiche della copertura, produzione di lettiera e di seme in cedui di faggio in conversione.

Effect of the silvicultural treatment on canopy properties, litter and seed production in beech coppices under conversion to high forest......

F. DUCCI, R. PROIETTI, G. CARONE, S. APUZZO - First surveys on genetic variability and structure of field maple (*Acer campestre* L.) in natural and managed populations in the landscape of central and southern Italy.

Prime indagini sulla variabilità e la struttura genetica dell'acero campestre (Acer campestre L.) in ambienti influenzati dalla presenza antropica in Italia centrale e meridionale......

F. DUCCI, A. DE ROGATIS, R. PROIETTI - *Juglans regia* L., phenotypic selection and assessment of genetic variation within a simulated seed orchard.

Juglans regia L., selezione fenotipica e stima della variabilità genetica in un arboreto da seme simulato di progenie half-sib.....

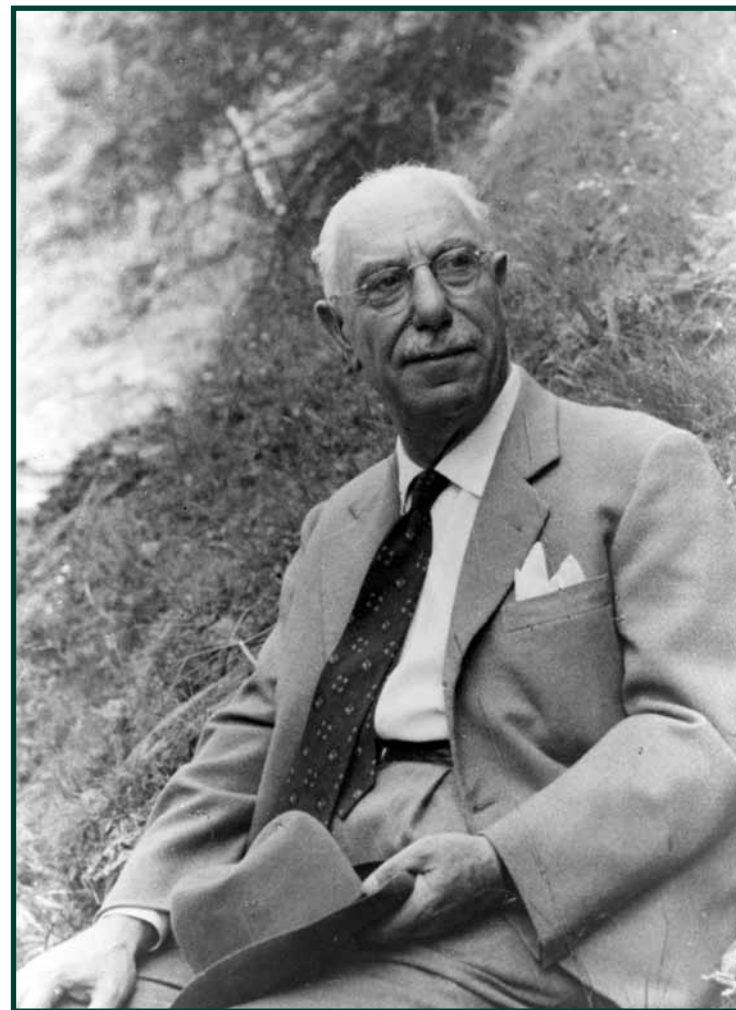
E. AMORINI, G. FABBIO, G. BERTINI - Dinamica del ceduo oltre turno e avviamento ad alto fusto dei cedui di faggio. Risultati del protocollo "Germano Gambi" sull'Alpe di Catenaia (Arezzo).

Stand dynamics of a beech coppice beyond the rotation age and under conversion into high forest......



ANNALI

C.R.A. - CENTRO DI RICERCA PER LA SELVICOLTURA



COMITATO DI REVISIONE PER QUESTO NUMERO - *Referees’ committee for this issue*

Giovanni Bernetti

già Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali, Università di Firenze

Gianfranco Calamini

Dipartimento di Economia, Ingegneria, Scienze e Tecnologie Agrarie e Forestali, Università di Firenze

Marco Conedera

Swiss Federal Research Institute WSL, Research Unit Ecosystem Boundaries, Bellinzona (CH)

Piermaria Corona

Dipartimento di Scienze dell’Ambiente Forestale e delle sue Risorse, Università della Tuscia, Viterbo.

Paolo Di Martino

Dipartimento di Scienze e Tecnologie per l’Ambiente e il Territorio, Università del Molise, Campobasso

Gianluca Giovannini

Dipartimento di Economia, Ingegneria, Scienze e Tecnologie Agrarie e Forestali, Università di Firenze

Bernardo Hellrigl

già Dipartimento Territorio e Sistemi Agro Forestali, Università di Padova

Luigi Hermanin

Dipartimento di Economia, Ingegneria, Scienze e Tecnologie Agrarie e Forestali, Università di Firenze

Orazio la Marca

Dipartimento di Economia, Ingegneria, Scienze e Tecnologie Agrarie e Forestali, Università di Firenze

Alberto Maltoni

Dipartimento di Economia, Ingegneria, Scienze e Tecnologie Agrarie e Forestali, Università di Firenze

Maria Emilia Malvolti

Istituto di Biologia Agro-ambientale e Forestale, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Porano (Terni)

Giorgio Matteucci

Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Rende (Cosenza)

Roberto Mercurio

Gestione dei Sistemi Agrari e Forestali, Università Mediterranea di Reggio Calabria

Susanna Nocentini

Dipartimento di Economia, Ingegneria, Scienze e Tecnologie Agrarie e Forestali, Università di Firenze

Antonio Nosenzo

Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del Territorio, Università di Torino

Marco Paci

Dipartimento di Economia, Ingegneria, Scienze e Tecnologie Agrarie e Forestali, Università di Firenze

Mario Pividori

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università di Padova

Luigi Portoghesi

Dipartimento di Scienze dell’Ambiente Forestale e delle sue Risorse,Università della Tuscia, Viterbo.

Roberto Scotti

Dipartimento di Economia e Sistemi arborei, Università di Sassari

Andrea Tani

Dipartimento di Economia, Ingegneria, Scienze e Tecnologie Agrarie e Forestali, Università di Firenze

Carlo Urbinati

Dipartimento di Scienze Ambientali e delle Produzioni Vegetali, Università di Ancona

CURATORI DI QUESTO NUMERO - *Editors*

Paolo Cantiani, Maria Chiara Manetti, Gianfranco Fabbio

EDITORE - *Publisher*

C.R.A. SEL Centro di Ricerca per la Selvicoltura

Viale S. Margherita, 80 52100 Arezzo

sel@entecra.it

ANNALI

C.R.A. - CENTRO DI RICERCA PER LA SELVICOLTURA

ISSN 0390 - 0010



Anni 2009 - 2010 Volume 36

Gli Annali del Centro di Ricerca per la Selvicoltura, pubblicati fino dal 1970, raccolgono i risultati della ricerca e sperimentazione svolta presso il Centro. Gli autori sono i ricercatori dello stesso, delle Unità CRA di settore e ricercatori esterni per i lavori svolti in collaborazione. A oggi sono stati editi numeri tematici dedicati ad argomenti di particolare interesse e numeri speciali sui risultati di progetti nazionali e europei di cui il Centro era coordinatore o partner.

Gli Annali sono stampati in 1200-1500 copie diffuse in scambio gratuito con Istituzioni italiane e straniere. 650 volumi sono spediti in Italia a Istituti di ricerca, Dipartimenti universitari, Istituti CNR, Accademie, Biblioteche pubbliche, Uffici territoriali del CFS, Comunità montane, Parchi nazionali e regionali. 300 copie sono diffuse all'estero a Istituti forestali e Organizzazioni internazionali di settore in 45 Paesi, in Europa e nel resto del mondo. Circa 100 testate giungono regolarmente in scambio alla biblioteca del Centro e contribuiscono, in larga parte, a mantenere il patrimonio dei seriali posseduti.

Tutti i lavori presentati sono sottoposti a revisori esterni. La redazione, insieme al direttore, tiene i rapporti con i revisori e cura il processo di revisione. Questa fase avviene in forma anonima ai revisori e agli autori, a meno che lo stesso revisore chieda di rendere nota la sua identità. Il comitato di revisione è costituito per ciascun numero secondo i contenuti e i settori di competenza richiesti. Lo compongono docenti e ricercatori universitari e delle reti di ricerca, in Italia e all'estero. L'accettazione o meno dei lavori è subordinata al parere motivato dei revisori. Gli Atti relativi al processo di revisione sono conservati nell'archivio della redazione.

Il Centro di Ricerca per la Selvicoltura di Arezzo con questo volume intende ricordare, nel cinquantenario della Sua scomparsa, Aldo Pavari eminente studioso, tra i fondatori delle Scienze Forestali moderne in Italia. Nei primi decenni del secolo scorso ne gettava le basi ponendo il metodo sperimentale e la rigorosa verifica dei risultati come processo costruttivo delle conoscenze sul funzionamento degli ecosistemi forestali, fondamentali per sostanziare il trattamento selvicolturale da applicare alle foreste italiane per una gestione consapevole delle funzioni molteplici e integrate che i boschi svolgono e per garantirne il miglioramento e la perpetuità.

In questo quadro e con una visione organica del sistema forestale italiano, contribuì a creare il primo Istituto sperimentale forestale, affiancato alla nascente facoltà di Scienze Agrarie e Forestali di Firenze che andava formando i primi tecnici forestali con un indirizzo mirato e meno generico rispetto al passato.

Nel 1922 nasceva così a Firenze la Stazione Sperimentale di Selvicoltura sotto la guida di Aldo Pavari che ne divenne Direttore nel 1924 e che resse ininterrottamente fino alla morte nel 1960. Presso la Stazione fiorirono immediatamente studi e ricerche, organizzate con criteri moderni ed ampio respiro, sui grandi problemi che caratterizzavano il settore forestale nazionale: la ricostituzione dei boschi degradati, le tecniche di rimboschimento più idonee per i diversi ambienti pedoclimatici, la ricostituzione e conversione dei boschi cedui, la gestione della foresta in ambiente mediterraneo, la costituzione di una filiera vivaistica moderna, fino all'intuizione dello studio delle foreste in protezione integrale.

L'obiettivo era quello di tradurre le conoscenze scientifiche acquisite in indirizzi tecnici ed operativi per risolvere alcuni macroproblemi dell'economia montana italiana: i) migliorare i boschi esistenti; ii) mettere a punto tecniche ottimali per i rimboschimenti nei diversi ambienti; iii) aumentare la produzione legnosa. Pavari guidò questa organica attività sperimentale e di ricerca e su molte delle tematiche affrontate delineò concrete linee operative di intervento sulla base di risultati sperimentali validati oggettivamente.

Alla Stazione Sperimentale di Selvicoltura è succeduto nel 1968 l'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura con sede ad Arezzo che ha continuato ad operare tenendo come filo conduttore degli studi e delle ricerche il metodo sperimentale e la verifica nel lungo periodo dei risultati delle opzioni culturali come base per l'implementazione delle conoscenze sul trattamento selvicolturale da applicare ai boschi italiani. Nel 2004 ha preso avvio un'ulteriore riorganizzazione della rete degli Istituti Sperimentali del Ministero dell'Agricoltura e Foreste che li ha riuniti nel Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura (C.R.A.), mantenendo ad Arezzo il Centro di Ricerca per la Selvicoltura che ha proseguito l'attività in continuità ideale con la Stazione Sperimentale di Selvicoltura creata da Pavari nel 1922.

La celebrazione dell'opera di Aldo Pavari attraverso gli scritti raccolti in questo volume è un contributo alla Sua intuizione che, quasi un secolo orsono, aveva consentito di individuare i temi fondanti la Questione Forestale Italiana, prevedendone la soluzione nel lungo periodo attraverso la razionalizzazione della gestione dei boschi sulla base di una approfondita conoscenza del loro funzionamento. Questi temi mantengono la loro centralità e presentano ancora la necessità di approfondimenti sperimentali.

Alcuni dei contributi proposti nel volume riguardano la gestione dei rimboschimenti: le pinete di pino laricio e di pino loricato in Calabria, quelle di pino nero sull'Appennino. Gli studi analizzano sia gli aspetti prevalentemente produttivi che le problematiche di trattamento per i popolamenti a funzione protettiva in ambienti degradati dall'azione antropica.

Numerosi articoli riguardano il grande tema dei boschi cedui, individuato da Pavari come prioritario nei primi decenni del secolo scorso e non ancora risolto in modo organico. Si riportano i risultati di indagini di lungo periodo sul trattamento e la produttività di boschi cedui di castagno e di cerro e si analizzano i dati di ricerche sperimentali sull'avviamento ad altofusto e sulla evoluzione naturale di cedui di faggio.

Si riportano anche i risultati dell'analisi della struttura di boschi vetusti sottratti da lungo tempo all'azione antropica; lo studio è stato condotto proprio in una delle cosiddette "Aree Pavari" che il fondatore della Stazione Sperimentale aveva istituito con lungimiranza nei primi anni 50 del secolo scorso. La produzione legnosa fuori foresta mantiene, sia pure in un contesto socioeconomico molto mutato e con prospettive diverse, l'importanza per la filiera legno che già Pavari aveva sottolineato; i contributi specifici riguardano sia gli aspetti culturali che il miglioramento genetico, strategico in questo contesto culturale.

L'insieme degli scritti proposti sottolinea la validità dell'impostazione sperimentale promossa da Aldo Pavari e l'attualità di alcuni temi di ricerca che hanno mantenuto, a distanza di molti decenni, la centralità nel panorama forestale nazionale. I ricercatori del Centro di Ricerca per la Selvicoltura di Arezzo sono orgogliosi di poter continuare a svolgere attività di ricerca e sperimentazione in selvicoltura e nel settore biologico forestale presso l'istituzione che continua idealmente e di fatto l'attività della Stazione Sperimentale di Selvicoltura fondata da Pavari nel 1922.

Emilio Amorini
Direttore incaricato
C.R.A.- Centro di Ricerca per la Selvicoltura

Indagini selvicolturali e fitosanitarie in cedui di castagno della Sila (Calabria) situati a quote diverse e sottoposti a diradamento[§]

Silvano Avolio^{1*}, Vincenzo Bernardini¹, Erica Clerici¹, Elena Addario², Tullio Turchetti^{2**}

Accettato il 4 ottobre 2010

Riassunto – Sono riportati i risultati di prove di diradamento di grado diverso in cedui di castagno (*Castanea sativa* Miller) della Sila situati a quote differenti. In 8 aree sperimentali, di cui 4 ubicate ad una quota media di 1200 m s.l.m. con età del soprassuolo 20 anni e 4 poste a 1050 m con età 13 anni, sono state delimitate 3 sub-aree in cui sono stati condotti nel 1997 (prima e dopo i diradamenti) e nel 2007 rilievi dendrometrici e fitosanitari su 30 ceppaie. Il protocollo sperimentale ha previsto le tesi seguenti: tesi T (testimone); tesi A (diradamento debole); tesi B (diradamento moderato); tesi C (diradamento forte). Le misurazioni effettuate sui polloni a 10 anni dall'intervento evidenziano: il contenimento della mortalità in misura crescente con il grado adottato a entrambe le quote; la presenza nelle aree diradate di un maggior numero di polloni appartenenti alla categoria commerciale "fusti medi"; incrementi percentuali di diametro, area basimetrica e volume significativi nelle subaree sottoposte a diradamenti di grado A e C a 1050 m e, in generale, più sostenuti in quelle sottoposte a diradamento di grado C sia a 1050 m sia a 1200 m; la ricostituzione della copertura arborea anche nelle subaree più fortemente diradate. Per gli aspetti fitosanitari, le indagini sono state orientate sul cancro della corteccia (causato da *Cryphonectria parasitica*) data l'assenza nelle subaree di piante sintomatiche da "mal dell'inchiostro", pur presente nel territorio. L'ipovirulenza è predominante e stabile nel tempo per la maggiore quantità di cancri cicatrizzanti e cicatrizzati. Tra i fattori di mortalità dei polloni il cancro ricopre un ruolo minoritario. La malattia si diffonde indipendentemente dai diradamenti e la selvicoltura può operare per conseguire una vasta gamma di assortimenti. E' fondamentale che sia garantita la predominanza dell'ipovirulenza, cosicché i cedui possano essere considerati focolai per la sua diffusione naturale.

Parole chiave: *cedui di castagno, Cryphonectria parasitica, gestione selvicolturale, stato fitosanitario.*

Abstract – *Silvicultural and phytosanitary researches in thinned chestnut coppices at different elevations in Sila (Calabria).* The results of mensurational and phytosanitary researches ten years after thinning trials in chestnut coppices (*Castanea sativa* Miller) in Sila, are reported. Eight experimental areas, four located at an average elevation of 1200 m a.s.l. aged 20 yrs and four located on average at 1050 m a.s.l. aged 13 yrs, were compared. Three sub-plots were installed in each area and mensurational and phytosanitary surveys were carried out in 1997 (before and after thinning trials) and ten years later (2007) on 30 stools per sub-plot to assess bio-ecological, structural and compositional status of the standing crops. At each elevation, the experimental protocol included the following theses: thesis T (control: release of the standing crop and removal of dried up stems on the ground, only); thesis A (light thinning: removal of the dominated storey, on average 30% of coppice shoots, poorly shaped, both withered and green); thesis B (moderate thinning: removal from the dominated up to the dominant storey = 43% of the shoots, both dried up and green); thesis C (heavy thinning: removal = 62% of coppice shoots, both withered and green). Results highlighted the significance of thinnings in the cultivation of chestnut coppices. As for silviculture and growth pattern, the surveying ten years later showed the following outcomes: reduction of shoots mortality, according to the thinning intensity from A to C (by comparing the number of dried up coppice shoots surveyed in the control theses); a higher number of coppice shoots in the commercial category "average stems" in the thinned plots; the higher percentage increment in dbh, basal area and volume in the sub-plots undergoing thinning A and C at the elevation of 1050 m and, in general, with thesis C at both elevations; the complete recovery of canopy cover even in the sub-plots heavily thinned. As for the phytosanitary aspects, the research has been oriented on the chestnut blight caused by *Cryphonectria parasitica*, due to the lack of symptomatology of "ink disease" in the sub-plots, even though present on the same territory. The hypovirulence is predominant and steady with time for the high presence of healing and healed cankers. Among the factors of coppice shoots mortality, blight plays a minor role here. The disease spreads regardless of thinnings and silviculture can operate therefore independently to get a wide range of assortments, from poles to timber. Basically, thinning release has to ensure the predominance and steady presence of hypovirulence in the chestnut stands. In this way, foci for the natural spreading of hypovirulent strains are being created and preserved. This seem to be a basic tool to ensure a phytosanitary equilibrium between the parasite and the host in chestnut coppices, which still represent an important economic resource in Calabria as well as in several other Italian regions.

Key words: *chestnut coppices, Cryphonectria parasitica, silvicultural management, phytosanitary status.*

F.D.C.: 222:176. 1 Castanea sativa: 242: 443.3

§ Lavoro svolto in parti uguali dagli autori

¹ CRA-SAM Unità di Ricerca per la Selvicoltura in Ambiente Mediterraneo, Cosenza

² CNR Istituto per la Protezione delle Piante, Firenze

* Autore corrispondente per gli aspetti selvicolturali silvanoavolio@alice.it

** Autore corrispondente per gli aspetti fitosanitari t.turchetti@ipp.cnr.it

Premessa

La grave crisi verificatasi nel corso dell'ultimo secolo in Calabria per la castanicoltura da frutto ha inciso profondamente sulle forme di governo dei popolamenti, con estese conversioni degli impianti in cedui da legno. In questo modo è stato modificato l'indirizzo produttivo dei soprassuoli e variata, a partire dal primo dopoguerra, l'incidenza percentuale delle superfici da $3/4$ a $1/5$ per i castagneti da frutto e da $1/4$ a $4/5$ per le paline castanili (AVOLIO 1987a,b; AVOLIO e CLERICI 2000).

Lo stato di abbandono culturale e di degrado biologico, in particolare per i cedui (AVOLIO 1998), perdura ancora ed è correlato a problematiche rilevanti: flessione della domanda di assortimenti legnosi tradizionali; stato fitosanitario delle paline che si aggrava per mancanza di interventi colturali; necessità di allungare i turni medi e lunghi per soddisfare la richiesta di legname di castagno di grosse dimensioni.

Nonostante ciò si registra nella regione un rinnovato interesse per i cedui di castagno (REGIONE CALABRIA - PFR 2007), grazie alla multifunzionalità insita nella tipologia culturale, in grado di garantire la produttività, la difesa idrogeologica del territorio, la conservazione di paesaggi tipici dell'alta collina e del piano submontano, la rivalutazione economica della produzione di legname di qualità in tempi relativamente brevi e su estese superfici, le opportunità di lavoro integrativo per le popolazioni locali.

Nei cedui di castagno, che in continua e lenta

espansione rappresentano il 79% del totale della superficie castanicola calabrese pari a 69375 ettari (PFR *op. cit.*), e il 12% della categoria inventariale "boschi alti", le particolari caratteristiche tecnologiche del legno (resistenza all'umidità e alle sollecitazioni meccaniche, stabilità alle variazioni termiche, durabilità e facilità di lavorazione) permettono l'immissione sul mercato di nuovi manufatti (parquet, pannelli in legno lamellare, attrezzature per giardini e parchi pubblici, materiali isolanti), che si aggiungono a quelli tradizionali (mobili, infissi, travature per solai, paleria minuta e grossa).

A completare il quadro delle opportunità per le paline castanili calabresi si evidenzia la diffusione naturale degli isolati ipovirulenti della *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr. (TURCHETTI 1994; AVOLIO *et al.* 2005), che ha determinato nell'arco di 15-20 anni l'attenuazione nella regione dei danni causati dal cancro della corteccia, benché persistano ancora nei popolamenti problematiche derivanti da questa malattia.

Sulla base delle considerazioni esposte trae spunto il presente lavoro, avviato nel 1996 in cedui matricinati di castagno della Sila di due classi di età e su due livelli altitudinali (AVOLIO e BERNARDINI 2005), con preminenti funzioni produttive e protettive e che, per la parte agamica del soprassuolo, su cui è accentrata la ricerca, mira:

- ad accertare le risposte selvicolturali e lo stato fitosanitario dei polloni conseguenti alla libera evoluzione e al diradamento di vario grado applicato;
- a individuare il modulo culturale più idoneo per

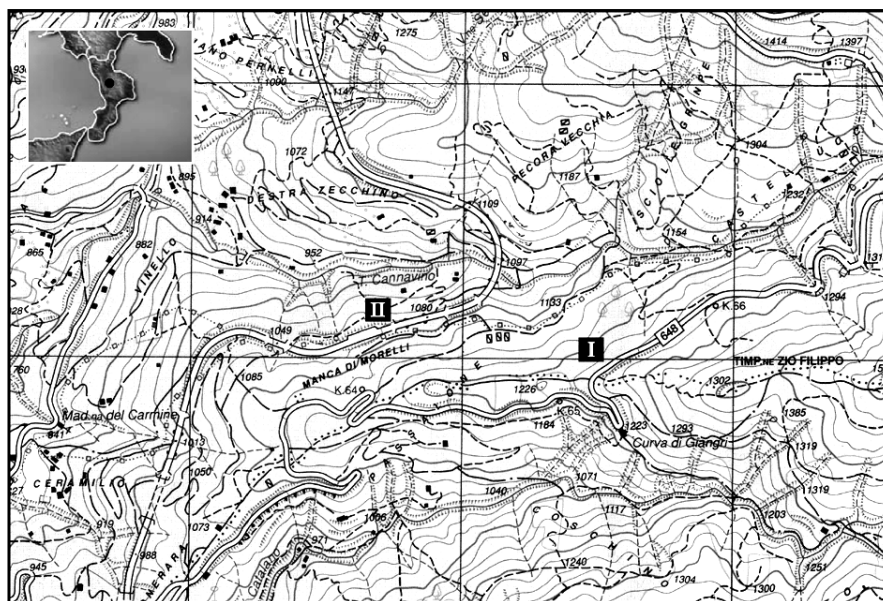


Fig. 1 - Ubicazione geografica dei gruppi di parcelle sperimentali.
Geographic location of the experimental plots.

una gestione finalizzata soprattutto a migliorarne la produttività legnosa e lo stato bioecologico complessivo.

La ricerca si inserisce nel “*Progetto Integrato per la Valorizzazione del Castagno*”, approvato dalla Regione Calabria con deliberazione 7029/1990, che prevede tre fasi successive di attuazione: indagine conoscitiva delle tipologie castanicole presenti nella regione; stesura e applicazione del protocollo sperimentale; analisi dei risultati e proposte di interventi.

Ambiente di studio

Le parcelle sperimentali (Figura 1) ricadono nella Presila tirrenica di Cosenza, nel comune di Celico, in località Timpone Zio Filippo e Manca di Morelli (Foglio IGM 1:25.000 n. 560 sezione IV, Celico, coordinate geografiche accesso aree I: 39°19'0.64"N, 16°22'26.24"E; aree II: 39°19'4.91"N, 16°21'53.33"E), nel bacino montano Arente-Cannavino, a quote comprese tra 1010 e 1220 m s.l.m. La giacitura è di pendio, l'esposizione prevalente nord-ovest, le condizioni di viabilità interna buone.

La stazione di rilevamento meteo, che meglio consente di valutare le caratteristiche climatiche della zona, è quella di Camigliatello Silano (1291 m s.l.m.), posta in linea d'aria direzione nord-est a 4.5 km circa dalle aree, i cui dati medi (REGIONE CALABRIA - ARPACAL 2009) relativi al periodo 1993-2008 sono: apporto meteorico annuo 1272 mm, piovosità mensile massima in novembre (192 mm), minima in luglio (43 mm); temperatura annua 7.5°C, massima mensile in agosto (16.0°C), minima in gennaio (0.7°C). Dal riscontro dei dati generali il clima è di tipo mediterraneo submontano, caratterizzato normalmente da inverni temperati e piovosi ed estati caldi e siccitose. Riguardo la classificazione fitoclimatica di Pavari la stazione è ascrivibile alla sottozona calda del *Fagetum*.

Le aree, secondo la “Carta dei suoli” (REGIONE CALABRIA - ARSSA 2003), ricadono nel sottosistema 12.3, caratterizzato da un substrato costituito da gneiss, scisti e filladi. I suoli, a reazione per lo più acida e moderatamente profondi, risultano ben strutturati, con scheletro frequente e tessitura grossolana e, benché non dotati di un'elevata capacità di ritenuta idrica, sono in grado di sostenere, per la presenza di nebbie e la notevole umidità atmosferica, una densa copertura forestale.

La componente arborea della vegetazione della

zona è caratterizzata in basso da popolamenti di castagno, farnetto (*Quercus conferta* Kit.) e roverella (*Quercus pubescens* Willd.), in alto da formazioni di abete bianco (*Abies alba* Mill.), pino laricio (*Pinus laricio* Poir.) e faggio (*Fagus sylvatica* L.). Allo stato sporadico sono presenti: il cerro (*Quercus Cerris* L.), l'acero opalo (*Acer opalus* Mill.) e montano (*Acer pseudoplatanus* L.), il nocciolo (*Corylus avellana* L.), l'ontano napoletano (*Alnus cordata* Desf.), l'agrifoglio (*Ilex aquifolium* L.).

Materiali e Metodi

Nel 1996, nell'ambito del citato “*Progetto Integrato per la Valorizzazione del Castagno*”, sono state scelte 8 parcelle tra quelle realizzate nel 1992 i cui criteri per l'individuazione e la costituzione sono riportati nel lavoro “*La valorizzazione dei castagneti calabresi. Primo contributo*” (AVOLIO e CLERICI, 2000), al quale si rimanda. In particolare 4 parcelle ubicate ad una quota media di 1200 m s.l.m. (I gruppo), con età del soprassuolo 19 anni, 4 poste a 1050 m di quota (II gruppo), con età 12 anni. L'estensione di ciascuna è 5000 m² (100x50 m) e include al centro un'area di 1200 m² (40x30 m), circondata per la parte restante dalla fascia di isolamento. Ogni area è suddivisa in 3 sub-aree di 400 m² (40x10 m), in ciascuna delle quali sono individuate 30 ceppaie rappresentative dei valori dendrometrici medi (numero, diametro, altezza) e dello stato sanitario dei polloni presenti sulle ceppaie dell'area.

I rilievi stazionali, effettuati nel 1996, hanno accertato nelle parcelle la quota, l'esposizione e la pendenza. Quelli dendrometrici, selvicolturali e fitosanitari, eseguiti nel 1997 (prima e dopo i diradamenti) e nel 2007, sono condotti sui polloni di 720 ceppaie, equamente ripartite tra le 12 sub-aree poste nella parte alta e le 12 situate in basso.

I controlli selvicolturali eseguiti nelle aree hanno permesso di accertare lo stato iniziale bioecologico, strutturale e compositivo dei soprassuoli. Le misurazioni dendrometriche sulle ceppaie delle sub-aree hanno riguardato i diametri (con soglia minima 3 cm a 1.3 m) dei polloni vivi e secchi precedentemente numerati, la loro ripartizione in fusti sottili (diametro < 15 cm), medi (diametro compreso tra 15 e 18 cm) e grossi (diametro > 18 cm), la determinazione dell'età e dell'altezza del fusto di diametro medio (ottenuti dal riscontro a terra su 24 polloni modello abbattuti).

Per il calcolo dei volumi è stata utilizzata la tavola di cubatura a una entrata di CIANCIO e MENGUZZATO (1985), valida per i cedui di castagno della Presila cosentina.

Nei rilievi fitosanitari sono state considerate le due principali patologie del castagno diffuse in Calabria: il “cancro della corteccia” e il “mal dell’inchiestro”, quest’ultima presente soprattutto nei castagneti da frutto. Riguardo alla prima, le indagini sui polloni hanno consentito di caratterizzare gli attacchi della malattia in termini di:

- *localizzazione*, ripartita su tre livelli d'altezza: basale (da 0 a 1.3 m), media (da 1.3 a 3 m), alta (superiore a 3 m);
- *tipologie di infezione*, distinte in: a) cancro iniziale indifferenziato (con fessurazioni superficiali di colorazione giallastra); b) cancro cicatrizzante (con fessurazioni più profonde, rigonfiamento della corteccia e colorazione tendenzialmente all'arancio); c) cancro cicatrizzato (con fessurazioni parzialmente o totalmente rimarginate e di colore scuro); d) cancro intermedio (con fessurazione, depressione e arrossamento della corteccia infetta ed emissione di rami epicormici); e) cancro mortale (con fessurazioni, depressione e arrossamento della corteccia infetta ed emissione di rami epicormici e la parte superiore al cancro morta);
- *incidenza globale della malattia*, intesa come rapporto tra polloni infetti e totale dei polloni.

Va evidenziato che nel 1997, prima del diradamento, non sono state riscontrate, per le varie tesi del primo e secondo gruppo di sub-aree, differenze significative tra i valori dei parametri considerati. Le aree, sottoposte in autunno all'intervento, sono state successivamente recintate con filo spinato per preservarle dal pascolo ovino e caprino.

Il protocollo sperimentale di riferimento è quello applicato nelle 8 aree da AVOLIO e BERNARDINI (*op. cit.*), al quale si rimanda, che ha previsto per i cedui castanili a turno lungo (15-20 anni) della Presila cosentina e per ciascun livello di quota una tesi di controllo e tre tesi di diradamento dal basso. In particolare:

- tesi T, rilascio del soprassuolo alla evoluzione naturale con allontanamento dei soli fusti secchi a terra;
- tesi A, diradamento debole e asportazione dal piano dominato mediamente del 30% dei polloni presenti, secchi e verdi malformati;
- tesi B, diradamento moderato e taglio dal piano dominato e dominante del 43% dei polloni presenti,

secchi e verdi;

- tesi C, diradamento forte ed eliminazione dal piano dominato e dominante del 62% dei polloni presenti, secchi e verdi.

I valori medi per le varie tesi dei dati dendro-auxometrici e fitosanitari riscontrati sulle 30 ceppaie di ogni sub-area sono stati messi a confronto mediante l'analisi della varianza (ANOVA e test post-hoc di Tukey HSD). Le elaborazioni statistiche sono state eseguite mediante il *software* Statistica 7.0 © di StatSoft.

Le misurazioni in bosco sono stati integrate da indagini di laboratorio per caratterizzare gli isolati di *C. parasitica* ottenuti dai campioni raccolti nel 2007. Gli isolamenti sono stati effettuati prelevando frammenti di corteccia infetta dal materiale raccolto e ponendoli in piastre Petri contenenti PDA (DIFCO) arricchito con metionina (100 mg/l) e biotina (10 mg/l) come indicato da ANAGNOSTAKIS (1977). Subcolture degli isolati ottenuti su PDAMB, sono state poste a 27° C per 10 giorni al buio per valutarne le caratteristiche morfologiche in riferimento ai criteri descritti da GRENTÉ e SAURET (1969), BONIFACIO e TURCHETTI (1973) e da TURCHETTI (1978).

Risultati

Aspetti selvicolturali e dendrometrici

Nei due gruppi, prima del diradamento (AVOLIO e CLERICI *op. cit.*), il ceduo risultava puro, matricinato, denso, costituito da un piano dominante e da uno dominato con polloni secchi, sofferenti, malformati e a fusto sottile. Le ceppaie erano distribuite in modo omogeneo sulla superficie delle parcelle. Nel sottobosco si notava la sporadica presenza di altre latifoglie tipiche della fascia vegetazionale della Presila (ontano napoletano, acero opalo e nocciolo) che, per la ridotta luminosità interna, non superavano l'età di 5-6 anni.

Il numero di polloni totali (Npt) risultava compreso tra 114 e 116 nelle sub-aree del primo gruppo (Tabella 1), tra 139 e 149 in quelle del secondo; il rapporto tra numero dei polloni e quello delle ceppaie (Npt/Nc) oscillava tra 3.8 e 3.9 nel primo gruppo, tra 4.5 e 5 nel secondo. Risultavano inoltre differenze minime per i diametri medi (dgt), le aree basimetriche totali (Gt) e i volumi totali (Vt).

Il diradamento ha ridotto la densità dei polloni in percentuali diverse a seconda del grado adottato. In particolare i valori risultano compresi tra 78 e 46 polloni per il primo gruppo, tra 102 e 53 per il secondo.

Tab. 1 - Confronto tra inventari successivi dei parametri dendrometrici delle ceppaie scelte.
Comparison of mensurational parameters for the stools selected over subsequent inventories.

Quota media	Area	Tesi	Anno	Età anni	Nc	Npv	Nps	Npt	Npv/Nc	Nps/Nc	Npt/Nc	dgv cm	dgs cm	dgt cm	Gv m ²	Gs m ²	Gt m ²	Vv m ³	Vs m ³	Vt m ³
1200 m	14	T	1997	20	30	96	20	116	3.2	0.7	3.9	10.8	6.0	10.1	0.87	0.06	0.93	6.10	0.38	6.48
			2007	30	30	51	65	116	1.7	2.2	3.9	15.2	8.3	11.8	0.93	0.35	1.28	6.89	2.36	9.25
	13	A	1997p	20	30	97	17	114	3.2	0.6	3.8	11.1	6.1	10.6	0.96	0.05	1.01	6.74	0.33	7.07
			1997d	20	30	78		78	2.6		2.6	12.5		12.5	0.96		0.96	6.49		6.49
	11	B	2007	30	30	65	13	78	2.2	0.4	2.6	15.4	11.2	14.8	1.23	0.13	1.36	9.08	0.91	9.99
			1997p	20	30	97	17	115	3.2	0.6	3.8	11.5	6.7	10.9	1.00	0.06	1.06	7.11	0.40	7.51
	12	C	1997d	20	30	62		62	2.1		2.1	13.1		13.1	0.84		0.84	6.06		6.06
			2007	30	30	56	6	62	1.9	0.1	2.1	16.0	11.1	15.7	1.15	0.04	1.20	8.55	0.32	8.87
			1997p	20	30	97	17	114	3.2	0.6	3.8	11.6	6.4	10.9	1.01	0.05	1.15	7.18	0.36	7.54
			1997d	20	30	46		46	1.5		1.5	13.9		13.9	0.70		0.70	5.08		5.08
			2007	30	30	42	4	46	1.4	0.1	1.5	17.1	11.8	16.7	0.97	0.04	1.01	7.29	0.29	7.58
1050 m	8	T	1997	13	30	103	44	147	3.4	1.5	4.9	9.4	5.2	8.4	0.73	0.09	0.82	5.06	0.60	5.66
			2007	23	30	60	87	147	2.0	2.9	4.9	13.0	7.3	10.0	0.79	0.36	1.16	5.77	2.42	8.19
	4	A	1997p	13	30	106	37	143	3.5	1.2	4.7	9.8	5.5	8.9	0.79	0.09	0.88	6.01	0.58	6.59
			1997d	13	30	102		102	3.4		3.4	10.3		10.3	0.85		0.85	5.97		5.97
	6	B	2007	23	30	60	42	102	2.0	1.4	3.4	13.5	8.8	11.8	0.87	0.25	1.11	6.28	1.69	7.96
			1997p	13	30	110	29	139	3.7	0.9	4.5	9.8	5.2	8.9	0.83	0.06	0.88	5.74	0.46	6.20
			1997d	13	30	83		83	2.8		2.8	10.8		10.8	0.77		0.77	5.44		5.44
	5	C	2007	23	30	66	17	83	2.2	0.6	2.8	13.6	9.1	12.9	0.97	0.11	1.08	7.02	0.77	7.79
			1997p	13	30	104	45	149	3.5	1.5	5.0	9.7	5.1	8.7	0.77	0.09	0.86	5.33	0.63	5.96
			1997d	13	30	53		53	1.8		1.8	11.7		11.7	0.57		0.57	4.01		4.01
			2007	23	30	46	7	53	1.5	0.3	1.8	15.0	10.7	14.5	0.81	0.06	0.87	5.94	0.42	6.36

Analogamente si sono verificate riduzioni nel rapporto Npt/Nc con valori compresi tra 2.6 e 1.5 nel primo gruppo, tra 3.2 e 1.7 nel secondo.

Il diametro medio presentava, invece, incrementi apparenti che oscillavano tra 1.9 e 3.0 cm nel primo gruppo e tra 1.8 e 3.4 cm nel secondo, in conseguenza dell'effetto tecnico del diradamento che ha eliminato, soprattutto, i polloni di diametro minore.

I rilievi eseguiti dopo 10 anni non hanno evidenziato, nelle sub-aree dei due gruppi, variazioni sia nel numero totale dei polloni sia nel rapporto Npt/Nc.

Il diradamento ha però inciso in modo rilevante sul contenimento della mortalità dei polloni (Figura 2), pur se con effetti diversi nei due gruppi, come risulta dal confronto col numero di polloni secchi (Nps) riscontrato nei rispettivi testimoni. In particolare le minori percentuali di polloni secchi sono state rilevate nel diradamento di grado forte, con valori pari al 9% a 1200 m e al 13% a 1050 m. Effetti positivi sono verificati anche sul valore di dgt nelle sub-aree diradate rispetto ai testimoni. Questo ha determinato la presenza, proporzionalmente al grado adottato, di un maggior numero di polloni appartenenti alla categoria commerciale "fusti medi".

Riguardo gli incrementi percentuali di diametro (Ipdg) area basimetrica (IpG) e volume (IpV) relativi al periodo 1997d - 2007, l'analisi statistica (Tabella 3) evidenzia differenze significative, rispetto al testimone

e al grado B, per i diradamenti di grado A e C operati nelle sub-aree a quota 1050 m e non significative tra le quattro tesi poste a 1200 m. E' comunque da rimarcare che gli incrementi maggiori si riscontrano, in tutte e due le quote, nelle sub-aree sottoposte a diradamento di grado forte (tesi C).

Si registra infine, da ripetute osservazioni condotte in bosco nel corso del decennio, la ricostituzione della copertura arborea anche nelle sub-aree sottoposte a diradamento forte, in accordo con quanto accertato da AMORINI e MANETTI (2002) in cedui castanili della Toscana.

Il ripristino rapido della copertura superiore nelle sub-aree diradate, se da un lato mantiene inalterata la funzionalità protettiva del bosco, dall'altro non

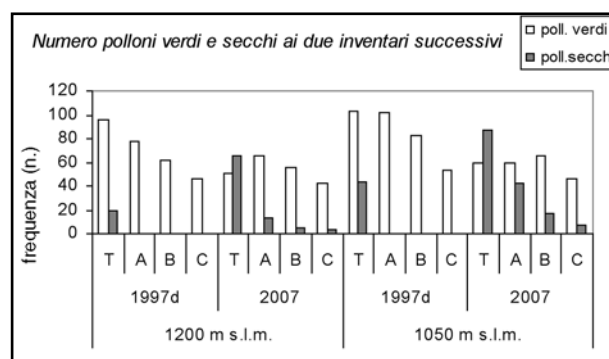


Fig. 2 - Mortalità nel periodo 1997d - 2007.
Mortality in the sub-plots in the period 1997 (after thinning trials) to 2007.

Tab. 2 - Confronto tra inventari successivi dello stato fitosanitario delle ceppaie scelte. Il rilevamento dei cancri intermedi è stato effettuato solo nel 2007.

Comparison of phytosanitary status for the stools selected over subsequent inventories. Intermediate cankers were surveyed only in 2007.

Quota media	Area	Tesi	Anno	Nc	Polloni vivi (n°)			Polloni morti (n°)			Totale polloni (n°)	Incidenza cancro (% polloni infetti)	Localizzazione dell'attacco			Tipologia di cancro (% cancri)				
					sani	infetti		per cancro	altre cause	totali			basale	medio	alto	infez. iniziale	cic/zante	cic/zato	interm.	mort.
1200 m	14	T	1997	30	88	8		1	19	20	116	7.8	41.2	58.8	0.0	5.9	58.8	29.4	0.0	5.9
			2007	30	29	22		1	64	65	116	19.8	13.0	21.7	65.2	0.0	8.7	87.0	0.0	4.3
	13	A	1997	30	92	5		1	16	17	114	5.5	63.6	36.4	0.0	9.1	63.6	18.2	0.0	9.1
			1997d	30	75	3		0	0	0	78	3.8	66.7	33.3	0.0	8.3	75.0	16.7	0.0	0.0
			2007	30	34	31		0	13	13	78	40.0	12.9	16.1	71.0	0.0	3.2	83.9	12.9	0.0
	11	B	1997	30	92	5		2	15	17	114	6.1	58.3	41.7	0.0	8.3	66.7	16.7	0.0	8.3
			1997d	30	60	2		0	0	0	62	3.2	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
			2007	30	42	14		0	6	6	62	22.4	7.1	28.6	64.3	0.0	7.1	71.4	21.4	0.0
	12	C	1997	30	88	9		2	15	17	114	9.3	45.0	55.0	0.0	10.0	60.0	20.0	0.0	10.0
			1997d	30	42	4		0	0	0	46	8.7	25.0	75.0	0.0	6.1	75.0	18.2	0.0	0.0
			2007	30	12	30		0	4	4	46	61.3	3.3	13.3	83.3	0.0	10.0	90.0	0.0	0.0
1050 m	8	T	1997	30	79	24		4	40	44	147	19.0	48.1	51.9	0.0	11.5	61.5	19.2	0.0	7.7
			2007	30	18	42		10	77	87	147	35.2	19.2	34.6	46.2	0.0	9.6	51.9	19.2	19.2
	4	A	1997	30	91	15		2	35	37	143	11.7	68.8	31.3	0.0	9.4	62.5	21.9	0.0	6.3
			1997d	30	91	11		0	0	0	102	10.4	71.2	28.6	0.0	6.1	83.3	10.6	0.0	0.0
			2007	30	13	47		3	38	41	101	50.5	12.0	18.0	70.0	0.0	12.0	60.0	22.0	6.0
	6	B	1997	30	90	20		2	27	29	139	16.6	42.9	57.1	0.0	11.9	61.9	21.4	0.0	4.8
			1997d	30	73	10		0	0	0	83	11.9	40.0	60.0	0.0	10.0	70.0	20.0	0.0	0.0
			2007	30	41	25		2	15	17	83	31.9	22.2	37.0	40.7	0.0	7.4	55.6	29.6	7.4
	5	C	1997	30	81	23		1	44	45	149	15.9	57.4	42.6	0.0	25.5	59.6	12.8	0.0	2.1
			1997d	30	48	5		0	0	0	53	10.1	60.6	39.4	0.0	21.2	72.7	6.1	0.0	0.0
			2007	30	9	37		2	5	7	53	75.1	30.8	23.1	46.2	0.0	7.7	76.9	10.3	5.1

Tab. 3 - Incrementi percentuali di diametro, area basimetrica e volume. Le lettere affiancate alle medie ne indicano le differenze statisticamente significative (ANOVA, $p < 0.01$). Nella fascia posta a 1200 metri si riscontrano per tutti i parametri differenze non significative tra le quattro tesi. *Percentage increments of diameter, basal area and volume. Means followed by different letters are significantly different ($p < 0.01$) according to ANOVA. No significant differences were found among the four theses at the elevation of 1200.*

Quota	Tesi	lpdg		lpG		lpV	
1200 m	T	16.5	ns	38.0	ns	42.6	ns
	A	18.4		42.1		45.9	
	B	19.6		42.8		46.8	
	C	20.3		46.2		50.4	
1050 m	T	18.3	B	40.3	B	43.3	B
	A	14.6	A	30.2	A	33.4	A
	B	19.1	B	40.9	B	44.4	B
	C	23.6	C	52.6	C	56.8	C

consente ancora che si creino, al suo interno, le condizioni necessarie per l'insediamento e l'affermazione della rinnovazione di altre specie forestali autoctone.

Aspetti fitosanitari

Nella prima fase delle indagini (1997) sono stati esaminati i polloni (1276) di 120 ceppaie situate nella parte alta a 1200 m e quelli (1633) di altrettante ceppaie selezionate alla quota di 1050 m. Il numero dei polloni è successivamente diminuito per effetto dei diradamenti

e le osservazioni sono state effettuate su 908 polloni posti a 1200 m e sui rimanenti 1154 del secondo gruppo di ceppaie situate a 1050 m. Il medesimo numero di polloni e ceppaie è stato riesaminato nel 2007.

Su alcune piante situate nella quota più bassa (1050 m) sono stati osservati: microfillia, ingiallimenti della chioma, ricci portati alle estremità dei rami e la caratteristica necrosi a "fiamma" o a "diagramma" al colletto, tipici sintomi del "mal dell'inchiostro". La diffusione di tali piante sintomatiche era talmente scarsa da non risultare presenti all'interno delle aree di saggio.

Inizialmente è stata rilevata una minore incidenza del cancro corticale alla quota alta; infatti la percentuale media di polloni infetti corrispondeva all'8% alla quota superiore ed al 16% a quella inferiore (Tabella 2).

L'agente patogeno *C. parasitica* nell'arco di 10 anni, come risulta dai rilievi effettuati, è dilagato nei soprassuoli in esame con percentuali medie del 36% alla quota maggiore, e in quella minore con valori medi di 48%. Il diradamento moderato (B), come risulta dal confronto con il testimone, ha influito positivamente sull'evoluzione fitosanitaria dei soprassuoli per il minor aumento di polloni infetti sia alle quote più basse che in quelle più elevate (Tabella 4). L'intervento forte (C), ha determinato un incremento significativo delle

Tab. 4 - Variazione media percentuale al 2007, rispetto al 1997 prima dei diradamenti, della frequenza dei cancri per ognuna delle categorie considerate (tre posizioni sul fusto e quattro tipologie di cancro). Non è riportato il cancro intermedio perché non rilevato nell'anno 1997. Le lettere minuscole esprimono livello di significatività $p < 0.05$, le lettere maiuscole $p < 0.01$ (ANOVA).

Mean percentage variation in 2007, as compared with 1997 before thinning trials, of cankers frequency for each category (three positions on the stem and four types of cancer). Intermediate cancer type is not reported because it was not surveyed in 1997. Small and capital letters indicate, respectively, the $p < 0.05$ and $p < 0.01$ significance level (ANOVA).

Quota	Tesi	Localizzazione cancri (variazione % 1997-2007)						Tipologie di cancro (variazione % 1997-2007)							
		basale		media		alta		Infez. iniziali		cicatrizzante		cicatrizzato		mortale	
1200 m	T	-28.13	A	-37.08	B	65.22	a	-5.88	ns	-50.13	ns	57.55	ns	-1.54	A
	A	-50.73	BC	-20.23	A	70.97	ab	-9.09		-60.41		65.69		-9.09	B
	B	-51.19	C	-13.10	A	64.29	a	-8.33		-59.52		54.76		-8.33	B
	C	-41.67	B	-41.67	B	83.33	b	-10.00		-50.00		70.00		-10.00	B
1050 m	T	-26.92	A	-19.23	ab	46.15	A	-11.54	A	-51.92	ns	32.69	A	11.54	b
	A	-56.75	B	-13.25	a	70.00	B	-9.38	A	-50.50		38.13	A	-0.25	a
	B	-20.63	A	-20.11	b	40.74	A	-11.90	A	-54.50		34.13	A	2.65	ab
	C	-26.68	A	-19.48	ab	46.15	A	-25.53	B	-51.88		64.16	B	3.00	ab

infezioni in entrambi i gruppi di parcelle sperimentali nei due livelli di altitudine, per il possibile effetto delle numerose ferite predisponenti le infezioni.

Nei primi rilievi è stato osservato, in tutte le aree visitate, che gran parte dei cancri era localizzata sui polloni in posizione basale e media. Durante il decennio successivo si sono verificati: una netta diminuzione della concentrazione delle infezioni sulle due posizioni citate, anche se con intensità diversa per effetto dei diradamenti, e un notevole incremento delle infezioni sulle porzioni più alte dei fusti, indipendentemente dagli interventi selvicolturali attuati.

La mortalità, causata da fattori diversi dalla malattia, ancor prima dell'esecuzione dei diradamenti appariva piuttosto elevata con valori medi del 17% e del 28% nelle parcelle poste rispettivamente alla quota alta e a quella più bassa. Nel corso del decennio delle indagini l'incremento di polloni morti per il cancro corticale è risultato limitato e non significativo in tutte le aree visitate, indipendentemente dagli interventi (Tabella 5). La tendenza alla riduzione delle infezioni mortali è rilevabile nei cedui situati nella parte più alta, mentre un aumento è percepibile nel testimone della quota inferiore per effetto delle differenti condizioni stazionali e, probabilmente, per la minor vigoria dei polloni di diametro più piccolo. E' da precisare che la maggioranza dei polloni uccisi dal cancro si trovava in condizioni di sofferenza perché si trattava di soggetti dominati e deperienti sulle ceppaie. I diradamenti sono stati efficaci per l'eliminazione delle infezioni mortali su tutte le replicazioni della quota più alta e hanno fortemente ridotto l'incidenza dei cancri mortali in quelle disposte più in basso.

Gli effetti mortali di fattori diversi, soprattutto della competizione intraspecifica fra ceppaie e polloni, si sono verificati con elevata intensità nei testimoni e più contenuti nelle parcelle trattate. Numerosi polloni morti presentavano evidenti lesioni e danni causati dagli animali selvatici, mentre per altri la mortalità, soprattutto nella parte alta della chioma, potrebbe essere imputata agli effetti di fattori meteorici.

La predominanza dell'ipovirulenza è apparsa netta, fin dall'inizio delle indagini, con oltre il 70-80% di cancri cicatrizzati e cicatrizzanti presenti in tutte le parcelle sperimentali di entrambi i livelli considerati; nella prima fase è stata rilevata la totale prevalenza delle infezioni cicatrizzanti con valori non inferiori al 59%. Nell'arco di 10 anni è avvenuta la trasformazione dei suddetti cancri da cicatrizzanti in cicatrizzati, confermando i risultati delle indagini effettuate in alcuni cedui della Toscana (TURCHETTI *et al.* 2008).

Tab. 5 - Analisi statistica analoga a quella riportata in tabella 4, qui riferita ai parametri sopraindicati che esprimono l'incidenza complessiva della malattia sui popolamenti.

Statistical analysis (as the one reported in Table 4) here referred to the variation (1997-2007) in percentage of (total, live, dead) infected sprouts, and percentage of sprouts dead because of different causes.

Quota	Tesi	Variazione % polloni 1997-2007							
		infetti totali		infetti vivi		morti per cancro		morti per altre cause	
1200 m	T	11.75	A	12.04	A	-0.28	ns	38.85	B
	A	34.51	B	35.39	B	-0.88		2.55	A
	B	16.32	A	17.78	A	-1.46		-3.32	A
	C	51.96	C	56.98	C	-1.46		-5.38	A
1050 m	T	15.66	A	12.40	A	4.02	ns	25.41	C
	A	38.84	B	36.06	B	1.46		13.78	C
	B	15.27	A	15.58	A	1.22		-1.08	B
	C	59.23	C	54.73	C	3.36		-20.81	A

Nelle sub-aree dislocate a 1200 m tale evoluzione si è verificata indipendentemente dagli interventi selvicolturali, mentre alle quote più basse è stato rilevato un aumento significativo delle infezioni cicatrizzate nelle subaree sottoposte al diradamento più forte (C). Molti polloni presentavano, in entrambi i livelli di altitudine, fusti affetti da vari cancri cicatrizzanti e cicatrizzati spesso in numero di tre o anche superiore.

Isolati morfologicamente differenti sono stati ottenuti nel corso degli esami di laboratorio con numerose colture riferibili ai ceppi bianchi ed intermedi. Gli isolati intermedi sono apparsi predominanti pur in presenza di svariate colture bianche con scarsi picnidi, che rappresentano i caratteri tipici dei ceppi ipovirulenti. Ceppi normali o mortali sono stati isolati, anche se in quantità inferiore, da rametti uccisi dai cancri.

Discussione e conclusioni

In merito agli aspetti selvicolturali, dendro-auxometrici e fitosanitari indagati le prove ribadiscono l'importanza dei diradamenti nella gestione e valorizzazione dei cedui di castagno (CIANCIO e NOCENTINI 2004; MANETTI *et al.* 2007).

Per quelli selvicolturali il turno verificato nelle aree sperimentali è quello lungo, consuetudinario per la Presila cosentina (REGIONE CALABRIA *op. cit.*). Le aree a quota più bassa, di 13 anni, sono state sottoposte al primo diradamento per condurre il soprassuolo verso il taglio di utilizzazione previsto dalle "Prescrizioni di massima e di polizia forestale" per la provincia di Cosenza. Nelle aree situate in alto, di 20 anni, è stato invece operato un taglio finalizzato all'allungamento del turno per l'ottenimento di assortimenti legnosi pregiati (AMORINI *et al.* 2007) particolarmente richiesti anche dal mercato siciliano e toscano.

Dopo 10 anni i risultati degli interventi eseguiti confermano nelle 8 aree un miglioramento della stabilità biologica dei popolamenti, rendendo compatibile il prelievo legnoso dal bosco col mantenimento delle funzioni produttive ad esso richieste e senza penalizzare quelle idrogeologiche e protettive.

Nell'attuazione degli interventi, l'eliminazione dei polloni secchi ha prodotto, nel periodo considerato sia nella parte bassa sia in quella alta, una riduzione della mortalità sui fusti rilasciati in modo direttamente proporzionale al grado adottato. In ogni caso, tale mortalità risulta, per le aree diradate, sempre nettamente inferiore rispetto a quella registrata nei testimoni.

Riguardo i valori medi assoluti di diametro, area basimetrica e volume, i diradamenti hanno prodotto, rispetto ai testimoni e per entrambe le quote, un consistente aumento nel primo e una riduzione nel secondo e nel terzo parametro, tranne che per la tesi A a 1200 m.

Per i relativi incrementi percentuali, non sono stati conseguiti effetti considerevoli nelle sub-aree poste a 1200 m, mentre a 1050 m si sono rilevati significativi incrementi nelle tesi A e C rispetto al testimone e al grado B.

Nelle sub-aree sottoposte a diradamento forte, inoltre, i polloni assumono portamento dominante e aspetto maggiormente vigoroso per la minore competizione radicale e aerea, con riflessi positivi anche sulle infezioni del cancro della corteccia, soprattutto se originate da isolati ipovirulenti ed intermedi di *C. parasitica*.

La malattia si diffonde su tutti i livelli delle piante indipendentemente dai diradamenti e, nell'arco di dieci anni, la localizzazione delle infezioni e dei cancri si è spostata dai piani più bassi a quelli elevati. L'incidenza del cancro della corteccia è notevole in tutte le sub-aree esaminate, sebbene il suo impatto non risulti così mortale e dannoso come nel passato (testimoniato dalla presenza di grosse branche e polloni disseccati ed ancora visibili in castagneti adiacenti), anzi il numero di polloni morti per la malattia può essere valutato come irrilevante nelle sub-aree esaminate e conforme ai risultati di precedenti indagini in vari castagneti italiani (TURCHETTI *et al.* 2009).

Ben altra importanza è assunta dagli altri fattori di mortalità, che richiedono maggiore attenzione, quali: la competizione tra i polloni e tra le ceppaie in conseguenza di densità eccessive e mancanza di tagli intercalari, dell'attività di animali selvatici, degli effetti di eventi climatici e meteorici come ad esempio periodi prolungati di intensa piovosità o siccità. Ne deriva che un esame sommario del livello di mortalità può indurre ad errate interpretazioni sulla natura dei danni, o sopravvalutando quelli determinati dalla malattia o sottovalutando quelli legati ad altre cause.

La presente ricerca evidenzia che la selvicoltura, come già rilevato in precedenti indagini (AMORINI *et al.* 2001), può operare autonomamente prescindendo dalla presenza della malattia e qualsiasi diradamento, anche di grado forte, può essere proposto per il conseguimento degli assortimenti più richiesti dal mercato. A seconda dell'intensità e frequenza degli interventi si può ottenere paleria per molteplici impieghi, fino

al legname da opera (travi e tavole).

Sotto l'aspetto più generale, anche se bisognerà aspettare qualche altro anno per valutare sperimentalmente il grado migliore dei diradamenti eseguiti, può anticiparsi, sulla base dei risultati fin qui conseguiti, che gli interventi di grado compreso tra il forte (60-65% di N) e medio (45-50%) assicurano effetti biologici migliorativi.

Presupposto fondamentale è che sia anche garantita nella parte agamica dei popolamenti la permanenza e la diffusione naturale dell'ipovirulenza, la cui presenza è stata confermata dagli esami di laboratorio. Sotto questo profilo, i cedui possono essere considerati focolai per la diffusione naturale degli isolati ipovirulenti, a vantaggio non soltanto dell'evoluzione di tali soprassuoli, ma dell'intero settore, considerando l'importanza elevata che rivestono i cedui di castagno nella Sila in Calabria e nelle altre regioni italiane in cui la tipologia forestale è presente.

Ringraziamenti

Hanno collaborato nei rilevamenti in bosco gli operatori tecnici Giuseppe Iannuzzi e Carlo Di Marco e gli operai agricoli a T.D. Enzo Calabrese e Gino Scarpelli dell'Unità di Ricerca.

Si ringraziano i Revisori anonimi per gli efficaci suggerimenti che hanno migliorato la stesura definitiva del lavoro.

Bibliografia citata

- AMORINI E., MANETTI M. C., TURCHETTI T., SANSOTTA A., VILLANI F. 2001 - *Impact of silvicultural system on Cryphonectria parasitica incidence and on genetic variability in a chestnut coppice in Central Italy*. For. Ec. and Manag., 142: 19-31.
- AMORINI E., MANETTI M. C. 2002 - *Selvicoltura nei cedui di castagno. Sostenibilità della gestione e produzione legnosa di qualità*. Volume "Il bosco ceduo in Italia". Acc. It. Sc. For.: 219-248, Firenze.
- AMORINI E., BECAGLI C., CONEDERA M., MANETTI M. C., PIVIDORI M., ZINGG A. 2007 - *Produzione di legname di qualità da cedui di castagno (Castanea sativa Mill). Confronto tra due diverse modalità colturali*. 6° Congresso Nazionale SISEF Arezzo, 25-27 sep. 2007. Contributo n. 6.5.32 [online <http://www.sisef.it>].
- ANAGNOSTAKIS S.L. 1977 - *Vegetative incompatibility in Endothia parasitica*. Expep. Mycol., 1: 306-316.
- AVOLIO S. 1987a - *Il castagno nell'Italia meridionale*. Cellulosa e Carta, 3: 12-23.
- AVOLIO S. 1987b - *Il castagno nell'Italia meridionale*. Cellulosa e Carta, 4: 3-13.
- AVOLIO S. 1998 - *Analisi ed orientamenti della castanicoltura in Calabria*. Atti della "Giornata preparatoria al Secondo Congresso Nazionale di Selvicoltura": 141-181, Crotone.
- AVOLIO S., CLERICI E. 2000 - *La valorizzazione dei castagneti calabresi: primo contributo*. Ann. CRA Ist. Sper. Selv., Vol. 31: 3-25, Arezzo.
- AVOLIO S., BERNARDINI V. 2005 - *Risultati di diradamenti sperimentali in cedui di castagno calabresi a diversa quota e densità*. Atti del IV Convegno Nazionale Castagno 2005: 177-180, Montella.
- AVOLIO S., CLERICI E., TURCHETTI T. 2005 - *Paline castanili calabresi: correlazioni tra parametri selvicolturali e impatto della Cryphonectria parasitica*. Atti del IV Convegno Nazionale Castagno 2005: 206-210, Montella.
- BONIFACIO A., TURCHETTI T. 1973 - *Differenze morfologiche e fisiologiche in isolati di Endothia parasitica (Murr) And*. Ann. Acc. Ital. Sci. For., 22: 111-131, Firenze.
- CIANCIO O., MENGUZZATO G. 1985 - *Sull'epoca dei tagli dei cedui di castagno*. Ann. Ist. Sper. Selv., XVI: 251-277, Arezzo.
- CIANCIO O., NOCENTINI S. 2004 - *Cedui di castagno*. Volume "Il bosco ceduo Selvicoltura Assestamento Gestione": 253-259. Acc. Ital. Sci. For., Firenze.
- GRENTE J., SAURET S. 1969 - *L'hypovirulence exclusive, phénomène originel en pathologie végétale*. C. R. Hebd. Seance Acad. Sci., 268: 2347-2350.
- MANETTI M. C., BECAGLI C., AMORINI E. 2007 - *Produzione di legname di qualità da cedui di castagno (Castanea sativa Mill). Caratterizzazione degli assortimenti ritraibili a 30 anni*. 6° Congresso Nazionale SISEF Arezzo, 25-27 sep. 2007. Contributo n. 6.5.31 [online <http://www.sisef.it>].
- REGIONE CALABRIA 2009 - *Consultazione banca dati meteoroidrologici*. A.R.P.A.CAL. [On Line www.arpacalabria.it]
- REGIONE CALABRIA 2007 - *Piano Forestale Regionale 2007-2013*. Assessorato Agricoltura, Foreste e Forestazione.
- REGIONE CALABRIA 2003 - *I suoli della Calabria*. Programma Interregionale Agricoltura - Qualità, Misura 5: 1-387. ARSSA Servizio Agropedologia.
- TURCHETTI T. 1978 - *Some observation on the "Hypovirulence" of chestnut blight in Italy*. Proceedings of the American Chestnut Symposium: 92-94, Morgantown (WV) U.S.A.
- TURCHETTI T. 1994 - *Some aspects of natural spread of Hypovirulence in Italy*. Proc. I International chestnut Conference Morgantown 1992, Ed. by Double M.L., Mac Donald W.H., Morgantown University Press: 161 - 164.
- TURCHETTI T., FERRETTI F., MARESI G., 2008 - *Natural spread of Cryphonectria parasitica and persistence of hypovirulence in three Italian coppiced chestnut stands*. For. Path. 38: 227-243.
- TURCHETTI T., ADDARIO E., MARESI G., 2009 - *Situation and evolution of sanitary status in chestnut stands*. Proceedings of the 1st European Congress on Chestnut - Castanea 2009. Acta Horticulturae.

Le fustaie di cerro del Molise. Analisi del trattamento del passato per le attuali scelte selvicolturali[§]

Paolo Cantiani^{1*}, Fabrizio Ferretti², Francesco Pelleri¹, Dalila Sansone¹, Giovanni Tagliente²

Accettato il 27 settembre 2010

Riassunto – Si riportano i risultati di un'indagine sul trattamento selvicolturale operato in passato nelle cerrete del Molise attraverso l'analisi del contenuto della serie storica dei piani di assestamento delle proprietà comunali della regione e di altra documentazione storica. In Molise l'assestamento ha una tradizione importante ed è quindi possibile ripercorrere con continuità le vicende della gestione dei boschi regionali. Tramite documenti di archivio e le relazioni desunte dai piani di assestamento più vecchi, viene descritto il trattamento delle cerrete precedentemente alla fase di pianificazione forestale attiva. Si analizzano quindi le scelte gestionali dell'assestamento del secolo scorso in relazione alle esigenze economiche e sociali dell'epoca. Nel territorio di un Comune (Carovilli, Isernia) è stata analizzata l'efficacia del trattamento applicato alla cerreta, valutando come le scelte gestionali abbiano influito sulla struttura di quattro popolamenti in stadi evolutivi successivi (crono-sequenza da 1 a 125 anni). L'analisi conferma l'efficacia del trattamento a tagli successivi per le fustaie di cerro del Molise.

Parole chiave: *Quercus cerris, Molise, trattamento selvicolturale, pianificazione, gestione, analisi storica.*

Abstract – The Turkey oak high forests in the Molise region (central Italy). Analysis of past silvicultural system and current management choices. Aim of the work is to provide further knowledge on the silvicultural system applied to *Quercus cerris* high forests in the Molise Region (Central Italy). An historical analysis, based on a number of forest management plans applied since 1940 referred to 19 municipalities and on other historical documents, is provided in the paper. Forest management has been traditionally applied in the Molise Region and therefore is at now possible to reconstruct in detail the management of the forests of Molise Region. The historical study has been integrated with the analysis of a chronosequence including four steps of stand development in a Turkey oak stand: the regeneration phase (1-2 yrs) - the unthinned young stand (46 yrs) - the unthinned adult stand (aged 60 to 100) - the mature stand (126 yrs). Mensurational surveys were carried out at each phase in order to characterize both stand structure and derive information on the silvicultural practices applied in the past, but not documented in the available papers. The stand age was determined by tree coring and count of annual rings. At the beginning of the last century, the silvicultural system to be applied in oak high forests wasn't strictly defined and a particular kind of selection cutting was carried out. It was named *taglio a salto per sezioni* i.e. "compartment selection cutting", partly leading back to a real selection cutting, partly to a shelterwood system. The use of the reported silvicultural system gave rise to irregular forest structures and led to management problems well-described in the management plans at the end of 1940s. Another consequence of the applied practices was the absence or the inadequate natural regeneration establishment. The contemporary unregulated practice of grazing the forest floor contributed to the unsuccessful regeneration and made the situation worse. The presence of an understorey layer made up by sproutings from *Carpinus betulus* stools clearcutting, was a further hindrance to the establishment of natural oak regeneration. In the fifties, the rate of forest management increased as a consequence of the coming up economic concern in sleeper production. The silvicultural shelterwood system was therefore codified. The system resulted to be more effective and adopted up to the present time. The traditional shelterwood system was based on a 90 yrs rotation length, three thinnings performed from the age of 25 up to 75, time of the seed cutting with a release of 90 trees per hectare. In the seventies, following the much more reduced and even null concern in wood production from oak high forests, practices into the same forests were suspended or postponed. At now, the renewed concern for fuelwood production, the only assortment marketable, as well as the increased attention paid to the multifunctional role of these forests, made again actual the problem of oak high forest management. The effectiveness of shelterwood system is the main outcome of the documental analysis performed. The study of the Carovilli's chronosequence confirmed the close link between the current stand structures and the prescribed rules adopted in the past, in accordance with the management plans. The experimental trials in progress are now focused at defining an improvement of the shelterwood system practice as for the following issues: reduction of cutting areas; establishment of a more complex structural mosaic at neighbouring forest patches, setting up of a consistent release of seed trees i.e. number and dendrotypes to be selected at the purpose, with a special care to the crown cover to the forest floor, effective control of the understorey development due to the resprouting of *Carpinus betulus* stools, to enhance the establishment of oak natural regeneration.

Key words: *Turkey oak high forest, Molise region, silvicultural system, natural regeneration, forest planning and management, historical analysis, chronosequence.*

F.D.C.: 22:176. 1 Quercus cerris: (450.65)

[§] Il lavoro è stato realizzato con il contributo della Regione Molise nell'ambito della "Convenzione nel quadro dell'accordo di programma operativo per attività di ricerca e sviluppo nel settore forestale per la definizione dei tipi forestali regionali e per la progettazione e la realizzazione della carta forestale regionale" e del MiPAAF nell'ambito del progetto "COLLEZIONI E A-OR- Mantenimento di collezioni, banche dati ed altre attività di rilevante interesse pubblico"

¹ CRA-SEL Centro di Ricerca per la Selvicoltura, Arezzo

² CRA-SFA Unità di Ricerca per la Gestione dei Sistemi Forestali dell'Appennino, Isernia

* Autore corrispondente paolo.cantiani@entecra.it

Premessa

Le cerrete, secondo l'inventario forestale nazionale, occupano in Italia una superficie di 188769 ettari, pari al 21% delle formazioni a prevalenza di cerro (IFNC 2008). Il dato sovrastima le effettive fustaie originate da seme perché comprende anche le fustaie di origine agamica non accertate al momento del rilievo. In Molise le fustaie di cerro occupano 11713 ettari (26% dei boschi regionali).

Il cerro in Molise ha il suo ottimo climatico e stazionale nella fascia del *Castanetum*, tanto che DI TELLA (1919) conia il termine *Cerretum* per le stazioni regionali più adatte alla specie da un punto di vista edafico-climatico; ciò ha consentito nel tempo lo svolgimento di una selvicoltura, a scopo prevalentemente produttivo, attiva e continuativa. La lunga tradizione selvicolturale e gestionale delle fustaie di cerro in Molise è stata fortemente legata alla produzione di traversine ferroviarie. Nonostante la perdita d'interesse del mercato per questo assortimento, la rilevanza economica attuale delle cerrete è assicurata dalla produzione di legna da ardere, la cui richiesta è in fase di crescita (IORIO 2008).

La sperimentazione sul trattamento selvicolturale delle fustaie di cerro in Italia si è concentrata fino ad oggi su: (i) gli aspetti auxometrici con la realizzazione di tavole di cubatura e di produzione locali (ANTONIOTTI 1950a,b; PATRONE 1958; GUALDI 1967; 1974a,b; PAGANUCCI 1975); (ii) l'analisi strutturale di popolamenti e ipotesi di trattamento e di gestione selvicolturale (CANTIANI e MASSEI 1986; GUIDI *et al.* 1991; AGRIMI *et al.* 1991; GUIDI e MANETTI 1992; BERNETTI 1995; LA MARCA 1994; CIANCIO *et al.* 1995; PORTOGHESI *et al.* 2005; BERNETTI 2007; DEL FAVERO 2008; MANETTI e GUGLIOTTA 2009); (iii) la sperimentazione sul trattamento nelle fasi giovanili della cerreta (LA MARCA *et al.* 1989; LA MARCA *et al.* 1996; LA MARCA e NOTARANGELO 2009). Ai recenti contributi sull'analisi delle esigenze eco-fisiologiche per la rinnovazione del cerro, non si è affiancata la sperimentazione sulle modalità del trattamento selvicolturale per favorire il processo di rinnovazione naturale delle fustaie di cerro. In pratica, gli auspici di una sperimentazione sul trattamento delle fustaie di cerro, specificatamente per la sua rinnovazione naturale, espressi già da DE PHILIPPIS in una monografia sulla specie in Italia (1941), non sono stati ancora recepiti. In molti casi ciò ha concorso a determinare il fallimento degli interventi per la rinnovazione delle cerrete in Molise nel corso

degli ultimi decenni.

Vista la carenza di sperimentazione sulla selvicoltura delle fustaie di cerro, diventa di particolare importanza l'analisi delle scelte del trattamento delle cerrete operate dall'asestamento forestale nel corso del secolo scorso.

La pianificazione forestale in Molise è stata, ed è ancora oggi, particolarmente attiva. Gran parte dell'asestamento dei boschi regionali è stato realizzato fin dai suoi inizi da Patrone, che ha firmato numerosi piani di gestione di boschi comunali, contribuendo anche, con la coerenza del metodo adottato, a realizzare una sorta di metodologia standardizzata di pianificazione forestale a scala regionale che si è poi protratta nel tempo. La qualità e l'accuratezza della descrizione delle scelte selvicolturali effettuate in fase di piano hanno fatto sì che, per determinate formazioni forestali, il trattamento selvicolturale sia stato effettivamente codificato contestualmente alle prescrizioni dei piani di asestamento. In particolare il Piano di Asestamento di Carovilli del 1951 ha rappresentato un vero e proprio esempio di selvicoltura applicata della fustaia di cerro. La descrizione delle specifiche del trattamento della cerreta prescritte nel Piano e derivanti dall'analisi critica dei modelli alsometrici di DI TELLA (1919) e ANTONIOTTI (*op. cit.*) sono state in seguito spesso riproposte letteralmente negli studi e monografie sul trattamento selvicolturale delle fustaie di cerro in Italia (DE PHILIPPIS 1955; CORTI e PAVARI 1955; ECCHER *et al.* 1986; BERNETTI 1985; CORONA e LA MARCA 1989).

Obiettivo del lavoro è apportare un contributo alla conoscenza delle modalità del trattamento delle cerrete molisane che sia di utilità per le scelte selvicolturali del futuro.

Materiali e metodi

Indagine storica

La ricostruzione storica del trattamento delle fustaie coetanee di cerro in Molise si è basata sull'analisi del contenuto della serie di piani di asestamento redatti a partire dalla fine degli anni '40, per gran parte del patrimonio forestale di proprietà comunale. Sono stati analizzati tutti i piani nei quali veniva fatto riferimento alla compresa "fustaia coetanea di cerro", per un totale di 19 piani redatti per 9 comuni a cui si è aggiunto il Piano di gestione naturalistica della foresta Feudozzo (Castel di Sangro, AQ) fuori dal territorio

regionale (Tabella 1). L'arco temporale analizzato va dal secondo dopoguerra all'attualità, con un picco negli anni '60. Per tutti i comuni, eccetto due casi, al primo piano è seguita almeno una revisione, pertanto è possibile seguire la gestione delle cerrete attraverso almeno due piani successivi; il piano di primo impianto contiene generalmente indicazioni di carattere storico

Tab. 1 - Lista dei piani di assestamento consultati.
List of the forest management plans consulted within the historical analysis.

CAROVILLI

Piano di assestamento dei boschi del comune di Carovilli (IS) per il decennio 1949/1959. G. Patrone
Piano di assestamento dei boschi del comune di Carovilli (IS) per il decennio 1961/1970. G. Patrone

CASTEL DEL GIUDICE

Piano di assestamento del bosco del Comune di Castel del Giudice (IS) per il decennio 1955/1965. G. Patrone
Piano di assestamento dei boschi del Comune di Castel del Giudice (IS) per il decennio 2002/2011. G. Milanese

CHIAUCI

Piano di assestamento del Comune di Chiauci (IS) per il decennio 1954/1964. G. Patrone
Piano di assestamento dei boschi del Comune di Chiauci (IS) per il decennio 1998/2007. G. Milanese

FEUDOZZO

Piano di gestione naturalistica della foresta "Feudozzo" per il decennio 1980/1989. O. La Marca - Istituto di Assestamento forestale dell'Università di Firenze

GUARDIAREGIA

Piano di assestamento del bosco del Comune di Guardiaregia (CB) per il decennio 1952/1962. G. Patrone
Piano di assestamento del Comune di Guardiaregia (CB) per il dodicennio 1966/1977. G. Patrone
Piano di assestamento dei boschi per il Comune di Guardiaregia per il dodicennio 1981/1992. P. Rossi Marchese

MONTEFALCONE DEL SANNIO

Piano di assestamento dei boschi del Comune di Montefalcone del Sannio (CB) G.N. Ferrara
Piano di assestamento dei beni silvo-pastorali di proprietà del Comune di Montefalcone del Sannio (CB) per il ventennio 1987/2006. N. Pavone

SAN PIETRO AVELLANA

Piano di assestamento del Comune di San Pietro Avellana (IS) per il decennio 1960/1969. G. Patrone

PESCOLANCIANO

Piano di assestamento dei boschi del Comune di Pescolanciano (IS) per il dodicennio 1948/1960. G. Patrone
Piano di assestamento del Comune di Pescolanciano (IS) 1994/2003. S. Matini

TRIVENTO

Piano di assestamento del bosco Montagna del Comune di Trivento (CB) per il decennio 1951/1961. G. Patrone
Revisione del piano di assestamento forestale del bosco Montagna di proprietà del Comune di Trivento (CB) per il decennio 1991/2011. N. Pavone

TUFARA

Piano di assestamento dei boschi del Comune di Tufara (CB) per il tredicennio 1950/1963. G. Patrone
Piano di assestamento del Comune di Tufara (CB) per il tredicennio 1960/1963. G. Patrone

e analisi critiche dei trattamenti selvicolturali fino ad allora applicati, che consentono di comprendere le problematiche descritte e di ricostruire indirettamente i criteri della gestione pregressa.

I piani di gestione analizzati si presentano omogenei per impostazione e contenuto, soprattutto tra la prima fase di pianificazione e la successiva revisione. L'analisi ha riguardato i contenuti della descrizione delle comprese, delle singole descrizioni particellari e dei piani dei tagli.

Crono-sequenza di Carovilli

L'analisi dell'assetto delle cerrete attuali in funzione del trattamento selvicolturale operato in passato è stata effettuata nel comune di Carovilli nel territorio dell'Alto Molise (Isernia). Le cerrete di Carovilli, per la loro distribuzione in classi cronologiche a parità di trattamento e di condizioni stagionali, rappresentano un utile caso di crono-sequenza per questa formazione forestale. Sono stati predisposti specifici protocolli di rilievo dendrometrico e le risultanti degli inventari sono state messe in relazione alle scelte colturali dedotte dai piani di gestione (PATRONE 1949; PATRONE 1961) ed alla documentazione storica disponibile, oltre a determinazioni dirette (valutazioni cronologiche tramite lettura delle cerchie anulari).

Le cerrete di Carovilli sono costituite da tre corpi distinti geograficamente (Ficora, Selva di Castiglione e San Leo), omogenei al loro interno per età e trattamento pregresso, per una superficie complessiva di 667 ettari.

Per la caratterizzazione climatica del territorio comunale ci si riferisce ai dati raccolti nel periodo 1972-2008 nella stazione meteorologica di Collemeluccio nel Comune di Pescolanciano (IS) (Figura 1).

Le analisi sulla struttura dendrometrica e sociale dei popolamenti di cerro di Carovilli hanno permesso di impostare l'indagine per caratterizzare stadi evolutivi della cerreta cronologicamente diversi. Nelle prime due situazioni (cerreta di San Leo) viene analizzata la fase iniziale dell'insediamento della rinnovazione che si origina in seguito all'applicazione di due diverse modalità di taglio di sementazione. Nelle terza e quarta fase si analizzano fustaie di diverso stadio evolutivo mai diradate (cerreta giovane della Ficora di circa 46 anni e cerreta adulta di Selva Castiglione di età variabile da 60-100 anni). Infine viene caratterizzata la cerreta matura di San Leo di circa 125 anni soggetta a regolari diradamenti.

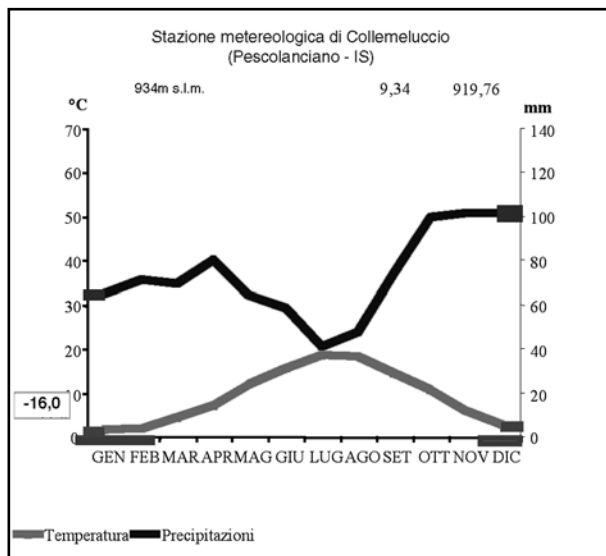


Fig. - Stazione di Collemeluccio (Pescolanciano, Isernia). Diagramma termopluviometrico relativo al periodo di osservazioni 1972-2008.
Climatic diagram of a study site 1972-2008.

Sono di seguito descritti i protocolli di rilievo adottati per i singoli stadi della crono-sequenza:

1) *Cerreta di San Leo in rinnovazione (età 1-2 anni) dopo taglio di sementazione con rilascio di 54 piante portaseme*

Rilievo della rinnovazione di cerro (conta e altezza di ciascun soggetto) dopo la prima e la seconda stagione dal taglio di sementazione tramite campionamento sistematico (18 aree quadrate di 4 m²) su una superficie di 5600 m².

2) *Cerreta di San Leo. Fustaia in rinnovazione (età 1-2 anni) dopo taglio di sementazione con rilascio di 117 piante portaseme.*

Il protocollo di rilievo è il medesimo del caso precedente. La superficie di riferimento del campionamento è pari a 5625 m².

Nei 2 protocolli in rinnovazione è stata rilevata la posizione topografica delle piante portaseme con la stazione totale DTM 521 Nikon; di ciascuna pianta sono state rilevate l'altezza totale, l'altezza di inserzione della chioma e la sua ampiezza (misura di 8 raggi secondo direzioni prefissate).

3) *Cerreta della Ficora. Giovane fustaia mai diradata (età media 46 anni)*

- cavallettamento totale del popolamento per specie e classi sociali su una superficie totale pari a 9500 m². La soglia di cavallettamento è stata pari a 5 cm; la classificazione sociale ha previsto la determinazione di 3 classi: dominanti, codominanti e dominate.

- determinazione di 2 distinte relazioni ipsodiametriche per il cerro e per le "altre specie".

4) *Cerreta di Selva di Castiglione. Fustaia adulta mai diradata (età variabile 60-100 anni)*

- cavallettamento totale del popolamento per specie e classi sociali su una superficie totale pari a 10000 m². (vedi Prot. Ficora)
- determinazione di 2 distinte relazioni ipsodiametriche per il cerro e per le "altre specie".
- prelievo di sezioni trasversali a coppia (a 0.00 e 1.30 m) in occasione del primo diradamento (estate 2007) e lettura del numero di cerchie anulari per la determinazione dell'età e del tempo di passaggio da 0 a 1.30 m. su un campione di 9 alberi modello, più 5 sezioni singole prelevate ad 1.30 m.
- prelievo e lettura del numero di cerchie anulari su un campione di 5 soggetti di carpino.

5) *Cerreta di San Leo, Fustaia matura (età media 126 anni)*

- cavallettamento totale del popolamento per specie su una superficie totale pari a 22425 m². (vedi Prot. Ficora)
- determinazione di 2 distinte relazioni ipsodiametriche per il cerro e per le "altre specie".
- prelievo di sezioni trasversali a coppia (a 0.00 e 1.30 m) e lettura delle cerchie anulari per la determinazione dell'età e del tempo di passaggio da 0 a 1.30 m. su un campione di 10 alberi modello derivanti dal taglio di sementazione dell'estate 2008. Prelievo e lettura delle età su 24 carote estratte alla base del fusto.

Per la determinazione dell'origine dell'attuale popolamento di Ficora è stata effettuata l'analisi delle riprese aeree storiche (volo GAI del 1955) tramite georeferenziazione delle foto sulla carta tecnica regionale (scala 1:10000) e vettorializzazione delle aree sottoposte ad utilizzazione, successivamente analizzate per la misura delle dimensioni delle tagliate.

Risultati

Il trattamento tradizionale delle fustaie coetanee di cerro è stato quello a tagli successivi uniformi con riformulazione verso i tagli successivi a gruppi nella pianificazione più recente.

La definizione del trattamento nella cerreta risale alla seconda metà del '900; documenti risalenti alla fine del secolo precedente e all'inizio dello stesso, e

i riferimenti contenuti nei piani più vecchi, riportano una forma di trattamento diversa, una sorta di taglio a scelta, definito da un verbale prefettizio degli inizi del secolo scorso, "taglio a scelta per sezioni" (ANONIMO 1906).

Il trattamento a scelta sarebbe stato caratterizzato dal prelievo di piante con diametri di recidibilità compresi nella classe diametrica 50-60, di età 150-160 anni. Specifiche tecniche più precise si trovano nel piano di assestamento del Comune di Chiauci (PATRONE 1954), in cui si fa riferimento ad un precedente piano del 1914, nel quale si prescriveva per le cerrete il trattamento disetaneo a taglio saltuario, caratterizzato da un periodo di curazione di 22 anni e un diametro di recidibilità di 53 cm. L'autore riferisce di una situazione caratterizzata dalla compresenza di piante mature e stramature, preponderante rispetto alle altre classi cronologiche, il che lo induce a ritenere il taglio, definito saltuario, da intendersi *"non quello che precisa la selvicoltura, bensì un taglio non facile a definirsi e comunque in parte di sementazione più o meno esteso e intenso e in parte a scelta vero e proprio"*.

Nei piani del decennio 50-60, si riferisce di situazioni di irregolarità strutturale e di problemi di rinnovazione delle cerrete, in parte ascrivibili agli interventi realizzati in passato, in parte all'eccessiva costipazione del terreno dovuta al carico del bestiame pascolante.

Il trattamento a tagli successivi uniformi viene ritenuto quello più rispondente alle esigenze ecologiche della specie, in quanto l'unico attraverso cui creare condizioni favorevoli all'insediamento ed all'affermazione della rinnovazione, purché i tagli vengano eseguiti: *"secondo le regole della tecnica e purché, soprattutto, l'intensità degli interventi non sia moderata..."* (PATRONE 1960). Il quantitativo insufficiente di luce dovuto a interventi moderati, o al taglio saltuario, viene ritenuto dagli assestatori, il motivo principale di affermazione della vegetazione arbustiva e delle specie secondarie (in particolare il carpino bianco), che avendo un temperamento più sciafilo del cerro, prevarrebbero sulla rinnovazione della specie principale.

Il trattamento a tagli successivi uniformi, come codificato in questa fase della pianificazione, viene confermato nelle successive revisioni, tenuto conto dei risultati apprezzabili ottenuti a riprova della validità delle scelte operate.

Dal punto di vista tecnico, il trattamento si caratterizza per l'adozione di un turno di 90 anni, più

lungo di quello della massima produzione legnosa (70 anni) dal momento che, pur determinando una flessione dell'incremento medio, questo consente di massimizzare la produzione dell'assortimento di maggior pregio, la traversina ferroviaria (dal 40% al 65-70% degli assortimenti ritraibili).

Il periodo di rinnovazione oscilla dai 20 ai 25 anni, in relazione alla necessità o meno di ricorrere ad un taglio secondario. La realizzazione del taglio secondario determina la differenziazione di due schemi di attuazione dei tagli successivi, lo schema A definito intensivo, senza taglio secondario e lo schema B, con il taglio secondario.

Nella formulazione data da Patrone, ripresa anche da altri autori in piani di epoca successiva, l'articolazione dei due schemi è quella che segue:

Schema A)

- Taglio di preparazione al 75° anno con rilascio di 250 piante/ha.
- Taglio di sementazione a 90 anni con rilascio di 80-100 piante/ha, in media 90.
- Taglio di sgombero intorno ai 110 anni.

Schema B)

- Taglio di preparazione al 75° anno con rilascio di 250 piante/ha.
- Taglio di sementazione a 90 anni con rilascio di 140-150 piante/ha.
- Taglio secondario a 105 anni con rilascio di 80 piante/ha.
- Taglio di sgombero intorno ai 110 anni.

Gli assestatori adottano preferibilmente lo schema A, in quanto più adatto alle caratteristiche della specie, a meno che non vi siano evidenti ritardi nell'affermazione della rinnovazione.

Qualora la rinnovazione naturale fosse risultata insufficiente, era previsto il ricorso alla semina, eventualmente preceduta da lavorazione superficiale del terreno in caso di eccessivo costipamento dovuto al pascolo.

Nella definizione del trattamento della fustaia coetanea, i vecchi piani definiscono l'articolazione degli interventi di diradamento: il primo tra i 25 ed i 30 anni di età, il secondo tra i 45 e i 55, il terzo, più deciso, tra i 65 e i 75, può assumere la funzione di taglio di preparazione. La densità finale dovrebbe essere indicativamente di 250 piante ad ettaro. Si tratta di diradamenti dal basso, di moderata intensità, che nella pratica spesso non sono stati eseguiti correttamente o non sono stati eseguiti affatto.

In merito al contenimento del piano sottoposto composto da specie arbustive e secondarie, favorito dagli interventi colturali, si prescrive di effettuare "ripuliture" in particolare in occasione del taglio di sementazione, ma da effettuarsi anche nel corso dell'intero ciclo produttivo. Nei piani più recenti si indicano intervalli tra le ripuliture di 5-6 anni (PAVONE 1987 e 1991); è interessante che in uno di essi (MILANESE 1998) si parli di taglio selettivo e non a raso del sottopiano di carpino, allo scopo di deprimere la vigoria della ceppaie.

La non corretta esecuzione degli interventi di diradamento e dei tagli successivi ha comportato una perdita di regolarità della struttura della fustaia e la progressiva affermazione di specie secondarie, che ha creato forti limitazioni alla rinnovazione.

Situazioni analoghe, per cause diverse, si presentavano anche in passato e la codifica di un sistema di trattamento molto dettagliato era finalizzata alla normalizzazione dei soprassuoli e al loro recupero produttivo, in considerazione delle loro potenzialità. I problemi di maggior rilievo erano rappresentati da un trattamento non ben definito e non adatto alle esigenze della specie e alla duplice funzione delle cerrete, la produzione di legno e il pascolo. La soluzione è stata l'adozione di un razionale sistema di trattamento delle fustaie coetanee, la limitazione del pascolo e il ricorso ove necessario alla rinnovazione artificiale. Nella pianificazione più recente si ripropongono dei nuovi elementi di criticità. In seguito alla crisi del mercato del legno, alla perdita di interesse per la traversina ferroviaria, principale assortimento ottenuto dalle fustaie, si è avuta una minore attenzione alla definizione del trattamento in fase di pianificazione. L'erronea esecuzione degli interventi colturali (con criteri di selezione delle piante prelevate di tipo esclusivamente commerciale) nei popolamenti giovani e il mancato completamento dei tagli successivi (spesso non si è proceduto al taglio di sgombero) nelle fustaie in rinnovazione ha riproposto i problemi di stallo della rinnovazione delle fustaie di cerro che si erano presentati nella prima metà del secolo scorso.

Gli ultimi criteri dell'assestamento vanno verso una riformulazione del trattamento a tagli successivi non più omogenei su grandi superfici, ma con modalità a gruppi (il primo accenno si trova già nel Piano di San Pietro Avellana per il decennio 1960-69 (PATRONE 1960), in cui si prescrive il trattamento a tagli successivi uniformi, pur non escludendo che possano essere applica-

ti anche quelli a gruppi o a strisce). In linea di massima, in presenza di situazioni di forti irregolarità strutturali, viene prescritta la realizzazione di tagli secondari o di tagli di sgombero, allo scopo di riattivare il dinamismo e riequilibrare le strutture. Nella fase più recente della pianificazione, oltre all'aspetto produttivo si punta ad una selvicoltura più rispondente alla valorizzazione della multifunzionalità delle foreste; ciò comporta che nell'esecuzione dei tagli vengano rilasciate specie diverse dal cerro, allo scopo di aumentare la diversità specifica e, dove possibile, di ottenere un prodotto legnoso alternativo, valorizzando le specie di pregio.

La crono-sequenza di Carovilli

Nel comune di Carovilli sono stati redatti due piani di assestamento successivi, a firma di PATRONE, con validità 1949-1958 e 1961-1970.

La superficie forestale comunale è divisa in tre nuclei, costituiti da alto fusto di cerro. La superficie forestale comunale è rimasta praticamente invariata negli ultimi due secoli (DI MARTINO 1996).

In riferimento ai dati riportati nell'ultimo Piano (PATRONE 1961) la superficie forestale totale della compresa fustaia coetanea di cerro è pari a 639.82 ha ripartiti come segue (al netto di pascolo e improduttivi):

Bosco San Leo 136.75 ha

Bosco Ficora 210.86 ha

Bosco Selva di Castiglione 292.21 ha

La situazione riscontrata da Patrone alla fine degli anni quaranta, si caratterizzava per un eccesso di particelle stramature delle quali prescrive l'utilizzo nell'arco di un trentennio (ritenendo opportuno non procrastinare ulteriormente gli interventi finalizzati alla rinnovazione delle superfici produttive), periodo pari all'ampiezza delle classi cronologiche adottate. In fase di revisione si evidenzia un migliore equilibrio delle classi cronologiche, ottenuto mediante esecuzione dei tagli previsti dal piano precedente, con presenza comunque significativa di bosco stramaturo, carenza di particelle giovani e adulte e sovrabbondanza di particelle dell'ultima classe cronologica (oltre 90 anni).

Di seguito si riporta una ricostruzione delle caratteristiche dei popolamenti presenti nei tre nuclei principali nel corso delle varie fasi della pianificazione specificando, per quanto possibile, le indicazioni relative alla situazione antecedente e a quella attuale.

Bosco Ficora

Il bosco Ficora è quello a cui fanno riferimento i

piani dei tagli contenuti nei due piani, trattandosi della superficie caratterizzata dalla presenza di particelle suscettibili di utilizzazione e con evidenti problematiche gestionali.

All'epoca della stesura del primo piano, il bosco era costituito da piante stramature di 150-160 anni, con una densità di 60-80 piante ad ettaro, estremamente ridotta e con problemi di costipamento del terreno dovuto al pascolo. Circa 30 anni prima, il bosco era stato sottoposto al taglio di utilizzazione delle piante mature, mediante taglio di sementazione con rilascio di 70-90 piante ad ettaro, a cui non era seguita l'affermazione della rinnovazione, causa le non ottimali condizioni del suolo. Allo scopo di rinnovare il soprassuolo, l'Ispettorato Forestale di Campobasso, nel 1949 predispose un "piano di gestione" che prevedeva l'utilizzazione del soprassuolo mediante taglio raso a strisce, di larghezza 60-80 m, intercalate da strisce di pari ampiezza, con successiva lavorazione del terreno e semina. Nel piano di assestamento del '49-'58, si prescrive per il bosco Ficora di continuare a seguire le indicazioni del piano di gestione, ritenendo che le condizioni del soprassuolo non consentissero di adottare modalità di taglio diverse da quello proposto, che, limitatamente ai primi interventi sembrava desse risultati positivi. Nei due piani successivi, vengono prescritti tagli raso a strisce per tutte le particelle mature, effettivamente eseguiti. L'analisi delle riprese aeree del Volo GAI relative al 1955 (Figura 2) georiferite mostrano la prima porzione di bosco in rinnovazione. La lunghezza delle strisce è assai variabile (400-900 metri), mentre la larghezza è costantemente intorno a 50-60 m.

In precedenza il bosco era trattato a "taglio a salto per sezioni", come riportato da un "verbale di verifica" datato settembre 1906, in cui viene fornito parere positivo sul taglio di una sezione del bosco. Nel verbale è contenuta una descrizione del soprassuolo, caratterizzato da piante distanziate circa 8.45 metri, con danni causati dalla pratica locale di prelevare la frasca per l'alimentazione del bestiame, costituito da circa 140 piante ad ettaro dai 26 ai 65 cm di diametro, con un'altezza media di 20 m. Veniva stimata una produzione annua di 3 m³ ad ettaro ed indicato un turno di 150-160 anni.

Si parla di un bosco soggetto ad uso civico di pascolo e legna, ma se ne deduce la mancata regolazione dell'esercizio di tali diritti, dal momento che il compilatore indica tra *"le cure di cui il bosco abbisogna per conservarsi e migliorare"*, la regolamentazione sia temporale che spaziale dei prelievi, e l'opportunità che non vengano effettuati direttamente dagli aventi diritto, ma a cura dell'amministrazione comunale. Si prescrivono anche rimboschimenti degli spazi vuoti, e tenendo conto che di tali interventi necessitano anche altri boschi, oltre quello in esame, si suggerisce la realizzazione di un vivaio comunale dove predisporre il materiale da impiegare, tra cui si indicano fruttiferi *"di cui l'agro di Carovilli ha sommo bisogno"*.

Nel documento si indica un'estensione di 15 ha per la sezione e una suddivisione dell'intero bosco in 10 sezioni di pari ampiezza.

Dalle informazioni riportate nel piano del 1949, si deduce che le modalità di gestione applicate in passato furono cambiate. Visto l'insuccesso dei tagli di sementazione, nel 1949 fu prescritto il taglio raso a strisce.



Fig.2 - Bosco Ficora. Foto aerea del 1955. Tagli di rinnovazione a strisce.
The Ficora forest: aerial photo dated 1950. Evidence of the strip regeneration cuttings performed at the time.

Bosco Selva di Castiglione

Per il bosco Selva di Castiglione nessuno dei due piani riporta nel prospetto dei tagli la prescrizione di interventi culturali, anche se i diradamenti erano prescritti nel piano degli interventi.

Per le particelle mature nel 1949, il piano dei tagli del 1949-1958, prevede l'esecuzione di tagli di semenzatura e di sgombero per cinque particelle.

L'età attuale media accertata dei carpini bianchi del piano sottoposto è pari a 60 anni. Il dato attesta che la cerreta non dovrebbe essere stata diradata, in quanto è prassi nel corso degli interventi culturali il taglio raso dei soggetti sottoposti che poi, per le specie tolleranti dell'ombra, riscoppiano da ceppaia.

L'età dovrebbe quindi presumibilmente coincidere con l'epoca del taglio di sgombero. L'età accertata sulle rotelle basali di cerro infatti ha una variabilità molto ampia (media 84 anni; valore minimo 65, massimo 100) e dimostrerebbe quindi che il periodo di rinnovazione sia stato particolarmente prolungato (circa 40 anni).

Bosco San Leo

Le prime notizie relative al bosco San Leo sono contenute in un parere prefettizio del 1893, sulla concessione del diritto di pascolo in bosco, rilasciato al sindaco del Comune di Carovilli, che si riporta integralmente (Figura 3). Nel documento si fa riferimento ad un taglio autorizzato nel 1884, definito

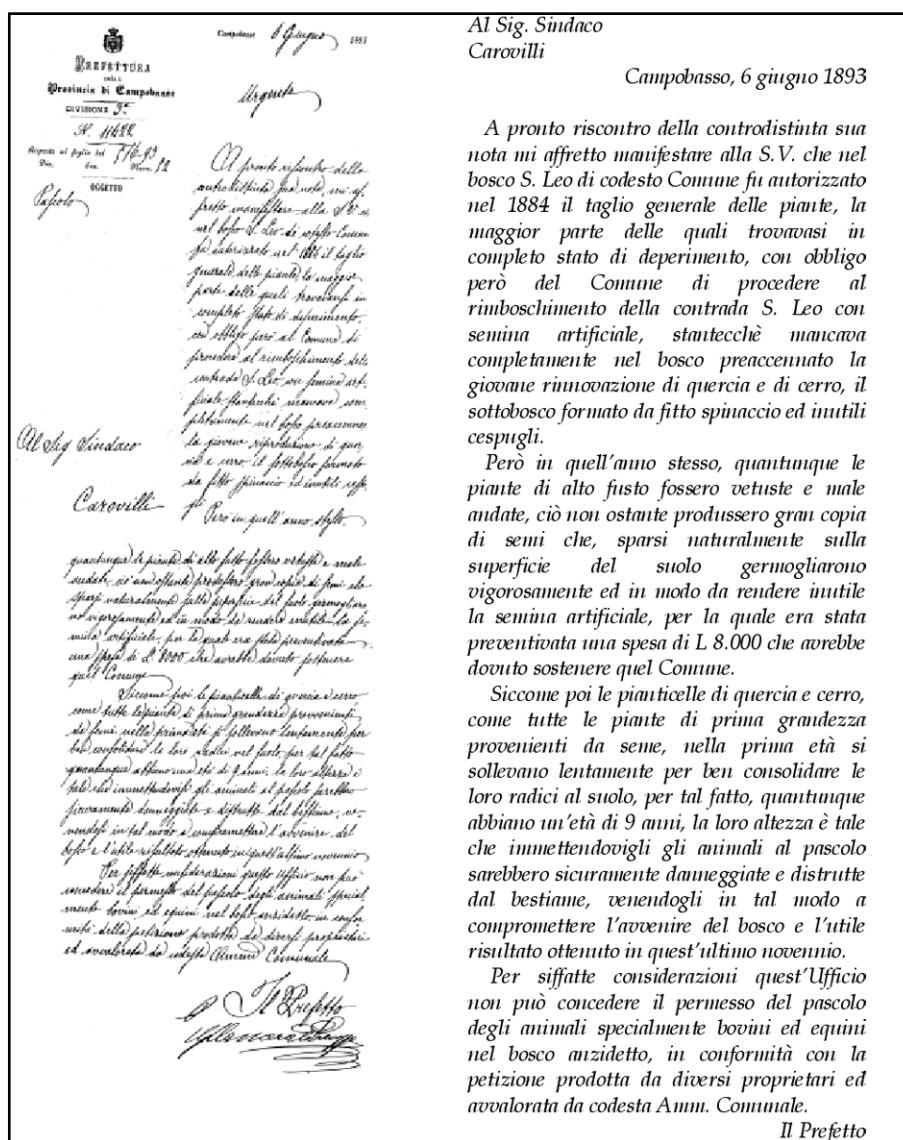


Fig. 3 - Parere prefettizio del 1893 sull'opportunità di pascolo nella cerreta di San Leo in rinnovazione. *Prefectorial letter dated 1893 refusing the permission of cattle and horse grazing in the regeneration phase at the oak forest of San Leo (Carovilli, IS).*

“taglio generale delle piante, la maggior parte delle quali trovavasi in completo stato di deperimento”, a cui sarebbe dovuto seguire il rimboschimento della superficie, a spese dell’amministrazione comunale, mancando completamente la rinnovazione naturale ed in presenza di un sottobosco costituito da uno strato arbustivo invadente. Nello stesso parere si riporta la notizia del verificarsi, in quello stesso anno, di un’inaspettata annata di pasciona (l’evento non si riteneva probabile data l’età e le condizioni delle piante), tale da non rendere necessaria la semina. All’epoca di rilascio del parere, la rinnovazione poteva considerarsi affermata. Sulla base del contenuto del documento si può affermare con certezza che il bosco San Leo sia di origine naturale, derivato da un taglio le cui caratteristiche non sono molto chiare, ma sicuramente di forte intensità. La ridotta densità dei rilasci determinò condizioni di illuminazioni favorevoli all’affermazione della rinnovazione.

Per quanto concerne le cure colturali praticate ai vari stadi di sviluppo della fustaia di nuova generazione, si ha notizia di tre diradamenti, l’ultimo dei quali, documentato dal relativo registro di martellata, effettuato nel 1977, di moderata intensità (prelievo di 50 piante ad ettaro), finalizzato a innescare il processo di rinnovazione, ma fallito.

Si riporta in Tabella 2 la sintesi dei parametri dendrometrico-strutturali della cerreta ai 4 stadi di sviluppo.

La cerreta di San Leo in rinnovazione si differenzia per le due distinte modalità di trattamento: 1) taglio di rinnovazione forte (54 rilasci, pari ad una superficie di copertura delle chiome del 28%); 2) taglio di rinnovazione debole (117 rilasci per una copertura del 46.1%).

Ad un anno dal taglio di sementazione la cerreta dimostra una densità di semenzali incoraggiante per la sua rinnovazione. In particolare la densità e l’altezza media dei semenzali di cerro hanno valori superiori nel popolamento trattato con minor numero di rilasci al primo e al secondo anno. Anche l’incremento di altezza nel biennio è leggermente superiore nella tesi con minor numero di piante portaseme.

I popolamenti di Ficora e Selva di Castiglione rappresentano due stadi di sviluppo successivi della cerreta in assenza di diradamento. Ficora è una fustaia giovane (45 anni di età media), Selva di Castiglione è una fustaia adulta (di età media variabile tra 60 e 100 anni). La differenza tra i due popolamenti sta nell’origine: soprattutto da semina per Ficora e derivante da tagli di rinnovazione con lungo periodo di rinnovazione per Selva di Castiglione. Il numero dei cerri ad ettaro risulta sensibilmente inferiore nel popolamento più adulto che pure presenta il valore di area basimetrica assai più elevato. La differenziazione sociale è molto evidente nel popolamento più adulto. La coesistenza di cerri dominanti e dominati è quasi paritaria in termini numerici. Questo differenzia molto il valore di altezza media da quello di altezza dominante. La diversa arti-

Tab.2 - Crono-sequenza di Carovilli. Sintesi dei parametri dendrometrici a diversi stadi di sviluppo del bosco.
Carovilli's chronosequence. Synthesis of mensurational parameters at different ages of stand development.

	età	cerro	Dom	cd	d	tot cerro	altre	ac. camp.	c. bianco	ciavardello	pero	tot altre	TOT
San Leo (54 rilasci)	1	N/ha				74500							
	1	hm				0.15							
San Leo (54 rilasci)	2	N/ha				61667							
	2	hm				0.20							
San Leo (117 rilasci)	1	N/ha				49375							
	1	hm				0.13							
San Leo (117 rilasci)	2	N/ha				40625							
	2	hm				0.16							
Ficora	46	N/ha	164	774	582	1520	N/ha	168	528	7	24	704	2224
		G/ha	6.2	17.3	6.3	29.7	G/ha	0.9	2.3	0.1	0.1	3.3	33.0
		dgm	21.8	16.9	11.7	15.8	dgm	7.9	7.2	8.7	7.0	7.4	
		hm	22.1	19.7	16.4	19.1	hm	11.3	11.0	11.7	10.9	11.1	
		Hdom				23.1							
Selva di Castiglione	60-100	N/ha	418	242	447	1107	N/ha	a. bianco 33	c. bianco 1259	ciavardello 20		1312	2419
		G/ha	22.0	10.8	6.9	39.7	G/ha	0.2	4.9	0.1		5.2	44.8
		dgm	25.9	23.8	14.0	21.4	dgm	7.2	6.7	7.3			
		hm	21.9	21.0	15.8	20.0	hm	8.5	8.3	8.6			
		Hdom				33.4							
San Leo	126	N/ha				296	N/ha	ac. camp. 154	c. bianco 325	nocciolo 10	altre 10	185	481
		G/ha				31.5	G/ha	1.4	2.8	0.0	0.0	4.2	35.7
		dgm				36.8	dgm	9.9	9.4	5.6	5.4	9.5	
		hm				32.4	hm	11.2	10.8	6.2	5.9	10.9	
		Hdom				34.5							

colazione sociale dei due popolamenti potrebbe derivare dalla loro storia colturale. Il prolungato periodo di rinnovazione del Bosco di Selva di Castiglione, e quindi la notevole differenza di età del popolamento, sembrerebbe la spiegazione del fenomeno.

Il Bosco “maturo” di San Leo (126 anni) ha la densità e la struttura direttamente condizionate dai diradamenti del passato e in particolare dall'ultimo intervento degli anni '70 che avrebbe dovuto rappresentare il taglio di sementazione ma fu eccessivamente debole per risultare efficace. In pratica l'intervento ebbe la funzione del classico taglio di preparazione.

Particolarmente importante per le implicazioni di carattere gestionale è l'analisi della struttura del piano dominato a prevalenza di carpino. La presenza di un piano sottoposto generalmente costituito da polloni di specie sufficientemente tolleranti della copertura delle chiome del cerro è un fenomeno noto. Già molti estensori dei piani di assestamento in passato menzionavano il problema. Analoghi problemi gestionali si riscontrano nei soprassuoli transitori delle conversioni di cerro dell'Appennino centrale (BENVENUTI e CANTIANI 2005) e in querceti di altre specie del nord Italia (Quercio-carpineti a prevalenza di farnia o di rovere) (CANTIANI 2008; CANTIANI e FERRETTI 2005). I problemi connessi alla presenza del piano sottoposto sono legati al taglio di rinnovazione, allorché il riscoppio delle ceppaie di queste specie potrebbe rappresentare un impedimento alla rinnovazione del cerro. A livello specifico il piano sottoposto si differenzia ai successivi stadi di sviluppo. La maggior densità di carpino si riscontra a Selva di Castiglione, ove il piano sottoposto è costituito da soggetti di origine agamica sviluppatasi in concomitanza col taglio di sgombero della cerreta del turno precedente. La persistenza della capacità pollonifera del carpino è dimostrata dalla presenza di un piano continuo sottoposto anche nella cerreta più vecchia (San Leo). In questo caso i riscoppi derivano dalle ripuliture avvenute in concomitanza col diradamento degli anni '70.

Discussione e conclusioni

Le fustaie di cerro del Molise rappresentano un valido e utile laboratorio per la sperimentazione sul trattamento della specie in Appennino. La persistenza nel territorio regionale della funzione produttiva di questa formazione, pur con variazioni nella tipologia di assortimenti prodotti per le diverse richieste del

mercato nel tempo, ha fatto sì che le cerrete molisane siano state, e siano tuttora attivamente gestite. L'analisi critica della gestione del passato dimostra la validità tecnica e la sostenibilità del trattamento a tagli successivi delle cerrete quando correttamente applicato. Elementi critici nella gestione delle cerrete si sono evidenziati in seguito al loro sfruttamento eccessivo e irrazionale. I trattamenti assimilabili al taglio a scelta rappresentavano in realtà una selvicoltura non regolata, basata esclusivamente sullo sfruttamento massimo della risorsa senza alcuna considerazione colturale riguardo all'effetto nel lungo periodo. Evidenze di insuccesso della rinnovazione naturale si sono palesate laddove il carico del pascolo domestico superava la sostenibilità del bosco, nei casi in cui il trattamento si limitava al prelievo indiscriminato e non regolato del prodotto e in seguito a tagli di rinnovazione troppo poco incisivi. La funzione della pianificazione forestale è stata per le cerrete del Molise determinante per la codifica di un trattamento efficace e per la continuità nel tempo delle scelte selvicolturali.

Si ritiene che la tecnica di rinnovazione del trattamento a tagli successivi possa essere ancora oggi lo strumento migliore per garantire la perpetuità delle cerrete, e rappresenti quindi l'elemento gestionale più efficace per la stabilità delle stesse formazioni. Opportune migliorie al trattamento potrebbero essere focalizzate alle cure colturali: (i) diversificazione dei criteri di diradamento allo scopo di aumentare il grado di diversità specifica delle cerrete, laddove possibile; (ii) evitare il prelievo dei migliori fenotipi a scopo commerciale in fase di diradamento a vantaggio di una selezione dei migliori portaseme per la fase di rinnovazione; (iii) contenere la vigoria del piano dominato a prevalenza di carpino tramite accorgimenti colturali da effettuarsi in concomitanza col diradamento. Accortezze sul taglio di rinnovazione possono riguardare il contenimento delle dimensioni delle tagliate e la pianificazione più articolata delle utilizzazioni in modo da accrescere il più possibile la diversità delle strutture nello spazio. Attualmente nei boschi del Molise il carico della fauna selvatica è contenuto entro limiti sostenibili, mentre il pascolo in bosco dei domestici è limitato a sporadici boschi privati. Queste condizioni permettono di poter operare le scelte selvicolturali senza il limite della squilibrata concorrenza da parte della fauna.

Si ritiene utile implementare la ricerca sperimentale sul trattamento della rinnovazione delle cerrete

secondo diverse modalità tecniche. I risultati della sperimentazione potranno essere indirettamente utili anche alla gestione dei soprassuoli di origine agamica derivati dai tagli di avviamento dell'Appennino centro-settentrionale che si stanno avvicinando alla fase di maturità.

Ringraziamenti

Si ringraziano il dott. Nicola Pavone della Regione Molise ed il dott. Guido Milanese della Comunità Montana Alto Molise per la preziosa collaborazione in tutte le fasi del lavoro, la signora Schiavone della Regione Molise per la ricerca dei piani di assestamento storici. Un sentito ringraziamento a Marco Focacci, Mario Folla e Enrico Innocenti e per il determinante aiuto nella fase dei rilievi in bosco. Gli autori ringraziano i Revisori del lavoro per i preziosi suggerimenti.

Bibliografia citata

- ANONIMO 1893 - *Parere prefettizio sull'esercizio del pascolo in bosco, nel bosco in rinnovazione di San Leo (Carovilli, Isernia)*. Campobasso, 6 giugno 1893
- ANONIMO 1906 - *Verbale di verifica del bosco svincolato Ficora (Carovilli, Isernia)*. Amministrazione forestale dello stato, Dipartimento di Campobasso Distretto di Agnone, Comune di Carovilli. Agnone, 10 settembre 1906
- AGRIMI M.G., CIANCIO O., PORTOGHESI L., POZZOLI R. 1991 - *I querceti di cerro e farnetto di Macchia Grande di Manziana: struttura, trattamento e gestione*. Cellulosa e Carta (6): 25-49.
- ANTONIOTTI G. B. 1950 - *Tavola dendrometrica del cerro del Molise cresciuto in fustaia coetanea*. Ricerche Sperimentali di Dendrometria e di Auxometria.
- ANTONIOTTI G. B. 1950 - *Saggio di una tavola alsometrica delle fustaie di cerro del Molise*. Ricerche Sperimentali di Dendrometria e di Auxometria.
- BENVENUTI C., CANTIANI P. 2003 - *Il trattamento selvicolturale delle fustaie transitorie di cerro. Interventi propedeutici alla fase di rinnovazione*. Atti IV Congresso SISEF: 27-31.
- BERNETTI G. 1995 - *Selvicoltura speciale*. UTET, Torino, 416 p.
- BERNETTI G. 2007 - *Querce caducifoglie*. In: Botanica e Selvicoltura. Accademia Italiana di Scienze Forestali. 144-161.
- CANTIANI M., MASSEI M. 1986 - *Indagini sulla struttura, composizione, biomassa, trattamento selvicolturale dei querceti naturali e artificiali nella Riserva Naturale di Sabaudia*. Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali. 35: 159-214.
- CANTIANI P. 2008 - *La selvicoltura e la gestione forestale dei boschi a prevalenza di farnia*. In Le risorse genetiche della Farnia della Val Padana. Tutela e gestione. A cura di F. Ducci: 77-86.
- CANTIANI P., FERRETTI F. 2005 - *Scelte gestionali per il Piano di Gestione della Riserva Naturale "Bosco della Mesola"*. In: Meridiani Foreste: Atti del IV Congresso S.I.S.E.F. - Rifreddo (Potenza): 453-458.
- CIANCIO O., IOVINO F., MENGUZZATO G., NOCENTINI S. 1995 - *La fustaia chiara: un sistema di trattamento e di gestione poco note*. L'Italia Forestale e Montana. (3): 262-273.
- CORONA P., LA MARCA O. 1989 - *Sintesi conoscitiva su alcuni aspetti della coltivazione del cerro*. In: Prospettive di valorizzazione delle cerrete dell'Italia meridionale. Documentazione Regione, Regione Basilicata. 1 - 3: 453-506.
- CORTI R. 1955 - *Le querce italiane*. Monti e Boschi. 6: 511-513.
- CORTI R., PAVARI A. 1955 - *Cerro*. Monti e Boschi. 6: 545-551.
- DEL FAVERO R. 2008 - *I boschi delle regioni meridionali e insulari di Italia. Tipologia, funzionamento, selvicoltura*. Cleup. Padova. 469 p.
- DE PHILIPPIS A. 1941 - *Contributo ad uno studio monografico sul cerro*. Annali della Sperimentazione Agraria 39: 181-226.
- DE PHILIPPIS A. 1955 - *I querceti a foglia caduca*. Atti del Congresso Nazionale di Selvicoltura. Firenze: 133-157.
- DI MARTINO P. 1996 - *Storia del paesaggio forestale del Molise (sec. XIX-XX)*. Editrice Lampo Campobasso. 172 p.
- DI TELLA G. 1919 - *Il miglioramento dei boschi nella zona mediterranea e delle querce a foglia caduca*. L'Alpe 6 (4-5): 32-39.
- ECCHER A., FUSARO E., GEMIGNANI G., MUGHINI G. 1986 - *Quercus cerris*. Quaderni dell'Intervento Straordinario nel Mezzogiorno. 11: 84-86.
- GUALDI V. 1967 - *Ricerche dendrometriche ed auxometriche sui boschi cedui del Sannio*. L'Italia Forestale e Montana 22 (1): 39-51.
- GUALDI V. 1974 - *Ricerche auxometriche sulle cerrete coetanee del Gargano*. L'Italia Forestale e Montana 29 (4): 121-136.
- GUALDI V. 1974 - *I turni per l'assestamento delle fustaie di cerro del Gargano*. Annali Accademia di Scienze Forestali 23: 373-390.
- GUIDI G., MANETTI M.C., PELLERI F. 1991 - *Ricerche sull'evoluzione naturale di soprassuoli forestali a Quercus Cerris L., e Fagus selvatica L. nell'Appennino meridionale. Primo contributo - Osservazioni sui caratteri del soprassuolo e relative modificazioni in due aree protette*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura. 22: 117-156.
- GUIDI G., MANETTI M.C. 1992 - *Ricerche sull'evoluzione naturale di soprassuoli forestali a Quercus Cerris L., e Fagus selvatica L. nell'Appennino meridionale. Secondo contributo - Osservazioni su alcuni fattori della produttività e del microclima in due aree protette*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura. 23: 201-223.
- IORIO G. 2008 - *Piano Territoriale di Indirizzo della Comunità Montana Alto Molise. Seconda parte: gli indirizzi gestionali*. Regione Molise.
- INFC 2008 - *Le stime di superficie - Risultati per Macroaree e Province*. Autori P. Gasparini, L. Di Cosmo, C. Gagliano, G. Mattiuzzo e G. Tabacchi. Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. MiPAAF - Ispettorato Generale Corpo Forestale dello Stato, CRA-MPF, Trento.

- LA MARCA O., LEONE V., MORETTI N. 1989 - *Prove di diradamento in fustaie di cerro (Quercus cerris L.): primi risultati*. In: Prospettive di valorizzazione delle cerrete dell'Italia meridionale. Documentazione Regione, Regione Basilicata. 1-3: 249-277.
- LA MARCA O. 1994 - *La gestione integrata delle cerrete di Bosco Quarto: un caso di studio*. Economia Montana. Linea Ecologica 4: 10-13.
- LA MARCA O., MARZILIANO P. 1996 - *Prove di diradamento in fustaie coetanee di cerro: risultati sperimentali relativi al periodo 1988 - 1994*. Legno Cellulosa e Carta 3: 16-26.
- LA MARCA O., NOTARANGELO G. 2009 - *Influenza dei diradamenti sulla produzione legnosa in una fustaia di cerro (Quercus cerris L.) in Italia meridionale*. Forest@ 6: 173-185.
- MANETTI M.C., GUGLIOTTA O. I. 2009 - *Modifiche compositive e strutturali in soprassuoli in evoluzione naturale della riserva M.a.B. di Montedimezzo (Isernia)*. Ann. CRA - Centro di Ricerca per la Selvicoltura. 35: 2007-2008: 3-14.
- MILANESE G. 1998 - *Piano di assestamento dei boschi del Comune di Chiauci (IS) per il decennio 1998/2007*.
- PAGANUCCI L. 1975 - *Ricerche dendrometriche ed alsometriche sulle cerrete dei Monti Cimini*. L'Italia Forestale e Montana. 30 (1): 1-17.
- PATRONE G. 1949 - *Piano di assestamento dei boschi del comune di Carovilli (IS) per il decennio 1949-1959*.
- PATRONE G. 1954 - *Piano di assestamento dei boschi del comune di Chiauci (IS) per il decennio 1954-1964*.
- PATRONE G. 1958 - *Saggio di una tavola dendrometrica del cerro di Monte Fogliano cresciuto in fustaia coetanea*. L'Italia Forestale e Montana 13 (5): 223-224.
- PATRONE G. 1960 - *Piano di assestamento dei boschi del comune di San Pietro Avellana (IS) per il decennio 1961-1970*.
- PATRONE G. 1961 - *Piano di assestamento dei boschi del comune di Carovilli (IS) per il decennio 1961-1970*.
- PAVONE N. 1987 - *Piano di assestamento dei beni silvo-pastorali di proprietà del Comune di Montefalcone del Sannio (CB) per il ventennio 1987-2006*.
- PAVONE N. 1991 - *Piano di assestamento dei beni silvo-pastorali di proprietà del Comune di Trivento (CB) per il ventennio 1991-2011*.
- PORTOGHESI L., AGRIMI M., BOLLATI S., CORONA P., FERRARI B., LAMONACA A., PLUTINO M. 2005 - *Osservazioni su una fustaia di cerro e ipotesi di intervento culturale orientato alla diversificazione della struttura e della composizione arborea*. L'Italia Forestale e Montana. (4): 505-519.

Effetto della consociazione e del diradamento in un impianto di arboricoltura da legno con latifoglie di pregio dopo oltre 20 anni dall'impianto[§]

Alessio Corazzesi¹, Andrea Tani², Francesco Pelleri^{3*}

Accettato l' 8 ottobre 2010

Riassunto – Si descrivono i risultati di un impianto misto a prevalenza di farnia consociato a file con ciliegio e frassino ossifillo e per pedali con specie azotofissatrici (robinia e ontano napoletano) in diverse proporzioni (25% e 50%), realizzato nell'inverno 1988-89 per la riqualificazione di un discarica mineraria. Nel 2001 e 2004, su una parte dell'impianto, sono stati realizzati diradamenti liberi orientati a favorire 70 piante ad ettaro scelte come principali prelevando rispettivamente il 21% e il 27% dell'area basimetrica. Con il secondo intervento si sono liberate completamente le chiome delle piante principali eliminando tutte le piante adiacenti. La realizzazione di tre rilievi (2000, 2003 e 2008) e il monitoraggio annuale dell'accrescimento diametrico delle piante principali ha permesso di valutare nel tempo: (i) le performance delle specie a legname pregiate; (ii) l'effetto delle diverse modalità di consociazione (specie impiegata e percentuale di consociazione) sull'accrescimento delle piante principali di farnia delle parcelle diradate; (iii) l'effetto del diradamento e della consociazione sulle principali di farnia, limitatamente alle sole parcelle senza accessorie e consociate con 50% di ontano. Tra le latifoglie pregiate, la farnia e il frassino hanno fornito i migliori risultati mentre il ciliegio si è dimostrato poco adatto alla stazione. La mortalità delle specie di pregio è risultata maggiore nelle parcelle consociate con robinia. La consociazione con ambedue le specie azotofissatrici impiegate ha stimolato complessivamente l'accrescimento sia longitudinale sia diametrico della farnia. L'ontano napoletano è risultato meno competitivo e di più facile gestione, in particolare per il suo progressivo autodiradamento, mentre la robinia è risultata più aggressiva tanto da rendere necessario un intervento di capitozzatura per controllarla già dopo 7 anni dalla piantagione. Nella porzione della piantagione dove sono stati realizzati i diradamenti le piante scelte come principali mostrano diametri nettamente superiori a quelle della parcella non diradata, mantenendo sostenuti accrescimenti annuali in diametro del fusto, intorno a 1 cm, e di diametro della chioma, intorno a 50 cm. Nelle parcelle consociate con ontano l'effetto della consociazione sembra però essere più efficiente del diradamento.

Parole chiave: *piantagioni miste, piante azotofissatrici, Quercus robur L., diradamenti.*

Abstract – Effects of mixture and thinning in a tree farming valuable broadleaves plantation more than 20 years after the establishment. The results of pedunculate Oak plantation trials where the Oak is mixed to wild Cherry and narrow-leaf Ash per line and per close mixture with different proportions (25% and 50%) of N-fixing species (Black Locust and Italian Alder) are described in the paper. The plantation, carried out in winter 1988-89, was framed into a reforestation plan for spoil banks restoration. On a share of the plantation area, free thinnings foreseeing the release of about 70 target trees per hectare, were undertaken in 2001 and 2003; 21% and 27% of basal area were removed, respectively. In the latter trial, the crowns of target trees were completely isolated by felling all the surrounding trees. The performances of valuable timber broadleaves, the effects of intercropping and thinning on the growth of Oak target trees were analysed. Three inventories (2001, 2004 and 2008) and the annual monitoring of target trees growth were performed at the purpose. The two pedunculate Oak and narrow-leaf Ash trees showed the best performances among the set of valuable broadleaves, whilst wild cherry resulted not suited to local site conditions. A higher tree mortality occurred in the mixture with Black Locust. The mixture with both N-fixing species provided a stimulus to the Oak growth both in terms of dbh and tree height. Italian Alder resulted anyway less competitive and easy to manage, considering its progressive self-thinning, while Black Locust was aggressive enough to necessitate the control of its development by pollarding 7 years after the plantation. In the thinned plots, target trees showed significant diameter increments in comparison with control plots; maintaining year by year constant dbh increments of about 1 cm and crown's diameter increment of about 50 cm. Intercropping with Italian Alder showed to be more effective than thinning on growth of the target trees.

Key words: *mixed plantation, N-fixing trees, common oak, thinning.*

F.D.C.: 228.0: 176.1 Quercus robur

Premessa

In Italia, negli impianti di arboricoltura da legno a ciclo medio lungo, sono state impiegate da vari decenni piante accessorie azotofissatrici; questa scelta ha comportato indubbi vantaggi quali il miglioramento

delle caratteristiche chimico-fisiche del suolo (CHITI *et al.* 2005 e 2007) e lo stimolo all'accrescimento in diametro ed in altezza delle specie pregiate ad esse consociate (BURESTI *et al.* 1993; CUTINI *et al.* 1997; BECCIOLINI 2004; BECCIOLINI e PELLERI 2006; TANI *et al.* 2006; TANI 2007; BURESTI *et al.* 2006; CORAZZESI 2010). Il

[§] Lavoro svolto in parti uguali dagli autori e coordinato da F. Pelleri

¹ Dottore in Scienze Forestali e Ambientali

² DEISTAF Università di Firenze

^{3*} CRA-SEL Centro di Ricerca per la Selvicoltura, Arezzo. Autore corrispondente francesco.pelleri@entecra.it

positivo effetto della consociazione è stato riscontrato su varie specie anche in altri paesi europei (BECQUEY e VIDAL 2006a,b; GAVALAND 2006; CLARK *et al.* 2008; GIRARD *et al.* 2006; NEBOUT 2008).

Le prime esperienze sulle consociazioni realizzate dal CRA-SEL (Centro di Ricerca per la Selvicoltura di Arezzo) sono state eseguite, a partire dai primi anni ottanta, nella zona mineraria di Santa Barbara nel comune di Cavriglia (AR). Durante gli interventi di riqualificazione dell'area estrattiva sono stati rimboschiti, complessivamente, circa 250 ettari utilizzando prevalentemente la farnia (*Quercus robur* L.). Questa specie è presente sporadicamente in tutto il Valdarno aretino. Gli impianti sono stati realizzati in purezza o consociati con altre latifoglie a legname pregiato e con piante accessorie azoto fissatrici. Tra le accessorie azotofissatrici la specie più ampiamente utilizzata è stata l'ontano napoletano (*Alnus cordata* Loisel.); in misura minore sono state impiegate la robinia (*Robinia pseudacacia* L.) e alcune specie del genere *Elaeagnus*.

Negli impianti a prevalenza di farnia, dell'area mineraria di Santa Barbara, il modello colturale che si intendeva adottare prevedeva la realizzazione, verso i 10-15 anni, di un primo diradamento misto (geometrico-selettivo) seguito, dopo 5-6 anni, da diradamenti di tipo selettivo (DE MEIO *et al.* 1999; BURESTI *et al.* 1998; PELLERI *et al.* 2007). Solo recentemente, a partire dal secondo diradamento, sono stati sperimentati con successo diradamenti liberi volti a favorire 70 piante principali⁴ ad ettaro (PELLERI *et al.* 2009), con lo scopo di liberare dalla concorrenza le chiome delle sole piante principali; lasciando indisturbata la restante parte dell'impianto. La realizzazione di frequenti diradamenti di forte intensità, attorno a un limitato numero di piante principali, è stata sperimentata in Gran Bretagna, già a partire dagli anni cinquanta, su impianti densi di farnia di 20 anni (JOBLING e PEARCE 1977; KERR 1996). Simili criteri di gestione vengono correntemente applicati in alcuni Paesi del centro Europa alle fustaie regolari di quercia, di origine artificiale o naturale, consentendo di ottenere fusti di pregio di dimensioni riguardevoli in tempi notevolmente più brevi rispetto a quelli ottenuti con la selvicoltura tradizionale (LEMAIRE 2010; PERIN e CLAESSENS 2009).

Le principali sperimentazioni europee, i vantaggi e gli inconvenienti di questo metodo di gestione delle fustaie di quercia vengono descritte in un interessante articolo di NEBOUT (2006).

Nel presente lavoro si riportano i risultati di un impianto misto con accessorie a prevalenza di farnia a 21 anni dalla piantagione, realizzato all'interno delle discariche minerarie di Santa Barbara (Cavriglia AR). Parte dell'impianto è stata interessata da diradamenti liberi (circa 1.3 ettari) realizzati attorno a circa 70 piante principali ad ettaro, mentre un'altra parte (circa 1.0 ettari) è stata lasciata come controllo.

L'obiettivo della ricerca è quello di verificare nel tempo i seguenti aspetti: (i) le *performance* delle specie a legname di pregio impiegate; (ii) l'effetto delle diverse modalità di consociazione (specie impiegata e intensità di consociazione) sull'accrescimento delle piante principali di farnia della parcella diradata; (iii) il confronto fra l'accrescimento delle piante principali di farnia della parcella diradata rispetto a quelle selezionate, con gli stessi criteri, nella parcella testimone.

Materiali e metodi

Caratteristiche dell'area

Il clima dell'area di studio, secondo i dati della stazione termo pluviometrica di Poggio al Vento, ubicata a 300 m s.l.m. in prossimità dell'impianto, è caratterizzato da una temperatura media annua di 13.5°C, precipitazioni annue di 887 mm, periodo secco estivo limitato al mese di luglio (Figura 1). Il suolo su cui è stata realizzata la piantagione deriva dall'accumulo di materiale di riporto proveniente dalla zona di escavazione della miniera a cielo aperto. Le analisi eseguite al momento dell'impianto indicavano suoli tendenzialmente sterili (BURESTI 1984), con una tessitura limoso-argillosa (45% di limo e 30% argilla), reazione sub acida (pH medio 5.6), scarsa presenza di elementi nutritivi (azoto e potassio).

Caratteristiche della piantagione

La piantagione oggetto dello studio è stata realizzata nell'inverno 1988-89, con postime di un anno di provenienza locale (per la farnia il bosco di Renacci, presso S. Giovanni V.no), utilizzando un sesto qua-

⁴ Gli autori hanno utilizzato il termine pianta principale tratto dal glossario per l'arboricoltura da legno (Buresti e Mori 2005a,b). Questo termine deve essere considerato come sinonimo di pianta scelta, pianta obiettivo, pianta d'avvenire *etc.* e *selected tree*, *target tree*, *crop tree* della selvicoltura anglosassone.

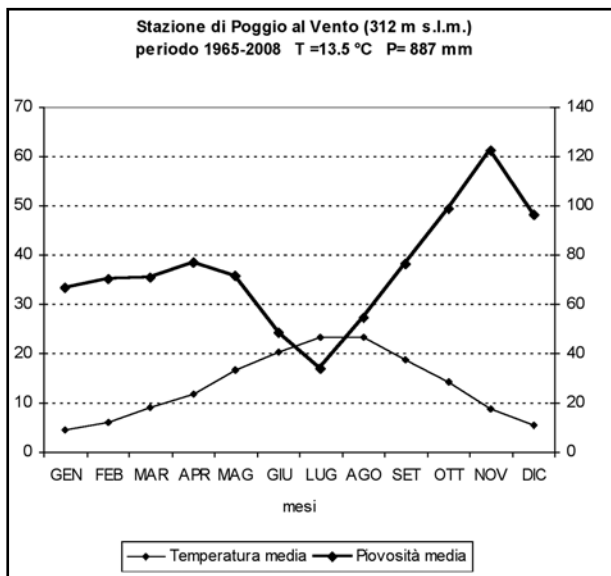


Fig. 1 - Diagramma termo-pluviometrico.
Climatic diagram of the site.

drato con distanza tra le piante di 3 metri. La farnia è consociata a file con altre latifoglie a legname di pregio, quali ciliegio (*Prunus avium* L.) e frassino ossifillo (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) e per pedali con specie azotofissatrici come ontano napoletano e robinia, in diverse proporzioni (25% e 50%). Complessivamente l'impianto si estende su una superficie di 2.3 ettari all'interno della quale si distinguono 2 aree sottoposte a diverso trattamento: una è stata diradata (parcella D), mentre l'altra non diradata rappresenta il testimone sperimentale (parcella T). Per ciascuna tesi è stata realizzata una parcella elementare (*plot*) contenente mediamente 221 piante (1985 m²); di seguito

viene riportato lo schema dell'impianto con le tesi di consociazione utilizzate nei diversi *plot* (Figura 2):

- Impianto senza piante accessorie azotofissatrici (tesi 1): cinque file di farnia pura sono state intervallate a una fila di latifoglie pregiate, alternativamente ciliegio e frassino ossifillo (Figura 2 - *plot* E e E1);
- Impianto con il 25% di piante accessorie azotofissatrici: come la tesi 1 ma con ontano napoletano o robinia inseriti in una fila su due e sulla fila in modo alternato alla farnia (Figura 2 - *plot* D e C);
- Impianto con il 50% di piante accessorie azotofissatrici: come la tesi 1 ma con ontano napoletano o robinia inseriti in modo alternato su tutte le file (Figura 2 *plot* - A, A1 e B).

Interventi culturali

L'impianto è stato interessato da regolari potature di tipo progressivo eseguite a partire dal secondo anno fino al 1995. Successivamente gli interventi si sono limitati a sporadiche operazioni di spalcatura e di eliminazione dei rami secchi eseguite in maniera molto discontinua. L'ultima potatura è stata condotta nel 2004 solo nella parcella diradata (un anno dopo il primo intervento) effettuando una spalcatura sulle piante principali.

Per limitare il rapido sviluppo della robinia, nel 1995, in entrambe le parcelle (D e T), è stata realizzata la capitozzatura a petto d'uomo dei soggetti di questa specie che aduggiavano la farnia. In seguito a questo intervento la robinia ha reagito emettendo getti caulinari vigorosi ma meno competitivi della pianta intera

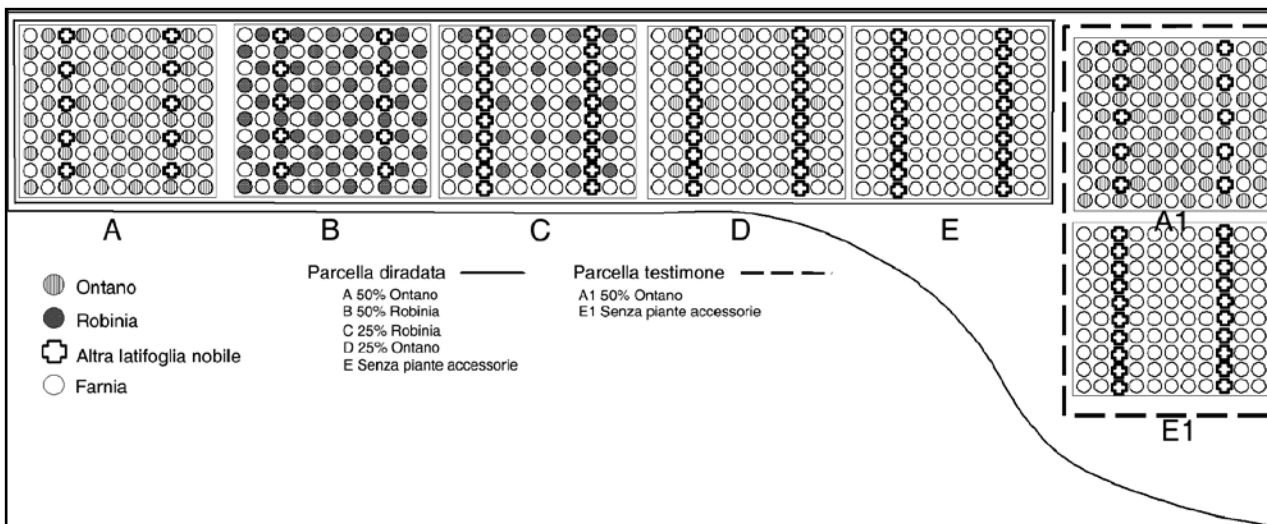


Fig. 2 - Schema della piantagione con le tesi messe a confronto.
Layout of the plantation with indication of the different intercropping types.

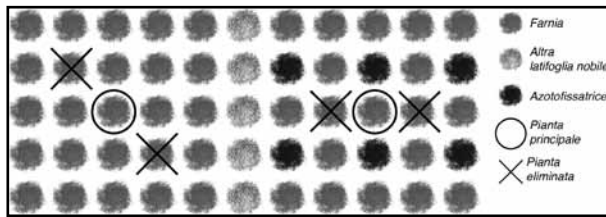


Fig. 3 - Schema del primo diradamento.
Layout of the first thinning.

e, soprattutto, senza produrre un significativo numero di polloni radicali.

Nell'inverno 2000-01 nella parcella D è stato eseguito un primo diradamento libero attorno a circa 70 piante principali ad ettaro, prelevando mediamente due piante in concorrenza con la pianta principale e lasciando indisturbata la restante parte della piantagione (Figura 3). Le piante azotofissatrici sono state generalmente preservate.

Nel inverno 2003-04 la parcella D è stata interessata da un secondo diradamento libero realizzato sempre esclusivamente attorno alle piante principali; con questo intervento si sono eliminati tutti gli individui che erano a distanze inferiori a 4.25 m dalla pianta selezionata in modo da liberarne completamente la chioma; con questo intervento sono state eliminate anche tutte le piante accessorie azotofissatrici adiacenti alle principali (Figura 4).

Rilievi

Si riporta una descrizione dei rilievi eseguiti sia su tutto l'impianto sia sulle sole piante principali, tenendo separate le due parcelle (parcella D e T):

Misurazioni su tutto l'impianto

Nel 2000, 2003, 2008 nella parcella D è stato eseguito il rilievo del diametro a petto d'uomo (D) di tutte le piante e di un campione di altezze (H) per la costruzione delle curve ipsometriche relative alle 3 specie di pregio. Nella parcella testimone tali rilievi sono stati eseguiti solo nel 2008. In occasioni di questi inventari, limitatamente alla parcella diradata, è stata valutata la mortalità delle specie impiegate ad esclusione della robinia, sulla quale sono stati realizzati interventi di controllo del vigore (capitozzatura) antecedenti al primo diradamento.

Misurazioni sulle piante principali

Sulle piante principali della parcella diradata, selezionate al momento del primo diradamento, è

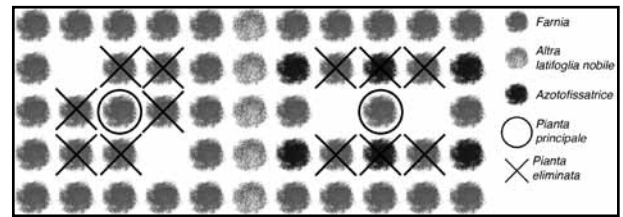


Fig. 4 - Schema del secondo diradamento.
Layout of the second thinning.

stato rilevato il diametro annualmente dal 2000 al 2009, mentre sono state misurate le altezze periodicamente nel 2000, 2003 e 2008. Nel 2003 e nel 2008 sono stati, inoltre, rilevati 4 raggi per ciascuna chioma, al fine di calcolare l'area d'insidenza, il diametro della chioma (Dch) e il rapporto diametro della chioma/altezza espresso in percentuale (Dch/H). Infine nel 2008 è stata eseguita la valutazione della qualità del fusto utilizzando la metodologia messa a punto per gli impianti di arboricoltura da NOSENZO *et al.* (2008). Rilievi analoghi sono stati eseguiti sulle piante principali della parcella testimone limitatamente al 2008 e al 2009 con valutazione, per quest'ultima annualità, del solo accrescimento diametrico.

Analisi dei dati

I dati quantitativi, rilevati su tutta la piantagione e sulle piante principali, sono stati analizzati mediante l'analisi della varianza (ANOVA) eseguendo il confronto delle medie mediante il test HSD di Tukey per campioni diseguali. L'omogeneità delle distribuzioni di dati qualitativi sono stati valutati con il test del χ^2 .

Risultati

Di seguito si riportano i risultati relativi ad un confronto generale tra le specie di pregio impiegate, riguardante mortalità, sviluppo longitudinale e diametrico delle piante. Si tenga presente che tali dati si riferiscono alla parcella D, per la quale sono disponibili le serie complete di rilievi.

Separatamente si riportano i risultati relativi ad un confronto di maggiore dettaglio, limitato alle sole piante principali di farnia della parcella D, finalizzato a valutare gli effetti della consociazione sui parametri rilevati.

Gli effetti delle tesi di consociazione e del diradamento sono stati analizzati prendendo in considerazione esclusivamente le piante principali di farnia senza accessorie e consociata al 50% con ontano di entrambe le parcelle (D e T). Le altre tesi sono state

escluse perché insufficientemente rappresentate nella parcella testimone a seguito di tagli abusivi.

Confronti tra le specie (parcella D)

Mortalità - Nella Tabella 1 si riportano i risultati di mortalità relativi ai rilievi del 2000, 2003 e 2008. Nelle medesime tabella si riportano anche i dati relativi al numero di piante asportate con i diradamenti del 2000 e del 2003. Complessivamente con il primo intervento si è eseguito un prelievo del 17.5% in numero pari al 21.3% di area basimetrica mentre, nel secondo intervento, il prelievo ha raggiunto il 36,1% in numero di piante, pari al 27.4% di area basimetrica.

Dall'esame della Tabella appare evidente che le

tipologie di impianto che prevedono l'impiego della robinia come pianta accessoria fanno registrare, al primo rilievo, una maggiore percentuale di mortalità a carico delle latifoglie pregiate rispetto alla consociazione con ontano e all'impianto senza accessorie. Si osservano 2 picchi di mortalità della farnia uno nel 2000 per la consociazione con robinia al 50% e nel 2008 con ontano al 50%. Si noti come sia elevata in tutti i rilievi la mortalità dell'ontano soprattutto nella consociazione dove partecipa in percentuale maggiore.

Diametro - Dalla Figura 5 emerge una variazione nei ranghi dal primo all'ultimo rilievo. Dal 2000 al 2002 il ciliegio risulta essere la specie con il maggiore diametro medio anche se in modo non statisticamente

Tab. 1 - Mortalità ripartita per specie e per consociazione. Per il 2000 e il 2003 si riportano i dati relativi al diradamento¹.

Tree death rate per species and mixtures. Felled trees at thinning occurrence in 2000 and 2003 are reported.

Ontano 50 %			totale		morte fino		totale		diradate		morte		totale		diradate		morte		totale	
			impianto		2000		2000		2000		2000-03		2003		2003		2004-08		2008	
specie	n		n	%	n		n		n	%	n	%	n		n		n	%	n	
farnia	110		3	2.7	107		21		2	2.3	84		23		10		16.4		51	
frassino	12		--	0.0	12		4		--	0.0	8		1		1		14.3		6	
ciliegio	12		3	25.0	9		2		--	0.0	7		1		--		0.0		6	
ontano	130		23	18.0	107		6		12	11.9	89		49		18		45.0		22	
totale	264		29	11.0	235		33		14	6.9	188		74		29		25.4		85	
Ontano 25 %			totale		morte fino		totale		diradate		morte		totale		diradate		morte		totale	
			impianto		2000		2000		2000		2000-03		2003		2003		2004-08		2008	
specie	n		n	%	n		n		n	%	n	%	n		n		n	%	n	
farnia	132		3	2.3	129		22		6	5.6	101		31		1		1.4		69	
frassino	22		--	0.0	22		9		--	0.0	13		5		--		0.0		8	
ciliegio	22		2	9.1	20		7		--	0.0	13		3		1		10.0		9	
ontano	66		11	17.0	55		1		9	16.7	45		31		11		78.6		3	
totale	242		16	6.6	226		39		15	8.0	172		70		15		14.7		89	
Senza accessorie			totale		morte fino		totale		diradate		morte		totale		diradate		morte		totale	
			impianto		2000		2000		2000		2000-03		2003		2003		2004-08		2008	
specie	n		n	%	n		n		n	%	n	%	n		n		n	%	n	
farnia	132		8	6.1	124		25		4	4.0	95		46		4		8.2		45	
frassino	22		1	4.5	21		3		--	0.0	18		2		2		12.5		14	
ciliegio	22		--	0.0	22		9		--	0.0	13		4		--		0.0		9	
totale	176		9	5.1	167		37		4	3.1	126		52		6		8.1		68	
Robinia 25%			totale		morte fino		totale		diradate		morte		totale		diradate		morte		totale	
			impianto		2000		2000		2000		2000-03		2003		2003		2004-08		2008	
specie	n		n	%	n		n		n	%	n	%	n		n		n	%	n	
farnia	143		11	7.7	132		48		4	4.8	80		4		7		9.2		69	
frassino	23		2	8.7	21		9		--	0.0	12		0		--		0.0		12	
ciliegio	24		10	42.0	14		4		1	10.0	9		1		--		0.0		8	
totale	190		23	12.0	167		61		4	3.8	101		12		--		0.0		89	
Robinia 50%			totale		morte fino		totale		diradate		morte		totale		diradate		morte		totale	
			impianto		2000		2000		2000		2000-03		2003		2003		2004-08		2008	
specie	n		n	%	n		n		n	%	n	%	n		n		n	%	n	
farnia	96		20	21.0	76		15		3	4.9	58		13		3		6.7		42	
frassino	12		1	8.3	11		2		--	0.0	9		2		1		14.3		6	
ciliegio	12		8	67.0	4		--		--	0.0	4		--		--		0.0		0	
totale	120		29	24.0	91		17		3	4.1	71		19		4		7.7		52	

¹ I dati di mortalità della robinia non sono stati rilevati.

rilevante. Negli anni successivi si assiste ad un cambio di tendenza e farnia e frassino, a seguito di maggiori incrementi diametrici, raggiungono dimensioni anche significativamente superiori al ciliegio, come si può osservare per la farnia nei rilievi del 2008 e 2009.

Altezza - Dall'esame della Figura 6 si osserva un generale maggiore sviluppo del frassino che viene quasi eguagliato dalla farnia nel 2008. Al ciliegio spettano costantemente i risultati peggiori, tanto che nel 2000 e nel 2008 si differenzia dalle altre specie in modo statisticamente molto significativo.

Caratteri della chioma - Nel 2003 non si riscontrano differenze significative del Dch tra le specie di pregio. In seguito alla diversa reazione delle specie al secondo diradamento, farnia e frassino si differenziano significativamente dal ciliegio (Tabella 2). Il rapporto Dch/H (Tabella 3) risulta, per tutte le specie, inferiore a 40% nel 2003 e raggiunge valori intorno a 45% nel 2008 senza mostrare differenze significative.

Effetto della consociazione sulle piante principali di farnia (parcella D)

Diametro- Nella Tabella 4 si riportano, per il diametro del fusto, i risultati dell'ANOVA, i valori medi per tesi posta a confronto e i risultati del test HSD. La presenza della specie azotofissatrice si dimostra utile nel favorire un maggiore sviluppo diametrico. Al testimone, farnia senza accessorie, spettano costantemente i valori minori. Nei primi 4 anni solo la tesi che vede la farnia consociata con l'ontano al 50% si differenzia significativamente dal testimone; dal 2004 in poi anche la tesi farnia con robinia al 50% si allinea

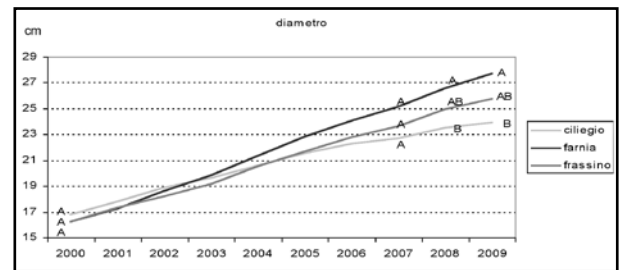


Fig. 5 - Andamento diametrico delle piante obiettivo di pregio.
Dbh curves of the valuable broadleaved target trees.

Tab. 2 - Risultati dell'ANOVA e del test HSD per il diametro della chioma delle piante obiettivo (Dch) di specie pregiate per il 2003 e il 2008.
ANOVA and HSD tests on crown diameter (Dch) of the valuable broadleaved target trees (inventories 2003 and 2008).

Dch 2003	F	p-level	Dch 2008	F	p-level
specie	m	HSD	specie	m	HSD
frassino	6.08	A	farnia	7.85	A
farnia	5.71	A	frassino	7.63	A
ciliegio	5.46	A	ciliegio	6.32	B

Tab. 3 - Risultati dell'ANOVA e del test HSD sul rapporto Dch/H 2003 e Dch/H 2008 delle piante principali di specie pregiate.
ANOVA and HSD tests on Dch/H 2003 and Dch/H 2008 of the valuable broadleaved target trees.

Dch/H 2003	F	p-level	Dch/H 2008	F	p-level
specie	%	HSD	specie	%	HSD
ciliegio	38.5	A	farnia	47.5	A
farnia	38.3	A	frassino	44.7	A
frassino	38.1	A	ciliegio	43.2	A

Tab. 4 - Risultati dell'ANOVA e del test HSD sul diametro delle piante principali di farnia per modalità di consociazione relativo al periodo 2000-2009.
ANOVA and HSD tests on DBH of the oak target trees per intercropping type over the interval 2000-2009.

consociazione	D 2000		D 2001		D2002		D 2003		D 2004	
	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
	cm	HSD	cm	HSD	cm	HSD	cm	HSD	cm	HSD
50% ontano	17.39	A	18.38	A	19.73	A	20.97	A	22.65	A
50% robinia	16.57	AB	17.81	AB	19.47	AB	20.89	AB	22.47	A
25% robinia	16.37	AB	17.39	AB	18.68	AB	19.80	AB	21.12	AB
25% ontano	15.92	AB	16.93	AB	18.36	AB	19.51	AB	20.87	AB
senza accessorie	13.96	B	14.83	B	16.03	B	17.26	B	18.33	B

consociazione	D 2005		D 2006		D2007		D 2008		D 2009	
	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level	F	p-level
	cm	HSD	cm	HSD	cm	HSD	cm	HSD	cm	HSD
50% ontano	24.23	A	25.62	A	26.65	A	28.33	A	29.66	A
50% robinia	24.11	A	25.47	A	26.6	A	28.15	A	29.35	A
25% robinia	22.59	AB	23.81	AB	24.86	AB	26.30	AB	27.34	AB
25% ontano	22.29	AB	23.52	AB	24.57	AB	26.08	AB	27.06	AB
senza accessorie	19.66	B	20.81	B	21.69	B	22.87	B	23.83	B

Tab. 5 - Risultati dell'ANOVA e del test HSD per l'altezza delle piante obiettivo di farnia per modalità di consociazione relativo al 2000, 2004 e 2008. *ANOVA and HSD tests on height of the oak target trees per intercropping type (inventories 2000, 2004 and 2008).*

H 2000	F	p-level	H 2003	F	p-level	H 2008	F	p-level
consociazione	3.182	0.023	consociazione	3.360	0.018	consociazione	3.027	0.029
	m	HDS		m	HDS		m	HDS
25% robinia	13.17	A	25% robinia	16.45	A	25% robinia	17.30	A
25% ontano	12.68	AB	50% robinia	15.93	AB	50% ontano	17.22	A
50% ontano	12.32	AB	50% ontano	15.06	AB	50% robinia	16.57	AB
50% robinia	12.27	AB	25% ontano	14.52	AB	25% ontano	15.98	AB
no accessorie	11.16	B	no accessorie	13.59	B	no accessorie	15.17	B

Tab. 6 - Risultati dell'ANOVA e del test HSD sul Dch 2003 e 2008 delle piante obiettivo di farnia per modalità di consociazione. *ANOVA and HSD tests on Dch 2003 and 2008 of the oak target trees per intercropping type.*

Dch 2003	F	p-level	Dch 2008	F	p-level
consociazione m	3.050	0.028	consociazione m	4.336	0.005
		HSD			HSD
50% ontano	6.14	A	50% robinia	8.89	A
50% robinia	6.08	A	50% ontano	8.28	AB
25% ontano	5.80	A	25% ontano	7.58	AB
no access.	5.29	AB	25% robinia	7.50	AB
25% robinia	5.04	B	no acces.	6.79	B

Tab. 7 - Risultati dell'ANOVA e del test HSD per il rapporto Dch/H 2003 e Dch/H 2008 relativo alle piante principali di farnia per modalità di consociazione. *ANOVA and HSD tests on Dch/H 2003 and Dch/H 2008 of the oak target trees per intercropping type.*

Dch/H 2003	F	p-level	Dch/H 2008	F	p-level
consociazione %	3.403	0.017	consociazione %	2.831	0.037
		HSD			HSD
50% ontano	41.0	A	50% robinia	53.8	A
25% ontano	40.4	A	50% ontano	48.3	AB
no acces.	39.6	AB	25% ontano	47.6	AB
50% robinia	38.9	AB	no acces.	45.2	AB
25% robinia	30.3	B	25% robinia	43.4	B

Tab. 8 - Distribuzione delle piante principali di farnia in classi di qualità del fusto per modalità di consociazione, specie azoto fissatrice. *Stem quality distribution of oak target trees per intercropping type and N-fixing species.*

puro o cons.	qualità del fusto		totale
	A-B	C-D	
consociato	21	17	38
no accessorie	3	4	7
Totale	24	21	45
		$\chi^2=0.513$	n.s.
accessoria	qualità del fusto		totale
	A-B	C-D	
ontano	11	11	22
no accessorie	3	4	7
robinia	10	6	16
Totale	24	21	45
		$\chi^2=0.947$	n.s.
% accessoria	qualità del fusto		totale
	A-B	C-D	
25%	9	9	18
50%	12	8	20
no accessorie	3	4	7
Totale	24	21	45
		$\chi^2=0.746$	n.s.

con i valori della consociazione di ontano della stessa percentuale di consociazione.

Altezza - Anche per quanto riguarda l'altezza delle piante di farnia si osserva il positivo effetto della consociazione. Il testimone, anche in questo caso fa registrare costantemente i valori medi più bassi (Tabella 5). La consociazione con robinia al 25%, e nel 2008 anche quella con ontano al 50%, fanno registrare la maggiore altezza media delle piante di farnia che risulta significativamente diversa da quella del testimone.

Caratteri della chioma - Nel 2003 le farnie consociate al 50% con ontano e robinia mostrano diametri della chioma maggiori rispetto a quelle allevate senza accessorie e a quelle consociate al 25%; in particolare il Dch per la consociazione al 25% di robinia risulta il minore (Tabella 6). Tali risultati si confermano anche nel 2008 ad eccezione della farnia senza accessorie che regredisce all'ultimo posto. Il rapporto Dch/H nel 2003 mostra valori superiori per le consociazioni con ontano, valori intermedi per la farnia senza accessorie e valori inferiori per le consociazioni con la robinia (Tabella 7); tali rapporti si modificano nel 2008 anche in relazione alla diversa reazione al secondo diradamento.

Qualità del fusto - Il test del χ^2 (Tabella 8) non evidenzia una significativa disomogeneità nella distribuzione delle piante principali di farnia per classi qualitative del fusto e per modalità di consociazione, nonostante le piante qualitativamente migliori (classe A-B) si distribuiscano più frequentemente nelle tesi con azotofissatrici.

Effetto del diradamento e della consociazione sulle piante selezionate di farnia (parcella D e T)

Diametro - La Tabella 9 relativa ai risultati delle analisi statistiche fa registrare, sia per il 2008 sia per il 2009, il positivo effetto della consociazione e del diradamento. Nel complesso pare che l'effetto positivo della consociazione sia addirittura superiore a quello del diradamento. La Tabella 10 evidenzia che l'incremento di diametro dell'ultimo anno è stato ge-

Tab. 9 - Risultati dell'ANOVA e del test HSD sul D 2008 e D 2009 delle piante principali di farnia per modalità di consociazione e diradamento. *ANOVA and HSD tests on DBH 2008 and 2009 of the oak target trees per intercropping and thinning types.*

Diametro 2008 origine della variazione	devianze	g. di l.	varianza	F	p-level
tra trattamento	37.582	1	37.582	4.579	0.039
tra consociazioni	96.889	1	96.889	11.804	0.002
interazione	39.079	1	39.079	4.761	0.036
errore	287.285	35	8.208		
Trattamento	cm	HSD	interazione	cm	HSD
dir.	25.51	A	dir. 50% ont.	28.15	A
non dir.	23.50	B	no dir. 50% ont.	24.09	B
Consociazione	cm	HSD	no dir. no acc.	22.91	B
50% ontano	26.12	A	dir. no acc.	22.87	B
no acces.	22.89	B			
Diametro 2009 origine della variazione	devianze	g. di l.	varianza	F	p-level
tra trattamento	44.662	1	44.662	4.733	0.036
tra consociazioni	107.619	1	107.619	11.405	0.002
interazione	41.738	1	41.738	4.423	0.043
errore	330.253	35	9.436		
Trattamento	cm	HSD	interazione	cm	HSD
dir.	26.59	A	dir. 50% ont.	29.35	A
no dir.	24.40	B	no dir. 50% ont.	25.04	B
Consociazione	cm	HSD	dir. no acc.	23.83	B
50% ont.	27.20	A	no dir. no acc.	23.76	B
no acc.	23.79	B			

Tab. 10 - Risultati dell'ANOVA e del test HSD su lCd 2009 delle piante principali di farnia per modalità di consociazione e diradamento. *ANOVA and HSD tests on lCd 2009 of the oak target trees per intercropping and thinning types.*

lCd. 2009 origine della variazione	devianze	g. di l.	varianza	F	p-level
tra trattamento	0.305	1	0.305	2.001	0.165
tra consociazioni	0.282	1	0.282	1.852	0.182
interazione	0.044	1	0.044	0.288	0.595
errore	5.324	35	0.152		
Trattamento	cm	HSD	interazione	m	HSD
dir.	1.08	A	dir. 50% ont.	1.2	A
no dir.	0.9	A	dir. no acc.	0.96	A
Consociazione	cm	HSD	no dir. 50% ont.	0.95	A
50% ont.	1.07	A	no dir. no acc.	0.84	A
no acc.	0.9	A			

neralmente elevato, intorno a 1 cm e pressoché simile per tutte le tesi poste a confronto.

Altezza - Dall'esame della Tabella 11 si osserva che l'altezza del 2008 delle piante di farnia è significativamente maggiore nella parcella T rispetto alla D mentre non risulta statisticamente rilevante l'effetto della consociazione.

Caratteri della chioma - Anche per il Dch della farnia del 2008 (Tabella 12) l'analisi evidenzia un effetto

significativo sia del trattamento sia delle modalità di consociazione con valori più elevati delle piante obiettivo della parcella diradata e nella consociazione con ontano al 50% (Tabella 13); l'effetto del diradamento sembra essere superiore a quello della consociazione.

Anche per il rapporto Dch/H (Tabella 13) si riscontra la stessa tendenza con un maggior effetto del diradamento rispetto alla consociazione.

Discussione

Confronto tra le specie (parcella D)

La mortalità delle specie pregiate, antecedente al primo intervento di diradamento, risulta più elevata nelle parcelle consociate con robinia, specie che in questa stazione risulta più competitiva dell'ontano. Per quest'ultima specie si riscontra, come evidenziato in altri lavori (BECCIOLINI *op. cit.*; BECCIOLINI e PELLERÌ *op. cit.*), una progressiva mortalità naturale, che consente di posticipare il momento del primo diradamento. La mortalità delle piante di farnia continua moderatamente anche dopo la realizzazione dei diradamenti in quanto, nelle porzioni dell'impianto non interessate dall'intervento, localizzato attorno alle principali, i rapporti di competizione degli individui dominati non cambiano e permangono elevati.

Per quanto riguarda le *performance* delle specie a legname pregiato, in termini di accrescimento in diametro e altezza, si riscontra una iniziale maggiore rapidità di sviluppo del frassino ossifillo rispetto alle altre due specie (farnia e ciliegio), in particolare per quanto riguarda l'altezza. La farnia, specie di prima grandezza caratterizzata da un accrescimento iniziale più lento, in condizioni di buona idoneità ecologica, tende a recuperare il *gap* con il frassino avvicinandosi ai valori di quest'ultimo nel 2008. Il ciliegio invece, mostra costantemente altezze significativamente inferiori dimostrandosi la specie meno adatta alla stazione. Il monitoraggio dell'accrescimento diametrico conferma questa tendenza: la farnia recupera progressivamente sulle altre specie, superando in maniera significativa il ciliegio. Anche per le caratteristiche della chioma si riscontra lo stesso andamento; fino al 2003, a 15 anni dalla piantagione, tutte e tre le specie mostrano indicativamente accrescimenti simili intorno a 35-40 cm (Figura 7); successivamente, dal 2003 al 2008 la farnia, in seguito al trattamento, mantiene questo ritmo di crescita, mentre il ciliegio mostra incrementi annuali di Dch inferiori del 53%.

Effetto della consociazione sulle piante obiettivo di farnia (parcella D)

Si conferma l'effetto delle consociazione sull'accrescimento diametrico delle piante di farnia (Tabella 4), come già riscontrato in una località limitrofa (BECCIOLINI *op. cit.*); in particolare la consociazione con il 50% di ontano risulta migliore delle altre e si differenzia significativamente dalla farnia allevata senza accessorie. Tra le due specie azoto fissatrici impiegate l'ontano si è dimostrato, rispetto alla robinia, più "altruista" nell'utilizzazione dell'azoto del suolo, lasciandolo disponibile prevalentemente alle altre specie (TANI *op. cit.*), e meno competitivo nell'occupazione dello spazio. Le differenze tra gli effetti dovuti alle due specie azotofissatrici sono difficilmente apprezzabili, anche in relazione alle azioni di controllo della robinia iniziate sei anni dopo la piantagione. Anche per quanto riguarda l'altezza (Tabella 5) si nota un effetto positivo delle due specie azoto fissatrici; in particolare la consociazione al 25% di robinia si differenzia significativamente dalla particella senza accessorie fino al 2008. Una maggior presenza di azotofissatrici consente inoltre alla farnia di formare una chioma di dimensioni maggiori (Tabella 6). La robinia, nonostante la capitozzatura, sembra esercitare una maggiore compressione laterale rispetto all'ontano, condizionando la forma della chioma delle piante principali prima dei diradamenti (Figura 8); nonostante questo la chioma della farnia consociata con la robinia si mostra particolarmente reattiva al diradamento, determinando una pronta risposta, in termini di accrescimento della chioma, significativamente maggiore di quella mostrata dalle piante principali liberate nella particella senza accessorie. Per questa specie incrementi medi annui di diametro della chioma intorno a 50 cm (PERIN e CLAESSENS *op. cit.*) sono da considerarsi ottimali. Nell'impianto analizzato si sono riscontrati, dopo il secondo diradamento che ha portato al taglio di tutte le piante limitrofe alle principali di farnia, incrementi annuali di Dch sostenuti in particolare per le principali di farnia consociate con la robinia (50 cm), meno per quelle consociate con l'ontano (40 cm) e nettamente più bassi (30 cm) per le farnie principali selezionate nella parcella senza specie azotofissatrici (Figura 9). Nei terreni della discarica mineraria di Cavriglia la farnia (CUTINI *op. cit.*; BECCIOLINI *op. cit.*; BECCIOLINI e PELLERI *op. cit.*) si avvantaggia della consociazione con piante accessorie azotofissatrici a veloce accrescimento iniziale mostrando di risentire meno della

Tab. 11 - Risultati dell'ANOVA e del test HSD su H 2008 delle piante principali di farnia per modalità di consociazione e diradamento.
ANOVA and HSD tests on H 2008 of the oak target trees per intercropping and thinnings types.

Altezza 2008 origine della variazione	devianze	g. di l.	varianza	F	p-level
tra trattamento	26.635	1	26.635	11.940	0.001
tra consociazioni	9.185	1	9.185	4.117	0.050
interazione	10.370	1	10.370	4.649	0.038
errore	78.077	35	2.231		
Trattamento	m	HSD	interazione	m	HSD
no dir.	17.89	A	no dir. no acc.	17.92	A
dir.	16.20	B	no dir. 50% ont.	17.86	A
Consociazione	m	HSD	dir. 50% ont.	17.22	AB
50% ont.	17.54	A	dir. no acc.	15.17	B
no acc.	16.55	A			

Tab. 12 - Risultati dell'ANOVA e del test HSD su Dch 2008 delle piante principali di farnia per modalità di consociazione e diradamento.
ANOVA and HSD tests on Dch 2008 of the oak target trees per intercropping and thinnings types.

Dch. 2008 origine della variazione	devianze	g. di l.	varianza	F	p-level
tra trattamento	39.937	1	39.937	37.008	6.00E-07
tra consociazioni	16.330	1	16.330	15.132	4.29E-04
interazione	0.245	1	0.245	0.227	0.636
errore	37.771	35	1.079		
Trattamento	m	HSD	interazione	m	HSD
dir.	7.54	A	dir. 50% ont.	8.28	A
no dir.	5.46	B	dir. no acc. accessorie	6.79	AB
Consociazione	m	HSD	no dir. 50% ont.	6.04	BC
50% ont.	7.16	A	no dir. no acc.	4.88	C
no acc.	5.84	B			

Tab. 13 - Risultati dell'ANOVA e del test HSD su Dch/H 2008 delle piante principali di farnia per modalità di consociazione e diradamento.
ANOVA and HSD tests on Dch/H 2008 of the oak target trees per intercropping and thinnings types.

Dch./H 2008 origine della variazione	devianze	g. di l.	varianza	F	p-level
tra trattamento	2414.380	1	2414.380	60.315	4.03E-09
tra consociazioni	203.958	1	203.958	5.095	0.030
interazione	25.928	1	25.928	0.648	0.426
errore	1401.021	35	40.029		
Trattamento	%	HSD	interazione	Dch/Ht 2008	HSD
dir.	46.8	A	dir. 50% ont.	48.3	A
no dir.	30.6	B	dir. no acc.	45.2	A
Consociazione	%	HSD	no dir. 50% ont.	33.8	B
50% ont.	41.0	A	no dir. no acc.	27.4	B
no acc.	36.3	B			

competizione inter-specifica rispetto a quella esercitata da individui della stessa specie.

Il rapporto Dch/H è un indice di competizione efficace per la farnia: valori inferiori a 33% indicano condizioni di eccessiva concorrenza, mentre condizioni ottimali per lo sviluppo della chioma corrispondono a valori del 50% (LEMAIRE *op. cit.*). Nell'impianto oggetto



Fig. 6 - Andamento dell'altezza delle piante obiettivo di pregio. *Height curves of the valuable broadleaved crop trees.*

di studio a fine 2008, in seguito ai diradamenti, sono stati riscontrati rapporti Dch/H intorno a 50% nelle consociazioni con ontano e con robinia al 50% e valori intorno al 45% nelle altre situazioni.

La qualità del fusto delle principali è simile nelle varie tesi anche se i tronchi di qualità migliore (classi A-B) sono più frequenti all'aumentare della percentuale di azotofissatrice in particolare con la robinia (Tabella 7).

Effetto del diradamento e della consociazione sulle piante obiettivo di farnia (parcella D e T)

Dove è stato possibile valutare l'effetto combinato del diradamento e della consociazione si è riscontrata in generale un'azione significativa di entrambi i fattori. L'effetto della consociazione con ontano influenza positivamente l'accrescimento diametrico risultando apparentemente più efficace del diradamento. Infatti i buoni IcD del 2009 (Tabella 11), riscontrati nelle principali selezionate nelle parcella T, possono essere attribuiti, nella parcella consociata, alla elevata mortalità dell'ontano (99%) mentre, nella parcella senza accessorie, alla consolidata posizione di dominanza, ormai raggiunta dalle principali, che ha determinato una significativa mortalità delle farnie concorrenti. Al contrario, su H e Dch, l'effetto della consociazione è risultato meno significativo di quello del trattamento. In seguito ai diradamenti le piante principali di farnia reagiscono prevalentemente espandendo la chioma a scapito dello sviluppo longitudinale.

Il rapporto Dch/H è significativamente più alto nelle principali di farnia della parcella diradata (circa 47) rispetto a quello rilevato nella parcella non interessata dai tagli intercalari (circa 30) e questo conferma l'effetto positivo dei diradamenti, come già ampiamente riscontrato in letteratura per questa specie.

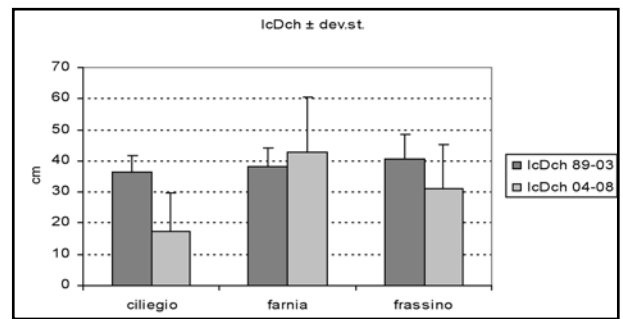


Fig. 7 - Incremento corrente della chioma delle piante principali di pregio (IcDch $\pm$ dev.st.) relativo ai periodi 1989-2003 e 2004-2008. *IcDch $\pm$ dev.st. of the target valuable broadleaved trees over the intervals 1989-2003 and 2004-2009.*

Conclusioni

Lo studio ha evidenziato la validità della scelta di puntare sulla farnia per la riqualificazione dell'area mineraria di Santa Barbara. Questa specie, pur presentando un accrescimento iniziale più lento nei confronti delle altre specie a legname pregiato impiegate, ha recuperato prontamente il *gap* iniziale raggiungendo e superando sia il ciliegio che il frassino ossifillo. Con il progredire del tempo si è evidenziata sempre di più la scarsa adattabilità del ciliegio alle condizioni stagionali dell'area di studio, caratterizzata da una tessitura limoso-argillosa del suolo, poco adatta a questa specie.

L'impiego delle specie accessorie azoto fissatrici è risultato positivo; le maggiori disponibilità di azoto messe a disposizione per le specie a legname di pregio hanno favorito il loro sviluppo longitudinale e diametrico. Il progressivo auto-diradamento dell'ontano riscontrato in quest'area, consente di ritardare la realizzazione dei diradamenti. In questi ultimi anni il legname di ontano napoletano, derivante dai diradamenti, ha trovato difficoltà di collocazione sul mercato in quanto poco richiesto come legna da ardere. Questo fenomeno sta facendo rivalutare l'impiego della robinia che, pur essendo maggiormente competitiva e di più difficile gestione, può risultare una valida alternativa all'ontano napoletano proprio in considerazione della sua più facile vendita come legna da ardere.

L'efficienza di precoci diradamenti liberi di intensità localmente forte, attorno ad un limitato numero di piante principali, è risultato un metodo di gestione dell'impianto idoneo a mantenere sulla farnia accrescimenti diametrici sostenuti e costanti intorno al centimetro. La conservazione di questi ritmi di crescita

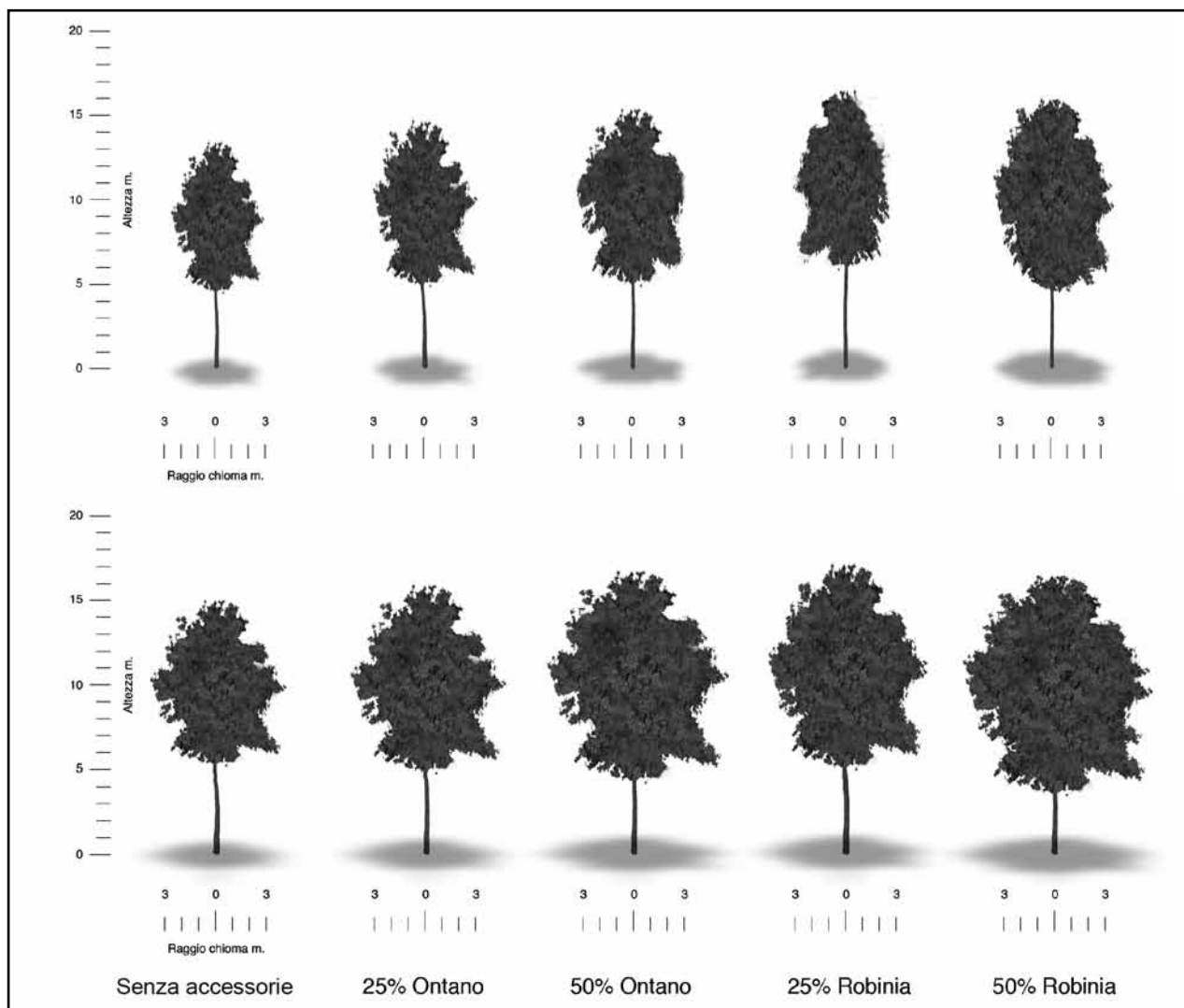


Fig. 8 - Forme della chioma delle piante obiettivo di farnia cresciute con diverse modalità di consociazione (rilievi del 2003 sopra, e 2008 sotto).
Crown shape of the oak target trees grown in different mixtures (inventories 2003 and 2008).

può essere ottenuta solo con una elevata frequenza degli interventi di diradamento, in considerazione della notevole capacità di espansione della chioma di questa specie in condizione di assenza di competizione. Nel caso specifico è già necessario prevedere, nell'immediato, un ulteriore diradamento che fornisca, alle chiome delle piante principali, sufficiente spazio vitale. Tale intervento dovrà essere sufficientemente forte da risultare economicamente sostenibile senza però indurre l'emissione di rami epicormici. Il mantenimento di adeguati rapporti Dch/H e la progressiva ricostituzione spontanea di un piano sottoposto di specie secondarie arbustive può consentire di risolvere questo problema favorendo nel contempo la rinaturalizzazione di questa area.

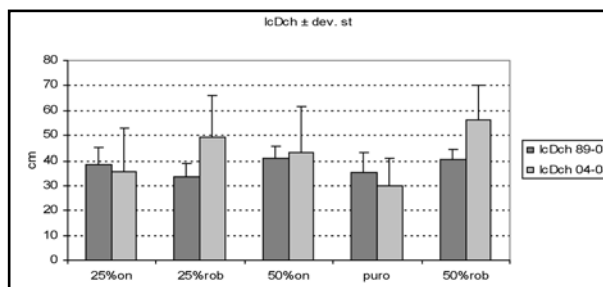


Fig. 9 - Incremento corrente della chioma delle piante principali di farnia ($IcDch \pm dev.st.$) relativo ai periodi 1989-2003 e 2004-2008.
IcDch $\pm dev.st.$ of the oak target trees over the intervals 1989-2003 and 2004-2008.

Ringraziamenti

Un ringraziamento particolare va ad Enrico Buresti che con professionalità e intuito ha contribuito al recupero dell'area mineraria di Santa Barbara predisponendo nel contempo le prime preziose aree sperimentali per studi inerenti all'arboricoltura da legno con latifoglie di pregio. Si ringraziano inoltre tutto il personale e collaboratori del CRA-SEL che hanno contribuito alla realizzazione del lavoro e in particolare Claudio Bidini, Serena Ravagni, Enrico Ciampelli e Mario Folla. Si ringraziano infine gli anonimi Revisori per il loro contributo critico.

Bibliografia citata

- BECCIOLINI R. 2004 - *Studio dell'effetto della consociazione con *Alnus cordata* Loisel. e l'influenza del primo diradamento in impianti di arboricoltura da legno con latifoglie pregiate a prevalenza di farnia*. Tesi di laurea, Università degli Studi di Firenze, facoltà di Agraria: 84 p.
- BECCIOLINI R., PELLERI F. 2006 - *Consociazione tra farnia ed ontano napoletano. Valutazione degli effetti prima e dopo un diradamento*. Sherwood - Foreste ed alberi oggi, 119: 11-16.
- BECQUEY J., VIDAL C. 2006a - *L'accompagnement améliore la réussite des plantations se noyer*. Forêt-entreprise, 170: 39-44.
- BECQUEY J., VIDAL C. 2006b - *Des billes de noyer plus longues avec l'accompagnement ligneux*. Forêt-entreprise, 170: 45-50.
- BURESTI E., 1984 - *Il restauro forestale delle discariche minerarie dell'ENEL - Miniera di Santa Barbara nel Valdarno*. Ann. Ist. Sper. Selv. XV: 157-171.
- BURESTI E., DE MEO I., PELLERI F. 1998 - *Criteri e risultati di un diradamento in un impianto di arboricoltura da legno di farnia (*Quercus robur* L.)*. Ann. Ist. Sper. Selv., 29: 29-40.
- BURESTI E., FRATTEGANI M., SESTINI L. 1993 - *Le consociazioni in arboricoltura da legno: primi risultati di impianti sperimentali con latifoglie pregiate*. Convegno 'Arboricoltura da legno e politiche comunitarie', Tempio Pausania: 173-180.
- BURESTI LATTES E., MORI P. 2005a - *Glossario dei termini più comuni impiegati in arboricoltura da legno: prima parte*. Sherwood - Foreste ed alberi oggi, 109: 13-18.
- BURESTI LATTES E., MORI P. 2005b - *Glossario dei termini più comuni impiegati in arboricoltura da legno: seconda parte*. Sherwood - Foreste ed alberi oggi, 110: 5-10.
- BURESTI E., MORI P., PELLERI F., RAVAGNI S. 2006 - *Enseignements de 30 années de recherche sur les plantations mélangées en Italie*. Forêt-entreprise, 170: 51-55.
- CHITI T., PUGLISI A., CERTINI G., SANESI G., BURESTI E. 2005 - *Sequestro del carbonio in suoli di discariche minerarie riforestate con specie azotofissatrici e non*. Atti del IV Congresso S.I.S.E. F. 7-10 Ottobre 2003 Rifreddo (PZ). Editrice S.T.E.S., Potenza: 53-57.
- CHITI T., CERTINI G., PUGLISI A., SANESI G., CAPPERUCCI A., FORTE C. 2007 - *Effects of associating a N-fixer species to monotypic oak plantations on the quantity and quantity of organic matter in mine soils*. Geoderma, 138: 162-169.
- CLARK J., HEMERY G., SAVILL P. 2008 - *Early growth and form of common walnut (*Juglans regia* L.) in mixture with tree and shrub nurse species in southern England*. Forestry, 81,5: 631-644.
- CORAZZESI A. 2010 - *Effetti della consociazione e del diradamento in un impianto di arboricoltura da legno con latifoglie di pregio di 20 anni*. Tesi di laurea, Università degli Studi di Firenze, Facoltà di Agraria: 82 p.
- CUTINI A., MARTINI M., BURESTI E. 1997 - *Effetti della consociazione con ontano napoletano in impianti di farnia*. Ann. Ist. Sper. Selv., 25-26: 261-283.
- DE MEO I., MORI P., PELLERI F., BURESTI E. 1999 - *Prime indicazioni sugli interventi di diradamento nelle piantagioni di arboricoltura da legno*. Sherwood - Foreste ed alberi oggi, 43: 15-20.
- GAVALAND A. 2006 - *Des pistes pour boiser des terres agricoles avec du merisier*. Forêt-entreprise, 170: 21-25.
- GIRARD S., ARMAND G., VIDAL C., APPERT A. 2006 - *Effect d'un accompagnement d'aulnes sur la croissance et le développement d'alisiers et d'érables*. Forêt-entreprise, 170: 32-34.
- JOBLING J., PEARCE M.L. 1977 - *Free growth of oak*. Forestry Commission Forest Record No 113. HMSO, London: 16 p.
- KERR G. 1996 - *The effect of heavy or 'free growth' thinning on oak (*Quercus petraea* and *Q. robur*)*. Forestry, vol. 69, n. 4: 303-316.
- LEMAIRE J. 2010 - *Le chène autrement. Produire du chène de qualité en moins de 100 ans en futaie régulière*. Guide technique IDF: 176 p.
- NOSSENZO A., BERRETTI R., BOETTO G. 2008 - *Piantagioni da legno. Valutazione degli assortimenti retraibili*. Sherwood - Foreste ed alberi oggi, 145: 15-19.
- NEBOUT J.P. 2006 - *Des chênes en croissance libre: bilan et perspectives*. Bollettin 3 Set. 2006, LII, Société Forestière de Franche-Comté: 103-135.
- NEBOUT J.P. 2008 - *Plantation et éducation des chênes dans le recru naturels*. Forêt-entreprise, 178: 17-20.
- PELLERI F., FABIANO F., PIEGAI F., RAVAGNI S. 2007 - *Diradamenti in arboricoltura con specie di pregio*. Sherwood - Foreste ed alberi oggi, 139: 34-36.
- PELLERI F., RAVAGNI S., BURESTI E. 2009 - *Confronto tra metodi di diradamento in un impianto puro di farnia*. Ann. CRA SEL, 35: 101-114.
- PERIN J., CLAESSENS H. 2009 - *Considerations sur la désignations et le détourage en chênes et hêtre*. Forêt Wallonne, 98: 39-52.
- TANI A. 2007 - *Noce da legno e specie azotofissatrici*. Sherwood - Foreste ed alberi oggi, 139: 15-17.
- TANI A., MALTONI A., MARIOTTI B., BURESTI LATTES E. 2006 - *Juglans regia L. tree plantations for wood production in mining area of S. Barbara (AR): Evaluation of N-fixing accessory trees effect*. Forest@ 3 (4): 588-597.

Effetti del trattamento selvicolturale sulla stabilità delle pinete di impianto di pino nero

Paolo Cantiani^{*1}, Manuela Plutino¹, Emilio Amorini¹

Accettato il 29 settembre 2010

Riassunto – Si riportano i risultati di una sperimentazione impostata nel 1978 sul trattamento selvicolturale di una pineta di impianto di pino nero nel territorio del Pratomagno casentinese (Arezzo). Le tesi poste a confronto sono state: (i) diradamento dal basso moderato; (ii) diradamento dal basso forte; (iii) controllo. Il trattamento ha previsto tre diradamenti nel 1978, nel 1999 e nel 2009 alle età di 24, 45 e 55 anni. Si analizzano gli interventi attuati e gli effetti nel tempo sui parametri dendrometrici e di stabilità del soprassuolo H/D (rapporto ipsodiametrico medio) e H/D_{dom} (rapporto ipsodiametrico dominante). Sono analizzati poi i parametri: rapporto ipsodiametrico, profondità, area di insidenza ed eccentricità della chioma su un campione di alberi stratificati per classe sociale e per tesi di trattamento in confronto con uno cresciuto in assenza di concorrenza. I risultati confermano che i diradamenti sono il mezzo più incisivo per accrescere la stabilità di popolamenti forestali artificiali monoplani. Tipo, regime e grado dei singoli interventi in rapporto allo stadio di sviluppo sono gli elementi determinanti. Nei diradamenti dal basso l'intensità dell'intervento influisce direttamente sull'incremento dei parametri di stabilità nel tempo soltanto se gli interventi interessano anche il piano dominante. La sperimentazione ha dimostrato che tutti i parametri di stabilità sono migliorati nei dieci anni successivi al diradamento intermedio eseguito a 45 anni, in misura maggiore nella tesi di diradamento forte.

Parole chiave: *Pinus nigra*, *piantagioni*, *stabilità meccanica*, *diradamenti*.

Abstract – Effects of silvicultural treatment on the stability of black pine plantations. Black pine plantations have been established at the purpose of recovering a forest cover to marginal soils, mostly throughout the Apennines range in Italy, since the end of the eighteenth century and up to the mid 1900. Both the decay of forest cover and soil erosion were the outcome of the long-lasting overuse through the intensive forest exploitation practices, grazing of the forest floor and wildfires, occurring since many centuries ago. The primary function of pine reforestation was therefore to re-establish a first cover with a pioneer species, preparatory to future mixed forest types based on the natural reintroduction of broadleaves originally living in the same areas, mainly deciduous oaks and beech in the upper part. These goals have been partly met over the wide reforestation area; the key functions of pine stands are today the protection against soil erosion and the hydrological regulation of catchments. The pine stands have been assuming today also a scenic role because they have been incorporated in the landscape physiognomy. A series of thinning up to the regeneration phase had been planned by foresters since the design of these plantations, but many stands have grown unthinned and fully stocked for a long time, this condition contributing a less mechanical stability of trees. Alternative forms of regeneration in grown-up stands have been and are being tested to improve both the natural and artificial establishment of indigenous species, but thinnings remain, even if a tardy measure, the main practice enforceable to these pine forests. The results of experimental trials undertaken in the black pine forest stand located in Pratomagno casentinese (Arezzo) are being reported in the paper. The study started in 1978 and the following theses were tested (A) heavy thinning from below; (B) moderate thinning from below; (C) control. Three thinnings were carried out in 1978, 1999 and 2009 at the ages of 24, 45 and 55. The action over time of each intervention on the mensurational and mechanical stability parameters (H/D ratio H/D_{dom} ratio), are being analyzed. The stability parameters of the pine forest after three interventions (H/D ratio, crown ratio, horizontal crown projection and eccentricity of the crown) have been also analyzed on a sample of trees per thesis and compared with those of trees grown in absence of competition. Sampled trees were sorted per social class. Results proved that type, interval and intensity of thinning related to the age of intervention are the main determinants of a successful treatment. Thinnings from below increase individual stability over time only when also trees living in the main crop layer are being removed. The trials showed the improvement of stability parameters following the intermediate thinning applied at the age of 45. The thesis of heavy thinning had the best performance as for the awaited purpose.

Key words: *Pinus nigra*, *plantations*, *mechanical stability*, *thinnings*.

F.D.C.: 174.7: Pinus nigra: 242: 228.7

Premessa

E' indubbio il valore ambientale e paesaggistico delle pinete di impianto di pino nero (*Pinus nigra* Arn.) costituite sui rilievi appenninici quale stadio iniziale della successione verso popolamenti secondari

a maggiore qualità ecologica (AMORINI 1983).

La superficie rimboschita a pino nero, laricio e loricato nelle regioni dell'Appennino centrale ammonta a 78914 ettari, rispetto a una superficie totale nazionale di 236467 ettari (IFNC 2008). In Toscana le pinete di impianto a prevalenza di pino nero coprono una

¹ CRA-SEL Centro di Ricerca per la Selvicoltura, Arezzo

* Autore corrispondente paolo.cantiani@entecra.it

superficie pari a 12357 ettari (CIABATTI *et al.* 2009). La maggior parte dei popolamenti appenninici presenta stadi di sviluppo adulti: giovani fustaie, fustaie, fustaie mature.

Il trattamento delle pinete, come originariamente concepito, prevedeva generalmente il taglio raso alla scadenza del turno (in media 90 anni) e la rinnovazione artificiale posticipata con impianto di specie diverse dal pino e più esigenti dal punto di vista edafico (PAVARI 1961). Diverse fasi del trattamento sono state troppo spesso disattese: gli interventi intercalari o non sono stati effettuati, oppure sono stati talmente blandi da risultare inefficaci ad incidere sul bilancio ecofisiologico del bosco (GAMBI 1983; AMORINI e FABBIO 1992; BERNETTI 2000; CANTIANI 2000; CANTIANI e PLUTINO 2009).

Soprattutto nelle pinete di proprietà pubblica, non è ritenuto più sostenibile procedere a fine ciclo alla rinnovazione per reimpianto. La tendenza attuale è pertanto quella di perseguire la rinnovazione naturale attraverso scelte colturali che favoriscano l'insediamento progressivo di specie autoctone. Il trattamento non è stato ancora codificato, ma le sue ipotesi si incentrano sulla creazione di aperture nella copertura della pineta tramite tagli a buche (MALCOM *et al.* 2001; GUGLIOTTA e MERCURIO 2003; CIANCIO *et al.* 2006; MERCURIO *et al.* 2009), diradamenti di forte intensità (BIANCHI *et al.* 2010) oppure interventi localizzati (NOCENTINI e PULETTI 2009).

La gestione delle pinete è caratterizzata dall'applicazione di un ciclo di diradamenti che non hanno la finalità principale di incrementare la produzione legnosa quanto di accrescere la funzionalità ecologica dei popolamenti. I diradamenti stimolano lo sviluppo armonico tra le varie componenti costitutive delle singole piante (fusto, chioma e apparato radicale) accrescendo la reattività delle pinete alla successione verso soprassuoli con caratteri compositivi e strutturali capaci di garantire maggiore stabilità ecologica (CANTIANI e PIOVOSI 2009).

La "stabilità" può essere utilizzata come valido indicatore di efficienza funzionale di un popolamento forestale. Soprassuoli stabili da un punto di vista meccanico sono il risultato di equilibri ecologici tra disponibilità ed uso delle risorse (acqua, luce, suolo) e garantiscono elevati valori di assolvimento delle loro funzioni (HALE *et al.* 2004). La stabilità del soprassuolo può essere intesa anche come la capacità di resistere e reagire alle perturbazioni esterne e di autopertuarsi, ovvero l'attitudine di rinnovarsi naturalmente

ed incrementare la complessità ecologica (PIUSSI 1986; BERTINI 2001). La gestione di boschi di origine artificiale è maggiormente flessibile se la loro stabilità è elevata: ciò permette di ampliare la gamma di scelte selvicolturali in fase di pianificazione.

Lo strumento selvicolturale maggiormente incisivo per garantire la stabilità di popolamenti di origine artificiale a struttura compositiva e cronologica semplificata è il diradamento (LA MARCA 1986; MITCHELL 2000; CAMERON 2002; BRUCHERT e GARDINER 2006).

Le pinete appenniniche di pino nero hanno generalmente un disegno di impianto regolare e una densità elevata finalizzati alla ricostituzione rapida della copertura forestale. Lo spazio aereo a disposizione di ciascun soggetto rappresenta il limite per lo sviluppo della chioma e quindi del fusto e dell'apparato radicale dei pini. L'ampliamento dello spazio a disposizione delle chiome dei popolamenti monoplani ha effetti positivi se effettuata a stadi di sviluppo nei quali la stabilità meccanica degli alberi non sia compromessa (WILSON e OLIVIER 2000), ovvero quando la competizione abbia ormai conformato definitivamente le strutture degli alberi.

Si riportano i risultati di una prova comparativa di trattamento in una pineta artificiale di pino nero in Casentino (Arezzo) e se ne valutano gli effetti sui parametri di stabilità del popolamento a circa trent'anni dall'impostazione della prova sperimentale.

Materiali e metodi

La superficie totale degli impianti a prevalenza di pino nero del Pratomagno è di poco inferiore a 900 ettari, in un comprensorio che si estende sui versanti casentinesi e del Valdarno superiore.

Il protocollo sperimentale è stato impostato nel 1978 in località Palmoline (Arezzo), in un'area con quota media pari a 890 m s.l.m., esposizione Nord Est e pendenza media di 20°. La formazione geologica del territorio è rappresentata dal Macigno del Chianti, caratterizzato dall'alternanza di arenarie quarzose feldspatiche con siltiti e argilliti scistose. Dalla matrice geologica derivano suoli acidi, ricchi di potassio e poveri di calcare (D.R.E.Am 2007).

Il regime pluviometrico è di tipo submontano appenninico con valore massimo assoluto in autunno e minimo assoluto nel mese di agosto (Figura 1) (PLUTINO *et al.* 2009).

Il popolamento oggetto della ricerca è costituito

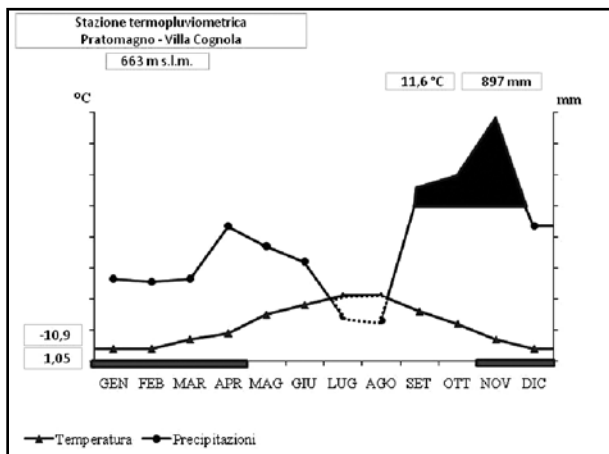


Fig. 1 - Villa Cognola (Loro Ciuffenna, Arezzo). Diagramma termopluviometrico.
Climatic diagram of the site.

da pino laricio (anno di impianto 1954) e rappresenta uno dei primi settori del rimboschimento effettuato sul massiccio del Pratomagno (Arezzo), proseguito fino agli anni '70 del secolo scorso. Il disegno del rimboschimento ha previsto una densità iniziale di circa 2500 piante ad ettaro disposte a quinconce con distanza di 2 m, alternate a gradoni (distanza tra le piantine nel gradone di 50 cm) (ANGERILLI 1970). Il popolamento rientra nel tipo *pineta neutro acidoclina di pino nero* (MONDINO e BERNETTI 1998; BIANCHI e PACI 2002); rispetto al modello alsometrico per il pino nero e laricio della Toscana la pineta appartiene alla 2° classe di fertilità (BERNETTI *et al.* 1969).

Il protocollo è costituito da 9 parcelle permanenti rettangolari di 750 m² di superficie separate da una fascia di rispetto di circa 15 metri in un'area omogenea per caratteristiche stazionali e del soprassuolo. La sperimentazione ha previsto 3 tesi di trattamento con 3 ripetizioni secondo lo schema campionario dei blocchi randomizzati completi:

Tesi A – Diradamento dal basso forte

Tesi B – Diradamento dal basso moderato

Tesi T – Controllo (assenza di trattamento).

La pineta è stata oggetto di tre interventi, rispettivamente all'età di 24, 45 e 55 anni.

Gli attributi “forte” e “moderato” adottati per la definizione delle tesi di diradamento esulano da considerazioni di tipo alsometrico o normativo e stanno a evidenziare un diverso atteggiamento ad incidere più o meno attivamente sulla struttura del popolamento. Ferma restando la differenza relativa tra le tesi in termini di percentuale di prelievo tra i trattamenti, la reale

differenziazione tra le tesi sta nel diverso approccio alla martellata ai tre diradamenti: la tesi B rappresenta il classico diradamento dal basso moderato (prelievo del piano dominato con interessamento marginale del piano codominante), mentre il trattamento della Tesi A, di maggiore intensità, soprattutto nel secondo intervento, acquisisce caratteristiche di selettività, agendo con maggior incisività nel piano dominante per favorire i soggetti di migliore conformazione.

Nell'occasione dei tre interventi di diradamento è stato effettuato il rilievo dendrometrico completo in tutte le aree sperimentali (cavallettamento totale e rilievo di altezze su alberi modello per la definizione della funzione ipsodiametrica). Per la funzione di cubatura del popolamento è stato adottato il modello di HELLRIGL (BERNETTI *et al.* 1969) che, per le pinete del Pratomagno, si è dimostrato il più affidabile (CANTIANI e PIOVOSI 2009). Per ciascun inventario è stato rilevato il rapporto ipsodiametrico medio del popolamento (H/D) ed il rapporto ipsodiametrico relativo alla media della componente dominante, ovvero le 100 piante di maggiori dimensioni in diametro ad ettaro (H/D_{dom}).

In Tabella 1 si riportano le caratteristiche sintetiche delle tesi di trattamento. Il primo diradamento, effettuato nel 1978 all'età di 24 anni, è stato prevalentemente dal basso, di intensità contenuta per entrambe le tesi trattate, anche se maggiormente incidente sui soggetti delle classi diametriche più elevate nella tesi A. Il secondo intervento è stato effettuato dopo un ventennio (nel 1999 all'età di 45 anni) ed è stato caratterizzato da una maggior differenziazione tra le tesi in termini di numero e di area basimetrica prelevati. Pur rimanendo nell'ambito del diradamento dal basso, la tesi A è stata caratterizzata da una più spiccata “culturalità”; la martellata ha avuto caratteristiche di tipo selettivo con l'obiettivo di favorire i soggetti di migliore conformazione, allo scopo di accrescere la stabilità complessiva del popolamento.

Tab. 1 - Diradamenti sperimentali: percentuali di prelievo in numero di piante ed area basimetrica e K_d (diametro medio piante diradate/diametro medio piante prima del diradamento).
Experimental thinning trials: percentage harvest (number of trees and basal area) and K_d (average diameter of removed trees/average diameter of trees before thinning ratio).

anno	età	Tesi	N %	G %	K_d
1978	24	A	28.5	17.6	0.81
		B	26.0	12.5	0.64
1999	45	A	45.7	32.1	0.84
		B	30.8	19.5	0.74
2009	55	A	32.4	25.9	0.86
		B	29.2	23.9	0.87

L'intervento del 2009, all'età di 55 anni, è caratterizzato da una intensità moderata in entrambe le tesi trattate, con una differenza contenuta in termini di percentuale di area basimetrica prelevata; ciò in funzione del limitato tempo intercorso dopo il secondo diradamento che aveva determinato una marcata definizione strutturale.

Dopo l'ultimo diradamento, il protocollo sperimentale ha previsto il rilievo dei parametri di stabilità su un campione di alberi individuati con campionamento sistematico secondo il seguente schema:

- determinazione e numerazione dei 15 soggetti più prossimi al centro di ciascuna parcella e di 25 soggetti esterni all'area sperimentale cresciuti isolati. Per ciascun albero campione è stata effettuata la misurazione di:
- diametro a 1,30 m;
- altezza totale;
- altezza dell'inserzione della chioma;
- classificazione sociale (D: alberi dominanti; CD: alberi codominanti; d: alberi dominati).
- definizione della superficie di incidenza della chioma tramite misura di 4 raggi rispetto a direzioni prefissate (8 raggi nel caso di chiome con forte asimmetria).

I parametri di stabilità degli alberi campione sono stati confrontati con quelli esterni cresciuti, a parità di fertilità stazionale, senza concorrenza laterale.

Il protocollo prevede una frequenza di rilievo triennale dei parametri individuati.

Per ciascun individuo campione, sono stati calcolati i seguenti parametri di stabilità:

- rapporto ipsodiametrico (H/D);
- profondità della chioma (percentuale di chioma

rispetto all'altezza totale del fusto);

- area di insidenza della chioma (superficie delimitata dalle proiezioni delle chiome degli alberi sul terreno);
- eccentricità della chioma (raggio maggiore/raggio minore).

I parametri di stabilità sono stati sottoposti ad ANOVA a due vie tra tesi di trattamento e, per quelli significativamente differenti, al test di Tukey per individuare il livello di significatività della variabilità.

Risultati

In Tabella 2 si riporta la descrizione dendrometrica e strutturale dei popolamenti per tesi ai tre inventari.

Mortalità

Nel trentennio di studio si è registrata una sensibile mortalità nella tesi non trattata (Tesi T) soprattutto nel periodo giovanile (24-45 anni), quando la percentuale di pini morti è stata di poco inferiore al 43%; nel decennio successivo la mortalità si è mantenuta comunque elevata (9.5%). La causa della mortalità è da ascrivere essenzialmente a fenomeni di competizione, non essendo stati registrati danni di origine meteorica nel periodo di studio. Nella pineta diradata c'è stata una mortalità consistente nel ventennio successivo al primo diradamento, in misura maggiore nella tesi B (36%) rispetto alla tesi A (30%). Dopo il diradamento del 1999, che ha inciso con decisione sulla struttura del popolamento in entrambe le tesi (Tabella 2), la mortalità si è decisamente contratta, risultando solo episodica.

Tab. 2 - Caratteristiche dendrometriche e parametri di stabilità ai 3 inventari (pd=prima del diradamento; dd=dopo il diradamento).
Mensurational and stability parameters at the 3 inventories (pd=before thinning; dd=after thinning).

Tesi	Anno anni	età np ha ⁻¹	N m ² ha ⁻¹	G m ³ ha ⁻¹	V cm	Dg m	Hm m	H _{dom} adim.	H/D adim.	H/D _{dom}
A	1978 pd	24	2564	43.3		14.3	9.31	9.98	65.1	55.6
	1978 dd	24	1834	35.7	176.6	15.7	9.59	10.87	61.1	44.9
	1999 pd	45	1284	60.8	613.5	24.6	19.2	21.2	78.1	62.4
	1999 dd	45	697	41.3	492.2	27.5	19.9	21.2	72.4	62.4
	2009 pd	55	680	54.3	594.1	32.2	22.6	24.0	70.1	62.1
	2009 dd	55	460	40.2	445.1	33.4	22.9	24.7	68.5	58.6
B	1978 pd	24	2533	40.7		14.3	9.31	10.38	65.1	50.6
	1978 dd	24	1874	35.6	174.3	15.5	9.55	10.97	61.6	43.8
	1999 pd	45	1200	58.5	527.9	22.1	18.5	20.7	83.8	65.9
	1999 dd	45	830	47.1	434.1	26.9	19.8	20.7	73.7	65.9
	2009 pd	55	822	65.1	658.4	31.8	22.68	23.7	71.4	63.9
	2009 dd	55	582	49.5	526.5	32.9	22.99	24.0	69.9	62.3
T	1978	24	2467	41.7		14.7	9.39	10.01	64.0	55.3
	1999	45	1413	56.9	544.0	22.6	18.7	21.2	82.5	62.4
	2009	55	1280	74.2	770.1	27.2	21.2	23.9	78.0	62.7

Analisi dell'andamento di H/D e H/D_{dom} del popolamento

Il popolamento a 24 anni di età aveva un rapporto ipsodiametrico medio ancora soddisfacente e comparabile tra le tre tesi di trattamento (Tabella 2). La diversa intensità del primo intervento ha influito in modo contenuto sul parametro di stabilità rilevato. Il diradamento più forte agisce soprattutto sulla componente dominante (il rapporto H/D_{dom} diminuisce di circa 11 punti nella tesi A rispetto al decremento di circa 7 punti nella tesi B). Nel periodo intercorso tra il primo e il secondo intervento il rapporto ipsodiametrico del popolamento diminuisce in misura maggiore nel popolamento sottoposto a diradamento debole (Tesi B). Il rapporto ipsodiametrico medio della tesi B a 45 anni è addirittura superiore a quello del popolamento non sottoposto a trattamento. Il diverso grado del secondo diradamento non incide sulla componente dendrometricamente dominante (le 100 piante ad etaro con diametro maggiore) e il valore di H/D_{dom} non subisce quindi variazioni con l'intervento. A parità, tra tesi trattate, del prelievo integrale del piano dominato, il fattore che caratterizza il diradamento è l'intensità dell'intervento relativamente al piano codominante. La martellata a carico dei soggetti più "instabili" abbate decisamente il valore del rapporto ipsodiametrico in entrambe le tesi, determinando un valore simile del parametro tra tesi. L'intervento del 1999 incide decisamente sulla struttura del popolamento in entrambe le tesi. Dopo un decennio la stabilità dei popolamenti aumenta rispetto a quella rilevata subito dopo gli interventi; il valore di H/D medio è leggermente superiore nella tesi B. La stabilità della componente dominante resta simile nel corso di tutto il periodo analizzato per le tre tesi; i valori di H/D rimangono sempre sotto la soglia di stabilità critica per i popolamenti di conifere.

I parametri di stabilità degli alberi campione

Il rapporto ipsodiametrico (variabile adimensionale) per gli alberi campione è crescente in modo direttamente proporzionale alla densità (Figura 2). I valori medi determinati per gli alberi trattati rientrano nei valori che garantiscono la stabilità potenziale (LA MARCA 1983, 2005; NOTARANGELO 1999; KONOPKA 1999 in SLODICAK e NOVAK 2006; SLODICAK e NOVAK 2006). Il rapporto ipsodiametrico di tutto il campione è minore per la tesi A (72.5) rispetto alla tesi B (73.7).

La distanza tra i valori medi di H/D di ciascuna tesi e il parametro di confronto rappresentato dal valore

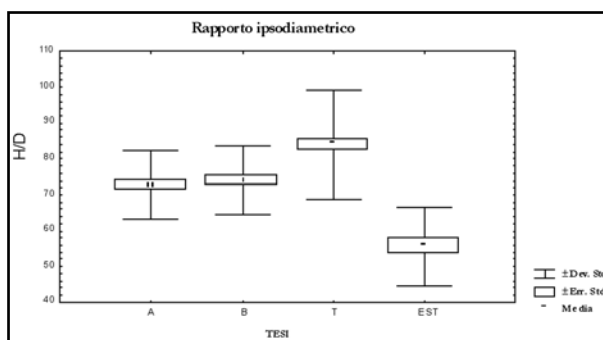


Fig. 2 - Rapporto ipsodiametrico (H/D). Principali parametri statistici. H/D ratio. Mean statistics.

medio del campione di alberi cresciuti senza concorrenza è maggiore per il controllo rispetto alle due tesi trattate, che non evidenziano forti differenze tra loro (Figura 2). Nelle tre tesi il rapporto ipsodiametrico è più basso per la componente sociale dominante che presenta il valore più basso nella tesi A e quello più elevato nella tesi B (Tabella 3). Nella classe codominante c'è un forte divario tra i valori delle tesi trattate rispetto al testimone, che presenta valori superiori a 82, soglia di rischio per la stabilità secondo molti autori. Rispetto alle sole tesi diradate gli alberi codominanti della tesi B hanno valori di H/D più bassi.

La frazione dominata è più stabile nel campione della tesi A.

L'analisi ANOVA evidenzia differenze significative tra trattamenti e non tra blocchi. La significatività delle differenze tra trattamenti è confermata dal test di Tukey per $p < 0.05$ (Tabella 4). Il confronto tra classi sociali evidenzia differenze significative soltanto per la classe codominante, che maggiormente risente dall'intensità del diradamento.

Rispetto all'intero campione, il valore medio inferiore di profondità della chioma si ha nella tesi A (33.2%), quello maggiore nella tesi B (42.3%). Il valore medio nel campione di alberi cresciuti isolati (69.7%) è più elevato rispetto a quelli delle tre tesi di trattamento (Figura 3). La percentuale di copertura della chioma è maggiore per il campione di alberi dominanti nella tesi A (Tabella 3). Il controllo, per tutte le classi sociali, presenta i valori più bassi a conferma della stabilità inferiore del soprassuolo non trattato. I valori medi della percentuale di chioma degli alberi codominanti sono simili nelle tesi trattate.

Anche per questo parametro l'ANOVA ha evidenziato differenze significative tra i trattamenti e non tra i blocchi (Tabella 4). La significatività delle varianze tra trattamenti è stata confermata dal test di Tukey

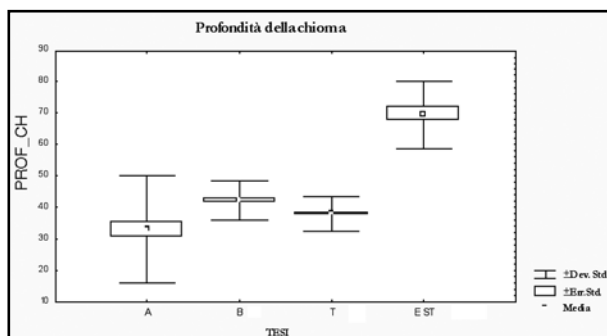


Fig. 3 - Profondità della chioma (PROF CH). Principali parametri statistici.
Crown depth (PROF CH). Mean statistics.

Tab. 3 - Rilievo 2009. Parametri di stabilità degli alberi campione per tesi e classe sociale.
Mechanical stability parameters of sampled trees per thesis and social class at 2009.

	tesi	D	cd	d
H/D (adimensionale)	A	66.4 ± 7	78.7 ± 7	78.6 ± 9
	B	71.6 ± 0	73.2 ± 8	85.8 ± 0
	T	70.5 ± 8	86.7 ± 15	86.7 ± 15
Profondità chioma (%)	A	46.4 ± 5	40.9 ± 7	39.4 ± 5
	B	44.9 ± 6	41.6 ± 6	35.6 ± 2
	T	41.3 ± 5	39.4 ± 4	32.2 ± 6
area di insidenza (m2)	A	19.4 ± 7	10.5 ± 4	8.6 ± 5
	B	13.2 ± 9	9.1 ± 3	7.5 ± 4
	T	10.8 ± 6	4.0 ± 2	2.4 ± 2
eccentricità chioma (adimensionale)	A	2.5±1	1.8±0	4.4±4
	B	2.7±2	4.0±3	2.6±2
	T	2.4±1	3.0±1	8.7±7

Tab. 4 - Analisi della varianza a due criteri di classificazione. I valori p-level in grassetto indicano le differenze significative.
Two-way ANOVA.

Rapporto ipsodiametrico						
	gdl	MS	gdl	MS	F	p-level
Trattamento	2	2045.671	146	140.850	14.524	0.000
Blocco	2	144.370	146	140.850	1.025	0.361
Interazione	4	457.157	146	140.850	3.246	0.014
Profondità della chioma						
	gdl	MS	gdl	MS	F	p-level
Trattamento	2	1037.016	146	108.155	9.588	0.000
Blocco	2	71.608	146	108.155	0.662	0.517
Interazione	4	144.842	146	108.155	1.339	0.258
Area di insidenza						
	gdl	MS	gdl	MS	F	p-level
Trattamento	2	825.462	146	43.271	19.076	0.000
Blocco	2	79.955	146	43.271	1.848	0.161
Interazione	4	43.352	146	43.271	1.002	0.409
Eccentricità della chioma						
	gdl	MS	gdl	MS	F	p-level
Trattamento	2	30.020	146	9.569	3.137	0.046
Blocco	2	6.278	146	9.569	0.656	0.520
Interazione	4	16.399	146	9.569	1.714	0.150

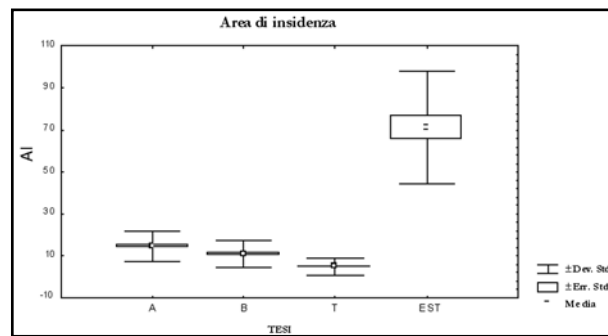


Fig. 4 - Area di insidenza (AI). Principali parametri statistici.
Horizontal crown projection (AI). Mean statistics.

a livello $p < 0.05$. L'analisi condotta per classi sociali evidenzia differenze significative per tutte le classi.

L'area di insidenza media delle chiome degli alberi campione decresce all'aumentare della densità (Figura 4). La superficie media delle chiome degli alberi cresciuti isolati è superiore circa 6 volte rispetto a quella degli alberi trattati con la tesi A e addirittura 11 volte superiore alla chioma media degli alberi del controllo. Il parametro decresce in tutte le tesi scendendo nella gerarchia della scala sociale (Tabella 3). Il valore medio più alto si ha nella tesi A (14.5 m^2) con una variazione tra 8.6 m^2 e 19.4 m^2 rispettivamente per gli alberi dominati e dominanti. Il valore medio più basso è stato registrato nel controllo (6.2 m^2) con un range compreso tra 2.4 m^2 (classe dominata) e 10.8 m^2 (classe dominante).

L'ANOVA evidenzia differenze significative tra i trattamenti e non tra i blocchi (Tabella 4). La significatività delle differenze rilevate è confermata dal test di Tukey a livello $p < 0.05$. L'analisi condotta per classi sociali, ha evidenziato differenze significative in tutte le classi, anche queste confermate dal test di Tukey a livello $p < 0.05$.

L'eccentricità della chioma aumenta all'aumentare della densità. Il valore medio per gli alberi cresciuti isolati, è pari a 1.2; aumenta a 2.6 nella tesi A, a 3.3 nella tesi B e a 4.1 nella tesi T (Tabella 3).

Gli alberi dominanti hanno eccentricità delle chiome simili nelle tre tesi trattate con valori inferiori a 3. I codominanti invece presentano maggiori differenze nella forma della chioma tra le tesi, con una variabilità tra 1.8 (tesi A) e 4 (tesi B).

L'ANOVA, anche in questo caso, evidenzia differenze significative tra i trattamenti e non tra i blocchi e la significatività delle differenze rilevate è confermata dal test di Tukey a livello $p < 0.05$ (Tabella 4). L'analisi condotta per classi sociali ha evidenziato differenze significative all'interno della classe codominante e

tale variabilità è stata confermata dal test di Tukey a livello $p < 0.05$.

Le variabili di stabilità relative alla dimensione e alla forma della chioma in senso orizzontale sono quelle che si discostano maggiormente tra gli alberi cresciuti in bosco e quelli cresciuti isolati. Soprattutto lo sviluppo orizzontale della chioma risente dalla concorrenza laterale.

Discussione e conclusioni

I risultati della ricerca confermano che i diradamenti sono il mezzo più incisivo per accrescere la stabilità di popolamenti forestali artificiali monoplani (BECQUEY e RIOU NIVERT 1987; MITCHELL 2000). Le caratteristiche che determinano effetti sulla stabilità sono la modalità, il regime dei diradamenti ed il grado dei singoli interventi in rapporto allo stadio di sviluppo del popolamento.

Modalità dei diradamenti

La notevole capacità di reazione del pino nero all'aumento dello spazio tra le chiome per le sue caratteristiche di eliofilia, fa ipotizzare che per la specie potrebbe essere adatto un diradamento di tipo selettivo, a condizione che il soprassuolo sia in una stazione fertile e il primo intervento venga effettuato precocemente (BUDRONI 2005). Per la finalità delle pinete di impianto, la scelta degli alberi candidati non dovrebbe perseguire l'incremento della produzione quanto quello della stabilità. In realtà la prassi comunemente seguita in Appennino nel trattamento delle pinete di pino nero è stata quella di eseguire diradamenti dal basso con intensità da bassa a moderata.

Regime dei diradamenti

Vista la finalità preminentemente protettiva dei

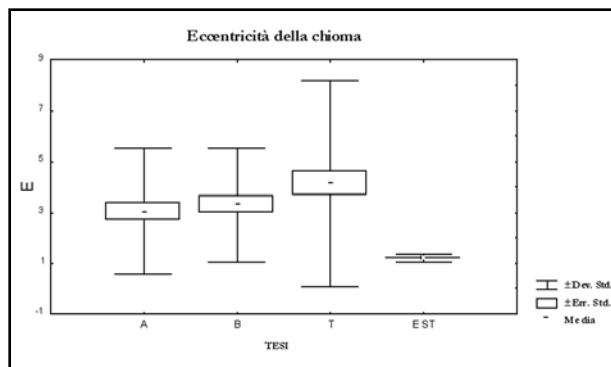


Fig. 5 - Eccentricità della chioma (E). Principali parametri statistici.
Crown eccentricity (E). Mean statistics.

rimboschimenti di pino nero appenninici, la densità d'impianto è stata molto elevata anche laddove la buona fertilità stazionale avrebbe potuto suggerire schemi di impianto con distanza maggiore fra le piante (BERNETTI *et al.* 1969). Il modello colturale avrebbe previsto per pinete di circa 2500 soggetti per ettaro un primo intervento precoce allo stadio di perticaia (lo "sfollo") quasi mai effettuato. Il primo diradamento, quando attuato, è stato spesso tardivo. Ciò ha comportato una particolare cautela nell'intervento, sia nella modalità (diradamento dal basso) che nel grado (intensità da debole a moderata, poco incisiva nel piano dominante). I risultati della prova sperimentale dimostrano che, anche se il primo diradamento è stato tempestivo in rapporto allo sviluppo del popolamento (altezza media 9.30 m), la moderata intensità, associata al periodo eccessivamente lungo intercorso tra il primo e il secondo intervento, hanno in pratica vanificato i benefici del diradamento sui parametri di stabilità. Il soprassuolo ha così subito una mortalità notevole nel ventennio successivo al primo diradamento anche nelle aree trattate. La mortalità è decrescente dalla tesi di controllo verso la tesi con il diradamento più forte, ma l'autodiradamento per concorrenza dimostra che, data l'intensità di prelievo al primo intervento in ambedue le tesi, si sarebbe dovuto prevedere un periodo più breve tra interventi successivi (CREMER *et al.* 1982). SLODICACK *et al.* (2006) per garantire un buon livello di stabilità in popolamenti artificiali di abete rosso, raccomandano un regime di diradamenti da effettuarsi al momento in cui il popolamento abbia altezze medie pari a 10, 12.5 e 15 metri. La scelta dell'epoca in cui effettuare il primo diradamento dipende dalla capacità della specie di ricostituire la chioma alle diverse età. E' noto che il pino nero in Appennino, in stazioni a sufficiente fertilità, reagisce anche ad interventi tardivi soprattutto nel recupero dello spazio orizzontale della chioma (BERNETTI 1987; CANTIANI e PIOVOSI 2008). Altre esperienze sperimentali sul diradamento di pinete pino nero di impianto hanno dimostrato che a prelievi più intensi al primo intervento non hanno fatto seguito evidenze di mortalità nel periodo post diradamento e anzi si sono innescati dinamismi tendenti ad una maggiore stabilità complessiva del popolamento, soprattutto nei parametri collegati allo sviluppo delle chiome (CANTIANI *et al.* 2005; BIANCHI *et al.* 2010).

Intensità del diradamento

Nei diradamenti dal basso l'intensità dell'interven-

to influisce direttamente sull'incremento dei parametri della stabilità. L'analisi nel tempo dell'andamento del rapporto ipsodiametrico (riferito alla pianta media ed alla pianta dominante del popolamento) conferma le conclusioni di BIANCHI *et al.* (2010). Nel diradamento dal basso solo il prelievo eseguito con una intensità tale da incidere nel piano dominante garantisce incremento della stabilità nel tempo. Il protocollo sperimentale ha previsto il diradamento più intenso allo stadio di sviluppo di giovane fustaia (45 anni di età del popolamento). La densità dei popolamenti trattati era eccessiva al momento del secondo intervento (1200-1300 alberi ad ettaro). E' noto in letteratura che il periodo *post* diradamento è quello di maggior criticità per la stabilità meccanica dei popolamenti di conifere (VALINGER *et al.* 1993; MITCHELL 2000; CAMERON 2002). Parimenti è stato dimostrato che interventi che non interessano il piano dominante non hanno influenza diretta sull'incremento di stabilità e apportano solo un apparente miglioramento con l'eliminazione delle singole piante più instabili. I risultati della sperimentazione hanno dimostrato che tutti i parametri di stabilità sono migliorati nei dieci anni successivi il diradamento eseguito a 45 anni ed in misura maggiore nella tesi con diradamento forte. Il grado degli interventi, e soprattutto del primo, deve essere sufficientemente forte da agire nel piano dominante perché si verifichi l'incremento dei parametri della stabilità (BLACKBURN e PETTY 1988; MACCURREACH 1991; BLACKBURN *et al.* 2000; SLODICACK 2006).

Ringraziamenti

Si ringrazia la Comunità Montana Casentino che nel corso del trentennio della sperimentazione ha concorso a mantenere attivo il protocollo sperimentale. Un ringraziamento a Maurizio Piovosi per l'attiva collaborazione in fase di rilievo. Si ringraziano gli anonimi Revisori per la accurata revisione del lavoro.

Bibliografia citata

- AMORINI E. 1983 - *Prove di diradamento nella pineta di pino nero di Monte della Modina sull'Appennino Toscano*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, 14: 101-148.
- AMORINI E., FABBIO G. 1992 - *La gestione dei rimboschimenti con pino nero*. Monti e Boschi, 4: 27-29.
- ANGERILLI A. 1970 - *Comune di Loro Ciuffenna. Rimboschimenti eseguiti nei terreni dell'A.S.F.D. dall'Ispettorato Ripartimentale delle Foreste di Arezzo*. Relazione inedita.

- BECQUEY J., RIOU NIVERT P. 1987 - *L'existence de zones de stabilite des peuplements. Consequences sur la gestion*. Revue Forestiere Francaise. 39: 323-334.
- BERNETTI G. 1987 - *I boschi della Toscana*. Quaderni di Monti e Boschi, Edagricole. 145-154 p.
- BERNETTI G. 2000 - *Problemi e prospettive della selvicoltura nell'Appennino Centro Settentrionale*. Atti del Secondo Congresso Nazionale di Selvicoltura, Venezia 24-27 giugno 1998, 2:79-119.
- BERNETTI G., CANTIANI M., HELLRIGL B. 1969 - *Ricerche alsometriche e dendrometriche sulle pinete di pino nero e laricio della Toscana*. L'Italia Forestale e Montana, 1: 10-41.
- BERTINI G. 2001 - *Criteri di diradamento in perticaie di pino nero nel Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona, Campigna*. (Tesi di laurea). Università degli Studi di Firenze, Corso di laurea in Scienze Forestali ed Ambientali.
- BIANCHI L., PACI M. 2002 - *Tipologia delle pinete di pino nero del Parco Nazionale Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna*. Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali, 51:73-120.
- BIANCHI L., MALTONI A., MARIOTTI B., PACI M. 2005 - *Il pino nero e il pino laricio*. In: "La selvicoltura delle pinete della Toscana" (ed. Bianchi L., Giovannini G., Maltoni A., Mariotti B., Paci M.). Arsia, Regione Toscana. 25-62 p.
- BIANCHI L., PACI M., BRESCIANI A. 2010 - *Effetti del diradamento in parcelle sperimentali di pino nero in Casentino (AR): risultati a otto anni dall'intervento*. Forest@ 7: 73-83.
- BLACKBURN P., PETTY J. A. 1988 - *Theoretical calculations of the influence of spacing on stand stability*. Forestry 61: 235-244.
- BRUCHERT F., BECHER G., SPECK T. 2000 - *The mechanics of Norway spruce [Picea abies (L.) Karst.]: mechanical properties of standing trees from different thinning regimes*. Forest Ecology and Management 135 (1-3): 45-62.
- BRUCHERT F., GARDINER B. 2006 - *The effect of wind exposure on the tree aerial architecture and biomechanics of Sitka spruce (Picea sitchensis, Pinaceae)*. American Journal of Botany. 93 (10): 1512-1521.
- BUDRONI N. 2006 - *Relazioni tra diradamenti e danni da eventi meteorici in abetine di abete bianco (Abies alba Miller) e pinete di pino nero (Pinus nigra Arnold) nel Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna*. (Tesi di laurea). Università degli Studi di Firenze, Corso di laurea in Scienze Forestali ed Ambientali.
- CAMERON A. D. 2002 - *Importance of early selective thinning in the development of long-term stand stability and improved log quality: a review*. Forestry 75: 25-35.
- CANTIANI P. 2000 - *Indicazioni gestionali in rimboschimenti di pino nero dell'Appennino centro-settentrionale*. Atti del Secondo Congresso SISEF, Bologna, 20-22 ottobre 1999: 125-130.
- CANTIANI P., IORIO G., PELLER F. 2005 - *Primi risultati di una ricerca sulle pinete di Pettenaio, Norcia (Perugia)*. Forest@ (2): 207-216.
- CANTIANI P., PIOVOSI M. 2009 - *La gestione dei rimboschimenti di pino nero appenninici. I diradamenti nella strategia di rinaturalizzazione*. Annali CRA-SEL, 35:35-42.

- CANTIANI P., PLUTINO M. 2009 - *Le pinete di impianto di pino nero. Indagini sperimentali sul trattamento selvicolturale*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME) 16-19 ottobre 2008: 1465-1471.
- CIABATTI G., GABELLINI A., OTTAVIANI C., PERUGI A. 2009 - *I rimboschimenti in Toscana e la loro gestione*. Regione Toscana. ARSIA. 167 p.
- CIANCIO O., IOVINO F., MENGUZZATO G., NICOLACI A., NOCENTINI S. 2006 - *Structure and growth of a small group selection of calabrian pine in Southern Italy: a hypothesis of continuous cover forestry based on traditional silviculture*. Forest Ecology and Management 255: 651-659.
- CREMER K. W., BOROUGH C. J., MC KINNELL F. H., CARTER P. R. 1982 - *Effects of stocking and thinning on wind damage in plantations*. NZ J. For. Sci. 12: 244-266.
- D.R.E.AM ITALIA, 2007 - *Piano di Gestione del complesso forestale regionale "Pratomagno Valdarno"*. Periodo di applicazione 2007-2021. Regione Toscana.
- GAMBI G. 1983 - *Il pino nero, pianta della bonifica montana*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, 14: 3-46.
- GUGLIOTTA O.I., MERCURIO R. 2003 - *Prime osservazioni su tagli a buche in pinete di pino nero in Abruzzo*. Monti e Boschi, 1: 18-21.
- HALE S.E., LEVY P. E., GARDINER B. A. 2004 - *Trade-offs between seedling growth, thinning and stand stability in Sitka spruce stands: a modelling analysis*. Forest Ecology and Management 187: 105-115.
- INFC 2008 - *Le stime di superficie - Risultati per Macroaree e Province*. Autori P. Gasparini, L. Di Cosmo, C. Gagliano, G. Mattiuzzo e G. Tabacchi. Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. MiPAAF- Ispettorato Generale Corpo Forestale dello Stato, CRA-MPF, Trento.
- KONOPKA J. 1999 - *Ohrozenie lesnych porastov mechanicky posobiacimi abiotikymi cinitelmi (Endagerment of forest stands by mechanical abiotic factors in Slovak)*. Lesnický Casopsis - Forestry J. 45 (1): 51-72.
- LA MARCA O. 1983 - *Il problema degli schianti nei boschi. Ricerche sperimentali su alcuni popolamenti di conifere*. Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali. 32: 69-114.
- LA MARCA O. 1986 - *Gli schianti nei boschi. La gestione delle foreste e la difesa del suolo* - Cellulosa e Carta, 4: 14-22.
- LA MARCA O. 2005 - *Studi e ricerche sui danni da neve e vento nella foresta di Vallombrosa* - L'Italia Forestale e Montana, 2:193-202.
- MACCURREN R. S. 1991 - *Spacing: an option for reducing storm damage*. Scottish Forestry 45: 285-297.
- MALCOLM D.C., MASON W. L., CLARKE G.C. 2001 - *The transformation of conifer forests in Britain regeneration, gap size and silvicultural systems*. Forest Ecology and Management 151: 7-23.
- MERCURIO R., MALLAMACI C., MUSCOLO A., SIDARI M. 2009 - *Effetti della dimensione delle buche sulla rinnovazione in rimboschimenti di pino nero*. Forest@ (6):312-319.
- MITCHELL S. J. 2000 - *Stem growth responses in Douglas-fir and Sitka spruce following thinning: implications for assessing wind-firmness*. Forest Ecology and Management (135): 105-114.
- MONDINO G.P., BERNETTI G. 1998 - *I tipi forestali. Boschi e macchie di Toscana*. Regione Toscana, Firenze. 265-275 p.
- NOCENTINI S., PULETTI N. 2009 - *La rinaturalizzazione dei rimboschimenti. Prova sperimentale su un popolamento di pino nero e laricio*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME) 16-19 ottobre 2008. 217-227.
- NOTARANGELO G. 1999 - *Possibilità per l'arboricoltura da legno in impianti artificiali derivanti da rimboschimento. Il caso delle pinete di pino nero (Pinus nigra Arn.) del Casentino (Ar)*. (Tesi di dottorato di ricerca). Università degli Studi della Basilicata.
- PAVARI A. 1961 - *I rimboschimenti nella catena appenninica. Atti del Congresso Nazionale sui rimboschimenti e sulla ricostituzione dei boschi degradati*. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Firenze.
- PIUSSI P. 1986 - *Diradamenti e stabilità dei soprassuoli*. Monti e Boschi XVIII 4: 9-13.
- PLUTINO M., PIOVOSI M., CANTIANI P. 2009 - *Rinaturalizzazione dei rimboschimenti di pino nero. Prove di impianto di potenziali nuclei di disseminazione di rovere in Pratomagno (AR)*. Sherwood, 150: 9-14.
- SLODICAK M., NOVAK J. 2006 - *Silvicultural measures to increase the mechanical stability of pure secondary Norway spruce stands before conversion*. Forest Ecology and Management 224: 252-257.
- VALINGER E., LUNDQVIST L., BONDESSON L. 1993 - *Assessing the risk of snow and wind damage from tree physical characteristics*. Forestry 66: 249-260.
- WILSON J. S., OLIVER C. D. 2000 - *Stability and density management in Douglas -fir plantations*. Can. J. For. Res. 30: 910-920.

Analisi del fenomeno dell'autodiradamento in piantagioni di pino laricio (*Pinus laricio* Poiret) della Calabria

Matteo Tomaiuolo¹

Accettato il 2 ottobre 2010

Riassunto – L'autodiradamento è un processo naturale che causa la riduzione della densità nei soprassuoli forestali, in seguito alla competizione tra individui per lo spazio e per le risorse naturali. Il fenomeno si verifica progressivamente con l'aumento delle dimensioni degli alberi, secondo una proporzionalità inversa tra densità del popolamento e dimensione degli individui. Lo studio di tali dinamiche è importante sia nella ricerca forestale, sia nella gestione selvicolturale dei soprassuoli, in quanto consente di confrontare le densità reali dei soprassuoli con valori di densità teorica stimati mediante modelli statistico-matematici. Scopo del presente lavoro è quello di approfondire le conoscenze sul fenomeno della mortalità naturale in soprassuoli di origine artificiale non diradati di pino laricio della Calabria; sono state calibrate e confrontate 4 differenti equazioni proposte da altrettanti Autori, in grado di descrivere il fenomeno dell'autodiradamento, applicando sia tecniche di regressione lineare, sia non lineare. Le analisi statistiche hanno dimostrato che l'equazione proposta da Tang *et al.* (1994) pur mostrando un'oggettiva incertezza dovuta ad un intervallo di confidenza relativamente ampio, è risultata quella che meglio di altre formalizza la relazione tra densità e diametro medio dei soprassuoli oggetto di studio, e può quindi essere utilmente impiegata nella gestione selvicolturale degli stessi. L'entità con cui avviene l'autodiradamento dipende dalla stadio fisiologico, ed è descrivibile da una curva che presenta una traiettoria con la concavità rivolta verso il basso. Ulteriori approfondimenti serviranno per definire le modalità applicative, in termine di entità, intensità ed epoca degli interventi intercalari.

Parole chiave: *Pino laricio, soprassuoli artificiali, autodiradamento, relazione densità-diametro, Indici di densità dei popolamenti.*

Abstract – Analysis of self-thinning in Calabrian pine plantations (*Pinus laricio* Poiret) in Calabria (southern Italy). Self-thinning is the natural process whereby numbers of trees per unit area decrease as average tree size increases over time. It is a process intrinsic to all forest and plant communities whose composition and structure are influenced by competition for growing space. Stands follow a relatively predictable course of density-dependent tree mortality as numbers of trees per unit area decrease with increasing average tree size. It is generally assumed that the combined effects of crown expansion and tree mortality are compensatory so that canopy closure is always maintained. In forest management, knowledge of self-thinning point and information about tree density showing a sharp increase of natural mortality is useful to determine the optimal thinning regimes at stand level. Yoda's self-thinning line and Reineke's stand density index are useful and widely used in plantation growth models to predict natural mortality and in process-based models; calibrating these relationships is anyway difficult. Self-thinning and size-density relationships in unthinned even-aged Calabrian pine stands in Calabria (Southern Italy) were studied. Four different diameter-density equations were fitted and compared: the Reineke's model (1933), the modification of this model proposed by Zeide (1995), the self-thinning model developed by Tang *et al.* (1994), the self-thinning frontier adjusted by Vanclay & Sands (2009). Data from ninety untreated or control permanent plots in experimental areas located in artificial stands were used. Reineke's equation for fully stocked stands relates the number of trees of a stand with their square mean diameter. Zeide proposed a modification to Reineke's equation considering that the slope would not be constant, but changing with age. The self-thinning model developed by Tang *et al.* relates the number of trees with the square mean diameter, and assumes that in a unthinned stand, which has not reached the maximum density, the self-thinning rate increases with stand density index. The model proposed by Vanclay & Sands can be solved analytically and yields equations for the stocking and the stand basal area as an explicit function of stem diameter. It predicts that self-thinning may be regulated by the maximum basal area. Linear regressions were fitted using the REG procedure of SAS for Reineke's and Zeide's models. For the non-linear regression the Gauss-Newton algorithm from NLIN procedure was performed. Akaike's information criterion, as a measure of the goodness of fit of the four estimated statistical models, was applied. The slope obtained by Reineke's model (-1.580) not is significantly different from the constant value of -1.605 at the 95% confidence level. When height was included in the relationships between number of trees and diameter (modification proposed by Zeide) the adjusted correlation coefficient increased and the squared mean error decreased. The stand density index calculated from Reineke's straight line previously fitted (1283 trees·ha⁻¹) is lower than the value obtained from the Tang's model (1919 trees·ha⁻¹) but these values are not statistically different. The stand self-thinning model proposed by Tang *et al.*, although showing an objective uncertainty due to a relatively wide confidence interval, describes better than other models the relationships between stand density and average diameter in unthinned even-aged Calabrian pine stands in Calabria (Southern Italy).

Key words: *Calabrian pine, artificial stands, self-thinning, diameter-density relationship, Stand Density Index.*

F.D.C.: 228.1: 174.7: Pinus nigra sp. laricio: (450.78)

Premessa

La mortalità che si verifica in qualsiasi soprassuolo forestale è la risultante dei fenomeni di competizione

tra individui che occupano lo stesso spazio, e che in un dato momento del loro ciclo vitale interagiscono a causa della contemporanea richiesta di risorse limitate, indipendentemente dall'origine (naturale o

¹ CRA-SAM Unità di Ricerca per la Selvicoltura in Ambiente Mediterraneo, Cosenza. matteo.tomaiuolo@entecra.it

artificiale) e dalla composizione (pura o mista) del popolamento. L'insorgenza, l'intensità e l'entità della competizione svolge un ruolo fondamentale sulla densità e sulla struttura dei soprassuoli forestali (MOHLER *et al.* 1978; LAASENAHO e KOIVUNIEMI 1990; LONSDALE 1990; SHAINSKY e RADOSEVICH 1992; NEWTON e JOLLIFFE 1998). Tale fenomeno, comunemente definito autodiradamento, si verifica progressivamente con l'aumento delle dimensioni degli alberi, in funzione della capacità portante dell'ecosistema; in sostanza si determina un numero limite di individui di una certa dimensione che possono coesistere sulla stessa area, secondo una proporzionalità inversa tra densità del popolamento e dimensione (o massa media) degli individui arborei di un soprassuolo forestale (CURTIS 1970; WHITE 1981; LONG 1985).

Lo studio del fenomeno, e la sua trasposizione in forma allometrica, è efficacemente utilizzato per descrivere la struttura dei popolamenti e prevederne l'evoluzione. L'indice di densità del soprassuolo (*Stand Density Index*) proposto da REINEKE (1933) e la linea di autodiradamento (*-3/2 power rule*) proposto da YODA *et al.* (1963), ad esempio, sono quelle più note.

L'equazione empirica proposta da REINEKE (*op. cit.*) è basata sullo studio del coefficiente angolare β della retta di autodiradamento. Tale parametro rappresenta, in un grafico in scala bilogarithmica, la pendenza della retta nel caso di boschi puri, coetanei, non disturbati da azioni perturbatrici di varia natura, e secondo l'Autore assume un valore costante pari a -1.605. Studi successivi hanno invece dimostrato che tale coefficiente dipende dall'autoecologia della specie, e può assumere valori compresi tra -1.54 e -2.33 (DEL RIO *et al.* 2001); pertanto la retta di autodiradamento è caratterizzata da coefficienti specie-specifici che devono essere di volta in volta determinati (ZEIDE 1987; OSAWA e SUGITA 1989; PUETTMANN *et al.* 1993; DEL RIO *et al. op. cit.*; PRETZSCH e BIBER 2005).

L'equazione esponenziale proposta da YODA *et al.* (*op. cit.*) è concettualmente simile a quella di REINEKE, ed è basata sul valore costante dell'esponente, pari a -3/2. Studi condotti per verificare la costanza dell'esponente hanno dimostrato che esso può variare dal valore proposto (WHITE e HARPER 1970; MOHLER *et al. op. cit.*; WELLER 1987a, 1987b, 1990; ZEIDE *op. cit.*; OSAWA e SUGITA 1989; OSAWA e ALLEN 1993; OSAWA 1995; XUE *et al.* 1999). Le differenze riscontrate sarebbero imputabili al temperamento delle specie e alla fertilità stazionale (WELLER *op. cit.*; ZEIDE *op. cit.*). Pertanto,

l'esponente della retta di autodiradamento non è necessariamente specie-specifico, ma deve essere considerato sito-specifico (OSAWA *op. cit.*; ZEIDE *op. cit.*). In merito alla necessità di rapportare il numero di individui di un soprassuolo con una espressione delle loro dimensioni medie, ZEIDE (*op. cit.*) conferma la validità del diametro quadratico medio (come suggerito da REINEKE) al posto del volume o della biomassa media (equazione di YODA), in quanto il primo evidenzia maggiormente le variazioni di densità essendo strettamente correlato con la larghezza della chioma. D'altro canto, il diametro quadratico medio può essere determinato con più accuratezza e facilità rispetto al valore medio di volume o di biomassa, ed è quindi la variabile dimensionale preferibile per ragioni pratiche. Sulla base di tale considerazione ZEIDE (*op. cit.*) afferma che il fenomeno dell'autodiradamento è esprimibile da una curva concava verso il basso, piuttosto che da una linea retta, in cui sono distinguibili tre differenti stadi fisiologici: (i) fase giovanile, fino alla chiusura delle chiome, in cui il tasso di autodiradamento è più basso di quello previsto dalla retta di massima densità; (ii) stadio adulto, in cui la curva di autodiradamento segue asintoticamente la retta teorica; (iii) stadio di vecchiaia, in cui l'andamento della traiettoria di autodiradamento è situata sotto la retta di massima densità. Per descrivere la traiettoria di tale curva ZEIDE (*op. cit.*) ha proposto una modifica dell'equazione di REINEKE.

Altri Autori hanno invece proposto differenti traiettorie, almeno per quanto concerne lo stadio di invecchiamento del soprassuolo, in cui la curva assume andamento asintotico alla retta teorica di massima densità (SMITH e HANN 1984; PUETTMANN *et al. op. cit.*; TANG *et al.* 1994). Secondo queste concezioni, la traiettoria della curva di autodiradamento esprime il limite superiore di tutte le possibili combinazioni tra dimensioni diametriche e densità, e corrisponde al momento in cui la concorrenza individuale è fortissima, ossia quando il soprassuolo occupa totalmente tutto lo spazio disponibile.

Il fenomeno dell'autodiradamento in soprassuoli a densità non eccessiva (*understocked*) è più complesso di quanto non si verifichi in popolamenti a densità colma (*fully-stocked*), in quanto l'indice di densità del soprassuolo, che misura il grado della concorrenza, cambia con l'età man mano che aumenta il diametro quadratico medio (WHITE *op. cit.*); conseguentemente, cambia anche il tasso di autodiradamento (TANG *et al.*

op. cit.). Quest'ultimo Autore ha pertanto elaborato e proposto un modello in grado di descrivere il fenomeno dell'autodiradamento in soprassuoli coetanei che potesse adattarsi sia a quelli eccessivamente densi, sia a quella meno densi. La conoscenza e la definizione del fenomeno è fondamentale per determinare il regime ottimale degli interventi intercalari (PUETTMANN *et al. op. cit.*; JACK e LONG 1996; LONG *et al.* 2004). Occorre però osservare che, dal punto di vista pratico ed applicativo, la procedura di calibrazione dell'indice di densità relativa di un dato popolamento resta ancora incerta (ZHANG *et al.* 2005; VANDERSCHAAF e BURKHART 2007); quanto sopra è dovuto alla fase di soggettività da cui dipende la definizione del campione considerato *fully-stocked*, soggettività che deve necessariamente essere ridotta, in quanto il rapporto dimensioni-densità occupa un ruolo centrale sia nella ricerca forestale, sia nella gestione selvicolturale dei soprassuoli (VANCLAY e SANDS 2009). A partire da questa considerazione, tali Autori hanno proposto un modello basato sul presupposto, derivato da numerose osservazioni sperimentali, che la pendenza della curva densità-diametro può essere stimata con una equazione di tipo esponenziale in funzione dell'area basimetrica corrente del soprassuolo.

Approcci simili, almeno in parte, sono rappresentati dal "fattore distanziale" (HART 1928; BECKING 1953) e dal concetto di "area basimetrica massimale" di ASSMANN (1970).

Il fattore distanziale (normalmente indicato con $s\%$) presenta alcuni inconvenienti che potrebbero portare ad errori grossolani, soprattutto nel caso di soprassuoli in cui la disposizione spaziale degli individui arborei è irregolare, o comunque non facilmente riconducibile ad un sesto geometrico ben definito; inoltre, in popolamenti non omogenei per quanto concerne la fertilità stazionale, piccole variazioni nell'altezza dominante comportano notevoli variazioni dell' $s\%$.

ASSMANN (*op. cit.*) identifica l'area basimetrica massimale di un popolamento forestale con il valore raggiunto, alle diverse età, da soprassuoli mai diradati, in cui la riduzione della densità si è verificata solo per effetto dell'autodiradamento. Secondo quanto affermato da STERBA (1987) e più recentemente da SKOVSGAARD e VANCLAY (2007), l'area basimetrica massimale di un popolamento coetaneo può essere espressa in funzione della sua altezza dominante. La stima dei parametri dell'equazione richiede, però, la disponibilità di numerosi dati rilevati sia in inventari

forestali su ampie superfici, sia in aree sperimentali sottoposte a monitoraggio di lungo periodo (CORONA e NOCENTINI 2009).

Gli studi sui valori di densità relativa dei popolamenti forestali sono particolarmente abbondanti nella letteratura scientifica nordamericana, in quanto diffusamente utilizzati nella programmazione degli interventi di gestione selvicolturale. Per contro, le ricerche inerenti ambiti e specie forestali europee sono relativamente recenti (BACHOFEN e ZINGG 2001; BRASSEL e LISCHKE 2001; DEL RIO *et al. op. cit.*). In Italia l'unica applicazione è dovuta a VACCHIANO *et al.* (2005) che hanno determinato il valore dell'indice di densità di REINEKE in popolamenti di abete bianco del Piemonte meridionale.

Scopo del presente lavoro è quello di approfondire le conoscenze sul fenomeno della mortalità naturale in soprassuoli di origine artificiale non diradati di pino laricio della Calabria; l'osservazione e la codificazione del fenomeno mediante una equazione allometrica riveste notevole importanza dal punto di vista applicativo in quanto:

- i. consente di definire un idoneo piano di interventi culturali, in funzione delle finalità che si intendono perseguire con gli impianti;
- ii. permette di valutare, nel tempo e nello spazio, gli effetti degli interventi stessi sui processi evolutivi che si innescano nelle biocenosi forestali.

Per individuare la traiettoria delle curve di autodiradamento sono stati confrontati i modelli proposti da REINEKE (*op. cit.*), ZEIDE (1995), TANG *et al. (op. cit.)*, VANCLAY e SANDS (*op. cit.*).

Materiali e metodi

Dati

Lo studio è stato condotto in piantagioni di pino laricio realizzate sull'altopiano della Sila, in Calabria (Figura 1), dove è possibile riscontrare situazioni ecologiche (suolo, clima, esposizione, pendenza) e selvicolturali differenti. I rimboschimenti erano generalmente eseguiti previa lavorazione del suolo a gradoni, realizzati lungo le curve di livello; le densità iniziali teoriche variavano da 2500 a 3300 piante ad ettaro. I primi studi sulle pinete di laricio (AVOLIO e CIANCIO 1979) hanno dimostrato che a 15-20 anni dagli impianti le densità erano ancora eccessive, e gli effetti dell'autodiradamento erano manifestati dalla presenza



Fig. 1 – Localizzazione dell'area di studio in Calabria.
Map of the study area in Calabria (Southern Italy).

di numerose piante morte in piedi o deperienti.

L'indagine è stata condotta in 90 aree di saggio permanenti, di ampiezza variabile da 1000 a 2000 m² sottoposte da oltre 30 anni a rilievi periodici in numero (da 3 a 8-9) e intervallo (da 1 a 7-8 anni) variabili. Le principali caratteristiche delle aree campionate sono riassunte nella Tabella 1. In ogni area è stato rilevato il diametro di tutte le piante, lo stato vegetativo (vive o morte) e l'altezza di almeno 30 alberi rappresentativi delle classi diametriche presenti. Le 90 aree sperimentali sono state realizzate in rimboschimenti in cui, al momento del primo rilievo, non era mai stato eseguito alcun diradamento, poiché era assolutamente necessario avere la certezza che i soprassuoli analizzati fossero *fully-stocked* in termini di densità. Il set di dati disponibili è stato suddiviso, in maniera casuale, in due parti: il 70% circa è stato utilizzato per la calibrazione dei 4 modelli, mentre il rimanente 30% è stato impiegato nella successiva fase di validazione.

Equazione di REINEKE

La funzione proposta da REINEKE (*op. cit.*) per esprimere la variazione tra il numero di alberi ad ettaro (N) e il diametro medio quadratico (Dg) del soprassuolo,

in scala bilogarithmica, è la seguente:

$$\ln(N) = \alpha - \beta \cdot \ln(Dg) \quad [1]$$

dove α e β rappresentano, rispettivamente, l'intercetta e il coefficiente angolare della retta e sono entrambi indipendenti dall'età o dalla fertilità stazionale. Tale equazione è usata per determinare l'indice di densità del soprassuolo (SDI) che esprime la densità teorica di un popolamento forestale coetaneo corrispondente al diametro quadratico medio di 25 cm; tale formulazione presuppone costante l'intensità della competizione in-

Tab. 1 – Principali caratteristiche delle aree di saggio.
Main statistics of the plots.

Variabile	Min	Mean	Max	Standard deviation
Età (anni)	16	29.54	47	8.62
N (piante-ha ⁻¹)	500	1538.01	3089	605.75
G (m ² -ha ⁻¹)	23.25	56.92	107.55	15.03
V (m ³ -ha ⁻¹)	75.83	433.24	1087.234	190.24
Dg (cm)	13.89	22.68	37.30	4.60
Hm (m)	7.61	15.39	23.93	3.76
Hdom (m)	8.77	17.31	27.72	4.15

terspecifica, per cui lo sviluppo ideale del popolamento risulterà parallelo alla retta di autodiradamento:

$$SDI = N \cdot \frac{Dg}{25}^{\beta} \quad [2]$$

Equazione di ZEIDE

Per descrivere la traiettoria della curva di massima densità, ZEIDE (*op. cit.*) ha proposto una modifica dell'equazione di REINEKE (*op. cit.*) scaturita dagli studi fatti da LAASENAHO e KOIVUNIEMI (*op. cit.*) i quali hanno evidenziato che la relazione lineare tra diametro medio alla base della chioma e numero di piante, in scala bilogarithmica, è migliore dell'equazione di REINEKE (*op. cit.*). Supponendo che esista, come è logico attendersi: (i) una relazione tra diametro alla base della chioma e diametro a 1,30 da terra, (ii) che il diametro alla base della chioma sia correlato all'altezza d'inserzione della chioma, (iii) che quest'ultima sia proporzionale all'altezza totale dell'albero, ZEIDE (*op. cit.*) perviene ad una nuova relazione tra il numero di piante per unità di superficie (N), il diametro quadratico medio (Dg) e l'altezza media (Hm) del soprassuolo:

$$\ln(N) = \alpha - \beta \cdot \ln(Dg) + \gamma \cdot Hm \cdot \ln(Dg) \quad [3]$$

dove γ è il nuovo parametro che rappresenta la variazione della pendenza.

Equazione di TANG

Il modello di autodiradamento di TANG *et al.* (*op. cit.*) ipotizza un *trend* crescente in funzione della densità, che raggiunge il massimo in corrispondenza di un dato rapporto "dimensione-densità". Tale ipotesi può essere formulata con la seguente equazione:

$$\frac{d \ln(N_t)}{d \ln(Dg_t)} = -\beta \cdot \left(\frac{SDI_t}{S_f} \right)^{\gamma} \quad [4]$$

dove N_t è il numero di piante ad ettaro all'età t , Dg_t è il corrispondente valore di diametro quadratico medio, SDI_t è l'indice di densità di REINEKE (*op. cit.*) all'istante t , S_f rappresenta il massimo valore dell'indice di densità di REINEKE (*op. cit.*) corrispondente alla massima densità (espressa in piante·ha⁻¹), β rappresenta la pendenza della linea di massima densità, γ è un parametro specie-specifico che esprime il tasso di autodiradamento. Quando un soprassuolo si

trova in condizioni di massima densità, il suo valore SDI è pari a S_f quindi il tasso di autodiradamento diviene costante ed uguale alla pendenza della linea di massima densità. Pertanto, tale modello è applicabile solo in soprassuoli con densità inferiore o uguale a quella massima teorica. Risolvendo l'equazione [4], ed esprimendo l'indice di densità con la [2], si perviene alla seguente espressione funzionale della curva di autodiradamento:

$$N_t = \frac{S_f}{\frac{Dg_t}{25}^{\beta \cdot \gamma} + \delta^{1/\gamma}} \quad [5]$$

dove δ è la costante di integrazione che dipende dai valori iniziali del numero di piante (N_i) e del diametro quadratico medio (Dg_i):

$$\delta = \frac{S_f^{\gamma}}{N_i} - \frac{Dg_i^{\beta \cdot \gamma}}{25} \quad [5a]$$

I tre parametri (S_f , β e γ) stimabili tramite regressione non lineare, sono specie-specifici.

Equazione di VANCLAY e SANDS

Il modello di autodiradamento recentemente proposto da VANCLAY e SANDS (*op. cit.*) parte dal presupposto, supportato da numerose osservazioni sperimentali, che la pendenza può essere approssimata da una funzione di potenza rispetto all'area basimetrica corrente del soprassuolo:

$$s = \frac{d \ln(N)}{d \ln(d)} = \frac{D}{N} \cdot \frac{dN}{dD} = -2 \cdot \left(\frac{G}{G_x} \right)^n \quad [6]$$

dove n è un esponente da determinare, G è l'area basimetrica del soprassuolo, G_x è l'area basimetrica massima in corrispondenza di una pendenza $s=2$.

L'eq. [6] può essere integrata per fornire il numero di individui $N(Dg)$ in funzione esplicita del diametro quadratico medio (Dg) del soprassuolo:

$$N(Dg) = \frac{N_0}{\left[1 + \left(\frac{n_0 \cdot Dg^2}{G_x} \right)^n \right]^{1/n}} \quad [7]$$

dove N_0 è il numero iniziale di individui e $n_0 = \pi \cdot N / 40000$. In definitiva, VANCLAY e SANDS (*op. cit.*) affermano

che il concetto di area basimetrica massimale può rappresentare una spiegazione pratica ed equilibrata dei fenomeni di mortalità in piantagioni coetanee monospecifiche.

Analisi statistiche

La stima dei parametri delle equazioni [1] e [3] è stata effettuata mediante regressione lineare, mentre per le equazioni [5] e [7] è stato utilizzato un procedimento di stima non lineare; per le prime due equazioni è stata pertanto utilizzata la *proc REG* di SAS[®], mentre per le altre due equazioni è stata adoperata la *proc NLIN* utilizzando l'algoritmo *Gauss-Newton* (SAS[®] Institute Inc. 2001).

Per poter avere un'idea effettiva della distorsione di stima è stato calcolato il valore medio dei residui (*bias*) sul set di validazione.

Il Criterio Informativo di Akaike (*AIC*) basato sul concetto di entropia dell'informazione, che offre una misura relativa di informazioni perse quando un dato modello è usato per descrivere la realtà (AKAIKE 1973), è stato infine utilizzato per la scelta del miglior modello in grado di definire la traiettoria della curva di massima densità:

$$AIC = n_c \cdot \ln \left(\frac{SSQ_{res}}{n_c} \right) + 2n_p \quad [8]$$

dove n_c è il numero dei dati del campione, SSQ_{res} è la somma dei quadrati dei residui e n_p è il numero di parametri utilizzati nel modello.

Risultati e discussione

I risultati delle analisi statistiche relative all'equazione di REINEKE (*op. cit.*) e a quella di ZEIDE (*op. cit.*) sul campione usato per la calibrazione sono evidenziati nella Tabella 2. Il coefficiente di correlazione corretto è risultato $R^2_{adj}=0.5733$, con un errore qua-

Tab. 2 – Parametri stimati con le equazioni [1] e [3].
Parameters estimated with models [1] and [3].

Model	Parameter	Estimate	St. error	t Value	Pr > t
[1] Reineke, 1933	α	12.24375	0.40208	30.45	<.0001
	β	-1.58027	0.13258	-11.9	<.0001
[3] Zeide, 1995	α	13.94150	0.57017	24.45	<.0001
	β	-2.33008	0.22624	-10.30	<.0001
	γ	0.01251	0.00316	3.96	0.0001

Tab. 3 – Parametri stimati con le equazioni [5] e [7].
Parameters estimated with models [5] and [7].

Model	Parameter	Approx. estim.	Approx. St. er.	Approx. 95% confidence intervals	
[5] Tang et al., 1994	Sf	1919.5	365.4	1194.9	2644.1
	β	2.0903	0.4692	1.1599	3.0208
	γ	1.2888	0.4342	0.4276	2.1500
[7] Vanclay Sands, 2009	Gx	76.5251	3.5082	69.5681	83.4821
	γ	4.9967	0.8949	3.2220	6.7714

dratico medio $MS=0.04516$; il parametro $\beta=-1.580$, che esprime la pendenza della retta di autodiradamento, non risulta quindi significativamente diverso dal valore $\beta=-1.605$ proposto da REINEKE (*op. cit.*) ad un livello di confidenza del 95%. Il corrispondente valore di *SDI* risulterebbe pari a 1283 piante ad ettaro. Nel caso della equazione di ZEIDE (*op. cit.*) il miglioramento dovuto al contributo del parametro *Hm* è evidenziato sia dall'aumento della percentuale di varianza spiegata ($R^2_{adj}=0.6262$), sia dalla riduzione dell'errore quadratico medio ($MS=0.03956$), sia dal fatto che il coefficiente γ è statisticamente significativo.

I risultati delle equazioni non lineari proposte da TANG *et al.* (*op. cit.*) e da VANCLAY e SANDS (*op. cit.*) sono riportati in Tabella 3. Il valore R^2_{adj} stimato con l'eq. [5] è risultato più alto rispetto a quello stimato con l'eq. [7] (rispettivamente 0.9266 e 0.8799); di conseguenza, l'errore quadratico medio dei residui determinato con l'eq. [5] è risultato inferiore rispetto all'eq. [7] (rispettivamente 22419.9 e 36960.5).

Il buon adattamento delle quattro funzioni è evidenziato anche dall'analisi dei residui, effettuato sul set di dati di validazione, che si dispongono in maniera sostanzialmente simmetrica rispetto ai valori attesi della variabile dipendente "*N predicted*" (Figure 2.1-2.4). Sono state inoltre effettuate analisi grafiche dei residui rispetto: i) ai valori osservati; ii) alle variabili indipendenti; tali verifiche hanno consentito di escludere l'esistenza di andamenti sistematici.

In Tabella 4 sono riportati sia i valori del *bias*, sia i valori di *AIC* calcolati con la [8]. Le medie dei residui evidenziano valori confrontabili per 3 delle 4 equazioni poste a confronto (valori compresi tra -29 e -41) mentre il bias riscontrato con l'equazione di VANCLAY e SANDS (*op. cit.*) si discosta sensibilmente dagli altri (-180). Relativamente all'indice *AIC*, il valore più basso è stato determinato con la funzione proposta da TANG *et al.* (*op. cit.*) che evidenzia inoltre una mi-

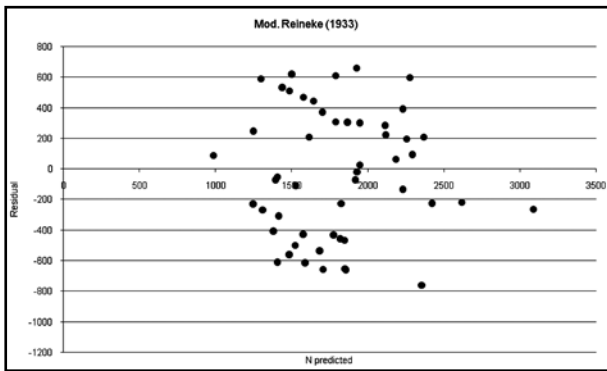


Fig. 2.1 – Dispersione dei residui dell'eq. [1].
Distribution of residuals in eq. [1].

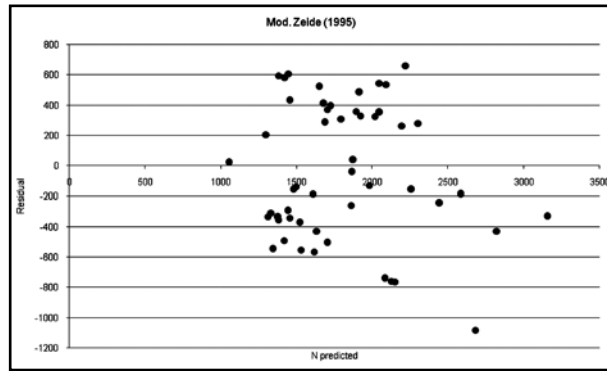


Fig. 2.2 – Dispersione dei residui dell'eq. [3].
Distribution of residuals in eq. [3].

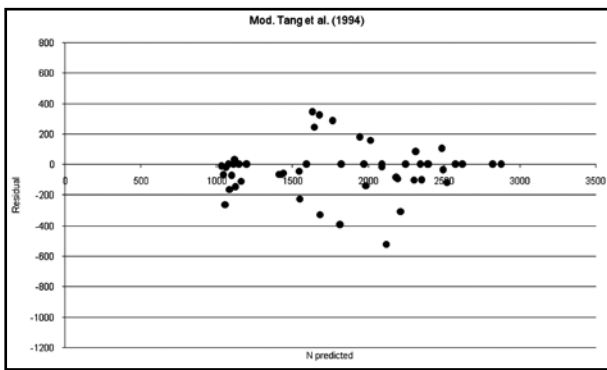


Fig. 2.3 – Dispersione dei residui dell'eq. [5].
Distribution of residuals in eq. [5].

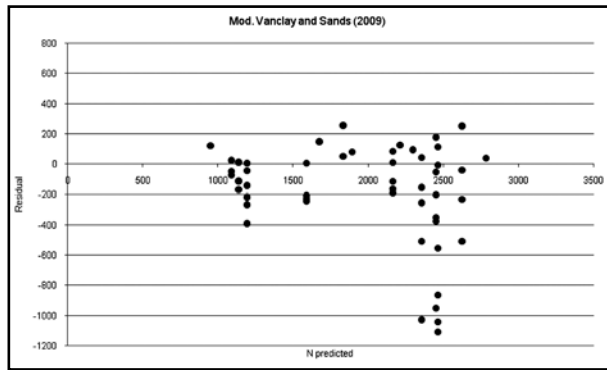


Fig. 2.4 – Dispersione dei residui dell'eq. [7].
Distribution of residuals in eq. [7].

gliore distribuzione complessiva dei residui rispetto al valore atteso.

L'indice di densità *SDI* ottenuto con l'equazione di REINEKE (*op. cit.*) pari a 1283 piante·ha⁻¹ è risultato più basso di quello stimato con l'equazione di TANG (*op. cit.*) (*SDI*=1919 piante·ha⁻¹), ma risulta comunque compreso entro l'intervallo di confidenza di quest'ultimo. Il tasso di autodiradamento β per le piantagioni di pino laricio calabresi, stimato con l'equazione [7] è risultato pari a 2.09; studi analoghi (ZEIDE *op. cit.*; WELLER *op. cit.*; TANG *et al. op. cit.*) indicano che il tasso di autodiradamento di soprassuoli a densità colma mai diradati può variare tra 1.2 e 2.8 in funzione della specie e della fertilità stazionale.

La Figura 3 evidenzia l'evoluzione reale e quella stimata del fenomeno dell'autodiradamento sul *dataset* di validazione; in essa è riportata sia la retta di autodiradamento di cui all'eq. [1], sia la retta di massima densità corrispondente al modello proposto da TANG *et al. (op. cit.)*. Quest'ultima equazione è quindi risultata più idonea per definire la traiettoria delle

curve di autodiradamento nei popolamenti artificiali di pino laricio della Calabria.

Conclusioni

Gli studi sulle dinamiche evolutive dei soprassuoli forestali, ed in particolare sui processi bio-ecologici che comportano variazioni numeriche e strutturali degli stessi, consentono di confrontare le densità reali dei soprassuoli con valori di densità teorica, stimati mediante modelli statistico-matematici. In qualsiasi soprassuolo forestale è facilmente osservabile, dopo la chiusura delle chiome, una diminuzione della densità per effetto della competizione. In definitiva, la densità e la chiusura delle chiome sono un compromesso tra due opposti processi: una crescita laterale di rami e radici, che comporta una riduzione dello spazio disponibile per ogni singolo individuo, e la mortalità di alcuni individui, che comporta una maggiore spazatura. Con l'aumentare dell'età aumenta anche la dimensione degli individui componenti il soprassuolo,

Tab. 4 – Bias e indice AIC di Akaike.
Bias and Akaike's Information Criterion.

Model	Bias	SSQres	n. param.	AIC
Reineke (1933)	-29	8679062.648	2	618.27
Zeide (1995)	-41	9928320.588	3	627.13
Tang et al. (1994)	-35	1335874.151	3	524.84
Vancly e Sands (2009)-180		7113222.417	2	608.13

conseguentemente aumentano le dimensioni dei vuoti creatisi in seguito alla mortalità di alcune piante, mentre diminuisce la capacità di colmare tali spazi da parte degli alberi vicini.

Nel presente studio sono stati confrontati alcuni modelli allometrici al fine di descrivere ed interpretare il fenomeno dell'autodiradamento in soprassuoli di pino laricio di origine artificiale, realizzati a partire dalla seconda metà del secolo scorso in Calabria.

L'analisi dei processi che comportano una riduzione della densità, a livello arboreo, riveste notevole importanza pratica ed applicativa, oltre che scientifica, soprattutto nella pianificazione e nell'applicazione dei trattamenti selvicolturali. Tali interventi, come è noto, influiscono sulla quantità di risorse potenzialmente disponibili per la crescita, sulla capacità degli alberi di acquisire tali risorse, sulla distribuzione delle risorse tra le diverse componenti, non solo arboree, dei popolamenti forestali. L'individuazione del trattamento selvicolturale richiede però una scelta prioritaria in merito alle finalità degli impianti. Limitatamente ai rimboschimenti oggetto di studio, è possibile prevedere due possibili scenari, non necessariamente in contrasto tra loro, a cui corrispondono differenti moduli colturali in funzione degli scopi perseguiti.

Una prima ipotesi riguarda l'esaltazione della funzionalità produttiva dei rimboschimenti di laricio, e della capacità di fornire elevati quantitativi di materiale legnoso in tempi relativamente brevi. Tale obiettivo è perseguibile in aree più fertili, situate in zone pianeggianti o nei versanti a lieve pendenza, laddove la presenza di strade e piste forestali consentirebbe un facile accesso ai mezzi meccanici negli interventi di diradamento ed esbosco. In tal caso la gestione dei soprassuoli assumerebbe un carattere più intensivo, a cui corrisponderebbe un algoritmo colturale a maggiore impatto tecnologico.

La seconda ipotesi riguarda invece l'innescio di dinamiche evolutive che favoriscano i processi di rinaturalizzazione, e riguarderebbe le zone meno fertili, a media e forte pendenza, con scarsa viabilità forestale.

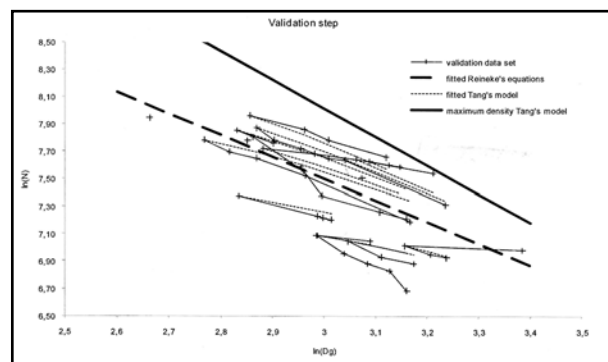


Fig. 3 – Evoluzione reale e stimata del fenomeno dell'autodiradamento.
Actual and estimated evolution of self-thinning process.

Il modulo colturale di riferimento, a basso impatto tecnologico, dovrebbe in tal caso favorire l'aumento della complessità bio-ecologica e strutturale degli impianti, e l'istaurarsi della rinnovazione naturale.

L'equazione proposta da TANG *et al.* (*op. cit.*) pur mostrando un'oggettiva incertezza nella stima dell'indice di densità S_f , evidenziata da un intervallo di confidenza relativamente ampio, è risultata quella che meglio di altre formalizza la relazione funzionale tra variabile dipendente e variabili esplicative. Per utilizzare tale indice a fini applicativi, ad esempio nella parametrizzazione dell'intensità degli interventi intercalari nelle pinete di laricio, sono necessari ulteriori approfondimenti, al fine di ridurre il margine d'incertezza della stima. Per quanto interessanti, i risultati dell'approccio seguito nel presente studio devono quindi ritenersi preliminari; sarà pertanto necessario, nel proseguimento della sperimentazione, eseguire nuovi rilievi, al fine di aumentare la numerosità del campione disponibile. Ulteriori approfondimenti saranno necessari per definire le modalità operative ed applicative, in termine di entità, intensità ed epoca degli interventi intercalari, in funzione degli obiettivi gestionali perseguiti.

Ringraziamenti

Il presente lavoro è frutto di uno "Stage di formazione all'estero" svolto presso l'*Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible* in Palencia (Spagna). Desidero pertanto esprimere la mia riconoscenza al CRA, che ha finanziato l'attività formativa, al Direttore del CRA-SAM di Cosenza, Dott. Silvano Avolio, che ha avallato la mia domanda per l'ottenimento della borsa di studio, al Prof. Feli-

pe Bravo ed al personale dell'IUGFS che mi hanno ospitato presso il loro Centro di Ricerca. Un sentito ringraziamento è rivolto, inoltre, a tutto il personale del CRA-SAM di Cosenza, che in oltre 30 anni di attività ha evidenziato diligenza ed impegno nei rilievi di campagna e nell'archiviazione dei dati. Ringrazio infine l'anonimo Revisore, i cui preziosi suggerimenti hanno migliorato la stesura finale del lavoro.

Bibliografia citata

- AKAIKE H. 1973 - *Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. Second International Symposium on Information Theory*. PETROV B.N. and CSAKI F. eds., Akademiai Kiado, Budapest.
- ASSMANN E. 1970 - *Principles of forest yield study*. New York: Pergamon Press, 506 p.
- AVOLIO S., CIANCIO O. 1979 - *Prove di diradamento e tavola di cubatura per pinete artificiali di pino laricio nella Presila di Cosenza*. Ann. Ist. Sper. Selv., Arezzo, X: 25-78.
- BACHOFEN H., ZINGG A. 2001 - *Effectiveness of structures improvement thinning on stand structure in subalpine Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) stands*. For. Ecol. Manag. 145: 137-149.
- BECKING J.H. 1953 - *Einige Gesichtspunkte fuer Durchfuehrung von vergleichenden Durchforstungsversuchen in gleichaltrigen Bestanden*. Proceedings, XI IUFRO World Congress, Roma: 580-582.
- BRASSEL P., LISCHKE H. 2001 - *Swiss national forest inventory: methods and models of the second assessment*. Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf.
- CORONA P., NOCENTINI S. 2009 - *Un metodo per la quantificazione su basi parametriche dell'intensità di diradamento. L'Italia Forestale e Montana*, 64 (6): 351-358.
- CURTIS R.O. 1970 - *Stand density measures: an interpretation*. For. Sci. 16 (4), 403-414.
- DEL RIO M., MONTERO G., BRAVO F. 2001 - *Analysis of diameter-density relationships and self-thinning in non-thinned even-aged Scots pine stands*. For. Ecol. Manag. 142: 79-87.
- HART H.M.J., 1928. - *Stem density and thinning: a pilot experiment to determine the best spacing and thinning method of teak*. Proefsta. Boschwesen, Batavia, Meded 21.
- JACK S.B., LONG J.N. 1996 - *Linkages between silviculture and ecology: an analysis of density management diagrams*. For. Ecol. Manag. 86: 205-220.
- LAASENAHO J., KOIVUNEMI J. 1990 - *Dependence of some stand characteristics on stand density*. Tree Physiology, 7: 183-187.
- LONG J.N. 1985 - *A practical approach to density management*. For. Chronicle 61: 23-27.
- LONG J.N., DEANB T.J., ROBERTS S.D. 2004 - *Linkages between silviculture and ecology: examination of several important conceptual models*. For. Ecol. Manag. 200: 249-261.
- LONSDALE W.M. 1990 - *The self-thinning rule: dead or alive?* Ecology 71 (4): 1373-1388.
- MOHELER C.L., MARKS P.L., SPRUGEL D.G. 1978 - *Stand structure and allometry of trees during self-thinning of pure stands*. Journal of Ecology, 66: 599-614.
- NEWTON P.F., JOLLIFFE P.A. 1998 - *Assessing processes of intraspecific competition within spatially heterogeneous black spruce stands*. Can. J. For. Res., 28: 259-275.
- OSAWA A. 1995 - *Inverse relationship of crown fractal dimension to self-thinning exponent of tree populations: A hypothesis*. Can. J. For. Res. 25: 1608-1617.
- OSAWA A., ALLEN R.B. 1993 - *Allometric theory explains self-thinning relationship of mountain beech and red pine*. Ecology 74:1020-1032
- OSAWA A., SUGITA S. 1989 - *The self-thinning rule: another interpretation of Weller's results*. Ecology, 70: 279-283.
- PRETZSCH H., BIBER P. 2005 - *A Re-Evaluation of Reineke's Rule and Stand Density Index*. For. Sci., 51 (4): 304-320.
- PUETTMANN K.J., HANN D.W., HIBBS D.E. 1993 - *Evaluation of the Size-Density Relationships for Pure Red Alder and Douglas-Fir Stands*. For. Sci. 39 (1): 2-27.
- REINEKE L.H. 1933 - *Perfecting a stand-density index for even-aged forests*. J. Agr. Res. 46: 627-638.
- SAS INSTITUTE INC. 2001 - *SAS/STAT User's Guide, Release 8.2*, Cary, NC, USA.
- SHAINSKY L.J., RADOSEVICH S.R. 1992 - *Mechanisms of competition between Douglas-Fir and Red Alder seedlings*. Ecology, 73: 30-45.
- SKOVGAARD J.P., VANCLAY J.K. 2007 - *Forest site productivity: a review of the evolution of dendrometric concepts for even-aged stands*. Forestry, 81: 13-31.
- SMITH N.J., HANN D.W. 1984 - *A new analytical model based on the -3/2 power rule of self-thinning*. Can. J. For. Res. 14: 605-609.
- STERBA H. 1987 - *Estimating potential density from thinning experiment and inventory data*. Forest Science, 33: 1022-1034.
- TANG S., MENG C.H., WANG Y.H. 1994 - *A growth and self-thinning model for pure even-aged stands: theory and applications*. For. Ecol. Manag. 70: 67-73.
- VACCHIANO G., LINGUA E., MOTTA R. 2005 - *Valutazione dello Stand Density Index in popolamenti di Abete bianco (*Abies alba* Mill.) nel Piemonte meridionale*. It. For. Mont. 60 (3): 269-286.
- VANCLAY J.K., SANDS P.J., 2009 - *Calibrating the self-thinning frontier*. For. Ecol. Manag. 259 (1): 81-85.
- VANDERSCHAAP C.L., BURKHART H.E. 2007 - *Comparison of methods to estimate Reineke's maximum size-density relationship*. For. Sci. 53: 435-442.
- WELLER D.E. 1987a - *Self-thinning exponent correlated with allometric measures of plant geometry*. Ecology. 68 (4): 813-821.
- WELLER D.E. 1987b - *A reevaluation of the -3/2 power rule of plant self-thinning*. Ecological Monographs, 57 (1): 23-43.
- WELLER D.E. 1990. *Will the real self-thinning rule please stand up? A reply to Osawa and Sugita*. Ecology 71: 1204-1207

- WHITE J., HARPER J.L. 1970 - *Correlated changes in plant size and number in plant populations*. J. Ecol. 58: 467-485.
- WHITE J. 1981 - *The allometric interpretation of the self-thinning rule*. Jour. Theor. Biol., 89 (3): 475-500.
- XUE L., OGAWA K., HAGIHARA A., LIANG S., BAI J. 1999 - *Self-thinning exponents based on the allometric model in Chinese pine (*Pinus tabulaeformis* Carr.) and Prince Rupprecht's larch (*Larix principisrupprechtii* Mayr) stands*. For. Ecol. Manag. 117: 87-93
- YODA K., KIRA T., OGAWA H., HOZUMI K. 1963 - *Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions*. Journ. Biol. Osaka City University, 14: 107-129.
- ZEIDE B. 1987 - *Analysis of the 3/2 power law of self-thinning*. For. Sci., 33: 517-537.
- ZEIDE B. 1995 - *A relationship between size of trees and their number*. For. Ecol. Manag. 72: 265-272.
- ZHANG L., BI H., GOVE J.H., HEATH L.S. 2005 - *A comparison of alternative methods for estimating the self-thinning boundary line*. Canad. Journ. of For. Res. 35: 1507-1514.

Tavola di cubatura a doppia entrata ed a una entrata per gli acero-frassineti di neoformazione della Comunità Montana Agno - Chiampo (Venezia)^{§1}

Fabrizio Ferretti^{2*}, Valentina Giulietti³, Francesco Pelleri³

Accettato il 1 novembre 2010

Riassunto – Gli acero-frassineti sono formazioni forestali che negli ultimi decenni hanno assunto una notevole rilevanza territoriale nel nord Italia. Secondo i dati dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi di Carbonio (INFC), queste formazioni rientrano nei raggruppamenti degli “acero-tiglieti di monte e boschi a frassino e altre specie” e degli “acereti appenninici” che occupano rispettivamente una superficie di 153904 ettari (88% nelle regioni settentrionali) e di 23600 ettari. Dati forniti dalla Regione Veneto stimano la superficie degli acero-frassineti, prevalentemente di origine secondaria, in 9258 ettari. Gran parte di questi si sono diffusi in terreni agricoli abbandonati grazie alla loro capacità colonizzatrice e alle condizioni edafiche favorevoli della regione prealpina. Nell'ambito di una più ampia ricerca, finalizzata a dare indicazioni gestionali per la valorizzazione di questa importante formazione forestale, sono stati realizzati, nel territorio della Comunità Montana Agno Chiampo (VI), diradamenti sperimentali che intervenendo in maniera omogenea su tutte le classi sociali hanno consentito di raccogliere i campioni di alberi modello in modo da limitare il problema della distorsione del campionamento. Ciò ha consentito di realizzare una tavola di cubatura locale attualmente assente per gli acero-frassineti. Nel lavoro sono descritte le modalità con cui sono stati raccolti ed elaborati i dati di diametro, altezza e volume, calcolato con metodo per sezioni di Heyer, di un campione di 385 alberi modello del volume prelevati in acero-frassineti di neoformazione situati nelle Prealpi vicentine. L'applicazione della *stepwise analysis* ha consentito di elaborare una tavola stereometrica a doppia entrata da cui è stata ricavata una tavola ad una entrata.

Parole chiave: tavole di cubatura, boschi di neoformazione, frassino maggiore, acero di monte.

Abstract – One and two-entry tree volume tables for the new-established ash-sycamore forest types at a pre-alpine territory. Ash-sycamore stands have been assuming a considerable territorial importance in Northern Italy over the last decades. According to the National Forest and Carbon Sinks Inventory (INFC), these stands form the type of “sycamore-lime mountain & ash forests” and “Apennine maple forests”. These forests amount to 153904 hectares (88% in the Northern regions) and 23600 hectares, respectively. In the Veneto Region, ash-sycamore are mainly secondary forests and occupy 9258 hectares. These stands spread easily throughout the agriculture set-aside lands thanks to their colonizing ability and to the favourable soil conditions in the pre-alpine region. Experimental thinnings framed into a wider project aimed at producing management guidelines according to a single-tree oriented approach, provided a sample of 385 trees. On the basis of this dataset, the first tree volume tables for these ash-sycamore stands have been elaborated. Data collection and data processing are being described in the paper. A two-entry tree volume table was set up by the stepwise analysis procedure and a one tree volume table was derived from the two-entry tree volume table.

Key words: tree volume, allometry, new woodland, ash, sycamore.

F.D.C.: 524. 315: 176. 1

Premessa

Secondo i dati dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi di Carbonio (INFC) (MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE E FORESTALI 2007), le formazioni che rientrano nei raggruppamenti degli “acero-tiglieti di monte e boschi a frassino e altre specie” e degli “acereti appenninici” occupano rispettivamente una superficie di 153904 ettari (88% nelle regioni settentrionali) e di 23600 ettari.

In Veneto (REGIONE VENETO 2006), gli acero-frassineti occupano superfici di 9258 ha. Il 91% dei questi

popolamenti è di proprietà privata (CARRARO *et al.* 2001), arrivando fino al 100% nella Comunità Montana dell'Agno-Chiampo dove queste formazioni coprono una superficie complessiva di 842 ettari, pari al 7% della superficie boscata (GIULIETTI *et al.* 2009).

Gran parte di queste formazioni sono di origine secondaria (DEL FAVERO *et al.* 1998) e si stanno diffondendo su terreni precedentemente interessati dall'attività agricola e zootecnica, grazie alla loro capacità colonizzatrice e alle condizioni edafiche favorevoli delle stazioni che occupano (GHIDOTTI e PRUSSI 2000). I boschi di neoformazione in Italia sono il principale

[§] Lavoro svolto nell'ambito del Progetto Finalizzato Riselvitale finanziato dal MiPAF (Ricerca 3.1.8 -Studio e valorizzazione dei boschi e dei cespuglieti di neoformazione originatisi nelle aree agricole abbandonate)

¹ Lavoro coordinato da F. Pelleri e svolto in parti uguali dagli autori

² CRA-SFA Unità di Ricerca per la Gestione dei Sistemi Forestali dell'Appennino, Isernia.

^{*} Autore corrispondente fabrizio.ferretti@entecra.it

³ CRA-SEL Centro di Ricerca per la Selvicoltura, Arezzo.

fattore che ha determinato, a partire dalla metà del secolo scorso, un aumento della superficie forestale stimato mediamente in 15000 ettari per anno (PIUSSI 2006). Negli ultimi vent'anni, numerosi studi hanno descritto tale dinamica evolutiva (DEL FAVERO *et al. op. cit.*; DEL FAVERO *et al.* 2002; IPLA s.p.a. 2004; WOLYNSKI 2005; REGIONE VENETO 2006; SITZIA 2009), mentre ancora carenti sono le indicazioni gestionali (DEL FAVERO 2004). Solo alcune prove sperimentali sono state avviate negli ultimi anni per valorizzarne la produzione di legname di pregio (GIULIETTI *et al. op. cit.*; PELLERI 2000; PELLERI e FONTANA 2004; PIVIDORI 2002; PELLERI *et al.* 2009) e per valutarne la produzione di biomassa (SPINELLI e MAGAGNOTTI 2007).

Da un recente studio (CANTON e PETTENELLA 2010) svolto per indagare le motivazioni gestionali dei proprietari forestali privati nel comune di Recoaro Terme, (comune interessato dal presente studio), emerge che i diversi livelli di intensità gestionale sono dovuti a motivazioni varie ma il tipo di gestione è unico perché le proprietà, piccole e frammentate, si adattano bene all'autoconsumo di legna ma non alla produzione per il mercato.

In questo contesto quindi migliorare la gestione forestale significa razionalizzare la produzione di legna da ardere e proporre produzioni alternative (legname da opera), tutto questo è possibile solo con l'incentivazione dell'associazionismo in queste realtà (CANTON e PETTENELLA *op. cit.*) e la presenza di figure professionali e di strumenti a sostegno dei proprietari forestali privati.

Mancano anche strumenti specifici (CASTELLANI 1970; CASTELLANI 1972; CASTELLANI 1980; CASTELLANI *et al.* 1984) che consentano di stimare la cubatura di queste formazioni e quindi permettano di determinare correttamente le provvigioni per rispondere alle esigenze pratico-applicative riguardanti sia la redazione dei piani di gestione sia la definizione dei trattamenti selvicolturali ed applicazioni dell'estimo. Per questo motivo, insieme alla ricerca di nuove tecniche selvicolturali per la produzione di materiale pregiato (GIULIETTI *et al. op. cit.*) è stato impostato un lavoro per realizzare una tavola di cubatura specifica per questi popolamenti.

Materiali e metodi

Questo lavoro si inserisce nel quadro più ampio di una ricerca (GIULIETTI *et al. op. cit.*) avviata nel 1996 nel

territorio della Comunità Montana dell'Agno-Chiampo (Prealpi vicentine), in particolare nel comune di Recoaro Terme dove sono maggiormente diffusi gli acero-frassineti.

Il clima della zona è di tipo temperato freddo con influenze oceaniche, la piovosità media annua è elevata (Recoaro Terme: 2149 mm) e crescente risalendo verso l'interno delle valli; la temperatura media annua è di 10.4 °C. Le formazioni geologiche presenti sono molto variegiate, passando dal basamento scistoso cristallino (nella parte alta del bacino dell'Agno) alla dolomia principale che caratterizza la catena delle Piccole Dolomiti; ne derivano suoli con caratteri diversi, più o meno profondi e con pH variabile da subacido a subalcalino (PELLERI e FONTANA *op. cit.*).

La ricerca (GIULIETTI *et al. op. cit.*), finalizzata a valutare le capacità produttive degli acero-frassineti lasciati all'evoluzione naturale, ha individuato - sulla base di studi volti ad analizzare la dinamica di espansione del bosco a seguito della riduzione dell'attività agricola e zootecnica PELLERI *et al.* (2003) - alcuni popolamenti, rappresentativi delle diverse fasi evolutive, dove realizzare diradamenti calibrati per ogni situazione (PELLERI e FONTANA *op. cit.*). Questi popolamenti (*Covole, Borga dei Martiri e Montagna Spaccata*) insieme ad un quarto popolamento (*La Rasta*) hanno rappresentato la base di riferimento per il prelievo dei campioni arborei utilizzati per la costruzione della tavola di cubatura. Per quanto riguarda la descrizione dei popolamenti si rimanda a GIULIETTI *et al. (op. cit.)*.

In questi popolamenti sono stati effettuati due cicli di diradamenti (1998-2001 e 2004-2005) che si ispirano ai principi della "selvicoltura d'albero" (DE SAINT-VAULRY 1969; DE POURTALES 1987; SCHÜTZ 1990; BASTIEN e WILHELM 2000, WILHELM 2003) e come tali, in sintesi, interessano esclusivamente soggetti attorno a singole piante promettenti agendo quindi su fusti che ostacolano lo sviluppo degli alberi obiettivo. Quindi in considerazione delle caratteristiche dei diversi popolamenti coinvolti e delle modalità di diradamento, gli interventi hanno inciso su tutte le classi sociali ed il campione di alberi modello include e rappresenta tutti i diversi dendrotipi presenti.

Inoltre, la scelta delle modalità di campionamento è strettamente connessa all'obiettivo specifico del lavoro ovvero la realizzazione di modelli previsionali da utilizzare a fini estimativi in ambito locale. Il campionamento è stato quindi limitato ad un ambito territoriale ristretto senza seguire schemi complessi e

si configura quindi come non probabilistico del tipo a scelta ragionata (MANCINO e VERRASTRO 2002).

Per ogni albero modello sono stati misurati:

- diametro sopra corteccia a 1.30 m;
- altezza totale;
- circonferenza del fusto ad intervalli di un metro a partire da 0.5 da terra fino al diametro di sveltamento di 3 cm.

Il volume cormometrico di ogni albero è stato poi ottenuto applicando la formula di cubatura per sezioni di Heyer (LA MARCA 1999).

I dati raccolti sono stati innanzitutto elaborati, per individuare eventuali osservazioni fuori norma, mediante specifica analisi statistica delle distribuzioni per ogni classe di diametro presupposta di tipo normale. I valori esterni all'intervallo $x \pm 3$ volte la deviazione standard σ sono stati scartati considerandoli "aberranti" (NOSENZO 2008).

Per la definizione del modello di regressione per la tavola a doppia entrata si è fatto riferimento al cosiddetto "modello massimo" (DEL FAVERO 1978; DEL FAVERO e HELLRIGL 1978) ovvero:

$$V = a + b \cdot D + c \cdot D^2 + d \cdot D^3 + e \cdot H + f \cdot H^2 + g \cdot D \cdot H + h \cdot D \cdot H^2 + i \cdot D^2 \cdot H + l \cdot D^2 \cdot H^2 + m \cdot D^3 \cdot H + n \cdot D^3 \cdot H^2$$

La tavola a due entrate ha costituito la base di riferimento per ricavare la tavola a una entrata esplicitando la relazione ipso-diametrica desumibile dalla tavola a doppia entrata.

Per la selezione delle variabili esplicative è stata adottata la procedura della *stepwise analysis* (DEL FAVERO *op. cit.*; DEL FAVERO e HELLRIGL *op. cit.*; MANCINO e VERRASTRO *op. cit.*; NOSENZO *op. cit.*) utilizzando il *software* Statistica (STATSOFT ITALIA 1999)

Risultati e discussione

Sono stati complessivamente rilevati 385 alberi modello, di questi due sono stati scartati in quanto uscivano dall'intervallo pari a ± 3 volte la deviazione standard σ ; in Tabella 1 è riportata la distribuzione delle osservazioni in funzione di diametro e altezza

Tab. 1 - Ripartizione degli alberi modello per classi dimensionali.
Distribution of sampled trees per size (dbh and tree height) classes.

dbh (cm)	altezza dendrometrica (m)					Totale
	10	15	20	25	30	
5	3	10				13
10	4	104	19	1		128
15		39	49	15	3	106
20		3	18	16	20	57
25			5	20	13	38
30			1	17	5	23
35				6	5	11
40				4		4
45				2	1	3
Totale	7	156	92	81	47	383

Tab. 2 - Principali caratteristiche delle variabili dendrometriche misurate.
Main statistics of the mensurational variables.

		n. osservazioni	minimo	massimo	media	dev. Stand.
dbh	cm	383	6.2	45.5	16.6	7.57
H	m	383	11.2	32.0	20.0	5.49
V	m ³	383	0.017	1.811	0.265	0.293

relativa ai 383 soggetti rimasti ed in Tabella 2 sono riportate le principali caratteristiche delle variabili dendrometriche misurate.

Il modello stereometrico ottimale per la tavola a doppia entrata derivante dalla analisi effettuata è risultato:

$$V = 0.003772825 - 9.46986 \cdot 10^{-5} \cdot D^2 + 4.18889 \cdot 10^{-5} \cdot D^2 \cdot H - 7.41636 \cdot 10^{-9} \cdot D^3 \cdot H^2$$

con ESS. 0.0462 e R^2 0.9751. In Tabella 3 sono riportati i dati relativi alla significatività dei coefficienti, in Tabella 4 e in Figura 1 sono riportati i valori attesi del volume in funzione del diametro sopra corteccia a 1.3 m e dell'altezza, mentre in Figura 2 sono riportate le distribuzioni dei valori osservati in funzione dei valori predetti e le distribuzioni dei residui in funzione dei valori predetti (la media dei residui con segno è $-2.807 \cdot 10^{-16} \text{ m}^3$).

In Tabella 5 sono riportati gli andamenti del coefficiente di riduzione ordinario per diverse classi di

Tab. 3 - Coefficienti e loro significatività per tavola a doppia entrata.
Regression coefficients and their significance for the two-entry stem volume table.

	Coefficienti	Err.Std	t (0.01; 379)	Beta (β)	Err.St.β
Intercetta	0.003772825	0.004671553	0.807616777		
D ²	-9.46986E-05	4.7345E-05	-2.000182752	-0.105194452	0.05259242
D ² H	4.18889E-05	2.24239E-06	18.68049858	1.322183843	0.070778831
D ³ H ²	-7.41636E-09	1.11189E-09	-6.670047015	-0.239105705	0.035847679

	H										m																							
dbh																																		
cm	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32												
6	0.017	0.018	0.020	0.021	0.023	0.024	0.026																											
7	0.021	0.023	0.025	0.027	0.029	0.031	0.033																											
8	0.027	0.029	0.032	0.035	0.037	0.040	0.042	0.045	0.047	0.050	0.052	0.055	0.057	0.060	0.062	0.065	0.067																	
9	0.033	0.036	0.039	0.043	0.046	0.049	0.052	0.055	0.059	0.062	0.065	0.068	0.071	0.074	0.078	0.081	0.084																	
10	0.039	0.044	0.048	0.051	0.055	0.059	0.063	0.067	0.071	0.075	0.079	0.083	0.087	0.091	0.094	0.098	0.102																	
11	0.047	0.052	0.057	0.061	0.066	0.071	0.076	0.080	0.085	0.090	0.094	0.099	0.104	0.108	0.113	0.117	0.122																	
12	0.055	0.061	0.066	0.072	0.078	0.083	0.089	0.095	0.100	0.106	0.111	0.117	0.122	0.128	0.133	0.138	0.144																	
13			0.077	0.084	0.090	0.097	0.103	0.110	0.116	0.123	0.129	0.136	0.142	0.148	0.155	0.161	0.167	0.173	0.179	0.185	0.192	0.199	0.206	0.213	0.220	0.227								
14			0.089	0.096	0.104	0.111	0.119	0.126	0.134	0.141	0.149	0.156	0.163	0.171	0.178	0.185	0.192	0.199	0.206	0.213	0.220	0.227												
15			0.101	0.110	0.118	0.127	0.135	0.144	0.153	0.161	0.169	0.178	0.186	0.194	0.202	0.211	0.219	0.227	0.235	0.243	0.251	0.258												
16			0.114	0.124	0.134	0.143	0.153	0.163	0.172	0.182	0.191	0.201	0.210	0.219	0.229	0.238	0.247	0.256	0.265	0.274	0.283	0.292												
17			0.128	0.139	0.150	0.161	0.172	0.183	0.193	0.204	0.215	0.225	0.236	0.246	0.256	0.267	0.277	0.287	0.297	0.307	0.317	0.326												
18			0.142	0.155	0.167	0.179	0.191	0.203	0.215	0.227	0.239	0.251	0.262	0.274	0.285	0.297	0.308	0.319	0.330	0.341	0.352	0.363												
19			0.158	0.171	0.185	0.199	0.212	0.225	0.239	0.252	0.265	0.278	0.290	0.303	0.316	0.328	0.341	0.353	0.365	0.377	0.389	0.401												
20			0.174	0.189	0.204	0.219	0.234	0.248	0.263	0.277	0.292	0.306	0.320	0.334	0.348	0.361	0.375	0.389	0.402	0.415	0.428	0.441												
21			0.191	0.207	0.224	0.240	0.256	0.272	0.288	0.304	0.320	0.335	0.351	0.366	0.381	0.396	0.411	0.425	0.440	0.454	0.469	0.483												
22			0.208	0.226	0.244	0.262	0.280	0.297	0.315	0.332	0.349	0.366	0.382	0.399	0.415	0.432	0.448	0.464	0.479	0.495	0.511	0.526												
23								0.323	0.342	0.361	0.379	0.398	0.416	0.434	0.451	0.469	0.486	0.503	0.520	0.537	0.554	0.570												
24								0.350	0.371	0.391	0.411	0.430	0.450	0.469	0.488	0.507	0.526	0.544	0.563	0.581	0.599	0.616												
25								0.378	0.400	0.422	0.443	0.464	0.485	0.506	0.527	0.547	0.567	0.587	0.606	0.626	0.645	0.664												
26								0.407	0.431	0.454	0.477	0.500	0.522	0.544	0.566	0.588	0.609	0.630	0.651	0.672	0.692	0.712												
27								0.437	0.462	0.487	0.512	0.536	0.560	0.584	0.607	0.630	0.653	0.675	0.698	0.719	0.741	0.762												
28								0.468	0.495	0.521	0.547	0.573	0.599	0.624	0.649	0.673	0.698	0.721	0.745	0.768	0.791	0.814												
29								0.500	0.528	0.556	0.584	0.612	0.639	0.665	0.692	0.718	0.743	0.769	0.794	0.818	0.842	0.866												
30								0.532	0.563	0.592	0.622	0.651	0.680	0.708	0.736	0.763	0.790	0.817	0.843	0.869	0.895	0.920												
31								0.566	0.598	0.629	0.661	0.691	0.722	0.752	0.781	0.810	0.839	0.867	0.894	0.922	0.948	0.975												
32								0.600	0.634	0.667	0.700	0.733	0.765	0.796	0.827	0.858	0.888	0.917	0.946	0.975	1.003	1.031												
33													0.809	0.842	0.874	0.907	0.938	0.969	0.999	1.029	1.059	1.087												
34													0.854	0.889	0.923	0.956	0.989	1.022	1.053	1.085	1.115	1.145												
35													0.900	0.936	0.972	1.007	1.041	1.075	1.108	1.141	1.173	1.204												
36													0.947	0.985	1.022	1.059	1.095	1.130	1.164	1.198	1.231	1.264												
37													0.994	1.034	1.073	1.111	1.149	1.185	1.221	1.256	1.291	1.325												
38													1.043	1.084	1.125	1.165	1.204	1.242	1.279	1.315	1.351	1.386												
39													1.092	1.135	1.178	1.219	1.259	1.299	1.337	1.375	1.412	1.448												
40													1.143	1.187	1.231	1.274	1.316	1.357	1.397	1.436	1.474	1.511												
41													1.194	1.240	1.286	1.330	1.373	1.415	1.457	1.497	1.536	1.574												
42													1.246	1.294	1.341	1.386	1.431	1.475	1.517	1.559	1.599	1.639												
43													1.298	1.348	1.396	1.444	1.490	1.535	1.579	1.622	1.663	1.703												
44													1.351	1.403	1.453	1.502	1.550	1.596	1.641	1.685	1.727	1.769												
45													1.405	1.459	1.510	1.561	1.610	1.657	1.704	1.749	1.792	1.834												

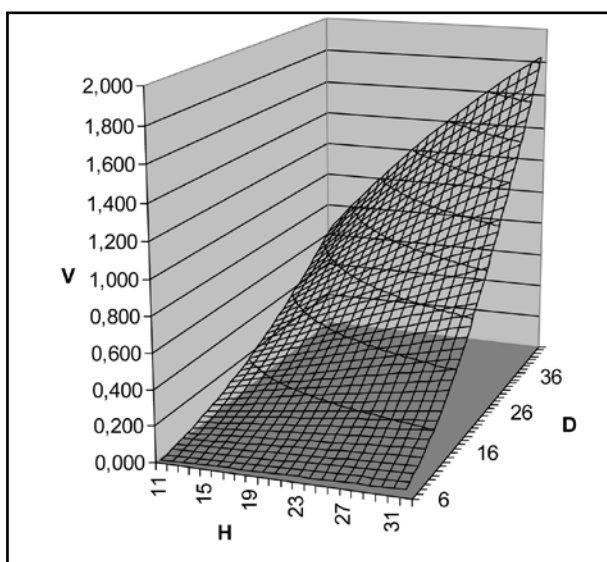


Fig.1 - Andamento del volume al variare del diametro a 1,30 e dell'altezza totale.
Stem volume as a function of dbh and total tree height.

Per quanto riguarda la tavola ad una entrata, in Tabella 6 sono riportati i valori del volume ricavati dalla tavola a doppia entrata in funzione del diametro sopra corteccia a 1.3 m e della corrispondente altezza.

Conclusioni

Il lavoro ha prodotto due strumenti di uso locale impiegabili in situazioni diverse. Una tavola di cubatura generale a doppia entrata adatta nei casi in cui è richiesta la massima precisione nella determinazione dei volumi e che ovviamente richiede un'indagine preliminare più onerosa (determinazione delle di-

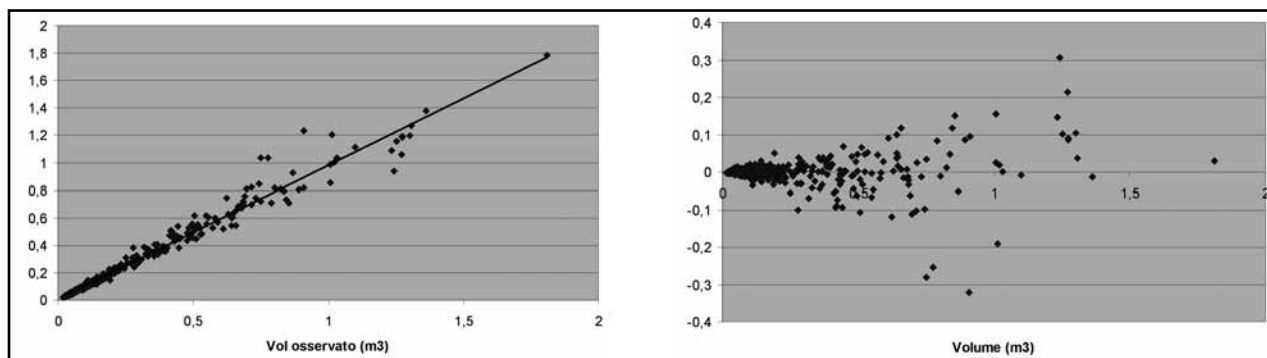


Fig. 2 - Valori predetti vs. valori osservati e distribuzione dei residui per il volume del fusto per la tavola a doppia entrata.
Expected vs. observed values and distribution of stem volume residuals in the two-entry table.

Tab.5 - Andamento del valore atteso del coefficiente di riduzione ordinario per classi di diametro in funzione dell'altezza.
Expected values of stem form factor per dbh and tree height classes.

H	f	H	f	H	f	H	f	H	f	H	f	H	f	H	f
m		m		m		m		m		m		m		m	
11	0.46	13	0.44	13	0.43	18	0.43	18	0.42	23	0.41	23	0.40	23	0.38
12	0.46	14	0.44	14	0.43	19	0.43	19	0.42	24	0.41	24	0.39	24	0.38
13	0.47	15	0.45	15	0.43	20	0.43	20	0.42	25	0.40	25	0.39	25	0.38
14	0.47	16	0.45	16	0.44	21	0.43	21	0.42	26	0.40	26	0.39	26	0.38
15	0.47	17	0.45	17	0.44	22	0.43	22	0.42	27	0.40	27	0.39	27	0.37
16	0.47	18	0.45	18	0.44	23	0.43	23	0.42	28	0.40	28	0.39	28	0.37
17	0.47	19	0.45	19	0.44	24	0.43	24	0.42	29	0.40	29	0.38	29	0.37
18	0.48	20	0.46	20	0.44	25	0.43	25	0.42	30	0.40	30	0.38	30	0.37
19	0.48	21	0.46	21	0.44	26	0.43	26	0.42	31	0.39	31	0.38	31	0.36
20	0.48	22	0.46	22	0.44	27	0.43	27	0.41	32	0.39	32	0.38	32	0.36
21	0.48	23	0.46	23	0.44	28	0.43	28	0.41						
22	0.48	24	0.46	24	0.44	29	0.43	29	0.41						
23	0.48	25	0.46	25	0.44	30	0.42	30	0.41						
24	0.48	26	0.46	26	0.44	31	0.42	31	0.41						
25	0.48	27	0.46	27	0.44	32	0.42	32	0.41						
26	0.48	28	0.46	28	0.44										
27	0.48	29	0.46	29	0.44										
		30	0.46	30	0.44										
		31	0.46	31	0.44										
		32	0.46	32	0.44										
dbh	10 cm	dbh	15 cm	dbh	20 cm	dbh	25 cm	dbh	30 cm	dbh	35 cm	dbh	40 cm	dbh	45 cm

Tab.6 - Tavola a una entrata derivata: valori attesi del volume del fusto svettato a 3 cm.
One-entry volume table: expected values of the stem volume (tree top cut at 3 cm).

dbh	H	V	dbh	H	V
cm	m	m³	cm	m	m³
6	12.0	0.018	26	25.5	0.577
7	13.0	0.025	27	26.0	0.630
8	13.9	0.034	28	26.5	0.685
9	14.8	0.045	29	27.0	0.743
10	15.6	0.058	30	27.5	0.804
11	16.4	0.073	31	27.9	0.864
12	17.1	0.090	32	28.4	0.929
13	17.8	0.109	33	28.9	0.996
14	18.5	0.130	34	29.3	1.063
15	19.2	0.154	35	29.8	1.135
16	19.9	0.181	36	30.2	1.205
17	20.5	0.209	37	30.6	1.277
18	21.1	0.240	38	31.0	1.351
19	21.7	0.274	39	31.5	1.430
20	22.3	0.310	40	31.9	1.507
21	22.9	0.349	41	32.3	1.586
22	23.4	0.389	42	32.7	1.665
23	24.0	0.434	43	33.1	1.746
24	24.5	0.479	44	33.5	1.828
25	25.0	0.527	45	33.9	1.911

stribuzioni diametriche e costruzione della curva ipsometrica). Una tavola di cubatura generale ad una entrata adatta nei casi in cui è richiesta una precisione minore nella determinazione dei volumi e che ovviamente richiede un'indagine preliminare meno onerosa (determinazione delle sole distribuzioni diametriche)

In conclusione, come in MANCINO e VERRASTRO (*op. cit.*) e NOSENZO (*op. cit.*), l'obiettivo è stato quello di costruire due strumenti per la determinazione del volume che abbiano una buona plasticità ed adattabilità nelle diverse situazioni riscontrabili e mantengano risultati più che accettabili in termini di errore medio di cubatura.

Ringraziamenti

Si ringraziano gli anonimi Revisori per il contributo critico che ha migliorato la stesura finale del lavoro.

Bibliografia citata

- BASTIEN Y., WILHELM G.J. 2000 - *Une sylviculture d'arbres pour produire des gros bois de qualité*. (traduzione italiana a cura di Silvia Bruschini In: Sherwood - Foreste ed alberi oggi, 86: 5-13) da Rev. For. Fr., LII (5): 407-424.
- CANTON A., PETTENELLA D. 2010 - *Motivazioni gestionali dei proprietari forestali privati: un caso di studio nel comune di Recoaro Terme (VI)*. Forest@ 7: 44-57 URL: <http://www.sisef.it/forest@/>.
- CARRARO G., MINUZZO M., SAVIO D. (a cura di) 2001 - *Montagna e gestione forestale nel Veneto*. Regione Veneto, Assessorato alle Politiche della Montagna, Venezia, 25 p.
- CASTELLANI C. 1970 - *Tavole stereometriche ed alsometriche costruite per i boschi italiani*. Ann. Ist. Sperim. Assest. For. e Alpic. vol 1.
- CASTELLANI C. 1972 - *Tavole stereometriche ed alsometriche costruite per i boschi italiani*. Ann. Ist. Sperim. Assest. For. e Alpic. vol 2.
- CASTELLANI C. 1980 - *Tavole stereometriche ed alsometriche costruite per i boschi italiani*. Ann. Ist. Sperim. Assest. For. e Alpic. vol 6.
- CASTELLANI C., SCRINZI G., TABACCHI G., TOSI V. 1984 - *Inventario forestale nazionale italiano. Tavole di cubatura a doppia entrata*. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Ist. Sperim. Assest. For. e Alpic., Trento: 1-114.
- DE POURTALES F. 1987 - *Jeunes peuplements*. Forestier Suisse (9).
- DE SAINT-VAULRY M. 1969 - *A la recherche d'une autre sylviculture: l'individualisation précoce des arbres d'avenir*. Rev. For. Fr., XXI (2): 83-100.
- DEL FAVERO R. 1978 - *Sulla scelta del miglior modello perequativo nell'interpretazione delle correlazioni d'interesse dendrome-*
- trico* - Università degli Studi di Padova.
- DEL FAVERO R. (a cura di) 2002 - *I Tipi Forestali delle Lombardia*. Regione Lombardia, CIERRE Ed. Verona, 506 p.
- DEL FAVERO R. 2004 - *I boschi delle regioni alpine italiane. Tipologia, funzionamento, selvicoltura*. CLEUP Ed. Padova, 600 p.
- DEL FAVERO R., HELLRIGL B. 1978 - *Indagine sulla capacità interpretativa delle funzioni stereometriche impiegabili nella costruzione delle tavole di cubatura a doppia entrata* - Ann. Ist. Sperim. Assest. For. e Alpic. vol V.
- DEL FAVERO R., POLDINI L., BORTOLI P.L., LASEN C., DREOSSI G., VANONE G. 1998 - *La vegetazione forestale e la selvicoltura nella regione Friuli-Venezia Giulia*. Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Direzione Regionale delle Foreste, Udine, 490 p.
- GHIDOTTI M., PIUSSI P. 2000 - *Rimboschimento spontaneo di coltivi abbandonati nelle Prealpi Orobiche*. In: Atti II congresso SISEF, Bologna: 23-26.
- GIULIETTI V., FERRETTI F., PELLERI F. 2009 - *Prove di diradamento in acero-frassineti di neoformazione nella Comunità Montana Agno-Chiampo (Vi). Risultati dopo il secondo intervento*. Ann. CRA - Centro Ric. Selv. (2007-2008) 35: 87-100.
- IPLA s.p.a. (a cura di), 2004 - *Tipi Forestali del Piemonte - metodologia e guida per l'identificazione*. Regione Piemonte Torino, 204 p.
- LA MARCA O. 1999 - *Elementi di dendrometria*. Patron Editore, 512 p.
- MANCINO G., VERRASTRO F. 2002 - *Modelli di stima del volume per i polloni di faggio dell'Appennino Lucano settentrionale*. L'It. For. e Mont. 57 (2): 163-176.
- MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE, ALIMENTARI E FORESTALI 2007 - *Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. Prima parte: Le stime di superficie 2005*. CRA-Ist. Sperim. Assest. For. e Alpic., Trento: 39 p.
- NOSENZO A. 2008 - *Tavola di cubatura a doppia entrata per i cedui di faggio del Piemonte*. Forest@ 5: 227-232 [online: 2008-09-02] URL: <http://www.sisef.it/forest@/>.
- PELLERI F. 2000 - *Prova di diradamento e indagine auxometrica in un popolamento di neoformazione a prevalenza di Fraxinus excelsior L.* Ann. Ist. Sper. Selv. vol. 29 (1998): 17-28.
- PELLERI F., FERRETTI F., SULLI M. 2003 - *Primi risultati di un'indagine sui boschi di neoformazione della Comunità Montana dell'Agno-Chiampo (VI)*. In: Atti III Congresso SISEF, Viterbo (2001): 471-476.
- PELLERI F., FONTANA S. 2004 - *Prove di diradamento in acero-frassineti di neoformazione nella Comunità Montana Agno-Chiampo (Prealpi Vicentine)*. Ann. Ist. Sper. Selv. (2000) 31: 39-54.
- PELLERI F., PIVIDORI M., GIULIETTI V. 2009 - *Cure colturali in acero-frassineti secondari in Italia settentrionale*. Atti III Congresso Nazionale di Selvicoltura, Taormina, 16-19 ottobre 2008: 887-893.
- PIUSSI P. 2006 - *Close to nature forestry criteria and coppice management. Nature-based forestry in central Europe: alternatives to industrial forestry and strict preservation*. Edited by Jurij Diaci. Ljubljana: 27-37.

- PIVODORI M. 2002 - *A thinning trial in ash and maple stands in the Triangolo Lariano region (Lombardia-Italy)*. In: International Conference on Management of Valuable Broadleaved Forests in Europe: Freiburg, 5-9 maggio 2002.
- REGIONE VENETO 2006 - *Carta Regionale dei tipi forestali: documento base*. Regione Veneto - Direzione regionale delle foreste e dell'Economia Ed. Venezia, 92 p.
- SCHÜTZ J.P. 1990 - *Sylviculture 1: principes d'education des forets*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Losanna: 176-184.
- SITZIA T. 2009 - *Ecologia e gestione dei boschi di neoformazione nel paesaggio del Trentino*. Provincia Autonoma di Trento - Servizio Foreste e Fauna, Trento.
- SPINELLI R., MAGAGNOTTI N. 2007 - *Biomassa dai boschi di neoformazione: casi di studio in Friuli-Venezia Giulia*. Sherwood - Foreste e alberi oggi, 135: 45-49.
- STATSOFT ITALIA 1999 - *STATISTICA per Windows [Manuale programma per computer]*. StatSoft Italia S.r.l. URL: <http://www.statsoft.com>
- WILHELM G.J. 2003 - *Qualification-grossissement: la stratégie sylvicole de Rhénanie-Palatinat*. RDV/techniques, ONF, 1: 4-9.
- WOLYNSKI A. 2005 - *I frassineti un'occasione da non perdere*. Terra trentina 7: 37-39.

Prove di piantagione di pino loricato sulla montagna della Catena Costiera calabra. Risultati dopo 27 anni

Silvano Avolio¹

Accettato il 18 ottobre 2010

Riassunto – Si riportano i risultati di prove di piantagione di pino loricato (*Pinus leucodermis* Antoine) avviate nel 1982 nella montagna della Catena Costiera calabra per verificare, a età successive, l'attitudine e il grado di affidabilità della specie alla diffusione artificiale. Il disegno sperimentale, realizzato senza ripetizioni, ha previsto tre variabili di *input*: sistema di produzione delle piantine (in fitosacco S2F2 e a radice nuda S2T2), interdistanza tra le buche sul gradone (0.5m, 1m, 1.5m), classe di altitudine (1400m, 1550m, 1700m s.l.m.). La piantagione è distribuita su tre campi permanenti ubicati alle tre quote dove, su 24 gradoni (4x3x2) lavorati a mano in estate con esclusione dei punti a roccia affiorante, sono state poste le piantine subito dopo l'apertura delle buche in autunno. Ogni area campionata è costituita da quattro gradoni contigui, per una lunghezza complessiva di 184 m. I rilievi dendrometrici sono stati eseguiti negli anni 1982-1983-1987-1994-2007-2009. L'analisi statistica è stata condotta sul campione di dati a 1, 12 e 27 anni dall'impianto per le variabili dipendenti sopravvivenza, rapporto ipsodiametrico, rapporto di rastremazione. I risultati evidenziano che: a maggior altitudine e a maggiore distanza tra le buche, il maggiore indice di sopravvivenza (95.5%) e i maggiori valori del rapporto ipsodiametrico corrispondono al sistema di produzione in fitosacco; lo stesso sistema, confrontato con il sistema a radice nuda, incide positivamente nel rapporto di rastremazione tra le piante. Nel 2009 il diametro medio è di circa 10 cm, l'altezza media 5.3 m nelle 18 aree. La fruttificazione ha avuto inizio a 16-18 anni.

Parole chiave: *pino loricato, piantagione, radice nuda, fitosacco, interdistanza, altitudine.*

Abstract – Results 3 decades after the plantation trials with palebark pine in the mountain of the coastal chain in Calabria. In Italy the palebark pine (*Pinus leucodermis* Antoine) forms natural populations present in Calabria and Lucania at the borderline between the two regions on calcareous soils and litho-soils. The surface range is about 5700 hectares, distributed in four natural groups of vegetation, two Apennine areas (Alpi, Spina -Zaccana, Pollino) and two coastal areas (Palanuda-Pellegrino, Montéa). In the mountain areas the species becomes exclusive and shows resistance to climate harshness at high elevation, ability to colonise ecologically difficult sites, aptitude and specific reliability to artificial spreading. The experimental plan, carried out without any repetition because technically unfeasible in the area, estimated three input variables: plastic bag-grown S2F2 and bare-rooted seedlings S2T2, inter-distance on the terrace (0.5m, 1m, 1.5m), elevation a.s.l. (1400m, 1550m, 1700m). 4 yrs old seedlings, one half plastic bag-grown and one half bare-rooted, were transplanted in autumn in each site on 24 terraces (4x3x2) handmade in summer. Each sampled area was made up of four adjacent terraces for an overall length of 184 m. Transplanting operations were completed in December and an enclosure was set up to protect the plantation from grazing. As a whole, the experimental areas was shaped as a rectangle. Additional terraces, carried out in the lower part, were planted with bare-rooted Austrian pine and Silver fir seedlings at an inter-distance of 1m and provided the direct comparison with the same thesis of palebark pine. Maintenance practices were undertaken in June and in July of the first and second year to eliminate weeds and shrubs along the terraces. The mensurational surveys were carried out in 1982-1983-1987-1994-2007-2009. The quite complete mortality of Austrian pine and Silver fir transplants in 1983-84 made impossible any further comparison among the species. The statistical analysis was applied at yrs 1, 12 and 27 from the plantation and concerned the following dependent variables: survival rate, height to diameter ratio, taper ratio. Over the time-intervals 1982-1983, 1982-1994, 1982-2009, results showed: (i) the higher survival rate (95.5%) and height to diameter ratio at the major elevations and at the wider interplanting distances with plastic bag-grown seedlings; (2) the same system accounted for increasing the taper ratio as compared with the bare-rooted system. Mean diameter is 9.8 cm, mean height is 5.29 m at the age of 27 in the 18 test areas. The first fruiting appeared at the age of 16-18 years.

Key words: *palebark pine, plastic bag-grown and bare-rooted seedlings, planting technique, elevation.*

F.D.C.: 232. 4: 174.7 Pinus leucodermis: 450.78

Premessa

Il pino loricato (*Pinus leucodermis* Antoine) costituisce in Italia popolamenti naturali in Calabria e Basilicata ai confini delle due regioni; si distinguono quattro gruppi naturali di vegetazione, due appenninici (Alpi-Spina-Zaccana, Pollino) e due costieri (Palanuda-Pellegrino, Montéa). La superficie dell'areale

è di circa 5700 ettari, in lenta espansione nell'ultimo cinquantennio sia in Calabria (M. La Caccia) che in Basilicata (M. La Spina). La variabilità altimetrica della specie è elevata, da 530 (Canale Cavaio del Fiume Argentino) a 2240 m (Anticima nord di Serra Dolcedorme). Nel piano montano superiore diventa esclusiva e manifesta resistenza alla rigidità del clima d'altitudine, adattabilità a condizioni edafiche

¹ CRA-SAM Unità di Ricerca per la Selvicoltura in Ambiente Mediterraneo, Cosenza silvanoavolio@alice.it

difficili, buona capacità colonizzatrice, attitudine a ricostituire aree boscate percorse dal fuoco (AVOLIO 1984,1992,1993,1996,2003).

I primi rimboschimenti di pino loricato realizzati in Italia si trovano nell'area montuosa calabrese compresa tra il gruppo costiero Palanuda-Pellegrino e quello del Pollino, a quote variabili tra 1100 e 1700 m. L'età è di circa 50 anni e gli impianti si devono all'Ispettore forestale BROGI che, a partire dal 1960, fece mettere a dimora in varie località semenzali a radice nuda di 2-3 anni prodotti nel "Vivaio Pavone" di Campotenese (Morano Calabro). La preparazione del terreno venne fatta a gradoni e/o piazzole, lavorati a mano, della larghezza di circa 80 cm. Sui gradoni, distanziati tra loro da 2 a 4 m in funzione della pendenza, furono poste le piantine, distanti mediamente 1 m, col sistema a "ciuffetti" di 2-3 semenzali per aumentare la percentuale di attecchimento. Nei primi 3-4 anni vennero eseguite cure colturali senza effettuare risarcimenti.

Verifiche condotte nel 2002 in questi popolamenti pilota hanno permesso di accertare una mortalità complessiva bassa e una vigoria vegetativa ottimale. Controlli operati nel 2007 in altre località su piantagioni più giovani di pino loricato realizzate dall'ASFD di Cosenza nel periodo 1970-90, confermano i buoni risultati dei primi impianti.

Il presente lavoro, a 27 anni dall'inizio della ricerca, costituisce il primo contributo scientifico sui risultati di prove di piantagione avviate nel 1982 dall'allora Sezione di Cosenza dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, oggi CRA-SAM, nel piano montano del

gruppo costiero Palanuda per valutare nei popolamenti, alle varie età, l'attitudine e il grado di affidabilità della specie alla diffusione artificiale con due sistemi di produzione delle piantine, fitosacco e radice nuda, su tre interdistanze tra le buche sui gradoni (0.5-1-1.5 m) e tre classi di altitudine (1400-1550-1700 m s.l.m.).

L'ambiente di studio

I campi sperimentali (Figure 1 e 2), ricadono nel gruppo costiero Palanuda, bacini idrografici Grondo e Rossale, località Campolongo, Caramolo e Scifarello del Comune di Saracena (CS), su terreni ex ASFD oggi di proprietà della Regione Calabria gestiti dall'AFOR. La quota varia da 1380 a 1680 m. Le coordinate geografiche sono: 39°46'53"N (Campolongo), 39°48'18"N (Scifarello), 3°37'21"E (Scifarello) e 3°37'51"E (Caramolo). L'esposizione prevalente è S-SO, la giacitura di pendio (40-60%), le condizioni di viabilità interna alle aree da buone a discrete.

Il clima

Si riportano in Tabella 1 i dati medi mensili ed annuali di temperatura (periodo 2002-2009) e di piovosità (1982-2009) della Stazione termopluviometrica di Campotenese, posta a 965 m s.l.m., distante in linea d'aria direzione Nord 6-9 km dai campi sperimentali (ARPACAL 2009). Dal riscontro dei valori generali il clima è di tipo mediterraneo submontano, con inverni temperati e piovosi ed estati calde e siccitose.

I tre campi sperimentali ricadono nella zona del

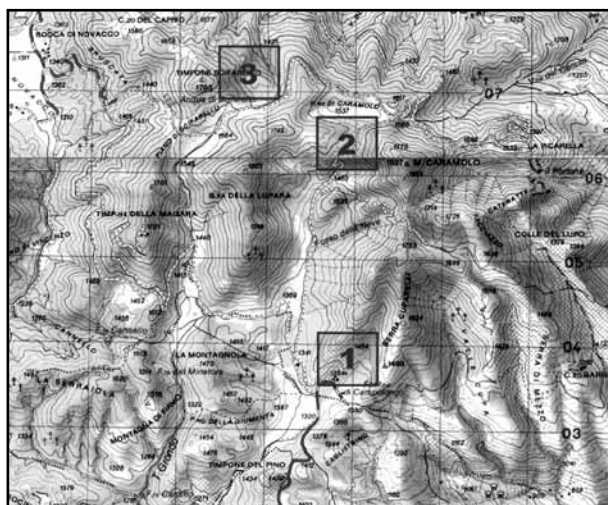


Fig. 1 - Prove di piantagione di pino loricato. Localizzazione dei campi sperimentali.

Trials of plantation with palebark pine. Location of the test areas.

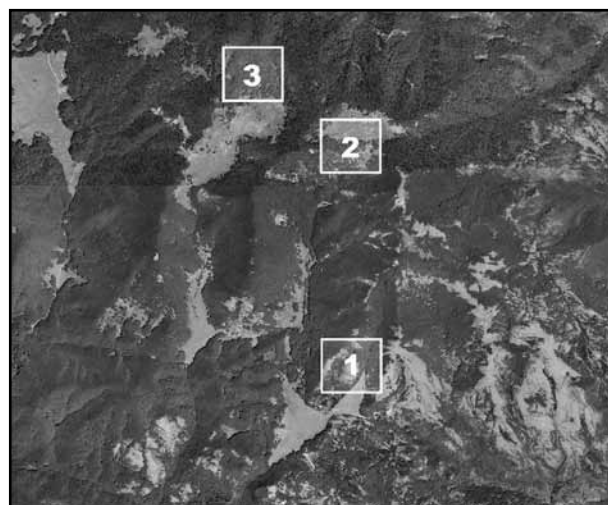


Fig. 2 - Veduta aerea del 1997.

Aerial view 1997.

Tab. 1 - Stazione di Campotenese (965 m s.l.m.). Dati medi mensili e annuali di temperatura (2002-2009) e di piovosità (1982-2009).
Campotenese (965 m a.s.l.). Average monthly and annual temperature (2002-2009) and rainfall (1982-2009).

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Temperatura (°C)	0.9	1.6	3.6	6.5	12.3	16.2	18.6	18.6	13.0	10.5	6.1	2.5	9.2
Precipitazioni (mm)	155.3	131.6	127.8	114.0	73.5	42.3	39.3	36.9	95.5	118.3	205.8	186.9	1172.3

Fagetum, con transizione dalla sottozona calda di Campolongo a quella fredda di Scifarello. Secondo THORNTWHAITE e MATHER (1957) si caratterizzano per la presenza di *clima umido*, di *tipo periumido*, a deficienza idrica nulla o molto piccola, a *primo mesotermico* di evapotraspirazione. Secondo RIVAS e MARTINEZ (1993) i siti di indagine e i rilievi montuosi circostanti fino al limite della faggeta rientrano nel bioclina *temperato oceanico-fascia sopramediterranea superiore*.

I suoli

Secondo la monografia "I suoli della Calabria" (ARSSA, 2003) i campi sperimentali ricadono nella Regione Suolo - *Soil Region 59.7* [Massiccio del Pollino], nella Provincia Pedologica - *Soil Sub Region 14* [Rilievi montuosi del Pollino a quote maggiori di 800 m s.l.m.], nel *Sistema Pedologico Altopiano* - Unità Cartografica 14.1 [Pianori carsici e aree sommitali]. Fanno parte delle delineazioni dell'Unità anche gli estesi Piani di Novacco e di Campotenese, quelli a minore ampiezza di Campolongo, Caramolo e Scifarello e le aree a pendenza lieve o forte dei rilievi montuosi vicini.

Nelle tre aree la morfologia è moderatamente acclive, con substrato costituito da rocce calcaree del Mesozoico. I suoli sono a diffuso e visivo contatto litologico, con presenza di punti a roccia affiorante e massi instabili di dimensioni varie. I terreni poggiano direttamente sulla roccia madre, sono soffici e a orizzonte superficiale diffuso, di colore bruno scuro, ricchi di sostanza organica; più in generale risultano permeabili, del tipo rendzina, con humus a xeromoder, profilo A-C, tessitura equilibrata, pH alcalino. Secondo BILLAUX (1978) i suoli a 50 cm di profondità presentano un regime di umidità di tipo udico e di temperatura di tipo mesico. Per le limitazioni dovute anche al clima di montagna, l'uso dei suoli ricadenti in zona A del Parco Nazionale del Pollino è legato alla destinazione conservativa dei boschi di latifoglie e/o conifere, di grande pregio fitogeografico, naturalistico e paesaggistico.

La vegetazione forestale

E' quella tipica del piano montano inferiore del gruppo costiero Palanuda-Pellegrino, caratterizzata

dalla foresta mesofila. Alle formazioni di ontano napoletano (*Alnus cordata* Desf.), di cerro (*Quercus cerris* L.) e/o miste di latifoglie e di conifere delle quote inferiori succedono quelle di faggio (*Fagus sylvatica* L.), che presentano scarso corteggio floristico erbaceo, con esclusività di campanula a calice peloso (*Asyneum trichocalycinae-Fagetum*). Al faggio, che ritroviamo fino in cresta, si associano sporadicamente o marginalmente piante o gruppi di acero napoletano (*Acer opalifolium* Mill.), farinaccio (*Sorbus aria* Ehrh.), carpino bianco (*Carpinus betulus* L.), frassino maggiore (*Fraxinus excelsior* L.), agrifoglio (*Ilex aquifolium* L.), abete bianco (*Abies alba* Miller), tasso (*Taxus baccata* L.), acero montano (*Acer pseudoplatanus* Mill.), tiglio (*Tilia cordata* L.), maggiociondolo (*Laburnum anagyroides* L.) e, tra le rocce assolate, pulvini di ginepro (*Juniperus communis* L.). Al di sopra della faggeta, su aree aperte e a litologie affioranti, si rinvencono le steppe mediterraneo-montane a camefite spinose, alternate a pascoli aridi di *Sesleria apennina*, *Festuca bosniaca*, *Bromus caprinus* (AVENA e BRUNO 1975; BERNARDO 1995; GARGANO e BERNARDO 1998).

I popolamenti di pino loricato si presentano sparsi e/o frazionati in aree poco estese. Lo stato vegetativo delle piante è buono e rimarchevole risulta la capacità di adattamento della specie all'ambiente costiero submontano e montano nel quale, alle quote alte e sui costoni impervi e rocciosi, diventa esclusiva e si caratterizza per la presenza di formazioni rade e di piante plurisecolari a fusto verticale e corazzato, a chioma bassa e contorta, esenti da attacchi parassitari (MASUTTI 1968; ROMANO e TRANFAGLIA 2003).

Nei versanti caldi dei torrenti Argentino, Garga e Grondo vegetano anche piante di pino nero (*Pinus nigra* Arn.) - segnalate da Giacobbe nel 1933 e confermate da BONIN e PENNACCHINI (1975), PIGNATTI S. 1998, MERCURIO *et al.* 2007) - da riferire probabilmente a un ecotipo edafico del *Pinus laricio* Poiret, specie diffusa in Calabria sui monti della Sila, adattato da tempo nel piano pedemontano della Catena Costiera a convivere insieme al pino loricato su suoli e/o litosuoli di derivazione calcarea (PENNACCHINI 1965; AVOLIO e BERTI 1987).

Materiali e metodi

Nelle prove di piantagione avviate nel 1982 vengono utilizzate piantine di pino loricato, prodotte nel vivaio forestale Tardo di Campotenese con seme raccolto a Valle Torta (Morano C.). Nella primavera dello stesso anno, in direzione Est da Piano di Novacco, su livelli di quota crescenti (1380, 1550 e 1680 m) e in condizioni stazionali analoghe, sono individuate a Campolongo, Caramolo e Scifarello di Saracena tre aree aperte rispondenti allo scopo.

Il disegno sperimentale prevede tre variabili di *input*: sistema di produzione piantine (in fitosacco S2F2 e a radice nuda S2T2); interdistanza tra le buche sul gradone (0.5 m, 1.0 m, 1.5 m); classe di altitudine (1400 m, 1550 m, 1700 m s.l.m.). Le tesi verificate sono 18, compresa quella di riferimento S2T2-1,0m-1400m, che rappresenta la soluzione tecnica prevista e adottata dal CFS negli anni 1960-70 sulla Catena Costiera nei rimboschimenti con impiego di conifere.

Nell'autunno del 1982, in ogni campo, su gradoni interdistanti 1.5 m di lunghezza 46 m e larghezza media 1 m, lavorati a mano in estate con esclusione dei punti a roccia affiorante e dei grossi massi presenti (Foto 1, 2, 3), vengono poste nelle buche trapianti (N1) di pino loricato di 4 anni per complessivi 24 (2x3x4) gradoni: 12 in fitosacco, 12 a radice nuda. Per entrambi i sistemi l'interdistanza tra le piantine sul gradone è di 0.5 m, 1 m e 1.5 m, per cui ogni area campionata è costituita da 4 gradoni contigui per una lunghezza complessiva di 184 ml. Le aree realizzate sono 6: 3 per la messa a dimora dei trapianti in fitosacco, 3 per quella dei trapianti a radice nuda; la lunghezza totale dei gradoni di 1104 ml. Complessivamente le aree dei campi sono 18, distinte in A₁-A₂-A₃-A₄-A₅-A₆ a 1400 m, A₇-A₈-A₉-A₁₀-A₁₁-A₁₂ a 1550 m, A₁₃-A₁₄-A₁₅-A₁₆-A₁₇-A₁₈ a 1700 m); il numero di gradoni 72: 36 in fitosacco e 36 a radice nuda, per una lunghezza di 3312 ml. La forma dei campi è rettangolare, la superficie variabile perché servono anche alla collocazione, su gradoni aggiuntivi realizzati nella parte inferiore, di trapianti a radice nuda di pino laricio e di abete bianco a interdistanza 1 m per una comparazione diretta *in situ* con quelli di pino loricato di pari tesi.

Nel 1983, 1987 (Foto 4), 1994 (Foto 5, 6, 7), 2007 e 2009 (Foto 8, 9, 10) nelle aree sono condotte misurazioni dendrometriche su tutte le piante vive (N2) per determinare i dati medi delle variabili dipendenti oggetto di analisi e/o valutazioni: (i) *sopravvivenza*,



1. 2. 3. - I campi sperimentali di Campolongo (1), Caramolo (2) e Scifarello (3), novembre 1982.
The test areas of Campolongo (1), Caramolo (2) and Scifarello (3), November 1982.



4. - Rilievi dendrometrici in un'area sperimentale nel 1987.
Mensurational surveys in a test area (1987).

rappresentata dal rapporto fra le piante vive presenti nell'anno di controllo (N2) e quelle messe a dimora nel 1982 (N1), con qualificazione delle classi risultanti in ottima (91-100%), buona (71-90%), media (51-70%), sufficiente (31-50%), scarsa (11-30%); (ii) *diametro medio alla base dei fusti* (dg1); (iii) *diametro medio a 1.3 m da terra* (dg2); (iv) *altezza media* (h); (v) *rapporto ipsodiametrico alla base* (h/dg1); (vi) *rapporto ipsodiametrico a 1.3 m* (h/dg2); (vii) *rapporto di rastremazione* (dg2/dg1).

La misurazione dei diametri o delle circonferenze è condotta con calibro o nastro metrico metallico alla base dei fusti e, nel 2007 e 2009, anche a petto d'uomo; le altezze sono rilevate con canne metriche allungabili. I dati rilevati nelle singole aree sono stati sottoposti ad analisi statistica per le variabili dipendenti *sopravvivenza*, *rapporto ipsodiametrico alla base*, *rapporto ipsodiametrico a 1.3 m* e *rapporto di rastremazione*.

I periodi analizzati sono: 1982-1983, 1982-1994 e 1982-2009: a 1, 12 e 27 anni dalla piantagione. Le elaborazioni sono state effettuate con il software Statistica 7.0 © di StatSoft. Per tenere conto dell'effetto congiunto di più di una variabile esplicativa, l'analisi è stata condotta con il modello di regressione multipla. La relazione di dipendenza lineare della variabile generica Y dai regressori X_1 (sistema di produzione piantine), X_2 (interdistanza tra le buche), X_3 (classe di altitudine) è formalizzabile in: $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \varepsilon_i$ dove: β_0 = intercetta; β_1 = inclinazione di Y rispetto alla variabile X_1 tenendo costanti le variabili X_2, X_3 ; β_2 = inclinazione di Y rispetto alla variabile X_2 tenendo costanti le variabili X_1, X_3 ; β_3 = inclinazione di



5.6.7. - I campi sperimentali di Campolongo (1), Caramolo (2) e Scifarello (3), ottobre 1994.
The test areas of Campolongo (1), Caramolo (2) and Scifarello (3), October 1994.



8.9.10. - I campi sperimentali di Campolongo (1), Caramolo (2) e Scifarello (3), giugno 2010.
The test areas of Campolongo (1), Caramolo (2) and Scifarello (3), June 2010.

Tab. 2 - Numero piante e sopravvivenza nel sistema in fitosacco e a radice nuda negli anni di rilievo.
Tree number and survival rate of plastic bag-grown and bare-rooted seedlings at the yrs of survey.

Anno	N1			FI	N2			N2/N1x100		
	FI	RN	TOT		FI	RN	TOT	FI	RN	TOT
1982	1645	1825	3470							
1983				1643	1338	2981		99.9	73.3	85.9
1987				1400	1021	2421		85.1	55.9	69.8
1994				1376	989	2365		83.6	54.2	68.2
2007				1339	970	2309		81.4	53.2	66.5
2009				1314	943	2257		79.9	51.7	65.0

N1= Pianta messe a dimora; N2= Pianta vive negli anni di controllo;
N2/N1x100 = Sopravvivenza

Y rispetto alla variabile X_3 tenendo costanti le variabili X_1, X_2 ; ε_i = errore in corrispondenza dell'osservazione (ε_i è una variabile casuale che esprime la variabilità di Y non spiegata dalla relazione lineare con i regressori).

Risultati

Controlli in campo

Nell'autunno del 1982 (Tabella 2) i trapianti di pino loricato messi a dimora sono 3470, in fitosacco 1645, a radice nuda 1825; quelli a radice nuda di pino laricio e di abete bianco risultano 530 per specie, distribuiti su dodici gradoni. Nel 1983 la sopravvivenza complessiva del pino loricato è 85.9%, mentre per il pino laricio e l'abete bianco si riscontra una mortalità elevata, che diventa quasi totale l'anno successivo. Nel 1987 la sopravvivenza scende a 69.8%, inferiore di circa 16 punti a quella di quattro anni prima; lo stato vegetativo delle piante è buono, con riscontro anticipato del caratteristico assetto conico della chioma nel sistema con impiego di fitosacco. Nel 1994 la sopravvivenza si riduce di poco (1.6%) e le piante presentano un ottimo stato vegetativo, con sviluppo rigoglioso delle piante nel sistema di allevamento in fitosacco anche a Scifarello. Nel 2000 in alcune aree di Campolongo e Caramolo compaiono sulle piante i primi strobili. Nel 2007 la sopravvivenza si riduce ancora di poco (1.7%); sui gradoni dei tre campi la presenza di rami secchi intrecciati di pino loricato ha reso necessario, prima delle misurazioni, un intervento di potatura secca fino ad altezza d'uomo; nel campo di Scifarello, ai lati dei primi 8-10 gradoni posti in alto, la chioma dell'orlo marginale della preesistente faggeta influenza da più anni negativamente le piante di loricato poste nelle vicinanze, che presentano chiome ridotte e fusti sottili e curvati. Nel 2009 le piante vive risultano 2257 (65%): 1314 in fitosacco (sopravvivenza 79.9%), 943 a radice nuda (51.7%); lo stato vegetativo continua ad essere buono, in particolare nei campi di Caramolo e di Scifarello, anche se in quest'ultimo nella parte mediana e alta aumenta lo stato di sofferenza delle piante di pino loricato poste al di sotto o in prossimità di quelle di faggio.

Analisi statistiche

Si riferiscono alle variabili dipendenti considerate e ai valori medi delle misurazioni eseguite sulle piante nel 1983, 1994 e 2009 (Tabella 3).

Tab. 3 - Principali parametri dendrometrici rilevati negli anni di controllo.
Summary of mensurational parameters at the yrs of survey.

1400 m																		
Fitosacco										Radice nuda								
anno rilievo anni	0.5 m (A1)			1.0 m (A2)			1.5 m (A3)			0.5 m (A4)			1.0 m (A5)			1.5 m (A6)		
	N1	N2	dg1 dg2 h	N1	N2	dg1 dg2 h	N1	N2	dg1 dg2 h	N1	N2	dg1 dg2 h	N1	N2	dg1 dg2 h	N1	N2	dg1 dg2 h
1982	288		0.7 0.09	173		0.7 0.09	116		0.7 0.09	338		0.7 0.09	176		0.6 0.08	105		0.6 0.09
1983	1	286	1.0 0.15	173	1.0	0.16	116	1.0	0.15	227	1.0	0.14	130	1.0	0.16	55	1.0	0.14
1987	5	133	3.6 0.53	109	3.5	0.56	105	3.6	0.56	177	3.3	0.37	74	2.9	0.37	39	3.0	0.37
1994	12	128	7.5 1.72	109	7.2	1.88	105	7.4	1.80	162	6.7	1.45	72	5.8	1.38	36	6.0	1.32
2007	25	128	13.7 9.5 5.18	109	15.4	11.0 5.93	102	16.2	12 5.99	161	12.9	9.0 5.06	71	16.2	10.9 5.21	36	18.1	11.8 5.36
2009	27	126	14.9 10.8 5.73	109	16.7	12.2 6.43	102	17.6	13.0 6.54	157	14.0	9.9 5.51	70	17.4	12.1 5.71	36	19.4	13.1 5.91
1500 m																		
Fitosacco										Radice nuda								
anno rilievo anni	0.5 m (A7)			1.0 m (A8)			1.5 m (A9)			0.5 m (A10)			1.0 m (A11)			1.5 m (A12)		
	N1	N2	dg1 dg2 h	N1	N2	dg1 dg2 h	N1	N2	dg1 dg2 h	N1	N2	dg1 dg2 h	N1	N2	dg1 dg2 h	N1	N2	dg1 dg2 h
1982	346		0.7 0.09	176		0.7 0.09	120		0.7 0.09	324		0.6 0.1	170		0.6 0.09	115		0.7 0.09
1983	1	346	1.3 0.2	176	1.3	0.20	120	1.3	0.19	296	1.2	0.1	159	1.2	0.14	101	1.1	0.12
1987	5	336	3.8 0.5	171	3.8	0.54	120	3.5	0.49	210	3.7	0.3	109	3.3	0.33	90	2.6	0.34
1994	12	327	7.3 1.6	170	7.9	1.66	112	6.9	1.60	210	7.3	1.2	106	6.5	1.20	89	6.2	1.15
2007	25	318	10 7.5 4.6	165	13	9.1 5.29	112	14	9.8 6.13	210	12	8.0 4.5	104	14	9.5 4.69	87	12	8.2 3.51
2009	27	310	12 7.9 5	161	14	9.7 5.68	112	15	11 6.44	200	13.0	8.9 4.90	103	16	11 5.09	85	14	9.2 3.94
1700 m																		
Fitosacco										Radice nuda								
anno rilievo anni	0.5 m (A13)			1.0 m (A14)			1.5 m (A15)			0.5 m (A16)			1.0 m (A17)			1.5 m (A18)		
	N1	N2	dg1 dg2 h	N1	N2	dg1 dg2 h	N1	N2	dg1 dg2 h	N1	N2	dg1 dg2 h	N1	N2	dg1 dg2 h	N1	N2	dg1 dg2 h
1982	218		0.7 0.09	119		0.7 0.09	89		0.7 0.09	323		0.6 0.09	173		0.6 0.09	101		0.6 0.09
1983	1	218	1.3 0.18	119	1.4	0.19	89	1.4	0.12	165	1.1	0.14	124	1.3	0.17	81	1.3	0.15
1987	5	218	3.8 0.48	119	3.8	0.54	89	3.5	0.47	150	3.5	0.26	100	3.6	0.26	72	3.8	0.23
1994	12	217	6.1 1.80	119	7.5	1.94	89	7.5	1.80	147	6.1	1.31	98	5.4	1.04	69	5.7	0.96
2007	25	206	7.8 5.7 4.21	114	11	7.3 4.95	85	11	78 4.76	141	10	6.5 3.86	94	12	8.2 4.84	66	12	7.1 3.58
2009	27	198	10 6.4 4.60	111	12	8.2 5.32	85	13	8.9 5.08	134	11	7.3 4.18	93	13	9.1 5.16	65	13	7.8 4.01

N1 = Pianta messe a dimora; N2 = Pianta vive negli anni di controllo; dg1 = Diametro medio alla base dei fusti; dg2 = Diametro medio a 1.3 m da terra; h = Altezza media

N1 = Pianta messe a dimora; N2 = Pianta vive negli anni di controllo; dg1 = Diametro medio alla base dei fusti; dg2 = Diametro medio a 1.3 m da terra; h = Altezza media

Sopravvivenza

A 1 anno dalla piantagione (Tabella 4), il rapporto N2/N1 nelle aree con impiego di piantine in fitosacco è uguale al 99.9% (1643/1645), con variazione compresa tra 99.3% e 100% e riscontro della classe ottima; in quelle a radice nuda è uguale al 73.3% (1338/1825), con variazione compresa tra 51.1% e 93.5% e classi media (3 aree), buona (4), ottima (2). Nel periodo 1982-1983, su un numero di 18 osservazioni, il valore medio dell'indice di sopravvivenza è 0.871, con deviazione standard di 0.1698; la forma funzionale del modello è $Y = 0.763913 + 0.442257X_1 + 0.47412X_2 - 0.775132X_3$.

A 12 anni nelle aree con uso di piantine in fitosacco il rapporto è pari a 83.6% (1376/1645), con variazione compresa tra 44.4% e 100% (A15) e classi sufficiente (1), media (1), ottima (7); in quelle a radice nuda 54.2% (1989/1825), con variazione compresa tra 34.3% e 77.4% e classi sufficiente (4), media (4), buona (1). Nel periodo 1982-1994 il valore medio dell'indice di sopravvivenza è 0.711, la deviazione standard 0.2321; la forma funzionale del modello è $Y = -0.683070 + 0.449308X_1 + 0.202427X_2 - 0.699066X_3$.

A 27 anni nelle aree con piantine in fitosacco il rapporto è del 79.9% (1314/1645), con variazione compresa tra 43.8% e 95.5% e classi sufficiente (1), media (1), buona (2), ottima (5); in quelle a radice nuda 51.7% (943/1825), con variazione compresa tra 34.3% e 73.9% e classi sufficiente (4), media (4), buona (1).

Nel periodo 1982-2009 il valore medio dell'indice di sopravvivenza è 0.681, con deviazione standard 0.2174; la forma funzionale del modello è $Y = -0.361819 + 0.399448X_1 + 0.2043154X_2 - 0.716301X_3$.

Le sole variabili esplicative *sistema di produzione* piantine e *classe di altitudine* risultano significative al livello del 95%, eccetto per le analisi condotte nel breve periodo (1982-83).

Rapporto ipsodiametrico

Dopo 1 anno dalla piantagione il rapporto h/dg1 nelle aree con impiego di piantine in fitosacco è risultato mediamente 14.2 (0.17/1.2x100), con variazione compresa tra 8.6 e 16.0; in quelle a radice nuda 12.7 (0.14/1.1x100), con variazione compresa tra 9.2 e 16.0. Nel periodo 1982-1983 il valore medio del rapporto ipsodiametrico è 0.133, con deviazione standard 0.0218; la forma funzionale del modello è $Y = 0.284562 - 0.535225X_1 - 0.151596X_2 - 0.354498X_3$.

A 12 anni nelle aree con piantine in fitosacco il rapporto è 24.1 (1.76/7.3x100), con variazione compresa tra 21.0 e 29.5; in quelle a radice nuda 19.8 (1.23/6.2x100), con variazione compresa tra 16.6 e 23.8. Nel periodo 1982-1994 il valore medio è 0.221, con deviazione standard 0.0336; la forma funzionale del modello è $Y = 0.286073 - 0.080168X_1 - 0.115706X_2 - 0.691210X_3$.

A 27 anni nelle aree con impiego di piantine in

Tab. 4 - Sopravvivenza, rapporto ipsodiametrico e rapporto di rastremazione misurati nel 1983, 1994 e 2009.
Survival rate, height to diameter ratio and taper ratio measured in 1983, 1994 and 2009.

Tipologia trapianti	Interdistanza sul gradone	Quota s.l.m.	Area	Sopravvivenza (N2/N1x100)			Rapporto ipsodiametrico (h/dg1x100)			R. rastrem. (dg2/dg1)	
				1983	1994	2009	1983	1994	2009	(h/dg2x100) 2009	(dg2/dg1) 2009
Fitosacco	0.5 m	1400 m	A1	99.3	44.4	43.8	15.0	22.9	38.5	53.1	0.72
		1550 m	A7	100.0	94.5	89.6	14.6	22.3	42.4	62.8	0.68
		1700 m	A13	100.0	99.5	90.8	13.8	29.5	44.7	71.9	0.62
	1.0 m	1400 m	A2	100.0	63.0	63.0	16.0	26.1	38.5	52.7	0.73
		1550 m	A8	100.0	96.6	91.5	15.4	21.0	40.9	58.6	0.70
		1700 m	A14	100.0	100.0	93.3	13.6	25.9	43.6	64.9	0.67
	1.5 m	1400 m	A3	100.0	90.5	87.9	15.0	24.3	37.2	50.3	0.74
		1550 m	A9	100.0	93.3	93.3	14.6	23.2	42.1	59.6	0.71
		1700 m	A15	100.0	100.0	95.5	8.6	24.0	40.6	57.1	0.71
			media	99.9	83.6	79.9	14.2	24.1	40.6	57.6	0.71
Radice nuda	0.5 m	1400 m	A4	67.2	47.9	46.4	14.0	21.6	39.4	55.7	0.71
		1550 m	A10	91.4	64.8	61.7	9.2	16.6	37.7	55.1	0.68
		1700 m	A16	51.1	45.5	41.5	12.7	21.5	37.0	57.3	0.65
	1.0 m	1400 m	A5	73.9	40.9	39.8	16.0	23.8	32.8	47.2	0.70
		1550 m	A11	93.5	62.4	60.6	11.7	18.5	32.6	48.5	0.67
		1700 m	A17	71.7	56.6	53.8	13.1	19.3	40.0	56.7	0.71
	1.5 m	1400 m	A6	52.4	34.3	34.3	14.0	22.0	30.5	45.1	0.68
		1550 m	A12	87.8	77.4	73.9	10.9	18.5	29.2	42.8	0.68
		1700 m	A18	80.2	68.3	64.4	11.5	16.8	30.2	51.4	0.59
			media	73.3	54.2	51.7	12.7	19.8	34.0	50.3	0.68

N1 = Pianta messe a dimora; N2 = Pianta vive negli anni di controllo; dg1 = Diametro medio alla base dei fusti; dg2 = Diametro medio a 1.3 m da terra; h = Altezza media

fitosacco i rapporti $h/dg1$ e $h/dg2$ sono in media rispettivamente 40.6 (5.64/13.9x100) e 57.6 (5.64/9.8x100), con variazione compresa tra 37.2 e 44.7 nel primo, tra 50.3 e 71.9 nel secondo; in quelle a radice nuda 34.0 (4.93/14.5x100) e 50.3 (4.93/9.8x100), con variazione compresa tra 29.2 e 40.0 nel primo, tra 42.8 e 57.3 nel secondo. Nel periodo 1982-2009 il valore medio di $h/dg1$ è 0.376, con deviazione standard 0.0476 e forma funzionale del modello $Y = 0.292939 + 0.283939X_1 - 0.439467X_2 - 0.710056X_3$; quello di $h/dg2$ è 0.550, con deviazione standard di 0.0721 e forma funzionale del modello $Y = 0.196931 + 0.535956X_1 - 0.479087X_2 - 0.564514X_3$.

Tutte le variabili esplicative risultano significative al livello del 95%.

Rapporto di rastremazione

E' riferito al 2009, perché soltanto dal 2007 le piante raggiungono livelli di altezza tali da consentire la misurazione del diametro anche a 1.3 m. Dopo 27 anni il valore medio $dg2/dg1$ nelle 18 aree sperimentali è 0.69, uguale a quello del 2007. Nelle aree con impiego di piantine in fitosacco il rapporto è 0.71, con variazione compresa tra 0.62 e 0.74; in quelle a radice nuda è 0.68, con variazione compresa tra 0.59 e 0.71. L'analisi statistica registra un valore medio di 0.685, con deviazione standard di 0.03; la forma funzionale del modello è $Y = 0.973644 - 0.603563X_1 + 0.074511X_2 - 0.335454X_3$.

La sola variabile *classe di altitudine* è significativa (95%).

Altri elementi dendrometrici

Diametro medio

A 27 anni nelle aree con impiego di trapianti in fitosacco il diametro medio alla base dei fusti ($dg1$) è pari a 13.9 cm, con variazione compresa tra 10.3 e 17.6 cm; in quelle a radice nuda 14.5 cm, con variazione da 11.3 a 19.4 cm.

Alla stessa età il diametro medio dei fusti a 1.3 m da terra ($dg2$) è 9.8 cm, tanto in quelle con impiego di trapianti in fitosacco (variazione 6.4-13.0 cm) quanto in quelle a radice nuda (variazione 7.3-13.1 cm).

Nei due sistemi di piantagione dal riscontro di 2257 misurazioni la distribuzione del numero di piante per classi di diametro di 3 cm a 1.3 m (Figura 3) comprende sette classi, da 4 a 22 cm. Il massimo è presente a 10 cm (33.5%); buona la presenza di soggetti nella classe 7 cm (29.3%); media nella classe 4 cm (16.3%) e 13 cm (15.5%); scarsa nelle classi 16 (4.4%), 19 (0.8%) e 22

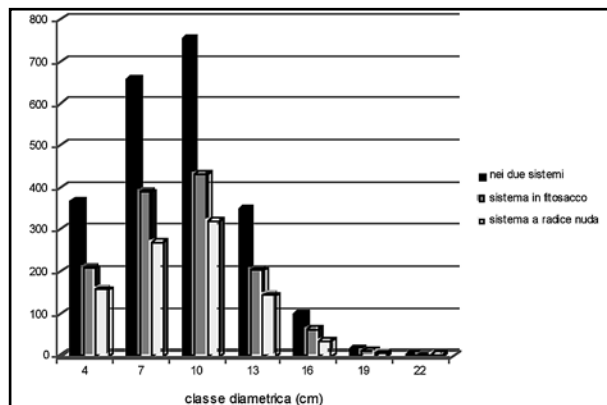


Fig. 3 - Distribuzione delle piante per classi di diametro al 2009, a 27 anni dalla piantagione.
Tree distribution per dbh classes at 2009, 27 yrs after planting.

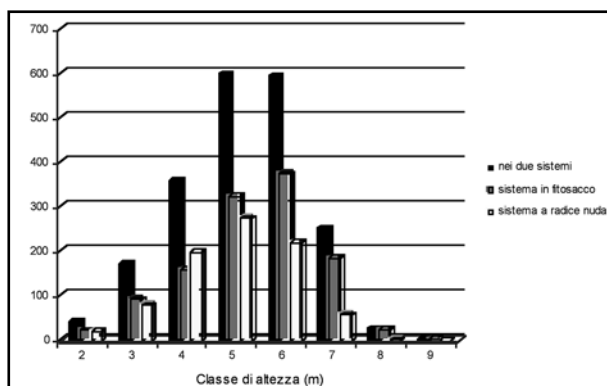


Fig. 4 - Distribuzione delle piante in classi di altezza al 2009, a 27 anni dalla piantagione.
Tree distribution per height classes at 2009, 27 yrs after planting.

cm (0.2%) e quasi esclusivamente nelle aree a 1400 m, in prevalenza nel sistema in fitosacco e alle distanze maggiori.

Altezza media

A 27 anni l'altezza media delle piante è di 5.29 m: nelle aree con impiego di trapianti in fitosacco è di 5.64 m, con variazione compresa tra 4.60 e 6.54 m; in quelle a radice nuda è di 4.93 m, con variazione da 3.94 a 5.91 m.

Nei due sistemi su 2054 misurazioni la distribuzione del numero di piante per classi di altezza di 1 m (Figura 4) comprende otto classi, da 2 a 9 m. Il massimo è presente a 5 m (29.3%) e 6 m (29.0%); da buona a sufficiente la presenza di soggetti afferenti alla classe 4 m (17.5%) e 7 m (12.3%); scarsi gli individui delle classi 2 m (2.0%) e 8 m (1.3%); poco rappresentate le piante della classe 9 m (0.2%), riscontrate soltanto a 1400 m nel sistema $F_{1.0m}$ e $F_{1.5m}$.

Discussione

Per quanto attiene la *sopravvivenza*, l'indice medio complessivo di 65.0% conseguito dalla specie nel 2009 nelle 18 aree sperimentali è da valutare in senso positivo attesi il particolare e difficile contesto ambientale dove sono state realizzate le prove e gli anni intercorsi. Il sistema di produzione in fitosacco ha consentito mediamente di mantenere in vita 4 piante su 5, quello a radice nuda poco più della metà.

Il valore complessivo di sopravvivenza confrontato con quello riportato da AVOLIO e BERNARDINI (1997), relativo a 12 aree realizzate in rimboschimenti di pino laricio di 27 anni non ancora diradati, posti a 1150 m di quota nella Sila di Cosenza su terreni ex coltivi, media di 83.6%, evidenzia l'ottima *performance* del pino loricato in ambienti difficili - e per certi versi anche ostili al recupero forestale - rispetto al pino laricio utilizzato a quote inferiori e in ambiti orografici, climatici e pedologici migliori.

L'analisi statistica rileva che a quota e interdistanza maggiori i migliori indici corrispondono al sistema di allevamento in fitosacco. Tra i regressori, il sistema di produzione delle piantine ha un effetto preponderante rispetto agli altri sul valore dell'indice stesso.

Per quanto riguarda la stabilità meccanica delle piante all'azione del vento, della neve o della risultante dei due fattori meteorici (LA MARCA 1983), il valore medio del *rapporto ipsodiametrico* di 55.0, (57.6-fitosacco; 51.1-radice nuda) riferito al 2009 rappresenta un'ottima risposta fenotipica e del portamento del fusto e della chioma del pino loricato alle sollecitazioni meteoriche, in particolare al vento. Il valore del rapporto è di diversi punti inferiore a quello medio (70.9) determinato da AVOLIO e BERNARDINI (*op. cit.*) in Sila nei popolamenti di pino laricio; a quello medio (80.0) riportato da CANTIANI *et al.* (2005) per rimboschimenti di pino nero di 31 anni in Umbria a 1000-1100 m di altitudine; alla soglia critica di 75-80 oltre la quale aumenta considerevolmente il rischio di instabilità in soprassuoli di conifere di origine artificiale (LA MARCA 1984a,b e LA MARCA *et al.* 1993).

Lo studio dei coefficienti di regressione ha evidenziato che, a minore altitudine e minore interdistanza tra le buche, al sistema di produzione in fitosacco corrispondono valori maggiori del rapporto, anche se i dati relativi al periodo 1982-2009 sembrano invertire la relazione tra quota di piantagione e rapporto stesso. Il sistema di produzione delle piantine risulta

il fattore più importante nella stima del rapporto ipsodiametrico.

Per quanto riguarda la *rastremazione* dei fusti, altro indicatore di stabilità dei popolamenti se abbinato alla equilibrata conformazione della chioma (sviluppo, altezza, profondità), il valore medio del rapporto pari a 0.69 (0.71-fitosacco, 0.68-radice nuda) riscontrato a 27 anni dalla piantagione, attesta la particolare resistenza della specie all'azione incessante del vento e, in inverno, alle frequenti gelate superficiali notturne dei suoli. Il valore è circa uguale a quello del 2007.

L'analisi statistica evidenzia che la maggiore altitudine e il sistema di produzione a radice nuda producono un incremento del rapporto, mentre la minore interdistanza tra le buche induce gli effetti migliori. La classe di altitudine e il sistema di produzione delle piantine risultano i fattori più importanti nella stima dell'indice di rastremazione.

Per il *diametro medio* e l'*altezza media*, i migliori esiti nel 2009, anche alle alte quote, si sono registrati sui gradoni in cui è stato fatto uso di postime allevato in fitosacco in misura proporzionale all'aumento dell'interdistanza tra le buche. I valori medi (9.8 cm per il diametro a 1.3 m, 5.29 m per l'altezza), anche se possono sembrare modesti confermano per la specie il lento accrescimento in contesti ambientali difficili, ma anche la capacità di fronteggiare con successo la povertà edafica dei substrati rocciosi affioranti e la rigidità dei fattori climatici che caratterizzano il piano montano della Catena Costiera calabra. Le piante a 27 anni di età sono normalmente robuste, in buono-ottimo stato vegetativo, stabili e bene ancorate al suolo, armoniche nelle dimensioni ipsodiametriche, con chiome dense e coniche.

La specie conferma di adattarsi subito e durevolmente agli ambienti montani, ma di aver necessità di tempi lunghi e di sottostare a dinamiche evolutive ancora poco note per affermarsi e consolidarsi stabilmente. Il pino loricato dimostra affidabilità per il rimboschimento, in accordo con quanto riportato da altri Autori (LONGHI 1956; JEDLOWSKI 1959; PETILLO 1990; BERNETTI 1995; GUERRIERI *et al.* 2008) e in linea seppure parzialmente con BONELLI (senza data).

Conclusioni

A distanza di circa 50 anni dai primi impianti pilota del Corpo Forestale dello Stato e a 27 anni dall'avvio della sperimentazione, il pino loricato conferma anche

in formazioni artificiali e in stazioni ostili al recupero arboreo le peculiari e riconosciute doti della specie: frugalità, temperamento, portamento. La specie garantisce nel breve periodo un pronto attecchimento e una buona copertura del suolo, in quello medio e lungo la presenza di soprassuoli in ottimo stato vegetativo, veri e propri potenziali “centri di diffusione”.

Oggi, terminata da tempo la fase di rimboschimento che ha portato nel piano montano tra Calabria e Basilicata alla realizzazione di diverse centinaia di ettari con pino nero d'Austria, si presentano per il pino loricato maggiori possibilità d'impiego, anche attraverso l'ampliamento delle formazioni naturali e artificiali della conifera indigena esistenti.

Nei confronti del pino nero d'Austria, il pino loricato offre i seguenti vantaggi: (i) si dimostra più plastico, termofilo e xerofilo, anche se inizialmente ad accrescimento più lento; (ii) presenta in ambiente mediterraneo meridionale un più spiccato carattere montano e una maggiore resistenza al clima d'altitudine; (iii) possiede una superiore capacità di adattarsi a condizioni climatiche e edafiche anche proibitive; (iv) svolge con efficacia la funzione primaria di protezione del suolo per il profondo e forte apparato radicale di cui è dotato; (v) forma soprassuoli di notevole valore estetico e di alto interesse paesaggistico; (vi) è molto resistente agli attacchi parassitari.

Per le comparazioni con i trapianti a radice nuda di pino laricio e di abete bianco, vale quanto riportato nel paragrafo “Controlli in campo” per gli anni 1983-84. Si aggiunge il risultato estremamente negativo ottenuto dalle due specie nei rimboschimenti del CFS realizzati nel piano montano dell'Appennino calcareo calabrese e lucano in zone orograficamente difficili, su aree aperte e terreni superficiali e poveri.

Operativamente, dovendo mettere a dimora piantine di pino loricato in aree aperte del piano montano superiore, caratterizzate da rigidità del clima e suoli poveri, il sistema di produzione dei trapianti in fitosacco, per l'insieme delle variabili esaminate, garantisce i migliori risultati. Per le interdistanze sui gradoni, è preferibile attenersi a quella massima testata di 1.5 m, anche se la distanza può essere portata fino a 2 m, tenuto conto dell'orografia generale dei luoghi, dei punti a roccia affiorante, delle dimensioni e instabilità dei massi presenti.

A quote superiori ai 2000 m e/o in aree limite per la ricostituzione forestale, conviene mettere a dimora i trapianti in fitosacco direttamente in piccole buche,

da individuare, aprire e coprire rapidamente, lasciando inalterato l'ambiente fisico e biotico e dando al postume una distribuzione spaziale casuale e irregolare, assimilabile a quella che si riscontra in aree d'alta quota dove la specie si rinnova naturalmente.

I due vivai forestali di Pavone (Morano C.) in Calabria e di Lago della Rotonda (Lauria) in Basilicata, posti nelle vicinanze dei boschi da seme di pino loricato dove operare la raccolta degli strobili, ubicati in quota, con disponibilità di operai forestali qualificati e con dimensioni tali da garantire produzioni annuali di diverse migliaia di piantine, possono servire allo scopo.

Ringraziamenti

Hanno collaborato nei rilevamenti in bosco e nella elaborazione dei dati il Tecnico Tommaso Aloe, gli Operatori tecnici Giuseppe Iannuzzi e Carlo Di Marco e gli Operai agricoli a t.d. Gino Scarpelli ed Enzo Calabrese del CRA-SAM.

L'autore ringrazia il Dr. Antonio Maletta dell'AFOR di Cosenza per l'assistenza operativa negli ultimi anni alla ricerca, il Ricercatore Giuseppe Guido del Dipartimento di Pianificazione Territoriale dell'Università della Calabria per l'aiuto nell'analisi statistica. Si ringraziano infine gli anonimi Revisori per i suggerimenti che hanno contribuito a migliorare la stesura finale del testo.

Bibliografia citata

- ARPACAL. 2009 - *Consultazione banca dati meteoidrologici* [www.arpacalabria.it]. Regione Calabria, Catanzaro.
- ARSSA, 2003 - *I suoli della Calabria*. Programma Interregionale Agricoltura - Qualità, Misura 5. Servizio Agropedologia: 1-387. Regione Calabria, Cosenza.
- AVENA G., BRUNO F. 1975 - *Lineamenti della vegetazione del Massiccio del Pollino (calabro-lucano)*. Notiziario Fitosociologico, 10: 131-153, Napoli.
- AVOLIO S. 1984 - *Il pino loricato (Pinus leucodermis Ant.)*. Ann. Ist. Sper. Selv., XIV: 79-153, Arezzo.
- AVOLIO S. 1992 - *L'acquisizione forestale del pino loricato (Pinus leucodermis Antoine)*. L'It. For. e Mont. XLVII (4): 211-227.
- AVOLIO S. 1993 - *Formazioni artificiali di pino loricato*. Rivista “Pollino, il mensile del Parco”, Anno II, 4: 4-5, Castrovillari (Cosenza).
- AVOLIO S. 1996 - *Il pino loricato (Pinus leucodermis Ant.) emblema del Parco Nazionale del Pollino*. Edizioni Prometeo: 1-140, Castrovillari (Cosenza).

- AVOLIO S. 2003 - *Schede monografiche delle specie forestali calabresi peculiari: Pino loricato*. Volume "Foreste di Calabria": 250-252, Assessorato Foreste, Forestazione, Protezione Civile, Pari opportunità. Edizioni Ghiani, Cagliari.
- AVOLIO S., BERTI S. 1987 - *Indagini ecologiche, biologico-strutturali e tecnologiche su Pinus leucodermis* Ant. della Catena Costiera calabra. Ann. Ist. Sper. Selv. XVIII: 71-122, Arezzo.
- AVOLIO S., BERNARDINI V. 1997 - *Prove di diradamento (1° e 2° taglio) con scelta degli alberi d'avvenire per pinete artificiali di pino laricio di Calabria*. Ann. Ist. Sper. Selv. vol. 28: 9-37, Arezzo.
- BERNARDO L. 1995 - *Fiori e piante del Parco del Pollino*. Edizioni Prometeo: 1-255, Castrovillari (Cosenza).
- BERNETTI G. 1995 - *Il pino loricato*. vol. 2 Selvicoltura speciale: 1-171 Edizioni UTET, Torino.
- BILLAUX P. 1978 - *Estimation du regime hydrique des sols au moyen des donnees climatiques. La methode graphique: son utilisation dans la cadre de la Taxonomie Americaine des sols*. ORSTOM, Ser. Pedol. vol. XVI, n. 3.
- BONELLI F. (s.d.) - *Il pino Loricato (Pinus Heldreichii Christ. var. leucodermis Ant.) in Italia e il suo impiego nei rimboschimenti*. Opuscolo div.: 1-29.
- BONIN G., PENNACCHINI V. 1975 - *Pinus leucodermis* Ant. e *Pinus nigra* Arn. en Calabre septentrionale. Ecol. Medit. (1): 35-61.
- BROGI S. 1960 - *Il pino loricato (Pinus Heldreichii Christ. var. leucodermis Ant.) in Calabria e sua possibilità di diffusione*. L'It. For. e Mont. XIV (4): 157-163.
- CANTIANI P., IORIO G., PELLERI F. 2005 - *Effetti di diradamenti in soprassuoli di pino nero (Pettenaio, Perugia)*. Forest@ 2 (2): 207-216.
- GARGANO D., BERNARDO L. 2006 - *Defining population structure and environmental suitability for the conservation of Pinus leucodermis Antoine in central Mediterranean areas*. Plant Biosystems, vol. 140, (3): 245-254.
- GUERRIERI MR., TODARO L., CARRARO V., DE STEFANO S., LA POLLA A., SARACINO A. 2008 - *Risposte ecofisiologiche di Pinus leucodermis ad alta quota in ambiente mediterraneo*. Forest@ 5 (1): 28-38.
- JEDŁOWSKI E. 1959 - *Panorama forestale del Monte Pollino*. Monti e Boschi (10): 499-513.
- LA MARCA O. 1983 - *Il problema degli schianti nei boschi. Ricerche sperimentali su alcuni popolamenti di conifere*. AISF vol. XXXII: 69-114.
- LA MARCA O. 1984a - *Sulla densità di coltivazione di alcuni soprassuoli di douglasia*. Ricerche Sperimentali di Dendrometria e Auxometria, X: 5-39.
- LA MARCA O. 1984b - *Risultati dei primi cinque anni di osservazioni su popolamenti di douglasia (Pseudotsuga menziesii Mirb. Franco) sottoposti a prove di diradamento*. L'It. For. e Mont. XXXIX (6): 333-349.
- LA MARCA O., SCOTTI R., SEMERARI P., TOMAIUOLO M., TORRINI L. 1993 - *Ulteriori indagini sugli schianti in boschi di abete bianco*. L'It. For. e Mont. XLVIII (2): 63-82.
- LONGHI G. 1956 - *Alcune osservazioni fitogeografiche e biologiche sul pino loricato*. L'It. For. e Mont. XI (5): 227-228.
- MASUTTI L. 1968 - *Coleotteri scolitidi dei pini d'altitudine in alcuni biotipi delle Alpi e sul massiccio del Pollino*. Archivio Botanico e Biogeografico Italiano, vol. XII Fasc. IV, Forlì.
- MERCURIO R., BAGNATO S., SCARFÒ F., SPAMPINATO G., 2007- *I tipi forestali del versante occidentale del Parco Nazionale del Pollino*. Laruffa Editore: 1-116, Reggio Calabria.
- PENNACCHINI V., 1965 - *Pino laricio e pino loricato in provincia di Cosenza*. 14a Festa Nazionale della Montagna. Altopiano silano.
- PETILLO B. 1990 - *Indagine sulla rinnovazione naturale del pino loricato (Pinus leucodermis Antoine) in Basilicata*. Tesi di laurea in Scienze Forestali, Università degli Studi della Basilicata, Facoltà di Agraria, Potenza.
- PIGNATTI S., 1998 - *I boschi d'Italia: sinecologia e biodiversità*. UTET: 673 p., Torino.
- RIVAS-MARTINEZ S. 1993 - *Bases para una nueva clasificacion bioclimatica de la Terra*. Folia Bot. Matritensis (10): 1-23.
- ROMANO A., TRANFAGLIA A. 2003 - *Le principali avversità del pino loricato*. Regione Basilicata Notizie (99): 111-118, Potenza.
- THORNTON C.W., MATHER J.R. 1957 - *Instruction and tables for computing potential evapotranspiration and water balance*. Publications in climatology X, n. 3. Conterton, New Jersey.

Effetti del morso di capriolo sull'accrescimento di cedui di cerro e di castagno[§]

Andrea Cutini^{1*}, Francesco Chianucci¹, Tessa Giannini¹, Rizio Tiberi², Emilio Amorini¹

Accettato il 1 ottobre 2010

Riassunto – Si riportano i risultati di ricerche sull'impatto delle popolazioni di capriolo (*Capreolus capreolus* L.) sulla rinnovazione agamica di cedui di cerro (*Quercus cerris* L.) e di castagno (*Castanea sativa* Mill.) a sette anni dalla ceduzione. Sono state prese in esame sei aree di ricerca permanenti situate nel comprensorio Alpe di Catenaia (AR) e realizzate nel 2002 su superfici tagliate a raso con rilascio di matricine. All'interno di ciascuna area sono state installate delle chiudende per studiare l'evoluzione del bosco in presenza/assenza di ungulati selvatici. I risultati hanno messo in evidenza un impatto differenziato del capriolo sullo sviluppo del ceduo in funzione della specie. Nel caso del castagno l'impatto è risultato trascurabile, con riduzioni di accrescimento conseguenti alla brucatura pari all'1% in area basimetrica e al 4% in volume. Non sono state inoltre osservate conseguenze significative sulla biforcazione dei fusti, indicatore di un potenziale danno economico dal momento che l'assortimento ritraibile da tale specie è la paleria. Nel cerro, invece, l'impatto del capriolo è risultato significativo con riduzioni del 58 % in area basimetrica e del 57 % in volume. Sulla base di quanto emerso vengono svolte considerazioni sulle cause della diversa appetibilità/vulnerabilità delle due specie e sulla necessità di una gestione integrata delle risorse forestali e faunistiche.

Parole chiave: brucatura, danni, capriolo, ceduo, gestione faunistica.

Abstract – Roe deer browsing effects on growth development of Turkey oak and chestnut coppices. Over the last three decades wild ungulates populations in Italy increased to values ranging from 300% to 600%. As a consequence, in Italy as well as in other European countries, situations with high ungulate density and, then, negative effects on the stability and dynamics of ecosystems, are increasing frequently. Starting from these evidences we investigated the effects of roe deer population on the vegetative regeneration of two different broadleaved tree species: Turkey oak (*Quercus cerris* L.) and chestnut (*Castanea sativa* Mill.) coppice stands. In Alpe di Catenaia (Apennines – Central Italy), after coppicing in 2002, we chose six experimental areas where fenced (P) and non-fenced (NP) plots were established. Measurements were performed at the beginning of the study period and in winter 2008 in both P and NP plots. Diameter and height of all sprouts were measured. Results showed a different impact of roe deer on the two species. After seven years chestnut did not show any significant browsing-related damage, while in Turkey oak heavy differences between protected and non-protected areas are present: in NP plots roe deer browsing has produced a significant reduction in basal area (58%) and volume (57%) compared to P plots. The results agree with previous studies and confirm: (a) a selective browsing pressure on Turkey oak; (b) the lasting effect of the early impact after clear cutting, visible even seven years after. Based on the findings, we discussed the need for an integrated management of forest vegetation and forest fauna which should define the density of ungulates not only according to the theoretical carrying capacity of ecosystems, but also considering (i) the preservation of the ecosystem overall functionality, (ii) the forest structure development and (iii) the forest management type.

Key words: Browsing, damage, roe-deer, coppice, game management.

FD.C.: 451. 2: 222: 176. 1

Premessa

A partire dagli anni '90 le relazioni tra ungulati selvatici e formazioni forestali sono state oggetto di numerosi studi che hanno messo in evidenza la complessità del tema e le numerose interazioni che caratterizzano questo articolato rapporto (JORRITSMA *et al.* 1999; REIMOSER *et al.* 1999; PARTL *et al.* 2002). L'argomento è di notevole interesse ed è particolarmente sentito anche a livello europeo, soprattutto laddove, per varie ragioni, si registrano carichi di ungulati superiori a

quelli attesi in condizioni di naturalità (LATHAM 1999).

Negli ultimi trent'anni il nostro paese è stato interessato da una forte espansione degli ungulati selvatici, in particolare cinghiale (*Sus scrofa* L.) e cervidi, che hanno ampliato in maniera considerevole il loro areale e la consistenza numerica delle popolazioni. Questo fenomeno ha favorito una maggiore complessità degli ecosistemi (CUTINI *et al.* 2007) con riflessi diretti e indiretti di vario tipo tra i quali, non ultimo, l'aver permesso la propagazione del lupo (*Canis lupus* L.) in ampi settori del paese (APOLLONIO 2004).

[§] Il lavoro è stato svolto dagli autori in parti uguali.

¹ CRA-SEL Centro di Ricerca per la Selvicoltura, Arezzo.

² Dipartimento di Biotecnologie Agrarie. Università degli Studi di Firenze. Firenze

* Autore corrispondente andrea.cutini@entecra.it

L'incremento degli ungulati ha significato altresì il sorgere di nuove problematiche, conseguenti all'aumento degli impatti sulla vegetazione e all'interferenza con le attività antropiche. Solo a titolo d'esempio vanno ricordati da un lato gli incidenti stradali causati dagli ungulati selvatici, fenomeno che in Europa fa registrare circa 750.000 casi all'anno (APOLLONIO 2008) e, dall'altro, i danni alle colture agricole e l'estensione di tale fenomeno all'ambito forestale, dove gli impatti negli ultimi anni sono cresciuti a dismisura. Fino a qualche decennio fa gli effetti negativi originati da un eccessivo carico di selvatici interessavano esclusivamente foreste alpine di conifere, per lo più dislocate all'interno di aree protette (PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO 1997). Negli ultimi anni il problema si è diffuso ulteriormente e con estrema rapidità, arrivando ad interessare anche i boschi cedui. Forma di governo, quest'ultima, che nel nostro paese per circa 2/3 rientra nel regime di proprietà privata e, di conseguenza, riveste un interesse non solo ambientale ma anche economico.

L'origine di tale fenomeno è da attribuire a vari fattori quali la rarefazione o comunque la scarsa incidenza dei predatori naturali, l'ampiezza delle superfici in cui la caccia è vietata e, talora, la presenza di barriere che hanno impedito alla fauna di espandersi omogeneamente nel territorio (BRUNO e LOVARI 1995). A tutto ciò va assommata la minor pressione antropica e i cambiamenti occorsi nell'utilizzo delle risorse forestali, in particolare degli stessi boschi cedui. Negli ultimi decenni questi sono stati interessati da importanti trasformazioni. Si è infatti registrato un aumento della produttività e della complessità strutturale a causa dell'allungamento dei turni, della riduzione complessiva del prelievo legnoso e della scelta, soprattutto in aree demaniali, di procedere all'avviamento ad alto fusto. Tali mutamenti hanno posto le condizioni per una ulteriore espansione dei grandi erbivori selvatici. Il fenomeno ha interessato in maniera più contenuta le aree meridionali del paese, mentre nel resto della penisola sono stati riscontrati, sempre più di frequente, impatti crescenti anche sulla rinnovazione agamica (CHINES *et al.* 1997; GIOVANNINI *et al.* 2003; MENCUCCI e D'AMICO 2006; CUTINI *et al.* 2007). Nonostante ciò, le informazioni disponibili sull'impatto dei cervidi sui boschi cedui sono ancora insufficienti. La causa è da attribuire alla scarsa predisposizione, in ambiente appenninico, ad approcciare il problema in maniera integrata; in ciò si registra una significativa differen-

za con l'area alpina, dove l'integrazione tra gestione faunistica e gestione forestale è un problema, benché complesso, trattato da tempo, come testimonia la nutrita letteratura a riguardo (PERCO 1980; QUAGLINO e MOTTA 1987; MOTTA e QUAGLINO 1989; MOTTA 1995; AMMER 1996; MOTTA 1996).

Al fine di disporre di elementi utili per una più approfondita conoscenza degli ecosistemi e per una gestione integrata delle risorse forestali e faunistiche, il presente lavoro sviluppa una precedente indagine sugli effetti del morso di capriolo (*Capreolus capreolus* L.) su polloni di cerro (*Quercus cerris* L.) e di castagno (*Castanea sativa* Mill.). Tale studio aveva evidenziato un diverso impatto sulle due specie (CUTINI *et al.* 2007). Nel caso del castagno erano stati osservati, nell'anno successivo alla ceduzione, danni da morso su circa la metà dei polloni; tuttavia, a quattro anni di distanza, si registrava un forte recupero in termini di accrescimento dei polloni e una presenza limitata di danni da morso di capriolo. Al contrario nel cerro, nell'anno successivo alla ceduzione, tutti i polloni avevano subito le conseguenze del morso del capriolo; a quattro anni di distanza, un terzo dei polloni mostrava ancora danni consistenti, con una riduzione di accrescimento di circa il 70% rispetto ad aree di controllo (CUTINI *et al.* 2007).

Scopo di questo contributo è esaminare l'entità degli impatti di popolazioni di capriolo sulla qualità e l'accrescimento dei polloni di castagno e di cerro, verificando la capacità di recupero e la presenza di eventuali danni a sette anni di distanza dalla ceduzione. L'analisi degli impatti su popolamenti cedui ormai affermati consentirà da un lato di valutare più compiutamente il rapporto tra capriolo e boschi cedui e, dall'altro, di evidenziare eventuali criticità sotto quello economico, dovute alle ricadute negative sul valore degli assortimenti. Il tema è di indiscusso interesse, non solo perché rappresenta un aspetto della più generale questione dei danni arrecati dalla fauna selvatica alle attività agro-silvo-pastorali, ma anche perché ad oggi sono insufficienti le conoscenze sulle relazioni tra cervidi e boschi cedui.

Materiali e metodi

I rilievi sono stati condotti nell'Alpe di Catenaia (43°37' N; 11°56' E), in provincia di Arezzo, complesso forestale situato nella porzione più orientale del Casentino, al confine con il Parco Nazionale delle

Foreste Casentinesi. Tale complesso, che fa parte del patrimonio agricolo - forestale della Regione Toscana, gestito dalla Comunità Montana del Casentino, si estende per una superficie di 2341 ha, di cui 1702 ricadenti in un'Oasi di Protezione Faunistica istituita dalla Provincia di Arezzo nel 1996. Il territorio analizzato ricade in una zona montuosa tra i 500 e i 1414 metri, caratterizzati da una elevata copertura forestale e dalla presenza di spazi aperti.

All'interno del comprensorio si rinvenivano popolazioni di cinghiale e capriolo, i due ungulati più abbondanti e maggiormente distribuiti su tutto il territorio italiano. In base a censimenti, effettuati annualmente nel periodo 2000-2007 con i metodi delle battute su aree campione integrati con dati telemetrici (APOLLONIO *et al.* 2007; BONGI *et al.* 2009), sono state stimate in estate, prima dell'apertura della stagione venatoria, densità per il cinghiale e per il capriolo rispettivamente di 17.83 ± 3.20 e 27.24 ± 1.22 individui ogni 100 ettari.

I rilievi hanno interessato sei aree di ricerca permanenti realizzate dal CRA-SEL, già utilizzate in uno studio precedente (CUTINI *et al.* 2007), delle quali quattro a dominanza di castagno e due a dominanza di cerro. Le aree erano state individuate nel 2002 in tagliate a ceduo, di dimensione variabile tra 1 ha e 1.5 ha, ritenute rappresentative delle caratteristiche medie dei popolamenti presenti nel comprensorio. All'interno di ciascuna area di ricerca, subito dopo l'utilizzazione, erano state delimitate due aree di saggio di circa 225 m² ciascuna (15 x 15 metri), di cui una protetta (P) da apposita chiudenda, mentre l'altra è stata lasciata senza nessuna protezione (NP).

L'attenzione nei confronti del cerro e del castagno è stata motivata dal fatto che queste rappresentano le specie più diffuse e remunerative per tale forma di governo, data la loro elevata produttività e capacità di fornire assortimenti di interesse economico quali legna da ardere e paleria. Allo stesso tempo i boschi cedui, in particolare di specie quercine, rappresentano l'habitat di predilezione per gli ungulati, in particolare per il capriolo (CASANOVA e MASSEI 1989).

I rilievi sono stati eseguiti al termine della stagione invernale 2008 e quindi a sette anni di distanza dalla ceduzione. All'interno delle 12 aree di saggio (6 P e 6 NP) sono state misurate le circonferenze a 1.30 m da terra di tutti i polloni. La soglia minima di cavallettamento per il castagno è stata stabilita in 10 cm di circonferenza, mentre per il cerro tale soglia è scesa a 3 cm di circonferenza. Per il castagno infine sono

stati annotati gli individui con presenza di biforcazioni sotto i due metri di altezza, difetto presumibilmente attribuibile al morso di capriolo. Tale aspetto è stato ritenuto di interesse in considerazione del fatto che il principale assortimento ritraibile dal ceduo di castagno è la paleria.

A partire dai dati raccolti, per ogni area, si è proceduto al calcolo del numero di polloni ad ettaro, dell'altezza media dei polloni, calcolata su un sub-campione di 30 individui (hm), del diametro del pollone di area basimetrica media (dg), dell'area basimetrica (G) e del volume (V). Per la stima del volume si è fatto ricorso a tavole stereometriche generali a doppia entrata per il castagno (MINISTERO DELL'AGRICOLTURA E FORESTE - IFNI 1988) e a tavole specifiche per i cedui di cerro della Toscana centro-meridionale (AMORINI *et al.* 1998). L'impatto della fauna è stato valutato con criterio oggettivo-quantitativo, calcolando le differenze medie di accrescimento in area basimetrica e volume tra le aree protette e non protette.

All'interno delle aree di saggio è stato poi selezionato, con criterio casuale, un sub-campione di polloni ritenuto rappresentativo delle varie classi diametriche, per un totale di 30 individui per specie e tesi (P e NP) dei quali è stata misurata la circonferenza a 1.30 e l'altezza totale. I dati di diametro e altezza sono stati sottoposti ad analisi della varianza ad una via (ANOVA). Le elaborazioni sono state effettuate utilizzando il software STATISTICA (StatSoft. In. Tulsa. OK. USA).

Risultati

Le principali statistiche relative alle caratteristiche dendrometriche delle aree oggetto di studio sono riportate nelle Tabelle 1 e 2. Anche da una prima analisi si può osservare come l'impatto del morso di capriolo sulla rinnovazione agamica abbia prodotto effetti differenziati tra le due specie. Nel castagno non si rinvenivano differenze significative tra aree protette e non protette, sia in termini di densità che di accrescimento medio dei polloni (Tabella 1). Di conseguenza anche il confronto tra i valori di volume calcolati con le tavole di cubatura non mostra differenze significative (Figura 1). I valori di incremento medio annuo in altezza e volume, rispettivamente pari a circa 1 m e 7 m³ ha⁻¹, confermano le notevoli capacità di accrescimento - peraltro caratteristiche della specie -, capacità non influenzate dalla presenza del capriolo. In linea con questo risultato l'analisi della varianza ad una via non

Tab. 1 - Caratteristiche e statistiche delle principali variabili dendrometriche dei cedui di castagno.
Statistics and main mensurational parameters in chestnut coppice stands.

Tesi		Polloni n. ha ⁻¹	G m ² ha ⁻¹	dg cm	hm m
Protetto	Media	5773	11.58	5.0	7.2
	Min	3986	6.44	4.3	5.8
	Max	7449	16.18	5.3	9.2
	Dev.st	1827	5.20	0.5	1.6
	ES	914	2.60	0.2	0.8
	CV	31.7	44.6	9.1	22.6
Non Protetto	Media	6122	11.53	4.9	7.2
	Min	3769	7.65	4.3	5.8
	Max	7419	16.01	5.3	8.5
	Dev.st	1690	4.00	0.4	1.1
	ES	845	2.00	0.2	0.6
	CV	27.6	34.5	8.7	15.7

ha evidenziato differenze statisticamente significative sia per l'altezza che per il diametro medio dei polloni. Per quanto riguarda la presenza di biforcazioni, aspetto non trascurabile nel caso del castagno, dai dati raccolti non sono emerse differenze significative tra aree protette e non protette. La percentuale media ($\pm$ ES) di polloni biforcati nelle aree protette è di 2.61 ± 1.82 %, mentre nelle aree pascolate è di 3.20 ± 0.54 %.

Per quanto riguarda il cerro, i risultati evidenziano, oltre che uno sviluppo più contenuto rispetto al castagno, una maggiore incidenza del morso del capriolo, con valori inferiori sia di densità che di sviluppo dei polloni nelle aree non protette rispetto a quelle protette (Tabella 2). Ciò si riflette su valori di volume che nelle aree protette sono più che doppi rispetto a quelli delle aree non protette (Figura 2).

A conferma di quanto esposto l'analisi della varianza ad una via, condotta su un sub-campione di individui scelto casualmente all'interno delle parcelle di cerro, ha messo in evidenza differenze significative sia per l'altezza che per il diametro medio dei polloni (Tabella 3).

Discussione e conclusioni

Nel caso di studio preso in esame, che può essere ritenuto sufficientemente rappresentativo di molte realtà appenniniche sia per le formazioni e le tipologie forestali presenti che per la consistenza della popolazione di capriolo, l'impatto del morso sulla rinnovazione agamica nelle tagliate a ceduo ha prodotto effetti differenti in funzione della specie. Il

Tab. 2 - Caratteristiche e statistiche delle principali variabili dendrometriche dei cedui di cerro.
Statistics and main mensurational parameters in Turkey oak coppice stands.

Tesi		Polloni n. ha ⁻¹	G m ² ha ⁻¹	dg cm	hm m
Protetto	Media	6768	8.83	3.8	3.5
	Min	3741	3.01	3.2	3.3
	Max	9795	14.65	4.4	3.8
	Dev.st	4281	8.23	0.8	0.4
	ES	3027	5.82	0.6	0.3
	CV	63.3	93.2	21.7	10.9
Non protetto	Media	3331	3.75	3.8	3.2
	Min	2879	3.62	3.5	3.1
	Max	3782	3.88	4.1	3.3
	Dev.st	639	0.18	0.5	0.1
	ES	452	0.13	0.3	0.1
	CV	19.2	4.9	12.1	4.5

castagno non presenta riduzioni di accrescimento significative, riduzioni che si aggirano intorno all'1% in area basimetrica e al 4% per il volume. Il numero di polloni biforcati è risultato trascurabile e comunque da ritenere fisiologico, anche in relazione a cause intrinseche o come conseguenza di eventi meteorici (azione del gelo o del vento). Né, peraltro, sono emerse differenze sostanziali tra aree protette e non protette.

Notevole invece è l'entità dell'impatto registrato nei cedui di cerro che mostrano valori di accrescimento significativamente inferiori a quelli delle aree escluse dal morso. Le perdite di accrescimento in area basimetrica e volume, seppure inferiori a quelle registrate quattro anni dopo il taglio (CUTINI *et al.* 2007), sono risultate superiori al 50%.

Quanto sopra esposto conferma alcune osservazioni sulla dieta del capriolo e, in particolare, la maggiore appetibilità del cerro rispetto al castagno (CASANOVA e DALL'OMODARME 1990; GUALAZZI 2004). Viene altresì confermata l'elevata appetibilità delle specie quercine, così come osservata in precedenti indagini (GILL 1992; KUTTERS e SLIM 2002), nonché l'elevata selettività alimentare del capriolo, anch'essa ampiamente documentata (BERGMAN *et al.* 2005; MOSER *et al.* 2008; JARNI *et al.* 2004).

Il diverso impatto del morso del capriolo sulle due specie è da mettere in relazione da un lato con l'elevato contenuto di tannino nei getti e nelle foglie di castagno, fattore che lo rende poco appetibile e, dall'altro, con la rapidità di accrescimento della specie, che anche in questo caso ha mostrato valori di incremento medio più che doppi rispetto a quelli del cerro. In particola-

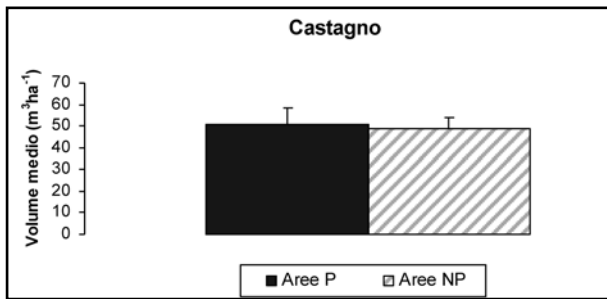


Fig. 1 - Valori medi di volume dendrometrico ($\pm$ es) dei cedui di castagno.
Mean volume values ($\pm$ SE) in chestnut coppice stands.

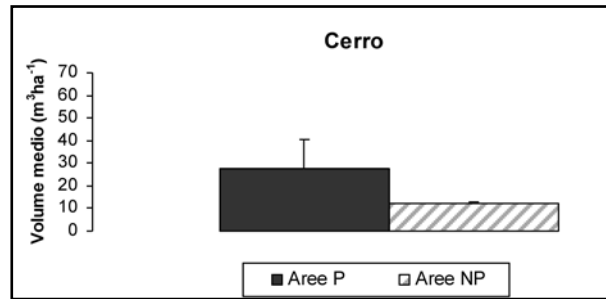


Fig. 2 - Valori medi di volume dendrometrico ($\pm$ es) dei cedui di cerro.
Mean volume values ($\pm$ SE) in Turkey oak coppice stands.

Tab. 3 - Analisi della varianza del diametro e dell'altezza dei polloni di cerro.
Analysis of Variance (one-way ANOVA) of diameter and height of sprouts in Turkey oak coppice stands.

Cerro	Tesi	Media	n.oss	dev.st	Gdl	F	P
d (cm)	P	3.5	30	7.26	1/58	16.71	0.000136
	NP	2.4	30	0.81			
h (m)	P	3.50	30	0.78	1/58	7.93	0.006604
	NP	2.93	30	0.79			

re il sostenuto sviluppo longitudinale (in media 1 m all'anno) garantisce ai polloni di castagno di superare rapidamente l'altezza di brucatura, a differenza di quanto avviene per il cerro.

Altro aspetto che merita alcune considerazioni è quello delle relazioni tra consistenza delle popolazioni di ungulati e effetti sulla vegetazione, tema la cui importanza è stata evidenziata da vari autori (REIMOSER 1986; GILL 1992; MOTTA 1995; PUTMAN 1996). Nel caso oggetto di studio si è in presenza di una popolazione di capriolo con carichi ritenuti comunque non eccessivi per l'area appenninica (PROVINCIA DI AREZZO - SERVIZIO CACCIA E PESCA. *com. verb.*). Ciò nonostante il cervide incide fortemente sulla produttività del cerro, con perdite di accrescimento che, a sette anni dalla ceduzione, restano rilevanti e tali da avere profonde ripercussioni sotto il profilo ecologico e, nondimeno, economico. Vale la pena poi sottolineare l'assenza, allo stato attuale, del cervo e del daino che, qualora presenti, potrebbero amplificare in modo esponenziale l'impatto sulle formazioni forestali.

Tali risultati meritano di essere valutati anche alla luce di due aspetti che caratterizzano l'area appenninica: l'ampia diffusione naturale dei cedui e la preponderanza della proprietà privata. Entrambi gli aspetti contribuiscono a prefigurare situazioni di criticità crescenti per quanto riguarda il tema dei danni arrecati dalla fauna, anche a fronte di specifiche misure di corresponsione di indennizzi per tali cenosi.

In linea generale lo studio dimostra che le densità osservate, ancorché inferiori a quelle massime raggiunte dagli ungulati in ambiente appenninico, possono determinare ricadute negative sulle dinamiche di accrescimento dei cedui di cerro. Di contro, è evidente il ruolo strategico delle tagliate a ceduo per gli ungulati selvatici; esse assicurano una notevole disponibilità trofica oltre ad esercitare una forte attrattiva per l'effetto margine (REIMOSER e ELLENBERG 1999; REIMOSER 2005).

Emerge altresì in maniera chiara come il danno degli ungulati non sia più un fenomeno circoscrivibile a certe aree o tipologie gestionali (aree protette, boschi di conifere), ma in grado di interessare tutte le categorie forestali del paese, ivi compresi i cedui. Per tali boschi gli impatti sono notevoli, anche in presenza di densità di cervidi ritenute non eccessive e comunque inferiori ai carichi osservati all'interno di aree protette.

Si può ritenere quindi che, in assenza di specifici provvedimenti, l'entità dell'impatto sulla rinnovazione agamica in cedui di cerro sia tale da alterare gli equilibri di tali cenosi, in particolare mettendo a rischio l'affermazione del nuovo ciclo. Se a tutto ciò si aggiunge la questione degli indennizzi, previsti per le colture agricole ma non per i boschi, ben si comprende come il problema non sia di poco conto. Anche perché, l'ampia estensione delle superfici a ceduo di proprietà privata fa sì che, in prospettiva, la questione dei risarcimenti sia difficilmente sostenibile da un punto di vista eco-

nomico. L'ampliamento della superficie unitaria delle tagliate potrebbe in teoria costituire un accorgimento per il contenimento dei danni da brucatura (GIOVANNINI *et al.* 2003), ma a questa ipotesi fa riscontro la difficoltà di attuare tagli su ampie superfici sia per la frammentazione della proprietà, sia per vincoli di carattere idrogeologico che normativo (FANTONI 2010). Non c'è dubbio, infine, che tale opzione può offrire solo una soluzione tampone e di breve durata.

Si ritiene perciò urgente prendere atto della forte connessione esistente nel nostro paese tra ungulati e boschi cedui. Questo fatto, a fronte dell'importanza e dell'ampia diffusione di tale forma di governo, rende quanto mai opportuno proporre strategie di gestione integrata del patrimonio forestale e faunistico o comunque di "mitigazione dei conflitti" (CUTINI. 2006; CUTINI *et al.* 2007). E' inoltre evidente che ipotetiche scelte di politica forestale, quali l'incremento del governo a ceduo e la maggiore estensione delle tagliate - scelte peraltro in controtendenza rispetto a quanto si è registrato negli ultimi decenni - non possono configurarsi come adeguate a contenere in maniera significativa e duratura il danno. Obiettivo quest'ultimo che non può che essere perseguito attraverso un ridimensionamento del carico di selvatici entro valori prossimi alla naturalità o comunque compatibili con la conservazione delle risorse forestali (FANTONI *op.cit.*).

Ringraziamenti

Il lavoro è stato realizzato nell'ambito dei progetti di ricerca "La fauna selvatica nella valorizzazione delle risorse agricole" finanziato dal Mi.P.A.A.F. - Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali e "Relazioni fauna selvatica - ecosistemi forestali" finanziato dall'Ente Cassa di Risparmio di Firenze. Si ringrazia per la collaborazione assicurata il Servizio Caccia e Pesca della Provincia di Arezzo, il dott. Alfredo Bresciani, funzionario del settore Agricoltura della Comunità Montana del Casentino (Poppi, AR) e il personale del Centro Studi per la Fauna Selvatica di Casa Stabbi. Molte persone hanno contribuito alla realizzazione di questo lavoro: a tutte va la nostra riconoscenza. Una menzione particolare meritano: Umberto Cerofolini e Luigi Mencacci, tecnici di ruolo del CRA - Centro di ricerca per la selvicoltura di Arezzo, per aver assicurato l'efficienza dei protocolli sperimentali, il dott. Giovanni Venturi e Alessandro Fois per la collaborazione assicurata nella raccolta

dei dati. Si ringraziano infine i due anonimi Revisori per i suggerimenti formulati.

Bibliografia citata

- AMMER C. 1996 - *Impact of ungulates on structure and dynamics of natural regeneration of mixed mountain forests in Bavarian Alps*. Forest Ecology and Management 88: 43-53.
- AMORINI E., BRANDINI P., FABBIO G., TABACCHI G. 1998 - *Modelli di previsione delle masse legnose e delle biomasse per i cedui di cerro della Toscana centro-meridionale*. Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura 29: 41-56.
- APOLLONIO M. 2004 - *Gli ungulati in Italia: status, gestione e ricerca scientifica*. Hystrix It. J. Mamm. 15 (1): 21-34.
- APOLLONIO M., SCANDURA M., BONGI P., GHIANDAI F., LUCCARINI S. 2007 - *Gestione e controllo degli ungulati selvatici nelle aree protette*. Dipartimento di Zoologia e Genetica Evoluzionistica. Università di Sassari. In: LUCIFERI M., GENGHINI M. (a cura di) 2007 - *Valorizzazione agro-forestale e faunistica dei territori di collina e montagna*: 265-286.
- APOLLONIO M. 2008 - *La realtà faunistico venatoria in Europa: l'esempio degli Ungulati*. Atti del convegno "Biodiversità, tutela dell'ambiente e caccia. Quali limiti per una corretta sostenibilità", Arezzo: 13 Dicembre 2008.
- BERGMAN M., IASON G.R., HESTER A.J. 2005 - *Feeding patterns by roe deer and rabbits on pine, willow and birch in relation to spatial arrangement*. Oikos 109: 513-520.
- BONGI P., LUCCARINI S., MATTIOLI L. 2009 - *Il censimento del capriolo in Toscana. Verifica delle metodologie utilizzate e manuale di applicazione*. Compagnia delle Foreste srl. Arezzo, 64 p.
- BRUNO E., LOVARI S. 1995 - *La gestione della fauna selvatica nelle aree protette*. In "Compatibilità delle attività agro-forestali nelle aree protette". Accademia dei Georgofili, Firenze: 93-123.
- CASANOVA P., DELL'OMODARME A. 1990 - *Influenza delle diverse fitocenosi forestali sulla presenza del capriolo (Capreolus capreolus) in ambiente mediterraneo*. L'Italia Forestale e Montana, XLV (3): 183-196.
- CASANOVA P., MASSEI G. 1989 - *Valutazione del carico massimo teorico di cervo, daino e capriolo in alcuni boschi appenninici*. In "Il bosco nell'Appennino", Biondi E. (Ed.); Centro studi Valleremita, Fabriano 219-233.
- CHINES A., GIOVANNINI G., ROSSI I. 1997 - *Offerta alimentare e intensità di brucatura in cedui di macchia mediterranea del Parco regionale della Maremma*. Suppl. Ric. Biol. Selvaggina XXVII: 443-452.
- CUTINI A. 2006 - *Considerazioni sull'assordante silenzio del mondo forestale in merito alla questione dei "Bambi di Alessandria"*. Forest@ 3 (4): 456-458.
- CUTINI A., BARTOLUCCI S., AMORINI E. 2007 - *Gestione dei boschi cedui di caducifoglie e relazione con gli ungulati selvatici*. Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura (C.R.A.) - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura. In: LUCIFERI M., GENGHINI M. (a cura di) 2007 - *Valorizzazione agro-forestale e faunistica dei territori di collina e montagna*: 287-304.

- FANTONI I. 2010 - *Il Casentino degli ungulati*. Sherwood 160: 21-26.
- GILL R.M.A. 1992 - *A review of damage by mammals in north temperate forests: 1 Deer*. Forestry 65 (2): 145-169.
- GIOVANNINI G. 1991 - *Effetti del pascolo di ungulati selvatici sulla rinnovazione agamica in un ceduo di macchia mediterranea*. Monti e Boschi 5: 15-22.
- GIOVANNINI G., CHINES A., GANDOLFO G. 2003 - *Danni da ungulati selvatici in boschi cedui*. Sherwood 9 (1): 9-16.
- GUALAZZI S. 2004 - *Offerta alimentare e utilizzazione da parte di ungulati selvatici. Un'esperienza nel Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi (Toscana)*. Sherwood 10 (7): 25-29.
- JARNI K., ROBIĆ D., BONČINA A. 2004 - *Analysis of the influence of ungulates on the regeneration of Dinaric fir-beech forests in the research site Trnovec in the Kočevje forest management region*. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 74: 141-164.
- JORRITSMA I.T.M., VAN HEES A.F.M., MOHREN G.M.J. 1999 - *Forest development in relation to ungulate grazing: a modelling approach*. For. Ecol. Manage. 120: 23-34.
- KUITERS A.T., SLIM P.A. 2002 - *Regeneration of mixed deciduous forest in a Dutch forest-heathland, following a reduction of ungulate densities*. Biol. Conserv. 105: 65-74.
- LATHAM J. 1999 - *Interspecific interactions of ungulates in European forests: an overview*. For. Ecol. Manage. 120: 13-21.
- MENCUCCI M., D'AMICO C. 2006 - *Effetti degli ungulati. Parte seconda*. Sherwood 121: 17-21.
- MINISTERO DELL' AGRICOLTURA E FORESTE 1988 - *Inventario Forestale Nazionale. 1985*. Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura Ed. Trento, 461 p.
- MOSER B., SCHÜTZ M., HINDENLANG K.E. 2008 - *Resource selection by roe deer: Are windthrow gaps attractive feeding places?* For. Ecol. Manage. 255: 1179-1185.
- MOTTA R. 1995 - *Rinnovazione naturale delle foreste di montagna ed impatto degli ungulati selvatici nelle Alpi occidentali italiane*. Monti e Boschi (5): 15-23.
- MOTTA R. 1996 - *Impact of wild ungulates on forest regeneration and tree composition of mountain forests in the Western Italian Alps*. Forest Ecology and Management 88: 93-98.
- MOTTA R., QUAGLINO A. 1989 - *Sui danni causati dalla fauna selvatica ai popolamenti forestali in Alta Valle di Susa (TO)*. L'Italia Forestale e Montana XLIV (4): 241- 260.
- PARTL E., SZINOVATZ V., REIMOSER F., SCHWEIGER-ADLER J. 2002 - *Forest restoration and browsing impact by roe deer*. For. Ecol. Manage. 159: 87-100.
- PERCO F. 1980 - *Foresta e Fauna. Rapporti tra l'ambiente vegetale e la selvaggina erbivora nell' ecosistema delle foreste del Monte Nevoso*. Dendronatura 1 (1): 15- 22.
- PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO 1997 - *L'influsso della selvaggina sul bosco in Alto Adige*. Ufficio caccia e pesca. Ripartizione foreste, 74 p.
- PUTMAN R.J. 1996 - *Ungulates in temperate forest ecosystem: perspectives and recommendations for future research*. For. Ecol. Manage. 88: 205-214.
- QUAGLINO A., MOTTA R. 1987 - *Rilievi sui danni da ungulati al patrimonio forestale del Parco naturale del Gran Bosco di Salbertrand*. Ann. Fac. Sci. Agr. Univ. Torino, vol. XVI: 295-306.
- REIMOSER F. 1986 - *Wechselwirkungen zwischen Waldstruktur, Rehwildverteilung und Rehwildbejagbarkeit in Abhängigkeit von der waldbaulichen Betriebsform*. VWGÖ-Dissertation. No. 28. University of Agricultural Sciences, Vienna.
- REIMOSER F. 2005 - *Il ruolo della selvicoltura nella gestione faunistica*. Sherwood 112: 19-24.
- REIMOSER F., ARMSTRONG H., SUCHANT. R. 1999 - *Measuring forest damage of ungulates: what should be considered*. For. Ecol. Manage. 120: 47-58.
- REIMOSER F., ELLENBERG H. 1999 - *Forest management systems as a component of ungulate-game pest management with special reference to roe deer and edge effects*. In: Cowan P.D., Feare C.J. (Eds.), *Advances in Vertebrate Pest Management*. Filander Verlag, Fürth. 219-238.

Copertura e rinnovazione naturale in formazioni forestali a protezione integrale nella Riserva M.a.B. di Montedimezzo (Isernia)

Tessa Giannini^{1*}, Andrea Cutini¹, Orazio Ivan Gugliotta¹, Maria Chiara Manetti¹

Accettato il 6 novembre 2010

Riassunto – Lo studio dei parametri ecologici dei popolamenti forestali in evoluzione naturale permette sia di comprendere il funzionamento di questi ecosistemi sia di analizzare i meccanismi che sono alla base del processo di rinnovazione naturale. La ricerca è stata svolta in due aree permanenti, localizzate nella riserva M.a.B. di Collemeluccio-Montedimezzo (Isernia), rappresentative di popolamenti misti, uno a prevalenza di cerro (*Quercus cerris* L.) ubicato a quota 940 m s.l.m., e l'altro a dominanza di faggio (*Fagus sylvatica* L.), a quota di 1040 m s.l.m. In questo contesto sono state eseguite le analisi della struttura verticale, di alcuni parametri ecologici (LAI, trasmittanza, umidità del suolo e intercettazione della pioggia) e delle modalità di insediamento ed affermazione della rinnovazione naturale. I rilievi sono stati effettuati in transect permanenti di 2000 m² e in 57 sub-aree di 1 m² ciascuna, mensilmente da maggio ad ottobre nelle stagioni vegetative dal 2005 al 2007. I risultati hanno evidenziato nell'area a prevalenza di cerro valori di trasmittanza inferiori e dati di LAI superiori rispetto all'area a dominanza di faggio, che si caratterizza per una copertura più discontinua a causa di buche originate da crolli. Nel periodo di osservazione è stata registrata una abbondante rinnovazione naturale - quasi esclusivamente di cerro e concentrata per lo più nell'area a dominanza della specie - seguita da una consistente mortalità. Vengono analizzate e discusse le relazioni tra composizione specifica, dinamica della rinnovazione naturale e parametri della copertura e del clima radiativo.

Parole chiave: *cerro, rinnovazione naturale, parametri ecologici, struttura verticale, aree protette.*

Abstract – *Tree canopy cover and natural regeneration into strictly-protected forest areas: the MaB reserve of Montedimezzo (Isernia, Italy).* The ecological analysis and the analysis of mechanisms underlying the natural regeneration process into strictly protected forest areas, is basic to the understanding of ecosystem functioning and to estimate the recovery ability as a function of time and environmental changes. Aim of the paper is to analyze the spatial-temporal dynamics of tree species regeneration into mixed Turkey oak-common beech stands growing undisturbed since more than one half-century. The ability of first establishment and following growth of natural regeneration related to the ecological parameters, the structural features of standing crop and its development stages, are analyzed in detail. The study was carried out into two permanent monitoring plots (A) and (B) where two different tree species play the main functional role. In (A) common beech is dominant (*Fagus sylvatica* L.-elevation 1040 m a.s.l.); in (B) Turkey oak is prevailing (*Quercus cerris* L.-elevation 940 m a.s.l.). In each plot, the analysis of vertical stand structure, of natural regeneration pattern and ecological surveys (LAI, trasmittance, soil moisture content, canopy interception of rainfall) were undertaken by monthly surveys from May to October into 57 sub-plots each 1m² wide over the period 2005-2007. Results highlighted that (B), Turkey oak prevailing, shows a more complex structure, a higher tree canopy thickness and the lack of gaps. The area shows therefore a lower trasmittance and a higher LAI value; throughfall and soil moisture content are also reduced as compared to (A). As for the natural regeneration pattern, further to a first stage when seedlings mortality is high, their survival rate is being kept high and steady over time in (A). A further mortality peak has been detected vice versa over the following summer season in (B). The different main tree species composition and radiation regime seem to be the basic reasons of the dynamics observed as for mortality and survival rates. The way of seedlings establishment points out that optimal ecological conditions are present for the production and germination of seeds as well, but that the limiting factor is the reduced radiation amount that reaches the forest floor.

Key words: *Turkey oak, natural regeneration, ecological parameters, vertical stand structure, protected areas.*

F.D.C. 231: 176. 1 Quercus cerris

Premessa

Tra le varie funzioni richieste alle foreste, oltre a quella produttiva, risultano attualmente preminenti quelle di assicurare un'elevata diversità biologica e una buona efficienza del sistema. In questo contesto possono essere di grande ausilio gli studi inerenti le dinamiche evolutive dei popolamenti forestali in regime di protezione integrale; tali soprassuoli rappresentano infatti un importante laboratorio per analizzare

i processi biologici, comprendere il funzionamento e valutare le capacità di recupero dei sistemi in funzione del tempo e dei cambiamenti ambientali (ATTIWILL 1994; OLIVER e LARSON 1996; PACI e CIAMPELLI 1996; PETERKEN 1996 e 1999; MARTIN e BAILEY 1999; BENGTTSSON *et al.* 2000; BONCINA 2000; EMBORG *et al.* 2000; GUIDI e MANETTI 2000; FRANKLIN *et al.* 2002; BIANCHI *et al.* 2006 e 2009; LARSEN e NIELSEN 2007; MOTTA *et al.* 2008; MANETTI *et al.* 2009).

A tal fine risultano di estremo interesse una serie di

¹ CRA-SEL Centro di Ricerca per la Selvicoltura, Arezzo

* Autore corrispondente tessa.giannini@entecra.it

aree permanenti, comprendenti le formazioni forestali più diffuse in Italia, istituite da Pavari nel 1952 per valutare le dinamiche evolutive in assenza di interventi antropici e "... avere un esempio di bosco naturale, ... stabilire verso quale tipo di associazione tendono i nostri boschi, ... avere sicure basi per impostare i problemi del trattamento dei nostri boschi" (PAVARI, documento interno). A sessanta anni di distanza si sottolinea ancora la modernità di Pavari che, in questa ricerca, aveva introdotto concetti che hanno animato ed animano tuttora il dibattito sulle foreste e la loro gestione. In queste aree, due delle quali ricadono nella Riserva MaB (Man and Biosphere) di Collemeluccio-Montedimezzo (Isernia) e sono oggetto del presente contributo, l'analisi delle interazioni tra struttura, copertura e processo di rinnovazione naturale può rappresentare il punto di partenza per definire tecniche di gestione caratterizzate da un basso impatto ambientale. La conoscenza dei meccanismi che stanno alla base del processo di rinnovazione naturale costituisce infatti la premessa indispensabile per valutare le tendenze evolutive a lungo termine di un popolamento.

Il processo di rinnovazione naturale, in particolare l'insediamento e la crescita delle plantule, è notevolmente influenzato da due importanti fattori esterni come la luce e l'umidità (LANDSBERG 1986). Nelle foreste prive di intervento antropico il reclutamento dei semenzali avviene in corrispondenza delle interruzioni di copertura originate da crolli di uno o più alberi prossimi alla fine del loro ciclo vitale. Le caratteristiche della copertura forestale rappresentano quindi elementi di primaria importanza nell'influencare il processo riproduttivo e quindi il perpetuarsi delle foreste. Il piano delle chiome può essere descritto e caratterizzato attraverso l'analisi di una serie di variabili (indice di area fogliare, distribuzione verticale delle foglie, quantità di radiazione solare assorbita dalle chiome, angolo medio di inclinazione delle foglie), espressioni della struttura del soprassuolo e del microclima radiativo e strettamente legate a tutti i processi alla base del funzionamento di un ecosistema forestale: intercettazione della radiazione e delle precipitazioni, evapotraspirazione, fotosintesi, produttività del sistema.

Tra le caratteristiche della copertura forestale, quelle più comunemente analizzate sono l'indice di area fogliare (LAI) e la trasmittanza (radiazione solare trasmessa al suolo in percento rispetto di quella incidente il piano delle chiome) in quanto, a fronte di

eventi perturbanti di natura abiotica e biotica, queste sono maggiormente sensibili e hanno tempi di risposta più immediati rispetto alle altre componenti di un ecosistema forestale. Per lo stesso motivo questi parametri sono in grado anche di evidenziare l'impatto delle varie forme di gestione sulla parte più dinamica dell'ecosistema forestale, vale a dire quella epigea, e dare informazioni sulle capacità di reazione della foresta. Ad oggi si registrano numerose ed interessanti ricerche che hanno come principale obiettivo l'analisi della copertura sia in popolamenti sottoposti a trattamento sia in aree a protezione integrale (SCHIRONE e RAGNO 1988; PACI e CIAMPELLI *op. cit.*; CUTINI 1997; CUTINI e BENVENUTI 1998; CUTINI *et al.* 1998; CANTIANI *et al.* 2006; CUTINI e HAJNY 2006).

Obiettivo di questo lavoro è quello di analizzare le dinamiche spazio-temporali del processo di rinnovazione in due popolamenti misti di cerro e faggio, ma con un diverso rapporto percentuale tra le due specie, in abbandono colturale da oltre mezzo secolo, ubicati nella foresta di Montedimezzo (Vastogirardi, Isernia) e inclusi nella rete di aree sperimentali creata da Pavari. In particolare si intendono definire le capacità di insediamento e di affermazione della rinnovazione naturale in relazione ai parametri ecologici, alle condizioni strutturali e agli stadi di sviluppo del soprassuolo.

Le aree di studio

Le aree di studio furono istituite nel 1952 delimitando all'interno della Riserva MaB di Collemeluccio-Montedimezzo (Isernia), due parcelle sperimentali permanenti (A e B) di circa 3 ha ciascuna. L'area A, posta alla quota media di 1040 m s.l.m., è caratterizzata da un soprassuolo a prevalenza di faggio (*Fagus sylvatica* L.), mentre nell'area B (altitudine media 940 m s.l.m.) la specie principale è il cerro (*Quercus cerris* L.). Nel 1991 fu realizzato un transect di struttura di 2000 m² (20·100 m) in entrambe le aree.

Le principali caratteristiche stazionali sono riportate in Tabella 1. Per inquadrare dal punto di vista dendrometrico e compositivo le due formazioni forestali oggetto di studio si riassumono in Tabella 2 i dati di densità (n° piante ha⁻¹), area basimetrica (m² ha⁻¹), altezza dominante (m) e l'indice di Shannon (SHN calcolato sul numero di piante) relativi al 2006; in Figura 1 si riporta l'importanza relativa (%) delle diverse specie nelle due fitocenosi (MANETTI e GUGLIOTTA 2009). Le due aree messe a confronto pos-

Tab. 1 - Foresta di Montedimezzo (IS). Età (Fs = faggio, Qc = cerro) e caratteristiche stagionali delle due aree sperimentali.

Forest of Montedimezzo (IS). Age (Fs = beech, Qc = Turkey oak) and site characteristics in the two study areas A and B.

	Area A	Area B
Età (anni)	Piano superiore Qc e Fs > 100-150	
	Piano inferiore Fs > 30	Piano inferiore Fs > 45 e Qc > 65
Quota (m s.l.m.)	1040	940
Esposizione	Nord	Nord ovest
Pendenza	10-30%	5-10%
Matrice geologica	Arenarie marnose e argillose	
Suolo	Bruno calcareo argilloso	
Piovosità annua	1006 mm	
Temperatura media	8.5°C	

siedono parametri dendrometrici molto simili e anche l'indice di diversità specifica ha valori comparabili. Contrariamente, le due aree differiscono per quanto riguarda il ruolo funzionale assunto dalle diverse specie presenti e in particolare per l'elevata importanza del faggio nell'area A e per quella del cerro e delle altre specie nell'area B. In entrambe le aree, faggio e cerro risultano consociati con acero campestre (*Acer campestre* L.) e carpino bianco (*Carpinus betulus* L.), mentre le specie sporadiche sono rappresentate da frassino maggiore (*Fraxinus excelsior* L.), acero montano (*Acer pseudoplatanus* L.), acero di Lobelius (*Acer lobelii* Ten.), ontano napoletano (*Alnus cordata* Loisel.), melo selvatico (*Malus sylvestris* Miller), perastro (*Pyrus pyrausta* Burgsd.), ciliegio (*Prunus avium* L.), ciavardello (*Sorbus torminalis* L.), corniolo (*Cornus mas* L.), agrifoglio (*Ilex aquifolium* L.), biancospino (*Crataegus oxyacantha* L.), nocciolo (*Corylus avellana* L.), sambuco (*Sambucus nigra* L.), berretta da prete (*Euonymus europaeus* L.), ginepro comune (*Juniperus communis* L.). All'interno delle aree sono stati anche rilevati nuclei di abete bianco (*Abies alba* Mill.) di origine artificiale.

Ulteriori approfondimenti sulle caratteristiche delle aree e sui protocolli sperimentali in esse attuati a partire dagli anni '50 sono reperibili in GUIDI *et al.* 1991; GUIDI e MANETTI 1992; MANETTI e GUGLIOTTA *op. cit.*

Metodi

Nelle stagioni vegetative 2005, 2006 e 2007 sono state effettuate, in entrambe le aree e all'interno dei due transetti, analisi della struttura, stima di alcuni

parametri ecologici e studio della rinnovazione naturale (Figura 2).

L'analisi della struttura verticale è stata determinata attraverso la quantificazione della diversità verticale (indice P di PRETZSCH 1999) e la stima del grado di ricoprimento del soprassuolo. L'indice di Pretzsch $P = \sum p_i \cdot \ln(p_i)$, dove p_i è la frequenza relativa in ciascun piano sociale, è stato calcolato suddividendo il popolamento in tre piani sociali in funzione dell'altezza dominante (piano inferiore con altezza minore di 1/3 di quella dominante, piano intermedio con altezza compresa tra 1/3 e 2/3, piano superiore con altezza maggiore di 2/3). L'articolazione strutturale aumenta con l'aumentare del valore di P ed assume il valore massimo di 1.10 quando sono presenti lo stesso numero di piante nei tre piani considerati. Il grado di ricoprimento $R = \sum A_i / S \cdot 100$, dove A_i è l'area di insidenza della chioma determinata sulla base di 8 raggi orientati secondo le direzioni geografiche e S è la superficie totale del transect, è stato quantificato sia per specie sia in totale. Il parametro è un buon indice per definire la complessità strutturale in quanto considera il grado di sovrapposizione delle chiome.

I parametri ecologici esaminati hanno riguardato la stima del LAI, la determinazione della PAR, dell'umidità del suolo e dell'intercettazione della pioggia. La stima del LAI (Leaf Area Index) è stata effettuata per via indiretta (CUTINI *et al.* 1998; CUTINI *et al.* 2003; CUTINI e VARALLO 2006) utilizzando il Plant Canopy Analyzer LAI-2000 (Li-Cor Lincoln NE USA). I rilievi sono stati fatti con cadenza mensile, nel periodo di massima espansione fogliare, (da maggio a settembre) di ogni stagione vegetativa, su 9 punti di misura (numero vincolato alle caratteristiche dello strumento) posizionati lungo l'asse centrale dei transetti (Figura 2).

Le misurazioni di PAR (radiazione fotosinteticamente attiva) sono state effettuate nei periodi estivi del

Tab. 2 - Foresta di Montedimezzo (IS). Parametri dendrometrici (densità, area basimetrica e altezza dominante) e diversità specifica (indice di Shannon) al 2006 nelle due aree di studio.

Forest of Montedimezzo (IS). Mensurational parameters (density, basal area and top height) and specific biodiversity (Shannon index) in A and B (inventory 2006).

Parametri	Area A	Area B
Densità (n ha ⁻¹)	847	872
Area basimetrica (m ² ha ⁻¹)	47.7	46.2
Altezza dominante (m)	31.9	31.0
Indice di Shannon (SH _n)	1.55	1.51

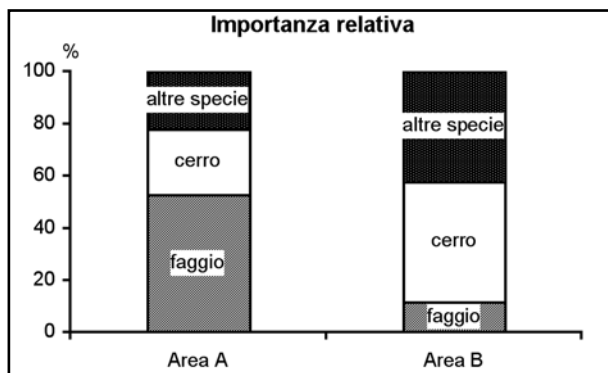


Fig. 1 - Foresta di Montedimezzo (IS). Importanza relativa ($I = 100 * [\text{densità relativa} + \text{area basimetrica relativa}] / 2$ - CHAPMAN *et al.* 2006) per specie nelle due aree sperimentali (inventario 2006).
Forest of Montedimezzo (IS). Importance index (%) per species in A and B (inventory 2006).

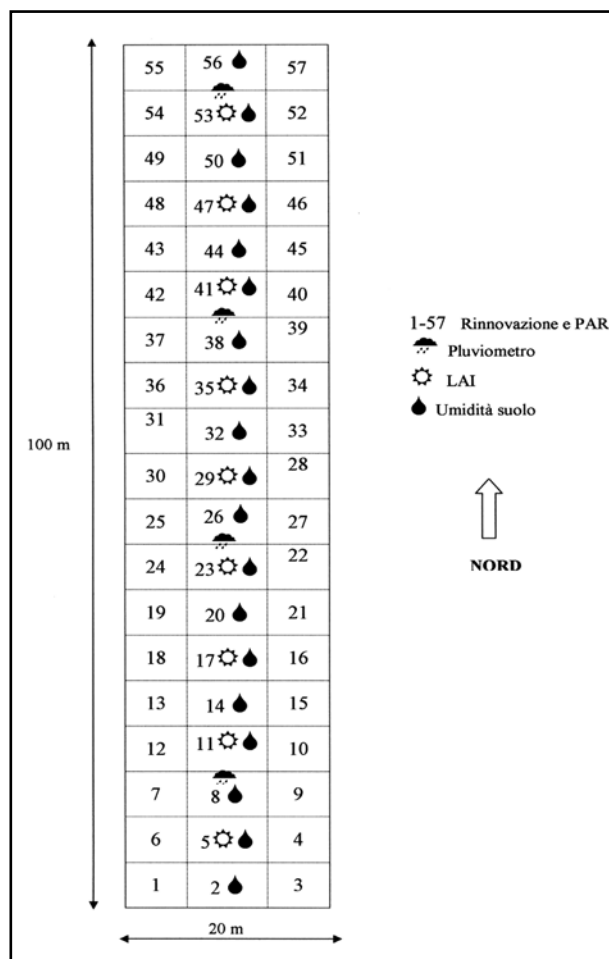


Fig. 2 - Foresta di Montedimezzo (IS). Posizionamento delle attrezzature fisse e mobili nei due transect nelle aree sperimentali.
Forest of Montedimezzo (IS). Positioning of fixed and movable equipments in the two transects.

triennio, in corrispondenza di 57 punti di campionamento situati al centro di subaree di 35 m² (Figura 2) in entrambi i transect, utilizzando ceptometri AccuPAR PAR-80 e LP-80 (Decagon Devices Inc. Pullman WA USA). La dimensione delle subaree è stata scelta in modo da ridurre, nel punto di misura, l'influenza del soprassuolo circostante (altezza dominante superiore a 30 m). Questi valori sono stati utilizzati per la stima della trasmittanza (energia solare trasmessa al suolo in percentuale rispetto a quella incidente sopra il piano delle chiome) mettendoli in relazione con misure di riferimento effettuate in aree prive di copertura (CUTINI 1994 e 1996).

La misurazione dell'umidità del suolo è stata effettuata con il metodo gravimetrico campionando a 20 cm di profondità, mensilmente da maggio ad ottobre, con una sonda pedologica, 19 punti posizionati lungo l'asse centrale del transect. I campioni di suolo sono stati pesati (peso fresco), messi in stufa a 105 °C per 24 ore e quindi pesati nuovamente (peso secco), per calcolarne il contenuto idrico.

L'intercettazione della pioggia da parte della copertura forestale è stata valutata posizionando lungo l'asse centrale del transect 4 pluviometri per area. I dati (mm di pioggia sottocopertura) sono stati rilevati settimanalmente, mediati per evento e successivamente raggruppati per stagione (inverno, primavera, estate e autunno). La quantità di pioggia intercettata dalle chiome nelle due aree (A e B) è stata calcolata in percentuale rispetto alla pioggia esterna, considerando come stazione termo-pluviometrica di riferimento quella di Feudozzo (923 m s.l.m.), posta a circa 1500 m di distanza dalle aree sperimentali.

Per verificare la presenza o meno di differenze statisticamente significative tra le due aree e nell'arco degli anni relativamente ai parametri ecologici è stato applicato il test t di Student.

Lo studio della rinnovazione naturale è stato condotto, in entrambe le parcelle, in 57 microaree di 1 m² ciascuna (le stesse in cui è stata misurata la PAR). I rilievi sono stati effettuati in maggio, giugno ed ottobre, conteggiando in ciascuna microarea il numero di semenzali presenti suddivisi per specie e rilevando l'altezza totale di ciascun individuo. E' stato quindi calcolato l'indice di rinnovazione $IR = N \cdot H$, dove N è il numero di semenzali per m² ed H la loro altezza media in cm, parametro riassuntivo delle modalità di insediamento e di affermazione della rinnovazione (MAGINI 1967).

Per valutare l'incidenza dei diversi parametri ecologici sull'affermazione della rinnovazione naturale sono state eseguite con il software *Statistica* (StatSoft, Inc. Tulsa OK USA) le correlazioni, previa trasformazione dei valori percentuali, tra trasmittanza (%), rinnovazione ($N \cdot m^2$) e umidità del suolo (%), in entrambe le aree sia nel periodo di massimo sviluppo dei semenzali (luglio 2006) che al termine del periodo di osservazione (ottobre 2007).

Risultati

Struttura verticale

Per quanto riguarda l'analisi della struttura lungo il profilo verticale, in Tabella 3 sono stati riportati, per entrambe le aree, i valori dell'indice P (totale e per specie) e il grado di ricoprimento R.

Nell'area B, l'indice di diversità verticale, molto vicino al valore massimo di 1.1, evidenzia una maggiore articolazione strutturale e una più uniforme distribuzione nello spazio. Al contrario nell'area A, a prevalenza di faggio, l'indice P è minore e il piano inferiore numericamente più consistente.

Il grado di ricoprimento R, se considerato complessivamente, ha valori molto simili nelle due aree; al contrario, se valutato per specie, rispecchia la diversa composizione specifica delle due fitocenosi ed evidenzia la buona capacità di copertura del cerro.

Parametri ecologici

I valori medi di LAI e di trasmittanza hanno evidenziato, in entrambe le aree, l'assenza di differenze statisticamente significative nei tre anni di osservazione. Questo perché, nel periodo di rilievo, non si sono verificati fenomeni in grado di alterare significativamente le caratteristiche dell'apparato fogliare.

Al contrario, il test *t* ha messo in evidenza differenze significative ($P < 0.05$) tra le aree relativamente ai valori medi estivi di LAI; l'indice di area fogliare, comunque elevato in entrambe, è risultato minore nell'area A (6.32 rispetto a 7.00 della B), distinta dalla

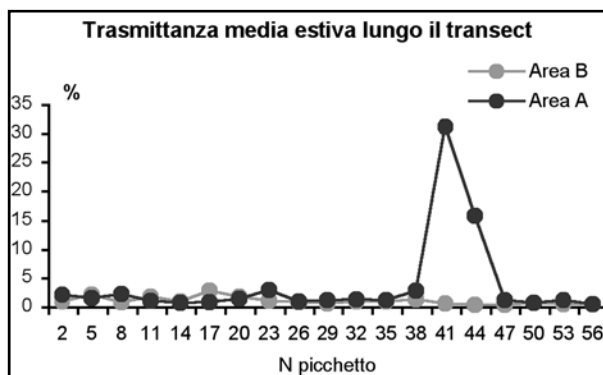


Fig. 3 - Foresta di Montedimezzo (IS). Andamento dei valori medi estivi (2005-2007) di trasmittanza lungo l'asse centrale del transect nelle due aree sperimentali.

Forest of Montedimezzo (IS). Trend of transmittance mean summer values (2005-2007) along the central axis of the transects in A and B.

prevalenza del faggio, specie caratterizzata da una copertura meno consistente rispetto al cerro. Anche per quanto riguarda le medie estive di trasmittanza sono state registrate differenze statisticamente significative ($P < 0.05$) tra le due aree con un maggiore apporto di radiazione al suolo nell'area A (2.37%) rispetto alla B (1.06%).

Per un'analisi di maggior dettaglio è stata esaminata la variazione, lungo l'asse centrale del transect, dei valori medi estivi di trasmittanza (Figura 3); i dati oscillano nell'area B da 0.22 a 2.73% e nell'area A da 0.34 a 31.07%. Nell'area A la notevole e maggiore variabilità dei valori è causata dalla presenza, nel terzo inferiore del transecto, di una buca creata per il crollo di 2 grosse piante di faggio, prima dell'inizio delle osservazioni sperimentali.

Infine l'andamento stagionale dei valori medi mensili sia di trasmittanza che di LAI (Figura 4) rispecchia la diversa composizione specifica delle due aree e quindi la differente fenologia delle specie presenti. L'area B, a prevalenza di cerro, mostra la massima espansione della copertura alla fine di giugno. In funzione di ciò, rispetto al rilievo di maggio, i valori di trasmittanza si riducono e quelli di LAI aumentano per mantenersi più o meno costanti fino a settembre.

Tab. 3 - Foresta di Montedimezzo (IS). Caratteristiche strutturali delle due fitocenosi (inventario 2006).

Forest of Montedimezzo (IS). Structural characteristics in the two phytocoenosis (inventory 2006).

Caratteristiche strutturali	Totale		Faggio		Cerro		Altre	
	Area A	Area B	Area A	Area B	Area A	Area B	Area A	Area B
Indice P di Pretzsch	0.86	1.07						
Grado di ricoprimento R (%)	186	172	70	34	76	73	40	65

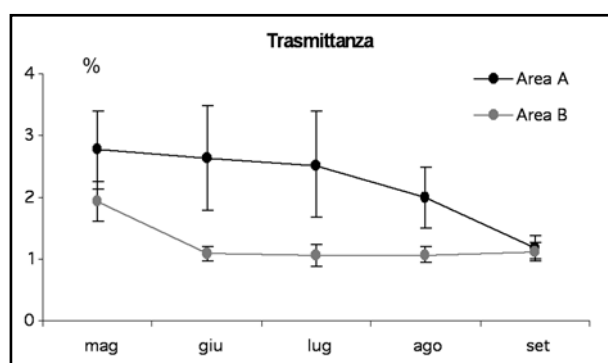
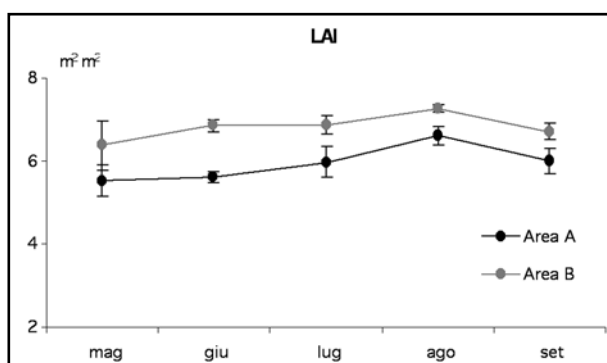


Fig. 4 - Foresta di Montedimezzo (IS). Andamento annuale dei valori medi mensili (2005 - 2007) di LAI e trasmittanza nelle due aree sperimentali.
Forest of Montedimezzo (IS). Annual variation of LAI and transmittance mean monthly values (2005-2007) in A and B.

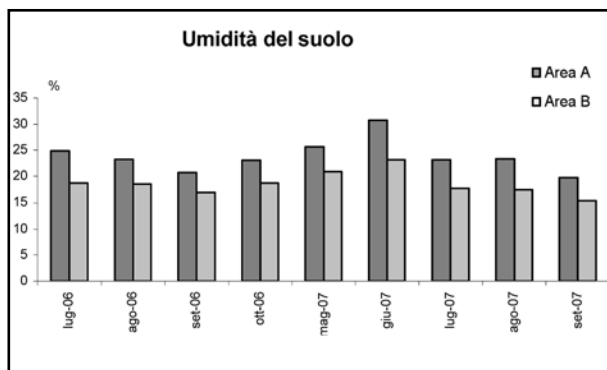


Fig. 5 - Foresta di Montedimezzo (IS). Umidità del suolo (%) misurata con metodo gravimetrico nelle due aree di studio.
Forest of Montedimezzo (IS). Soil moisture content (%) by the gravimetric method in A and B.

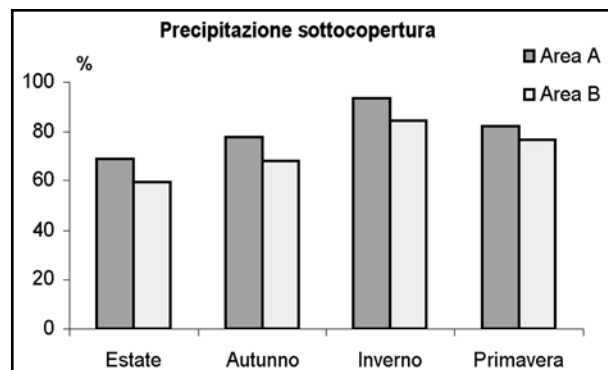


Fig. 6 - Foresta di Montedimezzo (IS). Precipitazione sottocopertura in percentuale rispetto a quella esterna (2006-2007) nelle due aree sperimentali.
Forest of Montedimezzo (IS). Percentage of seasonal throughfall (2006-2007) in A and B.

Nell'area a dominanza di faggio, la fase di massima espansione risulta invece anticipata di circa 1 mese e quindi già a maggio i valori delle due variabili sono simili a quelli registrati negli altri mesi estivi.

I valori di umidità del suolo (Figura 5) registrati nelle stagioni vegetative 2006 e 2007 hanno evidenziato una maggiore percentuale di umidità nell'area A con valori compresi tra il 20 ed il 31% rispetto alla B le cui percentuali si mantengono più basse durante tutto il periodo di rilievo e variano dal 15 al 23%. L'analisi statistica (test t) ha rilevato differenze altamente significative tra le due aree ($P < 0.001$). I dati osservati indicano comunque una buona quantità di umidità nel suolo con valori medi pari al 24 e 19% rispettivamente nell'area A e B.

L'andamento stagionale della quantità di pioggia sottocopertura in percento rispetto alla precipitazione esterna (Figura 6) ha indicato assenza di differenze significative tra le due aree. Nonostante ciò, nell'area A si riscontrano valori sempre maggiori che oscillano dal

93% in inverno al 69% in estate. L'area B, caratterizzata dalla dominanza del cerro, da struttura pluriplanare e copertura più consistente, intercetta maggiormente le piogge esterne e di conseguenza i valori sottocopertura sono risultati inferiori rispetto alla A e variabili dall'84% in inverno al 59% in estate.

Rinnovazione naturale

I risultati ottenuti dal monitoraggio della rinnovazione naturale (Figura 7) hanno evidenziato, nonostante la brevità del periodo di osservazione, modalità interessanti circa la dinamica di insediamento e di sopravvivenza dei semenzali.

Nel 2005, anno di inizio dei rilievi, è stata registrata una quasi totale assenza di rinnovazione (sia di plantule sia affermate) in entrambe le aree. Lo stesso anno si è però caratterizzato per l'abbondante disseminazione del cerro (anno di pasciona). La germinazione dei semenzali di cerro è avvenuta nell'arco di tutta la stagione vegetativa del 2006 raggiungendo il massimo nel

mezzo di luglio con valori di IR pari a 506 nell'area B e di 214 nella A. Successivamente il decremento numerico dei semenzali è stato consistente e si è protratto fino al termine del periodo di osservazione. In entrambe le aree, durante l'abbondante insediamento di rinnovazione naturale del 2006, più del 98% dei semenzali è costituito da plantule di cerro.

La diversa composizione specifica ed in parte il diverso regime radiativo che contraddistingue le due aree sono alla base della differente dinamica osservata nel processo di mortalità (Tabella 4). Nell'area A, eccetto il primo periodo (lug. 06 - ott. 06), in cui la mortalità è elevata e paragonabile a quella dell'area B, il tasso di sopravvivenza dei semenzali si mantiene relativamente alto (85%) e costante nel tempo. Al contrario nell'area B è stato osservato un ulteriore picco di mortalità nel periodo estivo dell'anno successivo.

Nell'area A, relativamente ai rilievi di luglio 2006, sono presenti correlazioni statisticamente significative tra trasmittanza e rinnovazione ($P < 0.001$), mentre non ci sono correlazioni significative tra umidità del suolo e rinnovazione e tra trasmittanza e umidità del suolo. Diversamente nell'area B non si osserva alcuna correlazione significativa tra i vari parametri ecologici e la rinnovazione.

Discussione e conclusioni

Dai risultati si evince che l'area B, a prevalenza di cerro, è strutturalmente più complessa ed evidenzia una maggior consistenza della copertura. Di conseguenza sono stati rilevati sia un minor quantitativo di radiazione sia valori inferiori di umidità e pioggia sottocopertura rispetto all'area A. Questo può avere condizionato la dinamica della mortalità, e quindi la sopravvivenza dei semenzali, che è risultata maggiore rispetto all'area a prevalenza di faggio, caratterizzata

Tab. 4 - Foresta di Montedimezzo (IS). Mortalità (%) dei semenzali di cerro nelle due aree sperimentali.
Forest of Montedimezzo (IS). Mortality rate (%) of Turkey oak seedlings in A and B.

Periodi	Mortalità %	
	Area A	Area B
Lug 06-Ott 06	40	39
Ott 06-Mag 07	12	16
Mag 07-Lug 07	14	20
Lug 07-Ott 07	16	43

da una migliore condizione luminosa, uno dei principali fattori limitanti per l'affermazione dei semenzali.

Il cerro infatti, come sottolineato da GUIDI *et al.* (*op. cit.*), è una specie eliofila che si rinnova con difficoltà sottocopertura e che quindi sfrutta la comparsa di *gap* create dal crollo di piante stramature. DE PHILIPPIS (1942) afferma che i valori minimi di radiazione necessari per la sopravvivenza dei semenzali di cerro si aggirano intorno al 2-3% della luce piena e che tale necessità aumenta con l'accrescimento della pianta. Nelle due aree oggetto di studio i valori medi di radiazione al suolo sono inferiori o appena sufficienti rispetto al limite stimato da De Philippis.

Il LAI misurato nelle aree di studio esprime una buona produttività e le caratteristiche proprie di formazioni forestali mature in abbandono culturale da quasi 60 anni. L'età del piano inferiore è infatti compresa tra 30 e 65 anni, mentre quello superiore evidenzia età maggiori di 150 anni. Rispetto ai dati del 1992 (GUIDI e MANETTI 1992) i valori di LAI sono risultati leggermente inferiori, ma questo può essere dovuto al fatto che il PCA LAI-2000 tende a sottostimare l'indice di area fogliare (CUTINI *et al.* 1998). Secondo KRAMER e KOZŁOWSKI (1979) il LAI di boschi di latifoglie decidue è compreso tra 3 e 6; secondo altri Autori (POLI 1978) esso varia tra 2.5 e 10. In entrambe le aree i valori registrati sono alti e posti nella fascia medio-alta rispetto

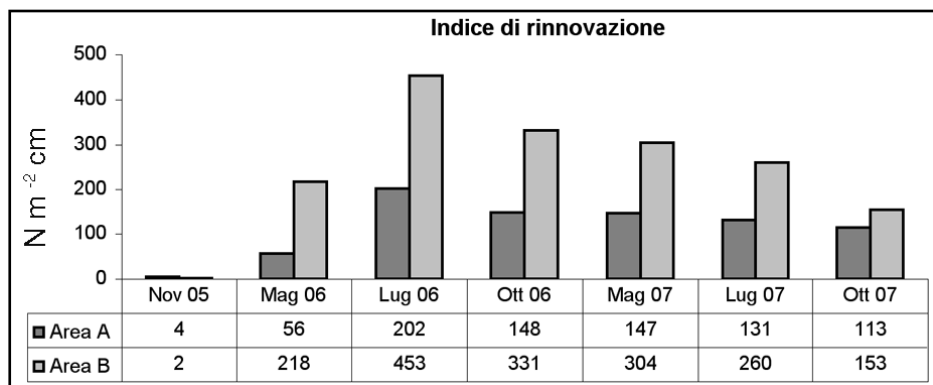


Fig. 7 - Foresta di Montedimezzo (IS). Indice di rinnovazione del cerro nelle due aree di studio nel periodo 2005-2007.
Forest of Montedimezzo (IS). Regeneration index of Turkey oak in A and B (period 2005-2007).

a quelli indicati per soprassuoli simili (ODUM 1971 in SCHIRONE *et al.* 1985).

Per quanto riguarda la pioggia sottocopertura i valori riscontrati nelle aree sperimentali sono in linea o inferiori a quelli evidenziati sia in cedui di cerro sia nei boschi di latifoglie. In queste formazioni i valori di intercettazione sono risultati variabili dal 6.3% al 9.1% nei cedui di cerro (SCARASCIA MUGNOZZA *et al.* 1988) e intorno al 10-12% nei boschi di latifoglie (MONTEITH 1975; HEWLETT 1982). In linea generale possiamo affermare che l'umidità del suolo, come anche evidenziato da GIORDANO e SCHIRONE (1989) rappresenta un fattore importante per la crescita della plantula ma non fondamentale per la sopravvivenza e l'affermazione dei semenzali di cerro.

In definitiva, le modalità di insediamento dei semenzali di cerro indicano che la produzione e la germinazione del seme avvengono in modo ottimale e che solo la ridotta frazione di radiazione che giunge al suolo rappresenta un serio fattore limitante per l'affermazione della rinnovazione.

Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano la dott.ssa Claudia Becagli ed il sig. Alessandro Fois, CRA-Centro di Ricerca per la Selvicoltura (Arezzo), che hanno dato un valido contributo nell'esecuzione dei rilievi in bosco. Un ringraziamento particolare è poi rivolto ai sig.ri Giovanni Tagliente e Validoro Angelone (Unità di Ricerca di Isernia) per il supporto logistico e per aver collaborato con grande competenza alla raccolta dei dati.

Si ringraziano i Referee anonimi per gli utili suggerimenti che hanno contribuito a migliorare il testo finale del lavoro.

Bibliografia citata

ATTIWILL P.M. 1994 - *The disturbance of forest ecosystems: the ecological basis for conservative management*. Forest Ecology and Management 63 (2): 247-300.

BENTSSON J., NILSSON S.G., FRANC A., MENOZZI P. 2000 - *Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests*. Forest Ecology and Management 132 (1): 39-50.

BIANCHI L., PACI M., BARTOLINI D. 2006 - *Dinamiche evolutive di post-selvicoltura nella foresta di Vallombrosa*. Forest@3 (1): 63-71.

BIANCHI L., BOTTACCI A., PACI M., QUILGHINI G. 2009 - *Struttura e dinamismo forestale nella Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino*. In: La Riserva naturale integrale di Sasso Fratino: 1959-2009. 50 anni di conservazione della biodiversità. CFS/UTB Pratovecchio: 69-74.

BONCINA A. 2000 - *Comparison of structure and biodiversity in the Rajhenav virgin forest remnant and managed forest in the Dinaric region of Slovenia*. Global Ecology and Biodiversity 9: 201-211.

CANTIANI P., AMORINI E., PIOVOSI M. 2006 - *Effetti dell'intensità della matricinatura sulla ricostituzione della copertura e sull'accrescimento dei polloni in cedui a prevalenza di cerro*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 33 (2002-2004): 9-20.

CHAPMAN R. A., HEITZMAN E., SHELTON M.G. 2006 - *Long-term changes in forest structure and species composition of an upland oak forest in Arkansas*. Forest Ecology and Management 236 (1): 85-92.

CUTINI A. 1994 - *La stima del LAI con il metodo delle misure di trasmittanza in popolamenti diradati e non diradati di cerro*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 23 (1992): 167-181.

CUTINI A. 1996 - *The influence of drought and thinning on leaf area index estimates from canopy transmittance method*. Annales des Sciences Forestières 53: 595-603.

CUTINI A. 1997 - *Drought effects on canopy properties and productivity in thinned and unthinned Turkey oak stands*. Plant Biosystems, 131 (1): 59-65.

CUTINI A., BENVENUTI C. 1998 - *Effects of silvicultural treatment on canopy cover and soil water content in a Quercus cerris L. coppice*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 27 (1996): 65-70.

CUTINI A., MATTEUCCI G., SCARASCIA MUGNOZZA G. 1998 - *Estimation of leaf area index with the Li-Cor LAI 2000 in deciduous forests*. Forest Ecology and Management 105: 55-65.

CUTINI A., GIULIETTI V., VARALLO A. 2003 - *La stima dell'indice di area fogliare di popolamenti forestali e di singoli alberi con il Plant Canopy Analyzer LAI-2000*. Annali C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 31 (2000): 95-107.

CUTINI A., VARALLO A. 2006 - *Estimation of foliage characteristics of isolated trees with the Plant Canopy Analyzer LAI-2000*. Current Trends in Ecology 1 (2006): 49-56.

CUTINI A., HAJNY M. 2006 - *Effetti del trattamento selvicolturale su produzione di lettiera, caratteristiche della copertura ed efficienza di un ceduo di cerro in conversione*. Annali C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 33 (2002-2004): 133-142.

DE PHILIPPIS A. 1942 - *Contributo ad uno studio monografico sul cerro*. Annali della Sperimentazione Agraria 39: 185-226.

EMBORG J., CHRISTENSEN M., HEILMANN-CLAUSEN J. 2000 - *The natural dynamics of Seserup Skov, a near natural temperate deciduous forest in Denmark*. Forest Ecology and Management 126 (1-3): 173-189.

FRANKLIN J.F., SPIES T.A., PELT R.V., CAREY A.B., THORNBURGH D.A., BERG D.R., LINDENMAYER D.B., HARMON M.E., KEETON W.S., SHAW D.C., BIBLE K., CHEN J. 2002 - *Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example*. Forest Ecology and Management 155 (1-3): 299-423.

- GIORDANO E., SCHIRONE B. 1989 - *Aspetti ecofisiologici delle cerrete dell'Italia centro-meridionale*. In: Prospettive di valorizzazione delle cerrete dell'Italia centro-meridionale. Potenza 3-4 Ottobre 1988: 21-42.
- GUIDI G., MANETTI M.C., PELLER F. 1991 - *Ricerche sull'evoluzione naturale di soprassuoli forestali a Quercus cerris L. e Fagus sylvatica L. nell'Appennino meridionale. Primo contributo - Osservazioni sui caratteri del soprassuolo e relative modificazioni in due aree protette*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 22 (1994): 117-156.
- GUIDI G., MANETTI M.C. 1992 - *Ricerche sull'evoluzione naturale di soprassuoli forestali a Quercus cerris L. e Fagus sylvatica L. nell'Appennino meridionale. Secondo contributo - Osservazioni su alcuni fattori della produttività e del microclima in due aree protette*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 33 (1994): 201-223.
- GUIDI G., MANETTI M.C. 2000 - *L'area Pavari nella faggeta della Foresta Umbra: caratteri strutturali e trend evolutivo*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 28 (1997): 39-46.
- HEWLETT J.D. 1982 - *Principles of forest hydrology*. University of Georgia Press, 183 p.
- KRAMER P.J., KOZLOWSKI T.T. 1979 - *Physiology of woody plants*. Academic Press, New York, 811 p.
- LANDSBERG J.J. 1986 - *Physiological ecology of forest production*. Academic Press, London, 198 p.
- LARSEN J.B., NIELSEN A. B. 2007 - *Nature-based forest management - Where are we going?: Elaborating forest development types in and with practice*. Forest Ecology and Management 238 (1-3): 107-117.
- MAGINI E. 1967 - *Ricerche sui fattori di rinnovazione naturale dell'abete bianco sull'Appennino*. L'Italia Forestale e Montana, 22: 261-270.
- MANETTI M.C., GUGLIOTTA O.I. 2009 - *Modifiche compositive e strutturali in soprassuoli in evoluzione naturale della riserva M.a.B. di Montedimezzo (Isernia)*. Annali CRA-Centro di Ricerca per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 35 (2007-2008): 3-14.
- MANETTI M.C., BARTOLUCCI S., BERTINI G., PIUSSI P., SANI L. 2009 - *Dinamiche naturali in formazioni forestali a prevalenza di leccio nel Parco Regionale della Maremma*. Forest@ 6: 186-198.
- MARTIN C.W., BAILEY A.S. 1999 - *Twenty years of change in a northern hardwood forest*. Forest Ecology and Management 123 (2-3): 253-260.
- MONTEITH J.L. 1975 - *Vegetation and the atmosphere*. Vol. 1. Academic Press, London, 298 p.
- MOTTA R., MAUNAGA Z., BERRETTI R., CASTAGNETI D., LINGUA E., MELONI F. 2008 - *La riserva forestale di Lom (Repubblica di Bosnia Erzegovina): descrizione, caratteristiche, struttura di un popolamento vetusto e confronto con popolamenti stramaturi delle Alpi italiane*. Forest@ 5: 100-111.
- OLIVER C.D., LARSON B.C. 1996 - *Forest Stand Dynamics*. Update ed., John Wiley & Sons Inc., New York (USA): 520 p..
- PACI M., CIAMPELLI F. 1996 - *Risposta della vegetazione all'apertura di gap nella Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino*. Monti e Boschi 2: 50-58.
- PETERKEN G.F. 1996 - *Natural woodland. Ecology and Conservation in Northern Temperate Regions*. Cambridge University Press, Cambridge, 522 p..
- PETERKEN G.F. 1999 - *Applying natural forestry concepts in an intensively managed landscape*. Global Ecology and Biogeography 8 (5): 321-328.
- POLI E. 1978 - *Indice fogliare e relativa problematica*. Informatore Botanico Italiano 10(1): 181-187.
- PRETZSCH H. 1999 - *Structural diversity as a result of silvicultural operations*. In: Management of mixed-species forest: silviculture and economics. Olsthoorn A.F.M., Bartelink H.H., Gardiner J.J., Pretzsch H., Hekhuis H.J., Franc A. (Eds.). IBN Scientific Contributions 15: 157-174.
- SCARASCIA MUGNOZZA G., VALENTINI R., SPINELLI R., GIORDANO E. 1988 - *Osservazioni sul ciclo dell'acqua in un bosco di ceduo di Quercus cerris L.*. Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali 37: 3-21.
- SCHIRONE B., SCARASCIA MUGNOZZA G., VALENTINI R. 1985 - *Osservazioni preliminari sull'indice di area fogliare di Quercus cerris L.*. Monti e Boschi, 36(5): 47-51.
- SCHIRONE B., RAGNO D. 1988 - *Considerazioni sullo sviluppo di un soprassuolo ceduo di cerro basate sullo studio delle chiome*. Annali Accademia Italiana Scienze Forestali 37: 365-389.

Valorizzazione dei cedui di castagno: modalità di gestione e realtà socio-economica del territorio

Maria Chiara Manetti^{1*}, Emilio Amorini¹, Claudia Becagli^{1,2}, Francesco Pelleri¹, Roberto Fratini³, Enrico Marone³

Accettato il 14 ottobre 2010

Riassunto – Il castagno rappresenta una specie di notevole interesse forestale per la produzione di legno ma né il tipo di governo attualmente adottato né la struttura della proprietà e della filiera permettono una adeguata valorizzazione degli assortimenti legnosi. Nonostante l'elevata domanda di legname di qualità, la produzione interna è infatti fortemente deficitaria, soprattutto dal punto di vista qualitativo, per la mancanza di requisiti dimensionali idonei. In questo contesto sono state attivate indagini sperimentali per individuare e verificare approcci selvicolturali che permettano di raggiungere la massimizzazione della resa in rapporto agli investimenti e alle condizioni sociali ed economiche del territorio. Da un punto di vista selvicolturale sono state prese in considerazione due diverse modalità operative, selvicoltura di popolamento e selvicoltura ad albero, mentre dal punto di vista socio-economico sono stati esaminati alcuni indici demografici e analizzate le imprese boschive di prima trasformazione presenti sul territorio. L'obiettivo del lavoro è di valutare le prime risposte ai trattamenti applicati, analizzare le problematiche emerse e valutare l'applicabilità dei metodi proposti in relazione ai diversi contesti socio economici. La sperimentazione è stata condotta in due importanti comprensori forestali della Toscana - il Monte Amiata e le Colline Metallifere - e ha interessato popolamenti giovani su stazioni omogenee, di buona fertilità e densità. I due comprensori esaminati presentano alcune analogie ma soprattutto evidenziano importanti differenze circa la strutturazione sociale e le caratteristiche delle aziende e delle imprese. Rispetto alle Colline Metallifere il territorio del Monte Amiata presenta attualmente una maggior densità di abitanti ma solo 1/3 della popolazione è attiva nel settore agro-forestale; prevalgono le superfici aziendali inferiori ai 2 ettari e il castagno risulta essere la specie principale. Al contrario, nelle Colline Metallifere il settore agro-forestale, con il 57% di addetti, rappresenta una delle principali fonti di reddito per la popolazione; esiste una buona quantità di aziende di medie dimensioni; i soprassuoli a prevalenza di castagno sono marginali, prevalgono le querce caducifoglie e l'assortimento maggiormente lavorato è rappresentato dalla legna da ardere. Da un punto di vista esclusivamente selvicolturale, entrambe le aree esaminate hanno evidenziato potenzialità stagionali idonee per applicazione di una selvicoltura intensiva. In merito ai due sistemi colturali i primi risultati hanno messo in evidenza peculiarità positive e negative legate al tipo di intervento ma, in entrambe le modalità colturali, un parziale ma consistente recupero della copertura già pochi anni dopo il diradamento. In particolare la selvicoltura ad albero fornisce assortimenti di dimensioni maggiori già al primo diradamento ed evidenzia accrescimenti diametrici dei candidati decisamente più elevati rispetto al resto della popolazione. Per contro manifesta problematiche legate alla necessità di personale qualificato per la scelta dei candidati, alla maggior attenzione necessaria durante le fasi di esbosco, alla frequenza degli interventi ancora non definita sperimentalmente, alla necessità di potature, all'impatto della fauna selvatica sui candidati. La selvicoltura di popolamento risulta invece di più facile applicazione ma necessita di una programmazione attenta e dettagliata degli interventi selvicolturali. In definitiva, entrambi gli approcci selvicolturali proposti permettono di valorizzare gli assortimenti legnosi e qualificare le aree di intervento. Indirizzi gestionali di questo tipo possono essere però applicati su larga scala solo dove sussistono, come nel caso del Monte Amiata, rilevanti superfici castanicole associate ad un contesto socio economico favorevole, rispetto alle aree in cui il castagno occupa un ruolo marginale.

Parole chiave: *ceduo, castagno, diradamento, selvicoltura ad albero, selvicoltura di popolamento, contesto socio-economico.*

Abstract – *Enhancing chestnut coppices: silvicultural management and socio-economic context.* *Castanea sativa* is one of the most important species for timber production in Italy but, both management system, ownership type and wood chain structure, aren't able to enhance enough the market value of wood assortments. Although the high demand of quality timber, the internal production is heavily reduced, mainly as far as timber quality is concerned and because of the lack of suitable timber sizes. In this context, experimental trials have been approached to identify and verify which silvicultural methods are best suited to reach high yields depending to the investments needed and the local socio-economical condition. Two technical approaches were evaluated: stand silviculture and single-tree oriented silviculture. As for the socio-economical aspects, a few demographic indexes have been examined and the first-phase processing enterprises acting in the concerned area were analyzed. The goals of this paper are to evaluate the biological response to the applied silviculture, to analyze the problems arisen and to estimate the applicability of the proposed methods in relation to the different socio-economic contexts. The research has been carried out in Tuscany in two important forest areas - Monte Amiata and Colline Metallifere - in young chestnut coppices characterized by an homogeneous stand density and a good site index. The two examined districts showed some similarities but they have mainly highlighted important differences about the social structure and concerns and enterprises characteristics. The area of Monte Amiata is typified by a higher residents density then the Colline Metallifere but only 1/3 of the population is employed in the agro-forest sector. In addition, in the Monte Amiata district most concerns are sized less than 2 hectares and chestnut is the main forest species. On the contrary, in the Colline Metallifere the agro-forest sector (57% of workers) is one of the main sources of income for the local communities and medium-sized concerns are noteworthy present. Chestnut stands have here a marginal role, oaks are dominant and the prevailing assortment is firewood. From a silvicultural viewpoint, both the studied areas showed a quite good potentiality, suitable

¹ CRA-SEL Centro di Ricerca per la Selvicoltura, Arezzo

* Autore corrispondente mariachiara.manetti@entecra.it

^{1,2} Dottoranda di ricerca in "Ecologia forestale" presso il DiSAFRi-Università della Tuscia, Viterbo

³ Dipartimento di Economia Agraria e delle Risorse Territoriali-Università di Firenze

to be enhanced by a more intensive forestry practice. About the two approaches, first results highlighted, for both theses, a partial but noteworthy recovery of canopy cover a few years after thinning occurrence and positive as well as negative distinctive features related to the adopted approach. Single-tree oriented silviculture produces, since the first thinning, larger-sized assortments than stand approach and target trees show a higher diameter growth. The main negative aspects to be taken into account are vice versa the need of qualified personnel at the selection of trees, a higher care at felling and at harvesting operations, a careful planning of thinnings, the need of pruning, the protection against game. Stand silviculture option needs on the other hand repeated thinning interventions and this claims for a detailed monitoring and scheduling of silvicultural practices. Finally, both the proposed approaches allow to enhance the quality of chestnut timber, to increase the value of wood assortments, to qualify the chestnut forest areas. This silviculture can be applied on a large scale only where, as in Monte Amiata, the presence of wide chestnut areas is associated with a favourable socio-economic context.

Key words: *chestnut, coppice, thinning, single-tree oriented silviculture, stand silviculture, socio-economic context.*

F.D.C. 222: 176. 1 Castanea sativa: 64

Premessa

Il castagno rappresenta una specie di notevole interesse forestale per la produzione di legno in quanto è ampiamente diffusa in Italia (788408 ettari), presenta un legname di ottima qualità e mostra caratteristiche biologiche positive quali il rapido accrescimento e la notevole capacità di ricaccio dalla ceppaia (MANETTI *et al.* 2001; CONEDERA *et al.* 2004). Ad incrementare l'importanza della specie e a identificarne la multifunzionalità si aggiunge poi il notevole valore sociale, storico, ambientale e paesaggistico dei soprassuoli di castagno.

Nonostante l'ampia diffusione, la quasi totalità dei popolamenti è però governata a ceduo (77%) con turni brevi (12-25 anni) e assenza di diradamenti. Inoltre la struttura della proprietà - prevalentemente privata e frammentata - e della filiera - incostanza dell'offerta e imprese di trasformazione generalmente piccole - non permettono una adeguata valorizzazione degli assortimenti legnosi (GAJO e MARONE 2000). Le due principali linee produttive, paleria ed elementi strutturali per l'edilizia e l'arredamento, presentano infatti differenti soluzioni di mercato (MARINELLI *et al.* 1996); mentre il fabbisogno interno di paleria risulta totalmente coperto dalla produzione nazionale proprio per le caratteristiche gestionali adottate, alla crescente domanda di assortimenti di qualità non corrisponde, al contrario, un'analoga offerta. La produzione interna è estremamente inadeguata e, soprattutto, il materiale legnoso manca dei requisiti minimi di dimensione e qualità necessari per qualificarsi come legno industriale.

L'analisi dei fenomeni sopra descritti induce a proporre come un importante obiettivo gestionale in molti territori rurali e/o montani la messa a punto di strumenti colturali in grado di valorizzare i soprassuoli cedui di castagno. L'applicazione di una selvicoltura dinamica e mirata può infatti contribuire a incrementare la produzione legnosa di qualità, generare benefici

di ordine ecologico, ridurre i costi ambientali derivati dall'importazione del legname, rilanciare, valorizzare e sostenere le economie locali sia in termini occupazionali direttamente nella filiera legno sia nell'attivazione di filiere aggiuntive per l'alta valenza turistico ricreativa e i prodotti secondari forniti (MANETTI *et al.* 2004; MANETTI *et al.* 2006; NOSENZO 2007).

In questo contesto sono state attivate, in due diversi comprensori castanicoli toscani, indagini sperimentali per individuare e verificare gli approcci selvicolturali che permettano di raggiungere una massimizzazione della resa in rapporto agli investimenti e alle condizioni sociali ed economiche del territorio.

Da un punto di vista selvicolturale sono state prese in considerazione due diverse modalità operative - selvicoltura di popolamento e selvicoltura ad albero - che presentano alcune specificità ma risultano accomunate dalla stessa finalità, ossia produrre legname di qualità attraverso l'allungamento del turno e l'applicazione di diradamenti precoci e di media-forte intensità (MANETTI *et al.* 2009; MANETTI *et al.* 2010). Dal punto di vista socio-economico sono stati esaminati alcuni indici demografici e analizzate le imprese boschive di prima trasformazione presenti sul territorio.

L'obiettivo del lavoro è quello di presentare il protocollo di ricerca applicato, valutare le risposte dei soprassuoli da un punto di vista produttivo ed ecologico dopo due anni di sperimentazione, verificare l'economicità delle varianti proposte, analizzare le problematiche emerse e determinare se l'incremento dell'offerta locale può essere sostenuto dalle realtà produttive territoriali.

Materiale

Le aree di indagine

La sperimentazione è stata condotta in due importanti comprensori forestali della Toscana - il Monte Amiata e le Colline Metallifere - e ha interessato

popolamenti giovani su stazioni omogenee, di buona fertilità e densità (Figura 1).

Comprensorio del Monte Amiata

Il Monte Amiata è un rilievo isolato che raggiunge l'altitudine di 1738 m s.l.m.. Il territorio analizzato nel presente studio ricade nella provincia di Siena (Comuni di Abbadia San Salvatore e Piancastagnaio) e si caratterizza come una delle zone più importanti nell'area di diffusione del castagno in Toscana. I popolamenti costituiscono per estensione, elevata produttività e contemporanea presenza di tipologie selvicolturali differenti (dal castagneto da frutto al ceduo a turno breve, a quello a turno medio-lungo, fino ai popolamenti avviati ad alto fusto) un interessante laboratorio per l'analisi delle possibili scelte gestionali.

I castagneti a prevalente funzione legnosa, cedui e alto fusto, occupano una superficie di 3534 ha, sono ubicati nella fascia altimetrica tra 800 e 1200 m s.l.m. e solo il 13% è gestito da enti pubblici. Il trattamento selvicolturale si diversifica in funzione del tipo di proprietà: nell'area pubblica la gestione prevede un turno di 25-30 anni, la realizzazione di un diradamento a circa 12 anni e il rilascio di 60 matricine ad ettaro; nella proprietà privata il turno è normalmente ridotto a 16 anni, non vengono eseguiti diradamenti e il numero di matricine sale fino a 100 per ettaro.

Il substrato geologico è costituito da lave trachitiche ricche di silicati e povere di basi che hanno originato terre brune di buone caratteristiche fisiche, a reazione subacida. I suoli (Carta dei suoli della Toscana <http://sit.lamma.rete.toscana.it/websuoli/>) appartengono all'unità cartografica GUA 1 - *Andic Dystrudepts coarse-loamy, siliceous, mesic* - profondi, molto soffici, non ghiaiosi, a tessitura franco sabbiosa e franca, non calcarei, da moderatamente a fortemente acidi, a saturazione molto bassa, ben drenati.

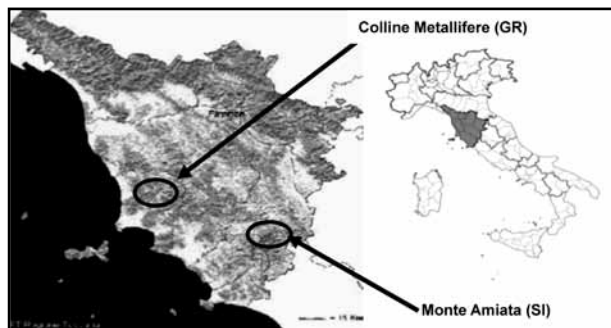


Fig. 1 - Localizzazione delle due aree di indagine.
Location of the study areas.

I dati climatici registrati nella stazione di Abbadia San Salvatore (829 m s.l.m.) per il periodo 1961-1990, riportano una temperatura media annua di 10.1° C e precipitazioni annue di 1547 mm.

Comprensorio delle Colline Metallifere

Le Colline Metallifere costituiscono il principale e più esteso sistema collinare e montuoso dell'antiappennino toscano. Il territorio analizzato ricade nella provincia di Grosseto (Comuni di Massa Marittima, Monterotondo, Montieri e Roccastrada) e il castagno, benché molto diffuso in passato, riveste attualmente un ruolo piuttosto marginale. La superficie forestale totale dell'area di indagine è pari a 48000 ha di cui l'80% (38400 ha) sono cedui, in prevalenza quercini, mentre il castagno occupa una superficie di soli 1310 ha.

L'area di studio è caratterizzata principalmente da suoli appartenenti all'unità cartografica CBO1 - *typic ustorthents loamy-skeletal, mixed, calcareous, mesic, shallow* - con substrato di argilloscisti siltosi (galestri) con calcarei silicei (palombini) ed in subordine arenarie calcaree, poco profondi e soggetti ad erosione idrica da moderata a forte (Carta dei suoli della Toscana <http://sit.lamma.rete.toscana.it/websuoli/>).

Il clima, secondo i dati della stazione di Gerfalco (732 m s.l.m.) per il periodo 1951-1980, è contraddistinto da temperatura media annua di 11.7° C e precipitazioni annue di 1047 mm.

Cenni storici

Nelle due aree analizzate il declino della coltura del castagno, che dai primi anni del 1900 ha colpito molte zone castanicole italiane ed europee per il duplice e concomitante effetto delle patologie e dell'abbandono delle aree rurali, ha avuto esiti sostanzialmente differenti. Inizialmente, in entrambi i comprensori, la conversione in ceduo del castagneto da frutto è risultata economicamente sostenibile principalmente per la presenza delle miniere di mercurio sul Monte Amiata e dei giacimenti minerari nelle Colline Metallifere che hanno avuto un duplice benefico effetto: mantenere la popolazione sul territorio e assorbire il prodotto proveniente dal taglio dei cedui. Successivamente, negli anni '60, la crisi mineraria ha determinato la sospensione delle utilizzazioni in molti cedui e diversificato le modalità selvicolturali nei due territori.

La variazione nel tempo della popolazione residente (Figura 2) ha evidenziato che l'incremento numerico degli abitanti è proseguito in modo più o

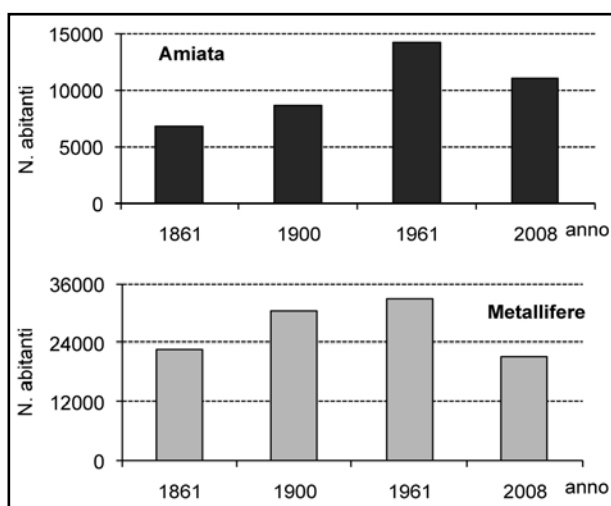


Fig. 2 - Variazione della popolazione residente dal 1861 al 2008 nei due comprensori (Fonte dati Istat).
Change of resident population from 1861 to 2008 in the study areas (source: Istat).

meno marcato fino agli anni '60 in entrambi i territori e che il successivo decremento è coinciso con la crisi delle miniere, presenti nelle due aree. La variazione maggiore è stata registrata nelle Colline Metallifere, con una riduzione del 36%, rispetto al Monte Amiata (-23%). Nell'Amiata la tendenza è stata quella di conservare e migliorare i soprassuoli cedui di castagno attraverso l'allungamento del turno (fino a 35 anni) e l'applicazione di diradamenti selettivi per produrre assortimenti di qualità superiore rispetto alla paleria. Al contrario, nelle Colline Metallifere caratterizzate da condizioni stagionali non ottimali per il castagno, l'abbandono della ceduzione ha portato al reingresso di altre specie e alla costituzione di formazioni miste dove il cerro è la specie prevalente.

Le modalità selvicolturali

La selvicoltura di popolamento

Le linee guida che caratterizzano la selvicoltura di popolamento sono già state definite in precedenti contributi (AMORINI *et al.* 1997; AMORINI *et al.* 2000; AMORINI e MANETTI 2002) e si identificano in due modelli di trattamento (Tabella 1) caratterizzati da diradamenti precoci, frequenti, di tipo basso o misto e di media-forte intensità al fine di mantenere nel tempo un piano dominante equilibrato e funzionale in accordo con le caratteristiche biologiche della specie e le dinamiche espresse dal ceduo in evoluzione naturale (eliofilia, precocità e rapidità di accrescimento, attiva riorganizzazione sociale, tendenza a costituire strutture monoplane).

La selvicoltura ad albero

I principi ispiratori della selvicoltura ad albero si sono sviluppati all'inizio del secolo scorso in Francia, Germania, Danimarca e Inghilterra e hanno interessato sia specie sociali come faggio (*Fagus sylvatica* L.) e querce (*Quercus* spp.) sia latifoglie a legname pregiato (MICHAELIS 1907, DUCCELLIER 1930; MOLLER 1931; HUMMEL 1951; DE SAINT-VAULRY 1969; JOBLING e PEARCE 1977). L'obiettivo è l'applicazione di una selvicoltura orientata a valorizzare i singoli individui, scelti precocemente in funzione della vigoria, della buona qualità morfologica e di una adeguata distribuzione spaziale. Il sistema selvicolturale è caratterizzato da diradamenti di tipo

Tab.1 - Modelli selvicolturali alternativi al ceduo a turno breve. Sono riportate la lunghezza del turno, la frequenza e l'intensità dei diradamenti, le principali caratteristiche dendrometriche (N = numero di polloni, G = area basimetrica, D = diametro medio) prima e dopo gli interventi selvicolturali, nonché i valori di mortalità (K) e di incremento corrente di area basimetrica (Ic) previsti tra i due interventi successivi.
Silvicultural models alternative to the short-rotation coppice. Rotation length, frequency and intensity of thinnings, main mensurational parameters (N = number of shoots, G = basal area, D = mean dbh) before and after each thinning, mortality rates (K) and basal area current increment (Ic) expected between subsequent inventories, are reported.

TURNO MEDIO		Prima del diradamento			Entità del diradamento			Dopo il diradamento		
Età anni	H dom m	N n ha ⁻¹	G m ² ha ⁻¹	D cm	N %	G %	N n ha ⁻¹	G m ² ha ⁻¹	D cm	Ic m ² ha ⁻¹ an ⁻¹
10	> 10	5500	26.9	7.9	50	35	2750	17.5	9.0	Ic = 1.9 m ² ha ⁻¹ an ⁻¹
mortalità = 4 %										
	13.5-									
15	15.5	2640	27.0	11.4	50	30	1320	18.9	13.5	Ic = 1.6 m ² ha ⁻¹ an ⁻¹
mortalità = 2 %										
	16.5-									
22	18.0	1294	30.1	17.2	40	30	776	21.1	18.6	Ic = 1.4 m ² ha ⁻¹ an ⁻¹
mortalità = 1 %										
	19.0-									
30	20.0	768	32.3	23.2						
TURNO LUNGO		Prima del diradamento			Entità del diradamento			Dopo il diradamento		
Età anni	H dom m	N n ha ⁻¹	G m ² ha ⁻¹	D cm	N %	G %	N n ha ⁻¹	G m ² ha ⁻¹	D cm	Ic m ² ha ⁻¹ an ⁻¹
15	> 13	3900	31.5	10.1	50	35	1950	20.5	11.6	Ic = 1.6 m ² ha ⁻¹ an ⁻¹
mortalità = 3 %										
	16.5-									
22	18.0	1892	31.7	14.6	40	27	1135	23.1	16.1	Ic = 1.4 m ² ha ⁻¹ an ⁻¹
mortalità = 2 %										
	19.0-									
30	20.0	1112	34.3	19.8	30	22	779	26.8	20.9	Ic = 1.4 m ² ha ⁻¹ an ⁻¹
mortalità = 1.5 %										
	21.0-									
37	22.0	767	35.2	24.2	30	22	537	27.4	25.5	Ic = 1.2 m ² ha ⁻¹ an ⁻¹
mortalità = 1 %										
	22.5-									
44	23.0	531	35.8	29.3	30	25	372	26.9	30.3	Ic = 1.0 m ² ha ⁻¹ an ⁻¹
mortalità = 0 %										
	23.5-									
50	24.0	370	32.9	33.6						

alto, finalizzati ad isolare le chiome delle piante selezionate e ripetuti nel tempo per evitare l'instaurarsi di fenomeni competitivi a danno delle piante scelte. Negli ultimi decenni questa modalità si è progressivamente diffusa in Europa (BASTIEN e WILHEIM 2000; SPIEKER 2006; GIULIETTI *et al.* 2009; PELLER *et al.* 2009) per tentare di ridurre le spese della gestione selvicolturale gravata da un notevole aumento del costo della manodopera non bilanciato da un analogo incremento del prezzo del legname.

Attualmente non ci sono esperienze di ricerca e sperimentazione sui soprassuoli di castagno ma, alla luce di quanto sopra emerso, questa modalità potrebbe rappresentare una opzione alternativa in alcuni contesti sociali dove non è economicamente conveniente o tecnicamente possibile l'applicazione dei modelli di trattamento già codificati (MANETTI *et al.* 2009).

Il protocollo sperimentale

In ciascuna area di indagine sono state delimitate e rese permanenti parcelle sperimentali (Tabella 2) dove applicare il protocollo di ricerca stabilito, articolato in tre tesi di trattamento:

Tesi A – selvicoltura ad albero, ovvero selezione di 100 piante obiettivo ad ettaro e intervento di diradamento finalizzato a isolare le chiome delle piante scelte. Il diradamento è stato realizzato esclusivamente a carico delle ceppaie limitrofe alle piante obiettivo, mentre il resto del soprassuolo è rimasto inalterato. I candidati sono stati scelti individuando i soggetti migliori in funzione di alcuni principi fondamentali: (i) appartenenza al piano dominante e quindi assenza di forti fenomeni competitivi in atto; (ii) buona conformazione morfologica, ovvero fusti dritti e chiome equilibrate; (iii) assenza di cancri attivi; (iv) disposizione spaziale regolare.

Tesi B – selvicoltura di popolamento, ovvero diradamento di tipo da basso a misto e di forte intensità

a carico di ciascuna ceppaia presente. Concretamente sono stati rilasciati circa il 50% dei polloni portati da ciascuna ceppaia.

Tesi C – controllo, nessun intervento.

Metodo

Analisi del territorio e delle imprese

L'analisi del contesto socio-economico è stata effettuata attraverso la determinazione di alcuni indicatori demografici e la valutazione della dimensione della struttura produttiva, legata al sistema agro-forestale. Sono poi state acquisite informazioni di dettaglio inerenti le imprese boschive di prima trasformazione che lavorano quasi esclusivamente nei territori oggetto di indagine.

L'analisi demografica è stata effettuata utilizzando dati Istat reperiti nella banca dati GeoDemo (*demo.istat.it*) per individuare la densità della popolazione (numero di abitanti in funzione della superficie territoriale); l'indice di dipendenza, ovvero il rapporto tra gli abitanti che per legge sono economicamente dipendenti (con età inferiore a 15 anni o maggiore di 65 anni) rispetto a quelli in età lavorativa (con età compresa tra 16 e 64 anni); l'indice di vecchiaia (rapporto tra la popolazione con età maggiore di 65 anni e quella con età minore di 14) e l'andamento demografico degli ultimi 150 anni.

L'analisi economica è stata realizzata considerando il numero, la dimensione, il tipo di conduzione e il titolo di possesso delle aziende agroforestali (dati Istat, 5° Censimento dell'Agricoltura) ricadenti nei comuni considerati. Altri parametri valutati sono stati il numero di addetti e la suddivisione territoriale per categoria d'uso dei suoli.

Infine, i dati necessari ad esaminare il primo anello della filiera foresta - legno sono stati acquisiti tramite appositi questionari sottoposti a 15 ditte di utilizzazione boschiva che operano nell'area dell'Amiata e delle Colline Metallifere. La maggior parte delle ditte intervistate ha sede nei comuni ricadenti nell'area indagata eccetto due imprese che provengono dalle province di Viterbo e Avellino ma sono attive nel territorio Amiatino. L'indagine ha cercato di evidenziare oltre alla struttura aziendale, le specie legnose trattate, il quantitativo acquistato e quello venduto, la tipologia di assortimenti, le aree di provenienza e di destinazione del legname trattato. Infine sono state anche prese in considerazione le macchine e le attrezzature di

Tab. 2 - Parametri stazionali e protocollo sperimentale dei due siti di studio.

Site parameters and layout of the exp. trial in each study area.

Area di indagine	Monte Amiata	Colline Metallifere
Altitudine (m s.l.m.)	990	720
Esposizione	S-SE	N-NO
Pendenza (%)	10	20
Età (anni)	11	16
Numero aree sperimentali	3	3
Dimensione aree sperimentali (m ²)	2500	2500
Anno del diradamento	Inverno 2007-08	Inverno 2008-09

proprietà della ditta. I dati raccolti sono stati inseriti in un *data base* appositamente costruito.

Indagini dendrometriche e strutturali

In ciascuna area sperimentale (Tabella 2) i rilievi sono stati eseguiti prima del diradamento, subito dopo l'intervento e ripetuti annualmente all'inizio di ogni stagione vegetativa. Sono stati rilevati parametri dendrometrici (diametro a 1.30 m e altezza totale), strutturali (posizione sociale individuale e ubicazione nello spazio) ed ecologici (indice di area fogliare e trasmittanza) allo scopo di caratterizzare i soprassuoli da un punto di vista produttivo e strutturale, definire le intensità di diradamento applicate, valutare le dinamiche naturali e il recupero della copertura e della biomassa nel tempo.

La scelta delle piante obiettivo è stata effettuata anche nelle altre due tesi allo scopo di confrontare l'accrescimento in funzione del tipo di intervento selvicolturale applicato. Di ciascuna pianta scelta sono stati rilevati, oltre le caratteristiche dendrometriche e strutturali sopra definite, anche l'altezza di inserzione e l'area di insidenza della chioma.

Inoltre, nelle due tesi di diradamento, sono stati rilevati i tempi di lavoro considerando separatamente le fasi di taglio e di esbosco e sono stati definiti la quantità e il tipo di assortimenti prodotti.

Risultati

Il territorio: analisi demografica, dimensioni ed efficienza delle imprese

In Tabella 3 sono riportati alcuni parametri demografici che caratterizzano i due comprensori esaminati. Il carattere distintivo è dato essenzialmente dalla densità di abitanti, molto più elevata nel Monte Amiata per la maggior vocazione turistica di quest'area, caratterizzata dalla presenza di strutture ricettive sia estive che invernali. Per quanto riguarda invece gli altri due indicatori non sono state riscontrate differenze tra le

Tab. 3 - Indici demografici dei due territori analizzati relativi all'anno 2009.
Demographic indexes of the two land areas at 2009.

	Monte Amiata	Colline Metallifere
Superficie territoriale (km ²)	128,62	778,95
Popolazione residente (n)	10.939	20.918
Densità (numero per km ²)	85	27
Indice di dipendenza	0,61	0,62
Indice di vecchiaia	2,62	2,62

Tab. 4 - Parametri descrittivi delle aziende agro-forestali presenti nei due territori analizzati (dati Istat).
Descriptive parameters of agro-forest concerns in each land area (source: Istat).

		Monte Amiata	Colline Metallifere
Superficie territoriale	ha	12862	77895
Aziende agro-forestali	numero	906	2891
	ha	9305	56389
	% su sup terr	72	72
Tipo di conduzione	diretta (%)	97	93
	con salariati (%)	3	7
Dimensione azienda	< 2 ha (%)	61	36
	2-10 ha (%)	27	34
	> 10 ha (%)	12	30
Aziende in proprietà	%	96	92
Addetti nel settore	numero	2308	7347
	% su pop attiva	34	57

aree: i valori degli indici sono equivalenti e designano che almeno il 61-62% della popolazione è economicamente dipendente e che le persone con età maggiore di 65 anni sono quasi il triplo rispetto a quelle di età inferiore a 14 anni.

L'analisi della struttura delle aziende agro-forestali (Tabella 4) ha evidenziato che il 72% di entrambi i territori è di pertinenza agricola o forestale ma che sul Monte Amiata la densità di aziende in funzione della superficie territoriale è quasi il doppio (7.0 a km²) rispetto alle Colline Metallifere (3.7 a km²). Il dato è ovviamente influenzato dalla dimensione delle aziende che sul Monte Amiata sono risultate inferiori ai 2 ha nel 61% dei casi, mentre nelle Colline Metallifere è presente anche una discreta quantità di aziende superiori ai 10 ha; generalmente quasi tutte sono in proprietà e a conduzione diretta. Infine, il numero di addetti rispetto alla popolazione attiva (15-65 anni) evidenzia il diverso peso del settore agro-forestale nei due territori; sul Monte Amiata solo il 34% della popolazione è attiva nel settore mentre nelle Colline Metallifere tale percentuale sale al 57%. La suddivisione della superficie territoriale per categoria d'uso del suolo (Figura 3) ha evidenziato una distribuzione simile nelle due aree e una predominanza della categoria SB (boschi e arboricoltura) che rappresenta il 41% sul Monte Amiata e il 38% nelle Colline Metallifere. Ciò che contraddistingue nettamente le due aree è la consistenza dei boschi di castagno, pari al 67% sul Monte Amiata e solo al 4% nelle Colline Metallifere.

Per quanto riguarda le aziende forestali nell'ambito delle due province (Siena e Grosseto), il numero di ditte iscritte sotto la voce "selvicoltura ed utilizza-

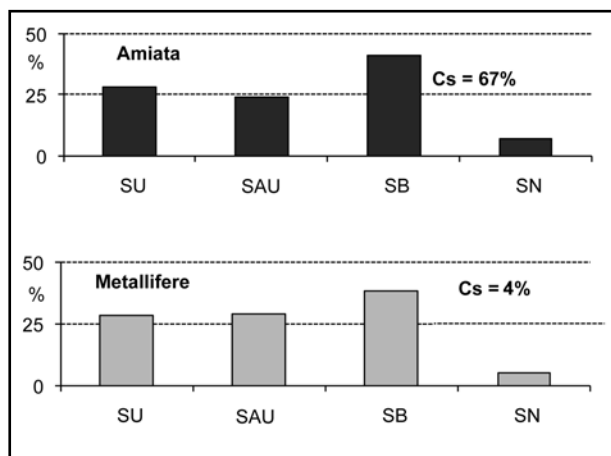


Fig. 3 - Suddivisione della superficie territoriale per categoria d'uso dei suoli (SU = aree urbane; SAU = superficie agraria utilizzata; SB = boschi e arboricoltura; SN = superficie non utilizzata - Fonte dati Istat) e presenza dei boschi di castagno (Cs) in percentuale sul totale della categoria.

Land use categories (SU = urban areas; SAU = cultivated agricultural area; SB = forests and set-aside tree plantations; SN = abandoned area - source: Istat) and chestnut stands (Cs) as a percentage of each category.

zioni forestali” ai registri delle Camere di Commercio Industria, Artigianato e Agricoltura (CCIAA) risulta nel 2008 pari a 231 a Grosseto e 157 a Siena, sul totale regionale di 1449 (MORI 2009). In questo contributo sono state considerate solo le ditte che operano quasi esclusivamente nei due comprensori analizzati (BECAGLI *et al.* 2010), 10 sul Monte Amiata e 5 nelle Colline Metallifere (Tabella 5). La forma giuridica di gran parte del campione esaminato è rappresentato da ditte individuali, la maggior parte delle quali composte da un numero di addetti inferiore alle 5 unità e con una quota consistente di personale avventizio al quale ricorrono nei periodi di maggiore impegno lavorativo. Le specie legnose utilizzate, e di conseguenza gli assortimenti prodotti, differiscono in modo sostanziale nei due territori e riflettono la diversa composizione specifica dei soprassuoli. Sul Monte Amiata, oltre al castagno, trattato dal 100% delle ditte intervistate, vengono lavorati anche faggio (3 ditte) e piccoli quantitativi di conifere (3 ditte trattano l’abete bianco e 1 la douglasia). Al contrario nelle Colline Metallifere il castagno riveste un ruolo marginale mentre tutte le ditte intervistate tagliano boschi di querce caducifoglie (tendenzialmente cedui di cerro e roverella) e limitatamente anche macchia mediterranea. In linea con quanto sopra, la paleria sul Monte Amiata e la legna da ardere nelle Colline Metallifere rappresentano gli assortimenti principali, prodotti dal 100% del campione analizzato. Il legname

da triturazione proviene essenzialmente dai tagli dei boschi di conifere mentre la produzione di segati da soprassuoli di faggio e, in quantitativi limitati, anche da formazioni di abete bianco. Infine, la travatura di castagno rappresenta un assortimento di pregio ma lavorato solo da poche imprese per la mancanza di fusti di diametro e lunghezza sufficienti. In Toscana gran parte del tondame di castagno per travature è infatti importato dalla Calabria e dalla Francia.

La gestione selvicolturale: diradamento e dinamica post-intervento

I parametri dendrometrici, strutturali ed ecologici analizzati prima del diradamento (Tabella 6), indicano che le due aree di indagine presentano i requisiti necessari per l’applicazione dei sistemi selvicolturali proposti, finalizzati alla produzione di legname di elevata qualità. Tra questi, una buona fertilità stazionale, un sufficiente numero di ceppaie, idonee caratteristiche della copertura (LAI e valori di trasmittanza), una notevole strutturazione sociale (indice di importanza in funzione dell’età) e un’alta produttività. Da un punto di vista selvicolturale le due aree differiscono per l’età del primo intervento - 11 anni sull’Amiata e 16 nelle Colline Metallifere - e, carattere importante e indicativo, per la composizione specifica. Mentre il soprassuolo amiatino è composto esclusivamente da

Tab. 5 - Numero di imprese per forma giuridica, quantità e tipo di personale impiegato, specie trattate e assortimenti prodotti nei due comprensori analizzati.

Number of concerns according to the legal status, number and type of personnel employed, tree species concerned and wood assortments produced in each district.

		Monte Amiata	Colline Metallifere
Forma giuridica	ditta individuale	8	4
	società di fatto	1	1
	cooperative	1	0
Personale totale	< 5 unità	7	2
	6-10 unità	1	1
	> 11 unità	2	2
Personale a tempo indeterminato	< 30%	4	1
	31-60%	3	1
	> 61%	3	3
Specie trattate	castagno	10	1
	querce caducifoglie	1	5
	faggio	3	0
	abete	3	0
	douglasia	1	0
	macchia	0	1
Assortimenti prodotti	triturazione	6	1
	legna da ardere	1	5
	paleria	10	1
	travatura	3	0
	segati	6	1

Tab. 6 - Caratteristiche dendrometriche, strutturali ed ecologiche prima del diradamento, nelle aree sperimentali dei due siti di indagine.
Mensurational, structural and ecological parameters before thinning occurrence in the exp. plots of each area.

Area di studio		Monte Amiata	Colline Metallifere
Età (anni)		11	16
Altezza dominante (m)		13.1 (2007)	15.2 (2008)
Ceppaie (n ha ⁻¹)		835 ± 120	1049 ± 239
Numero	Polloni di castagno (n ha ⁻¹)	5897 ± 165	2314 ± 553
	Altre specie (n ha ⁻¹)	-----	593 ± 185
	Matricine (n ha ⁻¹)	80 ± 11	68 ± 4
Area basimetrica	Polloni di castagno (m ² ha ⁻¹)	24.21 ± 1.3	19.48 ± 4.2
	Altre specie (m ² ha ⁻¹)	-----	4.12 ± 1.7
	Matricine (m ² ha ⁻¹)	7.0 ± 0.2	3.9 ± 1.4
Diametro medio	Polloni di castagno (cm)	7.2 ± 0.2	10.4 ± 0.2
	Altre specie (cm)	-----	8.9 ± 1.1
	Matricine (cm)	33.4 ± 2.5	26.7 ± 5.6
Volume	Polloni di castagno (m ³ ha ⁻¹)	146.23 ± 7.77	127.45 ± 16.6
	Altre specie (m ³ ha ⁻¹)	-----	26.68 ± 11.2
	Matricine (m ³ ha ⁻¹)	61.33 ± 2.31	27.47 ± 5.8
Indice di Importanza (% dominanti)		42	44
Presenza castagno (%)		100	80
Indice di Area Fogliare (m ² m ⁻²)		6.5 ± 0.6	5.2 ± 0.2
Trasmittanza (%)		1.7 ± 1.3	3.4 ± 1.4

castagno, nell'area delle colline metallifere la presenza di altre specie, in primo luogo il cerro, raggiunge il 20% in numero e il 15% in area basimetrica.

Le due differenti modalità colturali - diradamento dall'alto per isolare le chiome di 100 piante obiettivo nella tesi A e diradamento dal basso nella tesi B - oltre a caratterizzarsi per intensità differenti, hanno inciso in modo diverso nelle varie classi sociali (Figura 4): nell'approccio ad albero (tesi A) la riduzione della densità e dell'area basimetrica è principalmente a carico della componente dominante mentre, nella tesi B, l'intensità del diradamento è stata più alta e ha interessato maggiormente il piano dominato ed intermedio.

La quantificazione delle operazioni di taglio ed esbosco ha indicato che, nonostante la diversità tra i siti e i sistemi selvicolturali adottati, non è stata registrata una dipendenza tra la modalità colturale e i tempi di lavoro (T). Al contrario l'analisi dei dati ha dimostrato che sussiste una stretta e significativa

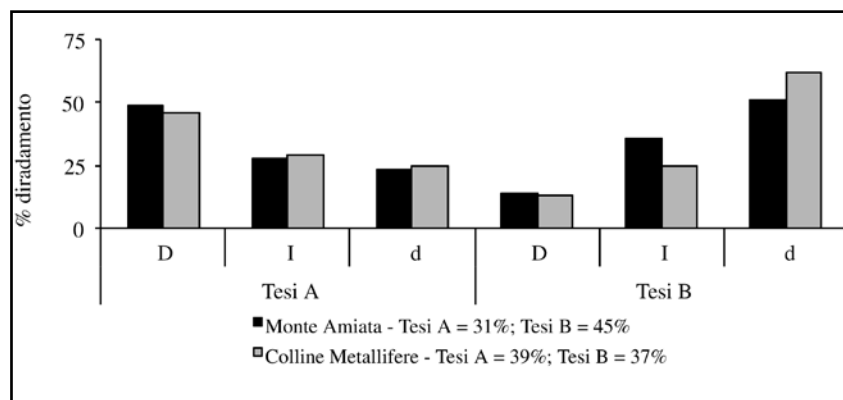


Fig. 4 - Intensità del diradamento - Percentuale dell'area basimetrica asportata nelle due tesi, totale e per classe sociale (D = dominante; I = intermedia; d = dominata).
Thinning intensity = percentage of removed basal area in each thesis, total and per social rank (D = dominant; I = intermediate; d = dominated).

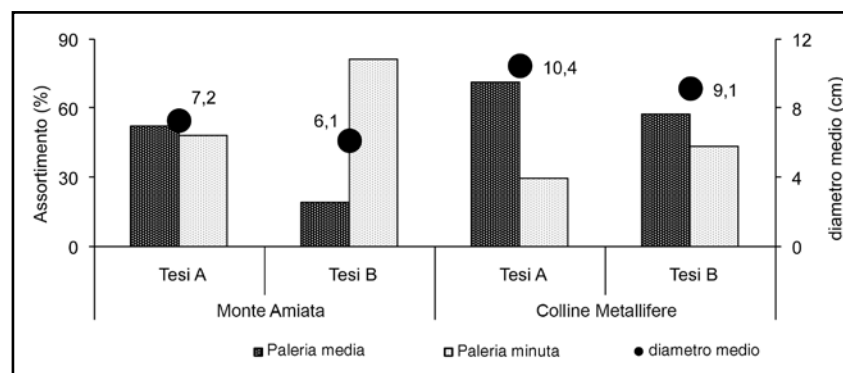


Fig. 5 - Assortimenti prodotti nel corso del diradamento nelle due aree di indagine in funzione della modalità selvicolturale adottata (Tesi A = selvicoltura ad albero; tesi B = selvicoltura di popolamento).
Type of wood assortments by thinning practices in each area as a function of the silvicultural approach (Thesis A = single-tree oriented; Thesis B = stand approach).

relazione ($T = 0.06 \cdot G + 3.3272$ con $r^2 = 0.94$) in funzione dell'area basimetrica (G) asportata (MANETTI *et al.* 2010) e che quindi è possibile quantificare agevolmente i costi del primo diradamento.

In ultima analisi sono stati anche valutati gli assortimenti ottenuti dal primo diradamento (Figura 5). I polloni hanno fornito, in entrambi i siti, in relazione all'età e in accordo al tipo di intervento, esclusivamente paleria di piccole e medie dimensioni. La modalità colturale ad albero ha eliminato polloni con diametro medio maggiore e di conseguenza ha prodotto una quota più consistente di paleria di medie dimensioni. Viceversa il diradamento dal basso, realizzato nella tesi B, ha determinato una maggior percentuale di paleria piccola. Le matricine, per la maggior parte caratterizzate da cattiva qualità del fusto e presenza di cipollatura, hanno fornito solo legname da triturazione.

L'effetto delle due modalità di trattamento sulla dinamica dell'accrescimento è stato valutato confrontando l'incremento corrente di diametro delle piante obiettivo, rilasciate nella tesi A, con quello di altrettante piante scelte nelle altre due tesi e che presentavano, prima del diradamento, caratteristiche analoghe alle piante obiettivo. L'analisi della varianza non ha infatti evidenziato, prima del diradamento, differenze significative nei valori diametrici delle piante considerate in entrambi i siti. Al contrario, l'intervento selvicolturale ha creato microambienti diversificati in funzione delle modalità adottate, esercitando un importante effetto incrementale e differenziando significativamente l'accrescimento annuale nelle varie tesi (Tabella 7). Nella tesi A il diradamento ha isolato completamente le piante obiettivo, mentre nella B le piante scelte hanno mantenuto condizioni di crescita più uniformi

e confrontabili a quelle dell'area testimone. Per tali motivi nella prima stagione vegetativa solo la tesi A si differenzia significativamente dalle altre due. Nel secondo anno invece - i dati sono disponibili solo per il Monte Amiata - i valori di incremento corrente di diametro sono risultati significativamente differenti in tutte e tre le tesi. Le piante obiettivo della tesi A hanno infatti continuato la crescita in condizioni di isolamento; le piante scelte della tesi B, avendo usufruito della stagione precedente per differenziarsi dal resto del popolamento, si sono maggiormente accresciute e quindi diversificate anche dall'area testimone, nella quale è sicuramente aumentata nel tempo la pressione competitiva a carico delle piante selezionate per il confronto. In ogni caso i valori di incremento crescenti in tutte e tre le tesi indicano accrescimenti sostenuti e dinamiche positive.

Discussione e Conclusioni

I due comprensori esaminati presentano alcune analogie ma soprattutto evidenziano importanti differenze circa la strutturazione sociale e le caratteristiche delle aziende e delle imprese. Questi caratteri dovrebbero essere attentamente analizzati e valutati per poter impostare, anche in campo forestale, politiche gestionali territoriali adeguate. L'applicazione di una selvicoltura attiva, puntuale e capillare, come quella qui proposta per i cedui di castagno, necessita infatti non solo di adeguate caratteristiche stazionali ma anche di una realtà sociale, economica e politica, efficiente e dinamica, riconoscibile in tutti i soggetti interessati, dal proprietario, alle imprese di utilizzazione, a quelle di trasformazione, alle istituzioni.

Rispetto alle Colline Metallifere il territorio del Monte Amiata presenta attualmente una maggior densità di abitanti ma solo 1/3 della popolazione è attiva nel settore agro-forestale, nonostante che i 3/4 di entrambi i territori siano di pertinenza agricola e forestale. L'esistenza di altre fonti di reddito, tra cui oltre al turismo anche quelle legate direttamente alla filiera del legno (falegnamerie e mobilifici), hanno permesso di contrastare l'abbandono e hanno facilitato la permanenza delle persone sul territorio con innegabili benefici anche ambientali e sociali. E' interessante infatti notare che nei due comuni analizzati sul Monte Amiata sono in attività 10 falegnamerie e 8 mobilifici; allo stesso modo nelle Colline Metallifere (quattro comuni esaminati ed una superficie territo-

Tab. 7 - Analisi della varianza e incremento corrente di diametro $\pm$ deviazione standard delle piante obiettivo (tesi A) e di quelle scelte per confronto (tesi B e C) dopo 1 (Colline Metallifere) e 2 (Monte Amiata) anni dal diradamento, nelle tre opzioni selvicolturali.

Anova and current dbh increment $\pm$ standard deviation of target trees (A thesis) and of trees to be compared (B and C theses) one year (Colline Metallifere) and two years (Monte Amiata) after thinning trial per silvicultural option.

Opzione colturale	Monte Amiata		Colline Metallifere
	2008-2009	2009-2010	2009-2010
Analisi della varianza ($p < 0,01$)			
F	37,40	39,54	21,54
gl trattamento	2	2	2
gl errore	70	70	68
Incremento di diametro (cm)			
Tesi A	1,21 $\pm$ 0,3 (a)	1,76 $\pm$ 0,5 (a)	1,40 $\pm$ 0,8 (a)
Tesi B	0,76 $\pm$ 0,3 (b)	1,04 $\pm$ 0,5 (b)	0,77 $\pm$ 0,2 (b)
Tesi C	0,59 $\pm$ 0,2 (b)	0,62 $\pm$ 0,2 (c)	0,48 $\pm$ 0,3 (b)

riale 6 volte maggiore) sono presenti 7 falegnamerie e solo 3 mobilifici.

Ciò è da porre in relazione anche alla diversa composizione dei boschi e di conseguenza alla tipologia di assortimenti trattati. Nelle Colline Metallifere prevalgono le querce caducifoglie, i soprassuoli a prevalenza di castagno sono marginali e l'assortimento maggiormente lavorato è rappresentato dalla legna da ardere; al contrario nel Monte Amiata esiste una maggior differenziazione sia delle specie presenti che dei prodotti e il castagno risulta la specie principale.

Un ulteriore carattere che differenzia le due aree analizzate, che condiziona il mercato e quindi anche l'approccio culturale proposto, è rappresentato dalle dimensioni delle aziende: nel Monte Amiata prevalgono le superfici aziendali inferiori ai 2 ha mentre nelle Colline Metallifere esiste una buona quantità di aziende di medie dimensioni. Questo dato, se correlato al numero di addetti nel settore agro-forestale, risulta di estremo interesse perché evidenzia sia la diversa fonte di reddito che caratterizza la popolazione dei due territori, sia le misure che dovrebbero essere attuate per una adeguata valorizzazione del prodotto legno. Nelle Colline Metallifere il settore agro-forestale, con il 57% di addetti, risulta una delle principali fonti di reddito per la popolazione, mentre nel Monte Amiata molte delle piccole superfici forniscono esclusivamente un reddito integrativo periodico ai possessori o sono gestite direttamente da pensionati.

Da un punto di vista esclusivamente selvicolturale entrambe le aree esaminate hanno evidenziato potenzialità stazionali idonee per applicazione di una selvicoltura intensiva. In merito ai due sistemi colturali i primi risultati hanno messo in evidenza peculiarità positive e negative legate al tipo di intervento ma, in entrambe le modalità colturali, un parziale ma consistente recupero della copertura già pochi anni dopo il diradamento. In particolare la selvicoltura ad albero fornisce assortimenti di dimensioni maggiori (e quindi prezzi di mercato spesso più interessanti) già al primo diradamento ed evidenzia accrescimenti diametrici dei candidati decisamente più elevati rispetto al resto della popolazione; carattere, quest'ultimo, che si potrebbe concretizzare positivamente nella riduzione del turno. Per contro evidenzia problematiche legate alla necessità di personale qualificato per la scelta dei candidati, alla maggior attenzione necessaria durante le fasi di esbosco, alla frequenza degli interventi ancora non definita sperimentalmente, alla necessità di

potature, all'impatto della fauna selvatica sui candidati (MANETTI *et al.* 2010). La selvicoltura di popolamento risulta invece di più facile applicazione ma necessita di una programmazione attenta e dettagliata degli interventi selvicolturali.

In questo contesto appare quindi evidente che solo l'integrazione tra obiettivi sociali, ambientali, ecologici, politici, ed economici può portare ad una reale valorizzazione della specie e a una adeguata qualificazione delle aree castanicole. CARBONE (2009) evidenzia che il superamento delle criticità che impediscono il miglioramento delle produzioni sia possibile solo attraverso assi di intervento e azioni congiunte dirette alle aziende forestali, al bosco, al mercato, alle imprese di utilizzazione e a quelle di trasformazione. Inoltre valorizzare il prodotto legno significa anche motivare i proprietari alla selvicoltura, sia utilizzando strumenti finanziari specifici che attraverso un'azione culturale (FRATINI e RICCIOLI 2009; MANETTI *et al.* 2009; PETTENELLA e ROMANO 2010). Indagini condotte da CANTON e PETTENELLA (2010) hanno dimostrato infatti che per la maggior parte dei proprietari il bosco ha solo un valore affettivo o è necessario per l'autoconsumo di legna da ardere, mentre gli obiettivi finanziari della gestione forestale sono ritenuti di scarsa rilevanza. In definitiva solo il coinvolgimento diretto dei proprietari nella gestione può coniugare i vari aspetti (CANTIANI 2006) e determinare un uso innovativo della risorsa in linea anche con la richiesta di materiale da costruzione ottimale per l'esigenze del costruire e dell'abitare (BERTI *et al.* 2009). Infine uno strumento interessante, utile per valorizzare l'ambiente, la produzione e trasferire un messaggio corretto all'utilizzatore finale è rappresentato dalla certificazione, sia della gestione forestale che della filiera e del prodotto legno.

In conclusione e sintetizzando si può affermare che, teoricamente, sul Monte Amiata, le modalità selvicolturali proposte potrebbero essere agevolmente applicate anche su superfici importanti in quanto sussistono sia le necessarie condizioni di fertilità stazionale sia una struttura socio-economica in grado di sostenere le scelte colturali. In pratica gli elementi critici sono dati essenzialmente dalla struttura della proprietà e conseguentemente dalla frammentazione dell'offerta. Pertanto sarebbero necessari interventi per: promuovere la partecipazione e la creazione di consorzi tra proprietari; valorizzare maggiormente l'attività selvicolturale attraverso la certificazione della gestione e dei prodotti, soprattutto paleria e travatura;

incentivare le imprese di prima utilizzazione e trasformazione a impiegare legname di provenienza locale.

Nelle Colline Metallifere la marginalità del castagno lo identifica come un prodotto di nicchia che tuttavia potrebbe essere valorizzato e riqualificato, principalmente nella proprietà pubblica e nelle aree di buona e ottima fertilità stazionale, attraverso l'applicazione di una selvicoltura finalizzata alla produzione di assortimenti di alta qualità e valore.

Ringraziamenti

Si ringraziano i Referee anonimi per la attenta revisione del testo.

Bibliografia citata

- AMORINI E., BRUSCHINI S., MANETTI M. C. 1997 - *La sostenibilità della produzione legnosa di qualità dal ceduo di castagno: modello di trattamento alternativo al ceduo a turno breve*. Atti del Convegno Nazionale sul Castagno, Cison di Valmarino (Treviso), 23-25 ottobre 1997: 217-231.
- AMORINI E., BRUSCHINI S., MANETTI M. C. 2000 - *Alternative silvicultural systems in chestnut coppice: effects of the silvicultural practice on stand structure and tree growth*. Ecologia Mediterranea, 26 (1-2): 155-162.
- AMORINI E., MANETTI M. C. 2002 - *Selvicoltura nei cedui di castagno. Sostenibilità della gestione e produzione legnosa di qualità*. In: Il bosco ceduo in Italia. Accademia Italiana di Scienze Forestali: 219-248.
- BASTIEN Y., WILHEIM G. J. 2000 - Articolo tradotto da Rev For Francais 5/2000, Shervood n° 86.
- BECAGLI C., AMORINI E., FRATINI R., MANETTI M. C., MARONE E. 2010 - *Problems and prospects of the chestnut timber chain in Tuscany*. Proceedings 1st European Congress on Chestnut – Castanea 2009. Eds. G. Bounous and G.L. Beccaro, Acta Horticulturae n. 866, ISHS2010: 693-700.
- BERTI S., BRUN F., CORONA P., PETTENELLA D. 2009 - *Produzioni forestali: considerazioni generali in una prospettiva di sostenibilità e di organizzazione del mercato*. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze: 711-716.
- CANTIANI M. G. 2006 - *L'approccio partecipativo nella pianificazione forestale*. Forest@ 3 (2): 281-299. [online] URL: <http://www.sisef.it/>.
- CANTON A., PETTENELLA D. 2010 - *Motivazioni gestionali dei proprietari forestali privati: un caso di studio nel comune di Recoaro Terme (VI)*. Forest@ 7: 44-57. [online] URL: <http://www.sisef.it/forest@/>.
- CARBONE F. 2009 - *Valorizzazione e caratterizzazione degli assortimenti di castagno (Castanea sativa Mill.) regionale con provenienze diverse: implicazioni tecnologiche e economico-commerciali*. Progetto di ricerca PRAL, cod. Progetto2003/53. Roma.
- CONEDERA M., MANETTI M.C., GIUDICI F., AMORINI E. 2004 - *Distribution and economic potential of the Sweet Chestnut (Castanea sativa Mill.) in Europe*. Ecologia Mediterranea, 30 (2): 179-193.
- DE SAINT-VAULRY M. 1969 - *A la recherche d'une autre silviculture: l'individualisation précoce des arbres d'avenir*. Rev. For. Fr., XXI (2): 83-100.
- DUCELLIER U. 1930 - *La Forêt de Bellome et une nouvelle méthode d'éclaircie*. Revue des Eaux et Forêts vol 68, (4): 263-278.
- FRATINI R., RICCIOLI F. 2009 - *Le politiche regionali nel sostegno della selvicoltura. Un caso applicativo in Toscana*. Atti Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze: 1089-1094.
- GAJO P., MARONE E. 2000 - *Le problematiche del legno a livello nazionale ed Europeo*. In: Atti del Convegno Risorsa Legno e Territorio, Le prospettive del terzo Millennio. Cavalese, 23 settembre 2000, Magnifica Comunità di Fiemme.
- GIULIETTI V., FERRETTI F., PELLER F. 2009 - *Prove di diradamento in acero-frassineti di neoformazione nella Comunità Montana Agno-Chiampo(VI): risultati dopo il secondo intervento*. Annali CRA - Centro Ricerca per la Selvicoltura, vol. 35 (2007-2008): 87-100.
- HUMMEL F. C. 1951 - *Increment of free grown Oak*. Forestry Commission, Report on Forest Research 1950, HMSO, London: 65-66.
- JOBLING J., PEARCE M. L. 1977 - *Free growth of oak*. Forestry Commission Forest Record n° 113. HMSO, London: 16 p.
- MANETTI M. C., AMORINI E., BECAGLI C., CONEDERA M., GIUDICI F. 2001 - *Productive potentiality of chestnut (Castanea sativa Mill.) stands over Europe*. Forest Snow Landscape Research 76 (3): 471-476.
- MANETTI M. C., AMORINI E., BECAGLI C. 2004 - *Valorizzazione e recupero dei popolamenti di castagno da legno*. Sherwood, 106: 5-10.
- MANETTI M. C., AMORINI E., BECAGLI C. 2006 - *New silvicultural models to improve functionality of chestnut stands*. Advances in Horticultural Science, 1: 65-69.
- MANETTI M.C., AMORINI E., BECAGLI C. 2009 - *Il ruolo del castagno nella selvicoltura italiana: prospettive culturali e valenza socio-economica*. Atti Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze: 842-850.
- MANETTI M. C., AMORINI E., BECAGLI C., PELLER F., PIVIDORI M., SCHLEPPI P., ZINGG A., CONEDERA M. 2010 - *Quality wood production from chestnut (Castanea sativa Mill.) coppice forests. Comparison between different silvicultural approaches*. Proceedings 1st European Congress on Chestnut - Castanea 2009. Eds. G. Bounous and G.L. Beccaro, Acta Horticulturae n. 866, ISHS2010: 683-692.
- MARINELLI A., ROMANO D., FRATINI R., MARONE E., ROMANO S. 1996 - *Aspetti economici della produzione e commercializzazione del legname di castagno in Toscana*. Quaderno n° 3. Dipartimento economico estimativo agrario e forestale.

- MICHAELIS K. A. 1907 - *Wie bringt Durchforsten die grossere Starke und Wertzunahme des Holzes*. Verlag von J. Neumann-Neudamm, 43 p.
- MOLLER C. M. 1931 - *Starke Durchforstung in danischer Beleuchtung*. Zeitschrift fur das Forst und Jagdwesen: 369-393.
- MORI P. 2009 - *Imprese e lavoro in bosco*. In: Rapporto sullo stato delle foreste in Toscana 2008. Compagnia delle Foreste: 117-132.
- NOSSENZO A. 2007 - *Determinazione degli assortimenti ritraibili dai boschi cedui di castagno: l'esempio della bassa Valle di Susa (Torino)*. Atti 5° Congresso SISEF: Foreste e Società - Cambiamenti, Conflitti, Sinergie (a cura di: E. Lingua, R. Marzano, G. Minotta, R. Motta, A. Nosenzo, G. Bovio). Forest@.
- PELLERI F., PIVIDORI M., GIULIETTI V. 2009 - *Cure colturali in acero-frassineti secondari in Italia settentrionale*. Atti Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), 16-19 ottobre 2008. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze: 887-893.
- PETTENELLA D., ROMANO D. 2010 - *Silviculture: Forest and environmental policies*. Italia Forestale e Montana, 65 (2): 255-263.
- SPIEKER H. 2006 - *Minority tree species: a challenge for a multi-purpose forestry*. In "Nature based forestry in central Europe. Alternative to industrial forestry and strict preservation." Studia Forestalia Slovenica (126): 47-59.

Effetti del trattamento selvicolturale su caratteristiche della copertura, produzione di lettiera e di seme in cedui di faggio in conversione[§]

Andrea Cutini^{1*}, Francesco Chianucci¹, Tessa Giannini¹

Accettato il 15 novembre 2010

Riassunto – Si riportano i risultati di uno studio sugli effetti di due opzioni selvicolturali per la conversione ad altofusto di cedui di faggio (*Fagus sylvatica* L.). Lo studio, durato 18 anni, ha preso in esame popolamenti di circa 65 anni di età situati sul rilievo pre-appenninico dell'Alpe di Catenaiola (Arezzo) analizzando le caratteristiche della copertura, la produzione di lettiera e di seme. Nel campo sperimentale di Buca Zamponi il popolamento è stato sottoposto a taglio di avviamento e due successivi diradamenti di media-forte intensità (DIR). Nel vicino campo sperimentale dell'Eremo della Casella il popolamento è stato sottoposto a taglio di avviamento, diradamento e taglio di sementazione anticipato (TS). In entrambi i casi, le due opzioni selvicolturali sono state confrontate con la tesi di controllo dell'evoluzione del ceduo per via naturale. I risultati hanno messo in evidenza l'elevata produttività dei popolamenti esaminati con valori medi di lettiera totale, lettiera fogliare e LAI rispettivamente di 5 Mg ha⁻¹, 3 Mg ha⁻¹ e 6 m²m⁻², dimostrando che il faggio è una specie in grado di reagire anche a precedenti cicli di sfruttamento intensivo e di rispondere positivamente alla scelta della conversione a fustaia. L'andamento crescente in funzione dell'età della produzione di lettiera e del valore di LAI, la rilevanza della componente fogliare (65-70%) nella lettiera totale, stanno ad indicare come questi soprassuoli siano ancora in una fase molto dinamica. In entrambi i casi il trattamento applicato ha prodotto ricadute positive rispetto agli obiettivi prefissati. Nella tesi DIR, gli effetti del trattamento si sono manifestati negli anni successivi all'intervento con differenze significative per lettiera totale, LAI e trasmittanza. Differenze destinate tuttavia ad attenuarsi o annullarsi a circa 8-10 anni dall'ultimo diradamento. Effetti più marcati si sono invece registrati nel caso del taglio di sementazione anticipato non solo rispetto alla tesi di controllo ma anche alla tesi DIR. Infatti, la tesi TS presenta valori medi di LAI e di trasmittanza pari a 1.97 m²m⁻² e 24.8% contro 4.22 m²m⁻² e 7.89% della tesi DIR. Il taglio di sementazione ha favorito lo sviluppo delle chiome dei soggetti rilasciati, a beneficio della produzione di seme che nella tesi TS rappresenta il 25% della produzione di lettiera totale, valore molto superiore non solo a quello dell'area di controllo ma anche a quanto misurato nell'area DIR (8%). In sintesi, l'opzione del taglio di sementazione anticipato (TS) trova fondamento più su considerazioni collegate alla pianificazione forestale che su motivazioni di ordine ecologico-colturale. Più appropriata ai fini della conversione dei cedui di faggio è risultata l'opzione fondata su diradamenti di moderata-forte intensità e frequenza intorno ai 15 anni (DIR). Il trattamento si prefigura come lo strumento capace di accelerare e orientare il processo di conversione, garantendo nel contempo ricadute positive sia sotto il profilo ecologico che economico.

Parole chiave: avviamento ad altofusto, diradamenti, taglio di sementazione, LAI, trasmittanza.

Abstract – Effect of the silvicultural treatment on canopy properties, litter and seed production in beech coppices under conversion to high forest. European beech (*Fagus sylvatica* L.) is widely distributed in Italy where it covers 1035103 ha, mainly concentrated in the mountainous areas at altitudes above 900 m. The major part is represented by high forest often issued from the conversion of coppice woods, which in the past was the silvicultural system most widely applied mainly to provide fire wood. The social changes occurred in the second half of the last century –fire wood market crisis and the increasing importance of environmental issues- enhanced the conversion into high forest of large areas previously managed as coppice by means of different silvicultural treatments and practices. Nevertheless, the environmental benefits of this choice were not adequately investigated. Results of annual measurements (1992-2009) made in a beech coppice stand aged 65 are here reported. The study area is located on the Alpe di Catenaiola, a pre-Apennine outcrop close to Arezzo (Central Italy). Variables strictly related to stand productivity and dynamics such as annual litter and seed production, leaf area index (LAI) and transmittance (PAR) were measured in the research area of Buca Zamponi to estimate the effects of two theses, natural evolution (TEST) and conversion into high forest (DIR). Three thinnings were undertaken in the latter thesis in 1972, 1987 and 2002. Additional theses of natural evolution (CONTR) and advance seed cutting (TS) were added in 2002 in a nearby study area (Eremo della Casella). Results showed the high productivity of coppice stands, under conversion to high forest, with mean values of annual total litter, leaf litter and leaf area index of 5 Mg ha⁻¹, 3 Mg ha⁻¹ and 6 m²m⁻², respectively. These findings confirm both the prompt response of beech to intensive thinning cycles and the reliability of undertaking coppice conversion into high forest. Furthermore, the positive trend observed in the ecological parameters and the high consistency of leaf fraction, highlight the still juvenile phase in progress in these stands. These results will be investigated further because of their significance in stands aged over 60. The applied silviculture produced positive outcomes in all the tested theses. Annual total litter, leaf area index and transmittance showed significant differences comparing DIR and TEST. The gap tends to vanish within 8-10 years after thinning occurrence. Seed cutting (TS) produced on the contrary heavy and lasting differences compared with all the theses. Leaf area index and transmittance were 1.97 m²m⁻² and 24.8 % in TS vs. 4.22 m²m⁻² and 7.89% in DIR. Seed cutting increased also the development of stand canopy and hastened seed production. The amount of seed production in TS was higher than in DIR representing 25% of total litter production. The DIR thesis resulted to be more appropriate for coppice conversion into high forest. Silvicultural practices hasten the conversion process and allow both ecological and economic returns throughout the conversion cycle by the repeated intermediate harvestings that amount to 250-300 m³ha⁻¹ at the age of 60. A 15 yrs time

[§] Andrea Cutini ha impostato e diretto la ricerca e coordinato la stesura del presente lavoro.

¹ CRA-SEL Centro di Ricerca per la Selvicoltura, Arezzo.

* Autore corrispondente andrea.cutini@entecra.it

is recognized as the optimal interval between moderate to heavy thinnings. The complementary thesis of undertaking an advance seed cut (TS) relies more on management planning criteria than on ecologically-based issues.

Key words: coppice conversion into high forest, thinnings, seed cutting, LAI, transmittance.

F.D.C. 53: 232. 311: 176. 1: Fagus sylvatica

Premessa

Il faggio (*Fagus sylvatica* L.) è una delle specie forestali di maggiore interesse a livello europeo. Nel nostro Paese, secondo l'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio - INFC (2007), occupa 1035103 ha, pari all'11.8% delle superfici boscate (MiPAAF 2007). E' presente nell'arco alpino e prealpino e lungo gli Appennini, con intensità e modalità legate alle esigenze ecologiche della specie (HOFMANN 1991). In Toscana è la specie predominante nelle aree boscate della dorsale appenninica al di sopra dei 900 m di altitudine. In tutto si tratta di 72.262 ha in massima parte di origine agamica, di cui oltre 11.000 ha rappresentati da fustaie transitorie (MiPAAF *op. cit.*), originate per lo più da boschi cedui convertiti ad altofusto tra la fine dell'800 e gli inizi del '900. Tale situazione è comune a molte regioni dell'Italia settentrionale e centrale; al sud, dove il governo a fustaia del faggio ha una tradizione più radicata, si registra una maggiore diffusione dell'altofusto.

Nel complesso ben oltre la metà dei boschi di faggio è, a tutt'oggi, di origine agamica. Ciò è la conseguenza dal fatto che per secoli il legno di faggio ha rappresentato una risorsa fondamentale per l'economia delle popolazioni montane. Negli ultimi decenni la ridotta richiesta di legna da ardere ha determinato una progressiva riduzione delle utilizzazioni o addirittura l'abbandono. Gran parte di questi popolamenti sono attualmente cedui invecchiati e, in minor misura, fustaie transitorie. Quest'ultime sono frutto della scelta, operata a partire dagli anni '60, di convertire ad altofusto i cedui di proprietà pubblica delle zone sommitali dell'Appennino, opzione adottata in base sia a motivazioni di ordine ambientale che economico (AMORINI e FABBIO 1986; CIANCIO 1990; AMORINI e FABBIO 1991; AMORINI *et al.* 1998; CUTINI e HAINY 2006). Tali soprassuoli, oltre che svolgere un'importante funzione idrogeologica (HOLSCHER *et al.* 2001) e paesaggistica, sono caratterizzati in genere da una buona provvigione legnosa (BIANCHI 1981). Inoltre, l'avviamento a fustaia è presupposto per l'instaurarsi di una buona attività biologica del suolo, garanzia di formazione

di un abbondante e strutturato strato umifero, elemento particolarmente importante nelle formazioni vegetazionali del limite altitudinale anche al fine di un regolato deflusso delle acque (AMORINI e GAMBI 1979).

Parte di questi soprassuoli sono stati interessati da tagli di avviamento, mentre in alcuni casi il popolamento è stato lasciato all'evoluzione naturale. E se molto si è dibattuto sul se e come procedere alla conversione ad altofusto (HOFMANN 1963; GAMBI 1968; AMORINI e GAMBI *op. cit.*; BIANCHI e HERMANIN 1988; AMORINI e FABBIO 1991; AMORINI *et al.* 1995; CIANCIO *et al.* 2006) ancora oggi non sono stati sufficientemente indagati gli effetti che la scelta della conversione con le sue varianti, ha su alcuni importanti processi ecologici.

In questo scenario il presente lavoro intende analizzare gli effetti di due diverse opzioni selvicolturali su caratteristiche della copertura, produzione di lettiera e di seme di popolamenti di faggio di origine agamica in avanzata fase di conversione. Infatti, se gli effetti dei principali fattori ambientali e, più in generale, dei cambiamenti climatici sulle variabili sopra richiamate sono stati oggetto di numerosi contributi (MATTEUCCI *et al.* 1999; LEBRET *et al.* 2001; LEBOURGEOIS *et al.* 2005; LEUSCHNER *et al.* 2006; MEIER e LEUSCHNER 2008), risultano invece piuttosto rare le analisi sul ruolo esercitato su di esse dal trattamento selvicolturale, in particolare nei popolamenti di origine agamica.

I soprassuoli oggetto di studio sono stati sottoposti in un caso a taglio di avviamento e due successivi diradamenti e, nell'altro, a taglio di avviamento, diradamento e taglio di sementazione anticipato. Attraverso un'analisi comparata delle modificazioni indotte dalla scelta di conversione e delle sue varianti, vengono analizzate le ricadute sotto il profilo bio-ecologico di tali scelte e valutati alcuni risvolti di carattere gestionale.

Le indagini hanno preso in considerazione alcune variabili come l'indice di area fogliare (LAI), la trasmittanza (radiazione solare non intercettata dalle chiome e trasmessa al suolo, espressa in percentuale di quella incidente sopra il piano delle chiome), la produzione di lettiera totale e per componenti e la produzione di seme. Variabili tra le più comunemente studiate per lo stretto legame con la produttività e dinamica di un

ecosistema forestale e per la loro sensibilità, intesa come capacità di risposta a disturbi di varia natura, compreso il trattamento selvicolturale (BRAY e GORHAM 1964; REICHLE 1981; CANNELL 1982; GHOLZ 1982; WARING 1983; VOGT *et al.* 1986).

L'attenzione per la produzione di seme è motivata da alcune criticità tipiche del faggio, quali il ritardato raggiungimento della maturità e il comportamento irregolare della fruttificazione che in genere caratterizza i popolamenti di origine agamica (SUSZKA *et al.* 2000), elementi che possono condizionare fortemente la rinnovazione naturale e, quindi, l'esito finale del processo di conversione.

Materiale e metodi

I popolamenti oggetto di studio si trovano nell'Alpe di Catenaiola (500-1414 m s.l.m.), complesso forestale esteso circa 2400 ha e costituito, nelle zone a maggiore altitudine, da faggete di origine agamica derivanti da tagli di avviamento ad altofusto. Il comprensorio è in gran parte demanio della Regione Toscana, gestito dalla Comunità Montana del Casentino, ed inserito dal 1996 nell'Oasi di Protezione Faunistica della Provincia di Arezzo (circa 1700 ha). Al suo interno sono presenti due campi sperimentali situati in località Buca Zamponi (Chitignano - AR) ed Eremo della Casella (Chiusi della Verna - AR) e realizzati a partire dagli anni '70 dall'allora Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo.

La stazione meteorologica di "La Verna", posta ad una altitudine di 1128 m s.l.m., distante 6 km dalle parcelle sperimentali ed inclusa nel Servizio Idrologico Nazionale (Pisa), è caratterizzata da una piovosità annuale di 1224.4 mm (periodo di riferimento 1992-2005) ed una temperatura media annua di 9.5°C (periodo di riferimento 2000-2005). Lo strato geologico è costituito da scisti argillosi alternati a marne ed arenarie fini che danno origine ad un suolo bruno ma non pienamente evoluto.

Campo sperimentale Buca Zamponi

Il protocollo sperimentale permanente è intitolato a "Germano Gambi" ed è stato realizzato al fine di studiare diverse opzioni di conversione ad alto fusto di cedui di faggio; i dati dendrometrici relativi riportati in questo studio sono tratti da Amorini *et al.* (2010), lavoro al quale si rimanda per gli eventuali approfondimenti. L'area (43° 40' N, 11° 55' E) si trova ad un'alti-

tudine di 1000 m s.l.m., ha esposizione Sud-Ovest e una pendenza compresa tra il 15 e il 30 %. Il soprassuolo, all'epoca dell'impianto del protocollo sperimentale (1972), era costituito da un ceduo puro e coetaneo di faggio di 27 anni, caratterizzato da una matricinatura irregolare e da una buona fertilità (altezza dominante 11.2 m); il numero di polloni era 7518 ha⁻¹ con una area basimetrica pari a 27.40 m² ha⁻¹. Nella primavera del 1973 un'area (area 2, cfr. AMORINI *et al.* 2010) è stata sottoposta a taglio di avviamento ad altofusto con diradamento dal basso (DIR) che ha asportato circa il 70% dei polloni presenti e il 37 % dell'area basimetrica, riducendo la densità a 2222 polloni ha⁻¹ e l'area basimetrica a 17.30 m² ha⁻¹; l'altra area (area 1 cfr. AMORINI *et al.* 2010), con funzioni di controllo, è stata lasciata in evoluzione naturale (TEST). Ciascuna area sperimentale ha una superficie di 5000 m².

Successivamente l'area diradata è stata interessata da due tagli intercalari effettuati nel 1987 (a 42 anni) e nel 2002 (a 57 anni), entrambi di tipo selettivo e di moderata-forte intensità. In particolare, l'intervento del 1987 ha asportato il 66% del numero di polloni presenti, pari al 44% dell'area basimetrica, riducendo la densità a 706 polloni ha⁻¹ e l'area basimetrica a 19.7 m² ha⁻¹; l'entità del diradamento del 2002 è stata invece del 41% in numero di polloni, corrispondente al 29% dell'area basimetrica, riducendo la densità a 414 polloni ha⁻¹ e l'area basimetrica a 23.8 m² ha⁻¹. Per maggiori dettagli sul protocollo sperimentale, le caratteristiche dei popolamenti e gli effetti sotto il profilo selvicolturale si rimanda a AMORINI e FABBIO (1986) e AMORINI *et al.* (2010).

Campo sperimentale Eremo della Casella

Il campo sperimentale (43° 39' N, 11° 55' E) si trova ad una altitudine di 1000 m s.l.m. ed è costituito da un soprassuolo transitorio di faggio di circa 65 anni, originato da un taglio di avviamento e da un successivo diradamento. Le indagini hanno preso avvio nel 2002 allorché furono realizzate due aree permanenti, di cui una di 2600 m² lasciata come area di controllo (CON-TR) e l'altra di 10000 m² sottoposta a taglio di semenzatura anticipato (TS). La prima area si caratterizzava per la presenza di 419 individui ha⁻¹, di cui 288 polloni e 131 matricine, per un'area basimetrica complessiva di 34.6 m² ha⁻¹; l'area trattata invece presentava 519 individui ha⁻¹, di cui 391 polloni e 123 matricine, per un'area basimetrica complessiva di 33.3 m² ha⁻¹. L'intervento, che ha asportato il 79% del numero di alberi

pari al 56% dell'area basimetrica totale, riducendo la densità a 108 individui (61 polloni e 47 matricine), per un'area basimetrica complessiva di $14.7 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, aveva l'obiettivo di rilasciare i soggetti migliori con buon portamento e forma della chioma, eliminando i principali competitori, ivi comprese numerose vecchie matricine con chiome molto sviluppate e eccessivamente ramosi (CUTINI *et al.* 2007).

Metodi

In entrambi i campi sperimentali sono state effettuate indagini su produzione annuale di lettiera e di seme, LAI e trasmittanza.

La stima della produzione annuale di lettiera e del seme è stata effettuata posizionando, in ogni area di studio, con criterio sistematico-geometrico, da 9 a 15 trappole di metallo, quadrate e di 0.25 m^2 di superficie, all'altezza di 1 m dal suolo. Il materiale, raccolto mensilmente durante il periodo autunnale, è stato portato in laboratorio dove si è proceduto alla suddivisione nelle varie componenti (foglie di faggio, foglie di altre specie accessorie, rami, faggioli, cupole e altro) ed alla determinazione della biomassa anidra (CUTINI 1994a). Con riferimento alla componente legnosa, si sottolinea che tale metodo non permette di stimare il contributo dei rami di maggiori dimensioni. Per le aree di Buca Zamponi sono disponibili dati a partire dal 1992, mentre per l'Eremo della Casella dal 2003.

La stima del LAI è stata eseguita per via indiretta utilizzando il Plant Canopy Analyzer LAI 2000 (Li-Cor, Lincoln, NE, USA), strumento in grado di fornire stime accurate a partire da misure di radiazione diffusa (CUTINI *et al.* 1998; CUTINI *et al.* 2003; CUTINI e VARALLO 2006). I rilievi, condotti nel periodo giugno-settembre con frequenza mensile, sono stati effettuati con criterio sistematico-geometrico in corrispondenza delle trappole per la raccolta della lettiera. I dati scaricati con l'apposito software (FV2000, Li-Cor, Lincoln, NE, USA) sono stati ricalcolati eliminando l'anello zenitale più esterno (58°), in analogia con quanto proposto da altri autori (DUFRÈNE e BREDÀ 1995; CUTINI *et al.* 1998). La serie di dati ottenuti è stata infine mediata per ogni singolo anno. I dati sono disponibili a partire dal 1999 per le aree di Buca Zamponi e dal 2003 per quelle dell'Eremo della Casella.

Con procedure analoghe a quelle descritte per le stime di LAI sono state effettuate anche misurazioni di radiazione fotosinteticamente attiva (PAR) secondo metodi già ampiamente sperimentati (CUTINI 1994b; CUTINI 1996). Per le misure di PAR sono stati utilizzati

ceptometri di vario tipo (Sunfleck SF 80, AccuPAR model PAR-80 e LP-80-Decagon Devices Inc., Pullman, WA, USA). I valori di trasmittanza sono stati ottenuti mettendo in relazione le misure effettuate sottocopertura nelle varie tesi, con quelle di riferimento fatte in aree prive di copertura. I valori di trasmittanza sono disponibili a partire dal 1992 per le aree di Buca Zamponi e dal 2003 quelle dell'Eremo della Casella.

I dati raccolti sono stati sottoposti al test *t* di Student per campioni indipendenti utilizzando il software Statistica (StatSoft, Inc. Tulsa, OK, USA). Per l'area di Buca Zamponi il test *t* è stato effettuato non solo sull'intera serie temporale ma anche considerando separatamente il periodo prima dell'ultimo intervento di diradamento e quello successivo.

Risultati

Campo sperimentale Buca Zamponi

I valori annuali e le relative statistiche di base di produzione di lettiera totale e per singole componenti, di LAI e di trasmittanza dell'area trattata (DIR) e dell'area in evoluzione naturale (TEST) sono riportati in Tabella 1.

L'area DIR presenta valori di lettiera totale che variano da un minimo di 2.619 ad un massimo di 5.762 Mg ha^{-1} , mentre la lettiera fogliare di faggio va da un minimo di 1.747 ad un massimo di 4.555 Mg ha^{-1} . La produzione di seme registra annate con fruttificazione nulla e annate di pasciona (1994, 2007) con una produzione massima di 0.335 Mg ha^{-1} . La produzione media di seme per l'intero periodo è risultata pari a $0.086 \pm 0.024 \text{ Mg ha}^{-1}$.

Nell'area TEST i valori di lettiera totale oscillano tra 3.757 e 6.373 Mg ha^{-1} ; la componente fogliare, riferita al solo faggio, varia da 2.534 a 4.069 Mg ha^{-1} . Anche in questo caso si registrano annate con fruttificazione nulla e annate di pasciona (1994, 2002, 2007) con una produzione massima di 0.329 Mg ha^{-1} . La produzione media di seme per l'intero periodo è stata di $0.117 \pm 0.026 \text{ Mg ha}^{-1}$.

Nel complesso l'area in evoluzione naturale presenta una serie di dati caratterizzata da minore variabilità, come stanno ad indicare i valori del CV (Tabella 1). I valori medi di produzione di lettiera sono in genere superiori a quelli dell'area trattata. Dal confronto statistico su tutto il periodo di osservazione emergono differenze significative per la variabile lettiera totale, la quale presenta valori medi nell'area TEST di 5.207

$\pm 0.185 \text{ Mg ha}^{-1}$ contro $4.276 \pm 0.208 \text{ Mg ha}^{-1}$ dell'area DIR (Tabella 1). Ciò è per lo più dovuto alle foglie delle

specie accessorie e alla componente rami, variabili per le quali si osservano differenze significative. Le foglie

Tab. 1 - Buca Zamponi: produzione annuale di lettiera totale e per componenti, valori di LAI e di trasmittanza e statistiche di base relative all'intero periodo di osservazione (1992-2009), e ai periodi prima e dopo il diradamento (anno 2002).

Buca Zamponi: total and main components of litter production, leaf area index (LAI, transmittance and basic statistics for the whole observation period (1992-2009) and for the period before and after the last thinning (2002).

anno	tesi	foglie faggio Mg ha ⁻¹	foglie acces Mg ha ⁻¹	rami Mg ha ⁻¹	faggiolo Mg ha ⁻¹	cupole Mg ha ⁻¹	altro Mg ha ⁻¹	totale Mg ha ⁻¹	LAI m ² m ⁻²	trasm %
1992	TEST	3.335	0.429	1.170	0.097	0.230	0.054	5.315		2.96
	DIR	3.100	0.032	0.596	0.081	0.243	0.011	4.063		5.37
1993	TEST	3.214	0.395	1.159	0.001	0.037	0.052	4.858		0.71
	DIR	2.652	0.031	0.636	0.001	0.013	0.013	3.346		2.23
1994	TEST	3.276	0.479	1.103	0.250	0.690	0.034	5.832		0.73
	DIR	3.157	0.119	0.827	0.299	0.714	0.019	5.135		1.41
1995	TEST	2.871	0.315	0.841	0.012	0.093	0.000	4.132		1.75
	DIR	2.975	0.022	0.525	0.010	0.069	0.000	3.602		5.17
1996	TEST	3.362	0.440	1.221	0.104	0.010	0.025	5.163		0.76
	DIR	4.440	0.035	0.693	0.003	0.018	0.003	5.192		2.16
1997	TEST	2.657	0.395	0.733	0.030	0.034	0.431	4.279		0.65
	DIR	2.579	0.033	0.301	0.000	0.000	0.264	3.178		1.26
1998	TEST	3.505	0.387	0.365	0.100	0.274	0.002	4.634		0.30
	DIR	3.166	0.068	0.152	0.055	0.130	0.000	3.572		0.98
1999	TEST	3.822	0.414	1.020	0.155	0.358	0.087	5.856	6.92	0.87
	DIR	3.695	0.182	0.400	0.209	0.528	0.000	5.015	6.70	0.39
2000	TEST	3.840	0.439	0.531	0.001	0.023	0.037	4.871	5.35	0.50
	DIR	3.682	0.032	0.510	0.000	0.002	0.000	4.226	4.74	0.69
2001	TEST	3.425	0.192	0.777	0.259	0.619	0.096	5.368	5.39	1.16
	DIR	4.555	0.154	0.546	0.137	0.370	0.000	5.762	5.23	0.67
2002	TEST	3.317	0.430	1.640	0.329	0.535	0.122	6.373	5.99	0.43
	DIR	2.751	0.015	1.671	0.134	0.485	0.000	5.056	5.66	0.66
2003	TEST	3.686	0.478	0.790	0.049	0.312	0.010	5.325	5.68	1.34
	DIR	2.737	0.042	1.298	0.013	0.072	0.002	4.164	4.13	12.81
2004	TEST	2.534	0.226	0.338	0.136	0.474	0.050	3.757	4.52	2.34
	DIR	1.747	0.142	0.232	0.093	0.405	0.000	2.619	2.33	16.74
2005	TEST	3.479	0.027	1.548	0.037	0.202	0.481	5.774	6.42	1.82
	DIR	3.616	0.266	1.364	0.020	0.140	0.088	5.495	3.63	11.49
2006	TEST	4.069	0.334	0.278	0.005	0.073	0.036	4.796	6.37	1.17
	DIR	3.125	0.038	0.097	0.011	0.054	0.088	3.413	4.40	7.33
2007	TEST	3.470	0.497	1.476	0.312	0.850	0.025	6.631	5.90	1.54
	DIR	3.136	0.022	0.145	0.335	0.880	0.000	4.518	5.07	8.11
2008	TEST	3.743	0.376	0.484	0.017	0.072	0.000	4.692	6.67	1.79
	DIR	3.690	0.053	0.183	0.032	0.072	0.000	4.030	5.24	4.36
2009	TEST	3.750	0.543	0.719	0.205	0.525	0.322	6.064	6.22	0.55
	DIR	3.497	0.010	0.607	0.116	0.331	0.012	4.573	4.71	1.63
media	TEST	3.409	0.378	0.900	0.117	0.301	0.104	5.207	5.95	1.19
	DIR	3.239	0.072	0.599	0.086	0.251	0.028	4.276	4.71	4.64
es	TEST	0.096	0.029	0.099	0.026	0.062	0.035	0.185	0.22	0.17
	DIR	0.158	0.017	0.105	0.024	0.062	0.015	0.208	0.36	1.15
CV	TEST	11.9	33.0	46.6	95.4	86.8	143.0	15.0	11.6	61.1
	DIR	20.7	98.7	74.6	120.3	105.0	234.5	20.6	24.0	104.8
test t	val.	0.92	9.04	2.08	0.85	0.56	1.98	3.35	3.09	-2.97
	p.	ns	***	*	ns	ns	ns	**	**	**
media prima diradamento	TEST	3.331	0.389	0.892	0.101	0.237	0.082	5.031	5.91	0.98
	DIR	3.400	0.071	0.519	0.080	0.209	0.031	4.309	5.58	1.91
es	TEST	0.336	0.044	0.122	0.030	0.079	0.039	0.511	0.42	0.24
	DIR	0.384	0.019	0.077	0.032	0.078	0.025	0.493	0.48	0.56
CV	TEST	11.1	21.0	32.7	95.2	105.9	154.9	11.7	12.4	77.7
	DIR	20.1	83.3	37.6	131.5	120.7	265.0	21.0	14.9	92.6
test t	val.	-0.29	9.99	3.36	0.47	0.28	7.06	2.11	0.59	-1.59
	p.	ns	***	*	ns	ns	ns	*	ns	ns
media dopo diradamento	TEST	3.506	0.364	0.909	0.136	0.380	0.131	5.427	5.97	1.51
	DIR	3.037	0.074	0.700	0.094	0.305	0.024	4.234	4.22	8.92
es	TEST	0.161	0.060	0.199	0.047	0.095	0.062	0.344	0.29	0.21
	DIR	0.225	0.031	0.228	0.038	0.101	0.014	0.322	0.41	1.95
CV	TEST	13.0	46.5	61.9	96.8	70.3	134.9	17.9	12.1	37.6
	DIR	20.9	120.1	92.1	115.5	93.8	167.8	21.5	23.6	57.9
test t	val.	0.92	6.69	0.93	0.73	0.60	1.75	2.89	3.76	-3.77
	p.	ns	***	ns	ns	ns	ns	*	**	**

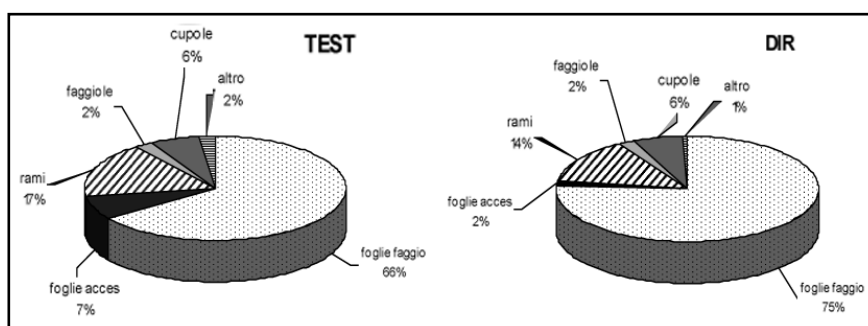


Fig. 1 - Buca Zamponi: confronto tra le due tesi relativamente alla ripartizione della lettiera nelle principali componenti. Valori percentuali riferiti alla media del periodo 1992-2009.

Buca Zamponi: comparison of litter composition between the two theses. Mean percentage values referred to the period 1992-2009.

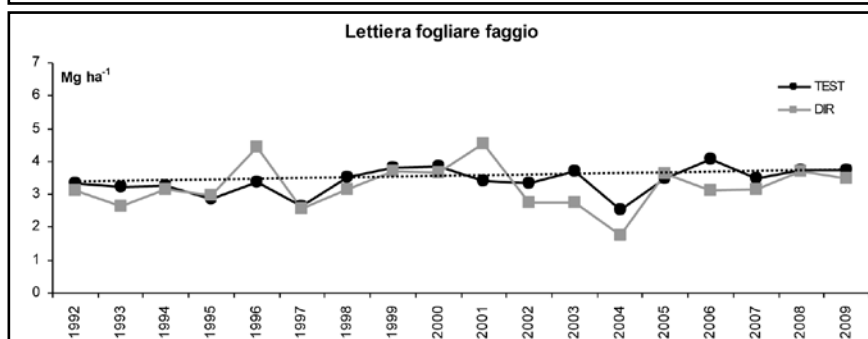


Fig. 2 - Buca Zamponi: andamento della produzione annuale di lettiera di faggio nelle due tesi (TEST e DIR). La linea di tendenza è riferita alla tesi TEST.

Buca Zamponi: comparison between beech leaf litter production in the TEST and DIR plots. The trendline is referred to TEST plot.

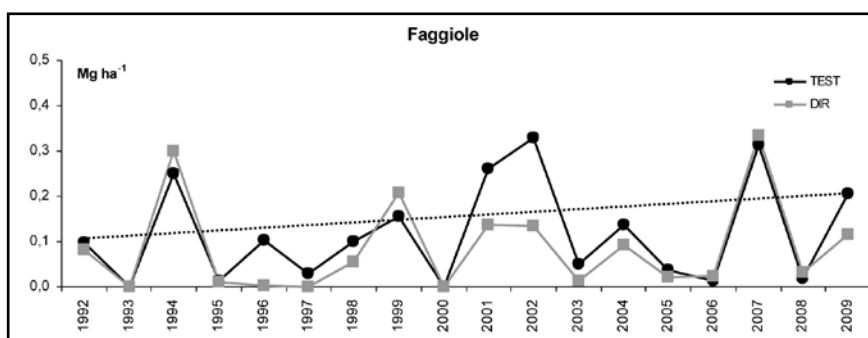


Fig. 3 - Buca Zamponi: andamento della produzione annuale di seme di faggio nelle due tesi (TEST e DIR). La linea di tendenza è riferita alla tesi TEST.

Buca Zamponi: comparison between beech seed production in the TEST and DIR plots. The trendline is referred to TEST plot.

di faggio invece presentano valori medi molto simili nelle due tesi (TEST $3.409 \pm 0.096 \text{ Mg ha}^{-1}$; DIR $3.239 \pm 0.158 \text{ Mg ha}^{-1}$). Analoghi risultati si registrano anche per i due periodi, quello prima (1992-2001) e quello dopo (2002-2009) l'ultimo intervento di diradamento.

L'analisi comparata della ripartizione percentuale della lettiera mette in evidenza alcune differenze: quelle più rilevanti sono relative alle foglie di faggio e ai rami che rappresentano il 75% e il 14% della lettiera totale nell'area DIR, contro il 66% e il 17% nell'area TEST (Figura 1). In compenso nell'area TEST si registra una maggiore incidenza delle foglie delle specie accessorie. Nel complesso l'equilibrio tra i tre principali macro aggregati - foglie, rami e frutti - non risulta alterato, con valori che in entrambe le tesi si attestano rispettivamente intorno al 75, 14-17 e 8%.

Del resto anche l'analisi delle serie storiche dei valori di produzione di lettiera fogliare di faggio non mette in evidenza discrepanze rilevanti (Figura 2).

L'andamento delle spezzate è sostanzialmente coincidente, fatti salvi gli effetti dell'ultimo diradamento che, a partire dal 2002, determinano una riduzione dei valori nell'area DIR. Tale riduzione permane anche nel 2003 e 2004 - annate caratterizzate da estremi siccitosi - mentre dal 2005 si osserva un significativo recupero. Da registrare il trend positivo della produzione di lettiera fogliare in funzione dell'età del popolamento (Figura 2), fenomeno che caratterizza anche la produzione di lettiera totale (Tabella 1).

Anche le serie storiche relative alla produzione di seme hanno un andamento sostanzialmente analogo, con valori spesso coincidenti tra le due tesi e con un trend positivo in funzione dell'età del popolamento (Figura 3). Le coincidenze si verificano sia nelle annate di produzione pressoché nulla (8 su 18 anni di osservazione), sia in quelle di piena pasciona (3 annate). E' interessante osservare come alla forte siccità registrata nel 2003 faccia seguito una annata di

mezza-pasciona, a conferma della probabile relazione esistente tra fruttificazione e aridità.

Per quanto riguarda le stime di LAI si osservano valori compresi tra 2.33 e 6.70 m^2m^{-2} (media $4.71 \pm 0.36 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$) per l'area DIR e tra 4.52 e 6.92 m^2m^{-2} (media $5.95 \text{ m}^2\text{m}^{-2} \pm 0.22 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$) per l'area TEST (Tabella 1). Le differenze tra le due tesi, anche in questo caso con valori superiori per l'area TEST, sono risultate molto significative ($p < 0.01$) sia in riferimento a tutto il periodo di osservazione (1999-2009), sia in seguito al diradamento (2003-2009). Nel periodo antecedente l'ultimo intervento (1999-2002) non si evidenziano differenze significative (Tabella 1).

Dall'analisi comparata delle serie storiche relative ai valori di LAI si può evincere come a partire da un primo periodo caratterizzato da valori sostanzialmente coincidenti tra le due tesi (1999-2002) si passi a una fase in cui si manifestano gli effetti del diradamento (2003-2004); successivamente, si registra un progressivo recupero nell'area DIR rispetto all'area TEST (Figura 4).

Come atteso, l'area DIR è caratterizzata da una maggiore presenza di radiazione al suolo rispetto all'area TEST (Tabella 1). Il confronto statistico ha evidenziato differenze molto significative ($p < 0.01$)

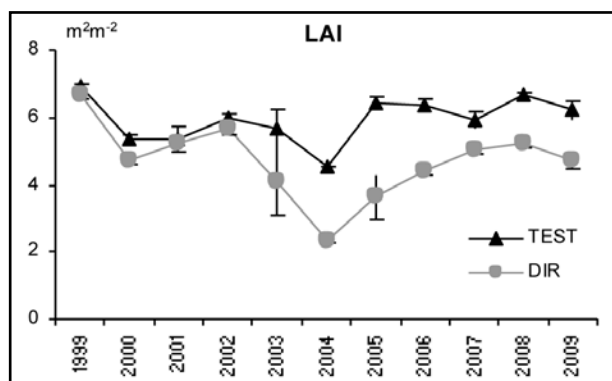


Fig. 4 - Buca Zamponi: andamento dei valori medi ($\pm$ es) di LAI nelle due tesi (TEST e DIR).
Buca Zamponi: comparison between mean ($\pm$ se) LAI values in the TEST and DIR plots.

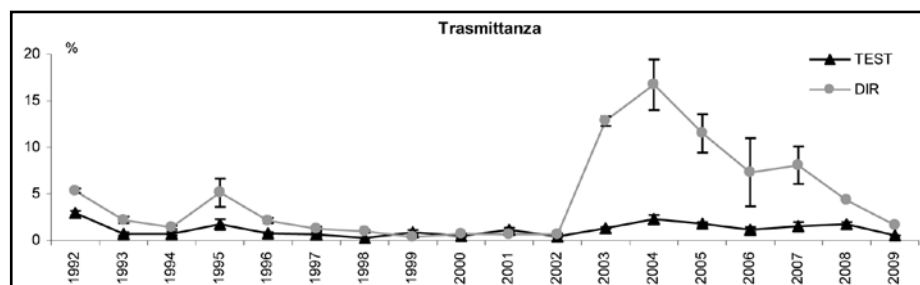


Fig. 5 - Buca Zamponi: andamento dei valori medi ($\pm$ se) di trasmittanza nelle due tesi (TEST e DIR).
Buca Zamponi: comparison of mean ($\pm$ se) transmittance values in the TEST and DIR plots.

con valori medi di $4.64 \pm 1.15 \%$ per l'area DIR e di $1.19 \pm 0.17 \%$ per l'area TEST. Anche in questo caso, differenze significative sono state osservate per il periodo successivo all'ultimo intervento (2003-2009) ma non per quello antecedente.

L'analisi comparata delle serie storiche relative ai valori di trasmittanza ha un andamento analogo e opposto rispetto a quello del LAI. Ad un primo periodo (1992-2002) caratterizzato da valori di trasmittanza ridotti e sostanzialmente coincidenti tra le due tesi, segue (2003-2004) un forte innalzamento dei valori di trasmittanza nell'area DIR in conseguenza dell'intervento di diradamento (Figura 5). A partire dal 2005 si registra una progressiva riduzione dei valori di trasmittanza che, nel 2009, tornano ad essere sostanzialmente coincidenti tra le due tesi.

Campo sperimentale Eremo della Casella

I valori annuali e le relative statistiche di base di produzione di lettiera totale e per singole componenti, di LAI e di trasmittanza dell'area sottoposta a taglio di sementazione (TS) e dell'area di controllo (CONTR) sono riportati in Tabella 2.

L'area TS presenta valori di lettiera totale che variano da un minimo di 1.377 ad un massimo di 5.901 Mg ha^{-1} , mentre la lettiera fogliare di faggio va da un minimo di 0.990 ad un massimo di 2.707 Mg ha^{-1} . La produzione di seme registra annate con fruttificazione nulla (2003, 2005, 2008) e annate di pasciona (2004, 2007, 2009) con una produzione massima di 0.841 Mg ha^{-1} . La produzione media di seme del periodo è di $0.259 \pm 0.129 \text{ Mg ha}^{-1}$.

Nell'area CONTR i valori di lettiera totale oscillano tra 4.189 e 6.872 Mg ha^{-1} , mentre la lettiera fogliare di faggio va da un minimo di 3.350 ad un massimo di 4.245 Mg ha^{-1} . Anche in questo caso si osservano annate con fruttificazione nulla (2003, 2005, 2008) e annate di pasciona (2004, 2007, 2009) con una produzione massima di 0.590 Mg ha^{-1} . La produzione media di seme del periodo è di $0.118 \pm 0.087 \text{ Mg ha}^{-1}$.

Nel complesso l'area di controllo presenta valori

Tab. 2 - Eremo della Casella: produzione annuale di lettiera totale e per componenti, valori di LAI e di trasmittanza e statistiche di base.
Eremo della Casella: total and main components of litter production, leaf area index (LAI), transmittance and basic statistics.

anno	tesi	foglie faggio Mg ha ⁻¹	foglie acces Mg ha ⁻¹	rami Mg ha ⁻¹	faggiole Mg ha ⁻¹	cupole Mg ha ⁻¹	altro Mg ha ⁻¹	totale Mg ha ⁻¹	LAI m ² m ⁻²	trasm %
2003	TS	0.990	0.089	0.203	0.010	0.067	0.018	1.377	1.11	40.99
	CONTR	4.245	0.087	0.383	0.014	0.051	0.003	4.782	5.16	2.60
2004	TS	2.441	0.218	0.265	0.446	1.219	0.299	4.889	1.47	34.64
	CONTR	3.822	0.081	1.760	0.074	0.342	0.638	6.717	4.70	1.82
2005	TS	2.349	0.124	0.140	0.011	0.141	0.105	2.870	1.73	18.36
	CONTR	3.568	0.074	0.453	0.000	0.004	0.090	4.189	6.29	1.04
2006	TS	2.238	0.170	0.487	0.064	0.285	0.407	3.650	2.08	24.15
	CONTR	3.553	0.160	0.759	0.010	0.054	0.588	5.124	6.43	1.35
2007	TS	2.192	0.210	0.443	0.396	0.888	0.264	4.392	2.35	19.85
	CONTR	3.666	0.160	1.318	0.131	0.413	0.306	5.995	6.62	0.85
2008	TS	2.707	0.174	0.137	0.043	0.198	0.139	3.397	2.40	15.56
	CONTR	3.822	0.067	0.745	0.010	0.058	0.158	4.861	6.41	0.70
2009	TS	2.633	0.181	0.243	0.841	1.688	0.315	5.901	2.62	20.06
	CONTR	3.350	0.102	0.971	0.590	1.185	0.674	6.872	6.43	0.77
media	TS	2.221	0.167	0.274	0.259	0.641	0.159	3.782	1.97	24.80
	CONTR	3.718	0.105	0.913	0.118	0.301	0.269	5.506	6.01	1.30
es	TS	0.235	0.019	0.057	0.129	0.258	0.053	0.598	0.22	3.85
	CONTR	0.116	0.016	0.199	0.087	0.172	0.095	0.421	0.31	0.28
CV	TS	25.9	27.6	50.9	122.4	98.6	62.0	38.7	27.9	38.0
	CONTR	7.7	37.7	53.5	180.0	140.0	79.9	18.7	12.5	53.1
test t	val	-6.17	2.72	-3.33	0.97	1.18	1.10	-2.54	11.46	-6.58
	p	***	*	**	ns	ns	ns	*	***	**

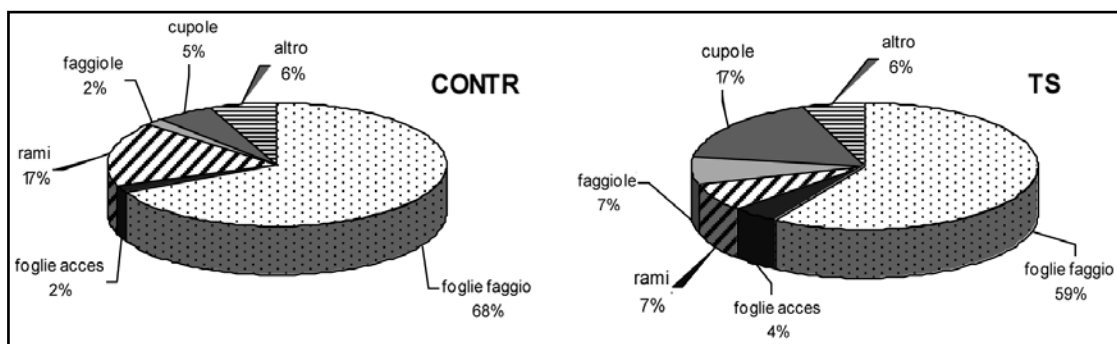


Fig. 6 - Eremo della Casella: confronto tra le due tesi relativamente alla ripartizione della lettiera nelle principali componenti.
Eremo della Casella: comparison of litter composition between the two theses.

medi superiori a quelli dell'area sottoposta a taglio di sementazione, fatte salve le categorie foglie delle specie accessorie e, dato rilevante, faggiole e cupole che presentano valori medi nell'area TS più che doppi rispetto all'area CONTR. Dai confronti statistici emergono differenze significative ($p < 0.05$) per le componenti lettiera totale e foglie delle specie accessorie, molto significative ($p < 0.01$) per i rami, e altamente significative ($p < 0.001$) per le foglie di faggio (Tabella 2).

Dall'analisi della composizione percentuale della lettiera si nota in maniera inequivocabile l'influenza del trattamento sulla rilevanza delle varie componenti (Figura 6). Nell'area TS faggiole e cupole rappresentano circa un quarto della lettiera totale, rispetto al 7% dell'area CONTR. All'opposto, nell'area CONTR hanno maggior peso le componenti foglie e rami che costituiscono rispettivamente il 70% e il 17% della lettiera totale, valori che scendono a 63% e 7% nell'area TS.

Il confronto tra le serie storiche relative alla produzione annuale di seme consente di apprezzare

le coincidenze sia per quanto riguarda le annate di produzione scarsa o nulla, sia per quelle di pasciona (Figura 7). Anche in questo caso, così come osservato a Buca Zamponi, all'annata di aridità del 2003 fa seguito

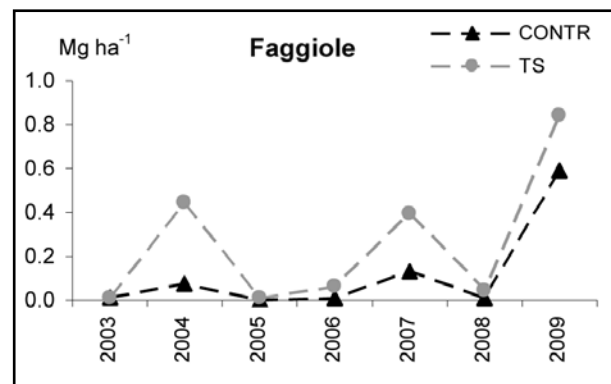


Fig. 7 - Eremo della Casella: andamento della produzione annuale di seme di faggio nelle due tesi (TS e CONTR). La linea di tendenza è riferita alla tesi CONTR.
Eremo della Casella: comparison between beech seed production in the CONTR and TS plots. The trendline is referred to CONTR plot.

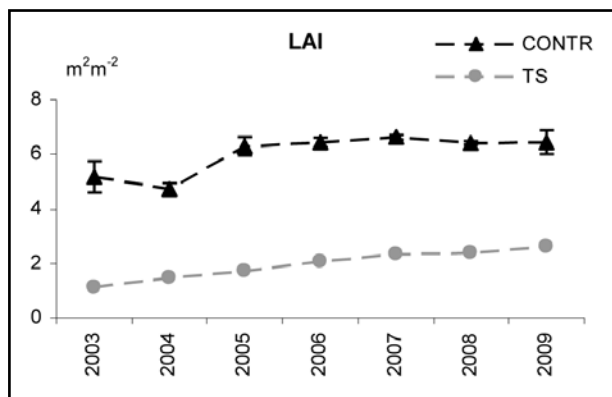


Fig. 8 - Eremo della Casella: andamento dei valori medi ($\pm$ es) di LAI nelle due tesi (CONTR e TS).

Eremo della Casella: comparison between mean ($\pm$ se) LAI values in the CONTR and TS plots.

una annata di elevata produzione di faggiola. Seppure il test t non abbia evidenziato differenze significative, dall'analisi delle spezzate emerge come il trattamento determini valori superiori di produzione di seme, in particolare nelle annate di pasciona.

Anche in questo caso l'analisi delle serie storiche di LAI consente di apprezzare l'effetto del trattamento (Figura 8). L'entità del taglio di sementazione determina una brusca caduta del LAI che nell'area TS nel 2003 presenta valori pari a circa un quinto rispetto a quelli dell'area CONTR. Successivamente si osserva un progressivo recupero del popolamento trattato. Nel complesso le differenze di LAI tra le due tesi sono altamente significative ($p < 0.001$) con valori medi di $6.01 \pm 0.31 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ per l'area CONTR e di $1.97 \pm 0.22 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ per l'area TS (Tabella 2).

Come per il protocollo di Buca Zamponi, anche in questo caso si osserva un andamento analogo e opposto delle serie storiche dei valori di trasmittanza rispetto a quello del LAI. L'entità del taglio di sementazione è confermata dalla elevata quantità di luce trasmessa a terra - valore medio del periodo nell'area TS di $24.80 \pm 3.85 \%$ contro $1.30 \pm 0.28 \%$ dell'area CONTR - con differenze statisticamente significative (Tabella 2). A conforto di quanto osservato per i valori di LAI, anche l'analisi delle serie storiche dei valori di trasmittanza evidenzia un progressivo recupero della copertura dell'area TS, che da valori intorno al 40% nel 2003 passa a valori intorno al 20% a fine periodo di osservazione (Figura 9).

Discussione

La concomitante disponibilità di risultati relativi

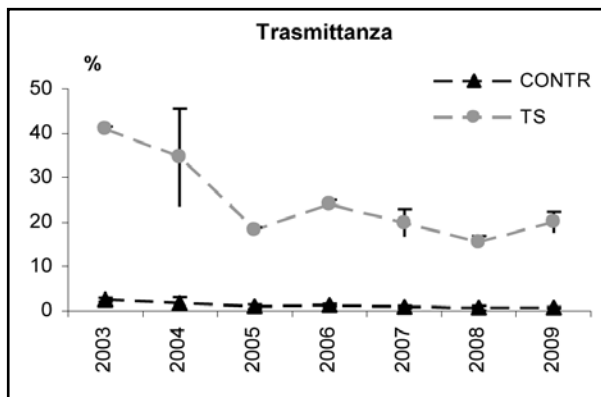


Fig. 9 - Eremo della Casella: andamento dei valori medi ($\pm$ se) di trasmittanza nelle due tesi (CONTR e TS).

Eremo della Casella: comparison of mean ($\pm$ se) transmittance values in the CONTR and TS plots.

ad una pluralità di variabili ecologiche strettamente correlate alla produttività, al funzionamento e alla dinamica di un soprassuolo (GHOLZ *op. cit.*; WARING *op. cit.*; BOLSTAD e GOWER 1990; CHASON *et al.* 1991; CUTINI 2002; DOBBERTIN *et al.* 2000; LEUSCHNER *et al. op. cit.*) e, cosa ancor più rara, di un periodo di osservazione molto lungo (1992-2009), consente di svolgere un'analisi articolata e approfondita degli effetti che la scelta della conversione, con le sue varianti, ha sui soprassuoli di faggio di origine agamica. Peraltro, fatte salve alcune componenti che intrinsecamente sono soggette a una maggiore aleatorietà quali semi e rami, i coefficienti di variazione delle variabili di maggiore peso quali foglie di faggio, lettiera totale e LAI sono risultati piuttosto bassi ($< 25\%$). Tali valori sono al di sotto o in linea rispetto a quanto riscontrato in altri studi (LEBRET *et al. op. cit.*) e depongono a favore di una elevata affidabilità dei risultati ottenuti, cosa non comune in indagini di questo tipo (BURTON *et al.* 1991; CUTINI 1994a; CUTINI 2002).

I risultati relativi alle tesi di controllo evidenziano l'elevata produttività dei popolamenti esaminati, nonché l'assenza di sostanziali differenze tra i due campi sperimentali. Gli scostamenti tra i valori medi di lettiera fogliare, lettiera totale e LAI sono inferiori al 10%, confermando la sostanziale omogeneità tra i due popolamenti, peraltro avvalorata anche dai riscontri di carattere dendrometrico (CUTINI *et al.* 2007; AMORINI *et al.* 2010). Ciò costituisce la necessaria premessa per confronti non solo con le rispettive aree di controllo ma anche tra le due tesi di trattamento.

I valori di produzione di lettiera totale e fogliare - maggiori rispettivamente di 5 Mg ha^{-1} e 3 Mg ha^{-1} - sono al di sopra di quanto riportato in letteratura per le

foreste temperate (BRAY e GORHAM *op. cit.*; O'NEIL e DE ANGELIS 1981; CANNELL *op. cit.*). Analoga considerazione può essere fatta per il LAI (CANNELL *op. cit.*; SCURLOCH *et al.* 2001). Peraltro, va sottolineato che i valori medi osservati ($6 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$), essendo stati ottenuti tramite LAI-2000, rappresentano, con buona probabilità, una sottostima di quelli reali (CUTINI *et al.* 1998).

La produttività dei popolamenti di faggio dell'Alpe di Catenaiia può essere meglio apprezzata anche dal confronto con altre faggete italiane ed europee. I valori medi di produzione di lettiera riscontrati sono superiori a quelli riportati per faggete di 90-115 anni dell'Appennino pistoiese (GREGORI e MICLAUS 1985) e a quelli medi di faggete italiane inserite nel programma UE di monitoraggio intensivo delle foreste CONECO-FOR (CUTINI 2002). Dall'analisi dei risultati le faggete dell'Alpe di Catenaiia sono più assimilabili a quelle mediterranee montane (Calabria e Foresta Umbra), che non a quelle dell'Italia settentrionale e centrale (CUTINI 2002). I valori sono inoltre superiori a quelli riportati da MATTEUCCI *et al.* (*op. cit.*) per varie faggete europee di età compresa tra 47 e 200 anni, a quelli di cedui di faggio del sud-est dell'Inghilterra (ANDERSON 1973) e di faggete oceaniche della Bretagna di 83-147 anni (LEBRET *et al. op. cit.*). D'altra parte i valori di LAI, pur elevati rispetto ad altri popolamenti europei, sono risultati inferiori a quelli medi riscontrati in uno studio condotto su 23 faggete della Germania settentrionale (LEUSCHNER *et al. op. cit.*).

Quanto emerso, oltre che contribuire ad un corretto inquadramento di queste faggete, consente di affermare che i popolamenti oggetto di studio sono stati in grado di recuperare pienamente sotto il profilo della produttività e della funzionalità, nonostante lo sfruttamento intensivo cui sono stati sottoposti fino a qualche decennio fa (AMORINI e FABBIO 1986; CUTINI 1999). Ciò peraltro conferma la bontà della scelta, a suo tempo operata sulla base degli elementi allora disponibili, di avviare questi popolamenti ad altofusto (AMORINI e GAMBI *op. cit.*).

L'analisi della composizione percentuale della lettiera, riferita alle aree di controllo, consente di affermare che quelli oggetto di studio sono popolamenti che, seppure caratterizzati da fertilità elevata, sono ancora lontani dallo stadio di maturità. Le percentuali di lettiera fogliare osservate (65-70%), pur inferiori a quelle di altri popolamenti (ANDERSON *op. cit.*; GREGORI e MICLAUS *op. cit.*; LEBRET *et al. op. cit.*; CUTINI 2002), sono ancora lontane dai valori indicativi di foreste

mature (KIRA e SHIDEI 1967).

Il lungo periodo di osservazione ha consentito di apprezzare le variazioni della produzione di lettiera e di LAI in funzione dell'età del popolamento. Elemento degno di nota è il trend in crescita della lettiera fogliare e totale e del LAI. Infatti, studi su popolamenti di latifoglie di età superiore ai 40 anni mostrano, al contrario, valori di lettiera e di LAI stabili o tendenti a una leggera diminuzione (RAUNER 1976; JARVIS e LEVERENZ 1983). Tale risultato potrebbe essere ascrivibile ad un effetto positivo generato dall'aumento della concentrazione della CO_2 atmosferica, come riscontrato in altri studi sulla produttività e l'accrescimento delle foreste temperate europee (HASENAUER *et al.* 1999; PACHAURI *et al.* 2007; LINDNER *et al.* 2010). Tuttavia, data la notevole complessità del fenomeno e le relazioni con le variabili ambientali, sono necessari ulteriori approfondimenti.

Anche per la produzione di seme si osserva in generale un trend positivo in funzione dell'età, come peraltro riportato anche da altri Autori (LEBRET *et al. op. cit.*; GENET *et al.* 2009). E' noto che il faggio raggiunge tardi la piena fruttificazione, alternando annate con produzione scarsa o addirittura nulla ad annate di pasciona, in genere con frequenza irregolare (SUSZKA *et al. op. cit.*). Ciò nondimeno, i risultati ottenuti evidenziano come già tra 50 e 60 anni si possano registrare annate di pasciona o di buona produzione di seme, in linea con quanto osservato anche in altri studi (OSWALD 1984; GENET *et al. op. cit.*). La ciclicità della produzione di seme, seppure presente, mostra una certa plasticità con annate di pasciona che si susseguono ad intervalli di 3-5 anni. In corrispondenza di queste annate cresce il contributo in termini percentuali delle componenti riproduttive (PIOVESAN e BERNABEI 1997). Tuttavia il maggiore investimento nella produzione di seme non va a discapito delle altre componenti. Ne consegue che, in concomitanza con le annate di pasciona, si registrino anche picchi di produzione di lettiera totale. Salvi gli opportuni approfondimenti, data anche la complessità dei fenomeni e l'intreccio con le variabili ambientali, dai risultati emerge che il bilanciamento avvenga piuttosto l'anno successivo a quello della pasciona, allorquando si registrano una produzione di seme scarsa o nulla e, soprattutto, valori di produzione di lettiera totale inferiori alla media.

Per quanto riguarda gli effetti del trattamento sulle caratteristiche dei soprassuoli, il diradamento effettuato in località Buca Zamponi nel 2002 ha rappresentato il terzo intervento in ordine cronologico

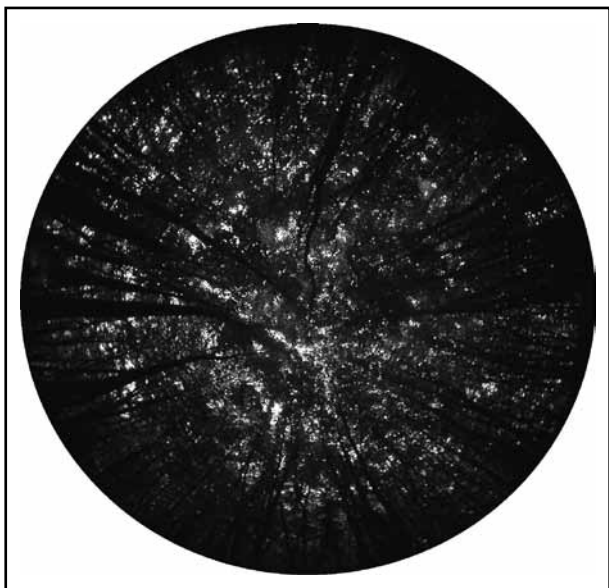


Foto 1 - Buca Zamponi: immagine emisferica dell'area a ceduo in evoluzione naturale (TEST) - anno 2010.

Buca Zamponi: hemispherical image of coppice stand under natural evolution (TEST) - 2010.

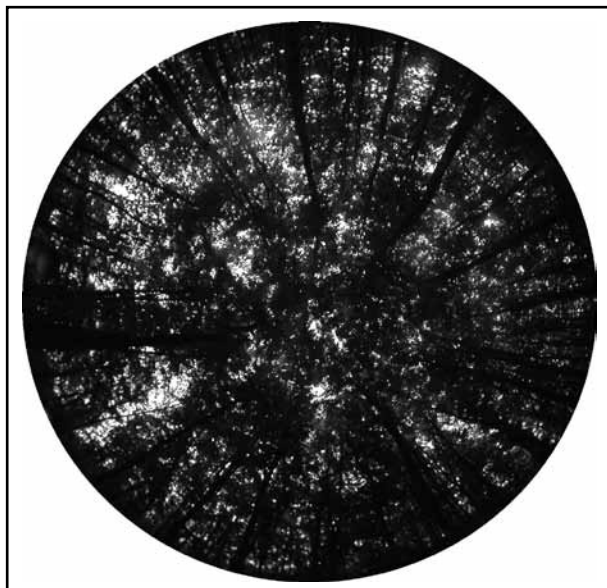


Foto 2 - Buca Zamponi: immagine emisferica dell'area a ceduo sottoposta a diradamento (DIR) - anno 2010.

Buca Zamponi: hemispherical image of the coppice stand - thinned thesis (DIR) - 2010.

che ha interessato il popolamento. Tutti e tre i prelievi sono risultati di moderata-forte intensità, asportando dal 30 al 50% dell'area basimetrica (AMORINI e GAMBI *op. cit.*; AMORINI e FABBIO 1986; AMORINI *et al.* 2010). Ciò nonostante, il popolamento ha mostrato notevoli capacità di recupero, come evidenziato in particolare dall'andamento della produzione di lettiera fogliare, del LAI e della trasmittanza. Limitando l'analisi dei dati al periodo prima dell'ultimo diradamento emerge come tali variabili non presentino differenze significative tra le due tesi. Differenze significative che invece si manifestano nel periodo successivo per il LAI e la trasmittanza, ma non per la lettiera fogliare. Tale risultato trova una possibile spiegazione in una diversa strutturazione delle chiome degli alberi rilasciati e in una differente aggregazione del fogliame nei popolamenti trattati rispetto a quelli in evoluzione (SMOLANDER e STENBERG 1996; BRÉDA 2003; CUTINI e HAJNY *op. cit.*; MACFARLANE *et al.* 2007). Non si osservano invece differenze significative per quanto riguarda la produzione di seme.

Nel complesso la sequenza colturale definita dal taglio di avviamento e dai due successivi diradamenti di moderata-forte intensità, pur determinando, come prevedibile, una maggiore eterogeneità strutturale, resa evidente da valori più elevati del coefficiente di variazione (DAVI *et al.* 2008), non ha dato origine a squilibri in termini di produttività e di caratteristiche della copertura (Foto 1 e 2). Gli effetti del trattamen-

to, anche quando sono risultati significativi, si sono manifestati negli anni immediatamente successivi al taglio, tendendo progressivamente ad attenuarsi e pressoché ad annullarsi a 8–10 anni dall'ultimo intervento. E' su queste basi che si può esprimere un giudizio positivo sul trattamento fin qui adottato e, allo stesso tempo, prefigurare un modulo colturale incentrato su diradamenti di moderata-forte intensità e frequenza intorno a 15 anni. Modulo che, oltre a non pregiudicare gli equilibri strutturali e funzionali del popolamento, è interessante anche per le ricadute di carattere economico, avendo già permesso di ricavare, è bene ricordarlo, una massa di 60 m³ ha⁻¹ a 27 anni e di circa 100 m³ ha⁻¹ rispettivamente a 42 e 57 anni (AMORINI e GAMBI *op. cit.*; AMORINI e FABBIO 1986; AMORINI e FABBIO 1991; AMORINI *et al.* 1995; AMORINI *et al.* 2010).

Diversi sono invece gli effetti del taglio di semenzatura anticipato. Il tipo e l'intensità dell'intervento, che ha asportato circa 4/5 delle piante presenti e il 60% dell'area basimetrica (CUTINI *et al.* 2007), hanno prodotto cambiamenti più evidenti sulle caratteristiche dei soprassuoli (Foto 3). Oltre alla maggiore variabilità strutturale, resa palese dal coefficiente di variazione (DAVI *et al. op. cit.*), i valori di lettiera fogliare e totale, di LAI e di trasmittanza sono risultati significativamente differenti da quelli dell'area di controllo.

Anche in questo caso, comunque, il popolamento ha mostrato capacità di reazione, nonostante il breve periodo trascorso dal taglio. Le variabili sopra citate,

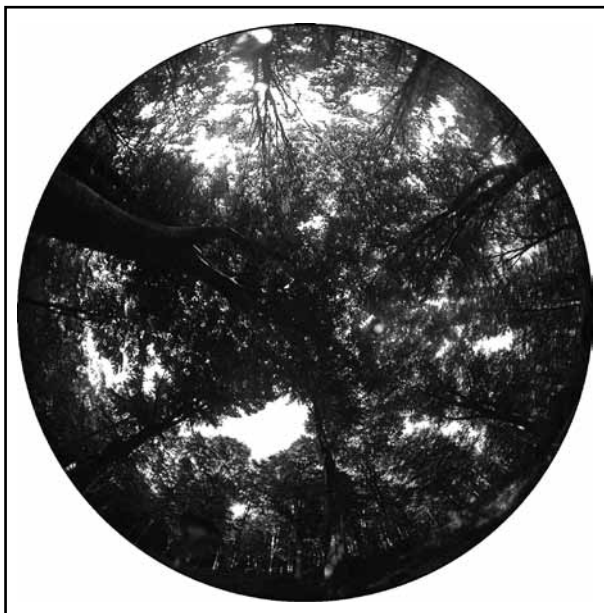


Foto 3 - Eremo della Casella: immagine emisferica dell'area a ceduo sottoposta a taglio di sementazione anticipato (TS) - anno 2010.
Eremo della Casella: hemispherical image of the coppice stand - advance seed cutting thesis (TS) - 2010.

infatti, evidenziano un costante recupero negli anni, pur restando significativamente inferiori al testimone. Di contro, il soprassuolo trattato si è caratterizzato per una maggiore fruttificazione, soprattutto in corrispondenza delle annate di pasciona. Dall'analisi delle serie storiche si può desumere come l'area di intervento mostri un andamento più regolare e una produzione superiore al controllo con punte (+375%) proprio nelle annate di pasciona. Tali annate condizionano complessivamente il comportamento delle variabili nel periodo di osservazione, con effetti più marcati nell'area sottoposta a trattamento. In quest'ultima la percentuale di biomassa fogliare e legnosa si riduce dall'82% in annate di scarsa produzione di seme al 54% in occasione di annate di pasciona, a fronte di un parallelo incremento (dal 6 al 36%) della componente riproduttiva. Similmente nel testimone si assiste ad una riduzione della biomassa fogliare e legnosa dal 92% in annate di scarsa fruttificazione, fino al 76% in annate di pasciona e, parallelamente, ad un aumento (dall'1 al 13%) della componente riproduttiva. Tuttavia, si ritiene che, anche in considerazione della giovane età dei popolamenti (SUSZKA *et al. op. cit.*) e, soprattutto, del breve periodo di tempo intercorso dal taglio, non siano emerse differenze significative tra le due tesi.

In sintesi si può affermare che il trattamento, come peraltro atteso, ha inequivocabilmente creato una forte discontinuità rispetto all'area di controllo, diffe-

renziandosi significativamente anche dal trattamento applicato a Buca Zamponi. La drastica riduzione dei livelli di competizione ha prodotto una diversa organizzazione del popolamento. In particolare, la rilevante disponibilità di spazio e di risorse resesi accessibili ha consentito un notevolmente sviluppo delle chiome dei soggetti rilasciati. Di ciò ne ha beneficiato la componente riproduttiva - faggiole e cupole - che rappresenta circa il 25% della produzione di lettiera totale, valore molto al di sopra non solo di quello dell'area di controllo, ma anche di quanto osservato a Buca Zamponi nell'area trattata (8%). Area, quest'ultima, che presenta valori medi di LAI e trasmittanza rispettivamente di circa $4 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ e l'8% contro i $2 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$ e il 25% che si registrano nel taglio di sementazione anticipato. In tal senso il trattamento applicato nell'area dell'Eremo della Casella ha determinato effetti più marcati rispetto a quelli osservati a Buca Zamponi. Effetti individuabili nella maggior produzione di seme e nella maggior quantità di radiazione disponibile al suolo, elementi che precostituiscono condizioni favorevoli all'insediamento della rinnovazione naturale, centrando quindi le finalità colturali previste.

Conclusioni

La pluralità e la rilevanza delle variabili esaminate da un lato e, dall'altro, le diverse opzioni colturali poste a confronto sono elementi che consentono di fornire un contributo non trascurabile in termini conoscitivi e di indicazioni per il trattamento dei cedui di faggio in conversione. Il tutto è avvalorato dalla durata dello studio che ha consentito di disporre di risultati affidabili e di poter apprezzare in maniera compiuta gli effetti del trattamento applicato.

In primo luogo è emerso come il faggio sia specie in grado di reagire positivamente anche a lunghi cicli di sfruttamento intensivo come quelli che hanno caratterizzato i cedui oggetto di studio e che, in presenza di determinate condizioni di fertilità e struttura (AMORINI e GAMBI *op. cit.*), sia stata e sia tuttora auspicabile, sotto vari punti di vista, la scelta di intraprendere il processo di conversione a fustaia.

Pur essendo in presenza di popolamenti di oltre 60 anni, le variabili correlate alla produttività del popolamento mostrano un andamento crescente in funzione dell'età. Tale aspetto, meritevole di ulteriori approfondimenti, unito alla rilevanza della componente fogliare nella lettiera sta ad indicare come i

soprasuoli in questione siano ancora in una fase estremamente dinamica. Del resto, anche gli indicatori relativi alla produzione di seme stanno a dimostrare che, se i popolamenti in questione sono entrati in una fase in cui tale fenomeno non è episodico, si è tuttavia distanti da condizioni di piena maturità.

Le forti analogie tra i popolamenti dei due campi sperimentali hanno consentito di valutare gli effetti del trattamento non solo rispetto a popolamenti in evoluzione naturale ma anche di mettere a confronto due diversi moduli colturali, uno basato su taglio di avviamento e periodici diradamenti e, l'altro, su taglio di avviamento, un diradamento e taglio di sementazione anticipato. In entrambi i casi il trattamento applicato ha prodotto ricadute positive rispetto agli obiettivi prefissati, con effetti di carattere transitorio nel primo caso. Effetti molto più marcati si sono invece registrati nel caso del taglio di sementazione anticipato.

Fatta salva una maggiore regolarità nelle serie annuali, non sono emerse differenze a livello di fruttificazione. Pur non essendo statisticamente significativa, in ragione anche del non lungo periodo di osservazione, la produzione media di seme nel taglio di sementazione è circa il doppio di quella dell'area non trattata.

Nel complesso i popolamenti oggetto di studio mostrano una notevole dinamicità che li colloca in una fase ancora lontana dalla piena maturità e, quindi, dal compimento del processo di conversione a fustaia per via naturale. In merito a ciò i risultati dello studio consentono di affermare che l'opzione del taglio di sementazione anticipato deve trovare fondamento più su considerazioni collegate alla pianificazione forestale che non su motivazioni di ordine ecologico o selvicolturale. In altre parole, pare opportuno prendere in esame tale opzione laddove si sia in presenza di complessi di notevole estensione con età e caratteristiche omogenee. In questi casi l'applicazione mirata di tale tipo di intervento può contribuire ad una maggiore differenziazione strutturale, con popolamenti in stadi evolutivi differenziati al momento del completamento del processo di transizione a fustaia.

Particolarmente appropriata è risultata l'altra opzione selvicolturale testata. Come già verificato per altre specie e laddove sussistano le condizioni di fertilità per procedere all'avviamento, interventi energici e ripetuti non pregiudicano le capacità di recupero della copertura forestale e della produttività del soprassuolo (CUTINI e HAJNY *op. cit.*). Nonostante la reiterata e forte riduzione di densità operata dagli in-

terventi, i soprassuoli mostrano un pronto e pressoché totale recupero della copertura e della produttività. Ciò consente di valutare positivamente per i cedui di faggio in conversione un modulo colturale incentrato su diradamenti di moderata-forte intensità e frequenza intorno ai 15 anni. Il trattamento, in questo caso, si prefigura come strumento per accelerare e orientare il processo di conversione, garantendo nel contempo positive ricadute sia sotto il profilo ecologico che economico, nel caso specifico rappresentate da circa 250-300 m³ di massa intercalare (AMORINI *et al.* 2010). Processo di conversione che tuttavia si delinea come ancora lontano dal suo compimento e la cui durata potrà essere utilmente condizionata dalle stesse scelte selvicolturali che verranno in futuro programmate e operate dal gestore.

Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano il personale di ruolo del C.R.A.-Centro di Ricerca per la Selvicoltura di Arezzo -Umberto Cerofolini, Luigi Mencacci- impegnato per quasi due decenni nei rilievi e nella raccolta dati necessari per la realizzazione di questa ricerca e i tanti che hanno collaborato per periodi più brevi e tra i quali meritano una menzione Mario Ceccarelli, Claudia Becagli, Elisa Castellucci, Simona Bartolucci, Alessandro Fois, Alessandro Bitini e Michele Lorenzoni. Un sentito ringraziamento va infine ad un anonimo Revisore per i preziosi suggerimenti forniti.

Bibliografia citata

- AMORINI E., GAMBI G. 1979 - *Il metodo dell'invecchiamento nella conversione dei cedui di faggio*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, VIII (1977): 21-42.
- AMORINI E., FABBIO G. 1986 - *Studio auxometrico in un ceduo invecchiato e in una fustaia da polloni di faggio, sull'Appennino toscano. Primo contributo*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XIV (1983): 283-328.
- AMORINI E., FABBIO G. 1991 - *Ricerche sull'invecchiamento dei cedui: riflessi sul trattamento di conversione*. L'It. For. Mont., XLV (3): 193-204.
- AMORINI E., FABBIO G., TABACCHI G. 1995 - *Le faggete di origine agamica: evoluzione naturale e modello colturale per l'avviamento ad alto fusto*. In: Atti del seminario "Funzionalità dell'ecosistema faggeta" (Giannini R. ed). Progetto CNR - Raisa, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, pp. 331-345.
- AMORINI E., BRUSCHINI S., CUTINI A., DI LORENZO M.G., FABBIO G. 1998 - *Treatment of Turkey oak (Quercus cerris L.) coppice. Structure, biomass and silvicultural options*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXVII (1996): 121-129.

- AMORINI E., FABBIO G., BERTINI G. 2010 - *Dinamica del ceduo oltre turno ed avviamento ad alto fusto dei cedui di faggio. Risultati del protocollo "Germano Gambi" sull'Alpe di Catenaiia (Arezzo)*. Ann. CRA-SEL. Arezzo, vol.36: 151-172.
- ANDERSON J. M. 1973 - *Stand structure and litter fall of a coppiced beech Fagus sylvatica and sweet chestnut Castanea sativa woodland*. Oikos, 24: 128-135.
- BIANCHI M. 1981 - *Le fustaie di faggio di origine agamica della Toscana: tavola di produzione per i boschi coetanei*. Ann. Acc. It. Sci. For., 30: 247-284.
- BIANCHI M., HERMANIN L. 1988 - *Stato delle ricerche sperimentali sulla conversione in alto fusto dei cedui di faggio*. Quaderni dell'Istituto di Assestamento e Tecnologia Forestale, fasc. II, 25 p.
- BOLSTAD P. V., GOWER S. T. 1990 - *Estimation of leaf area index in fourteen southern Wisconsin forest stand using a portable radiometer*. Tree Physiology, 7: 115-124.
- BRAY J. R., GORHAM E. 1964 - *Litter production in forests of the world*. Advances in Ecological Research, 2: 101-157.
- BRÉDA N. J. J. 2003 - *Ground-based measurements of leaf area index: a review of method, instruments and current controversies*. J. Exp. Bot., 54: 2403-2417.
- BURTON A. J., PREGITZER K. S., REED D. D. 1991 - *Leaf area and foliar biomass relationship in northern hardwood forests located along an 800 km acid deposition gradient*. For. Sci., 37: 1011-1059.
- CANNELL M. G. R., 1982 - *World forest biomass and primary production data*. Academic Press, London, 391 p.
- CHASON J. W., BALDOCCHI D. D., HUSTON M. A. 1991 - *A comparison of direct and indirect methods for estimating forest canopy leaf area*. Agricultural and Forest Meteorology, 57: 107-128.
- CIANCIO O. 1990 - *La gestione del bosco ceduo: analisi e prospettive*. L'It. For. Mont., 1: 5-10.
- CIANCIO O., CORONA P., LAMONACA A., PORTOGHESI L., TRAVAGLINI D. 2006 - *Conversion of clearcut beech coppices into high forests with continuous cover: A case study in central Italy*. Forest Ecology and Management, 224: 235-240.
- CUTINI A. 1994 a - *Indice di area fogliare, produzione di lettiera ed efficienza di un ceduo di cerro in conversione*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXIII (1992): 147-166.
- CUTINI A. 1994 b - *La stima del LAI con il metodo delle misure di trasmittanza in popolamenti diradati e non diradati di cerro*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXIII (1992): 167-181.
- CUTINI A. 1996 - *The influence of drought and thinning on leaf area index estimates from canopy transmittance method*. Annales des Sciences Forestières, 53: 595-603.
- CUTINI A. 1999 - *Ricerche su produttività e funzionalità di popolamenti di origine agamica*. In: Atti II Congresso SISEF, Bologna, 2: 131-134.
- CUTINI A. 2002 - *Litterfall and Leaf Area Index in the CONECONFOR permanent monitoring plots*. In: "Long-term ecological research in Italian forest ecosystem", vol. 61 (Suppl. 1): 62-68.
- CUTINI A., MATTEUCCI G., SCARASCIA MUGNOZZA G. 1998 - *Estimation of leaf area index with the Li-Cor LAI 2000 in deciduous forests*. Forest Ecology and Management, 105: 55-65.
- CUTINI A., GIULIETTI V., VARALLO A. 2003 - *La stima dell'indice di area fogliare di popolamenti forestali e di singoli alberi con il Plant Canopy Analyzer LAI-2000*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXXI (2000): 95-107.
- CUTINI A., HAJNY M. 2006 - *Effetti del trattamento selvicolturale su produzione di lettiera, caratteristiche della copertura ed efficienza di un ceduo di cerro in conversione*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXXIII (2002-2004): 133-142.
- CUTINI A., VARALLO A. 2006 - *Estimation of foliage characteristics of isolated trees with the Plant Canopy Analyzer LAI-2000*. Current Trends in Ecology, 1: 49-56.
- CUTINI A., BARTOLUCCI S., AMORINI E. 2007 - *Gestione dei boschi cedui di caducifoglie e relazione con gli ungulati selvatici*. In "Valorizzazione agro - forestale e faunistica dei territori di collina e montagna" a cura di LUCIFERO M., GENGHINI M., Istituto Nazionale Fauna Selvatica, Ministero delle Politiche agricole, alimentari e forestali, St.e.r.n.a., Toscanella di Dozza (BO): 287-304.
- DAVI H., BARET F., HUC R., DUFRÈNE E. 2008 - *Effect of thinning on LAI variance in heterogeneous forests*. Forest Ecology and Management, 256: 890-899.
- DOBBERTIN M., ANDREASSEN K., NEUMANN M., SOMOGYI Z. 2000 - *Forest growth*. Report of the External Panel of Forest Growth, 17 p.
- DUFRÈNE E., BRÉDA N. 1995 - *Estimation of deciduous forest leaf area index using direct and indirect methods*. Oecologia, 104: 156-162.
- GAMBI G. 1968 - *Le conversioni dei cedui in altofusto sull'Appennino Tosco-Emiliano*. Ann. Acc. Naz. di Agric., III serie, LXXVIII: 1-49.
- GENET H., BRÉDA N., DUFRÈNE E. 2009 - *Age-related variation in carbon allocation at tree and stand scales in beech (Fagus sylvatica L.) and sessile oak (Quercus petraea (Matt.) Liebl.) using a chronosequence approach*. Tree Physiology, 30: 177-192.
- GHOLZ H. L. 1982 - *Environmental limits on aboveground net primary production, leaf area and biomass in vegetation zones of the Pacific Northwest*. Ecology, 63: 469-481.
- GREGORI E., MICLAUS N. 1985 - *Studio di una faggeta dell'Appennino pistoiense: sostanza organica al suolo e produzione di lettiera*. Annali dell'Istituto Sperimentale di Studio e Difesa del Suolo, XVI: 105-118.
- HASENAUER H., RAMAKRISHN R. N., SCHADAUER K., RUNNING S. W. 1999 - *Forest growth response to changing climate between 1961 and 1990 in Austria*. Forest Ecology and Management 122: 209-219.
- HOFMANN A. 1963 - *La conversione dei cedui di faggio*. Ann. Acc. It. Sci. For., 12: 145-164.
- HOFMANN A. 1991 - *Il faggio e le faggete in Italia*. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste - Corpo Forestale dello Stato. Collana Verde 81, 140 p.

- HOLSCHER D., SCHADE E., LEUSCHNER C. 2001 - *Effects of coppicing in temperate deciduous forests on ecosystem nutrient pools and soil fertility*. Basic and Applied Ecology, 2: 155-164.
- JARVIS P. G., LEVERENZ J. W. 1983 - *Productivity of temperate, deciduous and evergreen forests*. In: Encyclopedia of Plant Physiology vol 12D. Physiological Plant Ecology: Productivity and Ecosystem Processes. Springer-Verlag, Berlin: 234-280.
- KIRA T., SHIDEY T. 1967 - *Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western Pacific*. Japanese Journal of Ecology, 17: 70-87.
- LEBOURGEOIS F., BRÉDA N., ULRICH E., GRANIER A. 2005 - *Climate-tree-growth relationships of European beech (Fagus sylvatica L.) in the French Permanent Plot Network (RENECOFOR)*. Trees, 19 (4): 385-401.
- LEBRET M., NYS C., FORGEARD F. 2001 - *Litter production in an Atlantic beech (Fagus sylvatica L.) time sequence*. Annals of Forest Science, 58 (7): 755-768.
- LEUSCHNER C., VOSS S., FOETZKI A., CLASSE Y. 2006 - *Variation in leaf area index and stand leaf mass of European beech across gradients of soil acidity and precipitation*. Plant Ecology, 182: 247-258.
- LINDNER M., MAROSCHEK M., NETHERER S., KREMER A., BARBATI A., GARCIA-GONZALO J., SEIDL R., DELZON S., CORONA P., KOLSTROM M., LEXER M. J., MARCHETTI M. 2010 - *Climate change impacts, adaptative capacity and vulnerability of European forest ecosystems*. Forest Ecology and Management 259: 698-709.
- MACFARLANE C., HOFFMAN M., EAMUS D., KERP N., HIGGINSON S., McMURTRIE R., ADAMS M. 2007 - *Estimation of leaf area index in eucalypt forest using digital photography*. Agricultural and Forest Meteorology, 143: 176-188.
- MATTEUCCI G., DE ANGELIS P., DORE S., MASCI A., VALENTINI R., SCARASCIA MUGNOZZA G. 1999 - *Il bilancio del carbonio delle faggete: dall'albero all'ecosistema*. In: Scarascia Mugnozza G. (ed.), Ecologia strutturale e funzionale di faggete italiane, Edagricole: 133-183.
- MEIER I.C., LEUSCHNER C. 2008 - *Leaf size and leaf area index in Fagus sylvatica forests: competing effects of precipitation, temperature, and nitrogen availability*. Ecosystems, 11: 655-669.
- MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE ALIMENTARI E FORESTALI 2007 - *INFC- Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio 2005*. MiPAAF - Ispettorato Generale - Corpo Forestale dello Stato, CRA - Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura, Trento.
- O'NEIL R. V., DE ANGELIS D. L. 1981 - *Comparative productivity and biomass relations of forest ecosystems*. In: "Dynamic properties of forest ecosystems" (ed. Reichle D.E.). International Biological Programme, Vol. 23, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 411-449.
- OSWALD H. 1984 - *Floraison, pollinisation et frutification chez le hêtre (Fagus sylvatica L.)*. In: "Pollinisation et productions végétales" (eds. P. Pesson and J. Louveaux). INRA, Nancy, France: 243-258.
- PACHAURI R. K., REISINGER A. 2007 - *Climate change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Group I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland, 104 p.
- PIOVESAN G., BERNABEI M. 1997 - *L'influenza delle precipitazioni estive sulla crescita e la riproduzione del faggio (Fagus sylvatica L.) in una stazione meridionale dell'areale*. L'Italia Forestale e Montana, 6: 444-459.
- RAUNER J. 1976 - *Deciduous forests. Vegetation and atmosphere* 2. Monteith Ed., Academic press, London: 241-264.
- REICHLE D. E. 1981 - *Dynamic properties of forest ecosystems*. International Biological Programme, Vol. 23, Cambridge University Press, Cambridge, 683 p.
- SCURLOCH, J. M. O., ASNER, G. P., GOWER, S. T. 2001 - *Worldwide historical estimates of Leaf Area Index 1932-2000*. ORNL/TM, 2001, 268 p.
- SMOLANDER H., STENBERG P. 1996 - *Response of LAI-2000 estimates to changes in plant surface area index in a Scots pine stand*. Tree Physiology, 16: 345-349.
- SUSZKA B., MULLER C., BONNET-MASIMBERT M. 2000 - *Semi di latifoglie forestali. Dalla raccolta alla semina*. Calderini Edagricole, Bologna, 324 p.
- VOGT K. A., GRIER C. C., VOGT D. J. 1986 - *Production, turnover, and nutrient dynamics of above- and belowground detritus of world forests*. Advances in Ecological Research, 15: 303-377.
- WARING R. H. 1983 - *Estimating forest growth and efficiency in relation to canopy leaf area*. Advances in Ecological Research, 13: 327-354.

First surveys on genetic variability and structure of field maple (*Acer campestre* L.) in natural and managed populations in the landscape of central and southern Italy §

Fulvio Ducci^{1*}, Roberta Proietti¹, Giovanni Carone¹, Salvatore Apuzzo²

Accettato il 23 novembre 2010

Abstract – Four Tuscan populations (central Italy) and three Italian populations from southern Italy (Campania) were sampled to compare their genetic variability and genetic structure. In each geographical area one of the sampled populations is originated naturally in forest and used as a local reference. The remaining populations were originated artificially. Indeed, field maple was traditionally used in Italy to supply fresh fodder to animals in dry summer period as tree twigs or to train up grape trees in the fields edges. This tradition initiated at the time of Etruscans and continued throughout the Roman partitioning of agriculture landscape. Biochemical markers were used to explore variability in the examined populations (5 enzyme systems by 11 *loci*). Results showed that the main amount of variation is due to the individual component as for most of the scattered hardwoods in Europe and that differentiation among populations for these neutral traits is relatively low. On the other hand, the natural populations in both the geographical areas showed a very high level of panmictic equilibrium, whilst the artificial populations were really distant from this condition showing a high probability of “founder effect”. This could be determined by the former system of self-supplying reproductive material carried out by farmers, based on the wild offspring collection growing around few mother trees. Discussion is focused also on how handling the opportunity given by many hundreds kilometers of lines in the agriculture landscape as a way of managing diversity for this species.

Key words: *Acer campestre*, *isozymes*, *genetic variation*, *conservation*, *Tuscany*, *Campania*.

Riassunto – Prime indagini sulla variabilità e la struttura genetica dell'acero campestre (*Acer campestre* L.) in ambienti influenzati dalla presenza antropica in Italia centrale e meridionale. Questo lavoro compara la variabilità e la struttura genetica di alcune popolazioni dell'Italia centrale (4 in Toscana, in provincia di Arezzo) e di altre campionate in Campania (2 in provincia di Salerno ed 1 in provincia di Caserta). Di queste, alcune sono di origine artificiale, tradizionalmente rappresentate da filari, maritate alle viti, sui bordi delle antiche centuriazioni romane, o semplicemente costituite da piante usate ai bordi di campi o antichi pascoli per fornire frasca verde al bestiame nei periodi estivi. Altre sono invece di origine naturale, cresciute in foresta a bassa influenza antropica, come quelle di Dagnano (Arezzo) e di Cerreta (Salerno), usate per questo studio come riferimenti locali. L'analisi genetica è stata effettuata con marcatori di tipo biochimico (5 sistemi isoenzimatici che hanno consentito di individuare 11 *loci*). L'indagine ha come obiettivo quello di verificare l'eventuale impatto della gestione del paesaggio agricolo e della sua storia sulla strutturazione della diversità genetica e quale potrebbe esserne la migliore gestione. La specie ha rivelato, come per altre a distribuzione sparsa delle foreste europee ed italiane, livelli di differenziazione relativamente bassi ed una elevata componente individuale della variabilità. Le popolazioni artificiali hanno inoltre mostrato le probabili conseguenze del sistema di approvvigionamento adottato dai contadini per rifornirsi di materiali di propagazione. Esso consisteva probabilmente nel prelievo di “selvaggioni” ai piedi di poche o singole piante madri, in bosco o in filari più antichi, per il quale i dati raccolti lasciano intuire un probabile “effetto del fondatore”. Per contro, le popolazioni di riferimento di origine naturale mostrano elevata eterozigosi, con equilibri prossimi alla panmictia. L'acero campestre non è, sicuramente, una specie a rischio, ma costituisce una caratteristica storica importante del paesaggio toscano e del centro-Italia in genere che andrebbe conservata. I filari presenti su tutto il territorio sono, infatti, una riserva genetica rilevante. Di conseguenza, sarebbe utile e auspicabile che le filiere vivaistiche venissero impostate tenendo conto anche di questo esempio per favorire una gestione sostenibile del paesaggio (in questo caso interessato da centinaia di chilometri di filari) e per tutelare e conservare la diversità.

Parole chiave: *Acer campestre*, *isoenzimi*, *variabilità genetica*, *conservazione*, *Toscana*, *Campania*.

F.D.C.: 176. 1 Acer campestre: 165: (450. 5/7)

Introduction

Field maple (*Acer campestre* L.) is a diploid species ($2n = 26$) belonging to *Aceraceae* (GELLINI and

GROSSONI 1997). In Italy there are at least 6 spontaneous species of the genus *Acer*, distinguishable mainly for the different characters of leaves and fruits: *Acer platanoides* L. (Norway maple), *Acer lobelii* Ten.

§ Research framed within the programme “Forest nurseries productions in the regional structures - Identification of basic materials”, carried out in agreement between the Region of Campania and CRA (Council for Research and Experimentation on Agriculture), coordinated by F. Ducci

¹ CRA - SEL Council for Research and Experimentation on Agriculture, Research Centre for Silviculture, Arezzo, Italy

² Region of Campania - Forestry, Hunting and Fishing Sector, Napoli, Italy

* Corresponding author fulvio.ducci@entecra.it

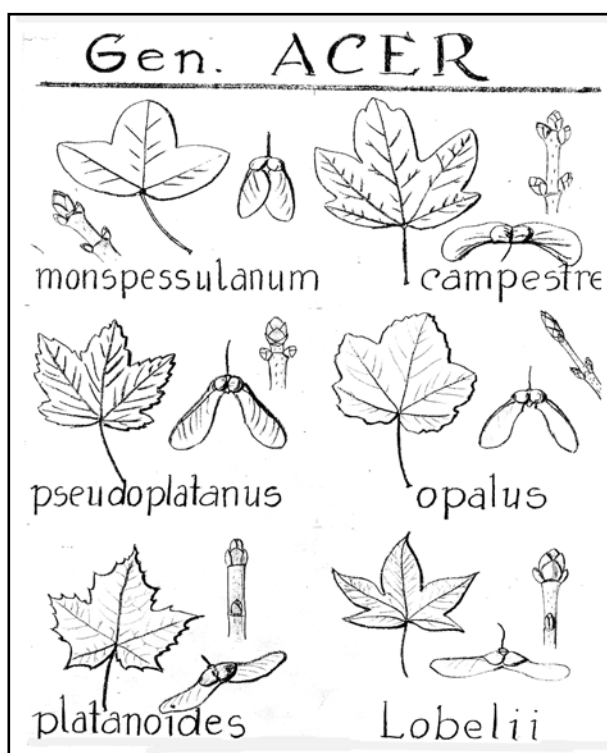


Fig. 1 - Species of the genus *Acer* spontaneous in Italy (ALLEGRI 1988).
Le specie spontanee di acero in Italia (ALLEGRI 1988).

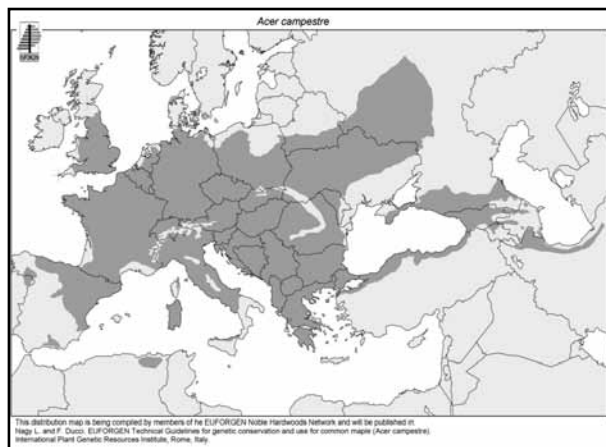


Fig. 2 - Natural distribution range of *Acer campestre* (NAGY and DUCCI 2003).

Areale naturale di *Acer campestre* (NAGY e DUCCI 2003).

(Lobel maple), *Acer campestre* L., *Acer pseudoplatanus* L. (sycamore maple), *Acer monspessulanum* L. (Montpellier maple) and *Acer opalus* Mill. (Italian maple; Figure 1).

A. campestre has small leaves, generally with 5 lobes, and produces flowers in corymbs. Morphologically, field maple is hermaphroditic, but functionally unisexual due to reduction to one sex. Thus, it can predominantly be male or female. Pollination is entomophilous, with possibility of self-fertilization. Its

fruits (double-winged samaras with opposing wings) ripen in September and are dispersed by the wind.

The natural distribution of the field maple covers most of Europe (NAGY and DUCCI 2003), till Vistula and Don rivers (latitudinal range: 55°N to 38°N), but it is absent in Scotland and Scandinavia and rare in southern Spain. It is also present in northern Africa and Turkey, up to the Caucasus and Iran (Figure 2).

A. campestre is very common in all Italian regions and with *Carpinus betulus* L., *Ostrya carpinifolia* Scop. and *Fraxinus ornus* L., it forms the lower canopy of xerothermic oak forests (BERNETTI 1995; GELLINI and GROSSONI *op. cit.*). Field maple can be found in central Italy traditionally used as living props for grapevines (hence the common name field maple) on hedges and along the margins of abandoned fields where it can become an invasive species. Since the species can tolerate pruning and defoliation, in the past it was used as green fodder in summer dry period for animals.

It is a post-pioneer species with wide ecological range; it is not possible to find pure populations of field maple, but only scattered plants or small groups.

Because of the utilization in agriculture since 10,000 years, the field maple has been strongly manipulated. The long cultivation history especially in central Italy has contributed to shape the agricultural landscape. Indeed, as early as the 9th century BC (Photo 1), Etruscans and Greeks slowly began to replace burnbeating with fallow and use shrubs and tree cultivation in a systematic way (SERENI 1982).



Photo 1 - Fields delimited by field maple lines standing up grapes trees, at the Latin use, encircled the walls of ancient towns (Arezzo, Tuscany).
I campi delimitati alla maniera latina da filari di acero campestre maritati alla vite arrivavano fino alle mura delle città (Arezzo, Toscana).



Photo 2 - It was of common use in central Italy standing up wine grapes trees with hardwoods, mainly to field maple (*Acer campestre*).
Era di uso comune maritare la vite principalmente all'acero campestre in Italia centrale.

The promiscuous cultivation (cereals with fruit trees) adopted by the Etruscans contributed more than other factors to differentiate landscape and, indirectly, to spread field maple. In this system, grapevines were indeed trained up to tree species that could withstand defoliation and pruning, like *A. campestre* (Photo 2). The cultivation of vineyards with "grapevines trained up to field maple trees" was so widespread that, in the subsequent Roman age, field maple was defined as *ar-bustum gallicum* and was used to divide in *centuriae* the conquered territories.

Field maple was therefore an important element in the agricultural landscape until the first half of the twentieth century when, with the spread of mechanization, promiscuous crops were replaced by specialized crops. This change contributed not only to reshape the rural landscape, but it also had an influence on the genetic resources of field maple.

Unlike other forest species - economically more important - studies on genetic variability of field maple are limited, even though it has an important role both from ecological and naturalistic point of view and as significant component of agricultural biodiversity that should be known, protected and preserved. Furthermore, due to its characteristics of spreading, genetic resources of field maple are put at risk by human activities, by the adoption of silvicultural techniques privileging major species in forests and by genetic introgression.

Unfortunately, in Italy there are only few studies concerning the genetic diversity of genus *Acer* (BELLETTI and MONTELEONE 2000; AA. VV. 2003; BELLETTI *et al.* 2004 and 2007) and the genetic variability or the amount of resources currently available is still

unknown. No specific studies were recorded on *A. campestre*.

This research aims to make an initial survey of field maple resources still present in central Italy by the analysis of the genetic variation in several selected populations. Genetic variation enables species to survive and adapt to changing environment. For this reason measurement and characterization of this variation - particularly in relation to human activities - is the first step to develop a management strategy designed to maintain stable, productive and sustainable forest populations (HAMRICK *et al.* 1992; RUSANEN *et al.* 2000).

The analysis of genetic variability was made with biochemical markers. Isozymes are less informative than molecular markers, because of the smaller number of identified *loci* and lower degree of polymorphism observed (ROTHE 1990), but they are co-dominant, require shorter time and smaller lab costs compared to molecular markers. Consequently, it is possible to obtain useful information in the initial study of population genetic structure (GEBUREK 1997; MÜLLER-STARCK 1998; FINKELDEY 2001). Concerning genus *Acer*, well-performed surveys realized with isozymes can be found in literature in the last few years (RUSANEN *et al. op. cit.*; KONNERT *et al.* 2001; ERIKSSON *et al.* 2003; RUSANEN *et al.* 2003; IDDRISU and RITLAND 2004; BELLETTI *et al. op. cit.*).

Although some authors have disputed this assertion (BERGMANN and GREGORIUS 1993; HOWE *et al.* 2003), isozymes are considered neutral markers (KREMER *et al.* 2002). Consequently, isozyme expression is not conditioned by factors determining natural selection, as it happens with non-neutral markers such as phenotypic traits. However, although not directly related to adaptive characters, isozymes constitute a useful tool for management and conservation of genetic resources (BARRENECHE *et al.* 1998; STREIFF *et al.* 1998; GÖMÖRY *et al.* 2001; FINKELDAY and MÁTYÁS 2003).

Materials and methods

Plant material and sampling

Since the field maple tree is a sporadic and marginal the traditional concept of population cannot be applied. Indeed, the maple individuals present a different scattering in respect to other social species that cover wide, continuous areas where an adequate sample of trees is possible. Therefore for this study,

Tab.1 - Details of the main stand characteristics of field maple (*Acer campestre*) populations sampled for this study.
*Principali caratteristiche delle popolazioni di acero (*Acer campestre*) campionate per questo studio.*

Population	Location		Elevation (m above sea level)	Mean annual rainfall (mm)	Pavari phytoclimatic zone	Stand
	Mean Lat. (°N)	Mean Long. (°E)				
Dagnano (Ar)	43° 39'	12° 03'	480	1000-1200	<i>Lauretum</i> , cold sub-zone; <i>Castanetum</i>	Scattered trees on margins of the forest
Pieve (Ar)	43° 40'	12° 02'	480	1200-1300	<i>Lauretum</i> cold sub-zone; <i>Castanetum</i>	Scattered trees on margins of the fields
Ca' de Cio (Ar)	43° 29'	11° 54'	260	800-900	<i>Lauretum</i> medium sub-zone	Rows on the sidelines of the fields
Chiana (Ar)	43° 27'	11° 44'	300	800-900	<i>Lauretum</i> medium and cold sub-zone; <i>Castanetum</i>	Scattered trees on margins of the fields
Vesolo (Sa)	40° 18'	15° 35'	650	1200-1400	<i>Castanetum</i>	Scattered trees around the edges of the forest
Cerreta (Sa)	40° 15'	15° 41'	550	1200-1400	<i>Lauretum</i> medium and cold sub-zone	Scattered trees around the edges of the forest
Baia (Ce)	41° 19'	14° 14'	100	900-1000	<i>Lauretum</i> hot sub-zone	Scattered trees on the margins of the fields

only populations consisting of at least 10 individuals were considered. In populations sampled on the margins of forests, the chosen plants were at a distance of least 50 m one from the other, while in old vineyards all field maple trees were sampled.

Within the Arezzo (Ar) province (Tuscany), populations were sampled in the following localities: Dagnano, Pieve, Ca' de Cio and Chiana. Scattered plants were sampled on the margins of fields, or trees inside old vineyards where the landscape is still influenced by the former Roman division. The main characteristics of the examined populations are listed in Table 1.

Three populations sited in Campania region were also sampled and used as a comparison sample: Baia (Caserta - Ce), Vesolo and Cerreta (Salerno - Sa). Among both groups a population is growing in forest (Table 1). This characteristic permitted to compare the genetic diversity between plants artificially originated (*e.g.* trees sampled in vineyards) with "natural" populations (*e.g.* trees sampled in forest). The geographic distribution of the seven analysed populations is given in Figure 3.

Winter buds were sampled from all trees and after collection they were stored at -80°C until protein extraction.

Electrophoretic procedures

Since it is not possible to provide information about the genetic variability of *A. campestre* in Italy, the research carried out by LEINEMANN and BENDIXEN (1999) was used as reference since it represents the

first study on genetic control of isozymatic *loci* in field maple.

Enzymes were separated by means of horizontal starch gel electrophoresis in 11.5% hydrolysed potato starch gel (Sigma S4501). Protein extraction and gel and electrode buffers composition were the ones proposed by LEINEMANN and BENDIXEN (*op. cit.*) and BENDIXEN (2001) modified. Stain procedures were carried out according to CHELIAK and PITEL (1985) and VALLEJOS (1983). The analyzed enzymatic systems, identified *loci* and allele variants are shown in Table 2. The most anodal zone of each *locus* was designated with number 1. Within a single zone of activity alleles were labelled with lower-case letters (*a* for the fastest migrates band).

Data analysis

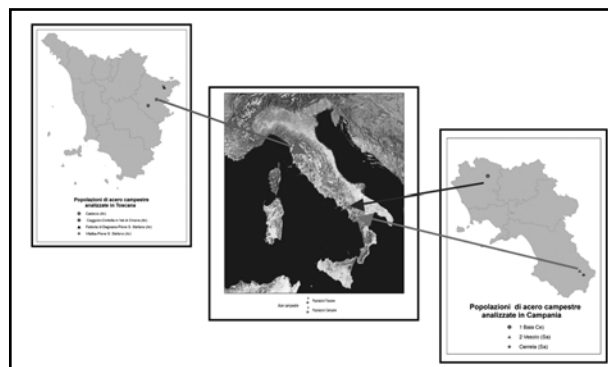


Fig. 3 - Geographic distribution of the seven populations of field maple analysed in this study.

Localizzazione delle sette popolazioni di acero campestre analizzate.

The main indices of genetic variation - such as mean and effective number of alleles per *locus* (A and A_e respectively), allele frequencies, percentage of polymorphic *loci* ($P_{5\%}$)³, observed heterozygosity (H_o) and Nei's (1978) gene diversity (H_e) - were estimated for Tuscan populations and for the reference system using Biosys-1 software package (SWOFFORD and SELANDER 1989). The Evens-Watterson neutrality test (WATTERSON 1978) was performed on each *locus* to test the neutrality of allele distribution⁴, using the algorithm of MANLY (1985; with 1000 permutations). This index was assessed with the POPGENE version 1.31 software package (YEH *et al.* 1999). Chi-square (χ^2) and likelihood ratio (G^2) tests were performed on allele frequencies to check significant differences between populations with respect to Hardy-Weinberg equilibrium (GOUDET 2001). The departure from the Hardy-Weinberg proportions and linkage disequilibrium were investigated using probability exact tests (GUO and THOMPSON 1992), provided in GENEPOP version 4.0.7 software package (ROUSSET 2008). A Fisher

test was performed to compute unbiased estimates of the exact probabilities (p-values). Furthermore, concerning genetic differentiations, significance of differences in allele frequencies between samples were determined by using the Fisher's exact test with the Markov chain method (Markov chain parameters: 10,000 dememorization; 100 batches, 5,000 iterations per batch).

The FSTAT version 2.9.3.2 software package (GOUDET *op. cit.*) was used to measure the departures of genotypic frequencies from Hardy-Weinberg expectation, or inbreeding coefficient [$F=1-(H_o/H_e)$] (WRIGHT 1978), and to estimate the genetic differentiation among populations (NEI 1987; HARTL and CLARK 1989). The latter was estimated by breaking down the total genetic variability (H_T) in its intra-population (H_S) and inter-population (D_{ST}) component. The genetic differentiation level was calculated according to the following ratio: $G_{ST} = D_{ST}/H_T$. Besides, the F-statistics were estimated (WEIR and COCKERHAM 1984) describing the genetic structure of populations: F_{IT} (genetic variability in total population), F_{ST} (component of genetic variability between populations) and F_{IS} (component of genetic variability within each population). Both groups of indices estimate genetic differentiation among populations. They are fixation indices evaluating any excess or defect of homozygotes compared to reference values. In order to reduce the effect of missing data and/or any sampling defects (WEIR and COCKERHAM *op. cit.*; CAVALLI-SFORZA *et al.* 1994), the FSTAT program was used to carry out the bootstrapping method (RAYMOND and ROUSSET 1995).

The matrix of unbiased genetic distances (NEI 1978) was used to obtain UPGMA dendrogram (Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic averaging; SNEATH and SOKAL 1973) which divide the populations in clusters, verifying the possible geographic structure of genetic information (FARRIS 1972).

The degree of genetic isolation (gene flow) was estimated by N_m (number of migrants per generation), through two methods:

- 1) by the relationship between F_{ST} and N_m . In this case from WRIGHT (1951): $N_m = (1-F_{ST})/4F_{ST}$ where F_{ST} was the proportion of the total genetic diversity among populations;
- 2) by the method of private alleles (unique alleles found in only one population). In this case N_m was assessed by GENEPOP version 4.0.7 (ROUSSET *op. cit.*), using the frequency and distribution of rare

Tab. 2 - Enzyme systems used in the study and allelic variants identified.

Sistemi enzimatici analizzati nello studio e varianti alleliche identificate.

Enzyme	Acronym	EC code	Loci N.	Allelic variants
Alcohol dehydrogenase	ADH	1.1.1.1	2	ADH-2a ADH-2b ADH-2c
Glutamate oxaloacetate transaminase	GOT	6.2.1.1	3	GOT-2a GOT-2b GOT-2c GOT-3a GOT-3b GOT-3c
Isocitric dehydrogenase	IDH	1.1.1.42	1	IDH-1a IDH-1b
Phosphoglucumutase	PGM	2.7.5.1	3	PGM-2a PGM-2b PGM-3a PGM-3b PGM-3c
Phosphoglucose isomerase	PGI	5.3.1.9	2	PGI-2a PGI-2b PGI-2c PGI-2d PGI-2e
Leucine aminopeptidase	LAP	3.4.11.1	2	-

³ By convention, a *locus* was considered polymorphic when the frequency of the most common allele was less than 95%. The value of $P_{5\%}$ was computed considering both monomorphic and polymorphic *loci*.

⁴ A *locus* was considered neutral when its mean E-W value fell within the lower and the upper limits of 95% confidence interval of expected F value.

allele among populations, as developed by SLATKIN (1985) and BARTON and SLATKIN (1986).

The main components analysis of the dispersion matrix (EL-KASSABY 1991) was carried out through NTSYS-PC version 2.1 software (ROHLF 2000). This type of survey helps to identify the genetic variables (allele frequencies) with greater variability.

Results

Genetic variation within Tuscan populations

The statistical analysis of data was performed on 5 out of 6 analyzed isozyme systems, since the LAP system did not show clear banding patterns with unreadable allele variants.

The number of identified *loci* and the allele distribution observed in our study were similar to the

results reported in LEINEMANN and BENDIXEN (*op. cit.*) and BENDIXEN (*op. cit.*). In general, the observed banding patterns showed Mendelian inheritance, according to LEINEMANN and BENDIXEN (*op. cit.*) for *A. campestre*, KONNERT *et al.* (*op. cit.*) and BELLETTI *et al.* (*op. cit.*) for *A. pseudoplatanus*, RUSANEN *et al.* (*op. cit.*) for *A. platanoides*, IDDRISU and RITLAND (*op. cit.*) for *A. macrophyllum*.

As for the studied systems, 11 *loci* were identified: 7 were polymorphic (PGI-2; PGM-2; PGM-3; ADH-2; IDH-1; GOT-2; GOT-3) and 4 monomorphic (PGI-1; PGM-1; ADH-1; GOT-1), with a total of 21 alleles. For the system IDH, only a single *locus* with 2 polymorphic alleles was detected. The slower variant, *b* labelled, was present in only three (Ca' de Cio, Dagnano, Chiana) of the four populations in Tuscany, with a frequency 5%; this *b* variant resulted rare in our samples.

Tab. 3 - Allele frequencies for isozyme systems analyzed in field maple populations (N = size of the population).

Frequenze alleliche dei sistemi enzimatici analizzati nelle popolazioni di acero campestre (N = dimensione della popolazione).

Locus	Allele	Population						
		Ca' de Cio (Ar)	Dagnano (Ar)	Pieve (Ar)	Chiana (Ar)	Cerreta (Sa)	Baia (Ce)	Vesolo (Sa)
PGI-1	N	19	11	9	20	15	21	16
	Monomorphic	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00
PGI-2	N	19	11	9	20	15	21	16
	A	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	B	.211	.091	.167	.250	.300	.214	.094
	C	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	D	.395	.591	.833	.575	.633	.738	.875
	E	.395	.318	.000	.175	.067	.048	.031
PGM-1	N	19	11	9	20	15	21	16
	Monomorphic	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
PGM-2	N	19	11	9	20	15	21	16
	A	.579	.455	.556	.550	.500	.333	.438
	B	.421	.545	.444	.450	.500	.667	.563
PGM-3	N	19	11	9	20	15	21	16
	A	.579	.591	.611	.675	.467	.690	.250
	B	.105	.091	.111	.100	.100	.024	.000
	C	.316	.318	.278	.225	.433	.286	.750
ADH-1	N	19	11	9	20	15	21	16
	Monomorphic	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
ADH-2	N	19	11	9	20	15	21	16
	A	.184	.273	.389	.075	.367	.214	.344
	B	.684	.545	.556	.600	.433	.595	.625
	C	.132	.182	.056	.325	.200	.190	.031
IDH-1	N	19	11	9	20	15	21	16
	A	.947	.955	1.000	.975	1.000	1.000	1.000
	B	.053	.045	.000	.025	.000	.000	.000
GOT-1	N	19	11	9	20	15	21	16
	Monomorphic	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
GOT-2	N	18	11	8	19	15	21	15
	A	.056	.000	.000	.053	.100	.143	.033
	B	.750	.682	.625	.658	.867	.667	.767
	C	.194	.318	.375	.289	.033	.190	.200
GOT-3	N	19	11	9	20	15	21	16
	A	.026	.000	.000	.000	.033	.048	.031
	B	.974	1.000	.944	1.000	.967	.952	.969
	C	.000	.000	.056	.000	.000	.000	.000

Allele distribution and frequency in polymorphic *loci* was similar in the 4 analyzed populations (Table 3), with exception of *locus* GOT-3. Indeed, the allele GOT-3a was present only in population Ca' de Cio, while only in Pieve population GOT-3c was detected. The allele GOT-3b resulted monomorphic in Dagnano and Chiana, whereas the allele GOT-2a was present only in Ca' de Cio and Chiana with a rare frequency (0.056 and 0.053, respectively).

The mean number of alleles per *locus* (A) was 1.85 and ranged from 1.7 to 2.0 (Pieve and Ca' de Cio, respectively), while mean effective number of allele per *locus* (A_e) was 1.49 (Table 4). In Pieve population allele PGI-2e was absent and *locus* IDH-1 was monomorphic. Moreover, the allele ADH-2a was quite rare (0.056). The mean value of percentage of polymorphic

Tab. 4 – Indices of genetic variability for field maple populations estimated for all analysed *loci*. N/L: mean sample size per *locus*; A: mean number of alleles per *locus*; A_e : effective number of allele per *locus*; $P_{5\%}$: percentage of polymorphic *loci*; H_o : mean observed heterozygosity; H_e : mean expected heterozygosity (Nei 1978); F: mean fixation index per population or inbreeding coefficient (WRIGHT 1978). Standard error in brackets (*significance level for $P < 0.05$).

*Indici di variabilità genetica stimati per le popolazioni di acero campestre per tutti i loci analizzati. N/L: dimensione media del campione per locus; A: numero medio di alleli per locus; A_e : numero effettivo di alleli per locus; $P_{5\%}$: percentuale di loci polimorfici; H_o : eterozigosi media osservata; H_e : eterozigosi media attesa (Nei 1978); F: indice di fissazione medio per popolazione o coefficiente di inincrocio (WRIGHT 1978). Errore standard tra parentesi (*livello di significatività per $P < 0.05$).*

Population	N/L	A	A_e	$P_{5\%}$	H_o	H_e	F
1. Ca' de Cio (Ar)	18.9 (.1)	2.0 (.3)	1.52 (.103)	54.5 (.064)	.192 (.081)	.253 (.081)	.241*
2. Dagnano (Ar)	11.0 (.0)	1.8 (.3)	1.52 (.128)	45.5 (.094)	.264 (.085)	.257 (.085)	-.027
3. Pieve (Ar)	8.9 (.1)	1.7 (.2)	1.42 (.118)	54.5 (.066)	.184 (.078)	.233 (.078)	.210
4. Chiana (Ar)	19.9 (.1)	1.9 (.3)	1.48 (.089)	45.5 (.061)	.178 (.082)	.244 (.082)	.270*
Tuscan population mean		1.85 (.06)	1.49 (.024)	50.0 (.020)	.205 (.020)	.247 (.005)	.174
5. Cerreta (Sa)	15.0 (.0)	1.9 (.3)	1.51 (.121)	45.5 (.081)	.218 (.084)	.238 (.084)	.084
6. Baia (Ce)	21.0 (.0)	1.9 (.3)	1.42 (.076)	45.5 (.056)	.173 (.075)	.228 (.075)	.241*
7. Vesolo (Sa)	15.9 (.1)	1.8 (.3)	1.31 (.069)	45.5 (.046)	.132 (.066)	.189 (.066)	.302*
Campania population mean		1.87 (.03)	1.41 (.058)	45.5 (.025)	.174 (.025)	.218 (.015)	.209
General mean		1.86 (.04)	1.45 (.029)	48.07 (.015)	.192 (.015)	.235 (.008)	.189

Tab. 5 – Mean fixation index (F) assessed for each population and polymorphic *locus* (* $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$).
Indice di fissazione medio (F) stimato per ciascuna popolazione e locus polimorfico ($P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$).*

Population	Locus						
	PGI-2	PGM-2	PGM-3	ADH-2	IDH-1	GOT-2	GOT-3
Ca' de Cio (Ar)	.183	.136	.240	.124	-.056	.580**	-.027
Dagnano (Ar)	-.344	-.100	-.008	-.222	-.048	.371	-
Pieve (Ar)	-.200	-.350	.379	.379	-	.467	-.059
Chiana (Ar)	.306	-.010	.173	.338	-.026	.452**	-
Baia (Ce)	.298	.143	.244	.239	-	.236*	-.050
Cerreta (Sa)	.075	-.200	-.027*	.164	-	.439*	-.034
Vesolo (Sa)	-.113	.238	.000	.618*	-	.461	-.032

Tab. 6 – Mean F-statistics assessed over all *loci* and populations analysed.
F-statistici medi stimati per tutti i loci e tutte le popolazioni analizzate.

Locus	FIS	FIT	FST
PGI-2	.026	.113	.090
PGM-2	-.082	-.072	.009
PGM-3	.197	.201	.005
ADH-2	.145	.184	.046
IDH-1	-.046	-.032	.014
GOT-2	.465	.473	.016
GOT-3	-.048	-.016	.031
Mean	.137	.166	.034

loci ($P_{5\%}$) was 50.0 % in Tuscan populations (Table 4). Ca' de Cio and Pieve showed the highest value ($P_{5\%} = 54.5$), while Dagnano and Chiana showed the lowest value ($P_{5\%} = 45.5$). The mean observed heterozygosity (H_o) was 0.205 ranging from 0.178 (Chiana) to 0.264 (Dagnano); the mean expected heterozygosity (H_e) was 0.247, from 0.233 (Pieve) to 0.257 (Dagnano).

As H_e was generally higher than H_o value, the mean inbreeding coefficient (Table 4) resulted positive ($F = 0.174$). Dagnano only showed a negative F value (-0.027) near to the equilibrium. The significant departures from the Hardy-Weinberg equilibrium per *locus* were probably due to an excess of homozygotes at *locus* Got-2 in populations Ca' de Cio and Chiana (Table 5).

Mean value of F-statistic indices, assessed for all *loci* and Tuscan populations (Table 6), showed that the 83% of genetic variability was found within populations (mean $F_{IS} = 0.137$), whereas F_{ST} (genetic variability among populations) was only 34%. The F_{IT} mean value (0.166) highlights the lack of heterozygotes in the overall population. GOT-2 (0.473), PGM-3 (0.201), ADH-2 (0.184) were *loci* that mostly contributed to achieve this result.

Genetic variation within reference populations

The same isozyme systems were analysed for 3

field maple populations selected in Campania and used as reference.

Comparison between distribution and frequency of alleles (Table 3) revealed that in Campania populations the system IDH-1 was monomorphic for allele *a* and the allele PGI-2*e* had a lesser frequency compared to the Tuscan populations (in Baia-Caserta and Vesolo-Salerno, PGI-2*e* was rare). At *locus* GOT-2 the allele *a* was rare only in Vesolo, while in the Tuscan populations it was rare (Ca' de Cio and Chiana) or null (Dagnano and Pieve). The allele GOT-3*a* was rare but present in the three reference populations, while it was detected in the Tuscan population Ca' de Cio only (Table 3). Finally, in Vesolo allele PGM-2*b* was probably null.

The mean number of allele per *locus* (*A*) was 1.87 in Campania populations and ranged from 1.8 (Vesolo) and 1.9 (Baia and Cerreta; Table 4). Mean value of $P_{5\%}$ was lower in the reference system (mean $P_{5\%}$ Campania = 45.5; mean $P_{5\%}$ Tuscany = 50.0). In the reference system mean H_o value was 0.174, while mean H_e was 0.218. The inbreeding coefficient was always positive (excess of homozygotes), but the population of Cerreta ($F = 0.084$) could be considered close to Hardy-Weinberg equilibrium. Instead, Vesolo was the population with the highest value of F (0.302) among all those analyzed in this study (Table 4). Baia and Cerreta deviated significantly from panmictic equilibrium at *locus* GOT-2 for homozygote excess, as well as Vesolo deviated from the equilibrium at *locus* ADH-2 for the same reason (Table 5). F was significantly negative at *locus* PGM-3 in Cerreta population (excess of heterozygotes) (Table 5).

Genetic structure of studied populations

For the total sample, the neutrality of analysed

Tab. 8 - Observed (*A*) and expected (A_e) number of alleles, observed (H_o) and expected (H_e) heterozygosity estimated for polymorphic *loci* in all analyzed populations.

Numero di alleli osservato (A) ed atteso (A_e), eterozigosi osservata (H_o) e attesa (H_e) stimate per i loci polimorfici in tutte le popolazioni.

Locus	Number of alleles		H_o	H_e	
	A	A_e		Levene's	Nel's
PGI-2	3	2.07	0.4144	0.5189	0.5165
PGM-2	2	2.00	0.4775	0.5016	0.4994
PGM-3	3	2.20	0.4234	0.5489	0.5464
ADH-2	3	2.32	0.4144	0.5712	0.5686
IDH-1	2	1.04	0.0360	0.0355	0.0354
GOT-2	3	1.73	0.2342	0.4225	0.4206
GOT-3	3	1.06	0.0541	0.0530	0.0528
Mean	2.71	1.77	0.2934	0.3788	0.3771
SD	0.4880	0.5274	0.1858	0.2333	0.2322

markers - tested by Ewens-Watterson test for neutrality - suggested that all polymorphic *loci* were neutral at 0.01 level (Table 7) indicating no effect of selection on allele distribution. χ^2 and G^2 (likelihood ratio) tests showed that all polymorphic *loci*, except for GOT-2, deviated from Hardy-Weinberg equilibrium (probability: $\chi^2/G^2 > 0.05$). Furthermore, only IDH-1 and GOT-3 *loci* showed a little higher observed heterozygosity than expected (Table 8).

Wright's F , found significantly different from 0 ($P < 0.05$) in Ca' de Cio and Chiana (Tuscany) as well as in Baia and Vesolo (Campania), indicated a deficiency of heterozygotes (Table 4). Global test for Hardy-Weinberg equilibrium (Markov chain parameters: 10,000 dememorization; 100 batches, 5,000 iteration per batch) was non significant ($P < 0.001$) due to heterozygotes excess, both for populations and *loci*. On the contrary, deviation was significant ($P < 0.001$) when deficit of heterozygotes was considered.

Linkage disequilibrium test for single populations (calculated using 1000 simulated samples) showed

Tab. 7 - Chi-square and G square probabilities (95% confidence level), mean F (mean homozygosity value expected under neutrality hypothesis), standard error (s.e.), lower (L95) and upper (U95) confidence limits of expected F values across 7 polymorphic *loci* in field maple populations. (* deviation from Hardy-Weinberg equilibrium).

Livelli di probabilità relativi al Chi quadrato e al G quadrato (95%), F medio (omozigosi media attesa sotto ipotesi di neutralità), errore standard (s.e.), limiti degli intervalli di confidenza (minore: L95; maggiore U95) dei valori attesi di F nei 7 loci polimorfici esaminati nelle 7 popolazioni di acero campestre (deviazione dall'equilibrio di Hardy-Weinberg).*

Locus	Hardy-Weinberg equilibrium test			Ewens-Watterson neutrality test				Probability χ^2	Probability G^2	$\chi^2/G^2 (>0.05)$
	DF	Probability χ^2	Probability G^2	Mean F	s.e.	L95	U95			
PGI-2	3*	0.011499	0.025103	0.7169	0.034	0.3824	0.9733	0.011499	0.0251030	0.458073
PGM-2	1*	0.610626	0.610597	0.8320	0.028	0.5033	0.9910	0.610626	0.610597	1.000047
PGM-3	3*	0.007027	0.014026	0.7075	0.035	0.3826	0.9821	0.007027	0.014026	0.500998
ADH-2	3*	0.000104	0.000092	0.7081	0.036	0.3874	0.9821	0.000104	0.000092	1.130435
IDH-1	1*	0.867336	0.814499	0.8297	0.028	0.5033	0.9910	0.867336	0.814499	1.064871
GOT-2	3	0.000000	0.000000	0.7072	0.037	0.3662	0.9821	0	0	0.000000
GOT-3	3*	0.995068	0.986790	0.7000	0.038	0.3606	0.9821	0.995068	0.98679	1.008389

Tab. 9 - Mean values of F statistics (WEIR and COCKERHAM 1984) and genetic differentiation (NEI 1987; HARTL and CLARK 1989) assessed for all *loci* and analysed populations of field maple.

Valori medi degli F statistici (WEIR and COCKERHAM 1984) e di differenziazione genetica (NEI 1987; HARTL and CLARK 1989) stimati per tutti i *loci* e per le popolazioni analizzate.

Locus	F _{IS}	F _{IT}	F _{ST}	H _T	H _S	D _{ST}	G _{ST}
PGI-2	.059	.151	.098	.511	.471	.040	.078
PGM-2	-.024	.002	.025	.502	.505	-.003	-.005
PGM-3	.145	.220	.088	.559	.524	.036	.064
ADH-2	.222	.256	.043	.576	.572	.004	.007
IDH-1	-.046	-.018	.027	.035	.035	-0.00	-.002
GOT-2	.423	.448	.044	.435	.435	-.001	-.002
GOT-3	-.044	-.023	.020	.054	.055	-.001	-.011
Mean	.153	.203	.059	.243	.236	.007	.028

Tab. 10 - Genetic distances among the studied populations assessed on all analysed *loci* (above diagonal: NEI (1978) unbiased genetic distance; below diagonal: NEI (1972) genetic distance).

Distanze genetiche stimate tra le popolazioni studiate per i *loci* esaminati sopra la diagonale: NEI (1978); sotto la diagonale: NEI (1972).

Population	1	2	3	4	5	6	7
1. Ca' de Cio (Ar)	*****	.000	.016	.002	.012	.017	.037
2. Dagnano (Ar)	.009	*****	.000	.000	.005	.001	.019
3. Pieve (Ar)	.029	.014	*****	.005	.006	.002	.014
4. Chiana (Ar)	.011	.009	.018	*****	.012	.005	.039
5. Cerreta (Sa)	.022	.018	.020	.021	*****	.007	.012
6. Baia (Ce)	.025	.012	.014	.012	.016	*****	.023
7. Vesolo (Sa)	.045	.031	.027	.047	.021	.030	*****

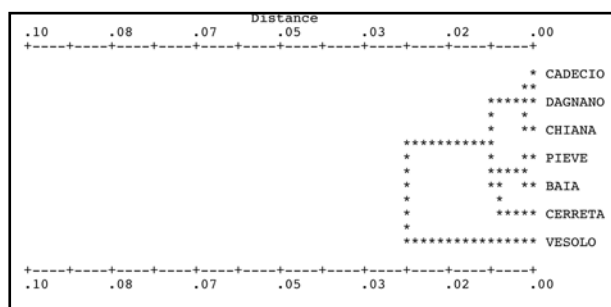


Fig. 4 - UPGMA dendrogram (NEI 1978).

Dendrogramma delle distanze genetiche UPGMA (NEI 1978).

two numbers of significant ($P < 0.05$; χ^2 test with one degree of freedom): ADH-2c and GOT3a, ADH-2c and GOT-3b. When the test was made in pairs of *loci* across the seven populations analysed, it was non significant ($P > 0.05$; Markov chain parameters: 10,000 dememorization; 100 batches, 5,000 iteration per batch), except in 6 out of 111 pairs (about 5.5%) which showed non-random associations between some pairs. After Fisher's test, genotypic linkage disequilibrium was significant ($P < 0.05$) only between one *loci* pair (PGM-3 and ADH-2). Genic differentiation (Markov chain parameters: 10,000 dememorization; 100 batches, 5,000 iteration per batch) across all *loci* of all populations (Fisher's exact test $P \leq 0.001$) was significative only for PGI-2. When population pairs were considered, allele

frequencies across all *loci* was not significantly different between populations (Fisher's exact test $P \leq 0.001$), except for one population pair (Chiana and Vesolo).

Even when F-statistics were calculated on all populations analyzed, approximately 94% of the total variability ($F_{ST} = 0.059$ and $F_{IT} = 0.203$) was common to 7 groups. Consequently, according to WRIGHT (*op. cit.*), it could be said that there was a moderate differentiation among populations and the most important factor of variability was the genetic diversity within populations ($F_{IS} = 0.153$; Table 9). The mean values of genetic differentiation confirmed that the inter-population variability was only a small part of the total ($H_T = 0.243$; $G_{ST} = 0.028$). The *locus* IDH-1 was the one with less total variability, while PGI-2 ($G_{ST} = 0.078$) and PGM-3 ($G_{ST} = 0.064$) were the most effective in differentiating populations. The little proportion of genetic variation due to differences among populations may be caused by a high level of gene flow, as indicated both by the indirect method ($N_m = 4.017$; WRIGHT *op. cit.*) and by the private allele method ($N_m = 4.190$; $N_m = 2.656$ after correction for size; SLATKIN *op. cit.*; BARTON and SLATKIN *op. cit.*).

The genetic variability mainly due to differences among individuals was also confirmed by the dendrogram obtained with the total samples (by NTSYS 2.1; ROHLF *op. cit.*); some individuals sampled in Tuscan populations were grouped, but most of them were distributed in other clusters with Campania trees.

NEI's genetic distance values among populations were low (Table 10). Among the populations used as reference system, Vesolo was the population with greater distance from Tuscan populations. The UPGMA dendrogram, based on NEI's genetic distances (*op. cit.*; Figure 4), had two main clusters: the first was homogenous from a geographical point of view, bringing together 3 out of 4 Tuscan populations (Ca' de Cio, Dagnano, Chiana), while the second included 2 Campania populations (Baia and Cerreta) and 1 Tuscan population (Pieve). The population of Vesolo was the most genetically distinct population, since it was separated from the other populations and formed a single cluster.

The principal component analysis (Table 11), assessed on all analyzed populations, showed that the first six components explain 56% of the total variance, while the first three accounted the 32% only. The alleles with more discriminating value resulted ADH-2b, ADH-2c, PGM-3b, PGM-2b, GOT-2b and GOT-2c,

Tab. 11 - Principal components analysis assessed on the matrix of 18 alleles in the 7 isoenzymatic polymorphic loci.
Analisi delle Componenti principali stimate sulla matrice di 18 alleli in 7 loci enzimatici polimorfici.

Component	Eigenvalue	Simple %	Cumulated %	Allele	Correlation coefficient
1	2.065	12.145	12.145	ADH-2b	0.81
2	1.806	10.624	22.769	ADH-2c	-0.71
3	1.664	9.789	32.558	PGM-3b	0.61
4	1.422	8.364	40.922	PGM-2b	-0.60
5	1.355	7.971	48.893	GOT-2b	0.58
6	1.236	7.268	56.161	GOT-2c	-0.58

respectively. The plot in Figure 5 also confirmed the separation of Tuscan populations, Ca' de Cio, Dagnano and Chiana from those of Campania region. Vesolo resulted separated from the other groups.

Discussion

Genetic variation and structure

As regards the main genetic parameters, the results obtained in this study were comparable with those reported in literature for *A. campestre* (BENDIXEN *op. cit.*) and other species of genus *Acer*, characterized by different natural distribution and types of diffusion (PERRY and KNOWLES 1989; BELLETTI and MONTELEONE *op. cit.*; RUSANEN *et al. op. cit.*; IDDRISU and RITLAND *op. cit.*; BELLETTI *et al. op. cit.*).

Mean number of alleles per locus was less ($A = 2.09$) than BENDIXEN's (*op. cit.*) for *A. campestre* ($A = 3.15$). However, this author did not include the monomorphic loci in his analysis. Even BELLETTI *et al. (op. cit.)* estimated a higher mean value ($A = 2.78$) for northern Italian populations of sycamore, even though the mean effective number of alleles per locus was 1.47 which was similar to the value estimated in this study (mean $A_e = 1.49$ and 1.41 for Tuscan and Campania populations respectively, while mean $A_e = 1.45$ for global sample). In other *Acer* species A ranged from 1.71 (bigleaf maple; IDDRISU and RITLAND *op. cit.*) to 2.03 (sugar maple; FORÉ *et al.* 1992b). RUSANEN *et al. (op. cit.)* assessed mean $A = 2.0$ for *A. platanoides* in Northern Europe.

The mean percentage of polymorphic loci (48.7) is lower than the one indicated by RUSANEN *et al. (op. cit.)* for Norway maple (54.5%) or by IDDRISU and RITLAND (*op. cit.*) for *A. macrophyllum* ($P_{5\%} = 61.2\%$). On the contrary, $P_{5\%}$ was higher than the one found by PERRY and KNOWLES (*op. cit.*) for *A. saccharum* ($P_{5\%} = 38.2\%$) and near the value estimated by HAMRICK *et al. (op. cit.)* for woody Angiosperms (45.1). FORÉ *et al.* (1992a) obtained very high $P_{5\%}$ value (87.5) for *A. saccharum* in Canada and also BENDIXEN (*op. cit.*) for field maple in

Germany, but they did not survey monomorphic loci. Perhaps our result was affected by the limited number of samples and populations and by the isozyme system analysed.

The mean heterozygosity (0.235) of this first group of analysed populations was relatively higher than the one estimated by HAMRICK (1989) and HAMRICK *et al. (op. cit.)* for woody species pollinated by wind or insect (mean $H = 0.154$ and $H = 0.163$ respectively), and by FORÉ *et al. op. cit.* ($H_e = 0.150$), PERRY and KNOWLES *op. cit.* ($H_e = 0.110$), YOUNG *et al.* (1993a; $H_e = 0.109$) for *A. saccharum*, by RUSANEN *et al. op. cit.* ($H_e = 0.128$; $H_e = 0.132$) for *A. platanoides*, by IDDRISU and RITLAND *op. cit.* ($H_e = 0.152$) for *A. macrophyllum*. However, BENDIXEN (*op. cit.*), still for field maple, obtained H value (0.287) higher than the value obtained in the present study. In addition, on 18 populations of *A. pseudoplatanus* selected in Northern Italy, BELLETTI and MONTELEONE *op. cit.* and BELLETTI *et al. op. cit.* obtained a mean value ($H = 0.200$) greater than HAMRICK's (*op. cit.*) and HAMRICK's *et al. (op. cit.)*. In Italy similar values of H for species with sporadic spread, like wild cherry (DUCCI and SANTI 1996; DUCCI and PROIETTI 1997; PROIETTI *et al.* 2006) and for social species (like genus *Quercus*, BELLETTI *et al.* 2005) were found. Higher values were estimated in Europe also for species with insect cross-pollination such as *Sorbus aucuparia* (RASPE and JACQUEMART 1998) and *Sorbus torminalis* (DEMASURE *et al.* 2000) or for those with wind pollination such as *Fagus sylvatica* (MÜLLER-STARCH *et al.* 1992; KONNERT 1995). Actually, in tree species with a wide and sporadic spreading range,

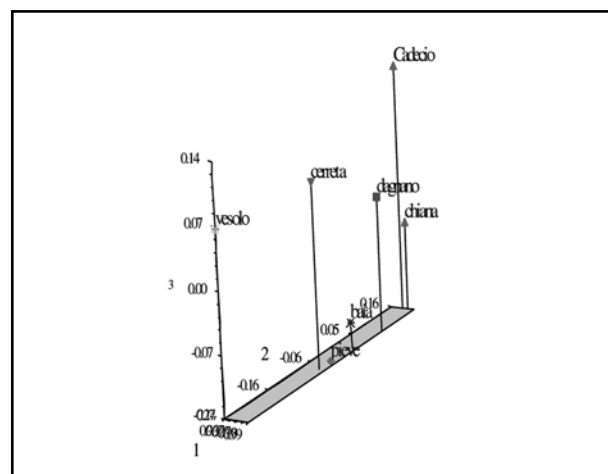


Fig. 5 - Population division obtained from Principal Components Analysis.
Divisione delle popolazioni ottenuta con l'Analisi delle Componenti Principali.

these values could be determined by cross-pollination which promotes diversity among individuals in populations. *P. avium* and *Sorbus* sp., species similar to field maple from an ecological and biological point of view, could store more intraspecific diversity than species with other reproductive characteristics.

The excess of homozygotes was probably due to the size and type of sampled populations, which the artificial ones (lines on field edges) consist predominantly of seedlings collected by farmers from natural regeneration, originated by one or few parental trees and used as living props for grapevines; the natural materials come from relatively isolated populations consisting of few scattered trees. Therefore, their structure could be also affected by the "founder effect". It is worth that two natural populations used as local references, Dagnano in Tuscany and Cerreta in Campania, showed the lowest inbreeding coefficient. Indeed, those populations are located in forest and were sampled in areas with low anthropic influence.

Even the age of forest stand can affect the level of heterozygosity: the homozygotes tend to decrease with age, probably because of selection phenomena and adaptation to the environment (ROSSI *et al.* 1996). Heterozygotes generally were considered more resistant to environmental stresses, then their percentage tends to increase in mature stands (HERTEL *et al.* 1994). Consequently, the F value tends to decline.

F -statistics values indicated a low degree of differentiation in the studied populations ($F_{ST} = 0.059$). However, the value of F_{ST} found for *A. campestre* were similar to those reported for *A. saccharum* ($F_{ST} = 0.049$, YOUNG *et al.*, 1993b; $F_{ST} = 0.033$, PERRY and KNOWLES *op. cit.*), *A. macrophyllum* ($F_{ST} = 0.054$, IDDRISU and RITLAND *op. cit.*), *A. pseudoplatanus* ($F_{ST} = 0.019$, BELLETTI *et al. op. cit.*). RUSANEN *et al. (op. cit.)* estimated an higher F_{ST} for *A. platanoides* (0.099), but populations analyzed were selected in a much wider area (Germany, Poland, Denmark, Estonia, Norway, Sweden and Finland). This result was frequent in woody *Angiospermae* with wide and continuous range, long biological cycles and cross-pollination. All these factors favoured exchanges among populations across pollen and seeds and may explain why the individual variability was greater than the total variability (LOVENESS and HAMRICK 1984). Because molecular and biochemical genetic markers are generally considered neutrals, a further study with non-neutral markers (as stress resistance, phenology, shape indices) could

be useful to better highlight differentiation among populations. Non-neutral markers could identify the adaptative genetic diversity (KREMER *et al. op. cit.*) that has enabled populations to survive to different environmental conditions in the course of time. F_{ST} value was confirmed also by G_{ST} (0.028) that was lower than the value estimated by HAMRICK *et al. (op. cit.)* for outcrossing species with seeds dispersed by wind (0.084). Probably this result reflected the behavior of field maple which is considered a post-pioneer species able to occupy abandoned areas such as non cultivated fields or pastures. The *loci* PGI-2 and PGM3 ($G_{ST} = 0.078$ and 0.064 respectively) were those with higher capacity of population differentiation.

The low genetic differentiation reflect also the extensive gene flow (alogamy and seeds dispersed by wind) and recent colonization. Indeed, both factors promote similarity among populations. Furthermore, in *A. campestre* F_{ST} could also be influenced by human activities. Disturbances on habitats occupied by field maple did not reduce gene flow, as indicated both by indirect estimate and private allele method. Instead, the high value of N_m could contrast the effects of genetic drift and/or small size of isolated population and could be useful to preserve structure in populations. High level of migration among populations was found in Italy for *A. pseudoplatanus* ($N_m = 4.39$; BELLETTI *et al. op. cit.*) and in Canada for *A. macrophyllum* ($N_m = 4.10$; IDDRISU and RITLAND *op. cit.*). The latter result suggested that geographical distances did not limit gene flow thanks to continuity of natural range, cross-pollination and ability of pollen and seed dispersion. All these factors tend to homogenize genetic composition of populations and to reduce their differentiation.

The reduced genetic distances between Tuscan and Campania populations could be explained by distribution of *A. campestre* (wide and continuous natural range) and by the manipulation that it has undergone over the past 10 centuries which has encouraged gene flow along the Italian peninsula. The UPGMA dendrogram partially reflects the geographical distribution of the analysed populations clustering only 3 Tuscan populations, but grouping the fourth Tuscan population with Baia and Cerreta. The apparent lack of clear geographical structure in genetic variability was found in Italy also for wild cherry (DUCCI and PROIETTI *op. cit.*).

In other *Acer* species, authors (IDDRISU and RITLAND *op. cit.*; FORÉ *et al. op. cit.*; RUSANEN *et al. op. cit.*)

found similar value of Nei's genetic distance and non-significant, or only few significant, correlations between genetic and geographical distance, although the analysed populations were selected in wider regions (e.g. Canada for *A. macrophyllum* and *A. saccharum* or northern Europe for *A. platanoides*).

Management and conservation

Conservation of genetic variability is a focal point not only for species at risk of extinction but for all species, because diversity confers evolutionary plasticity to individuals and maintains their adaptative potential to environmental changes (PALMBERG-LERCHE 1996; NAMKOONG 1998; TESSIER DU CROS *et al.* 2000). Preserving a large gene pool is also essential for breeding and future genetic improvement.

Environmental simplification can be a factor of the genetic variability reduction, particularly in species like field maple whose populations are naturally formed by few individuals. In forest species, subject to greater environmental risk because of their long biological life cycles, good levels of variability (n/l , F and $P_{5\%}$) encourage adaptability to change due to biotic and abiotic factors.

The population of Pieve, that in recent years has suffered a gradual reduction of trees, could be an example of the above factors, as it was the group with the lowest mean number of alleles per *locus* in the populations analyzed. Despite this feature, Pieve was the only one in the 7 populations selected to have allele GOT-3c, even though with rare frequency. For this reason, a proper management of this population could be necessary to preserve this private allele.

Moreover, despite the limited differentiation among populations, there were differences in the frequency of some alleles between the Tuscan populations and those of reference. For example, in Campania populations the allele PGI-2e was rare and system IDH was monomorphic, while there was the opposite situation for GOT-2a and GOT-2b allele frequency in Tuscan populations. Thus, it is necessary to know the genetic diversity of single populations and regions in order to include more representative samples of genetic variation of species in conservation planning and take into account local adaptative variation as well. Moreover, genetic structure partly reflects the action of population genetic processes, e.g. selection and genetic drift.

As in other allozyme survey on wood species

(LOVELESS and HAMRICK *op. cit.*), the main component of genetic variability was F_{IS} (intra-populations). Therefore, in *ex-situ* conservation programmes fewer populations should be sampled, but with a bigger number of individuals within them. The choice of populations could be done primarily taking into account allelic richness and heterozygosity because they reflect the ability of a species to cope with future changes. Genetic distance among populations was not very useful in this case because an evident geographical pattern was not present.

In-situ conservation is also important, because it allows the species to keep evolving together with the environment (dynamic conservation). Therefore, a sustainable land management aimed to preserve ecological, biological and cultural diversity could also promote the conservation of genetic resources.

It is useful to keep on studying the genetic structure of *A. campestre* to know the size and distribution of variability that is still available. Further surveys should take into account ecological data, altitude and adaptive traits, in order to better examine inter-population differentiation and better understand the capabilities of field maple to cope with global climate change.

Acknowledgments

The authors wish to thank the anonymous reviewer for his helpful comments that improved the final paper.

Literature cited

- AA. VV. 2003 - *Materiale di propagazione forestale e conservazione della biodiversità. Il caso di studio della Liguria*. APAT - Manuali e linee guida 28: 84 p.
- ALLEGRI E. 1988 - *Tavole dendrologiche*. Ann. Ist. Sper. Selv. supplemento vol. XVII (1986), Arezzo.
- BARRENECHE T., BODÉNÈS C., LEXER C., TRONTIN J.F., FLUCH S., STREIFF R. 1998 - *A genetic linkage map of Quercus robur L. (pedunculate oak) based on RAPD, SCAR, microsatellite, minisatellite, isozyme and 5S rDNA markers*. Theor. Appl. Genet. 97: 1090-1103.
- BARTON N.H., SLATKIN M. 1986. *A quasi-equilibrium theory of the distribution of rare alleles in a subdivided population*. Heredity 56: 409-415.
- BENDIXEN K. 2001 - *Zum Reproduktionssystem des Feldahorns (Acer campestre L.) - Blühphänologie und genetische Untersuchungen*. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen, Germany: 152 p.
- BELLETTI P., MONTELEONE I. 2000 - *Variabilità genetica in popolazioni di frassino ed acero di monte dell'Italia settentrionale*. Atti II Convegno SISEF, Bologna, 20-22 ottobre 1999: 243-247.

- BELLETTI P., MONTELEONE I., FERRAZZINI D., MARCELLA M. 2004 - *Studi e ricerche a tutela della biodiversità delle specie forestali in Lombardia*. ERSAF – Regione Lombardia: 96 p.
- BELLETTI P., LEONARDI S., MONTELEONE I., PIOVANI P. 2005 - *Allozyme variation in different species of deciduous oaks from north-western Italy*. *Silvae Genet.* 54 (1): 9-16.
- BELLETTI P., MONTELEONE I., FERRAZZINI D. 2007 - *Genetic variability at allozyme markers in sycamore (Acer pseudoplatanus) populations from northwestern Italy*. *Can. J. Forest Res.* 37 (2): 395-403.
- BERNETTI G. 1995 - *Selvicoltura speciale*. UTET-Torino: 227-228.
- BERGMANN F., GREGORIUS H.R. 1993 - *Ecogeographical distribution and thermostability of isocitrate dehydrogenase (IDH) alloenzymes in European silver fir*. *Biochem. Syst. Ecol.* 21 (5): 597-605.
- CAVALLI-SFORZA L.L., MENOZZI P., PIAZZA A. 1994 - *Storia e geografia dei geni umani*. Adelphi Edizioni: 791 p.
- CHELIAK W.M., PITEL J.A. 1985 - *Techniques d'électrophorèse sur gel d'amidon des enzymes d'essences d'arbres forestiers*. Rapport d'information PI-X-42F. Institut Forestier National de Petawawa, Service Canadien des Forêts: 1-47.
- DEMESURE B., LE GUERROUE B., LUCCHI G., PRAT D., PETIT R.J. 2000 - *Genetic variability of a scattered temperate forest tree: Sorbus torminalis L. (Crantz)*. *Ann. For. Sci.* 57 (1): 63-71.
- DUCCI F., SANTI F. 1996 - *Cloni naturali di ciliegio selvatico (Prunus avium L.): loro significato in foresta e per l'arboricoltura da legno*. *Sherwood – Foreste e Alberi Oggi* 14: 11-16.
- DUCCI F., PROIETTI R. 1997 - *Variabilità alloenzimatica nel ciliegio selvatico (Prunus avium L.) in Italia*. *Ann. Ist. Sper. Selv.* XXV-XXVI (1994-1995), Arezzo: 81-104.
- EL-KASSABY Y.A. 1991 - *Genetic variation within and among conifer populations: review and evaluation of methods*. In: *Biochemical markers in the population genetics of forest trees*, edited by Fineschi S., Malvolti M.E., Cannata F., Hattemer H.H. SPB Academic Publishing bv, the Hague, The Netherlands: 61-76.
- ERIKSSON G., BLACK-SAMUELSSON S., JENSEN M., MYKING T., RUSANEN M., SKRÖPPA T., VAKKARI P., WESTERGAARD L. 2003 - *Genetic variability in two tree species, Acer platanoides L. and Betula pendula Roth, with contrasting life-history traits*. *Scand. J. Forest Res.* 18 (4): 320-331.
- FARRIS J.S. 1972 - *Estimating phylogenetic trees from distance matrices*. *Am. Nat.* 106: 645-688.
- FINKELDEY R. 2001 - *Genetic variation of oaks (Quercus spp.) in Switzerland. 2. Genetic structures in "pure" and "mixed" forests of pedunculate oak (Q. Robur L.) and sessile oak (Q. Petraea (Matt.) Liebl.)*. *Silvae Genet.* 50 (1): 22-30.
- FINKELDEY R., MÁTYÁS G. 2003 - *Genetic variation of oaks (Quercus spp.) in Switzerland. 3. Lack of impact of postglacial recolonization history on nuclear gene loci*. *Theor. Appl. Genet.* 106: 346-352.
- FORÉ S.A., HICKEY R.J., GUTTMAN S.I., VANKAT J.L. 1992a - *Temporal differences in genetic diversity and structure of shugar maple in an old-growth forest*. *Can. J. Forest Res.* 22 (10): 1504-1509.
- FORÉ S.A., HICKEY R.J., VANKAT J.L., GUTTMAN S.I., SCHAEFER R.L. 1992b - *Genetic structure after forest fragmentation: a landscape ecology perspective on Acer saccharum*. *Can. J. Bot.* 70 (8): 1659-1668.
- GEBUREK T. 1997 - *Isozymes and DNA markers in gene conservation of forest trees*. *Biodivers. Conser.* 6 (12): 1639-1654.
- GELLINI R., GROSSONI P. 1997 - *Botanica Forestale*. Vol. II. CEDAM, Padova.
- GÓMÖRY S., YAKOVLEV I., ZHELEV P., JEDINAKOVA J., PAULE L. 2001 - *Genetic differentiation of oak populations within the Quercus robur/Quercus petraea complex in Central and Eastern Europe*. *Heredity* 86 (5): 557-563.
- GOUDET J. 2001 - *FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.3)*. Available from: <http://www.unil.ch/izea/software/fstat.html>. Updated from Goudet (1995).
- GUO S.W., THOMPSON E.A. 1992 - *Performing the exact test of Hardy-Weinberg proportion for multiple alleles*. *Biometrics* 48 (2): 361-372.
- HAMRICK J.L. 1989 - *Isozymes and the analysis of genetic structure in plant populations*. In: Soltis D.E., Soltis P.S. (Eds.), *Isozymes in Plant Biology*. Dioscorides Press, Portland, Oregon: 87-105.
- HAMRICK J.L., GODT M.J.V., SHERMAN-BROYLES S.L. 1992 - *Factor influencing levels of genetic diversity in woody plant species*. *New For.* 6 (1-4): 95-124.
- HARTL D.L., CLARK A.G. 1989 - *Principles of population genetics*. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- HERTEL H., ZASPEL I., EISENHAEUER D.R. 1994 - *Investigations about vitality and genetic structure in oak stands*. In: *Proceeding of International Symposium on environmental constraints and oaks: ecological and physiological aspects*. Nancy, France: 9 p.
- HOWE G.T., AITKEN S.N., NEALE D.B., JERMSTAD K.D., WHEELER N.C., CHEN T.H.H. 2003 - *From genotype to phenotype: unravelling the complexities of cold adaptation in forest trees*. *Can. J. Bot.* 81 (12): 1247-1266.
- IDDRISU M.N., RITLAND K. 2004 - *Genetic variation, population structure and mating system in bigleaf maple (Acer macrophyllum Pursh)*. *Can. J. Bot.* 82 (12): 1817-1825.
- KONNERT M. 1995 - *Investigations on the genetic variation of beech (Fagus sylvatica L.) in Bavaria*. *Silvae Genet.* 44 (5/6): 346-351.
- KONNERT M., RUETZ W., FROMM M. 2001 - *Genetic variation in Acer pseudoplatanus L. I. Inheritance of isozyme variants*. *For. Genet.* 8 (1): 25-37.
- KREMER A., PETIT R.J., DUCOUSO A. 2002 - *Biologie évolutive et diversité génétique des chêne sessile et pédonculé*. *Rev. For. Fr.* 54 (2): 111-130.
- LEINEMANN L., BENDIXEN K. 1999 - *Inheritance of isozymes variants in field maple (Acer campestre L.)*. *For. Genet.* 6 (2): 73-77.
- LOVELESS M.D., HAMRICK J.D. 1984 - *Ecological determinants of genetic structure in plant populations*. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 15: 65-95.

- MANLY B.F.J. 1985 - *The statistics of natural selection on animal populations*. Chapman & Hall, London.
- MÜLLER-STARCK G. 1998 - *Isozymes*. In: *Molecular Tools for Screening Biodiversity. Plants and animals*. Edited by A. Karp, P.G. Isaac and D. Ingram. Kluwer Academic Published, Netherlands: 75-81.
- MÜLLER-STARCK G., BARADAT P., BERGMANN F., 1992 - *Genetic variation within European tree species*. New For. 6 (1-4): 23-47.
- NAGY L., DUCCI F. 2003 - *Field maple* - *Acer campestre*. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use. IPGRI-International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy: 6 p.
- NAMKOONG G. 1998 - *Forest genetics and conservation in Europe*. In: Turoc J., Palmberg-Lerche C., Skrøppa T., Ouédraogo A.S. (Eds.), *Conservation of forest genetic resources in Europe*, International Plant for Genetic Resources Institute, Rome, Italy: 3-10.
- NEI M. 1972 - *Genetic distance between populations*. Am. Nat. 106: 283-292.
- NEI M. 1978 - *Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals*. Genetics 89: 583-590.
- NEI M. 1987 - *Molecular evolutionary genetics*. Columbia University Press, New York.
- PALMBERG-LERCHE C. 1996 - *Conservazione della diversità biologica e delle risorse genetiche*. Sherwood - Foreste e Alberi Oggi 16: 29-33.
- PERRY D.J., KNOWLES P. 1989 - *Allozyme variation in sugar maple at the northern limit of its range in Ontario, Canada*. Can. J. Forest Res., 19: 509-514.
- PROIETTI R., DUCCI F., GUERRI S., GUI L., GORIAN F. 2006 - *Gestione delle risorse genetiche lungo la filiera vivaistica del ciliegio selvatico (Prunus avium L.)*. Forest@ 3 (4): 496-510. [online] URL: <http://www.sisef.it/>
- RASPE O., JACQUEMART A.L. 1998 - *Allozyme diversity and genetic structure of European populations of Sorbus aucuparia L. (Rosaceae: Maloideae)*. Heredity 81 (5): 537-545.
- RAYMOND M., ROUSSET F. 1995 - *An exact test for population differentiation*. Evolution 49 (6): 1280-1283.
- ROHLF F.J. 2000 - *NTSYS, Numerical Taxonomy and Multivariate analysis System, vers. 2.1*. Exeter Software - Applied Biostatistic Inc., N.Y.
- ROSSI P., VENDRAMIN G.G., GIANNINI R. 1996 - *Estimation of mating system parameters in two Italian natural populations of Fagus sylvatica*. Can. J. Forest Res., 26 (7): 1187-1192.
- ROTHE G. M. 1990 - *Efficiency and limitations of isozyme studies in forest tree genetics*. Forest Genetic Resources Information, FAO No 18: 74 p.
- ROUSSET F. 2008 - *GENEPOP'007: a complete re-implementation of the GENEPOP software for Windows and Linux*. Mol. Ecol. Resour. 8 (1): 103-106.
- RUSANEN M., VAKKARI P., BLOM A. 2000 - *Evaluation of the Finnish gene-conservation strategy for Norway maple (Acer platanoides L.) in the light of allozyme variation*. For. Genet. 7 (3): 155-165.
- RUSANEN M., VAKKARI P., BLOM A. 2003 - *Genetic structure of Acer platanoides and Betula pendula in northern Europe*. Can. J. Forest Res. 33: 1110-1115.
- SERENI E. 1982 - *Storia del paesaggio agrario italiano*. Edizioni La Terza, Bari.
- SLATKIN M. 1985 - *Rare alleles as indicators of gene flow*. Evolution 39: 53-65.
- SNEATH P.H.A., SOKAL R.R. 1973 - *Numerical Taxonomy: the principles and practice of numerical classification*. Freeman WH and Co, San Francisco: 573 p.
- STREIFF R., LABBE T., BACILIERI R., STEINKELLNER H., GLÖSSL J., KREMER A. 1998 - *Within-population genetic structure in Quercus robur L. and Quercus petraea (Matt.) Liebl. assessed with isozymes and microsatellites*. Mol. Ecol. 7 (3): 317-328.
- SWOFFORD D.L., SELANDER R.B. 1989 - *Biosys-1*. Illinois Natural History Survey: 43 p.
- TESSIER DU CROS E., MÁTYÁS C., KRIEBEL H. 2000 - *Contribution of genetics to the sustained management of global forest resources*. In: Mátyás C. (Ed.), *Forest Genetics and Sustainability*, Kluwer Academic Publishers: 281-288.
- VALLEJOS C.E. 1983 - *Enzyme activity staining*. In: *Isozymes in plant genetics and breeding, Part A*. S.D. Tanksley and T.J. Orton Eds, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam: 469-516.
- WATTERSON G. 1978 - *The homozygosity test of neutrality*. Genetics 88: 405-417.
- WEIR B.S., COCKERHAM C.C. 1984 - *Estimating F-statistics for the analysis of population structure*. Evolution 38 (6): 1358-1370.
- WRIGHT S. 1951 - *The genetic structure of populations*. Ann. Eugenetics 15: 532-554.
- WRIGHT S. 1978 - *Evolution and genetics of populations. Vol. 4. Variability within and among natural populations*. University of Chicago Press, Chicago.
- YEH F.C., YANG R., BOYLE T. 1999 - *POPGENE, version 1.31*. Microsoft Windows-based Freeware for Population Genetic Analysis. Department of Renewable Resources, University of Alberta, Edmonton, AB Canada. Available from: <http://www.ualberta.ca/~fyeh>
- YOUNG A.G., WARWICK S.I., MERRIAM H. G. 1993a - *The effects of forest fragmentation on genetic variation in Acer saccharum Marsh. (sugar maple) populations*. Heredity 71 (3): 277-289.
- YOUNG A.G., WARWICK S.I., MERRIAM H.G. 1993b - *Genetic variation and structure at three spatial scales for Acer saccharum (sugar maple) in Canada and the implications for conservation*. Can. J. Forest Res. 23 (12): 2568-2578.

Juglans regia L., phenotypic selection and assessment of genetic variation within a simulated seed orchard [§]

Fulvio Ducci^{1*}, Anna De Rogatis¹, Roberta Proietti¹

Accettato il 30 novembre 2010

Abstract – Noble hardwoods are very important for the Italian furniture industry. Since 1985, approximately 170,000 ha have been planted in Italy with noble hardwoods. Among them, about 50% of species are represented by walnuts. Walnut (*Juglans regia* L.), not native in Italy, has been the focus of a substantial research effort for breeding and improvement programmes. The priority has been to preserve the *in situ* genetic resource still existing after intensive felling. Phenotypes suitable for timber production showing important traits such as straight stem, nice branch architecture, dominance and adaptation (phenology) have needed to be developed and selected. In order to reach this goals, selection of valuable progenies and the evaluation of the interaction *genotype x environment*, methods based essentially on a multi-trait Selection Index, were developed. Studies have been undertaken also to measure the variation of phenological traits, more correlated to traits valuable for architecture; in addition, neutral markers were used to assess genetic variation among different intensities of the adopted selections. The individual genetic component was found to be higher than at the inter-population level. Results showed that a hypothetical seed orchard made with progenies selected by morphology, phenology and genetic traits could provide material with a good performance and supply a variability similar to larger populations as the total plantation or the pseudo-natural system chosen for comparison.

Key words: *Juglans regia* L., walnut, phenotypic selection, half-sib progenies, genetic variation, seed orchard.

Riassunto – *Juglans regia* L., selezione fenotipica e stima della variabilità genetica in un arboreto da seme simulato di progenie half-sib. *Juglans regia* è originaria dell'Asia centrale ed è stata introdotta, diffusa e ampiamente coltivata in Europa per la produzione sia di frutti che di legno pregiato. Gli studi effettuati da diversi autori hanno evidenziato che il noce comune è caratterizzato da debole strutturazione genetica sia in Italia che in Europa, probabilmente a causa del ridotto *pool* genico introdotto e della lunga selezione antropica subita nel corso di vari secoli. La manipolazione, orientata soprattutto verso la produzione di frutti, è evidente osservando le caratteristiche fenotipiche delle risorser di *J. regia* sul nostro territorio, ad esempio la ridotta dominanza apicale, la ramificazione consistente, una marcata adattabilità a contesti ambientali diversi, soprattutto per la fenologia. Obiettivo di questo lavoro è valutare quanta variabilità è possibile ottenere dal *pool* genico attuale per costituire arboreti da seme destinati a produrre materiali di riproduzione per l'arboricoltura da legno. A questo scopo si studia un piantagione, parte di un test bi-stazionale di progenie half-sib, ottenute da fenotipi selezionati in Italia centro-settentrionale e settentrionale (Toscana, Emilia-Romagna e Trentino-Alto Adige). Dieci progenie half-sib, allevate in due siti diversi per suolo e per clima: Ponteburiano (Ar) e Ficulles (Tr), sono state poste a confronto tra loro e, localmente, anche con altre 10 non presenti in entrambe le località. Per la selezione fenotipica sono stati impiegati caratteri considerati ad alta ereditabilità materna relativi ad accrescimento (altezza e diametro), architettura della pianta (forma del fusto, dominanza apicale, dimensione e numero dei rami, angolo di inserzione dei rami), sensibilità a fattori abiotici (gelate tardive) e fenologia (epoca di apertura delle gemme). I caratteri relativi all'architettura della pianta e alla fenologia sono stati valutati tramite punteggi e sono stati sintetizzati in un Indice di Selezione multi-carattere (IS). Questo indice è stato usato per selezionare le progenie migliori e, all'interno di queste, i fenotipi migliori. Sono state selezionate solo le progenie e gli individui con IS superiore almeno del 10% rispetto alla media del sito considerato. Le analisi genetiche sono state effettuate su tutti gli individui presenti nella parcella di Ponteburiano (Ar) e su una popolazione italiana di riferimento, impiegando marcatori genetici di tipo biochimico (8 sistemi isoenzimatici che hanno consentito di individuare 19 *loci* e 40 alleli). I risultati relativi ai caratteri fenotipici e, soprattutto, quelli ad essi fortemente correlati riguardanti la fenologia, suggeriscono che l'epoca di apertura delle gemme è il carattere con maggior valore discriminante delle progenie. L'epoca di inizio della vegetazione condiziona non solo l'accrescimento ma, soprattutto, l'architettura della pianta. Le progenie migliori sono infatti quelle più efficienti nello sfruttare la stagione vegetativa ma soprattutto quelle che riescono ad evitare le gelate tardive che, in genere, danneggiano la gemma apicale in vegetazione. I risultati dell'analisi genetica indicano che la componente principale della variabilità genetica è quella individuale, intra-popolazione; manca infatti una strutturazione geografica della variabilità e l'eccesso di omozigosi è elevato. L'applicazione severa dell'indice IS ha consentito di selezionare solo 4 delle 10 progenie e 58 piante, risultate superiori fenotipicamente e con bassa interazione *genotipo x ambiente*. I parametri genetici di questa popolazione non hanno evidenziato diminuzione né del numero di alleli per *locus*, né della variabilità genetica rispetto alla "popolazione" totale, intesa come l'insieme delle discendenze esaminate, di Ponteburiano. Di conseguenza, è possibile convertire la parcella sperimentale in arboreto da seme eliminando le progenie con basso IS e mantenendo, tuttavia, un buon livello di diversità genetica.

Parole chiave: *Juglans regia* L., noce, selezione fenotipica, progenie di fratelestri, variabilità genetica, arboreto da seme.

F.D.C.: 176. 1 Juglans regia: 165. 3

[§] Research funded by the National Council for Research, CNR-Agenzia 2000 research framework and by the Ministry for Agriculture, Food and Forestry Policies in the framework of Research Project Riselvitalia, sub-project 1.1 "Biodiversity and production of forest reproductive materials". Scientific responsible Ducci F.

¹ CRA - SEL Council for Research and Experimentation on Agriculture, Research Centre for Silviculture, Arezzo, Italy

* Corresponding author fulvio.ducci@entecra.it

Introduction

In Italy only 20% of noble hardwoods timber requirements are met from domestic markets. Noble hardwoods are very important for the Italian furniture industry, which uses about 60% of the total European import of valuable wood.

About 170,000 ha have been planted with noble hardwoods since 1992 (COLLETTI 2001) and 70% of this future stock is represented mainly by walnut and wild cherry. Of that amount about 60% has included walnut as the main species.

It is estimated that the only turnover for seed and seedling supply exceeded 50 million € during this period (DUCCI 2003).

Walnut is one of most valuable European woods. This tree seems to be not native in western Europe and it was probably introduced from the nearest Orient and spread by human migrations during different times for fruits, oil and for wood. Several investigations (FORNARI *et al.* 1999; MALVOLTI *et al.* 1995 and 1997) highlighted a very poor genetic structuration of walnut in Europe and in Italy. Very low variation rates are probably due to the very small gene pool introduced. The effect of the long time selection addressed to improve fruit crop production was also evident on the phenotype of trees: low apical dominance, low straightness, wide crowns and big branches are typical traits dominant in walnut stocks in the country. Anyway, FADY *et al.* (2003) showed higher variation in adaptive traits as bud-break phenology in the framework of a wide European experimentation. This variation was punctual by latitude and by altitude of provenance and was probably due to the selection pressure exerted by humans for their own utility.

Strategies for walnuts have been initially focused on preserving the remaining Italian resources of the species interesting their traits and to be used for high quality wood plantations. Activity focused on phenotypic selection and on the establishment of *half-sib* progeny test networks, aimed to transform experimental plots into *half-sib* seed orchards.

This work is aimed at: a) simulating different models for a seed orchard to be established after a *half-sib* progeny trial; b) assessing the variation levels within the simulated seed orchard; c) comparing the genetic parameters with those of pseudo-natural populations.

Materials and method

A comparative two-field test network including in total 20 *half-sibs* progenies was established in 1992. Progenies were collected from different northern Italian regions (Figure 1): Tuscany, province of Arezzo (Ar), Emilia-Romagna, provinces of Ravenna (Ra), Modena (Mo) and Parma (Pr), and Trentino, province of Trento (Tn). Test sites were located at: 1) Ficulle (province of Terni, Lat. 42°49'23.80"N - Long. 12°04'19.86"E, altitude 450 m, volcano soils); 2) Ponteburiano (province of Arezzo, Lat. 41°53'23.6"N - Long. 12°04'19.6"E, 209 m, alluvial soils of the River Arno). Ten progenies were common to both those test sites, and overall 280 trees were phenotypically tested at Ponteburiano and 212 at Ficulle (Table 1).

Basic material selection

On seedlings 8 years old (due to the need to use a smaller tree size for recording phenology data) and trees aged 12 years, according to methods and scores specified in the framework of European research net-



Fig. 1 - Provenance areas of the walnut progenies used in the experiment and test sites.
Provenienze delle discendenze di noce usate nei due siti e localizzazione delle aree sperimentali.

Tab. 1 - List of progenies tested (X) in the experiments carried out in Ponteburiano (Arezzo) and Ficulle (Terni).*Lista delle discendenze di fratelestri in prova nei due siti presi in esame, Ponteburiano (Ar) e Ficulle (Tr).*

Code	Progeny name	Test site		Provenance
		Ficulle	Ponteburiano	
CA01	Boschi M. Grazia	X		Poppi (Ar)
CA02	Carola 1- 2	X		Poppi (Ar)
AR01	Il Mulino	X	X	Ponte alla Chiassa (Ar)
AR02	Gragnone	X		Gragnone (Ar)
VTS01	Lilli 1	X		Molin nuovo (Ar)
CA05	Fabbri 3	X	X	Pagliericcio (Ar)
PPE02	Marzocchi	X		Valle del Reno (Ra)
VS01	Palagano	X	X	Palagano (Mo)
VN01	Grazzi 1	X	X	Bleggio (Tn)
VN02	Grazzi 2	X	X	Bleggio (Tn)
VN03	Serafini 3	X		Bleggio (Tn)
VN04	Serafini 4	X	X	Bleggio (Tn)
VN05	Serafini 5	X	X	Bleggio (Tn)
VN06-07	Serafini 6 e 7 (mix)	X	X	Bleggio (Tn)
VN08	Serafini 8	X		Bleggio (Tn)
GAG	Gaggio	X		S. Maria Villiana (Ra)
VA14	Roffi Giovanni 1	X	X	Panigaro (Pr)
VA20	Vettola	X	X	Vettola di Valmozzola (Pr)
PPE01v	Missiroli-Vecchia		X	Castiglione di Cervia (Ra)
PPE01	Cane		X	Castiglione di Cervia (Ra)

works (DUCCI 1995; FADY *et al. op. cit.*) the following traits were examined: - bud break (score 1-7, Figure 2), surveyed during 2 years and averaged on fixed dates; - height and height increase (cm); - basal diameter (cm) and DBH (cm); - mean branch angle (scored: 0 vertical to 7 horizontal); - basal branch diameter (cm); apical dominance (scored: 1 bad to 7 very good); - total number of main branches; stem form (scored: 1 crooked to 7 straight); frost damage resistance (scored: 1-very bad resistance, 4 - poor resistance, 7 - small damages, 10 - very good resistance) after the hard frost which occurred between 17th and 19th April 1997 when 14 hours at -7°C were recorded in both sites.

All these traits were initially analysed by ANOVA (data only partially shown, Annex 1) keeping each 2 areas separated. This was necessary due to differences within sites for soil. At Ficulle, progeny plots were planted with 6 plants in a rectangle, at 6 x 6 m spacing, whilst in Ponteburiano, seedlings were in singleline 9-tree plots, at 5.5 x 5.5 m spacing. Plots were randomly distributed within 3 blocks. Due to the absence of mortality, a one-way analysis of variance was performed within each site for complete balanced blocks in accordance with the following factorial model (1) (CAMUSSI *et al.* 1986):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

where Y is the value of a variable (examined traits) for i as a level of factor A (progenies), j as a level of factor

B (soil fertility), k as a level of blocks within sites; μ is the population average, α_i and β_j are the effects of different levels of factors A and B; $(\alpha\beta)_{ij}$ represents the interaction effect among factors A and B for their different levels; γ the effect of k^{th} block, and finally, ε represents residuals where factors are difficult to account for and where they can influence the j^{th} experiment unit within the i^{th} treatment within the k^{th} block.

In order to summarize results and to focus on the genetic aspects treated in this paper, the results of the ANOVA analyses are not shown here.

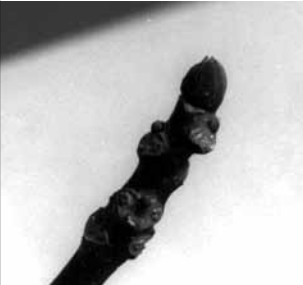
Multiple comparisons were carried out (Duncan's test) by area and traits with special reference to phenology (showed in this paper), the main adaptive trait correlated to a good quality of the general architecture in walnuts. Anyway, the main correlation among traits were assessed. Performance intra-site indices for each trait (ratio between the rank of each progeny and the number of progenies tested in each area) were computed and used to compare progenies across sites. Values near 1.00 express the best 'performance', lower values indicate lower performance. Several traits, especially those concerned with the plant architecture and those correlated to phenology (HANSCH *et al.* 1972), were considered with high maternal inheritance (LANDE and KIRKPATRICK 1990, THIEDE 1998, BARRET 2002, MICHLER *et al.* 2007). The Principal Component Analysis (PCA) was used to point out the most important traits useful for material selections. The phenotypically-best progenies and the best individuals within these progenies were selected and results were used to simulate different possible seed orchard models at different intensity of selection.

The selection criterion of both progenies and trees was based on a multi-trait selection index (ZOBEL and TALBERT 1984). This parameter is generally considered a total score to be assigned to each individual. Theoretically, the selection index should include coefficients depending on heritability, correlation among traits and/or their economical importance. In this test it was decided for simplicity to attribute similar weights to the considered traits and to exclude the total height, which was the most important measured trait (2)

$$SI = \Sigma n f Perf. H99 + Perf. [(Frost Res./Avoid. + Stem + Branch + Straight. + \dots)/Nt] \quad (2)$$

In the above formula n is the number of trees within families, f the number of families, $Perf.$ the performances for each trait, Nt the amount of the con-

Walnut half sib progenies in Ponteburiano (Arezzo)					
Code and name of the progeny					
	19/4/96		9/5/96	21/4/97	
• 12 VN 06 - VN07 (Serafini6 e 7-Bleggio T	2,05	• VN 01(Grazzi1-Bleggio Tn)	6,25	• VN 01(Grazzi1-Bleggio Tn)	2,26
• 11 VN 02(Grazzi2-Bleggio Tn)	2,28	• VN 06 - VN07 (Serafini6 e 7 Bleggio)	6,47	• VN 06 - VN07 (Serafini6 e 7-BI)	2,33
• 2 VN 04 (Serafini4-Bleggio Tn)	2,3	• VN 04 (Serafini4-Bleggio Tn)	6,61	• VN 02(Grazzi2-Bleggio Tn)	2,33
• 13 VN 05 (Serafini5-Bleggio Tn)	2,35	• VA 14 (Panigaro-Roffi - Pr)	6,64	• VN 05 (Serafini5-Bleggio Tn)	2,5
• 10 VN 01(Grazzi1-Bleggio Tn)	2,62	• VA 20 (Vettola di Valmozzola - Pr)	6,67	• Fabbri 3 (Castel S. Niccolò AR)	2,64
• 9 VA 14 (Panigaro-Roffi - Pr)	2,64	• VN 05 (Serafini5-Bleggio Tn)	6,7	• VA 20 (Vettola di Valmozzola)	2,69
• 8 VA 20 (Vettola di Valmozzola - Pr)	2,83	• Fabbri 3 (Castel S. Niccolò AR)	6,72	• VA 14 (Panigaro-Roffi - Pr)	2,7
• 7 Fabbri 3 (Castel S. Niccolò AR)	3	• PP-E-01 (Cast. di Cervia-cane-Ra)	6,73	• PP-E-01 (Cast. di Cervia-cane)	2,81
• 5 PP-E-01 (Cast. di Cervia-cane-Ra)	3,17	• VN 02(Grazzi2-Bleggio Tn)	6,8	• AR 01(II Mulino AR)	2,83
• 6 PP-E-01 (Cast. di Cervia-vecchia-Ra)	3,58	• VS 01(Palagano MO)	6,8	• VN 04 (Serafini4-Bleggio Tn)	2,85
• 4 AR 01(II Mulino AR)	3,68	• PP-E-01 (Cast. di Cervia-vecchia-Ra)	6,91	• VS 01(Palagano MO)	2,87
• 3 VS 01(Palagano MO)	3,88	• AR 01(II Mulino AR)	6,92	• PP-E 01 (Cast. di Cervia-vecchia-Ra)	2,92
Average	2,84	Average	6,68	Average	2,64
Ficulle					
Name	19/4/96		9/5/96	21/4/97	
11 VN 03 (Serafini 3-Bleggio - Tn)	2,25	VN 03 (Serafini 3-Bleggio - Tn)	4,5	VN 03 (Serafini 3-Bleggio - Tn)	3,25
• 14 VN 06 - VN 07 (Serafini 6e7-Bleggio-T	2,44	• VN 05 (Serafini 5-Bleggio - Tn)	4,73	• VN 05 (Serafini 5-Bleggio - Tn)	3,81
• 12 VN 04 (Serafini 4-Bleggio - Tn)	2,5	• VN 04 (Serafini 4-Bleggio - Tn)	5	• VN 04 (Serafini 4-Bleggio - Tn)	4,07
• 13 VN 05 (Serafini 5-Bleggio - Tn)	2,63	VN 08 (Serafini 8-Bleggio - Tn)	5,27	VN 08 (Serafini 8-Bleggio - Tn)	4,09
• 15 VN 08 (Serafini 8-Bleggio - Tn)	2,73	• VN 02 (Grazzi 2-Bleggio - Tn)	5,36	• VN 01 (Grazzi 1-Bleggio - Tn)	4,15
• 9 VN 01 (Grazzi 1-Bleggio - Tn)	2,77	• VN 01 (Grazzi 1-Bleggio - Tn)	5,54	• VN 06 - VN 07 (Serafini 6e7-BI)	4,3
• 6 Fabbri 3 (Castel S. Niccolò - Ar)	3,41	• VN 06 - VN 07 (Serafini 6e7-Bleggio)	5,67	• VN 02 (Grazzi 2-Bleggio - Tn)	5,125
• 10 VN 02 (Grazzi 2-Bleggio - Tn)	3,45	• AR 01 (II Mulino - Ar)	6	Gaggio (S. Maria Villiana)	5,18
• 3 AR 01 (II Mulino - Ar)	3,61	VTS 01 (Lilli 1 - Ar)	6,5	• Fabbri 3 (Castel S. Niccolò - Ar)	5,25
• 4 AR 02 (Gragnone - Ar)	3,75	• Fabbri 3 (Castel S. Niccolò - Ar)	6,58	• PP-E-02 (Marzocchi)	5,25
• 7 PP-E-02 (Marzocchi)	3,91	• VS 01 (Palagano - Mo)	6,64	CA 02 (Carola 1-2, Ponte a P.)	5,33
• 16 Gaggio (S. Maria Villiana)	4	• VA 20 (Vettola di Valmozzola - Pr)	6,67	• Roffi Giovanni Panigaro	5,33
• 16 VA 20 (Vettola di Valmozzola - Pr)	4,08	CA 02 (Carola 1-2, Ponte a Poppi - A	6,75	• VA 20 (Vettola di Valmozzola -	5,33
• 2 CA 02 (Carola 1-2, Ponte a Poppi - Ar	4,25	• PP-E-02 (Marzocchi)	6,75	• AR 01 (II Mulino - Ar)	5,41
• 17 Roffi Giovanni Panigaro	4,25	• Roffi Giovanni Panigaro	6,75	• VS 01 (Palagano - Mo)	5,45
• 8 VS 01 (Palagano - Mo)	4,27	Gaggio (S. Maria Villiana)	6,82	AR 02 (Gragnone - Ar)	5,58
• 1 CA 01 (Boschi M. Grazia - Casentino)	4,42	CA 01 (Boschi M. Grazia - Casentino)	6,83	CA 01 (Boschi M. Grazia - Cas	5,83
• 5 VTS 01 (Lilli 1 - Ar)	4,5	AR 02 (Gragnone - Ar)	6,92	VTS 01 (Lilli 1 - Ar)	6
Average	3,52	Average	6,07	Average	4,93



1 - Buds closed.
1 - Gemme chiuse.



2 - Scales start to open.
2 - Perule in fase di allargamento.



3 - Green scale appear.
3 - Appaiono le perule interne verdi.



4 - Leaves appear.
4 - Visibili le foglioline all'interno.



5 - Leaves out of the bud.
5 - Foglie fuoriuscite dalla gemma.



6 - Leaf distension starts.
6 - Avvio della distensione.



7 - Shoot elongation starts.
7 - Avvio dell'allungamento del germoglio.

These three last steps represent the most sensitive phases to late frost damages.

Queste ultime tre fasi sono le più sensibili alle gelate tardive.

Fig. 2 – Duncan's test results concerning scores used for phenology records on walnut progenies at several fixed dates in both sites Ficulle (province of Terni, Umbria) and Ponteburiano (Province of Arezzo, Tuscany). Below is reported the ideographic scoring system established for walnut ($P < 0.05$). *Test di Duncan applicato alle fasi fenologiche misurate sulle discendenze di noce a Ficulle e Ponteburiano ($P < 0.05$). In basso sono riportate le immagini e indicati i punteggi attribuiti alle diverse fasi su ciascuna pianta.*

sidered traits. Where the selection index was greater than 10% then the average of the site was considered sufficient for selecting progenies. The same criterion was used for trees within progenies.

Testing models

Due to the geographical position, site fertility and flat topography, Ponteburiano was considered suitable to be transformed into a half-sib progeny seed orchard after selection of and within the best families. The genetic analysis was used in Ponteburiano to assess variation parameters within 5 possible seed orchard models:

- the total population in field, without considering *a priori* its structuration in progenies;
- the same population sub-divided into 12 half-sib progenies (including the ten common to both sites);
- the phenotypically best 6 families (50% of the total population);
- the best 4 families (30% of the total population);
- the best seedlings within the whole plantation (which allowed the selection of about 60 trees, about 25% of the total).

Genetic analysis with biochemical markers (isozymes)

Eight enzymes systems were analysed by horizontal starch-gel electrophoresis according to ARUSELKHAR *et al.* (1985 and 1986), ALETÀ *et al.* (1993), MALVOLTI *et al.* (*op.cit.*) and RODRIGUEZ *et al.* (1989): IDH, PGI, GOT, MDH, DIA, PGD, SKDH and PGI were revealed for 19 *loci* and 40 alleles. Parameters estimated were: mean number of allele *per locus* (n), percentage of polymorphic *loci* ($P_{5\%}$), average observed (H_o) and expected (H_e) heterozygosity, fixation indices (WRIGHT 1978) and genetic distances (NEI 1978). The *cluster analysis* (SNEATH and SOKAL 1973) was performed to explore the structure of genetic diversity and to permit the estimation of the inbreeding within progenies. Wright's indices and application of bootstrapping procedure (exact testing) for small samples (WEIR and COCKERHAM 1984; CAVALLI-SFORZA *et al.* 1994; RAYMOND and ROUSSET 1995) were carried out with F-STAT programme (GOUDET 2001). The Principal Component Analysis on the dispersion matrix, *via* the Correspondence Analysis (EL-KASSABY 1991), was carried out with NTSYS-pc (ROHLF 1994) software. The population tested in the field experiments was compared with an Italian refer-

ence population considered 'naturalised' since existing from long time.

Results

Genetic analysis combined with phenotypic selection (Table 2)

a) The whole Ponteburiano 'population' and the Italian reference population

Among 19 *loci* examined, only 12 were polymorphic in both populations: IDH-2, PGI-2, GOT-2, GOT-3, SKDH-1, SKDH-2, DIA-1, DIA-3, 6PGD-2, MDH-2, MDH-3 and PGM-1. The allele distribution and the percentage of polymorphic *loci* ($P_{5\%} = 70.6\%$) was similar in both populations.

In Ponteburiano the mean number of alleles per *locus* (n) was higher than in the reference population (2.2 vs. 2.1). The fixation index ($F = 1 - H_o/H_e$) was positive both in Ponteburiano ($F = .281$) and in the reference population ($F = .335$) showing an excess of homozygotes. $F_{ST} = .023$ showed that 97.5% of observed variability was common to the two populations and $F_{IS} = .304$, indicated that 70% of variability was among individuals. Some *loci* tended to allelic fixation (mean $F_{IT} = .320$), in particular PGI-2 ($F_{IT} = .553$), GOT-2 ($F_{IT} = .544$), SKDH-2 ($F_{IT} = .477$), GOT-3 ($F_{IT} = .456$) and MDH-2 ($F_{IT} = .411$). Only DIA-3 ($F_{IT} = .071$) showed a lower value (nearer to equilibrium). Heterozygote deficiency is therefore common to all *loci*, except

Tab. 2 - Genetic variation parameters within Ponteburiano plantation according to the different models of selection tested, compared with the pooled pseudo-natural local population near Ponteburiano.
Principali parametri genetici stimati a Ponteburiano nei differenti livelli di selezione simulati. Sono comparati con la popolazione locale di noce.

Model	N/I	n	P _{5%}	H _o	H _e	F
1. Total plantation	263.6	2.2	70.6	0.235 0.045	0.327 0.057	0.281
2. Six best prog.	137.6	2.1	68.6	0.239 0.047	0.320 0.059	0.253
3. Four best prog.	89.3	2.1	69.1	0.241 0.048	0.323 0.060	0.254
4. Best trees within best progenies	32.5	2.1	70.6	0.231 0.047	0.322 0.059	0.283
5. Best trees within worst progenies	24.6	2.2	70.6	0.226 0.048	0.328 0.059	0.311
6. All trees with super.>10%	57.1	2.2	70.6	0.229 0.046	0.326 0.059	0.298
7. Reference pooled local population	69.9	2.1	70.6	0.204 0.042	0.307 0.053	0.335

N/I: Mean size of sample per *locus*.
H_o: mean observed heterozygosity.
n: Mean number of alleles per *locus*.
H_e: mean expected heterozygosity.
P_{5%}: % of polymorphic *loci* (a *locus* is considered polymorphic when frequency of the most common allele is < 95%).
F: $1 - (H_o/H_e)$

DIA-1 in Ponteburiano and DIA-3 and MDH-3 within the reference population. Deviation from the Hardy-Weinberg equilibrium was significant. The unbiased genetic distance (Nei *op. cit.*), was .019 and confirmed low differentiation between both populations.

b) The progenies

The Ponteburiano trees were divided by family. Progenies CA05 and PPE01 had the highest mean number of alleles per locus ($n = 2.2$), while PPE01, VN05, VA14 and VN02 showed the lower value $n = 2.0$. PPE01, VN05, VN02 with VA20 and VN06/07 showed lowest amount of polymorphic loci ($P_{5\%} = 64,7\%$). For the remainder of trees, $P_{5\%}$ was 70.6, as for Ponteburiano population. VA20, CA05 and PPE01 showed values close to Hardy-Weinberg equilibrium. All loci showed positive fixation index significantly higher than 0, except for diaphorase system. Most of the observed genetic variation was common to all progenies: indeed F_{ST} was 93%. $F_{IS} = .226$, confirmed that 77.4 % of variation is due to diversity among individuals within each progeny. Genetic distances among progenies were short, between .000 and .068 (Figure 3). A geographical gradient was not evident, and progenies were not clearly grouped by provenance.

It was possible to detect two clusters, one assembling materials from all the provenance areas, whilst the other grouped VN05 and VN06-07, VS01 and VA20 from Trentino and Emilia Romagna regions respectively. The principal component analysis indicated that the first 10 principal components explained only 53.6% of the total variance and confirmed the low degree of genetic variation in walnut. Alleles with higher disci-

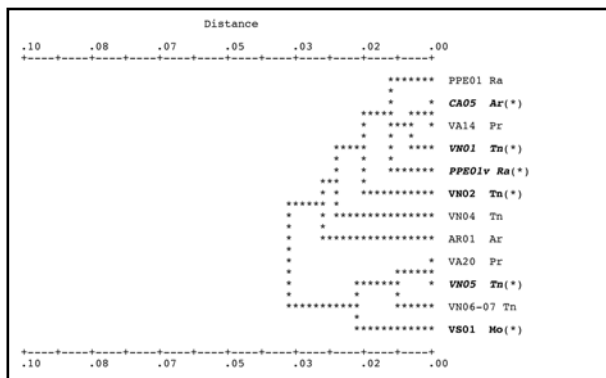


Fig. 3 - UPGMA clusters based on Nei (1978) unbiased genetic distances. All the 6 progenies with an (*) were selected initially; progenies in Italics were used as the 4 final best ones
Dendrogramma UPGMA (Nei 1978) costruito sulle distanze genetiche. Le 6 discendenze contrassegnate con () sono quelle selezionate nella prima fase, le 4 in corsivo sono le migliori in assoluto.*

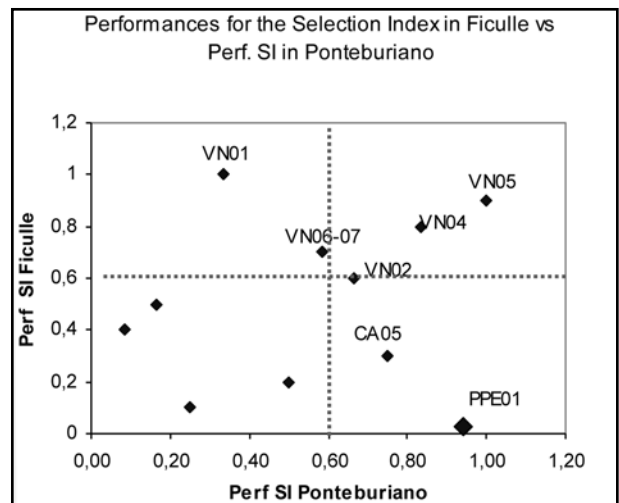


Fig. 4 - Best progenies selected on the base of their mean performance for multi-trait Selection Index (SI) in both the experimental sites.
Le migliori progenie selezionate sulla base del loro comportamento medio indicato dall'Indice di Selezione (IS) multi-carattere adottato (citato nel testo).

minant meaning, in decreasing order, were: 6PGD-2a, DIA-3a, SKDH-2c, MDH-2a, DIA-3b, MDH-3c, PGM-1b, GOT-3b, GOT-3a e GOT-3b, with correlation between 0.64 and 0.49. The Correspondence Analysis did not indicate any significant homogeneous groups (*i.e.* by progenies). The genotype dispersion plot confirmed that the genetic variability depended from the variation of the 247 individuals.

c) The six best progenies selected phenotypically, reduced the total population to about 50 %

Six progenies from three regions were selected: VN01, VN02, VN05 from Trentino-Alto Adige, PPE01 and VS01 from Emilia-Romagna and CA05 from Tuscany (Figure 4).

The selected progenies demonstrated valuable traits in comparison with the remaining progenies and they showed lower *genotype x site* interaction as indicated by the Selection Index. Three progenies interacted most at Ponteburiano and Ficulle respectively. The progeny PPE01, planted only in Ponteburiano, was selected anyway because its good performance for growth, apical dominance and stem form. Considering that the *genotype x environment* interaction (Table 3) was similar for all progenies, it is hypothesised that PPE01 could perform similarly if planted at either of the sites.

In Ponteburiano, 8 years after planting, there were no significant differences between progenies for height growth. Differences among progenies were significant for stem diameter (P value 0.03) and very significant

Tab. 3 - Performances indices for some of the main traits examined on progenies common to both the experimental sites. Numbers in bold characters evidence the best performances.

Indici di performance ricavati dalle graduatorie ottenute per alcuni caratteri. In grassetto le migliori performance in ciascun sito.

Code	Flush. 19496 Pontebur.	Flush. 21497 Pontebur.	Flush 19496 Ficulle	Flush. 21497 Ficulle	H 92/93 Pontebur.	H92/93 Ficulle	H99 Pontebur.	H99 Ficulle	Dominance Pontebur.	Dominance Ficulle	Stem Form Pontebur.	Stem Form Ficulle	Frost Perf.PB
CA01 Ar													
CA02 Ar													
AR01 Ar	0.17	0.33	0.56	0.28	0.08	0.61	0.17	0.24	0.50	0.65	0.33	0.59	0.16
AR02 Ar													0.17
VTS01 Ar													
CA05 Ar	0.42	0.67	0.67	0.56	0.58	0.39	0.92	0.71	0.75	0.29	0.42	0.29	0.42
PPE02 Ra													
VS01 Mo	0.08	0.17	0.17	0.22	0.33	0.50	0.33	0.47	0.67	0.94	0.75	0.76	0.25
VN01 Tn	0.67	1.00	0.72	0.78	0.17	1.00	0.42	0.82	0.17	0.82	0.67	1.00	0.83
VN02 Tn	0.92	0.83	0.61		0.50	0.06	0.83	0.94	0.08	0.53	0.58	0.82	0.67
VN03 Tn													
VN04 Tn	0.83	0.25	0.89	0.89	0.75	0.56	0.08	0.65	0.92	0.35	1.00	0.94	0.75
VN05 Tn	0.75	0.75	0.83	0.94	1.00	0.89	0.75		0.25		0.92		0.92
VN06-07 Tn	1.00	0.92	0.94	0.72	0.83	0.67	0.25	0.53	0.58	0.12	0.17	0.65	1.00
VN08 Tn													
VA14 Pr	0.58	0.50	0.22	0.39	0.25	0.94	0.58	0.41	0.33	0.24	0.50	0.12	0.50
VA20 Pr	0.50	0.58	0.33	0.33	0.92	0.44	0.67	0.29	0.42	0.47	0.25	0.71	0.58
PPE01v Ra	0.25	0.08			0.42		1.00		0.83		0.83		0.08
PPE01 Ra	0.33	0.42			0.67		0.50		1.00		0.08		0.33

Flush.: late flushing/*tardività dell'entrata in vegetazione*.

H92/93: annual growth 1992-1993/*incremento in altezza dopo la piantagione*.

H99: height in 1999/*altezza raggiunta nel 1999*.

Frost perf.: late frost resistance/*resistenza al gelo tardivo*.

(P values between 0.05 and 0.01) for phenology, stem form and dominance. These characters are correlated (Table 4): indeed late bud breaking can allow to trees to avoid late frosts. Apical buds are not damaged by frost, therefore the likelihood of developing a well defined central axis and good dominance is higher. In progenies VN01, VN02 and VN05 the phenology trait had greatest influence, whilst for progenies PPE01v, CA05 and VS01 the shape indices were more important.

Phenology assessments based around April 20th appeared the best method in the discrimination of the progeny characteristics (Annex I and Figure 2). Indeed it was possible to distinguish a group of progenies from Bleggio (Alps region > 1000 m a.s.l, cold environment) from progenies sampled on the Apennine's (meanly 500 m a.s.l., relatively temperate with spring late frosts)². Materials from Trentino were usually later to flush than other progenies. As an example of this criterion, these offsprings avoided frost damage between 17th – 19st April 1997, when temperatures of -7°C occurred for 14 hours. Correlation was negative and significant between frost damage and total height (H99) with flushing. This testify the advantage of late flushing material. Growth appears to be more

dependent on tree efficiency than length of the vegetation period. Families PPE01v and CA05 had the best growth index and, with VS01, had best dominance and shape indices.

It should be noted that CA05 and PPE01 are the progenies which showed the highest genetic variation levels within the experiment: 32 alleles were stained at 12 *loci*, the mean *n.* of alleles per *locus* was 2.2 and polymorphic *loci* varied respectively between 70.6% and 64.7%.

Among the 6 chosen progenies, genetic variability resulted low ($F_{ST} = .056$). Poverty of heterozygotes is a common situation; all *loci* contributed to heterozygote deficiency, except DIA-1.

The first 10 components after the Principal Component Analysis explained only 58.9% of variance (Table 5).

Alleles showing higher discrimination power were: 6PGD-2a, IDH-1a, PGI-2a, PGI-2b, IDH-1c, MDH-2a, DIA-3a, MDH-3c. The Correspondence Analysis showed that the six progenies tended to be grouped in different quadrants. This is an important result, because it has been possible discriminate progenies by genetic markers and phenotypic traits.

² As for air temperature and growth period, one thousand meters of elevation in the Alpine region (Bleggio, Trentino) represents really harder conditions than in the Apennines at similar altitudes.

Tab. 4 - Correlation matrix among the main traits recorded in Ponteburiano.
Correlazioni tra i principali caratteri rilevati a Ponteburiano, compreso fenologia e resistenza al gelo tardivo.

	Basal Diam.	Branch n.	Flushing 19 4 96	Flushing 9 5 96	Flushing 21 4 97	H99	DBH99	Branch Size	Stem Form	Domin.	Branch Angle	Frost Res. 17 4 97
Basal Diam.	1	.581(**)	0.057	0.102	0.059	.461(**)	.733(**)	-.250(**)	0.099	-0.091	.224(**)	0.051
n	287	285	287	287	275	284	273	273	273	273	262	287
Branch n.		1	-.216(**)	-0.061	-0.084	.248(**)	.435(**)	-.175(**)	.147(*)	-0.04	0.118	.197(**)
n		285	285	285	273	282	271	271	271	271	260	285
Flushing 19 4 96			1	.450(**)	.653(**)	.230(**)	0.101	.133(*)	-0.1	0.047	.184(**)	-.592(**)
n			287	287	275	284	273	273	273	273	262	287
Flushing 9 5 96				1	.492(**)	.529(**)	.170(**)	-0.025	0.044	-0.009	.190(**)	-.279(**)
n				285	275	284	273	273	273	273	262	287
Flushing 21 4 97					1	.181(**)	0.082	.192(**)	-0.028	0.095	.154(*)	-.465(**)
n					275	272	271	271	271	271	261	275
H99						1	.844(**)	-.167(**)	0.08	-0.004	.154(*)	-.131(*)
n						285	274	274	274	274	263	285
DBH99							1	-.311(**)	0.063	-0.107	.246(**)	-0.023
n							274	274	274	274	263	274
Branch Size								1	-.142(*)	0.082	0.028	-.147(*)
n								274	274	274	263	274
Stem Form									1	0.107	-0.08	.150(*)
n									274	274	263	274
Domin.										1	-0.015	-0.113
n										274	263	274
Branch Angle											1	-.180(**)
n											263	263
Frost Resistance 17 4 97												1
n												288

** correlation significant for $P \leq 0.01$ - correlazione significativa per $P \leq 0.01$.

* correlation significant for $P \leq 0.05$ - correlazione significativa per $P \leq 0.05$.

n: number of examined trees - numero di alberi esaminati

d) A second selection reducing the selected population to 33%

Following a more strict criterion of selection, two other half-sib progenies were eliminated: VN02 and VS01. VN02 showed good growth and moderately good stem form indices but, especially in Ponteburiano, low dominance. Progeny VS01 was too early flushing and therefore more sensitive to late frost.

The decreasing from six to four progenies did not cause any loss of alleles, thanks to PPE01 and CA05 that had high number of alleles.

Within this four-progeny population the $F_{ST} = 0.037$ indicated an increasing of genetic variation common to progenies. F_{IT} values were all positive, but heterozygote deficiency was lower compared to the initial population.

e) Final selection of superior phenotypes, reducing the selected population to 25%

Finally, and with the aim of sampling the maximum variation possible, single trees were selected within the Ponteburiano population. The requirement was a SI 10% higher than the average of the pooled plantation. H99, DBH99 and other performance traits were used as described above. Superior trees selected

would be used to establish a seed orchard model where progenies were in this case confounded. In total 58 trees were finally selected. No significant variations were observed for all the main genetic parameters compared to those of the Ponteburiano total population.

Tab. 5 - Principal Components Analysis (absolute values $> .70$ were considered). Main phenotypic and adaptive traits correlated to the first 4 components are reported.

Analisi delle Componenti Principali (soglia dei valori considerata > 0.70). Sono riportati i principali caratteri fenotipici ed adattativi correlati alle prime 4 componenti.

	Principal Components			
	1	2	3	4
N. of Branches				
Branch Angle				
Strightness				
Phen. 19/4/96		.853		
Phen. 9/5/96				
Phen. 21/4/97		.805		
H99	.869			
DBH99	.879			
Dominance				
Mean angle				
Frost 17/4/97		-.735		

Discussion and conclusions

Most of the material selected in this experiment, with the aim to establish a possible seed orchard, was sourced from high altitude (about 1,000 m) in the region of Bleggio, near the Dolomite range. This result confirms the higher performance, already detected in other experimental fields, for this provenance. Indeed, in the framework of the European project W-Brains³ this provenance performed relatively well in comparison with a wide range of accessions from all western Europe (FADY *et al. op. cit.*). Bleggio is also known as an Alpine area for walnut nut cultivation. A similar performance, with low interaction *genotype x environment*, was only present among the Apennine materials by the Tuscan progeny CA05 (named also Fabbri 3) from the Casentino valley near Arezzo.

Walnuts sourced from Western Europe, compared to Caucasian and Chinese populations, have been shown to have relatively good allele richness but low levels of heterozygosity (FORNARI *et al. op. cit.*). Centuries of selection for fruit production and for adaptability to different climatic conditions have led to a significant reduction of inter-population variation whilst the individual component has become more significant (DUCCI *et al. op. cit.*).

The very low intra-specific variation found in walnut populations in this study was similar to results of studies by MALVOLI *et al. (op. cit.)* for Italian populations. Selection over time would have particularly favoured the best trees for fruit production. Compared to the probably wider initial gene pool, only few genotypes were used to create nut orchards; this genetic erosion favoured the fixation of some alleles. The reduction of genetic variation in walnut is evident in general, either using neutral markers, either morphological (architecture plant) or adaptive (phenology) traits. HANSCH *et al. (op. cit.)* reported very high heritability values for this last trait. *Late flushing* has been considered an important character by breeders aiming to avoid damage by frosts. Nevertheless, in spite of the severe genetic erosion, a small amount of variation still exists within the remaining populations, but at single tree level only. It determines the variance component explained by individuals within populations. Some characters, and particularly adaptive traits (FADY *et al. op. cit.*), showed good variability

and a negative correlation among phenology, growth and frost resistance confirmed their importance for selection and improvement.

For this reason it will be possible to select late-flushing trees, and/or with low environment interaction, and/or with good stem form and vigour. The use of a selection multi-trait indices, even if simplified, was helpful in selecting material and the process confirmed its utility when the individual component of variance is high, and it allows the family selection.

Within the different models tested, the progressive reduction of progenies did not significantly modify the variation levels compared to the whole Ponteburiano and reference Italian population. Homozygosity levels are in general higher in walnut than in other species, at least using neutral markers as isozymes. Wright's F values decrease across different selection intensities when selection is carried out by progenies and increase when the individual selection is performed.

Homozygosity was lower within the selected progenies models than in the others. In this study four selected progenies showed greater allelic richness. A hypothetical seed orchard made with those progenies, at the same time, could provide material with good performance and supply variability similar to larger populations as the total plantation or the pseudo-natural system chosen for comparison (Figure 5).

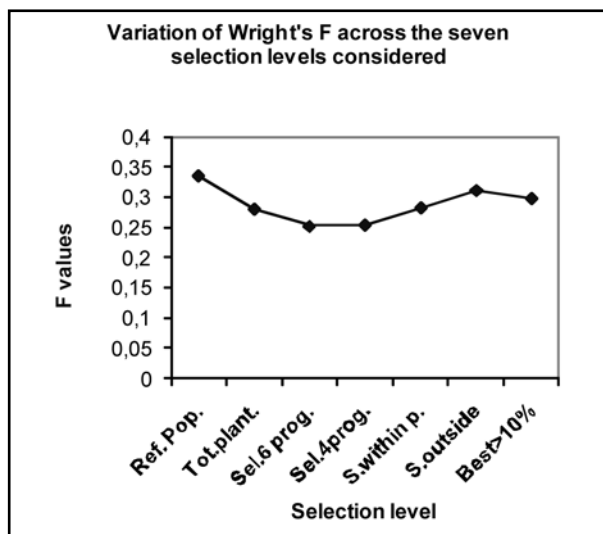


Fig. 5 - Variation of Wright's F across intensity levels of selection within Ponteburiano.

Variazione dell'indice F di Wright stimato per i differenti livelli di intensità di selezione in Ponteburiano.

³ FAIR-CT96-1887 Network and Standards. Walnut - Basic Research for Agro-forestry and Industry.

Annex 1. Analysis of Variance for phenological phases at fixed dates in Ficulle and Ponteburiano. No significant differences were detected previously between blocks in Ficulle. Due to the inter-block variance in Ponteburiano, because of the differences in fertility between block, only the materials in the most homogeneous blocks were considered for the multiple comparison among averages.

Analisi della varianza per i punteggi medi accumulati dalle progenie nei due test sperimentali di Ficulle e Ponteburiano relativamente al periodo di entrata in vegetazione a date fisse. In analisi preliminari i materiali in Ficulle non hanno mostrato differenze significative tra blocchi, né interazioni tra questi e le progenie, per cui si è proceduto all'analisi tra progenie direttamente. In Ponteburiano, invece, è stato necessario procedere alla stima della significatività delle differenze tra blocchi e dell'interazione tra questi e le discendenze. Quindi, dove l'interazione si è rivelata significativa si è preferito impiegare per i confronti tra medie i dati di due soli blocchi su tre. Le differenze sono probabilmente dovute alla differenza di fertilità e tessitura nella parcella, posta sulle rive dell'Arno.

FICULLE					
Trait: <u>Phen 19 Apr 96</u>					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Progenies	17	116,5147	6,8538	7,1329	,0000
Within Progenies	194	186,4099	,9609		
Total	211	302,9245			
Trait: <u>Phen 9 May 96</u>					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Progenies	17	134,7003	7,9235	5,7521	,0000
Within Progenies	194	267,2383	1,3775		
Total	211	401,9387			
Trait: <u>Phen 21 Apr 97</u>					
Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Progenies	17	120,3082	7,0770	5,6319	,0000
Within Progenies	190	238,7495	1,2566		
Total	207	359,0577			
PONTEBURIANO					
Trait: <u>Phen 15 Apr 96</u>					
Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Sig of F
Progenies	79,894	11	7,263	8,564	,000
Blocks	4,132	2	2,066	2,436	,090
Progenies x Block	74,847	22	3,402	4,011	,000
Residual	209,482	247	,848		
Total	367,420	282	1,303		
Trait: <u>Phen 15 May 96</u>					
Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Sig of F
Progenies	3,448	11	,313	,379	,964
Blocks	,654	2	,327	,395	,674
Progenies x Block	21,974	22	,999	1,207	,242
Residual	204,472	247	,828		
Total	230,502	282	,817		
Trait: <u>Phen 15 April 97</u>					
Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Sig of F
Progenies	14,539	11	1,322	5,264	,000
Blocks	,116	2	,058	,231	,794
Progenies x Block	9,031	22	,410	1,635	,040
Residual	59,260	236	,251		
Total	82,908	271	,306		

Acknowledgments

The authors wish to thank the anonymous reviewer for his helpful comments that improved the final paper.

Literature cited

- ALETÀ N., ROVIRA M., NINOT A., ARÙS P. 1993 - *Inheritance of four isozymes in walnut*. *Acta Horticulturae* 311: 62-67.
- ARULSEKAR S., PARFITT D.E., MCGRANAHAN G. 1985 - *Isozyme gene markers in Juglans species. Inheritance of GPI and AAT in Juglans regia L. and Juglans hindsii*. *Journal of Heredity* 76 (2): 103-106.
- ARULSEKAR S., PARFITT D.E., MCGRANAHAN G. 1986 - *Inheritance of phosphoglucumutase and esterase isozymes in Persian walnut*. *Journal of Heredity* 77 (3): 220-221.
- BARRETT S.C.H. 2002 - *The evolution of plant sexual diversity*. *Nature Reviews Genetics* 3 (4): 274-284. www.nature.com/Reviews/genetics DOI:10.1038/nrg776.
- CAMUSSI A., MÖLLER F., OTTAVIANO E., SARI SGORLA M. 1986 - *Metodi Statistici per la Sperimentazione Biologica*. Zanichelli Ed., Bologna: 500 p.
- CAVALLI-SFORZA L., MENOZZI P., PIAZZA A. 1994 - *Storia e geografia dei geni umani*. Adelphi edizioni: 791 p.
- COLLETTI L. 2001 - *Risultati dell'applicazione del Regolamento CEE 2880/92 in Italia*. Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi 70: 23-31.
- DUCCI F. 1995 - *Common measurements and observation form for data collection in experimental trials*. Proceeding: Workshop of Groups C and D of the E.U./AIR Walnut Project, 27-30 March 1995, Thessaloniki (Greece): 56-63.
- DUCCI F. 2003 - *La produzione vivaistica*. In: *L'arboricoltura da legno: un'attività produttiva al servizio dell'ambiente*. G. Minotta Ed., Av. Media, Bologna: 190-197.
- EL KASSABY Y.A. 1991 - *Genetic variation within and among conifer population: review and evaluation of methods*. In: *Biochemical markers in the population genetics of forest trees*. FINESCHI S., MALVOLTI M.E., CANNATA F., HATTEMER H.H. Eds., SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands: 61-65.
- FADY B., DUCCI F., ALETÀ N., BECQUEY J., DIAZ VASQUEZ R., FERNANDEZ LOPEZ F., JAY-ALLEMAND C., LEFÈVRE F., NINOT A., PANETOS K., PARIS P., PISANELLI A., RUMPF H. 2003 - *Walnut demonstrates strong genetic variability for adaptive and wood quality traits in a 415 network of juvenile field tests across Europe*. *New Forests* 25 (3): 211-225.
- FORNARI B., CANNATA F., SPADA M., MALVOLTI M.E. 1999 - *Allozyme analysis of genetic diversity and differentiation in European and Asiatic walnut (Juglans regia L.) populations*. *Forest Genetics* 6 (2): 115-127.
- GOUDET J. 2001 - *FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.3)*. Available From [Http://Www.Unil.Chlizea/Softwares/Fstat.Html](http://Www.Unil.Chlizea/Softwares/Fstat.Html).
- HANSCH P.E., BERES V., FORDE H.I. 1972 - *Estimates of Quantitative Genetic Properties of Walnut and their Implications for Cultivar Improvement*. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 97 (2): 279-285.
- LANDE R., KIRKPATRICK M. 1990 - *Selection response in traits with maternal inheritance*. *Genetical Research* 55 (3): 189 - 197.
- MALVOLTI M.E., FINESCHI S., MORGANTE M., VENDRAMIN G.G. 1995 - *Mating system of a naturalized Juglans regia L. population in Italy*. In: Baradat Ph., Adams W.T. and Müller-Starck G. (Eds.), *Population genetics and genetic conservation of forest trees*. SPB Academic Publishing, Amsterdam, The Netherlands: 305-308.
- MALVOLTI M.E., BERITOGNOLO I., SPADA M., CANNATA F. 1997 - *Ricerche sulle risorse genetiche e sulla biologia riproduttiva di Juglans regia L. in Italia mediante marcatori molecolari*. *Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura XXV – XXVI* (1994-1995), Arezzo: 9-34.
- MICHLER C.H., WOESTE K.E., PIJUT P.M. 2007 - *6 Black Walnut*. In: *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants*, vol. 7, *Forest trees* (C. Kole Ed.). Springer - Verlag, Berlin Heidelberg: 189-198.
- NEI M. 1978 - *Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals*. *Genetics* 89: 583-590.
- RAYMOND M., ROUSSET F. 1995 - *An exact test for population differentiation*. *Evolution*, 49 (6): 1280-1283.
- RODRIGUEZ R., REVILLA A., ALBUERNE M., PEREZ C. 1989 - *Walnut (Juglans spp.)*. In: Bajaj YPS (Ed.), *Biotechnology in Agriculture and Forestry*, vol. 5. Trees II. Springer-Verlag, Berlin: 99-126.
- ROHLF F.J. 1994 - *NTSYS, Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, vers. 1.80*. Exter Software – Applied Biostatistic Inc., N. Y.
- SNEATH P.H.A., SOKAL R.R. 1973 - *Numerical taxonomy*. Freeman, S. Francisco: 573 p.
- THIEDE D.A. 1998 - *Maternal inheritance and its effect on adaptive evolution: a quantitative genetic analysis of maternal effects in a natural plant population*. *Evolution* 52 (4): 998-1015. Ed Society for the Study of Evolution. <http://www.jstor.org/stable/2411232>.
- WEIR B.S., COCKERHAM C.C. 1984 - *Estimating F-statistics for the analysis of population structure*. *Evolution* 38 (6): 1358-1370.
- WRIGHT S. 1978 - *Evolution and genetics of population. Vol. 4: Variability within and among natural populations*. University of Chicago Press, Chicago: 589 p.
- ZOBEL B.J., TALBERT J.T. 1984 - *Applied Forest Tree Improvement*. Chap. 4. John Wiley & Sons, N.Y.: 118-141.



Alpe di Catenaiia, 1991.

Questo contributo è dedicato a Germano Gambi, collega e Maestro con il quale abbiamo condiviso molti anni di lavoro. Di Gambi ricercatore vogliamo ricordare l'esperienza, il rigore, la capacità critica di affrontare le questioni scientifiche, l'intuizione dei problemi, sempre analizzati in modo contestuale. Gambi possedeva una facoltà di osservazione spiccata e insieme una naturale curiosità. Questa attitudine si traduceva in punti di vista originali e anticipatori, nella formulazione di idee chiare e solo apparentemente semplici, mai banali, poi regolarmente tradotte in ipotesi di lavoro. La sua sperimentaltà era attenta alle applicazioni e il modo di scrivere concreto e insieme elegante. La sua convinta volontà di coniugare ricerca e divulgazione scientifica ne hanno fatto un docente coinvolgente e molto seguito.

Ma ci piace ricordare anche il lato umano di Gambi, la sua discrezione, il suo essere sempre amichevole e pronto alla battuta, la quotidianità con un amico e un collega solo un po' più anziano e poi, nella prospettiva, con un Maestro. Questo contributo vuole rendergli un affettuoso omaggio e sottolineare la coerenza e la visione moderna della sua azione di ricercatore e docente.

Emilio Amorini e Gianfranco Fabbio

Dinamica del ceduo oltre turno e avviamento ad alto fusto dei cedui di faggio. Risultati del protocollo "Germano Gambi" sull'Alpe di Catenaiia (Arezzo)

Emilio Amorini¹, Gianfranco Fabbio^{1*}, Giada Bertini²

Accettato il 29 novembre 2010

Riassunto – Si riportano i risultati di una prova sperimentale comparativa tra sviluppo oltre turno e avviamento ad alto fusto di un ceduo di faggio di buona fertilità ceduo nel 1945. La prova, iniziata nel 1972, età del bosco 27 anni, rappresenta le opzioni complementari/alternative di gestione del bosco ceduo negli anni in cui la forma di governo iniziava ad essere meno applicata nella fascia di vegetazione montana, la prima divenuta marginale al mercato. Il protocollo si articola nel confronto tra tesi di controllo e tre tesi di avviamento attuate con un unico criterio culturale e intensità di rilascio differenziate secondo la consistenza in massa esistente in ciascuna area. Il lavoro comprende l'analisi auxologica e strutturale delle popolazioni attraverso quattro inventari a intervalli di dieci anni dal 1972 al 2002. Durante tale periodo sono stati realizzati tre diradamenti nelle tesi di avviamento. I risultati verificano l'esistenza dei presupposti biologici per intraprendere con successo entrambe le opzioni culturali. L'evoluzione naturale pone in evidenza il comportamento auto-ecologico della specie a età maggiori di quelle osservabili nella forma di governo originale. Il faggio, molto tollerante dell'ombra, sviluppa tra 30 e 40 anni un accrescimento sostenuto, successivamente una forte mortalità fino ai 50 anni, per realizzare infine nell'ultimo intervallo una notevole ripresa incrementale che richiama in alto l'andamento dell'incremento corrente di volume, allontana la convergenza verso il valore dell'incremento medio e posticipa molto oltre l'età di 60 anni le culminazioni relative. L'andamento osservato nella tesi di controllo devia dalla regola auxonomica e sembra fondato sulla auto-ecologia specifica che allunga i tempi di reazione ai *feedback* opposti di mortalità e accrescimento ed evidenzia una probabile tipicità dei cedui oltre turno. Lo stesso fenomeno non era stato in precedenza verificato nelle medesime tipologie per specie eliofile (querce decidue), che risolvono molto più rapidamente il ciclo mortalità-ripresa-successiva culminazione incrementale. Le tesi di avviamento provvedono i criteri culturali (tipo, intensità e intervallo di ripetizione dei diradamenti) e definiscono un metodo applicabile per gli intervalli brevi di raccolta e le masse intercalari consistenti, quindi remunerative, non solo in ambito pubblico. Si sottolinea come il trattamento consenta di modellare precocemente la struttura del bosco e lo sviluppo dei dendrotipi originali verso soggetti più equilibrati per affrontare le fasi adulta e di maturità fino alla rinnovazione del bosco, conclusione del ciclo transitorio al bosco da seme.

Parole chiave: *faggio, cedui oltre turno, conversione alto fusto, auxologia, selvicoltura dell'avviamento, produttività.*

¹ CRA-SEL Centro di Ricerca per la Selvicoltura, Arezzo.

² assegnista di ricerca presso il CRA-SEL e dottoranda di ricerca in "Ecologia forestale" presso il DiSAFRi, Università della Tuscia

* Autore corrispondente gianfranco.fabbio@entecra.it

Abstract – Stand dynamics of a beech coppice beyond the rotation age and under conversion into high forest. One of major issues dealing with forest management in Italy is the lack or the suspension of silvicultural practices over an increased share of the forest area, in progress since a few decades ago. The abandonment of rural areas, the emerging environmental functions being nowadays addressed to natural resources, include also many forests and management systems formerly devoted mainly to wood production. This occurrence has its major evidence on coppice forests, i.e. about a half of the country forest area and the forest type historically submitted to the more intensive management practices. The results of an experimental trial started in 1972 in a beech coppice aged 27, i.e. a few years after the age of traditional rotation, comparing the natural evolutive pattern as well as the silvicultural practices aimed at its conversion into high forest, are here reported. The trial included the control thesis and three different thinning intensities. Each thesis was arranged within the same thinning type, taking into account the volume of former standing crop in each plot. The analysis includes the growth pattern and the dynamics of stand structure in the populations under natural evolution and under conversion into high forest. Four inventories were carried out since 1972 at each decade up to 2002. Three thinnings were undertaken within the same time. Results show that both the tested management options, alternative and/or complementary to the traditional coppice system, are based on reliable biological assumptions. The natural evolutive pattern highlights the growth trend at ages older than those monitored under the coppice system. Beech shows a peculiar behaviour in the range observed due to its specific shade-tolerance. The shoot population reveals a sustained growth between the ages of 30 to 40; then, the occurrence of a heavy, regular mortality up to 50; finally, the recovery of a high growth rate up to the age of 60 (ending of the monitored period at now). Such growth pattern moves up the current volume increment, delays its intersection to mean increment and postpones substantially the age of growth rates culmination. The observed trend deviates from the canonical stand growth pattern and seems to be grounded on beech auto-ecology. This extends the time of reaction between the opposite feedbacks of mortality and growth and allows monitoring a likely different behaviour ruling ageing coppice growth. The same occurrence had not been highlighted before studying light-demanding species (deciduous oaks in the case) under the same stand types, these species being able to settle much more rapidly the cycle mortality-growth recovery-incremental culmination. The thesis of conversion into high forest provides the technical cultivation rules (type, intensity and interval of thinning repetition) and suggests it as enforceable also in the private domain due to the shortly-repeated harvestings and intermediate volumes that make each intervention profitable. The basic outcomes of the applied silvicultural practices are (i) the early crown shaping of shoot dendrotypes; (ii) the modeling of clustered stand structure; (iii) the individual development of well-balanced trees, more suited to tackle the grown-up and mature stages till the time of regeneration from seed, ending of the transitory cycle.

Key words: *common beech, post-cultivation coppice, conversion into high forest, growth pattern, silvicultural practice, productivity.*

FD.C. 226: 176. 1: Fagus sylvatica

Premessa

L'inquadramento di questo lavoro passa attraverso alcune definizioni di monitoraggio quali: "raccolta di informazioni nel tempo, generalmente su base campionaria, attraverso la misura del cambiamento di un indicatore o una variabile, per determinare gli effetti dei trattamenti applicati e la gestione delle risorse nel lungo periodo" (HELMs 1998); "raccolta e analisi di osservazioni ripetute o misure per valutare i cambiamenti di stato e il loro procedere verso l'acquisizione di un obiettivo di gestione" (ELZINGA *et al.* 2001). Le definizioni richiamano il ruolo del monitoraggio come elemento funzionale nell'ambito della gestione delle risorse naturali e dichiarano che "esso viene intrapreso soltanto se esistono opportunità per realizzare un cambiamento della stessa". In questa accezione il monitoraggio è strettamente collegato alla gestione e concettualmente distinto da altre attività quali quelle inventariali, di controllo, di misura del cambiamento, di studio dello stato iniziale e di lungo termine (da FERRETTI 2001).

In questo senso si configura il lavoro impostato da GAMBÌ nei primi anni '70 con la realizzazione di un protocollo comparativo dell'evoluzione dendro-strutturale del ceduo di faggio oltre turno e, in parallelo, del suo avviamento ad alto fusto. L'impostazione, volta a

verificare la percorribilità di una soluzione reattiva - "invecchiamento" del ceduo e sua evoluzione per via naturale - e di una proattiva - avviamento attraverso un trattamento *ad hoc* individuato -, precede nei fatti l'utilizzo del monitoraggio come strumento di "gestione adattativa". Entrambe le soluzioni sono fondate sulla valorizzazione del soprassuolo esistente.

La natura di neo-formazione dei soprassuoli oltre turno per mancanza di modelli di riferimento, l'osservazione in tempo reale dello sviluppo dendro-strutturale, qualificavano entrambe le opzioni - *post-coltura* e *avviamento* - come tesi parimenti sperimentali. Obiettivo iniziale del lavoro fu quello di verificare la vulnerabilità del sistema non più gestito; di identificare quindi durata, intensità e risultati della apparente crisi strutturale (mortalità elevata) e individuare la popolazione a questa associata: il complesso del soprassuolo o la componente naturalmente recessiva? (AMORINI e FABBIO 2009). Su questa verifica si fondavano sia la gestione conservativa per evoluzione naturale, che l'opzione dell'avviamento.

Nei quaranta anni trascorsi dall'inizio di questa attività di ricerca - agli stessi anni risale la realizzazione di altri protocolli su soprassuoli oltre turno a prevalenza di cerro dello stesso GAMBÌ e di GUIDI (1976) - il cambiamento nella gestione si è consolidato. Già nel

1985 il 73% dei cedui di faggio avevano età superiori ai 20 anni, quindi prossime alla maturità del soprassuolo secondo i turni allora praticati per la specie (AMORINI e FABBIO 1994 su dati IFN); venti anni più tardi (INFC 2005) il 53.5% dei cedui di faggio si colloca nello stadio adulto e il 38.3% in quello invecchiato. La somma quindi della fase adulta (soprassuoli ancora suscettibili di utilizzazione) e di quella di *post*-coltura rappresenta il 91.8% della superficie complessiva.

La formalizzazione del cambiamento nella gestione dei boschi di origine cedua ha visto l'incremento molto più rapido dell'area in abbandono colturale rispetto a quello delle superfici in avviamento; la non-gestione prevalere ampiamente sulla gestione attiva. I dati inventariali sono chiari in proposito: soltanto 71100 ha di fustaie transitorie (IFN 1985) che raddoppiano a 151000 ha in venti anni (INFC 2005). Nella lettura del dato attuale va precisato che il protocollo inventariale IFNC registra soltanto i soprassuoli che presentano al rilievo tracce evidenti di diradamento delle ceppaie e non tiene quindi conto di quelli in fase di conversione più avanzata con fisionomie già simili a quelle di giovani fustaie da seme. Sempre secondo i dati INFC il faggio compone 78278 ha di fustaia transitoria; le regioni più rappresentate sono l'Abruzzo (18822 ha), il Friuli (11891 ha), la Toscana (11201 ha), l'Emilia Romagna (11034 ha).

La diffusione dell'avviamento è compresa quasi interamente nelle superfici demaniali, che sono minoritarie nell'area governata a ceduo. La struttura frammentata della proprietà privata prevalente, associata alla piccola proprietà forestale o all'azienda agraria, insieme al determinante economico della progressiva marginalità di molti boschi, hanno prodotto lo slittamento del ceduo "... dalla condizione di un bene aziendale ordinato a produzione annua, a quella più precaria di una scorta patrimoniale da cui il proprietario attinge in modo incostante per profittare di una condizione o per sopperire ad una sua necessità di denaro" (BERNETTI 1987). "La frammentazione dell'offerta, la staticità della struttura fondiaria, la scarsa differenziabilità dei prodotti legnosi dei cedui, la natura di bene pubblico di molti nuovi prodotti e servizi forniti dai cedui, la ridotta convenienza delle modalità alternative di gestione, sono i cinque fattori di inerzia nelle forme di gestione individuati come ragioni principali del processo incompiuto di trasformazione dei sistemi produttivi successivamente agli anni '50" (PETTENELLA 2002).

In questa situazione, dinamica ma consolidata, rimane estremamente attuale l'impostazione delle due tesi di opzione rispetto alla gestione originale. Esse consentono di acquisire elementi di conoscenza sullo sviluppo per via naturale e provvedono strumenti di coltivazione alternativi per cedui adulti o in fase di invecchiamento. Il loro monitoraggio nel tempo verifica criticamente i risultati e suggerisce criteri e metodi di applicazione alla gestione reale. La realizzazione precoce dei protocolli sperimentali fa sì che le età rappresentate coincidano con quelle massime dei soprassuoli non più utilizzati e permette quindi di esplorare il limite superiore dell'area di sospensione colturale.

La sperimentazione ha prima validato l'ipotesi auxometrica di BERNETTI (1980) e poi le teorie di riequilibrio della massa radicale a quella epigea di CLAUSER (1981) e di affrancamento radicale (AMORINI *et al.* 1990). Lo sviluppo positivo oltre le età della tradizionale "maturità" economica si è dimostrato essere il risultato di una competizione fortemente asimmetrica tra la componente principale e quella dominata, secondo il modello descritto dall'auxonomia sociale (AMORINI e FABBIO 1986, 1988, 1989, 1990). Questo ha evidenziato la ripetizione, sincronica tra le classi, di cicli di competizione sub-decadali che selezionano progressivamente soggetti dominanti capaci di trainare lo sviluppo di complesso del soprassuolo e di riassorbire la forte mortalità osservata. Contributi successivi hanno definito la sostenibilità dell'evoluzione naturale e formalizzato i criteri per intraprendere l'avviamento (AMORINI e FABBIO 1991, AMORINI 1994; FABBIO 1994; AMORINI *et al.* 1996, 1997, 1998a, 1998b; AMORINI e FABBIO 1999). I protocolli originali e gli altri successivamente realizzati si sono sviluppati in modo flessibile, con un disegno di monitoraggio di tipo adattativo (RINGOLD *et al.* 1996), funzione delle conoscenze progressivamente acquisite dalla comparazione tra le tesi di dinamica naturale e di avviamento. I descrittori di base sono stati implementati con la determinazione dei parametri bio-ecologici della copertura arborea e di indici sintetici di produttività e funzionalità (CUTINI 1994a,b; CUTINI 1997; CUTINI e BENVENUTI 1998; FABBIO *et al.* 1998). L'elaborazione di relazioni allometriche per la stima dei volumi e delle componenti la biomassa arborea per le diverse specie e dendrotipi di neoformazione (AMORINI *et al.* 1995 e 2000; BRANDINI e TABACCHI 1996; FABBIO *et al.* 2002; NOCETTI *et al.* 2007) e la determinazione della capacità di accumulo della

Tab. 1 - La stazione.
Site location.

sito	coordinate geografiche	quota m s.l.m.	esp.	giacitura
Alpe di Catenaiia	43° 40' N 11° 55' E	1000	SO	alto versante pendenza moderata

necromassa legnosa (BERTINI *et al.* 2010; BERTINI *et al.*, *sottoposto*) hanno consentito altre definizioni quantitative dei processi osservati. Le indagini più recenti hanno aggiornato i dati fino alle età attuali di oltre 60 anni (BENVENUTI e CANTIANI 2003; AMORINI *et al.* 2006; MANETTI e GUGLIOTTA 2006; CUTINI e HAJNY 2006; FABBIO e AMORINI 2006; MANETTI *et al.* 2009; CUTINI *et al.*, questo volume). Studi di tipo eco-fisiologico (DI MATTEO *et al.* 2005 e 2007), sulla allocazione del carbonio e dell'azoto nel sistema (TUNNO *et al.* 2007), sono stati realizzati sugli stessi siti o hanno ampliato la gamma di osservazioni negli ultimi anni (AMORINI e FABBIO 2009).

Obiettivi di questo contributo sono di illustrare il comportamento auto-ecologico del faggio e le dinamiche dendro-strutturali e incrementali delle tesi a confronto nei primi 30 anni trascorsi dall'impianto del protocollo realizzato da GAMBÌ in Alpe di Catenaiia, attraverso quattro inventari a intervalli di 10 anni, dal 1972 al 2002. Contributi precedenti sono quelli su: impostazione del lavoro (AMORINI e GAMBÌ 1977), auxometria (AMORINI e FABBIO 1986), apparati radicali (AMORINI *et al.* 1990), relazioni allometriche (AMORINI *et al.* 1995), lavori attuali quelli su: LAI e lettiera (CUTINI *et al.*, questo volume), biomassa e necromassa legnosa (BERTINI *et al.*, *sottoposto*).

Materiali

L'ambiente e il sito di studio

Il protocollo è ubicato nel complesso forestale Alpe di Catenaiia (Arezzo) in località Buca Zamponi, nel territorio attualmente gestito dalla Comunità Montana del Casentino. L'Alpe di Catenaiia è uno dei rilievi antistanti la catena appenninica e ripete la serie vegetazionale dell'asse orografico principale. Il sito

Tab. 2 - Il clima locale.
Local climate parameters.

sito	coordinate	quota geografiche	esp. m s.l.m.	giacitura	precipit. media annua e estiva (mm)			temp. media annua e mese + caldo (°C)	
					1924-66	1992-99	2003-09	1966-75	2000-09
La Verna	43° 43' N 11° 55' E	1128	SO	alto versante	1243 <i>176</i>	1175 <i>202</i>	1164 <i>142</i>	9.2 <i>18.7</i>	9.3 <i>20.1</i>

(Tabella 1) è montano (1000 m s.l.m.), la giacitura di medio-alto versante, la pendenza moderata, l'esposizione SO. Il suolo è costituito da una terra bruna non pienamente evoluta su scisti argillosi alternati a marne e arenarie fini. La fertilità del suolo, già buona, ha beneficiato della copertura forestale continua negli ultimi 60 anni e dell'apporto ininterrotto di sostanza organica. Gli orizzonti superiori non sono stati disturbati da periodiche scoperture per utilizzazioni. Il clima (Tabella 2) è umido, mesotermico, con deficit idrico estivo ridotto. Le serie climatiche relative alla stazione più prossima (La Verna), distante solo 6 km e simile per quota e esposizione, mostrano nelle ultime due decadi alcune differenze nei valori medi di piovosità e temperatura, rispetto ai dati precedenti riportati da AMORINI e GAMBÌ (*op. cit.*).

Il soprassuolo

Il soprassuolo, ceduoato l'ultima volta nel 1945-46, all'età di installazione del protocollo (27 anni-1972), si presentava come un ceduo coetaneo di buona fertilità, a densità pressoché colma con poche, grosse matricine (10 ad ettaro). La tipologia prevalente era rappresentata da ceppaie piccole portanti da 1 a 7 polloni; presenti anche alcune ceppaie grosse (fino a 34 polloni); le aree di insidenza relative variavano da 3 a 46 m². Ancora ben riconoscibili le aree carbonili che testimoniano la trasformazione *in situ* della legna utilizzata. La copertura piena limitava la presenza di uno strato arbustivo, peraltro di scarso sviluppo e formato da *Rubus fruticosus* L. e *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, alle poche chiarie e aree carbonili. Lo strato erbaceo era caratterizzato da *Anemone apennina* L. e *Cardamine bulbifera* (L.) Crantz, specie tipiche della faggeta appenninica. L'età del bosco oltrepassava di alcuni anni le età medie di ceduazione allora praticate.

Metodi

Il protocollo sperimentale

Il disegno originale comprendeva il confronto tra tesi di controllo (evoluzione naturale) e tre tesi

di avviamento, differenziate per densità di rilascio iniziale e periodicità dei successivi diradamenti. Ciascuna area permanente era separata da una fascia di rispetto sottoposta al medesimo trattamento o non trattata (controllo). La differenza massima di altezza dominante tra le tesi era pari a 2.2 m; quella tra le tesi di avviamento di 1.7 m.

Il disegno, ripetuto in altri protocolli del medesimo periodo, prevedeva aree di dimensioni relativamente grandi (5000 m²) atte a contenere popolazioni di ceppaie numericamente elevate, sufficienti quindi a supportare monitoraggi di lungo periodo e serie di diradamenti fino alla fase di rinnovazione. Non furono realizzate replicazioni, sia per la difficoltà oggettiva di individuare in ambiente montano aree idonee a contenere blocchi di ampie dimensioni e ciascuno omogeneo (PRODAN 1968), sia anche per i costi di ripetizione dei periodici inventari.

Il criterio di diradamento, formulato da GAMBÌ secondo il metodo del "taglio di avviamento", rientra tra le tecniche di conversione indirette per via naturale (AMORINI e FABBIO 1988) e si realizza a età superiori (da 1/4 a 1/2) al turno minimo previsto, fase di sviluppo in cui la selezione sulle ceppaie ha già prodotto una gerarchia sociale evidente tra i polloni. L'intervento consiste nel diradamento di tipo basso o misto delle ceppaie per selezionare i migliori soggetti (allievi) e costituire una struttura monoplana a densità sufficientemente elevata da contenere i ricacci e, secondo la specie, l'emissione di rami epicormici. Le densità di rilascio testate (1800, 2200, 2600 polloni per ettaro) derivano dall'analisi comparativa dei primi avviamenti di cedui di faggio eseguiti in diverse foreste demaniali e dalle indicazioni delle tavole alsometriche per età e fertilità simili (GAMBÌ 1968; AMORINI e GAMBÌ *op. cit.*). Un successivo diradamento, eseguito entro 10-15 anni, completa il modellamento della struttura originale aggregata in una fisionomia più simile a quella di giovane fustaia, dove ancora sono rilasciate coppie di polloni dominanti alternate a fusti singoli e la distribuzione prevalente è di tipo casuale. Nella formulazione di GAMBÌ i due interventi si integrano e concludono la prima fase di avviamento del ceduo.

Il periodo monitorato comprende anche il successivo diradamento dopo 15-20 anni. L'ultimo intervento ha eliminato i polloni recessivi dal piano principale, liberato i migliori soggetti dalla concorrenza dei vicini per favorire lo sviluppo laterale delle chiome e distribuire lo spazio di crescita secondo le potenzialità in-

dividuali. Alcune coppie di polloni sono state ridotte a un individuo, altre mantenute dove formate da soggetti di pari sviluppo e conformazione. La gestione colturale successiva non differirà, nelle linee essenziali e fino ai tagli di rinnovazione, da quella di un popolamento nato da seme.

I rilievi periodici su ciascuna tesi, con intervallo decennale, sono stati di tipo demografico (consistenza delle popolazioni di polloni e ceppaie) a partire dalla soglia diametrica di 3 cm, assunta come coincidente con il limite diametrico minimo dei polloni dominati vivi. Valori calcolati dalla densità unitaria e dalla misura diametrica sono l'area basimetrica (G), il diametro medio e dominante. La mortalità di polloni e ceppaie e gli incrementi periodici e annuali medi dei parametri dendrometrici sono calcolati per differenza tra inventari successivi. La costruzione della relazione ipso-diametrica è stata realizzata per campionamento in tutti gli strati della popolazione e per inventario.

Per caratterizzare la struttura del ceduo in evoluzione naturale (area 1- controllo), le ceppaie sono state classificate in dominanti (portanti almeno un pollone dominante) e "altre" agli inventari a 47 (1992) e 57 anni (2002). A questo ultimo inventario, le ceppaie sono state ancora ordinate, in base allo stato vive/morte e alla massa aerea portata, secondo lo schema:

- ceppaie vive senza polloni morti
- ceppaie vive con uno o più polloni morti in piedi
- ceppaie morte con polloni morti in piedi
- ceppaie morte senza massa aerea

Allo stesso censimento (57 anni, 2002) sono stati misurati i polloni morti in piedi distinti in:

- polloni morti portati da ceppaie vive
- polloni morti portati da ceppaie morte

Nella tesi di controllo, popolazione a densità colma in condizioni di sviluppo naturali, è stata calcolata la variazione di densità in funzione del diametro medio secondo il modello (1) in cui il coefficiente allometrico b , che descrive la relazione tra la densità N e la dimensione diametrica media d_g , spiega la tolleranza specie-specifica (ZEIDE 1985) e l'efficacia di utilizzo dello spazio disponibile (PRETZSCH e BIBER 2005).

$$N = a \cdot d_g^b \quad (1)$$

Nella stessa tesi è stato calcolato, per tutti gli intervalli inventariali, l'indice r (ZEIDE 2005) (2), rapporto

tra il decremento del numero di alberi per mortalità naturale rispetto alla numerosità iniziale ($\Delta n/N$) e l'incremento del diametro di area basimetrica media nello stesso periodo ($\Delta d_g/d_g$). L'indice misura, in boschi puri e analogamente al coefficiente allometrico b , la variazione intervallare dell'auto-tolleranza o capacità competitiva intra-specifica.

$$r = (\Delta n / N) / (\Delta d_g / d_g) \tag{2}$$

Minore è il numero di alberi morti a parità di incremento diametrico, minore è il rapporto e più tollerante è il comportamento della specie. L'andamento di questo rapporto varia per la stessa specie secondo età, origine e struttura del bosco.

È stato quindi calcolato, per le età successive alla prima censita, l'indice *SDI* (REINEKE 1933) che normalizza la densità reale rispetto a una popolazione di diametro medio pari a 25 cm, secondo l'espressione (3) sostituendo il valore dell'esponente b , costante e uguale a -1.605 nella formulazione originale, con l'indice r di Zeide che ha il medesimo significato ma è calcolato sui dati reali.

$$SDI = N \cdot (25/d_g)^b \tag{3}$$

Le masse legnose e gli incrementi relativi sono stati stimati con le regressioni elaborate specificatamente per questo protocollo (AMORINI *et al.* 1995). I modelli comprendono (i) volume del fusto, (ii) peso fresco e (iii) peso secco del fusto e dei rami grossi (> 3 cm), (iv) peso secco dei rami sottili e (v) peso secco epigeo totale. Nelle Tabelle 3 e 4, i valori sono riportati in volume per consentirne la comparazione con quelli in letteratura comunemente espressi in questa unità di misura. Nella comparazione tra biomassa viva e necromasse in piedi e a terra nella tesi di controllo (Tabella 7), i valori sono invece espressi in peso secco.

Le masse e gli incrementi relativi alla tesi di

controllo rappresentano la massa corrente o massa “principale naturale”, corrispondente alla massa totale meno la mortalità naturale (HELLRIGL 1987). Il valore di incremento corrente è il “periodale medio” dell'intervallo tra inventari successivi. Nelle tesi di avviamento sono calcolate le masse correnti, intercalari e totali. L'incremento medio è riferito alla massa totale, l'incremento corrente alla massa corrente, coincidente con quello di massa totale per lo sviluppo parallelo dei relativi andamenti.

Sui valori di incremento corrente della tesi di controllo è stato determinato il saggio di produzione relativo *RPR* (BRAND e MAGNUSSEN 1988; FABBIO 1994) (4) che misura la variazione incrementale positiva o negativa in intervalli successivi.

$$RPR = (Ic_t - Ic_{t-1}) / Ic_{t-1} \tag{4}$$

Per la stessa tesi è stata calcolata la densità (m^3ha^{-1}) di massa naturale principale *dB* (5) rispetto allo spazio di crescita relativo, determinato superiormente dal valore di altezza media alle diverse età. L'indice consente di calcolare la variazione nel tempo della densità di massa rispetto al volume teorico di riferimento ($V_t=10000\ m^2\cdot h_m$) e si configura come una misura di capacità portante relativa.

$$dB = massa\ unitaria / V_t \cdot 10^2 \tag{5}$$

Altri parametri bio-ecologici della copertura arborea e indici sintetici di produttività e funzionalità per le differenti opzioni colturali sono riportati da CUTINI *et al.* (*questo volume*).

Risultati

Caratterizzazione delle tesi

I parametri dendrometrici (Tabelle 3 e 4) descrivono l'intervallo da 27 a 57 anni, età quasi tripla degli

Tab. 3 - Tesi di controllo: statistiche dendrometriche ai quattro inventari.
Control plot: mensurational parameters at the ages of inventory.

Tesi	Inv. anno	Età	Ceppaie n ha ⁻¹	Polloni n ha ⁻¹	G m ² ha ⁻¹	dg cm	d dom cm	h dom m	M.corr. m ³ ha ⁻¹	Im M.corr. m ³ a ⁻¹	Ic M.corr. m ³ a ⁻¹
AREA 1 (Controllo)	1972	27	1160	7518	27.40	6.8	18.6	11.2	164.3	6.1	8.2
	1982	37	936	6846	38.20	8.4	23.0	15.7	245.3	6.6	8.8
	1992	47	824	3920	40.90	11.5	29.0	20.1	333.0	7.1	10.8
	2002	57	744	2580	45.30	15.0	33.0	25.1	440.7	7.7	

Tab. 7 - Tesi di avviamento: statistiche dendrometriche ai quattro inventari.
Thinned plots: mensurational parameters at the ages of inventory.

Tesi	Inv. anno	Età	Polloni n ha ⁻¹	G m ³ ha ⁻¹	dg cm	d dom cm	h dom m	M.corr. m ³ ha ⁻¹	M.interc. m ³ ha ⁻¹	M.tot. m ³ ha ⁻¹	Im Mtot m ³ a ⁻¹	Ic Mcorr. m ³ a ⁻¹
AREA 2	1972	27	2222	17.30	9.6	15.9	10.7	121.9	61.6	183.5	6.8	9.1
	1982	37	2182	29.40	12.8	22.1	15.7	213.2		274.8	7.4	11.6
	1987 pd	42	2104	34.90	14.1	24.9	17.6	271.2		332.8	7.9	
	1987 ed	42	1398	15.50	11.1				114.0			
	1987 dd	42	706	19.70	18.8	24.8	17.6	158.2	175.6	333.8		13.2
	2002 pd	57	706	33.50	27.7	33.6	24.2	355.4		531.1	9.3	
	2002 ed	57	292	9.69	20.6				99.7			
	2002 dd	57	414	23.83	30.5	33.5	24.2	255.8	275.3	531.1		
AREA 3	1972	27	2600	14.90	8.5	13.4	9.0	93.7	71.7	165.4	6.1	11.0
	1982 pd	37	2572	28.30	11.8	20.2	15.9	203.5		275.2	7.4	
	1982 ed	37	1508	10.60	9.5				71.5			
	1982 dd	37	1064	17.70	14.3	19.8	15.9	132.0	143.2	275.2		12.2
	1992	47	1050	28.50	18.6	26.1	19.8	253.6		396.8	8.4	13.0
	2002 pd	57	1030	36.88	21.4	31.1	23.8	383.4		526.7	9.2	
	2002 ed	57	488	11.17	17.1				118.5			
	2002 dd	57	542	25.71	24.6	31.1	23.8	265.0	261.7	526.7		
AREA 4	1972	27	1836	15.20	10.3	15.3	9.8	109.9	86.2	196.1	7.3	9.8
	1982 pd	37	1786	28.40	14.2	22.9	15.7	207.4		293.6	7.9	
	1982 ed	37	1148	10.99	11.0				77.7			
	1982 dd	37	640	17.50	18.7	22.6	15.7	129.7	163.9	293.6		12.8
	1992	47	640	28.40	23.8	33.8	20.8	257.3		421.2	9.0	14.3
	2002 pd	57	636	36.77	30.6	38.6	25.0	400.0		563.9	9.9	
	2002 ed	57	278	10.50	24.8				118.3			
	2002 dd	57	358	26.27	34.5	37.9	24.9	281.7	282.2	563.9		

pd = prima del diradamento; ed = entità del diradamento; dd = dopo il diradamento

Tab. 5 - Tesi di controllo: parametri relativi alle tipologie di ceppaia individuate agli inventari 1992 e 2002.
Control plot: parameters per stool type at the inventories 1992 and 2002.

Area di controllo	1992				2002				1992-2002 ΔG
	G ha ⁻¹	N ha ⁻¹	% G	% N	G ha ⁻¹	N ha ⁻¹	% G	% N	
ceppaie dominanti	30.7	388	75	47	36.7	394	81	53	6
altre	10.2	436	25	53	8.6	350	19	47	-1.6
totale	40.9	824			45.3	744			4.4

ultimi turni applicati. Sono riportati la consistenza delle popolazioni (polloni e ceppaie vive), i valori di area basimetrica, diametro medio e dominante, altezza dominante, massa corrente e incrementi per le quattro età di inventario.

Nelle tesi di avviamento si aggiungono la parametrizzazione delle situazioni *ante* e *post* diradamento e i valori relativi a ciascun intervento. La descrizione dendrometrica iniziale nelle tesi di avviamento (27 anni) è quella *post*-taglio con indicazione delle masse

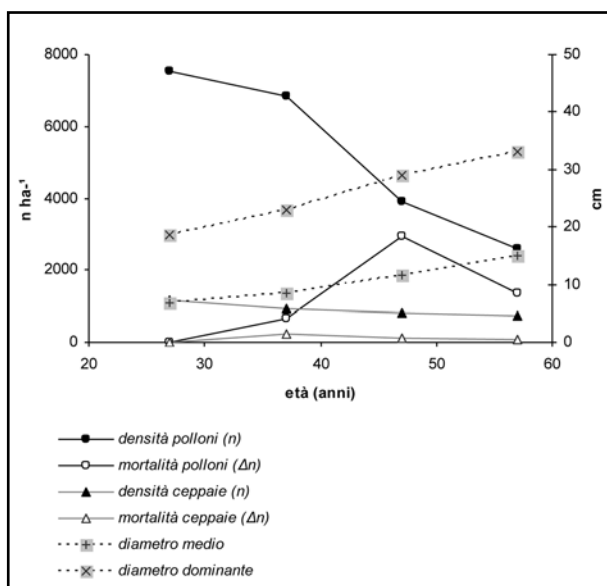


Fig. 1 - Tesi di controllo: variazione della densità di polloni e ceppaie, andamento delle mortalità relative e dei valori di diametro medio e dominante della popolazione in funzione dell'età.

Control plot: shoot and stool density, mortality rates and mean and top dbh vs. stand age.

diradate, misurate subito dopo il taglio per ciascuna tesi. Valori indicativi *ante* avviamento, data l'uniformità strutturale, sono quelli dell'area di controllo. Sono riportati i valori di massa corrente, intercalare e totale per ciascun inventario e gli incrementi relativi.

La tesi di controllo

Densità e mortalità

I descrittori dendrometrici mostrano la dinamica numerica di *post-coltura* (Tabella 3). La densità dei polloni (Figura 1) diminuisce lentamente fino a prima dei 40 anni (-672 unità); si accentua molto (-2926) nei 10 anni successivi e rallenta nuovamente fino all'attualità (-1340). La mortalità culmina tra 40 e 50 anni con valori 4.4 volte superiori a quelli dell'intervallo precedente; scende a meno della metà tra 50 e 60 anni. La densità delle ceppaie decresce in modo più progressivo (-224; -112; -80 unità); la loro mortalità culmina prima dei 40 anni, anticipatamente rispetto a quella dei polloni.

Dinamica dei parametri dendrometrici

La differenziazione diametro medio-dominante, descrittore efficace dei tempi di formazione della struttura principale è già evidente a 27 anni, età del primo rilievo. Entrambi i diametri raddoppiano circa il loro valore nei 30 anni osservati. Il rapporto d_m/d_{dom} aumenta con l'età da 0.37 (27 e 37 anni) a 0.40 (47 a.) a

0.45 (57 a.). L'area basimetrica ha un incremento sostenuto e pari a oltre $1 \text{ m}^2\text{anno}^{-1}$ nell'intervallo 27-37 anni; rallenta poi a circa $0.3 \text{ m}^2\text{anno}^{-1}$ in corrispondenza del periodo di elevata mortalità dei polloni e riprende nell'ultimo intervallo ($0.4 \text{ m}^2\text{anno}^{-1}$). Il valore di area basimetrica supera i $45 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ a 57 anni. I valori in Tabella 3 sono riferiti alla popolazione viva misurata alle diverse età; gli incrementi calcolati sono quindi di tipo inventariale perché comprensivi del contributo nullo in termini di accrescimento e negativo in termini di derivata incrementale dei polloni morti in ciascun intervallo. Gli incrementi reali (riferiti alla sola popolazione viva all'inizio e al termine di ciascun periodo) sono quindi sempre superiori in presenza di mortalità, ma calcolabili soltanto se tutti i soggetti della popolazione iniziale sono identificabili nel tempo (es. con la numerazione).

Il confronto tra i valori rappresentati dalle popolazioni "ceppaie dominanti" e "altre" al 1992 e 2002 (Tabella 5) descrive l'aumento percentuale delle prime [47→53% (n) e 75→81% (g)] nei dieci anni, quasi interamente dovuto alla mortalità delle seconde. La differenza di area basimetrica nel periodo indica l'incremento di 6 m^2 dei polloni portati da ceppaie dominanti e il decremento di 1.6 m^2 di quelli delle "altre" ceppaie. Entrambi i valori rappresentano il bilancio [incremento di area b. dei polloni vivi - sottrazione di area b. per mortalità nel periodo], positivo nel primo caso e negativo nel secondo. La sommatoria, pari a $4.4 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$, è quindi ancora un valore inventariale periodale. Il frazionamento della popolazione evidenzia il "peso" della mortalità afferente ai polloni delle ceppaie non dominanti, mentre l'eventuale mortalità rimane compresa nel dato incrementale relativo alle ceppaie dominanti.

Il censimento 2002 dei vivi/morti nella combinazione ceppaia/polloni (Tabella 6) descrive il seguente frazionamento: 30% ceppaie vive senza polloni morti portati (fase più avanzata di selezione con trasloca-

Tab. 6 - Tesi di controllo (2002): numero e rapporti ceppaie (vive-morte)/polloni portati (vivi-morti).

Control plot (2002): number and arrangement of stool/shoot ratios (alive-dead).

Area di controllo	N ha ⁻¹	%
ceppaie vive senza polloni morti	276	30
ceppaie vive con uno o più polloni morti in piedi	468	50
ceppaie morte con polloni morti in piedi	94	10
ceppaie morte senza massa aerea	94	10
polloni morti su ceppaie vive	2402	90.4
polloni morti su ceppaie morte	256	9.6
polloni morti totali	2658	100

Tab. 7 - Tesi di controllo: valori di biomassa viva e di necromassa in piedi e a terra a 57 anni di età.*Control plot: living woody mass and standing and lying deadwood at the age of 57.*

Area di controllo biomassa		necromassa in piedi	a terra	totale
		Mg ha ⁻¹		
57 anni	321.6	19.5	8.2	349.3

zione di tutta la necromassa in piedi → a terra); 50% ceppaie vive portanti ancora uno o più polloni morti (parte della necromassa è ancora in piedi); 20% ceppaie morte equamente divise tra portanti ancora polloni (mortalità più recente) e prive di massa aerea (mortalità più remota). Il numero complessivo di polloni morti in piedi è pari a 2658 e a 6.74 m² ad ettaro. Di questi, il 90.4% (2402) proviene da ceppaie vive, il 9.6% (256) da ceppaie completamente morte.

L'area basimetrica totale in piedi (polloni vivi+morti) è quindi pari a 52.04 m²ha⁻¹.

Il numero dei polloni morti in piedi misurati all'ultimo inventario comprende tutta la mortalità registrata nell'intervallo 47→57 e quasi la metà di quella occorsa nell'intervallo precedente 37→47. La posizione della moda a 4 cm (Figura 2) e il fenomeno quasi integralmente compreso da 3 a 8 cm indicano dendrotipi dominati e sottoposti. Il rapporto tra il numero complessivo dei polloni morti da 27 a 57 anni e quelli vivi all'età di 27 è di 4938/7518 = 0.66, ossia oltre la metà dei polloni inizialmente presenti sono morti nell'intervallo. La misura dei polloni morti in piedi e dell'area basimetrica relativa all'ultimo inventario (n°=2658=6.74 m²ha⁻¹) consentono la stima proporzionale delle aree basimetriche associate alle mortalità numeriche determinate per differenza ai successivi inventari.

- mortalità (n°) 27→ 37 = - 672	G = 1.7 m ²
- " " 37→ 47 = -2926	" = 7.4 m ²
- " " 47→ 57 = -1340	" = 3.4 m ²

Il valore somma (escluso l'intervallo 1→ 26 anni precedente l'inizio del monitoraggio) dell'area basimetrica non vivente in piedi e a terra prodotta da 27 a 57 anni è quindi pari a 12.5m² e al 27.6% dell'area basimetrica viva a 57 anni.

L'andamento dell'area basimetrica "totale", somma dell'area basimetrica inventariale e di quella "intercalare naturale", è riportato nella Figura 5.

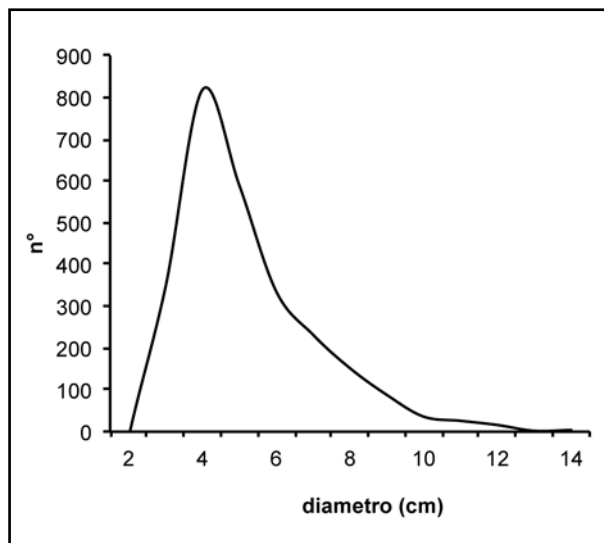
La variazione di densità dei polloni vivi in funzione

del diametro medio (Figura 3) determina un coefficiente allometrico *b* pari a -1.419.

I valori dell'indice *r* (Figura 4) indicano la diminuzione della tolleranza specifica (aumento di *r*) tra i 37 e i 47 anni e, successivamente, la sua stabilizzazione fino ai 57 anni.

L'indice di densità *SDI* (Figura 5) mostra valori fortemente decrescenti nel primo intervallo e quasi costanti in quello successivo, di pari durata. In questa tesi il valore di *SDI* rappresenta quello massimo per il popolamento, data la densità colma e la presenza continua di mortalità naturale, analogamente ai valori di area basimetrica massimale (ASSMANN 1970). L'incremento di *G* accelera nell'ultimo intervallo monitorato. L'andamento dell'area basimetrica "totale" è funzione della quota di mortalità registrata alle varie età.

L'altezza dominante (Tabella 3) mantiene un incremento annuo sostenuto e compreso tra 0.4 e 0.5 m e supera il valore di 25 m all'ultima età osservata. La massa corrente raddoppia il suo valore dai 27 ai 47 anni e aumenta ancora di altri 100 m³ha⁻¹ nell'ultima decade. I valori di incremento medio e corrente descrivono (i) la progressione positiva di entrambe le serie fino all'ultimo inventario (57 anni); (ii) l'accelerazione incrementale corrente da 8.8 a 10.8 m³a⁻¹ nell'intervallo 47-57 anni; (iii) l'aumento conseguente della differenza nei valori incrementali corrente-medio a significare la culminazione ancora lontana dell'incremento medio (Figura 6). La stessa evidenza è data dal forte aumento

**Fig. 2** - Tesi di controllo: distribuzione delle frequenze dimensionali dei polloni morti in piedi misurati all'età di 57 anni, inventario 2002.*Control plot: dbh frequency distribution of dead standing shoots inventoried at the age of 57(2002).*

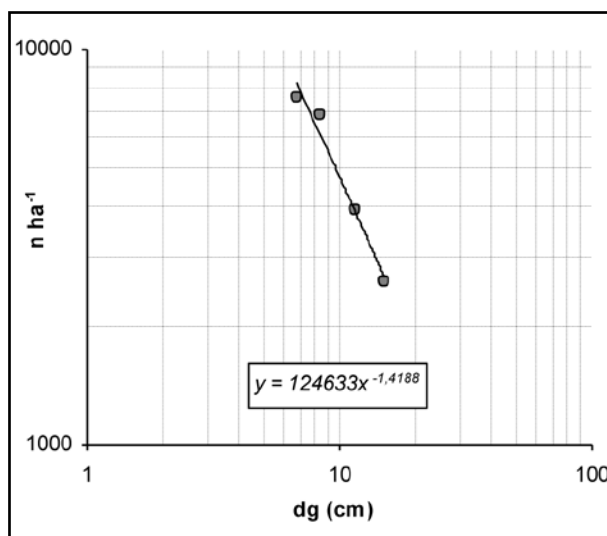


Fig. 3 - Tesi di controllo: variazione della densità dei polloni in funzione del diametro medio.
Control plot: shoot number per unit area as a function of mean dbh.

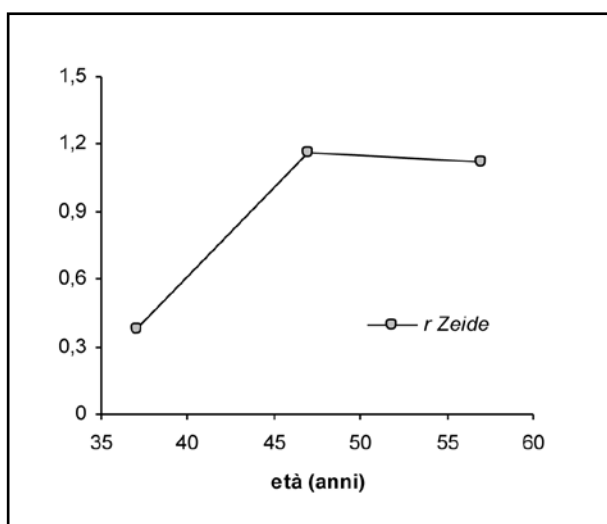


Fig. 4 - Tesi di controllo: variazione dell'indice r di Zeide con l'età.
Control plot: course of Zeide index r with stand age.

del valore di RPR (0.066 → 0.228) (Figura 7).

In termini di peso secco la massa principale naturale all'età di 57 anni (Tabella 7) raggiunge i 321.6 Mgha⁻¹ e i 349.3 Mgha⁻¹, sommando i valori di necromassa legnosa in piedi (19.5) e a terra (8.2) (BERTINI *et al.*, sottoposto).

La densità di biomassa (dB), misurata come occupazione dello spazio di crescita a ciascuna età e incognita fino all'età di 27 anni (Figura 8), diminuisce a 37 anni (2.45→2.13) e poi è di nuovo crescente

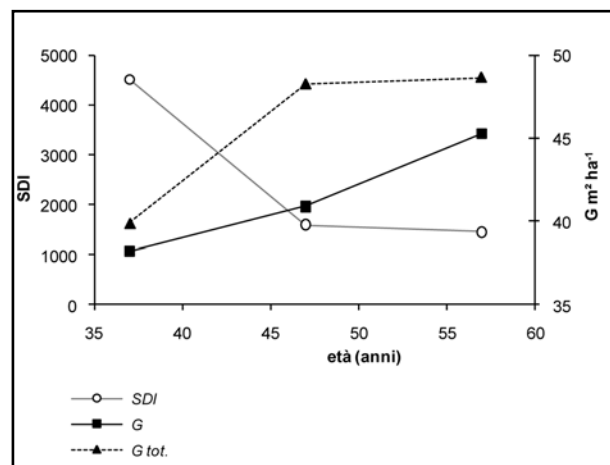


Fig. 5 - Tesi di controllo: andamento dell'Indice di Densità, dell'area basimetrica totale e massima della popolazione in funzione dell'età.
Control plot: Stand Density Index, total and maximum basal area vs. stand age.

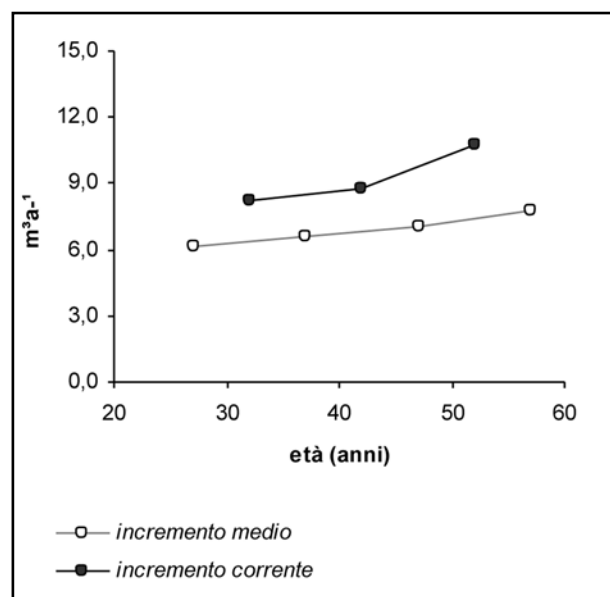


Fig. 6 - Tesi di controllo: andamento dei valori di incremento corrente (periodico medio) e medio di volume da 27 a 57 anni.
Control plot: periodical annual (PAI) and mean annual (MAI) volume increments in the age range 27-57.

(2.21→2.45) a 47 e 57 anni; il parametro si riporta su un valore eguale a quello iniziale all'ultima età osservata.

Le tesi di avviamento

I parametri (Tabella 4) *post*-avviamento indicano mortalità ridotta o nulla tra i tagli intercalari e per tutto il periodo di osservazione. La periodicità degli interventi successivi si diversifica con il diradamento dopo 10 anni nelle tesi a densità di rilascio massima e minima (2600 p. area 3; 1800 p. area 4) e dopo 15 nella

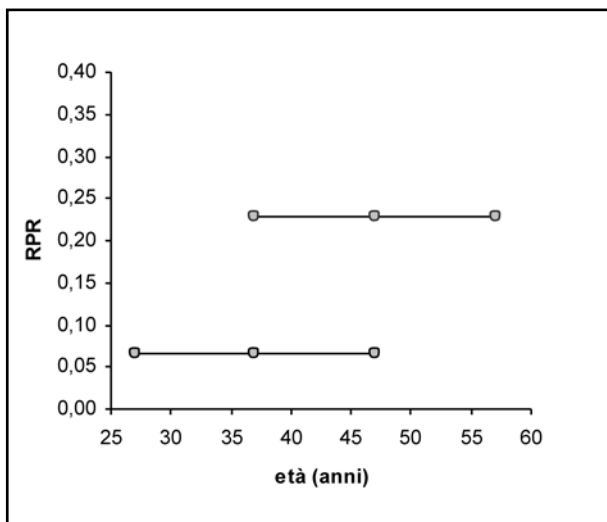


Fig. 7 - Tesi di controllo: variazione del Saggio di Produzione Relativa ai successivi intervalli di età.

Control plot: change of Relative Production Rate over the subsequent age intervals.

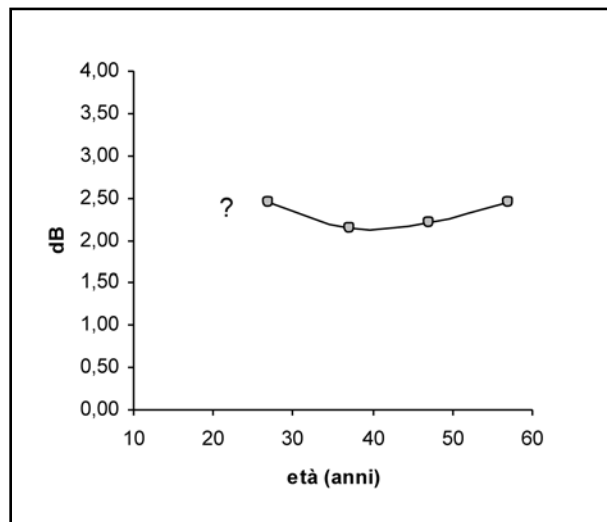


Fig. 8 - Tesi di controllo: andamento della densità di biomassa relativa in funzione dell'età.

Control plot: course of relative biomass density as a function of stand age.

tesi intermedia (2200 p. area 2). Le densità di rilascio (1064 p.; 640 p.) si mantengono diversificate nelle due tesi diradate nuovamente dopo 10 anni mentre la tesi intermedia, diradata 5 anni più tardi, assume una densità simile (706 p.) a quella meno densa.

Il terzo diradamento è eseguito contemporaneamente nelle tre tesi all'età di 57 anni, a 20 anni dal precedente nelle tesi 3 e 4 e dopo 15 anni nella tesi 2. Le densità convergono verso valori più simili (358, 414 e 542 p.; valore medio 438 p.), pur mantenendo ancora l'ordine iniziale. La progressione dei diametri medio e dominante, i diametri medi intercalari e l'effetto incrementale apparente sul d_m a seguito di ciascun diradamento, sono descritti in Figura 9. L'altezza dominante non è influenzata dal trattamento: la differenza iniziale tra la tesi di controllo e la media delle tesi avviate era pari a 1.4 m, quella finale diventa di 0.8 m. La differenza tra le tesi avviate nello stesso intervallo si riduce da 1.7 a 1.1 m.

In Figura 10 sono riportati i valori di *SDI* per le tesi 3 e 4 a 10 anni dal taglio di avviamento e prima del successivo diradamento (37 a.), dopo 10 anni (47 a.) e ancora dopo un pari intervallo (57 a.), prima del terzo intervento. Il loro andamento si differenzia per le densità di rilascio iniziali e procede poi parallelo, ripetendo quello già osservato nella tesi di controllo. Gli effetti della mortalità naturale e della rimozione per diradamento producono le differenze attese nei valori, ma andamenti simili dell'indice di densità.

L'andamento delle masse corrente e totale nelle 3 tesi di avviamento, è riportato in Figura 11. In ciascun grafico è indicato il riferimento della massa corrente della tesi di controllo.

Successivamente al taglio di avviamento la differente temporizzazione del secondo diradamento nell'area 2 (15 anni) si risolve nel ripristino quasi totale della massa corrente *ante* sui valori espressi dal controllo, mentre nelle tesi 3 e 4, diradate dopo 10 anni, la massa *ante* è minore di quella di riferimento. Analogamente il terzo diradamento della tesi 2, diradata ancora dopo 15 anni, interviene in una fase in cui la massa corrente è ancora nettamente inferiore a quella espressa dal controllo; nelle tesi 3 e 4, diradate dopo 20 anni, i valori di massa corrente sono invece più vicini a quelli di riferimento.

La consistenza dei tagli intercalari varia da 62 a 86 m^3ha^{-1} al taglio di avviamento (34→44% della massa totale), da 72 a 114 m^3ha^{-1} al secondo diradamento (35→42% della massa corrente *ante*), da 100 a 118 m^3ha^{-1} al terzo diradamento (28→31% della massa corrente alla stessa età). La massa intercalare media è quindi crescente in termini assoluti (73→112 m^3), mentre si riduce in valore percentuale (40→30%). La sommatoria delle masse intercalari è eguale o maggiore (99→108%) della massa in piedi dopo il terzo intervento. Il valore iniziale di massa totale, superiore mediamente nelle tesi avviate di 17 m^3ha^{-1} rispetto al controllo, aumenta a 100 m^3ha^{-1} dopo 30 anni; la dif-

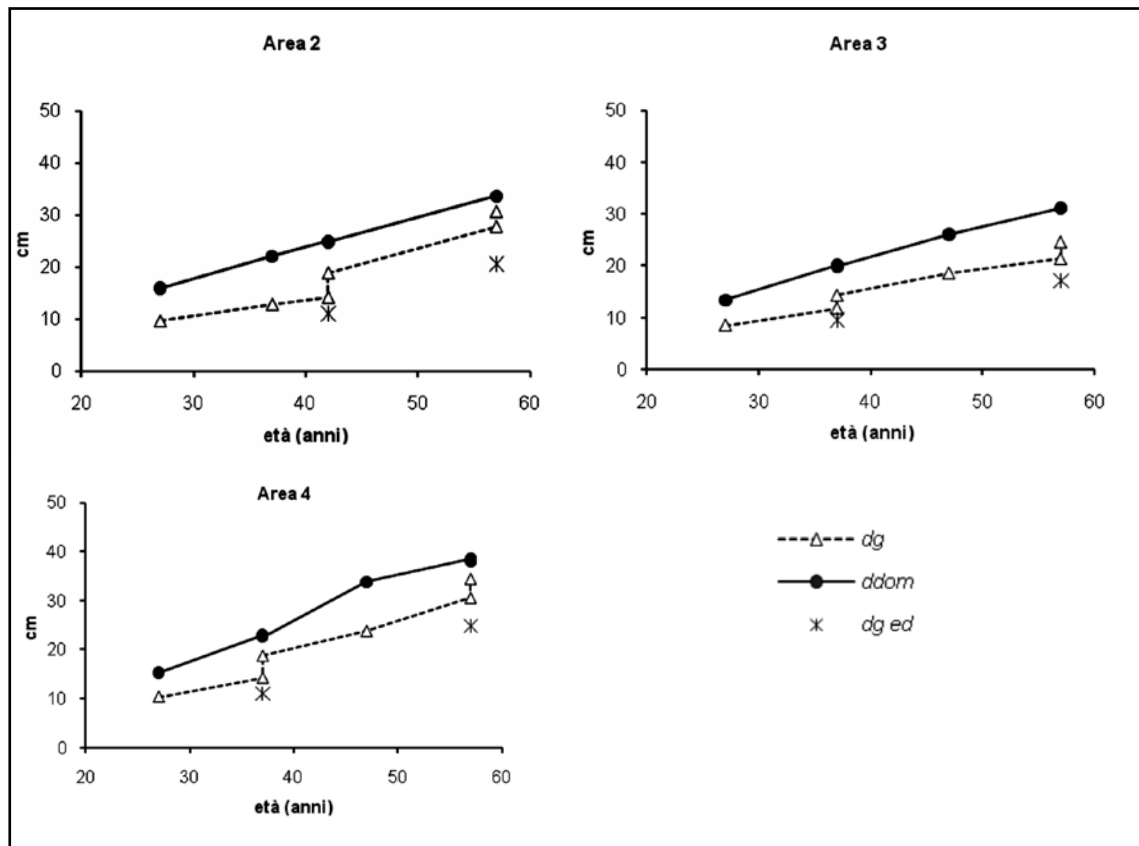


Fig. 9 - Tesi di avviamento: andamento dei diametri medio (dg) e dominante (ddom) subito prima e dopo ciascun diradamento. Diametro medio dei polloni diradati (dg ed).

Thinned plots: course of mean (dg) and dominant dbh (ddom) before and after each thinning. Mean dbh of thinned shoots (dg ed).

ferenza nel periodo costituisce l'*input* incrementale e produttivo del trattamento. I valori a 57 anni sono compresi tra 527 e 564 m³ha⁻¹.

In Figura 12 è rappresentata la formazione della massa totale (media delle tesi 3 e 4 diradate agli stessi intervalli di età) con il contributo delle successive masse intercalari, rispetto ai valori di massa corrente del controllo. La differenza progredisce attraverso gli intervalli decennali da +16 (1972), a +39 (1982), a +76 (1992), a +105m³ (2002), ma si sovrappone all'andamento incrementale comunque crescente della tesi di riferimento.

Gli andamenti incrementali medio e corrente nelle tesi 3 e 4 (Figura 13) sono sostenuti dai successivi diradamenti e procedono paralleli e con pendenza circa costante nella tesi 3, ma non nella tesi 4, dove la maggiore intensità di prelievo intercalare rende più dinamico l'andamento dell'incremento corrente.

Discussione

La tesi di controllo

La dinamica della popolazione è rappresentata con un intervallo di rilievo decennale. Se rimane arbitrario affermare che la periodicità utilizzata sia quella

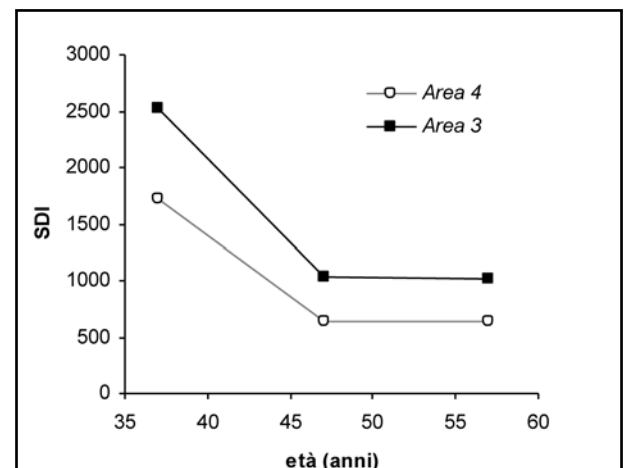


Fig. 10 - Tesi di diradamento 3 e 4: valori di SDI prima del secondo diradamento (età 37), all'età di 47 anni e prima del terzo intervento (età 57). *Thinned plots 3 and 4: SDI before the second thinning (age 37), at the age of 47 and before the third thinning (age 57).*

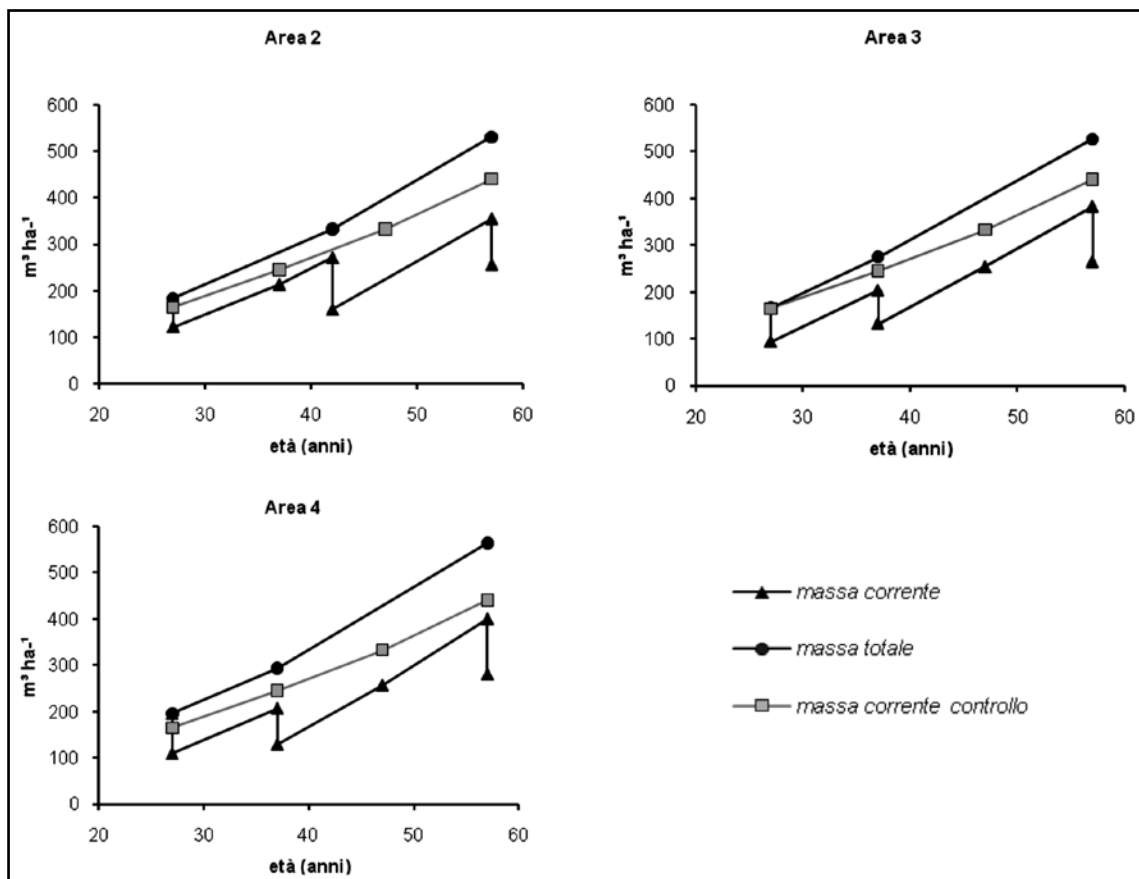


Fig. 11 - Tesi di diradamento 2, 3, 4: sviluppo delle masse totale e corrente in funzione dei diradamenti e dell'età del soprassuolo. È riportato il valore di riferimento della massa corrente (tesi di controllo).

Thinned plots: course of total and current stockings as a function of thinning occurrence and stand age. The reference value of current stocking (control plot) is also reported.

ottimale per l'osservazione dei fenomeni di interesse, ciascuno dei tre intervalli individuati presenta tuttavia caratteristiche peculiari.

La mortalità naturale

Il processo di mortalità è il fenomeno demoecologico che caratterizza la fase di *post-coltura* e il descrittore principale dell'auto-ecologia specifica. A parità di specie, l'origine del bosco da seme o agamica e quindi la collocazione individuale prevalente casuale o raggruppata, controllano e differenziano l'andamento numerico della mortalità; questo almeno fino alle età in cui la naturale tendenza degli alberi a iso-distanziarsi produce *pattern* spaziali simili. Nei primi 10 anni di osservazione (27→37) si evidenzia il comportamento "conservativo" del faggio, specie tollerante dell'ombra, capace di mantenere densità elevate e mortalità limitate. Il ridotto rapporto (3:1) tra polloni e ceppaie morte indica una mortalità probabile concentrata sulle ceppaie più piccole o meno vitali, portanti pochi soggetti e tutti dominati. Il periodo successivo (37→47 anni)

è caratterizzato da una mortalità molto più elevata di polloni e viceversa più contenuta di ceppaie (il rappor-

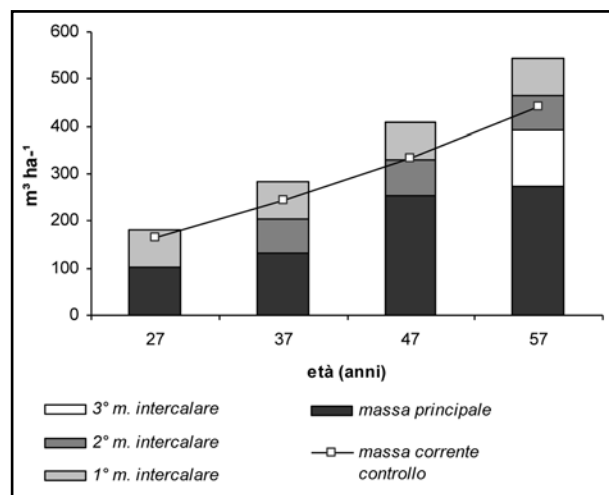


Fig. 12 - Tesi di diradamento 3 e 4: sviluppo della massa totale somma delle masse principali e intercalari.

Thinned plots 3 and 4: growth pattern (total stocking = main + intermediate stock). The reference value of control plot is also reported.

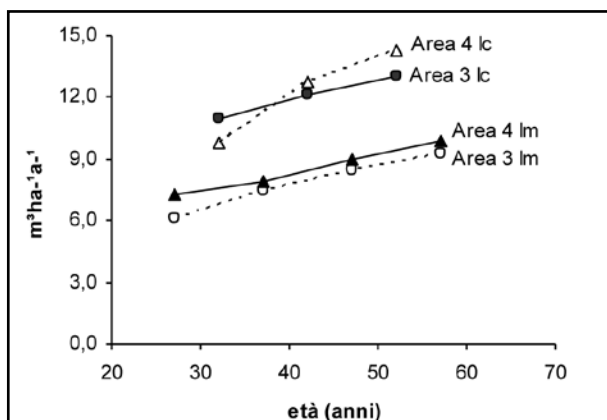


Fig. 13 - Tesi di diradamento 3 e 4: sviluppo degli incrementi corrente e medio di volume nell'intervallo 27-57 anni.

Thinned plots 3 and 4: course of periodical annual (PAI) and mean annual (MAI) volume increments in the age range 27-57.

to relativo sale a 26:1). Il fenomeno di riduzione della densità è quindi generale e distribuito sulla superficie. Segue, nell'ultimo intervallo (47→57 anni), un livello di mortalità di nuovo ridotto in cui il rapporto polloni/ceppaie morte scende a 17:1.

La mortalità per auto-diradamento è analizzata da ZEIDE (2005) come risultato di due fattori: aumento delle dimensioni unitarie degli alberi e diminuzione dell'auto-tolleranza specifica. Con lo sviluppo ipso-diametrico aumenta la proporzione delle strutture arboree (fusto, rami e branche radicali grosse) che supportano le componenti attive (radici fini, tessuti di conduzione, massa fogliare). Ne risulta la maggiore allocazione delle risorse in organi non produttivi (KOZŁOWSKI *et al.* 1991), *the stem itself is largely deadwood* (ZEIDE *op. cit.*), da cui la minore capacità di investire nell'adattamento alla carenza di luce rispetto a soggetti più giovani e la diminuzione del grado di tolleranza al mutuo ombreggiamento (ZEIDE 1985).

La creazione di vuoti nella copertura è quindi la norma anche in popolamenti densi successivamente alla chiusura del piano superiore, in corrispondenza circa della culminazione dell'incremento di altezza. L'area dei vuoti aumenta con l'età e le dimensioni unitarie degli alberi anche perché, a parità di altri fattori, il rapporto lunghezza/ampiezza delle chiome aumenta al diminuire della copertura e ciò realizza, nel lungo periodo, la condizione biologica ottimale di dare spazio e luce alla rinnovazione (ZEIDE 1991 e 2005).

Per quanto attiene l'andamento della densità di polloni vivi in funzione del diametro medio da 27 a 57 anni il valore calcolato del coefficiente allometrico è inferiore al valore "generalista" di Reineke (b

$= -1.419 < -1.605$), in opposto con quanto determinato ($b = -1.789$) da PRETZSCH e BIBER (*op. cit.*) per popolazioni non diradate di faggio di origine gamica. Il valore di PRETZSCH e BIBER è un sicuro riferimento per numerosità campionaria (9), numero di rilievi (fino a 16) e ampio campo di età (38→162 anni) per popolazioni di faggio di ottima fertilità nate da seme. Il caso di studio produce un valore molto più puntuale su 30 anni di osservazione e riferito a un popolamento di buona fertilità di origine agamica, quindi estensibile solo a tipologie simili in Appennino e in area pre-alpina, per il campo di età osservato.

La dinamica della mortalità

La diversa progressione della mortalità dei polloni osservata in ciascun periodo è così interpretabile. Fino a circa i 40 anni la persistenza vitale di soggetti già dominati appare la realizzazione canonica - fino al limite di saturazione dello spazio di crescita - di una elevata sciafilia; evidenzia la capacità specifica di organizzazione anche con masse fotosintetizzanti minime. L'esistenza di una soglia critica per la sopravvivenza è spiegabile con la relazione esistente tra area basimetrica e superficie fogliare (SCHIRONE e SPADA 1988 in PIOVESAN *et al.* 1995). Segue, dai 40 ai 50 anni, una fase di forte selezione che riduce drasticamente la densità della popolazione. L'aumento dell'indice r nello stesso intervallo (riduzione della tolleranza specifica al mutuo ombreggiamento) è la premessa biologica alla forte mortalità osservata. La riduzione di densità consente il riequilibrio, nei soggetti selezionati, delle masse, in particolare della massa fogliare (CUTINI *et al. questo volume*) e di quella adsorbente per affrancamento radicale (AMORINI *et al.* 1990). Si realizza così il pieno utilizzo delle risorse nutritive rese disponibili dal minore numero di competitori e dall'accumulo di fertilità fino dall'ultima ceduzione lontana ormai 50 anni.

Il riequilibrio trova espressione auxonomica nell'ultimo intervallo monitorato in cui la mortalità si riduce sensibilmente a indicare il superamento di una fase biologica ben caratterizzata ma non conclusa (mortalità ancora presente). L'andamento dell'indice r di auto-tolleranza specifica, in accordo con la minore mortalità osservata e il maggiore incremento registrato, si stabilizza in opposizione allo sviluppo generale atteso e a quanto verificato in specie meno tolleranti dell'ombra (querce caducifoglie: CERRO FABBIO e BERTINI, *dati non pubblicati*) per età e condizioni di fertilità

simili. L'auto-ecologia del faggio consente ancora la piena occupazione dello spazio di crescita e la limitazione dei vuoti nella copertura anche per la notevole plasticità specifica nel saturare gli spazi disponibili. Questa dinamica è utilmente confrontabile con quanto discusso da PRETZSCH e BIBER (*op. cit.*) che definiscono veloce e continuo il processo di auto-diradamento in fustaie di faggio rispetto a quanto osservato in popolamenti di quercia (rovere) in cui, approssimandosi il punto di massima densità, la mortalità avviene per cicli. Il vantaggio auto-ecologico del faggio sta, secondo gli autori, nel non consentire la permanenza di vuoti nella copertura per l'occupazione più omogenea dello spazio rispetto alla quercia.

Il caso di studio mostra viceversa la progressione da un periodo di mortalità minimo a uno massimo, con una coda nell'intervallo successivo. La specificità della dinamica nel ceduo sta probabilmente nel condizionamento della distribuzione originale raggruppata sulle ceppaie. Questa la differenza possibile con il popolamento da seme in cui il processo di auto-diradamento si distribuisce, pure partendo da densità estremamente elevate, in modo più lineare. Rimane il giudizio comune sullo sviluppo della medesima auto-ecologia, capace di saturare in modo efficiente lo spazio di crescita.

Le variazioni elevate di densità in periodi relativamente brevi come quelle qui misurate appaiono il risultato della condizione generale già descritta da NICHOLSON (1954) e riportata da ODUM (1973) per popolazioni costituite da piante e da animali superiori, con cicli di vita complessi e con un lungo periodo di sviluppo individuale, e definita come quella dei "tipi a densità controllata tardiva". In questi casi la popolazione "tracima" oltre l'asintoto superiore e subisce numerose oscillazioni prima di stabilizzarsi a livello della capacità biologica specifica.

La distribuzione della mortalità

La stratificazione delle ceppaie per tipo di polloni (vivi/morti) portati indica che il 30% delle ceppaie non presenta mortalità corrente; il 50% è in fase attiva di selezione e su queste si concentra il 90% della mortalità dei polloni; soltanto il 20% delle ceppaie è entrato definitivamente nell'area di mortalità. Il soprassuolo mantiene quindi una dotazione di ceppaie consistente rispetto alla sua età assoluta. Il numero elevato di polloni morti in piedi evidenzia tempi di trasferimento della necromassa a terra prolungati nel

faggio rispetto ad altre specie (cfr. BERTINI *et al.* 2010 e BERTINI *et al.*, sottoposto), per la maggiore durabilità specifica del legno.

L'andamento auxologico

La progressione in area basimetrica inventariale è fortemente influenzata dalla mortalità naturale ($1.1 \rightarrow 0.3 \rightarrow 0.4 \text{ m}^2\text{anno}^{-1}$). Il diametro medio registra incrementi crescenti ($+1.6 \rightarrow +3.1 \rightarrow +3.5 \text{ cm}$) per l'effetto apparente dovuto alla mortalità dei soggetti di dimensioni minori e per l'accrescimento reale. Nella popolazione dominante, al periodo di culminazione della mortalità generale, corrisponde il maggiore incremento diametrico ($+4.4, +6.0, +4.0$) e quindi la sua ulteriore differenziazione dimensionale. La fase di "esclusione reciproca" (OLIVER e LARSON 1990), la posizione privilegiata dei polloni dominanti e la competizione fortemente asimmetrica (BRAND e MAGNUSSEN *op. cit.*), qualificano il loro comportamento come "opportunista" quando si tratti di occupare uno spazio fisico o di utilizzare risorse rese disponibili. Il rapporto d_m/d_{dom} crescente con l'età garantisce comunque una risposta massale positiva del soprassuolo alla dinamica di "aggiustamento" realizzata attraverso i *feedback* opposti di mortalità e accrescimento.

La stratificazione di ceppaie/polloni contribuisce a chiarire: (i) la dinamica di componenti sociali diverse e (ii) il "peso" della mortalità sui valori inventariali di accrescimento. (i) Se in 10 anni le ceppaie dominanti aumentano la loro consistenza del 6% e a quasi 60 anni di età formano i 4/5 dell'area basimetrica, esiste ancora 1/5 di ceppaie non dominanti che occupano e saturano lo spazio non utilizzato dalle precedenti. (ii) In presenza di mortalità il dato inventariale (differenza fine-inizio intervallo) registra valori di accrescimento inferiori a quelli reali perché prodotti da popolazioni vive numericamente diverse, a meno di non scorporare il "peso" della mortalità e determinare così l'incremento reale.

Il valore di area basimetrica intercalare associato alla mortalità naturale e la identificazione di un valore "totale" prodotto nel tempo ma non vincolato alla permanenza durante tutto il periodo di sviluppo del soprassuolo (Figura 5) ha interesse più speculativo che reale. Espressione della capacità portante rimane la popolazione viva, capace di incrementare le dimensioni individuali (retroazione positiva) proprio in funzione dello spazio di crescita e delle risorse liberate dalla quota parte di mortalità naturale (retroazione

negativa). Il valore di area basimetrica perduto per autodiradamento è circa eguale a quello determinato in un ceduo oltre turno di faggio di età e area basimetrica simili da FABBIO e BERTINI (2010, *report interno*).

In termini di volume, la massa perduta annualmente per autodiradamento, calcolata da PIOVESAN *et al.* (*op. cit.*) in un ceduo di faggio oltre turno e da HERMANIN e BELOSI (1993) in cedui di carpino nero è pari, in entrambi i casi, a circa $1\text{m}^3\text{ha}^{-1}$.

L'altezza dominante mantiene ritmi di accrescimento relativamente elevati per tutto il periodo di osservazione (0.46 cm/anno = media $27 \rightarrow 57$ anni). Un valore circa eguale (0.44 cm) si ottiene considerando l'incremento medio del parametro per l'età assoluta del soprassuolo ($1 \rightarrow 57$ anni) a conferma di quanto osservato da analisi del fusto di polloni dominanti per età precedenti quelle qui monitorate (AMORINI e FABBIO 1986).

Il volume, che riassume l'andamento delle variabili fondamentali, descrive lo sviluppo positivo oltre turno con valori raddoppiati di massa corrente da 27 a 47 anni e ulteriore incremento di $100\text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ negli ultimi 10 anni. Lo stesso fenomeno auxometrico è stato già registrato in cedui di querce caducifoglie (cerro) di fertilità simili. Nel ceduo di querce tuttavia le culminazioni dell'incremento medio di massa sono anticipate per il temperamento diverso della specie e comprese tra i 30 e i 45 anni, in funzione della fertilità stagionale (AMORINI *et al.* 2006; FABBIO e AMORINI 2006). Nel ceduo in esame l'incremento medio è ancora crescente a un'età prossima a 60 anni e dilaziona ancora l'ipotesi di BERNETTI (1980) sulla "lenta e graduale culminazione" degli incrementi di volume nei cedui di faggio. Carattere auxologico peculiare del caso di studio è l'accelerazione incrementale negli ultimi 10 anni (aumento di *RPR*) che amplia la differenza tra incremento corrente e medio e sposta ancora in avanti la presumibile età di culminazione dell'incremento medio di massa principale naturale. La fase di mortalità, selezione, e riorganizzazione della massa in piedi avvenuta tra i 40 e i 50 anni ha dato inizio quindi a una dinamica originale caratterizzata dal sensibile aumento dell'incremento rispetto alla fase precedente.

L'andamento crescente dei valori di produzione di lettiera fogliare nell'intervallo $47 \rightarrow 64$ anni e la percentuale prevalente della componente fogliare (65-70%) sul totale della produzione annuale, gli elevati valori di LAI (CUTINI *et al.*, *questo volume*) supportano quanto osservato a livello di incremento legnoso nell'ultimo

periodo monitorato e suggeriscono una prospettiva positiva per il prossimo rilievo previsto per il 2012 (età di 67 anni).

Il comportamento degli incrementi corrente e medio è una deviazione dagli andamenti canonici dell'auxonomia che sono attesi convergere progressivamente verso valori eguali nella fase di culminazione dell'incremento medio di massa corrente. La regola generale non sembra quindi applicarsi alla tipologia dei cedui oltre turno di specie tolleranti dell'ombra come il faggio e fondata nel riequilibrio dei dendrotipi successivamente alla crisi di mortalità. Questo riequilibrio avviene, in funzione del temperamento specifico, con tempi relativamente prolungati che rendono il fenomeno estraibile dai dati inventariali. La stessa evidenza non si è avuta in studi analoghi condotti su specie eliofile (cerro) per la dinamica accelerata e il compimento molto più rapido delle fasi mortalità $\rightarrow$ ripresa $\rightarrow$ successiva culminazione incrementale. Il prossimo inventario provvederà elementi ulteriori al comportamento auxologico osservato.

La densità di biomassa *dB*, calcolata come volume occupato dalla massa arborea viva nello spazio teorico di crescita alle età di inventario, consente di esprimere una capacità portante relativa complementare a quella comunemente espressa sull'unità di superficie e crescente con l'età. I dati disponibili ($27 \rightarrow 57$ anni) rappresentano soltanto una frazione del tempo di permanenza ed escludono il periodo iniziale fino oltre l'età della cosiddetta "maturità tecnica" del ceduo. Nell'intervallo osservato i valori oscillano tra 2.45 e 2.13 in funzione dell'incremento di altezza media, dell'incidenza di mortalità naturale e dell'accrescimento in volume. Il primo punto, di poco successivo all'età della presunta maturità tecnica, esprime una densità di biomassa relativamente elevata che poi diminuisce e si assesta negli intervalli seguenti, per riprendere infine il valore iniziale. L'indice esprime una dinamica puntuale e può rappresentare un descrittore di supporto alla definizione classica della capacità portante, facilmente determinabile perché basato su misure di routine.

L'andamento auxologico precedente

I parametri auxometrici nel periodo di sviluppo precedente del ceduo sono ricostruibili - a livello delle componenti sociali dominante e condominante - da un lavoro (AMORINI e FABBIO 1986) svolto sullo stesso protocollo che utilizza l'analisi del fusto (numerosità

campionaria =16) di soggetti abbattuti nella fascia perimetrale della tesi di controllo. L'analisi esplora l'intervallo 1964→1982 (età del ceduo 19→37anni) e si sovrappone quindi ai primi 10 anni di monitoraggio. I valori indicano una prima culminazione sincrona dell'incremento corrente di volume e dell'incremento medio di diametro dei polloni dominanti e condominanti all'età di 24-25 anni, quando le classi sociali inferiori hanno già prodotto il loro picco incrementale. A questa culminazione seguono: (i) una fase di rallentamento incrementale dai 25 ai 29 anni e quindi (ii) una ripresa dell'incremento corrente di volume - su valori superiori a quelli della prima culminazione - ancora crescente nei polloni dominanti a 37 anni, ultimo anno esplorato con l'analisi del fusto. L'incremento medio di volume rimane viceversa sempre crescente con un ritmo costante. Il volume medio dei soggetti dominanti + condominanti, che si è triplicato tra 19 e 27 anni, è ancora raddoppiato negli ultimi 10 (27→37).

Queste osservazioni campionarie sono coerenti con la dinamica qui descritta a livello di popolazione e approssimano intorno ai 24-25 anni la maturità tecnica del ceduo. L'occorrenza a questa età della culminazione dell'incremento corrente di volume e medio di diametro dei soggetti dominanti corrisponde all'evidenza fisionomica della maturità del ceduo (dimensioni diametriche ottimali per l'assortimento richiesto), così come di fatto era nei turni applicati negli anni '40-'50 del secolo scorso.

La doppia culminazione dell'incremento corrente di volume è stata verificata in cedui di carpino nero oltre turno da HERMANIN e BELOSI (*op. cit.*) e il non raggiungimento della maturità fisiocratica in cedui molto invecchiati di faggio da CORONA *et al.* (2007).

Livello della biomassa e necromassa epigea

La massa legnosa raggiunge i 350 Mgha⁻¹ all'età di 57 anni. Le necromasse legnose in piedi e a terra rappresentano il 5.6 e 2.3% della massa epigea totale. A questi valori si aggiunge quello della massa di lettiera prodotta annualmente (CUTINI *et al.*, *questo volume*). Il valore di necromassa in piedi è circa il doppio di quello della massa legnosa a terra ancora identificabile. Si rimanda al lavoro citato (BERTINI *et al.*, *sottoposto*) per la discussione di questo punto.

Le tesi di avviamento

Definizione degli ambiti di applicazione

L'applicazione dell'avviamento ad altofusto com-

prende, nell'approccio originale di GAMBÌ, i cedui di medio-buona fertilità, quelli cioè che potenzialmente possono avvalersi del modello di trattamento individuato e basato sulla capacità di reazione massale al diradamento dei polloni intermedi e dominanti. La soluzione proposta per soprassuoli di fertilità ridotta rimane viceversa quella del ripristino per via naturale o tramite interventi colturali di ricostituzione. Obiettivi dell'avviamento sono di ridistribuire le risorse su un numero molto minore di competitori, rilasciare i fenotipi migliori e liberare spazio alle chiome. Questi criteri sono operativamente semplificati e quindi meglio divulgabili tecnicamente - due punti sempre presenti nella sperimentali di GAMBÌ - dove la competizione ha già espresso risultati evidenti e consente una individuazione meno laboriosa dei rilasci, così come nei cedui in prima fase di "invecchiamento".

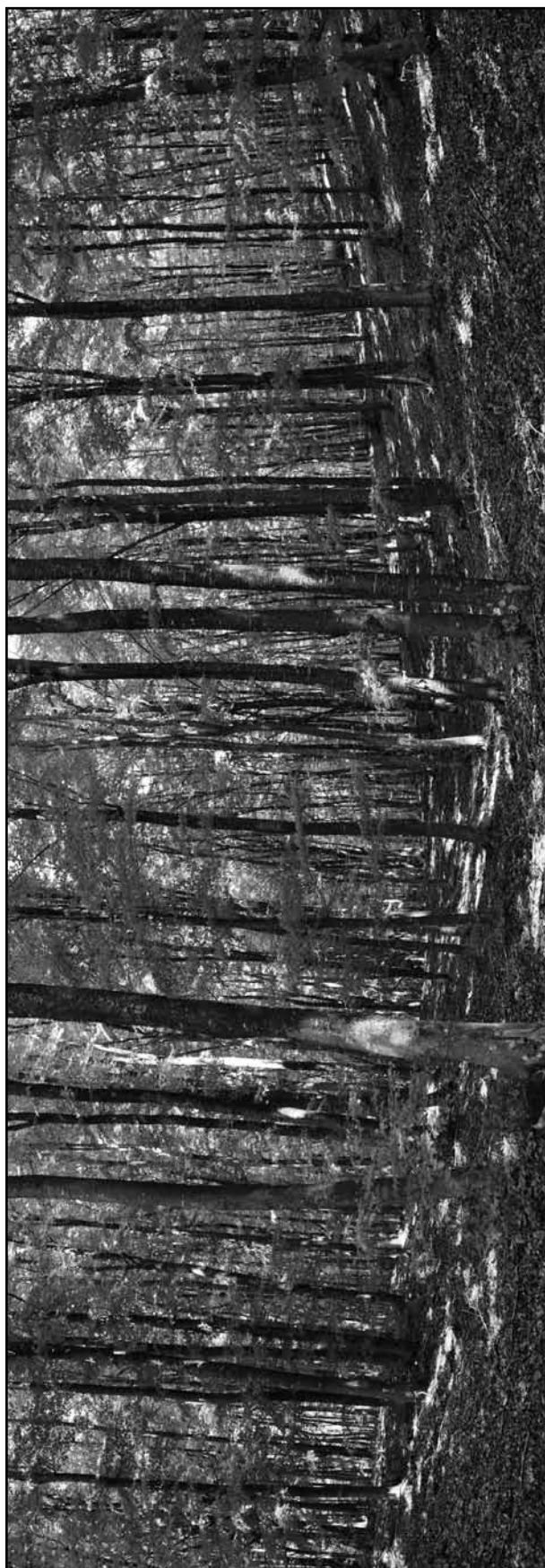
La tecnica applicata

In termini biologici ciascuna raccolta intercalare è composta dalla rimozione anticipata di una quota di mortalità naturale e della popolazione recessiva dal piano principale. La traduzione tecnica ha coniugato sperimentazione (realizzazione di differenti densità di rilascio) e praticabilità (prelievo compreso tra 1/3 e quasi 1/2 della massa in piedi), variando le intensità di diradamento all'interno di un criterio colturale unico. La fase di modellamento della struttura del ceduo iniziata con il taglio di avviamento si completa con un secondo intervento, relativamente vicino nel tempo (10-15 anni), che ripete il precedente nell'intensità di prelievo di massa corrente. Il diradamento ancora successivo è collocato a un intervallo maggiore (15-20 anni) e determina un prelievo relativamente più contenuto (30% della massa). In questa fase, l'intervento è già mirato a creare spazio allo sviluppo delle chiome dei soggetti dominanti e condominanti distribuiti sulla superficie.

La definizione dei parametri (tipo e intensità dei diradamenti) risiede nell'obiettivo di un adeguamento progressivo dei dendrotipi originali attraverso la riduzione della densità, dal piano inferiore e intermedio e poi a quello superiore dove sono collocati i fenotipi migliori. L'intervallo di intervento è una variabile di compromesso tra la raccolta intercalare minima capace di realizzare un ritorno economico e la velocità di ripristino della copertura; questa è avvenuta a oggi sempre entro 8-10 anni (CUTINI *et al. op. cit.*) e quindi un trattamento ancora più dinamico sarebbe propo-



Sopra: Lo sviluppo del ceduo oltre turno. Sotto: L'avviamento ad alto fusto.



nibile in assenza di vincoli di altro tipo. La presenza ridotta o l'assenza di mortalità in tutte le tesi diradate indica che i soggetti meno vitali sono stati compresi nella massa intercalare. Gli andamenti simili dei valori di *SDI*, al di là delle differenze attese tra tesi di controllo e diradate, significano l'equivalenza degli effetti prodotti dalla mortalità naturale e dalla rimozione per diradamento. La convergenza delle densità, dopo 30 anni e tre diradamenti, verso valori non troppo diversi (360-540 piante per ettaro) suggerisce l'intensità intermedia come quella meglio tarata. Il criterio colturale adottato fino dal taglio di avviamento ha differenziato densità di rilascio coerenti con la consistenza della massa totale iniziale in ciascuna area.

Il risultato incrementale e produttivo

L'effetto incrementale positivo (massa corrente media = +100 m³ rispetto alla tesi di controllo e sommatoria delle masse intercalari = massa in piedi dopo 30 anni) rappresenta un elemento di validazione dell'avviamento. Altrettanto importanti per la praticabilità del trattamento sono le masse intercalari, crescenti mediamente da 73 a 112 m³ha⁻¹. Questo è l'attributo determinante per la valutazione di una qualsiasi operazione colturale; a maggior ragione per interventi che realizzano la stessa destinazione di prodotto della forma di governo precedente.

A tale proposito, HERMANIN (1988) con riferimento ai prezzi della legna e al costo della manodopera dell'anno 1986, individua il limite inferiore di massa prelevata per un risultato economico positivo in circa 50 m³ha⁻¹. Anche tenendo conto che la forbice costi-ricavi è aumentata nel periodo, le masse prelevate nel caso di studio rientrano nel limite attuale e i risultati sono positivi già al secondo o terzo intervento (BRESCIANI *com. pers.*). Sempre HERMANIN (*op. cit.*) indica l'opportunità di rilasciare al taglio di avviamento almeno 20 m³ha⁻¹ di area basimetrica e il 50% della massa presente prima dell'intervento, in riferimento al criterio di efficacia colturale dell'avviamento. Tali parametri variano secondo le età del soprassuolo, la struttura e la densità

del ceduo, la fertilità della stazione; nel caso in esame le aree basimetriche rilasciate sono state inferiori a 20 m³ha⁻¹ in tutte le tesi sia al primo che al secondo intervento, mentre le masse rilasciate all'avviamento sono sempre superiori al 50%.

In relazione alla forma di governo precedente, e sempre nell'ambito dei cedui di buona fertilità, appare interessante il confronto tra le masse finali ritraibili da due ipotetici cicli di ceduo di 27 e 30 anni applicati alla tesi intermedia (tesi 2) e le masse intercalari raccolte nell'avviamento nello stesso intervallo di età (27→57 anni - schema seguente).

Il totale delle raccolte finali nei due cicli di ceduo sarebbe pari a 388 m³ha⁻¹ in 57 anni. La sommatoria delle masse intercalari nell'avviamento è di 276 m³ha⁻¹ distribuita in tre prelievi in 30 anni. A questa produzione si aggiunge una massa corrente (capitale fruttante) pari a 256 m³ha⁻¹. La massa totale nell'avviamento è quindi eguale a 532 m³ha⁻¹. Anche al di fuori dell'ambito pubblico, l'opzione dell'avviamento non sarebbe quindi penalizzante potendo contare su prelievi intercalari frequenti e sufficienti a garantire una resa economica, mantenendo al contempo una massa in piedi (capitale investito) che continuerà a produrre redditi periodici con i diradamenti per tutto il ciclo di avviamento e fino ai tagli di rinnovazione finali.

Le masse correnti relative alle aree diradate non arrivano ad intercettare quella di riferimento per la collocazione dei diradamenti e per l'andamento sostenuto e la non culminazione incrementale della massa in sviluppo naturale. Nessuna influenza è registrata per l'altezza dominante che mantiene incrementi sostenuti e costanti, eguali nelle tesi diradate e in quella di controllo.

L'andamento ausologico precedente

Il primo periodo di avviamento è ricostruito dal lavoro citato (AMORINI e FABBIO 1986) di analisi del fusto di soggetti dominanti e condominanti (numerosità campionaria =25) prelevati in occasione del secondo diradamento (1982). Il taglio di avviamento produce

	cicli di ceduo					avviamento alto fusto				
	27 anni	+	30 anni	57 anni totali		27 anni	+	42 anni	+	57 anni totali
<i>raccolte finali</i>	184 m ³ ha ⁻¹	+	204 m ³ ha ⁻¹	= 388 m ³ ha ⁻¹	<i>masse intercalari</i>	62 m ³ ha ⁻¹	+	114 m ³ ha ⁻¹	+	100 m ³ ha ⁻¹
										=276 m ³ ha ⁻¹
										= 256 m ³ ha ⁻¹
										<i>massa corrente</i>
										= 532 m ³ ha ⁻¹
										<i>massa totale</i>

un effetto incrementale immediato, risultante in un accrescimento quasi doppio di questa componente della popolazione rispetto alla tesi di controllo. Nei soggetti dominanti l'incremento corrente di volume è ancora crescente dopo 10 anni mentre è culminato già dopo 6 anni nei condominanti. Questa dinamica suggerisce una ulteriore caratteristica della specie che, pure molto tollerante della densità e capace di sopravvivere con soggetti dominati per periodi lunghi (tesi di controllo), se sottoposta a diradamento utilizza molto efficacemente la posizione di dominanza per selezionarsi ulteriormente all'interno dello stesso piano di crescita.

Conclusioni

Il caso di studio, come tutti i protocolli di monitoraggio di lungo periodo, assume valore per la continuità dei rilievi. Le risposte prodotte sono vincolate alla lunghezza del campo di età esaminato e alla riproducibilità delle caratteristiche del sito (fertilità); importante è quindi determinare sempre la distanza eventuale dei casi di applicazione. Le due tesi, parimenti sperimentali e che rappresentano scelte gestionali complementari, hanno valenze differenti. La tesi di controllo ha verificato l'andamento positivo dei parametri di accrescimento e pone un quesito di carattere auxologico che potrà essere sempre meglio definito nel seguito del monitoraggio. La risposta del faggio, successivamente alla fase di culminazione della mortalità, aggiunge elementi di conoscenza autoecologica in situazioni che si vanno generalizzando a una quota crescente di soprassuoli oltre turno.

Da un punto di vista operativo le tesi di avviamento, soddisfatte le condizioni di base per applicazione di qualsiasi selvicoltura quali l'esistenza di una viabilità forestale sufficiente, confermano la praticabilità economica per le masse raccolte. Da un punto di vista biologico, altrettanto importante è la modellazione delle chiome e la formazione di dendrotipi più equilibrati in grado di affrontare la futura fase di rinnovazione che concluderà il ciclo transitorio alla fustaia da seme. A questo proposito, lo studio della dinamica relativa massa del fusto - rami - foglie e della produzione e qualità del seme, sono tra le misure integrative in atto del protocollo sperimentale.

Un adattamento che si impone su protocolli di questo tipo, di lungo termine e che contengono prove di trattamento, è quello della necessaria semplifica-

zione del disegno iniziale se si intendono mantenere superfici minime sufficienti a descrivere la dinamica di complesso del soprassuolo. È possibile quindi che nello sviluppo del lavoro le diverse tesi confluiscono verso una unicità di trattamento; ciò appare coerente con la "natura adattativa" dell'esperimento. Un'ultima valenza comune a questi protocolli è quella didattica, sia scientifica sia tecnica per i livelli di formazione universitaria e post-universitaria e di gestione.

Ringraziamenti

Si ringraziano, tra le molte persone che hanno partecipato allo sviluppo del protocollo, i tecnici Vittorio Mattioli, Dino Gialli, Silvano Ghetti, Luigi Mencacci, Umberto Cerofolini, Mario Romani, Galeazzo Scaioli, Claudia Benvenuti, Maurizio Piovosi, Nevio Donati, Eligio Bucchioni, Walter Cresti, che dall'inizio di questa sperimentazione e fino all'attualità hanno seguito gli interventi selvicolturali, i numerosi rilievi, l'ordinamento e l'elaborazione dei dati.

Un grazie particolare a Maurizio Piovosi per l'elaborazione dei dati di sintesi e la realizzazione della parte grafica. Si ringraziano per la collaborazione nella direzione ed esecuzione degli interventi colturali, per le occasioni didattiche organizzate insieme a questo Centro, Alfredo Bresciani responsabile della gestione del settore foreste e il personale tecnico della C.M. del Casentino. Si ringraziano infine i tre revisori anonimi che con osservazioni puntuali e suggerimenti efficaci hanno contribuito a migliorare la stesura finale del lavoro.

Bibliografia citata

- AMORINI E. 1994 - *Evoluzione della struttura, della composizione specifica e della biometria in una cerreta mista di origine cedua, in funzione del trattamento*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXIII (1992): 7-40.
- AMORINI E., GAMBI G. 1977 - *Il metodo dell'invecchiamento nella conversione dei cedui di faggio*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, VIII (1979): 21-42.
- AMORINI E., FABBIO G. 1986 - *Studio auxometrico in un ceduo invecchiato e in una fustaia da polloni di faggio, sull'Appennino toscano: Primo contributo*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XIV (1983): 283-328.
- AMORINI E., FABBIO G. 1988 - *L'avviamento all'altofusto nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 15 anni dalla sua impostazione. Primo contributo*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XVII (1986): 7-101.

- AMORINI E., FABBIO G. 1989 - *L'avviamento all'altofusto nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 15 anni dalla sua impostazione. Studio auxometrico. Secondo contributo*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XVIII (1987): 19-70.
- AMORINI E., FABBIO G. 1990 - *Le "vieillessement" des taillis en Italie: étude auxométrique et traitement de la futaie sur souches*. Proceedings IUFRO, XIX World Congress. Montreal, August 1990, Vol. 1: 363-374.
- AMORINI E., FABBIO G. 1991 - *Ricerche sull' "invecchiamento" dei cedui: riflessi sul trattamento di conversione*. L'It. For. Mont., 45 (3): 193-204.
- AMORINI E., FABBIO G. 1994 - *The coppice area in Italy. General aspects, cultivation trends and state of knowledge*. In: Proceedings of the workshop "Improvement of coppice forests in the Mediterranean region". Arezzo, 1992. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXIII (1992): 292-298.
- AMORINI E., FABBIO G. 1999 - *Evoluzione del bosco ceduo sull'Appennino e opportunità per una selvicoltura di ripristino*. II Congresso Società Italiana di Selvicoltura e Ecologia Forestale. 20-22 Ottobre, Bologna.
- AMORINI E., FABBIO G. 2009 - *I boschi di origine cedua nella selvicoltura italiana: sperimentazione, ricerca, prassi operativa*. Atti III Congresso Nazionale di Selvicoltura, Taormina, vol II: 201-207.
- AMORINI E., FABBIO G., FRATTEGANI M., MANETTI M.C. 1990 - *L'affrancamento radicale dei polloni. Studio sugli apparati radicali in un soprassuolo avviato ad altofusto di faggio*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XIX (1988): 201-261.
- AMORINI E., FABBIO G., TABACCHI G. 1995 - *Le faggete di origine agamica: evoluzione naturale e modello culturale per l'avviamento ad alto fusto*. Atti Seminario "Funzionalità del sistema faggeta". AISF, Firenze 16-17 Novembre: 331-345.
- AMORINI E., BRUSCHINI S., CUTINI A., FABBIO G., MANETTI M.C. 1996 - *Studi su struttura e processi ecologici in popolamenti di leccio della Sardegna meridionale*. Comunicazioni di ricerca ISAF, 96/1: 35-47.
- AMORINI E., CUTINI A., FABBIO G. 1997 - *Gestion visant la conservation des écosystèmes de chêne vert résiduel en Sardaigne (Italie)*. Comptes Rendus du XI Congrès Forestier Mondial. Antalya, 13-22 Octobre vol.2: 171.
- AMORINI E., BRUSCHINI S., CUTINI A., FABBIO G., MANETTI M.C. 1998a - *Silvicultural treatment of holm oak (Quercus ilex L.) coppices in Southern Sardinia: thinning and related effects on stand structure and canopy cover*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 27 (1996): 167-176.
- AMORINI E., BRUSCHINI S., CUTINI A., DI LORENZO M.G., FABBIO G. 1998b - *Treatment of Turkey oak (Quercus cerris L.) coppice. Structure, biomass and silvicultural options*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 27 (1996): 121-129.
- AMORINI E., BRANDINI P., FABBIO G., TABACCHI G. 2000 - *Modelli di previsione delle masse legnose e delle biomasse per i cedui di cerro della Toscana centro-meridionale*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 29 (1998): 41-56.
- AMORINI E., FABBIO G., CANTIANI P. 2006 - *Avviamento ad alto fusto e dinamica naturale nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 35 anni dalla sua impostazione*. Il protocollo di Valsavignone (Arezzo) Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 33 (2003-04): 115-132.
- ASSMANN E. 1970 - *The principles of forest yield study*. Pergamon Press Ltd., 507 p.
- BENVENUTI C., CANTIANI P. 2003 - *Il trattamento selvicolturale delle fustaie transitorie di cerro. Interventi propedeutici alla fase di rinnovazione*. In: Atti IV congresso SISEF, Potenza: 27-31.
- BERNETTI G. 1980 - *L'auxometria dei boschi cedui italiani*. L'It. For. Mont., 35 (1): 1-24.
- BERNETTI G. 1987 - *I cedui di querce caducifoglie nell'Italia centrale: proposte di politica forestale*. Cell. e C. 38 (5): 4-10.
- BERTINI G., FABBIO G., PIOVOSI M., CALDERISI M. 2010 - *Densità di biomassa e necromassa legnosa in cedui di cerro in evoluzione naturale in Toscana*. Forest@ 7: 88-103.
- BERTINI G., FABBIO G., PIOVOSI M., CALDERISI M. (n.c.) - *Densità di biomassa e necromassa legnosa in due cedui di leccio (Sardegna) e faggio (Toscana)*. Sottoposto per la pubblicazione.
- BRAND D.G., MAGNUSSEN S. 1988 - *Asymmetric, two-sided competition in even-aged monocultures of red pine*. Canadian J. of For. Res. 18 (7): 901-910.
- BRANDINI P., TABACCHI G. 1996 - *Modelli di previsione del volume e della biomassa per i polloni di leccio e di corbezzolo in boschi cedui della Sardegna meridionale*. Comunicazioni di ricerca ISAF, 96/1: 59-69.
- CLAUSER F. 1981 - *Un'ipotesi auxonomica da verificare*. Monti e Boschi, XXXII (2/3): 97-98.
- CORONA P., COPPINI M., DI BARTOLO M., MATTIOLI W., PALETTA D., SALVATI R., TEDESCO A., HERMANIN L. 2007 - *Criteri di analisi e ipotesi gestionali per una faggeta appenninica della rete Natura 2000*. Annali AISF 56:173-190.
- CUTINI A. 1994a - *Indice di area fogliare, produzione di lettiera ed efficienza di un ceduo di cerro in conversione*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXIII (1992): 147-166.
- CUTINI A. 1994b - *La stima del LAI con il metodo delle misure di trasmittanza in popolamenti diradati e non diradati di cerro*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXIII (1992): 167-181.
- CUTINI A. 1997 - *Drought effects on canopy properties and productivity in thinned and unthinned Turkey oak stands*. Plant Biosystems, 131 (1): 59-65.
- CUTINI A., BENVENUTI C. 1998 - *Effects of silvicultural treatment on canopy cover and soil water content in a Quercus cerris L. coppice*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 27 (1996): 65-70.
- CUTINI A., HAJNY M. 2006 - *Effetti del trattamento selvicolturale su produzione di lettiera, caratteristiche della copertura ed efficienza di un ceduo di cerro in conversione*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 33 (2002-04): 133-142.
- CUTINI A., CHIANUCCI F., GIANNINI T. 2010 - *Effetti del trattamento selvicolturale su caratteristiche della copertura, produzione di lettiera e di seme in cedui di faggio in conversione*. Ann. CRA-SEL Arezzo, vol. 36: 109-124.

- DI MATTEO G., DE ANGELIS P., SCARASCIA MUGNOZZA G. 2005 - *Applicazione di tecniche isotopiche per valutare l'impatto ecofisiologico di interventi selvicolturali di conversione all'alto fusto in cedui di specie mediterranee*. Forest@ 2(4): 367-377.
- DI MATTEO G., DE ANGELIS P., SCARASCIA MUGNOZZA G. 2007 - *Variazioni eco-fisiologiche in tre cedui mediterranei disposti lungo un gradiente altimetrico*. Forest@ 4 (3): 310-323.
- ELZINGA, C.L., SALZER, D.W., WILLOUGHBY, J.W., GIBBS, J.P. 2001 - *Monitoring plant and animal population*. Blackwell Science, Malden, Massachusetts, USA, 337 p.
- FABBIO G. 1994 - *Dinamica della popolazione arborea in un ceduo di cerro in invecchiamento*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXIII (1992): 41-72.
- FABBIO G., AMORINI E. 2006 - *Avviamento ad alto fusto e dinamica naturale nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 35 anni dalla sua impostazione. Il protocollo di Caselli (Pisa)*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 33 (2003-04): 79-104.
- FABBIO G., AMORINI E., CUTINI A. 1998 - *Towards a sustainable management of Mediterranean forest: the MEDCOP experience (1994-98)*. Proceed. VII International Congress of Ecology, "INTECOL". Florence, 19-25 July. Contribution to the Symposium "Perspectives in sustainable land use of marginal areas, land abandonment and restoration": 295-308.
- FABBIO G., IOVINO F., MENGUZZATO G., TABACCHI G. 2002 - *Confronto fra modelli di previsione della biomassa arborea elaborati per cedui di leccio*. In: Il bosco ceduo in Italia. A cura di O. Ciancio e S. Nocentini. AISF, Firenze: 469-495.
- FERRETTI M. 2001 - *Ecosystem monitoring. From the integration between measurements to the integration between networks*. Atti del XXXVIII Corso di Cultura in Ecologia su "Monitoraggio ambientale: metodologie ed applicazioni" Univ. di Padova: 3-54.
- GAMBI G. 1968 - *Le conversioni dei cedui in altofusto sull'Appennino toso-emiliano*. Ann. Acc. Naz. Agric. Bologna, III serie, LXXVIII: 1-49.
- GUIDI G. 1976 - *Primi risultati di una prova di conversione in un ceduo matricinato di cerro*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, VI (1975): 253-278.
- HELLRIGL B. 1987 - *Appunti di dendro-auxonomia*. A cura di C. Colpi e G. De Mas. Univ. di Padova 239 p.
- HELMS J.A. 1998 - *The Dictionary of Forestry*. The Society of American Foresters. J.A. Helms editor, 210 p.
- HERMANIN L. 1988 - *Considerazioni sul costo degli interventi per la conversione di cedui di faggio*. L'It. For. Mont., 43 (1): 4-20.
- HERMANIN L., BELOSI A. 1993 - *Tavola alsometrica dei cedui di carpino nero dell'Appennino romagnolo*. L'It. For. Mont., 48 (6): 353-372.
- INVENTARIO FORESTALE NAZIONALE 1985 - *Sintesi metodologica e risultati*. ISAF, Trento.
- INVENTARIO NAZIONALE DELLE FORESTE E DEI SERBATOI DI CARBONIO 2005 - *Risultati*. ISAF-MiPAAF-CFS.
- KOZLOWSKI T.T., KRAMER P.J., PALLARDY S.G. 1991 - *The physiological ecology of woody plants*. Academic, New York.
- MANETTI M.C., GUGLIOTTA O. 2006 - *Effetto del trattamento di avviamento ad altofusto sulla diversità specifica e strutturale delle specie legnose in un ceduo di cerro*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 33 (2002-04): 105-114.
- MANETTI M.C., BARTOLUCCI S., BERTINI G., PIUSSI P., SANI L. 2009 - *Dinamiche naturali in formazioni forestali a prevalenza di leccio nel Parco Regionale della Maremma*. Forest@, 6: 186-198.
- NICHOLSON A.J. 1954 - *An outline of the dynamics of animal populations*. Australian J. Zool. 2: 9-65.
- NOCETTI M., BERTINI G., FABBIO G., TABACCHI G. 2007 - *Equazioni di previsione della fitomassa arborea per i soprassuoli in avviamento ad altofusto in Toscana*. Forest@ 4 (2): 204-212.
- ODUM E.P. 1973 - *Principi di Ecologia*. Ed. Piccin, Padova 584 p.
- OLIVER C.D., LARSON B.C. 1990 - *Forest stand dynamics. Biological Resource Management Series*. Mc Graw-Hill, 467 p.
- PETTENELLA D. 2002 - *Fattori di inerzia nelle forme di gestione e nuovi sviluppi del mercato per i boschi cedui*. In: Il bosco ceduo in Italia. A cura di O. Ciancio e S. Nocentini. AISF, Firenze: 541-560.
- PIOVESAN G., HERMANIN L., SCHIRONE B. 1995 - *Considerazioni sulla crescita e lo sviluppo di un ceduo matricinato di faggio di età avanzata*. L'It. For. Mont., 50 (4): 404-424.
- PRODAN M. 1968 - *Forest biometrics*. (English translation) Pergamon press, Oxford, 447 p.
- PRETZSCH H., BIBER P. 2005 - *A re-evaluation of Reineke's Rule and Stand density index*. For. Sci. 51 (4): 304-320.
- REINEKE L.H., 1933 - *Perfecting a stand-density index for even-aged forests*. J. Agric. Res. 46:627-638.
- RINGOLD P.L., ALEGRIA J., CZAPLEWSKI R.L., MULDER B.S., TOLLE T., BURNETT K. 1996 - *Adaptive monitoring design for ecosystem management*. Eco. Appl. 6 (3):745-747.
- SCHIRONE B., SPADA F. 1988 - *Relationships between growing season and forest structure*. Int. workshop "Modelling forest growth processes" Uppsala, 29 Ag.-2 Sept.
- TUNNO I., DI MATTEO G., BERTINI G., PIOVOSI M., FABBIO G., DE ANGELIS P. 2007 - *Determinazione dei pool di carbonio e azoto in cedui di cerro oltretorno*. VI Congresso della Società Italiana di Selvicoltura ed Ecologia Forestale. Arezzo, 25-27/09/2007. Poster.
- ZEIDE B. 1985 - *Tolerance and self-tolerance of trees*. For. Ecol. Manage. 13: 149-166.
- ZEIDE B. 1991 - *Self-thinning and stand density*. For. Sci. 37: 517-523.
- Zeide B. 2005 - *How to measure stand density*. Trees - Structure and Function 19: 1-14.

Finito di stampare
nel mese di Dicembre 2010
Presso Grafiche Badiali - Arezzo