

Sezione Speciale - VII congresso SISEF: "Sviluppo e adattamento, naturalità e conservazione"
(a cura di: M. Marchetti, R. Tognetti)

Effetti del diradamento in parcelle sperimentali di pino nero in Casentino (AR): risultati a otto anni dall'intervento

Bianchi L* ⁽¹⁾, Paci M ⁽¹⁾, Bresciani A ⁽²⁾

(1) DISTAF, Università degli Studi di Firenze, v. S. Bonaventura 13, I-50145 Firenze; (2) Comunità Montana del Casentino, Servizio Gestione Patrimoni Agricolo - Forestali, v. Roma 203, I-52013 Ponte a Poppi (AR) - *Corresponding Author: Livio Bianchi (livio.bianchi@unifi.it).

Abstract: Effects of thinning intensities in experimental plots of Black European pine in "Foreste Casentinesi, Monte Falterona and Campigna National Park" (Tosco-Romagnolo Apennine, Italy), eight years after the felling. Different thinning intensities were compared in a 50-years-old plantation of *Pinus nigra* sp. located in the "Foreste Casentinesi Monte Falterona e Campigna" National Park (northern Apennine - Italy). Six experimental square plots (900 m²) were set up for comparison of two thinning intensities: heavy thinning (F: approximately 30% of basal area removed), light thinning (d: approximately 15% of basal area removed) and control (Co). The comparison concerned: (1) the periodic increment of the trees in terms of volume (I_{pv}), average dbh (I_{pd}), height (I_{ph}) and the variation of height/diameter ratio (S) in time; (2) forest canopy cover, indirectly expressed in term of relative irradiance (I.R.). Eight years after the felling, the results highlight that F thinning: (a) increases the homogeneity of timber, as the stand volume is concentrated in dominant trees; (b) favours tree diameter increment: I_{pd} values increase significantly according to the thinning intensity; (c) reduces tree height increment (lower values of I_{ph} were recorded in the F plots); (d) promotes stand stability: lower value of S are highlighted in F plots, and no significant increase of this parameter in time has been recorded. As regards canopy cover, a significant negative correlation was recorded between stand basal area after the thinning and I.R. at ground level. After harvesting, a significant difference in terms of average I.R. between thinning intensities (F, d and Co) was also recorded: nowadays, significant differences of average I.R. are observed between Co and d, whereas F shows intermediate values: the canopy gap originated from the felling has been quickly filled. Our results highlight the growth potential of Black European pine in the studied area; however, only heavy thinning shows interesting results in terms of both tree growth and stand stability.

Keywords: *Pinus nigra*, Thinning, Forest stand stability, Canopy cover, Forest management

Received: Nov 12, 2009; Accepted: Feb 18, 2010

Citation: 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 [online: 2010-04-01] URL: <http://www.sisef.it/forest@/>.

Premessa

Secondo l'Inventario Forestale della Toscana (Hofmann et al. 1998), i boschi a prevalenza di pino nero occupano 20496 ettari, di cui 7500 sono cedui coniferati e fustaie miste: tali dati sono in linea con quelli del recente Inventario Nazionale (INFC 2007) che attribuisce ai rimboschimenti della conifera una superficie pari a 18427 ettari, di cui 10117 sono rappresen-

tati da boschi puri.

La maggior parte di questi soprassuoli hanno ricevuto scarse e spesso occasionali cure colturali. La mancanza di diradamenti in molti casi ha portato ad uno stato di elevata fragilità che frequentemente determina crolli strutturali più o meno intensi ed estesi, rischiando di compromettere le azioni positive degli impianti in termini di difesa idrogeologica (Amorini

& Fabbio 1992, Mondino & Bernetti 1998).

Nella definizione classica, i diradamenti sono tagli intercalari che hanno fra le finalità principali il miglioramento della qualità della produzione legnosa, l'ottenimento di una certa quantità di prodotti intermedi, l'aumento della stabilità fisica e biologica del soprassuolo (Piussi 1994). Tali interventi, tuttavia, possono avere effetti positivi sulla rinaturalizzazione dei soprassuoli di origine artificiale (De Mas 1993, La Marca & Vidulich 1997, Bianchi & Paci 2002, Mercurio 2003, Bianchi et al. 2005, Cantiani & Piovosi 2008). La letteratura italiana (Grassi et al. 2000, Nolè et al. 2003) e quella estera (Gray & Spies 1996, Coates & Burton 1997 e Coates & Burton 1999, Hale 2003, Diaci 2002) mettono in evidenza come modificazioni del grado di copertura del soprassuolo principale si manifestino con variazioni della radiazione luminosa al suolo, e come tutto ciò sia strettamente collegato con la possibilità di affermazione di piante nel piano di rinnovazione.

Il presente lavoro, iniziato nel 2000 da una collaborazione fra DISTAF dell'Università di Firenze e la Comunità Montana del Casentino (AR), ha come obiettivo la valutazione degli effetti indotti dalla riduzione della copertura su: (1) incremento legnoso delle piante; (2) dinamiche successionali. Dal momento che la quantità di energia radiante che arriva sotto copertura è uno dei fattori che maggiormente influenzano le dinamiche evolutive (Lieffers et al. 1999, Malcolm et al. 2001, Wetzel & Burgess 2001, Battaglia et al. 2002, Beaudet & Messier 2002, Nyland 2003), le variazioni del grado di copertura indotte dal taglio intercalare sono state valutate in termini di modificazioni di disponibilità luminosa al livello del suolo.

L'ambiente

L'area oggetto di studio è localizzata nel comune di Stia (AR), nella proprietà agricolo-forestale della Regione Toscana gestita dalla Comunità Montana del Casentino (complesso "Foreste Casentinesi"), all'interno del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna.

Le temperature medie annue oscillano tra 9.2 °C della Verna (950 m s.l.m.), con 18 °C di escursione media annua, e 14 °C di Subbiano (300 m s.l.m.), con 16 °C di escursione media annua, mentre la piovosità va da 1700 mm annui a Camaldoli (1100 m s.l.m.), con massimo autunno-invernale e minimo estivo senza piovosità, a 1016 mm a Subbiano (con regime analogo a quello di Camaldoli, ma con due mesi aridi estivi).

Facendo riferimento alla classificazione del Pavari, l'area di studio si colloca in una fascia fra il *Castanetum*, sottozona fredda, e il *Fagetum*, sottozona calda.

Seguendo, invece, la classificazione climatica di Rivas-Martínez (2001) Stia può essere inquadrata nel macrobioclima temperato, bioclima oceanico temperato (Teoc), termotipo mediterraneo (Mte), ombrotipo umido (Hum).

Secondo la classificazione di Ozenda (1985), la vegetazione del territorio preso in esame è inquadrabile nella *fascia collinare* (serie della roverella, del cerro, dei carpini e della farnia) e in quella montana (serie della faggeta e della faggeta-alpina).

Facendo riferimento alla carta della vegetazione potenziale della Regione Toscana di Mondino (1998), nel territorio studiato si distinguono le zone delle cerrete (fino a 1000 m s.l.m.), dei castagneti (solo su suoli arenacei, fino a 900 m s.l.m.), delle faggete e delle abetine (oltre 900-1000 m s.l.m.).

La geologia del territorio in cui sono comprese le "Foreste Casentinesi" è quasi interamente rappresentata da arenaria Macigno dell'Olocene (Macigno del Chianti e Macigno del Mugello), con affioramenti di Marne di Vicchio nella zona di Moggiona.

L'impianto in cui è stata condotta l'indagine è una pineta di pino nero ubicata a 850 m s.l.m., con esposizione Est - Sud Est, che presenta una pendenza media del 20% ed è costeggiata da una strada forestale camionabile. Attualmente il soprassuolo ha un'età di 50 anni, anche se questa deve essere considerata come l'età prevalente del popolamento; infatti dopo l'impianto i risarcimenti sono proseguiti per 4-5 anni utilizzando anche materiale di diversa età (secondo le disponibilità del vivaio): il risultato è che in una stessa parcella l'età delle piante può variare in un range di 7-8 anni.

Materiali e metodi

Nel 2001 sono state delimitate in maniera permanente sei parcelle, di forma quadrata con 30 m di lato, adiacenti ma separate le une dalle altre da "corridoi" di 10 m (corrispondenti a circa 4 file di piante). Al centro di ogni parcella è stato realizzato un *transect* lineare di 30 x 5 m; nel complesso l'intera area sperimentale occupa una superficie di 9600 m².

In ciascuna parcella, per ogni pianta sono state eseguite le seguenti operazioni: 1) numerazione, 2) misura del diametro a 1.30 m (sono state prese due misure ortogonali fra loro per ogni individuo), 3) attribuzione della posizione sociale secondo tre categorie, prendendo spunto dalla classificazione di Kraft (in Piussi 1994): dominanti (D, con chioma inserita

nella parte superiore dello strato, vigorosa ed omogeneamente espansa in ogni direzione), codominanti (Cd, con chioma inserita nella parte superiore dello strato ma almeno su un lato marcatamente compressa a seguito della concorrenza con gli individui adiacenti), dominate (dm, con chioma ridotta, del tutto o in parte compressa e spesso sovrastata da quella di individui limitrofi).

In ciascun *transect*, per ogni pianta è stato rilevato: (1) numero; (2) altezza totale (usando l'ipsometro VERTEX II con transponder a 1.30 m).

Prima dell'attribuzione della tesi sperimentale sono state verificate le condizioni di omogeneità strutturali fra le parcelle (Bianchi 2003). Successivamente a ciascuna coppia di parcelle è stata attribuita casualmente una tesi che prevedeva una diversa intensità di intervento: (1) asportazione del 15% dell'area basimetrica (d, parcelle I e V); (2) asportazione del 30% dell'area basimetrica (F, parcelle II e IV); (3) nessun intervento (Co, parcelle III e VI).

Il tipo di diradamento è quello che comunemente viene applicato dai tecnici della Comunità Montana del Casentino, ovvero un diradamento misto che abbinava un diradamento dal basso (anche se occasionalmente qualche pianta dominata viene rilasciata) a interventi di selezione positiva volti a favorire individui particolarmente promettenti.

L'utilizzazione delle piante è avvenuta nel febbraio del 2002: delle piante abbattute è stato determinato il volume cormometrico (comprensivo di corteccia) con il metodo per sezioni di Heyer (La Marca 1999). Nel settembre del 2009 è stato rilevato il diametro a 1.30 m di ogni pianta di ciascuna parcella, per quelle ricadenti all'interno del *transect* è stata rilevata anche l'altezza.

Nel luglio 2002, 2006 e 2009 sono state eseguite le misure della radiazione solare. In particolare è stata misurata l'irradianza nel campo della PAR, utilizzando una coppia di ceptometri (SUN SCAN CANOPY ANALYSIS SYSTEM, AT Delta-T Devices Ltd). Le misure sotto copertura sono state eseguite lungo l'allineamento centrale di ciascun *transect*; simultaneamente sono stati rilevati i valori di irradianza in piena luce in un'ampia radura adiacente all'impianto. Le misure sono state eseguite durante le ore centrali del giorno, in un arco di tempo compreso fra le 11.30 e le 12.30 (ora solare), in giornate serene (situazione corrispondente ad almeno 1850 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{sec}^{-1}$ in piena luce).

Elaborazione dei dati

Per valutare l'incremento medio periodico di volu-

me (I_{pv} , $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}\text{anno}^{-1}$, riferito alle stagioni vegetative dal 2002 al 2008) è stata adottata una tavola di cubatura empirica messa a punto dai tecnici della Comunità Montana del Casentino per le pinete di pino nero del territorio. La tavola restituisce il volume cormometrico (V , espresso in m^3 , comprensivo di cimale e corteccia) in funzione del diametro a 1.30 m (dbh, espresso in cm) secondo il seguente algoritmo (eqn. 1):

$$V = 0.0009 \cdot dbh^2 - 0.0071 \cdot dbh + 0.0412$$

I_{pv} è stato calcolato per differenza (eqn. 2) fra il volume del soprassuolo subito dopo l'intervento (V_1) e quello derivante dal rilievo delle piante nel 2009 (V_2 - eqn. 2):

$$I_{pv} = (V_2 - V_1) / 8$$

Con i test dell'ANOVA e di Duncan (in caso di valori di F significativi) sono stati analizzati i valori medi di:

1. incremento periodico di diametro (I_{pd} , in cm), ponendo come fonti di variazione: (i) tesi; (ii) posizione sociale (escludendo le dm); e (iii) interazione (i x ii);
2. incremento periodico di altezza (I_{ph} , in m), ponendo come fonti di variazione: (i) tesi; (ii) posizione sociale (escludendo le dm); e (iii) interazione (i x ii).
3. rapporto di ipsodiametrico ($S = h/dbh$), ponendo come fonti di variazione: i) tesi; (ii) posizione sociale (escludendo le dm); e (iii) interazione (i x ii).
4. Irradianza relativa (IR), ovvero il rapporto fra le misure di irradianza prese sotto copertura e quelle all'aperto, analizzata per ogni anno rilevato e ponendo come fonti di variazione le tesi.

Risultati

Facendo riferimento alla situazione prima dell'intervento e riferendo i dati ad ha (Tab. 1), nelle parcelle sottoposte alla tesi F erano presenti 1200 individui, per un'area basimetrica di 58.9 m^2 , in quelle della tesi d erano presenti 1360 piante, per un'area basimetrica di 61.6, mentre nelle parcelle della tesi Co erano presenti 1200 piante, per un'area basimetrica di 55.8 m^2 .

Il taglio intercalare ha asportato, nella tesi F, il 26.4% dell'area basimetrica (in questo caso la massa asportata è stata inferiore a quella preventivata per non oltrepassare i limiti imposti dal Regolamento Forestale della Toscana - n. 48/R, DPGR 8 agosto 2003, art. 30) pari a 279.0 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ e al 40.3 % degli individui e nella tesi d il 14.5% dell'area basimetrica - pari a 143.1 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ e al 22% degli individui.

Tab. 1 - Principali dati dendrometrici delle parcelle prima dell'intervento. n°: numero di piante; G: area basimetrica; dg: diametro della pianta con area basimetrica media; hdg: altezza della pianta con diametro pari a dg.

Parcelle	n°/ha	G (m ² ha ⁻¹)	dg (cm)	hdg (m)
I	1256	60.8	24.8	17.5
II	1222	59.8	25.0	17.6
III	1133	59.3	25.8	17.7
IV	1178	58.1	25.1	17.6
V	1467	62.3	23.3	17.2
VI	1267	52.2	22.9	17.1

Incrementi periodici

Volume (I_{pv})

Nella tesi F l'I_{pv} risulta pari a 11.6 m³ ha⁻¹ anno⁻¹, la massa in piedi è 460 m³ ha⁻¹. Nella tesi d l'I_{pv} è pari a 12.2 m³ ha⁻¹ anno⁻¹, la massa in piedi a 536 m³ ha⁻¹; nella tesi Co l'I_{pv} è 9.3 m³ ha⁻¹ anno⁻¹, la massa in piedi 514 m³ ha⁻¹. In Fig. 1 è riportata la ripartizione della massa in piedi delle piante distinte in base alla posizione sociale. Nella tesi F la maggior parte della massa è concentrata nelle piante D (59%) mentre in Co nelle Cd (50%). Le piante dm costituiscono il 10 % del volume in Co e solo l'1% in F, mentre nella tesi d si osservano valori intermedi.

Diametro (I_{pd})

L'ANOVA ha evidenziato differenze molto significative (p<0.01) dei valori medi di I_{pd}, confrontando sia le tesi (F_[2; 449] = 13.21) sia le posizioni sociali (F_[1; 449] = 89.43), mentre l'interazione fra le due suddette fonti di variazione non risulta statisticamente significativa. Il test di Duncan separa significativamente il valore medio rilevato in F (2.8 cm) da quello di d (2.4 cm), e quest'ultimo da quello di Co (2 cm). Lo stesso test mette in luce che I_{pd} medio per le piante D (3 cm) è significativamente più alto delle piante Cd (1.9 cm).

Altezza (I_{ph})

I valori medi di I_{ph}, in base al test ANOVA, danno luogo a differenze molto significative (p<0.01) fra le tesi confrontate (F_[2; 118] = 6.95), ma non fra le posizioni sociali e l'interazione delle due fonti di variazione. In base al test di Duncan, I_{ph} medio in Co (3.6 m) è significativamente più alto che in F (2.6 m), con valori intermedi in d (3.2 m), non significativamente diversi da quelli delle altre tesi.

Rapporto ipsodiametrico (S)

Subito dopo il taglio intercalare il valore medio di S è pari a 69 nelle tesi d e Co e a 70 in F: le differenze fra le tesi non sono statisticamente significative (F_[2; 118] = 0.33). Differenze molto significative (F_[2; 118] = 71.32, P<0.01) emergono invece fra le posizioni sociali (Cd = 76, D = 62).

L'ANOVA, per i valori medi di S nel 2009, eviden-

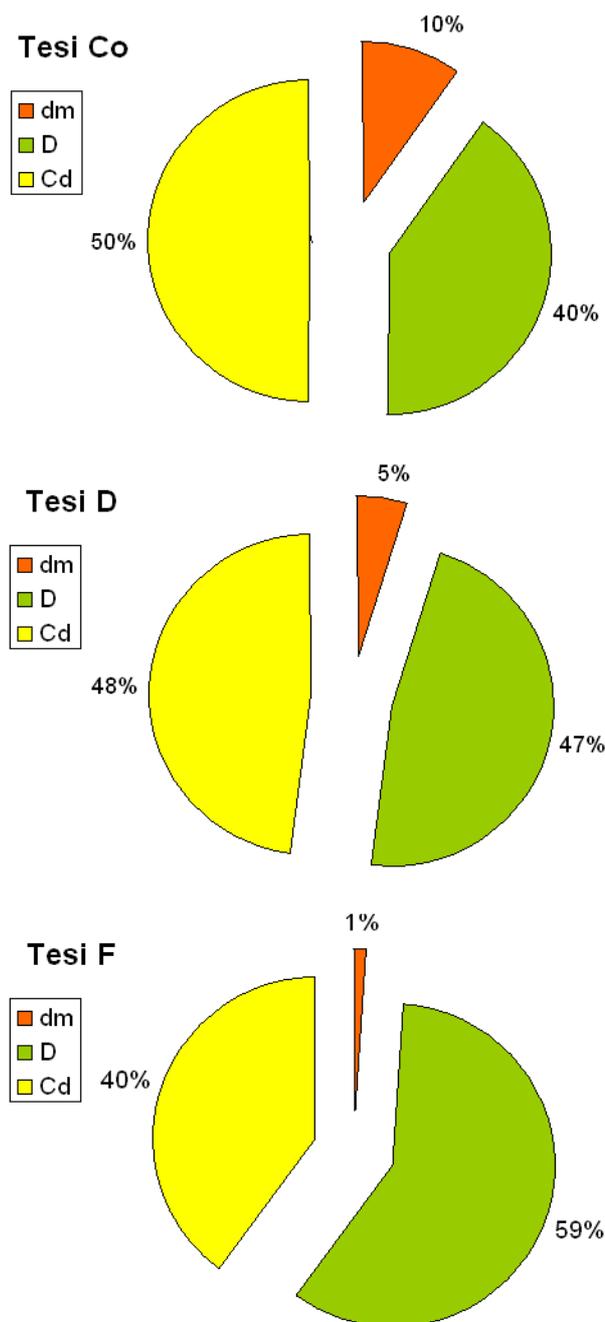
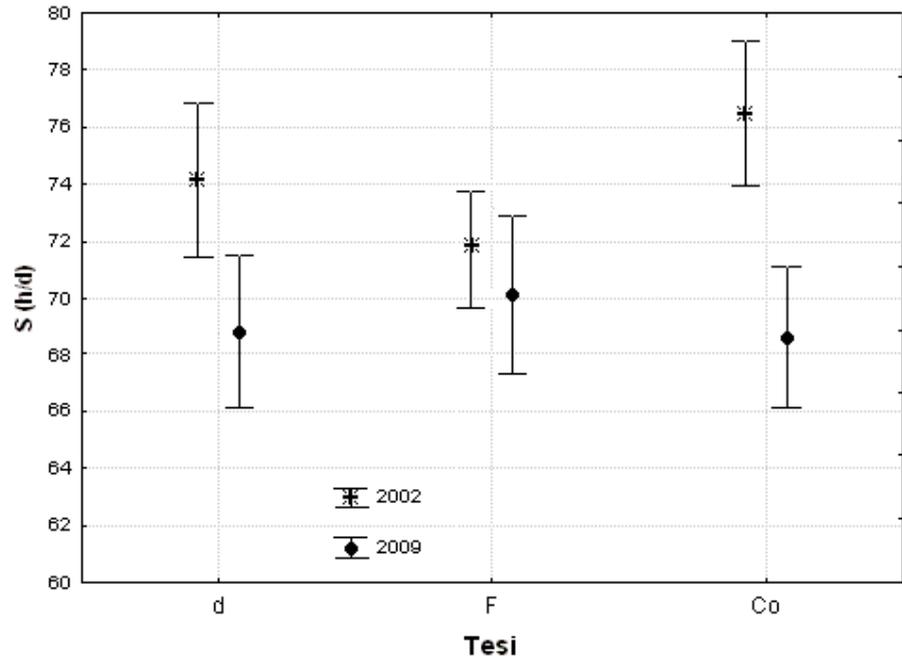


Fig. 1 - Ripartizione della massa in piedi (volume cormometrico) fra le piante, distinte in base alla posizione sociale nelle tesi messe a confronto (per la simbologia si rimanda a materiali e metodi).

Fig. 2 - Valori medi di S (con limiti fiduciarî per $p < 0.05$), distinti per tesi, subito dopo l'utilizzazione (2002) e nel 2009.



zia differenze significative ($P < 0.05$) fra le tesi ($F_{[2,118]} = 3.18$) e molto significative ($P < 0.01$) fra le posizioni sociali ($F_{[1,118]} = 90.24$), mentre l'interazione fra le due fonti di variazione non risulta statisticamente significativa. Il test di Duncan mette in luce differenze significative tra le tesi Co (77) e F (70), mentre valori intermedi e non significativamente differenziati rispetto agli altri spettano a d (74). Lo stesso test evidenzia che il valore medio di S nella tesi Cd (82) è significativamente più alto di quello della tesi D (67). Il valore di S , dal 2002 e al 2009, è aumentato significativamente ($F_{[2,236]} = 3.039$; $p < 0.05$) solo nel caso delle tesi Co e d (Fig. 2).

Variatione dell'irradianza relativa (I.R.)

I valori medi di irradianza sotto copertura sono cambiati sensibilmente nel corso della sperimentazione (Fig. 3).

Nell'estate seguente all'intervento (2002), i valori medi di $I.R.$ si differenziavano statisticamente ($P < 0.01$) fra le tesi ($F_{[2,1918]} = 81.57$): in particolare il test di Duncan evidenzia differenze significative fra tutte e tre le tesi messe a confronto (Co 9%, d 16%, F 21%).

I valori medi di $I.R.$ rilevati sotto copertura in ciascuna parcella sono correlati negativamente ($r = -0.92$) e molto significativamente ($P < 0.01$) con l'area basi-

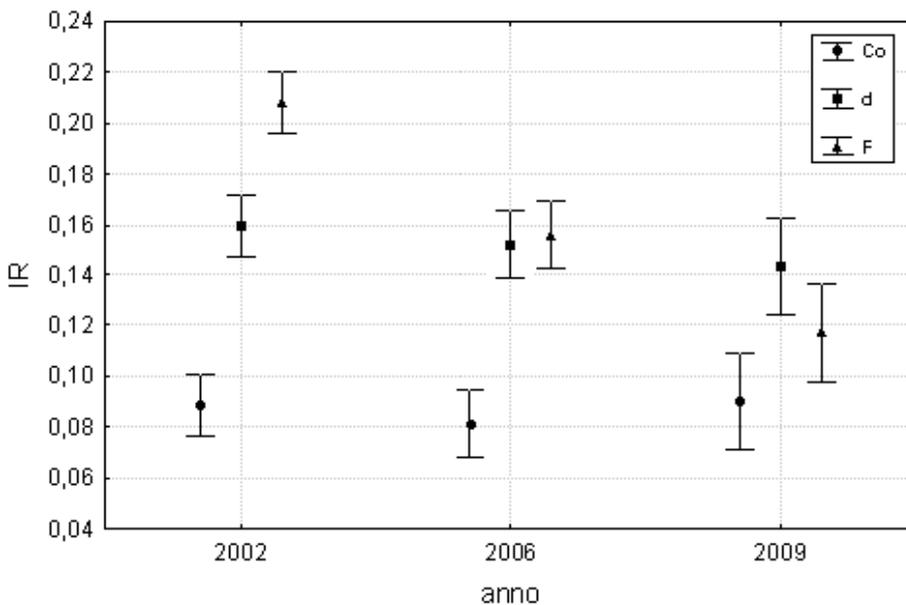


Fig. 3 - Valori medi di $I.R.$ (con limiti fiduciarî per $p < 0.05$): confronto fra tesi nelle varie annate di rilievo.

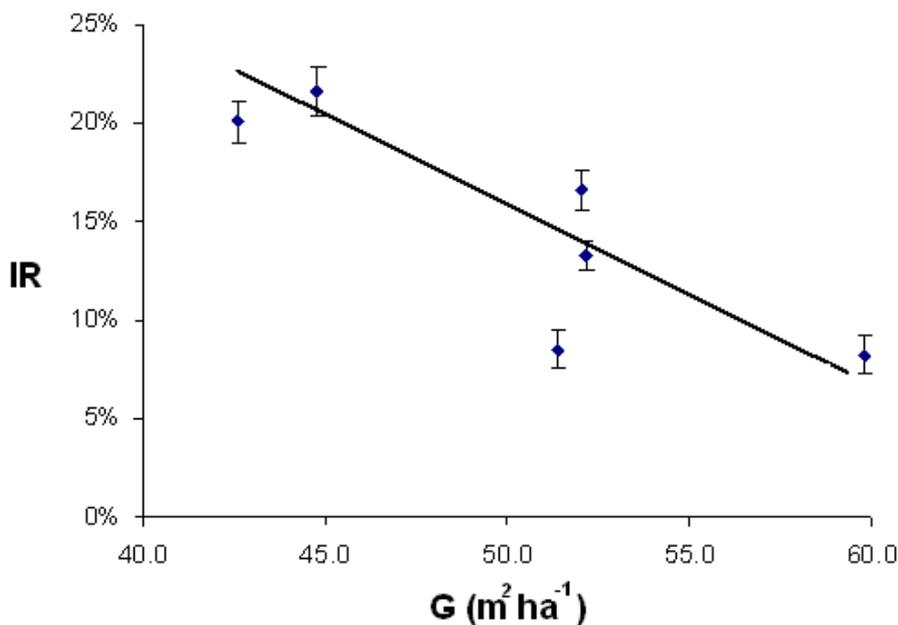


Fig. 4 - Correlazione fra area basimetrica (G) dopo il taglio intercalare e irradianza relativa media (IR ± e.s.).

metrica (G) ad ettaro (Fig. 4).

In base all'ANOVA i valori medi di *I.R.* rilevati nel 2006 risultano significativamente ($P < 0.01$) diversi fra le tesi ($F_{[2;1553]} = 53.1$): il test di Duncan mette in evidenza differenze significative fra *Co* (8.6 %), da una parte, e *d* (15.5) ed *F* (15.8), omogenei fra loro, dall'altra.

Anche nel 2009 i valori medi di *I.R.* risultano significativamente ($P < 0.01$) diversi fra le tesi ($F_{[2;765]} = 10.11$), ma in questo caso la significatività emerge fra *Co* (9 %) e *d* (14.8 %), mentre *F* (12.5 %) non si differenzia in maniera significativa dalle altre due tesi.

Discussione

Dopo 8 stagioni vegetative dall'intervento, i risultati della ricerca sono in linea sia con quelli ottenuti nelle pinete di pino laricio della Calabria (Ciancio & Portoghesi 1995, Berti & Mannucci 1995, Avolio & Bernardini 2008), nei rimboschimenti di pino nero umbri (Cantiani et al. 2005) e in quelli toscani (Amorini 1983, Cantiani & Piovosi 2008): nelle pinete di buona fertilità, il pino manifesta una grande reattività al taglio intercalare, con accrescimenti proporzionati all'intensità dell'intervento. L'incremento periodico di volume stimato in questo studio per le par-

Fig. 5 - Semenzali di abete bianco di 1 anno (sulla sinistra) e di 4 anni (quest'ultimo ripetutamente brucato).



celle diradate è riferibile a quello delle specie a rapido accrescimento ($>10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ - Ciancio et al. 1982) ed è paragonabile con i risultati di indagini dendro-auxometriche condotte nelle pinete della zona (Notarangelo 1999, Varallo 2000).

La posizione sociale degli individui prima del taglio intercalare esercita grande influenza sui successivi accrescimenti: i diradamenti non esaltano l'incremento legnoso delle piante di medie dimensioni (co-dominanti), bensì quello delle piante di maggiori dimensioni (dominanti). Riteniamo che il fenomeno sia dovuto al fatto che, all'aumentare dell'intensità del prelievo, aumenta la quantità di luce che arriva alla parte bassa della chioma: ne consegue che le piante che traggono maggior beneficio sono quelle la cui chioma è già ben sviluppata prima del taglio intercalare (piante dominanti).

A seguito dell'intervento più intenso la maggior parte della massa si concentra nelle piante dominanti, con ricadute positive sulla qualità degli assortimenti ottenibili a fine turno, dovuta alla maggiore uniformità del materiale legnoso (Berti & Mannucci 1995, Cameron 2002).

Come ampiamente dimostrato per l'abete rosso, l'abete bianco e la douglasia (Abetz 1976, La Marca 1983, Bachofen & Zingg 2001, Slodicak & Novak 2006) il rapporto h/dbh è inversamente correlato alla stabilità dei soprassuoli: tale parametro tende inoltre ad aumentare con l'età del popolamento. Nel nostro caso, l'influenza positiva del diradamento sulla stabilità delle piante del soprassuolo è evidente solo nella tesi *F*. Infatti, solo nella tesi in cui il diradamento è stato più intenso il valore medio di *S* è risultato significativamente inferiore rispetto a quello delle parcelle non diradate: tale valore, inoltre, non è variato significativamente negli ultimi 8 anni. Quest'aspetto evidenzia come solo gli interventi di una certa intensità siano efficaci nel promuovere la stabilità dei popolamenti, altrimenti destinati a diminuire nel tempo.

La progressiva riduzione dei valori di *I.R.* osservati nella tesi *F* indica il graduale recupero della copertura a seguito del taglio intercalare. Del resto, anche se non sono state fatte misurazioni specifiche per valutare l'espansione della chioma, è nota la relazione diretta fra sezione trasversale dell'alburno e LAI (Garnier 1981, Borghetti et al. 1986). Nella tesi *d*, la presenza di un più elevato numero di piante Cd (con incrementi diametrici inferiori e quindi minor velocità di espansione della chioma) ostacola l'espansione della chioma delle piante D, determinando così la più lenta chiusura della copertura. Anche Sullivan et

al. (2000), in uno studio effettuato in una pineta di *Pinus contorta* del Nord America, osservano un maggior incremento medio dello sviluppo delle chiome nelle parcelle diradate più intensamente. Nei boschi di latifoglie in Québec (Canada), Beaudet & Messier (2002) concludono che la differenza di radiazione luminosa sotto copertura tra le parcelle diradate e quelle non diradate decresce in funzione del tempo e che la velocità del cambiamento è molto maggiore nei primi anni dopo il taglio; ciò conferma i risultati di questo studio, secondo il quale dopo 8 anni le differenze fra *F* e *Co* sono ormai quasi azzerate. Il diradamento più intenso è evidentemente molto efficace ad esaltare le potenzialità incrementali della specie, senza pregiudicare, anche nel breve periodo, la continuità copertura.

Hale (2003), per *Picea sitkensis* in Gran Bretagna, evidenzia come la correlazione tra irradianza relativa e intensità del diradamento possa essere usata come guida per i gestori che desiderano "modificare" l'ambiente luminoso al fine di incoraggiare la rinnovazione naturale. Per assicurare lo sviluppo del piano di rinnovazione in tali popolamenti è suggerito un livello di irradianza relativa minima del 20%, corrispondente a diradamenti di intensità pari al 45% dell'area basimetrica. La relazione che lega l'irradianza all'area basimetrica è sottolineata anche in altri studi (Jenkins & Chambers 1989, Page et al. 2001, Comeau 2002, Prévost & Pothier 2003, Hale et al. 2004), e nel nostro caso può essere quantificata in un aumento di circa il 10% della irradianza relativa in corrispondenza di una riduzione di 10 m^2 di area basimetrica. Tutto ciò potrebbe assumere un significato negli interventi di rinaturalizzazione tramite sottopiantagione, come proposto da Grifoni (2003) e Cantiani et al. (2003), nel momento in cui si vogliono creare le condizioni idonee per lo sviluppo delle piante introdotte. A tal fine, il taglio intercalare dovrà precedere l'intervento di sottopiantagione e l'intensità sarà in funzione del livello di irradianza che si vuol ottenere all'interno dell'impianto, a sua volta legata alle esigenze della specie che si vuol introdurre (Bianchi et al. 2005). Un lavoro inerente a sottopiantagioni di *Picea glauca* e *Pinus banksiana* (Macdonald & Thompson 2003) in boschi misti a dominanza di pioppo (*Populus tremuloides*) e betulla (*Betula papyrifera*) evidenzia che l'accrescimento dei semenzali aumenta con l'intensità del prelievo prima della sottopiantagione, e mette in rilievo alti rischi di insuccesso qualora si effettuino sottopiantagioni in soprassuoli non diradati. Krasowski & Wang (2003), confrontando l'effetto sulla rinnovazione di *Abies la-*

siocarpa di diverse intensità di diradamento in popolamenti di *Betula papyrifera*, pongono l'accento su come la copertura residua influenzi positivamente lo sviluppo dei semenzali, e concludono che i diradamenti sono il modo migliore per gestire soprassuoli misti di conifere e latifoglie.

Studi condotti in Giappone (Zhu et al. 2003) evidenziano che i diradamenti sono efficaci per promuovere l'insediamento dei semenzali nel piano di rinnovazione nelle pinete litoranee di *Pinus thunbergii*, con densità crescenti con l'intensità dell'intervento. Sullivan et al. (2000) concludono che, in giovani soprassuoli di *Pinus contorta* del Nord America sottoposti a diverse intensità di diradamento, dopo dieci anni dall'intervento sia l'incremento medio delle piante sia la diversità specifica e strutturale del soprassuolo sono significativamente più alti nei popolamenti più radi (dove cioè il grado di diradamento è stato forte o medio), rispetto a quelli più densi (soprassuoli diradati debolmente o non diradati). Cameron (2002) e Nyland (2003) evidenziano come i diradamenti siano essenziali per passare da strutture regolari a strutture irregolari, le più idonee nel favorire una maggiore diversità di nicchia nei popolamenti forestali (Di Castri & Younes 1990, Oldeman 1994, Paci 1999).

In uno studio condotto sulle dinamiche strutturali delle pinete di pino nero del Casentino (Bianchi & Paci 2002) è stato osservato che, in popolamenti analoghi (per caratteristiche stazionali ed età del popolamento) a quello oggetto della nostra indagine, è presente (o comunque si inizia a delineare) un piano inferiore di latifoglie (acero montano, frassini, cerro, castagno, ecc.) con o senza partecipazione di abete bianco. Nella pineta oggetto di questo studio l'assenza di un piano di successione non è attribuibile né alla disponibilità di seme (nelle immediate vicinanze sono presenti abetine di abete bianco, cerrete, faggete, oltre a gruppi di piante di frassino maggiore, castagno, acero di monte, ecc.) né a livelli radiativi insufficienti (quelli rilevati sarebbero comunque compatibili con le esigenze di molte specie tolleranti l'ombra). Riteniamo piuttosto che il vero fattore limitante per la rinnovazione forestale sia costituito dal carico di ungulati presente nelle Foreste Casentinesi (Fig. 5). Nel territorio in cui si è svolta l'indagine sono presenti popolazioni di cervo, capriolo, daino, cinghiale: la sola popolazione di cervo presenta una densità di 15.5 capi per 100 ha (Gualazzi et al. 2007). Vale la pena di segnalare che l'impatto negativo dell'eccessivo carico di fauna ungulata sulle dinamiche successionali è ampiamente documentato sia nel ter-

ritorio del Parco (Bianchi et al. 2007), sia in altre zone italiane ed estere (Senn & Suter 2002, Candullo et al. 2003, Berretti & Motta 2005, Heuze et al. 2005a Heuze et al. 2005b, Pépin et al. 2006).

Conclusioni

Il taglio intercalare promuove l'incremento legnoso delle piante, fenomeno evidente soprattutto con l'intervento più intenso e per le piante con chioma ben conformata (dominanti). Il diradamento meno intenso influisce poco sulla qualità e sull'omogeneità degli assortimenti ritraibili a fine turno, inoltre è meno efficace nel promuovere l'incremento diametrico e la stabilità delle piante del soprassuolo.

Gli impianti adulti di pino nero, nelle situazioni di miglior fertilità, evolvono piuttosto velocemente verso il bosco misto con latifoglie (Mondino & Bernetti 1998, Bianchi & Paci 2002). Col presente lavoro si è cercato di mettere in evidenza che, con le comuni pratiche colturali, si creano anche le condizioni favorevoli per "l'avvio" di dinamiche successionali. Intervenendo con un'appropriata intensità di prelievo, il gestore potrà indirizzare la dinamica dei popolamenti mediante sottopiantagioni di specie di pregio se queste non sono presenti, o selezionando quelle in ingresso. Il soprassuolo di pino rimasto in piedi, oltre a garantire ottimi accrescimenti, svolgerà una funzione protettiva nei confronti dei piani inferiori. La frequenza e l'intensità degli interventi sarà dettata dalle esigenze luminose delle specie in ingresso e dalla necessità di ridurre i danni al novellame (Stokes et al. 2009) al fine di garantirne uno sviluppo ottimale. Quando uno o più piani inferiori sono definiti, gli interventi colturali assumono una funzione diversa da quella dei tradizionali diradamenti, diventando "tagli di liberazione" mirati alla progressiva affermazione dei piani inferiori (Bianchi & Paci 2008).

La gestione dei soprassuoli forestali mirata ad assecondarne le dinamiche evolutive trova nell'eccessiva pressione della fauna uno dei fattori maggiormente limitanti, al punto di sconsigliarne l'applicazione fino a quando l'equilibrio fra carico di animali selvatici e offerta alimentare del territorio non sia ristabilito.

Ringraziamenti

Hanno collaborato ai rilievi in campo: Alessandro Varallo, Francesco Calzolari, Filippo Cartei, Enrico Stefanini, Francesca Giannetti. Gli autori sono grati alle guardie e agli operai della Comunità Montana del Casentino per il costante impegno con il quale

hanno seguito negli anni la sperimentazione.

Bibliografia

- Abetz P (1976). Beiträge zum Baumwachstum, Der h/d-Wert- mehrmals ein Schlankheitsgrad! Forst- Holzwirt 31: 389-393.
- Amorini E (1983). Prove di diradamento nella pineta di pino nero di Monte della Modina sull'Appennino toscano. Annali Ist. Sper. Selv. XIV: 103-147.
- Amorini E, Fabbio G (1992). La gestione dei rimboschimenti di pino nero. Monti e Boschi 4: 27-29.
- Avolio S, Bernardini V (2008). Risultati di prove di diradamento in rimboschimenti di pino laricio. Annali CRA - Centro Ric. Selv. 35: 51-60.
- Bachofen H, Zingg A (2001). Effectiveness of structure improvement thinning on stand structure in subalpine Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands. Forest Ecology and Management 145: 137-149. - doi: 10.1016/S0378-1127(00)00581-8
- Battaglia MA, Mou P, Palik B, Mitchell RJ (2002). The effect of spatially variable overstory on the understory light environment of an open-canopied longleaf pine forest. Can. J. For. Res. 32: 1984-1991. - doi: 10.1139/x02-087
- Beaudet M, Messier C (2002). Variation in canopy openness and light transmission following selection cutting in northern hardwood stands: an assessment based on hemispherical photographs. Agricultural and Forest Meteorology 110: 217-228. - doi: 10.1016/S0168-1923(01)00289-1
- Berretti R, Motta R (2005). Ungulati selvatici e Foresta. I danni prodotti alla rinnovazione naturale del Parco. Quaderni del Parco 5, Ente Parco Naturale Paneveggio-Pale di San Martino, Trento.
- Berti S, Mannucci M (1995). Influenza dei diradamenti sulle caratteristiche dei fusti e sugli assortimenti legnosi in pinete artificiali di pino laricio. Ann. Ist. Sper. Selv. XXIV: 105-125.
- Bianchi L (2003). Analisi comparativa di intensità di diradamento in parcelle sperimentali di pino nero nel Parco Nazionale Foreste Casentinesi Monte Falterona e Campigna (AR-FC). Tesi di dottorato di ricerca in Arboricoltura da legno, Università degli Studi della Basilicata, Potenza.
- Bianchi L, Maltoni A, Mariotti B, Paci M (2005). Il pino nero e il pino laricio. In: "La selvicoltura delle pinete della Toscana". ARSIA, Regione Toscana, pp. 25-61.
- Bianchi L, Paci M (2002). Tipologia delle pinete di pino nero del Parco Nazionale Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna. Ann. Acc. It. Sc. For. 51: 73-120.
- Bianchi L, Paci M (2008). Dinamica evolutiva e gestione delle abetine toscane: sintesi di quarant'anni di ricerche. Forest@ 5: 122-130. - doi: 10.3832/efor0517-0050122
- Bianchi L, Paci M, Tartaglia C (2007). Rinnovazione naturale di abete bianco. Caratteri del novellame e danni da fauna. Sherwood 129: 7-12.
- Borghetti M, Vendramin G, Giannini R (1986). Specific leaf area and leaf area index distribution in a young Douglas-fir stand. Can. J. For. Res. 16: 1283-1288. - doi: 10.1139/x86-227
- Cameron AD (2002). Importance of early selective thinning in the development of long-term stand stability and improved log quality: a review. Forestry 75: (1): 25-35. - doi: 10.1093/forestry/75.1.25
- Candullo G, De Battisti R, Colpi C, Vazzola C, Da Ronch F (2003). Ungulate damage and silviculture in the Cansiglio Forest (Veneto Prealps, NE Italy). J. Nat. Conserv. 10: 233-241. - doi: 10.1078/1617-1381-00023
- Cantiani P, Ciofini A, Cutini A, Piovosi M, Samaden S (2003). Prove di rinaturalizzazione di rimboschimenti di pino nero in Pratomagno (AR). "Verso foreste più naturali", Ponte Buriano (AR), 12 giugno 2003-luglio-03, Sherwood 91 (2): 13-17.
- Cantiani P, Iorio G, Pelleri F (2005). Effetti di diradamenti in soprassuoli di pino nero (Pettenaio, Perugia). Forest@ 2 (2): 207-216. - doi: 10.3832/efor0292-0020207
- Cantiani P, Piovosi M (2008). La gestione dei rimboschimenti di pino nero appenninici. I diradamenti e nella strategia di rinaturalizzazione. Ann. CRA - Centro Ric. Selv. 35: 35-42.
- Ciancio O, Mercurio R, Nocentini S (1982). La sperimentazione di specie forestali esotiche in Italia. Risultati dopo un sessantennio. Ann. Ist. Sper. Selv. XIII: 105-731.
- Ciancio O, Portoghesi L (1995). Prove sperimentali di diradamento in popolamenti artificiali di pino laricio sui Monti Cimini. Ann. Ist. Sper. Selv. XXIV: 79-90.
- Coates DK, Burton PJ (1997). A gap-based approach for development of silvicultural system to address ecosystem management objectives. Forest Ecology and Management 99: 337-354. - doi: 10.1016/S0378-1127(97)00113-8
- Coates DK, Burton PJ (1999). Growth of planted tree seedlings in response to ambient light levels in northwestern interior cedar-hemlock forests of British Columbia. Can. J. For. Res. 29: 1374-1382. - doi: 10.1139/cjfr-29-9-1374
- Comeau PG (2002). Relationships between stand parameters and understorey light in boreal aspen stands. BC Journal of Ecosystems and Management 1(2): 103-110.
- De Mas G (1993). Tecniche selvicolturali nel restauro ambientale. L'esempio della rinaturalizzazione di aree rimboschite con pino nero. Monti e Boschi 1: 16-22.
- Di Castri F, Younes T (1990). Fonction de la diversité biologique au sein de l'écosystème. Acta Oecologica 11: 429-444.
- Diaci J (2002). Regeneration dynamics in a Norway spruce plantation on a silver fir-beech forest site in the Slovenian Alps. Forest Ecology and Management 161 (1): 27-38. - doi: 10.1016/S0378-1127(01)00492-3

- Granier A (1981). Etude des relations entre la section du bois d'aubier et la masse foliaire chez le douglas (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco). Ann. Sc. For. 38 (4): 503-512. - doi: 10.1051/forest:19810406
- Grassi G, Minotta G, Bagnaresi U (2000). Rinnovazione naturale e acclimatazione alla luce in boschi alpini di conifere. In: Atti del II Congresso Nazionale S.I.S.E.F., Bologna 1999. Edizioni AvenueMedia, Bologna.
- Gray AN, Spies TA (1996). Gap size, within-gap position and canopy structure effects on conifer seedling establishment. Journal of Ecology 84: 635-645. - doi: 10.2307/2261327
- Grifoni F (2003). Arricchimento di popolamenti diversi tramite sottopiantagioni e piantagioni di rovere. Considerazioni sulle fasi iniziali. Sherwood Suppl. 91 (2).
- Gualazzi S, Orlandi L, Martini F (2007). Monitoraggio faunistico di base e studi di eco-etologia delle comunità ornitiche nel patrimonio agricolo forestale della Regione Toscana, Complesso Foreste Casentinesi. Regione Toscana, Comunità Montana del Casentino (relazione non pubblicata).
- Hale SE (2003). The effect of thinning intensity on the below canopy light environment in a Sitka spruce plantation. Forest Ecology and Management 179: 341-349. - doi: 10.1016/S0378-1127(02)00540-6
- Hale SE, Levy PE, Barry A, Gardiner BA (2004). Trade-offs between seedling growth, thinning and stand stability in Sitka spruce stands: a modelling analysis. Forest Ecology and Management 187: 105-115. - doi: 10.1016/S0378-1127(03)00313-X
- Heuze P, Schnitzler A, Klein F (2005a). Consequences of increased deer browsing winter on silver fir and spruce regeneration in the Southern Vosges Mountains: implications for forest management. Ann. For. Sc. 62: 175-181. - doi: 10.1051/forest:2005009
- Heuze P, Schnitzler A, Klein F (2005b). Is browsing the major factor of silver fir decline in the Vosges Mountains of France? Forest Ecology and Management 217: 219-228. - doi: 10.1016/j.foreco.2005.06.003
- Hofmann A, Goretti D, Merendi GA, Tabacchi G, Vignoli M, Bernetti G (1998). L'inventario forestale. In: "Boschi e macchie di Toscana". Regione Toscana, Giunta Regionale. Edizioni regione Toscana, Firenze.
- INFC (2007). Le stime di superficie 2005. Seconda parte. In: "Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio" (Tabacchi G, De Natale F, Di Cosmo L, Floris A, Gagliano C, Gasparini P, Salvadori I, Scrinzi G, Tosi V eds). MiPAF, Corpo Forestale dello Stato, Ispettorato Generale, CRA - ISAF, Trento. [online] URL: <http://www.infci.it>
- Jenkins MW, Chambers JL (1989). Understory light levels in mature hardwood stands after partial overstory removal. Forest Ecology and Management 26: 247-256. - doi: 10.1016/0378-1127(89)90085-6
- Krasowski MJ, Wang JR (2003). Aboveground growth responses of understory *Abies lasiocarpa* saplings to different release cuts. Can. J. For. Res. 33: 1593-1601. - doi: 10.1139/x03-074
- La Marca O (1983). Il problema degli schianti nei boschi. Ricerche sperimentali su alcuni popolamenti di conifere. Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali XXXII: 69-114.
- La Marca O (1999). Elementi di dendrometria. Patron Editore, Padova.
- La Marca O, Vidulich A (1997). Rinaturalizzazione e gestione del patrimonio forestale nelle aree protette. In: Atti del Convegno sul tema "Parchi e riserve naturali: conservazione e ricerca ieri e oggi". Accademia Nazionale dei Lincei, Roma 5 giugno 1996. Atti dei Convegni Lincei 132: 61-78.
- Lieffers VJ, Messier C, Stadt KJ, Gendron F, Comeau PG (1999). Predicting and managing light in the understory of boreal forests. Can. J. For. Res. 29: 796-811. - doi: 10.1139/cjfr-29-6-796
- Macdonald GB, Thompson DJ (2003). Responses of planted conifers and natural hardwood regeneration to harvesting, scalping, and weeding on a boreal mixedwood site. Forest Ecology and Management 182: 213-230. - doi: 10.1016/S0378-1127(03)00047-1
- Malcolm DC, Mason WL, Clarke GC (2001). The transformation of conifer forests in Britain regeneration, gap size and silvicultural systems. Forest Ecology and Management 151: 7-23. - doi: 10.1016/S0378-1127(00)00692-7
- Mercurio R (2003). La rinaturalizzazione dei rimboschimenti: tra aspettative e realtà scientifica. In: Atti del III Congresso SISEF "Meridiani e Foreste", Rifreddo (PZ) 7-10 Ottobre 2003, pp. 19-25.
- Mondino GP (1998). Carta della vegetazione forestale potenziale. In "Boschi e macchie di Toscana". Regione Toscana, Giunta Regionale. Edizioni regione Toscana, Firenze.
- Mondino GP, Bernetti G (1998). I tipi forestali. In "Boschi e macchie di Toscana". Regione Toscana, Giunta Regionale. Edizioni regione Toscana, Firenze.
- Nolè A, Saracino A, Borghetti M (2003). Microclima luminoso, rinnovazione naturale e distribuzione spaziale di *Abies alba* mill. nell'abetina di Laurenzana, Basilicata. IFM 1: 7-21.
- Notarangelo G (1999). Possibilità per l'arboricoltura da legno in impianti artificiali derivati da rimboschimento. Il caso delle pinete di pino nero del Casentino (Arezzo). Tesi di Dottorato di ricerca in Arboricoltura da legno, Università della Basilicata, Potenza.
- Nyland RD (2003). Even- to uneven-aged: the challenge of

- conversion. *Forest Ecology and Management* 172: 291-300. - doi: 10.1016/S0378-1127(01)00797-6
- Oldeman RAA (1994). Sur les écosystèmes forestiers: quatre principes sylvologiques. *L'Italia Forestale e Montana* 1: 1-16.
- Ozenda P (1985). La vegetation de la Chaîne Alpine. Masson Editeur, Paris, France.
- Pépin D, Renaud PC, Boscardin Y, Goulard M, Mallet C, Anglard F, Ballon P (2006). Relative impact of browsing by red deer on mixed coniferous and broad-leaved seedlings - An enclosure-based experiment. *Forest Ecology & Management* 222: 302-313. - doi: 10.1016/j.foreco.2005.10.034
- Paci M (1999). La diversità degli ecosistemi forestali. In: Atti del "II Convegno Nazionale di Selvicoltura" (Magni M, Giordano E, Di Girolamo C eds), Venezia 24-27 giugno 1998, IV: 19-38.
- Page LM, Cameron AD, Clarke GC (2001). Influence of overstorey basal area on density and growth of advance regeneration of Sitka spruce in variably thinned stands. *Forest Ecology and Management* 151: 25-35. - doi: 10.1016/S0378-1127(00)00693-9
- Piussi P (1994). Selvicoltura generale. UTET, Torino.
- Prévost M, Pothier D (2003). Partial cuts in a trembling-conifer stand: effects of microenvironmental conditions and regeneration dynamics. *Can. J. For. Res.* 33 (1): 1-15. - doi: 10.1139/x02-147
- Rivas-Martínez S, Daniel Sánchez-Mata E, Costa M (2001). Worldwide bioclimatic classification system. [online] URL: http://www.ucm.es/info/cif/book/keys_02.htm
- Senn J, Suter W (2002). Ungulate browsing on silver fir (*Abies alba*) in the Swiss Alps: beliefs in search of supporting data. *Forest Ecology and Management* 181: 151-164. - doi: 10.1016/S0378-1127(03)00129-4
- 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. - doi: 10.1016/j.foreco.2005.12.037
- Stokes V, Kerr G, Ireland D (2009). Seedling height and the impact of harvesting operations on advance regeneration of conifer species in upland Britain. *Forestry* 82 (2): 185-198. - doi: 10.1093/forestry/cpn053
- Sullivan TP, Sullivan DS, Lindgren PMF (2000). Stand structure and small mammals in young Lodgepole pine forest: 10-year results after thinning. *Ecological Applications* 11: 1151-1173. - doi: 10.1890/1051-0761(2001)011[1151:SSASMI]2.0.CO;2
- Varallo A (2000). Indagine auxometrica ed indicazioni evolutive sulle pinete casentinesi. Tesi di laurea, Dip.to di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali, Università di Firenze, Firenze.
- Wetzel S, Burgess D (2001). Understorey environment and vegetation response after partial cutting and site preparation in *Pinus strobus* L. stands. *Forest Ecology and Management* 151: 43-59. - doi: 10.1016/S0378-1127(00)00695-2
- Zhu J, Matsuzak T, Lee F, Gonda Y (2003). Effect of gap size created by thinning on seedling emergency, survival and establishment in a coastal pine forest. *Forest Ecology and Management* 182: 339-354. - doi: 10.1016/S0378-1127(03)00094-X