

Confronto tra differenti schemi e densità d'impianto in piantagioni a prevalenza di rovere (*Quercus petraea* [Matt.] Liebel.): un caso di studio in Umbria

Giovanni Testaferri ⁽¹⁾,
Elisa Bianchetto ⁽²⁾,
Claudio Bidini ⁽³⁾,
Marco Terradura ⁽⁴⁾,
Francesco Pelleri ⁽³⁾

*Comparison among different schemes and plant densities in oak plantations (*Quercus petraea* [Matt.] Liebel.): a case study in Umbria, Central Italy*

The results of tree farming plantation, aged 20 years, characterized by three different planting designs are reported. The plantation designs differ in planting densities and by the presence/absence of N-fixing nurse trees and shrubs. The plantations intercropped with N-fixing trees and shrubs (B 33% and C 66%) showed superior increment in dbh and height. The plantation C characterized by valuable tree planted at definitive distances (8 m), lower tree density and higher percentage of N-fixing trees and shrubs (C) showed the best growth performance and no thinning need, but showed the worst stems quality. In plantation (C) the vigorous development of shrubs and brambles hindered the management, making the plantation not suitable for tourist and recreational activities, though more attractive for local wildlife. The plantation with high tree density characterized mainly by sessile oak (A) was more sensitive to insect attacks and needed to be early thinned, thus it is more suitable for tourist and recreational activities. The plantation B with high tree density and intercropped with N-fixing nurse shrubs showed higher growth, needed to be thinned and can be used for tourist and recreational activities too.

Keywords: Sessile Oak, Nitrogen Fixing Species, Thinning, Planting Layout

Introduzione

In Italia l'impiego di specie quercine a legname di pregio quali farnia (*Quercus robur* L.) e rovere (*Quercus petraea* [Matt.] Liebel.) ha trovato diffusione prevalentemente negli imboschimenti volti a ricostituire boschi di pianura nelle regioni settentrionali. Queste sono generalmente piantagioni miste con messa a dimora di alberi e arbusti, caratterizzate da densità da medie ad elevate (da 1700 a 4000 piante ha⁻¹) e sesti d'impianto regolari dove, per mascherare la regolarità della piantagione, le file seguono andamento sinusoidale (Pelleri et al. 2001, Pividori et al. 2015). Queste piantagioni vengono gestite con un approccio naturalistico che mira a ridurre gli input energetici e che sfrutta nei primi anni i meccanismi naturali di competizione intraspecifica e interspecifica al fine di favorire,

nella fase di qualificazione, l'autopotatura delle piante e l'individuazione di quelle che raggiungeranno la fine del ciclo.

Nettamente inferiore è stato l'impiego di queste due specie quercine negli imboschimenti di terreni agricoli, realizzati in seguito ai finanziamenti del Reg. 2080/92 e del PSR, dove sono state prevalentemente impiegate altre latifoglie di pregio considerate più interessanti dal punto di vista economico e produttivo quali noce (*Juglans regia* L.) e ciliegio (*Prunus avium* L.).

La progettazione delle piantagioni di arboricoltura pure o miste ha avuto nel corso degli anni un'evoluzione verso impianti a densità ridotta rispetto all'origine. Si è passati da sesti d'impianto di 3 x 3 m a sesti dove le piante di pregio sono state messe a 5-6 m, fino a piantagioni dove le piante principali a legname pregiato sono state messe a dimora a distanze definitive di 8-10 m, intervallate con piante accessorie (Buresti et al. 2006). Più di recente si è diffusa un'altra tipologia di piantagione, le piantagioni policicliche, nelle quali vengono impiegate piante di pregio caratterizzate da cicli colturali e ritmi di crescita diversificati (Buresti Lattes & Mori 2016, Buresti Lattes et al. 2017).

La pratica di consociare piante di pregio con piante accessorie azotofissatrici arboree e arbustive ha permesso di ridurre i costi di gestione ed è risultata fondamentale negli interventi di riqualificazione ambientale per il recupero delle aree minerarie, favorendo la rapida evoluzione dell'attività biologica e di miglioramento dei suoli delle discariche minerarie sia in Italia che all'estero (Buresti 1984, Chiti et al. 2007, Brunori et al. 2017, Treschevskaya et al. 2019). L'impiego della consociazione con specie azotofissatrici ha spesso determinato un maggiore accrescimento delle piante di pregio sia in diametro che in altezza ed un

□ (1) Margaritelli S.p.A., Frazione Miralduolo, I-06089 Torgiano (PG); (2) CREA - Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente, v. di Lanciola 12/A, I-50125 Firenze; (3) CREA - Centro di ricerca Foreste e Legno, v.le Santa Margherita 80, I-52100 Arezzo; (4) Studio Forestale BeFor, v. Fratelli Cairoli 24, I-06124 Perugia

@ Elisa Bianchetto (elisa.bianchetto@crea.gov.it)

Ricevuto: Apr 16, 2019 - Accettato: Jul 15, 2019

Citazione: Testaferri G, Bianchetto E, Bidini C, Terradura M, Pelleri F (2019). Confronto tra differenti schemi e densità d'impianto in piantagioni a prevalenza di rovere (*Quercus petraea* [Matt.] Liebel.): un caso di studio in Umbria. *Forest@* 16: 40-47. - doi: [10.3832/efor3130-016](https://doi.org/10.3832/efor3130-016) [online 2019-07-17]

Editor: Pier Mario Chiarabaglio

miglioramento della qualità del fusto (Becciolini & Pelleri 2006, Corazzesi et al. 2010, Bianchetto et al. 2013). Recenti indagini hanno anche riscontrato, in ambienti dove le disponibilità idriche possono risultare un fattore limitante, una migliore efficienza nell'utilizzo dell'acqua degli impianti misti di farnia con specie azotofissatrici rispetto a quelli puri (Battipaglia et al. 2017).

Nei paesi centro europei gli impianti con specie quercine di pregio vengono spesso realizzati a densità elevate e con sesti regolari (3000-5000 piante ha⁻¹) per garantire e integrare la rinnovazione dei boschi naturali, per ricostituire aree forestali danneggiate da eventi catastrofici o per riforestare nuove superfici. Questi metodi di rimboscimento, tradizionali in centro Europa, attualmente non sono più sostenibili dal punto di vista economico anche se erano in grado di fornire tronchi di ottima qualità caratterizzati da accrescimenti piccoli e costanti, particolarmente idonei per la produzione di tranciati. Più di recente in Europa per ridurre i costi di gestione si stanno affermando nuove modalità di piantagione dove le specie di pregio (querce in particolare) vengono piantate a gruppi. Generalmente sono realizzati 70-100 gruppi ad ettaro costituiti da una o più specie formati da 15-30 semenzali messi a dimora a distanza di 1-2 m. Gli spazi tra i vari gruppi sono lasciati all'evoluzione naturale permettendo così di creare soprassuoli caratterizzati da strutture più irregolari, con maggiore stabilità e biodiversità (Saha 2012, Saha et al. 2016). Esperienze simili sono state realizzate anche in Italia, sia per favorire l'introduzione di specie di pregio in soprassuoli artificiali sia per integrare la rinnovazione di aree danneggiate da eventi catastrofici (Grifoni 2003, Manetti et al. 2007, Plutino et al. 2009, Fiorentini et al. 2015).

In Italia per quanto riguarda le modalità di gestione ed in particolare i diradamenti sono stati applicati, sia nelle piantagioni di arboricoltura caratterizzate da specie quercine a legname di pregio, sia in quelle realizzate per la ricostituzione dei boschi planiziali, diradamenti di tipo geometrico, geometrico-selettivo e selettivo (Pelleri et al. 2001, 2009, Corazzesi et al. 2010, Pividori et al. 2015, Ravagni et al. 2015). Lo scopo finale di questo tipo di gestione, nelle piantagioni di arboricoltura da legno, è quello di ottenere a maturità 60-100 alberi ad ettaro in grado di produrre assortimenti di pregio di circa 40 cm con turni di 30-40 anni. Obiettivi diversi hanno invece le piantagioni finalizzate alla ricostituzione dei boschi planiziali per le quali sono più indicati interventi gestionali gradualmente e orientati ad ottenere, con turni più lunghi, assortimenti di grosse dimensioni.

Anche in Europa, nei soprassuoli di querce a legname di pregio, l'obiettivo selvicolturale finale più diffuso era quello di ottenere 60-80 alberi di almeno 60 cm con turni molto lunghi (intorno 140-200 anni), adottando regimi di diradamento differenziati in funzione della densità, della fertilità stagionale e degli assortimenti che si volevano produrre (Savill & Spilsbury 1991, Spiecker 1991, Schutz 1993, Barrio Anta & Alvarez Gonzalez 2005).

Assortimenti di pregio e di grosse dimensioni possono essere prodotti anche con turni inferiori a 100 anni mediante l'applicazione di frequenti e intensi diradamenti liberi, riconducibili alla "selvicoltura d'albero". Questo innovativo approccio selvicolturale consente, da un lato, di produrre assortimenti sempre richiesti dal mercato e dall'altro, di ridurre i costi di gestione concentrando l'attenzione del selvicoltore su un limitato numero di piante. Questo approccio si sta diffondendo in vari paesi europei in quanto coniuga sia una maggiore convenienza finanziaria degli investimenti, sia la possibilità di migliorare la stabilità individuale delle piante su cui è concentrata la produzione, riducendo così il rischio di eventuali danni dovuti a eventi climatici catastrofici attualmente sempre più frequenti (Kerr 1996, Jobling & Pearce 1977, Baar et al. 2005,

Lemaire 2010, Mori & Pelleri 2014).

Nel presente lavoro si riporta l'esperienza dell'azienda Selvamar s.s. ubicata tra i comuni di Piegara (PG) e Città della Pieve (PG); l'azienda gestisce circa 160 ettari di bosco ceduo caratterizzato dalla presenza sporadica di rovere (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl.), specie a legname pregiato da sempre al centro dell'attività imprenditoriale della proprietà per la produzione di pavimenti in legno. Facendo tesoro dell'esperienza forestale maturata in Francia, la proprietà ha realizzato nel febbraio 1999, grazie a un finanziamento del Regolamento CEE 2080/92, un impianto di arboricoltura da legno di circa 10 ettari di superficie. In questa piantagione sono state messe a confronto due modalità a differente densità d'impianto: la piantagione a maggior densità è caratterizzata da 2 varianti progettuali descritte più avanti, quella a minore densità d'impianto è invece caratterizzata da piante principali a legname di pregio poste a distanza definitiva di 8 metri e consociate con piante accessorie azotofissatrici, seguendo le indicazioni fornite dal CREA FL (Centro di Ricerca foreste e legno).

L'obiettivo del lavoro è quello di confrontare, a 20 anni di distanza dalla messa a dimora, le diverse tipologie d'impianto, evidenziandone sia le capacità produttive che le possibili ricadute in termini di fruibilità turistico/ricreativa. Vengono sottolineati gli aspetti positivi e le criticità che si sono incontrate nella gestione della piantagione e analizzate le performance, in particolare della rovere, specie di pregio presente in tutto l'impianto.

Materiali e metodi

Descrizione della piantagione

L'impianto è stato realizzato nel febbraio 1999 in terreni precedentemente destinati a uso agricolo ubicati in un'area collinare a circa 400 m s.l.m. Il terreno è di tipo alluvionale con depositi lacustri e fluvio-lacustri, con pH da 5,5 a 7,0. Il clima della zona è caratterizzato da una temperatura media annua di 14 °C, precipitazioni annue di 800 mm, precipitazioni del periodo estivo di 140-150 mm.

Nella realizzazione della piantagione sono state messe a confronto le seguenti tipologie:

- (A) piantagione mista a media densità a prevalenza di rovere (67%) con altre specie di pregio (38%) ma senza specie azotofissatrici;
- (B) piantagione mista con accessorie a media densità a prevalenza di rovere (33%) con altre specie di pregio (38%) con il 33% di arbusti azotofissatori umbellata (*Elaeagnus umbellata* Thunb.);
- (C) piantagione mista con accessorie con piante a legname di pregio (principali) poste a distanza definitiva 8 m (rovere 11% e altre latifoglie di pregio 6%), con il 66% di piante accessorie azotofissatrici (umbellata e ontano napoletano (*Alnus cordata* Loisel.) e con il 17% di carpino bianco (*Carpinus betulus* L.).

(A) Piantagione mista a media densità a prevalenza di rovere

L'impianto è caratterizzato da piante disposte in gruppi di tre di file (denominate triplette) separati, da corridoi di 3,6 m. All'interno delle triplette le piante sono poste secondo un sesto quadrato con distanza tra le piante di 1,8 metri. Nello schema originario le file laterali sono caratterizzate da rovere, mentre nella fila centrale una pianta di ciliegio viene alternata ogni tre piante di farnia (Fig. 1). La densità complessiva al momento dell'impianto risultata di 2315 piante ad ettaro.

(B) Piantagione mista con accessorie a media densità a prevalenza di rovere con arbusti azoto fissatori

Ripete lo schema precedente con inserzione nelle file la-

Fig. 1 - Schema e immagine impianto modalità A. In grigio viene evidenziato il modulo d'impianto.



Fig. 2 - Schema e immagine impianto modalità B. In grigio viene evidenziato il modulo d'impianto.

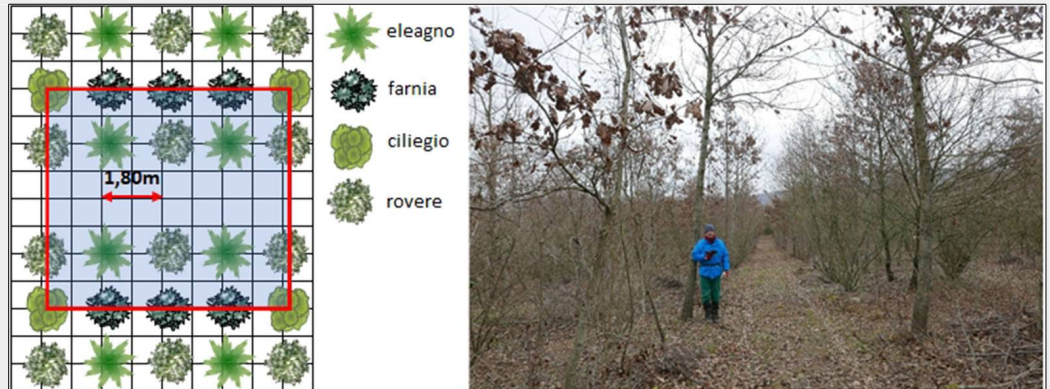
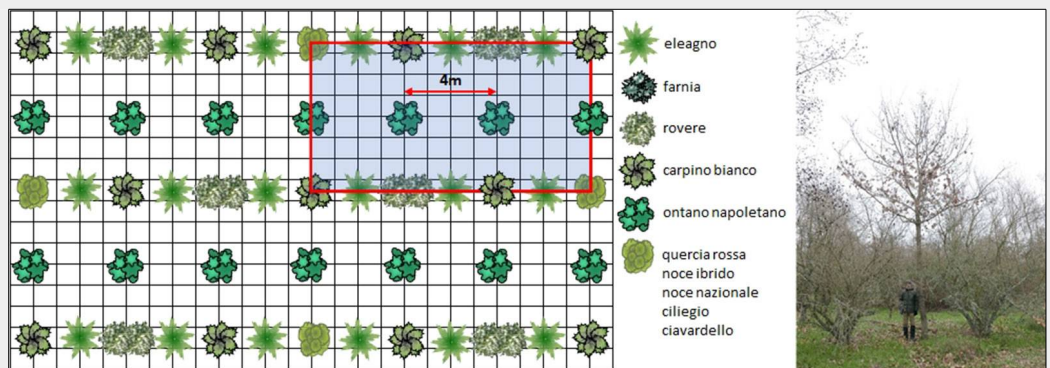


Fig. 3 - Schema e immagine impianto modalità C. In grigio viene evidenziato il modulo d'impianto.



terali della tripletta di eleagno umbellata alternato con la rovere (Fig. 2).

(C) Piantagione mista con piante accessorie azotofissatrici e piante principali poste a distanza definitiva

In questo schema d'impianto le piante a legname di pregio (rovere, ciliegio, noce, ciavardello – *Sorbus torminalis* L. – e perastro – *Pyrus piraster* [L.] Burgsd.) sono alternate lungo la fila con umbellata e carpino bianco a queste file si intercalano file di ontano napoletano (Fig. 3). Le piante di pregio sono poste secondo uno schema a settonce con distanza di 8 m. Per le piante di rovere è stata adottata la tecnica della doppia pianta, sono state infatti messe a dimora una coppia di querce, al posto di una, piantate ad una distanza di un metro l'una dall'altra in modo da poter eseguire, dopo pochi anni, la selezione del miglior soggetto della coppia (Buresti et al. 2001, 2003). La densità complessiva dell'impianto è di 1071 piante ad ettaro con 179 piante di pregio.

Modalità di gestione dell'impianto

Nei primi anni dopo l'impianto il controllo delle infestan-

ti, favorito anche dall'uso di pacciamatura in polietilene, ha interessato solo i corridoi laterali delle triplette nell'impianto A e B e tutte le file dell'impianto C.

A partire dal 2007/2008 sono stati avviati gli interventi di potatura; negli impianti A e B, questi hanno interessato solo un limitato numero di soggetti di specie a legname di pregio, selezionandoli ogni 6-10 m in base alla vigoria e alla qualità del fusto. Nel modulo C le potature hanno invece interessato tutte le piante a legname pregiato. Con la potatura si è mirato ad ottenere un fusto di almeno 2.5-3.0 metri privo di rami attraverso gradualmente interventi di tipo progressivo.

Nel marzo del 2015 è stato necessario realizzare un primo diradamento selettivo nelle due tipologie di impianto a media densità (A e B) favorendo le migliori piante candidate. L'intensità del diradamento è stata di modesta entità con prelievo del 18% e 20% di area basimetrica rispettivamente per A e B. Il diradamento ha interessato solo i più immediati competitori delle piante candidate, lasciando all'evoluzione naturale la restante porzione del soprassuolo. In media sono stati abbattuti 2 competitori per pianta candidata, mantenendo un'adeguata copertura, al fine di favorire ulteriormente lo sviluppo in altezza degli

Tab. 1 - Principali caratteristiche delle aree di saggio al momento dell'inventario 2012 (14 anni) e 2015 (17 anni) prima del diradamento. (*): Il dm_g di B e C considera tutte le specie arboree e arbustive; (**): la densità superiore rilevata nel 2015 nell'impianto A e B deriva dalle nuove piante dominate che hanno superato la soglia di cavallettamento.

Impianto	Superficie (m ²)	Inventario (anno)	Densità (n ha ⁻¹)	G tot (m ² ha ⁻¹)	Dm _g * (cm)	Dm* latif. nobili (cm)	Dm Rovere (cm)	Dm cand. Rovere (cm)	Candidate rovere (%)
A 0% N	1600	2012	1798	6.16	6.6	6.3 ± 2.1	6.4 ± 2.0	7.9 ± 1.6	97
B 33% N	2000	2012	1590	5.06	6.0	6.7 ± 2.3	6.7 ± 2.3	8.4 ± 1.3	89
C 66% N	3800	2012	821	3.79	5.2	8.9 ± 2.6	8.8 ± 2.0	9.4 ± 1.4	63
A 0% N	1600	2015	1819 **	8.89	7.9	7.1 ± 2.7	7.0 ± 2.6	10.4 ± 2.1	97
B 33% N	2000	2015	1680 **	8.36	8.0*	8.3 ± 2.9	8.3 ± 2.8	11.7 ± 1.7	89
C 66% N	3800	2015	726	5.10	9.5*	10.8 ± 3.4	10.5 ± 2.8	13.1 ± 1.4	63

alberi selezionati e contenere contemporaneamente lo sviluppo di rami epicormici.

Inventari

Nel novembre del 2012 e nel marzo 2015 le caratteristiche della piantagione sono state rilevate in 3 aree di saggio di superficie variabile da 1600 a 3800 m² in modo da avere un sufficiente numero di piante candidate di rovere. Il numero minimo di piante candidate è di 30 nelle tipologie di impianto A e B mentre in C il numero è inferiore, dato il maggior numero di specie di pregio presenti. All'interno di queste aree è stato condotto un inventario di tutte le piante a partire da una soglia di 3 cm di diametro, misurando il fusto più vigoroso delle specie arbustive.

Monitoraggio e confronto delle piante candidate

All'interno delle aree di saggio (A e B) sono state selezionate e numerate le candidate, su queste piante è stato rilevato annualmente il diametro e periodicamente (nel 2012, 2015, 2017) l'altezza totale, l'altezza di inserzione della chioma, il diametro della chioma e la qualità del fusto secondo la metodologia proposta per gli impianti di arboricoltura (Nosenzo et al. 2008). Il numero di piante selezionate varia in funzione, dell'evoluzione e del tipo di piantagione; complessivamente sono state selezionate 263, 185 e 95 piante ad ettaro rispettivamente per A, B, e C.

Elaborazione statistica dei dati

Il confronto tra gli impianti sulla base dei parametri rilevati nelle piante candidate è stato condotto mediante l'analisi della varianza (ANOVA) confrontando i valori medi mediante il test HSD di Turkey per valori diseguali. Le differenze in termini di distribuzioni in classi di qualità del fusto sono state valutate mediante il test del χ^2 di Pearson.

Risultati e discussione

Il monitoraggio della piantagione ha evidenziato una fase di attecchimento piuttosto lunga; in limitate superfici, caratterizzate da peggiori condizioni del suolo, le piante presentano uno sviluppo stentato e non saranno in grado di raggiungere gli obiettivi stabiliti in fase di progettazione.

Inventari

Il confronto dei dati rilevati nei due inventari (2012 e 2015) evidenzia una maggiore area basimetrica negli impianti più densi A e B che si ripercuote sull'incremento di area basimetrica, pari a 1.37 e 1.65 m² ha⁻¹ anno⁻¹, mentre nell'impianto C, a minore densità, l'incremento è risultato inferiore (0.66 m² ha⁻¹ anno⁻¹) rispetto alle altre due tipologie (Tab. 1). La minore densità e la presenza di azotofissatrici hanno influenzato positivamente l'accrescimento individuale delle latifoglie di pregio; in particolare nel 2015 la rovere ha raggiunto valori di diametro medio di 7.0, 8.3 e 10.5 rispettivamente negli impianti A, B e C. Questa tendenza si è evidenziata anche per le piante candidate di rovere con diametri medi di 10.4, 11.7, 13.1 cm rispettivamente in A, B e C.

Monitoraggio e confronto delle piante candidate

Un primo confronto è stato realizzato tra le piante candidate di rovere e ciliegio presenti in tutte e tre le modalità di piantagione. I valori medi evidenziano, in funzione delle caratteristiche della specie, un maggiore accrescimento del ciliegio nelle fasi iniziali rispetto alla rovere; successivamente, a partire dal 2012, si è manifestato un positivo effetto della consociazione con azotofissatrici sull'accrescimento diametrico e sull'altezza. L'effetto sul diametro risulta positivamente influenzato dalla presenza di piante azotofissatrici e risulta costante nel tempo; tale effetto è meno evidente e duraturo sull'accrescimento in

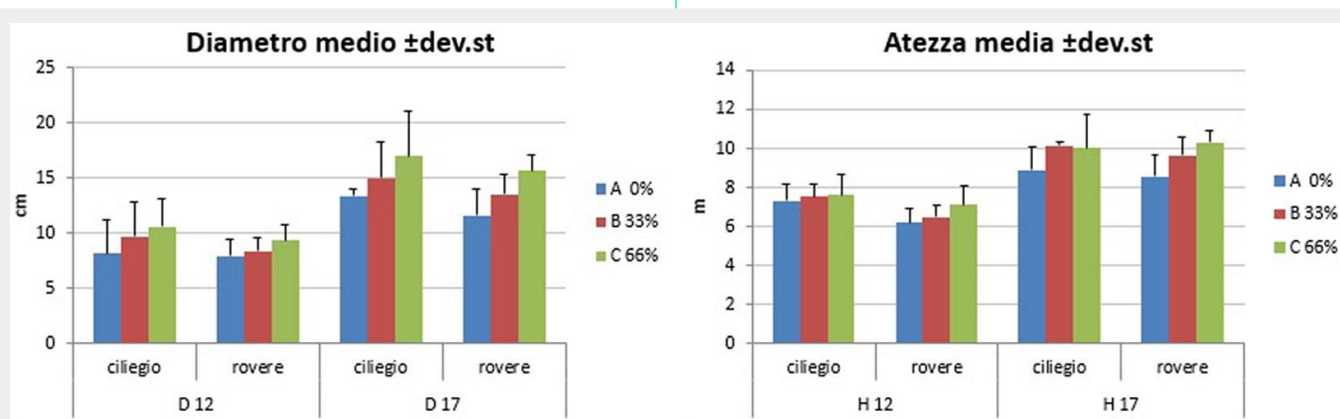


Fig. 4 - Accrescimento, in D e H, delle piante scelte di rovere e ciliegio negli anni 2012 e 2017.

Tab. 2 - Principali caratteri delle piante candidate di rovere a fine 2012 e 2017. (DS): deviazione standard; (HSD): confronto tra le medie mediante il test HSD di Tukey per campioni diseguali.

Impianto	Anno	Piante scelte n	Diametro (cm)			Altezza (m)			Diam. chioma Dch (m)			Rapporto H/D		
			Media	DS	HSD	Media	DS	HSD	Media	DS	HSD	Media	DS	HSD
A 0% N	2012	36	7.9	1.6	A	6.2	0.7	A	-	-	-	80	10	A
B 33% N	2012	31	8.4	1.3	A	6.5	0.6	AB	-	-	-	78	9	A
C 66% N	2012	9	9.4	1.4	A	7.1	1	B	-	-	-	76	12	A
A 0% N	2017	36	11.7	2.4	A	8.6	1.1	A	3.6	0.7	A	75	10	A
B 33% N	2017	31	13.5	1.9	B	9.6	0.9	B	4.1	0.7	B	72	7	A
C 66% N	2017	9	15.7	1.5	B	10.3	0.6	B	4.8	0.7	B	66	6	A

altezza (Fig. 4).

Un'indagine di maggior dettaglio è stata condotta tra le piante candidate di rovere. L'analisi dei principali parametri dendrometrici rilevati sulle piante di rovere evidenzia un significativo effetto della consociazione con specie azotofissatrici che ha condizionato l'accrescimento in diametro e lo sviluppo in altezza delle piante candidate determinando una progressiva differenziazione tra le modalità di piantagione (Tab. 2).

Nel 2012 le differenze di accrescimento in diametro delle piante selezionate di rovere non sono risultate significative, mentre già in quell'anno si sono riscontrate differenze significative tra i valori medi di altezza rilevate nell'area A e C. Nel 2017 le piante candidate, selezionate nelle aree consociate con piante azotofissatrici (area B e C), risultano in generale significativamente differenti per gran parte dei parametri dendrometrici rilevati rispetto all'area A. In particolare, le piante selezionate nell'area C e B presentano diametri medi superiori del 51% e del 15% rispetto a quelli rilevati in A. Anche per le altezze medie si riscontra un andamento simile con valori prossimi a 10 metri, superiori di 1-1.7 m rispetto ad A. La maggiore densità della piantagione, caratterizzante le aree A e B, ha determinato un rapporto H/D delle candidate superiore (H/D= 75 e 72 rispettivamente per A e B) rispetto a quello riscontrato nell'area C (H/D= 66) anche se statisticamente non significativo.

Nell'area C la minore densità dell'impianto e la presenza di arbusti ha esercitato una minor competizione rispetto alle specie arboree consentendo un maggior sviluppo in diametro della chioma (Dch). Tale parametro presenta differenze significative tra l'impianto A senza arbusti e gli impianti B e C caratterizzati dalla presenza di umbellata.

La ripartizione delle piante candidate in classi di qualità del fusto non risulta omogenea tra le varie modalità di impianto (Tab. 3). Il test χ^2 (13.79, $p < 0.01$), applicato solo alle modalità A e B che presentavano un sufficiente numero di osservazioni, conferma una disomogeneità di distribuzione delle classi di qualità del fusto. Nell'area B l'elevata densità d'impianto associata con il 30% di arbusti azotofissatori ha permesso di ottenere una percentuale più elevata di piante appartenenti alle prime due classi (A e B) idonee per la produzione di legname di pregio (Tab. 3). Infatti, nell'area B la maggioranza dei fusti delle candidate appartiene alle prime due classi (87%); tale percentuale scende nell'area A al 58% e a solo il 44% nell'area C, nonostante l'impiego della doppia pianta.

Tab. 3 - Ripartizione dei fusti delle piante candidate di rovere in classi di qualità.

Area	Rovere: classi di qualità del fusto 2017				Tot. rovere
	A	B	C	D	
A 0% N	2	19	13	2	36
B 33% N	8	19	1	3	31
C 66% N	-	4	5	-	9
Totale	10	42	19	5	76

Il monitoraggio annuale degli accrescimenti diametrici delle piante candidate di rovere ha evidenziato una progressiva riduzione dell'incremento corrente di diametro (IcD) prima del diradamento a cui è seguita una ripresa dell'accrescimento negli anni successivi all'intervento nonostante l'effetto di annate siccitose (Fig. 5). Accrescimenti diametrici intorno a 1-1.5 cm si sono ottenuti nelle tesi consociate con le azotofissatrici mentre, valori più bassi, generalmente inferiori a 1 cm, si sono verificati in assenza di queste (tesi A).

Per valutare meglio l'effetto del diradamento sull'accrescimento diametrico delle piante candidate di rovere, sarà necessario proseguire il monitoraggio per più anni in modo da ridurre l'influenza di annate particolarmente sfavorevoli (Tab. 4) che si sono verificate in questi ultimi anni (2015 e 2017) e che hanno mascherato l'effetto del diradamento.

I tre tipi di piantagione si differenziano per alcuni aspetti

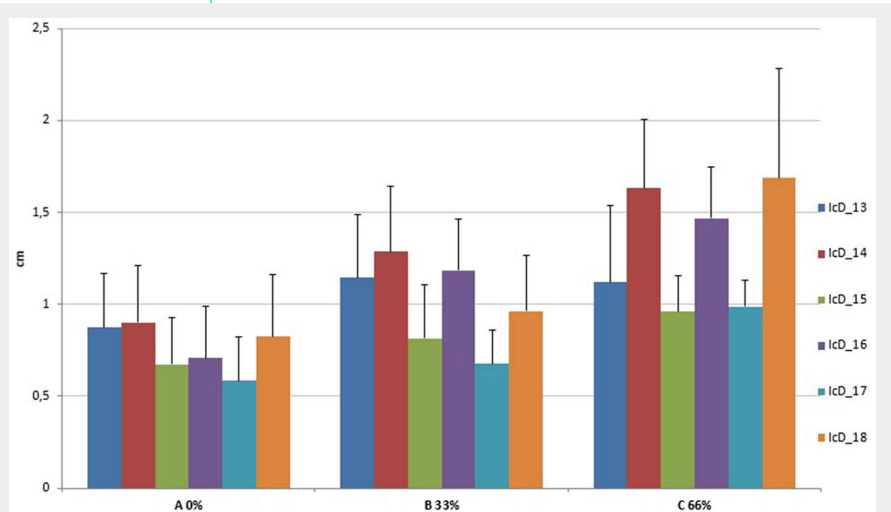


Fig. 5 - Andamento dell'incremento corrente di diametro delle piante candidate di rovere nelle tre modalità di piantagione.

Tab. 4 - Andamento delle precipitazioni rilevate nella stazione di Piegaro (<http://piegarometeo.altervista.org/site/>).

Precipitazioni	2013	2014	2015	2016	2017	2018
P. estive	164	292	235	288	164	369
P. primaverili	67	263	115	211	67	119
P. medie annua	1162	1109	677	915	478	957

che hanno condizionato le modalità di gestione (Tab. 5). La consociazione con le specie azotofissatrici ha sicuramente migliorato le caratteristiche del terreno permettendo alle piante di pregio di accrescersi in modo più sostenuto in diametro e in altezza (Becciolini & Pelleri 2006, Chiti et al. 2007, Battipaglia et al. 2017). La maggiore densità degli impianti nelle modalità A e B e la possibilità di eseguire una selezione dei migliori soggetti su un più ampio numero di individui di rovere e farnia si è ripercossa sulla qualità del fusto delle piante candidate e ha stimolato l'accrescimento longitudinale, determinando rapporti H/D più elevati. Inoltre, la maggiore densità d'impianto ha determinato un minor sviluppo delle infestanti, rendendo più agevoli le cure colturali e dunque più facilmente utilizzabili queste porzioni della piantagione anche per un uso turistico-ricreativo, favorito dalla presenza dei corridoi larghi 3,6 m intervallati alle triplette, alcuni dei quali sono stati anche identificati come sentieri e valorizzati con la presenza di segnaletica.

Nell'impianto C la minore densità della piantagione ha determinato un notevole sviluppo delle chiome di eleagno che hanno progressivamente ostacolato il passaggio dei mezzi meccanici. Queste difficoltà associate agli apporti di azoto, forniti dalle specie azotofissatrici, hanno favorito un rapido sviluppo di specie nitrofile come il rovo rendendo attualmente l'impianto difficilmente accessibile e creando forti limitazioni non solo per gli interventi colturali ma anche per la fruizione turistico-ricreativa.

I criteri di progettazione adottati nella modalità C, caratterizzata dalla messa a dimora a distanze più o meno defi-

nitive, non prevedono la realizzazione di diradamenti; questi dovranno essere realizzati solo se l'obiettivo sarà quello di ottenere assortimenti di grosse dimensioni. Il carpino bianco, specie tollerante dell'ombra di lenta crescita, per il momento non ha ostacolato lo sviluppo delle piante di pregio, la sua utilizzazione è consigliabile solo quando sarà possibile produrre legna da ardere.

Nelle altre due modalità il primo diradamento si è reso necessario già a 16 anni e dovrà essere ripetuto più volte nel tempo (Pelleri et al. 2001, Becciolini & Pelleri 2006, Corazzesi et al. 2010, Ravagni et al. 2015). Dato il limitato prelievo, questo è risultato a macchiatico negativo e ha rappresentato un costo per l'azienda. Nell'arco di 5-7 anni sarà necessario eseguire una selezione delle piante candidate, riducendone il numero a 70-80 piante ad ettaro, e realizzare un secondo diradamento di più forte intensità.

La composizione specifica più ricca nell'impianto C e la struttura più irregolare rendono questa modalità di piantagione più attrattiva per la fauna locale che predilige sicuramente strutture più articolate e ricche in biodiversità.

Anche da questa esperienza si ribadisce il positivo effetto delle specie azotofissatrici che in suoli non particolarmente fertili hanno stimolato l'attecchimento e l'accrescimento delle piante a legname di pregio. Elevate densità di umbellata possono però rappresentare un ostacolo per la realizzazione di cure colturali e per la fruizione turistica della piantagione. Nel caso specifico la tipologia B sembra rappresentare per il momento la migliore soluzione per conciliare gli aspetti produttivi, di gestione e multifunzionali dell'impianto.

Conclusioni

Nei boschi di pianura e di collina farnia e rovere erano un tempo frequenti tanto nel ceduo che nella fustaia, caratterizzando specifiche formazioni quali i quercu-carpineti. Nel XX secolo in seguito alla forte richiesta di terreni per uso agricolo, alle opere di bonifica e alla semplificazione

Tab. 5 - Principali aspetti che differenziano le modalità gestionali delle diverse tipologie di piantagione.

Impianto	Velocità di crescita	Effetto della densità	Accessibilità	Diradamenti e qualità fusto	Diversità arborea	Multifunzionalità attuale
A	L'accrescimento in diametro e in altezza è minore	La maggiore densità causa nelle piante rapporti H/D più alti	La maggiore densità determina un più lento sviluppo delle erbe infestanti (rovo, ecc.) e rende più facile il loro controllo	I diradamenti sono necessari. La qualità del fusto è favorita dall'elevata densità	Composizione specifica semplice caratterizzata da solo 3 specie. Struttura mono-plana	Più fruibile per un uso turistico-ricreativo grazie al controllo delle infestanti
B	L'accrescimento in diametro e in altezza è intermedio	La maggiore densità causa nelle piante rapporti H/D più alti	La presenza degli arbusti ostacola in parte l'accessibilità della piantagione	I diradamenti sono necessari. La qualità del fusto è favorita dall'elevata densità e dalla presenza delle accessorie	Composizione specifica semplice caratterizzata da 4 specie. Struttura biplana	Fruibile per un uso turistico-ricreativo e potenzialmente utilizzabile per la produzione di frutti di eleagno
C	L'accrescimento in diametro e in altezza è superiore	La minore densità causa nelle piante rapporti H/D più bassi, e quindi superiore stabilità individuale	La bassa densità e l'elevata disponibilità di azoto favorisce lo sviluppo di rovo. È necessaria una maggiore tempestività delle cure colturali. L'accessibilità della piantagione risulta ostacolata	I diradamenti non sono necessari. La qualità del fusto nonostante le piante accessorie e la doppia pianta è peggiore. È possibile fare solo la selezione all'interno della coppia	Composizione specifica complessa caratterizzata da 10 specie. Struttura articolata su più piani	Meno fruibile per un uso turistico-ricreativo. Utilizzabile per la produzione di frutti di eleagno; più attrattivo per la fauna locale

della gestione delle foreste, prevalentemente orientata alla produzione di legna da ardere, la presenza di queste specie si è notevolmente ridotta tanto da essere considerate, allo stato attuale, specie sporadiche e per questo motivo meritevoli di essere protette e reinserite in questi ambienti. Per tale motivo l'impiego di farnia e rovere negli imboschimenti è sicuramente una scelta positiva sia per assicurare buoni risultati dal punto di vista produttivo sia per la riqualificazione ambientale di aree rurali di pianura e collina.

Le esperienze fin qui condotte hanno dimostrato come l'impiego di piante accessorie azotofissatrici (arboree e arbustive) possa favorire l'insediamento e il primo sviluppo delle querce di pregio che si avvantaggiano del rapido miglioramento della fertilità del suolo. Tale fenomeno risulta particolarmente evidente quando le specie azotofissatrici sono messe a dimora in suoli poco evoluti, non particolarmente favorevoli alle querce, come quello che si riscontra in terreni agricoli o nelle aree di discarica mineraria. Tra le specie azotofissatrici sono da preferire quelle possibilmente autoctone e a rapida crescita iniziale, ma poco competitive e poco invadenti, che possono essere facilmente controllate con adeguati interventi gestionali.

L'impiego di elevate percentuali di piante accessorie azotofissatrici può rendere difficile la gestione per l'eccessivo sviluppo di specie nitrofile (*Rubus* spp.) che ostacolano la meccanizzazione degli interventi. Al contrario l'impiego di specie arbustive, come il nocciolo, con buona capacità di copertura del suolo e maggiore produttività in termini di biomassa, possono svolgere, se associate a specie azotofissatrici del genere *Alnus* a rapida crescita e poco competitive nei confronti delle querce, un'azione di facilitazione in grado di favorire l'educazione delle piante di pregio, di controllare le infestanti e, in un secondo momento, di proteggere il fusto delle querce destinate alla produzione di pregio. Ciò potrebbe garantire anche una maggiore fruibilità di questi imboschimenti per uso turistico ricreativo.

In quest'area di studio, caratterizzata da terreni poco fertili e poveri di azoto, la realizzazione di impianti misti a densità media (tipo B) con circa 2315 piante ha⁻¹, caratterizzati da un numero elevato di piante a legname di pregio e dal 33% di piante azotofissatrici, è risultata la migliore opzione sia rispetto al tipo A senza azotofissatrici, che al tipo C, caratterizzato da piante a legname di pregio poste a distanze definitive e dal 66% azotofissatrici. Quest'ultimo schema può risultare troppo complicato per i piccoli proprietari che non dispongono di idonee attrezzature e che si servono di mezzi extraziendali per la realizzazione degli interventi culturali. La possibilità di condurre la selezione tra un maggiore numero di individui può risultare un vantaggio per ottenere una qualità finale superiore dei fusti; ciò risulta evidente, in particolare, in assenza di materiale vivaistico selezionato, anche se determina sicuramente un aumento dei costi di gestione, in particolare di potature e diradamenti.

Al momento di progettare una piantagione, prima di scegliere le specie da impiegare e il modulo di impianto, è necessario sempre valutare accuratamente le caratteristiche stagionali, la composizione dei boschi limitrofi, gli obiettivi della proprietà, la situazione del mercato locale, le caratteristiche del materiale vivaistico disponibile, le esigenze della società e il tipo di gestione realmente applicabile. Ciò risulta fondamentale per soddisfare le aspettative della proprietà e produrre assortimenti potenzialmente richiesti dal mercato. Più difficile risulterà prevedere le tendenze future del mercato e di conseguenza la redditività della piantagione. A tale riguardo la realizzazione di piantagioni miste, con più specie a legname di pregio, saranno da preferire rispetto alle piantagioni pure. L'impiego di querce come farnia e rovere è sicuramente da favorire sia

per un mercato più stabile del legname, sia per la loro valore naturalistico-ambientale e sia per la loro longevità che le rende particolarmente adatte anche a soddisfare gli altri servizi ecosistemici sempre più richiesti dalla società.

Bibliografia

- Baar F, Balleux P, Claessens H, Ponette Q, Snoeck B (2005). Sylviculture d'arbres-objectif en hêtre et chêne: mise en place d'un dispositif de parcelles de démonstration et d'expérimentation. *Forêt Wallonne* 78: 34-46.
- Barrio Anta M, Alvarez Gonzalez JG (2005). Development of a stand density management diagram for even-aged pedunculate oak stands and its use in designing thinning schedules. *Forestry* 78 (3): 209-216. - doi: [10.1093/forestry/cpi033](https://doi.org/10.1093/forestry/cpi033)
- Battipaglia G, Pelleri F, Lombardi F, Altieri S, Vitone A, Conte E, Tognetti R (2017). Effects of associating *Quercus robur* L. and *Alnus cordata* Loisel. on plantation productivity and water use efficiency. *Forest ecology and management* 391: 106-104. - doi: [10.1016/j.foreco.2017.02.019](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.02.019)
- Becciolini R, Pelleri F (2006). Consociazione tra farnia e ontano napoletano: valutazione degli effetti in un impianto prima e dopo il diradamento. *Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi* 119: 11-16.
- Bianchetto E, Vitone A, Bidini C, Pelleri F (2013). Studio dell'effetto di differenti tipologie di consociazione sull'accrescimento e sulla qualità di *Juglans regia* L. *Annals of Silvicultural Research* 37 (1): 38-44.
- Brunori A, Sdringola P, Dini F, Ilarioni L, Nasini L, Regni L, Proietti P, Proietti S, Vitone A, Pelleri F (2017). Carbon balance and life cycle assessment in an oak plantation for mined area reclamation. *Journal of Cleaner Production* 144: 69-78. - doi: [10.1016/j.jclepro.2016.12.116](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.116)
- Buresti E (1984). Il restauro forestale delle discariche minerarie dell'ENEL. Miniera di S. Barbara nel Valdarno. *Ann. Ist. Sper. Selv.* XV: 157-171.
- Buresti E, Mori P, Ravagni S (2001). Arboricoltura da legno con il ciliegio: ridurre i rischi adottando la doppia pianta. *Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi* 73: 11-16.
- Buresti E, Mori P, Ravagni S (2003). Quando diradare la doppia pianta. Un'esperienza con la farnia (*Quercus robur* L.). *Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi* 85: 21-24.
- 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.
- Buresti Lattes E, Mori P (2016). Progettazione realizzazione e gestione delle piantagioni policicliche di tipo naturalistico. *Progetto Life+ InBioWood (life 12 ENV/IT/000153)*. Ed. Compagnia delle Foreste, Arezzo, pp. 112.
- Buresti Lattes E, Mori P, Pelleri F (2017). Cenni di progettazione e linee guida per il collaudo delle piantagioni policicliche. *Rete Rurale Nazionale, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Roma*, pp. 32. [ISBN 9788899595500]
- Chiti T, Certini G, Puglisi A, Sanesi G, Capperuci A, Forte C (2007). Effects of associating a N-fixer species to monotypic oak plantations on the quantity and quality of organic matter in mine-soils. *Geoderma* 138: 162-169. - doi: [10.1016/j.geoderma.2006.11.004](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.11.004)
- Corazzesi A, Tani A, Pelleri F (2010). Effetto della consociazione e del diradamento in un impianto di arboricoltura da legno con latifoglie di pregio dopo oltre 20 anni dall'impianto. *Ann. CRA-Centro Ric. Selv.* 36 (2010): 37-48.
- Fiorentini S, Degl'Innocenti N, Bartolozzi L, Galipò G, Travaglini D, Nocentini S (2015). L'impatto dei cervidi sulla rinnovazione artificiale di abete bianco. Primi risultati di una prova di impianto a piccolissimi gruppi. *Italia Forestale e Montana* 70 (2): 83-98. - doi: [10.4129/ifm.2015.2.01](https://doi.org/10.4129/ifm.2015.2.01)
- Grifoni F (2003). Arricchimento di soprassuoli diversi tramite sottopiantagioni e piantagioni di rovere: considerazioni sulle fasi iniziali. In: *Atti del seminario "Tra limiti e opportunità"*. Ponte

- Buriano (Arezzo) 12 giugno 2012. Sherwood - Foreste e Alberi Oggi 91 (Supplemento 2): 57-61.
- Jobling J, Pearce ML (1977). Free growth of oak. Forestry Commission Forest Record 113, HMSO, London, UK, pp. 16.
- Kerr G (1996). The effect of heavy or "free growth" thinning on oak (*Quercus petraea* and *Q. robur*). Forestry 69 (4): 303-316. - doi: [10.1093/forestry/69.4.303](https://doi.org/10.1093/forestry/69.4.303)
- Lemaire J (2010). Le chene autrement. Produire du chène de qualité en moins de 100 ans en futaie régulière. Guide technique IDF, pp. 176.
- Manetti MC, Cutini A, Gugliotta OI, Hajny M, Amorini E (2007). Sviluppo della componente arborea e tecniche di recupero in pineta percorsa dal fuoco, Castel Fusano, Roma. Forest@ 4 (1): 131-141. - doi: [10.3832/eforo435-0040131](https://doi.org/10.3832/eforo435-0040131)
- Mori P, Pelleri F (2014). Selvicoltura per le specie arboree sporadiche: manuale tecnico per la selvicoltura d'albero proposta nell'ambito del pogetto LIFE+ PProSpOT., Compagnia delle Foreste, Arezzo, pp. 144.
- Nosenzo A, Berretti R, Boetto G (2008). Piantagioni da legno. Valutazione degli assortimenti ritraibili. Sherwood - Foreste e Alberi Oggi 145: 15-20.
- Pelleri F, Fiorentin R, Mezzalana G (2001). Gli imboschimenti a prioritaria finalità naturalistica dell'area AMAG di Villaverla (VI): criteri di realizzazione e modalità di gestione. Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi 65: 5-10.
- Pelleri F, Ravagni S, Buresti Lattes E (2009). Confronto tra metodi di diradamento in un impianto puro di farnia (*Quercus robur* L.). Annali CRA - Centro Ric. Selv. 35: 101-114.
- Pividori M, Marcolin E, Marcon A, Piccinin N (2015). Prove di diradamento in impianti di bosco planiziale della Pianura veneta orientale. Annals of Silvicultural Research 39 (1): 46-54. - doi: [10.12899/ASR-777](https://doi.org/10.12899/ASR-777)
- 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 - Foreste e Alberi Oggi 150: 9-14.
- Ravagni S, Vitone A, Bidini C, Bianchetto E, Pelleri F (2015). Cultivation of a tree farming oak (*Quercus robur* L.) plantation aged 34 years in the Arno valley. Annals of Silvicultural Research 39 (2): 11-17. - doi: [10.12899/ASR-1124](https://doi.org/10.12899/ASR-1124)
- Saha S (2012). Development of tree quality, productivity, and diversity in oak (*Quercus robur* and *Q. petraea*) stands established by cluster planting. Ph.D. Dissertation, University of Freiburg, Germany, pp. 1-130. [online] URL: <http://freidok.uni-freiburg.de/dnb/download/9960>
- Saha S, Kuehne C, Bahus J (2016). Lessons learned from oak cluster planting trials in central Europe. Canadian Journal of Forest Research 47: 39-148. - doi: [10.1139/cjfr-2016-0265](https://doi.org/10.1139/cjfr-2016-0265)
- Savill PS, Spilsbury MJ (1991). Growing oaks at closer spacing. Forestry 64 (4): 373-384. - doi: [10.1093/forestry/64.4.373](https://doi.org/10.1093/forestry/64.4.373)
- Schutz JP (1993). High-quality oak silviculture in Switzerland - concepts of education and production in the marginal range of European oak. Annales des Sciences Forestières 50 (6): 553-562. - doi: [10.1051/forest:19930604](https://doi.org/10.1051/forest:19930604)
- Spiecker H (1991). Controlling the diameter growth and the natural pruning of Sessile and Pedunculate oaks (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus robur* L.). Schriftenreihe der Landesforstverwaltung, Baden-Württemberg, Germany, pp. 135.
- Treschevskaya E, Tichonova E, Golyadkina I, Malinina T (2019). Soil development processes under different tree species at afforested post-mining sites. IOP Conf. Series.: Earth and Environmental Science 226: 012012. - doi: [10.1088/1755-1315/226/1/012](https://doi.org/10.1088/1755-1315/226/1/012)