

# Effetto della consociazione e del diradamento in un impianto di arboricoltura da legno con latifoglie di pregio dopo oltre 20 anni dall'impianto<sup>§</sup>

Alessio Corazzesi<sup>1</sup>, Andrea Tani<sup>2</sup>, Francesco Pelleri<sup>3\*</sup>

*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

<sup>§</sup> Lavoro svolto in parti uguali dagli autori e coordinato da F. Pelleri

<sup>1</sup> Dottore in Scienze Forestali e Ambientali

<sup>2</sup> DEISTAF Università di Firenze

<sup>3\*</sup> CRA-SEL Centro di Ricerca per la Selvicoltura, Arezzo. Autore corrispondente [francesco.pelleri@entecra.it](mailto:francesco.pelleri@entecra.it)

positivo effetto della consociazione e 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 principali<sup>4</sup> 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-

<sup>4</sup> 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.

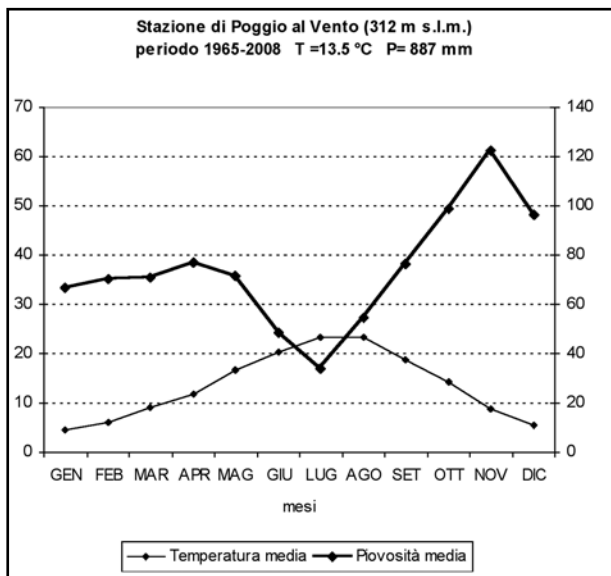


Fig. 1 - Diagramma termo-pluviometrico.  
Climatic diagram of the site.

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 m<sup>2</sup>); 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

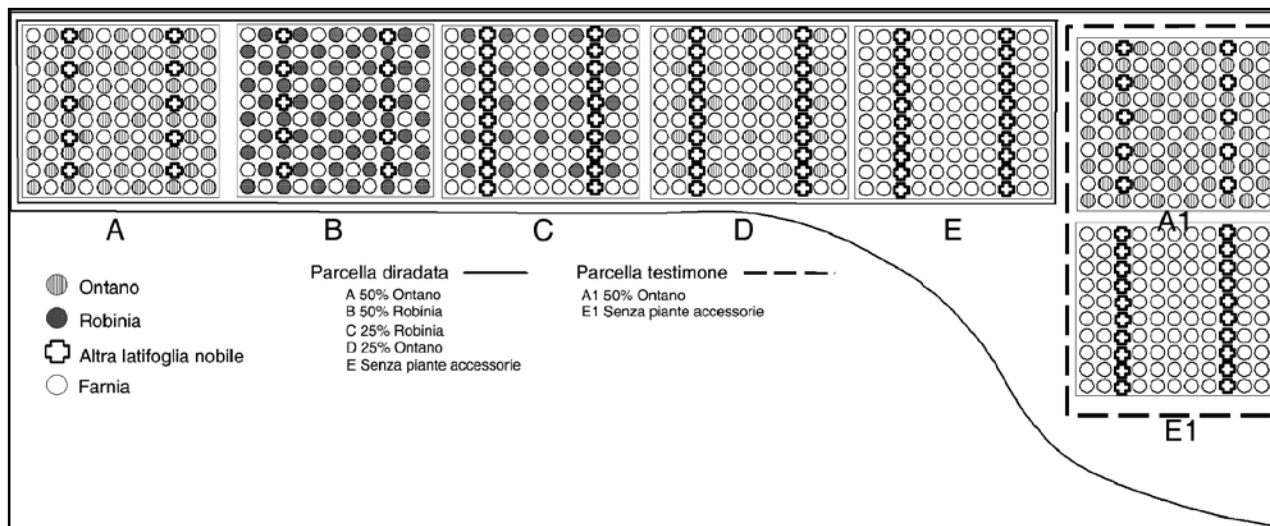
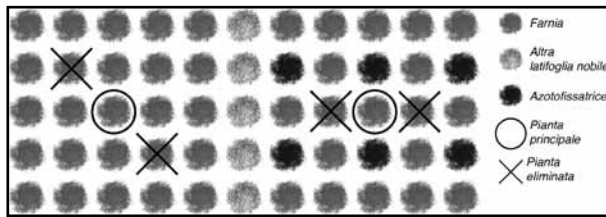


Fig. 2 - Schema della piantagione con le tesi messe a confronto.  
Layout of the plantation with indication of the different intercropping types.



**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

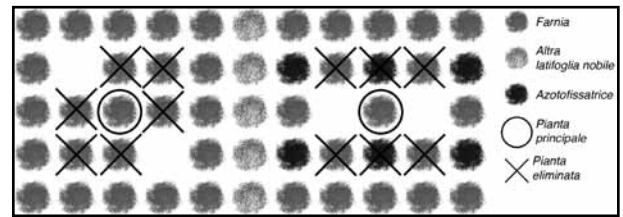
Si riporta una descrizione dei rilievi eseguiti sia su tutto l'impianto sia sulle sole piante principali, tenendo separate le due parcelle (parcella D e T):

#### 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  $\chi^2$ .

### 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 diradamento<sup>1</sup>.

*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       |           | 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        |        |   |          |   |         |   |        |   |
| frassino         | 12         | --        | 0.0         |   | 12         | 4         | --        | 0.0        | 8          | 1         | 1         | 14.3        |        |   |          |   |         |   |        |   |
| ciliegio         | 12         | 3         | 25.0        |   | 9          | 2         | --        | 0.0        | 7          | 1         | --        | 0.0         |        |   |          |   |         |   |        |   |
| ontano           | 130        | 23        | 18.0        |   | 107        | 6         | 12        | 11.9       | 89         | 49        | 18        | 45.0        |        |   |          |   |         |   |        |   |
| <b>totale</b>    | <b>264</b> | <b>29</b> | <b>11.0</b> |   | <b>235</b> | <b>33</b> | <b>14</b> | <b>6.9</b> | <b>188</b> | <b>74</b> | <b>29</b> | <b>25.4</b> |        |   |          |   |         |   |        |   |
| Ontano 25 %      |            |           | totale      |   | morte fino |           | totale    |            | diradate   |           | morte     |             | totale |   | diradate |   | morte   |   | totale |   |
| impianto         |            |           | 2000        |   | 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         |        |   |          |   |         |   |        |   |
| frassino         | 22         | --        | 0.0         |   | 22         | 9         | --        | 0.0        | 13         | 5         | --        | 0.0         |        |   |          |   |         |   |        |   |
| ciliegio         | 22         | 2         | 9.1         |   | 20         | 7         | --        | 0.0        | 13         | 3         | 1         | 10.0        |        |   |          |   |         |   |        |   |
| ontano           | 66         | 11        | 17.0        |   | 55         | 1         | 9         | 16.7       | 45         | 31        | 11        | 78.6        |        |   |          |   |         |   |        |   |
| <b>totale</b>    | <b>242</b> | <b>16</b> | <b>6.6</b>  |   | <b>226</b> | <b>39</b> | <b>15</b> | <b>8.0</b> | <b>172</b> | <b>70</b> | <b>15</b> | <b>14.7</b> |        |   |          |   |         |   |        |   |
| Senza accessorie |            |           | totale      |   | morte fino |           | totale    |            | diradate   |           | morte     |             | totale |   | diradate |   | morte   |   | totale |   |
| impianto         |            |           | 2000        |   | 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         |        |   |          |   |         |   |        |   |
| frassino         | 22         | 1         | 4.5         |   | 21         | 3         | --        | 0.0        | 18         | 2         | 2         | 12.5        |        |   |          |   |         |   |        |   |
| ciliegio         | 22         | --        | 0.0         |   | 22         | 9         | --        | 0.0        | 13         | 4         | --        | 0.0         |        |   |          |   |         |   |        |   |
| <b>totale</b>    | <b>176</b> | <b>9</b>  | <b>5.1</b>  |   | <b>167</b> | <b>37</b> | <b>4</b>  | <b>3.1</b> | <b>126</b> | <b>52</b> | <b>6</b>  | <b>8.1</b>  |        |   |          |   |         |   |        |   |
| Robinia 25%      |            |           | totale      |   | morte fino |           | totale    |            | diradate   |           | morte     |             | totale |   | diradate |   | morte   |   | totale |   |
| impianto         |            |           | 2000        |   | 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         |        |   |          |   |         |   |        |   |
| frassino         | 23         | 2         | 8.7         |   | 21         | 9         | --        | 0.0        | 12         | 0         | --        | 0.0         |        |   |          |   |         |   |        |   |
| ciliegio         | 24         | 10        | 42.0        |   | 14         | 4         | 1         | 10.0       | 9          | 1         | --        | 0.0         |        |   |          |   |         |   |        |   |
| <b>totale</b>    | <b>190</b> | <b>23</b> | <b>12.0</b> |   | <b>167</b> | <b>61</b> | <b>4</b>  | <b>3.8</b> | <b>101</b> | <b>12</b> | <b>--</b> | <b>0.0</b>  |        |   |          |   |         |   |        |   |
| Robinia 50%      |            |           | totale      |   | morte fino |           | totale    |            | diradate   |           | morte     |             | totale |   | diradate |   | morte   |   | totale |   |
| impianto         |            |           | 2000        |   | 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         |        |   |          |   |         |   |        |   |
| frassino         | 12         | 1         | 8.3         |   | 11         | 2         | --        | 0.0        | 9          | 2         | 1         | 14.3        |        |   |          |   |         |   |        |   |
| ciliegio         | 12         | 8         | 67.0        |   | 4          | --        | --        | 0.0        | 4          | --        | --        | 0.0         |        |   |          |   |         |   |        |   |
| <b>totale</b>    | <b>120</b> | <b>29</b> | <b>24.0</b> |   | <b>91</b>  | <b>17</b> | <b>3</b>  | <b>4.1</b> | <b>71</b>  | <b>19</b> | <b>4</b>  | <b>7.7</b>  |        |   |          |   |         |   |        |   |

<sup>1</sup> I dati di mortalità della robinia non sono stati rilevati.

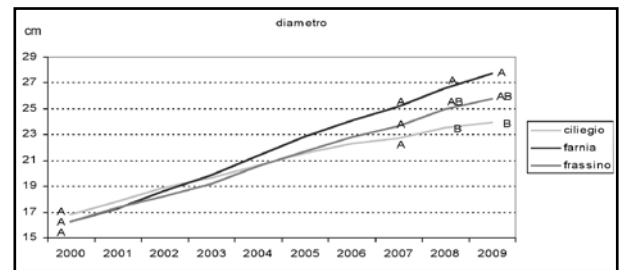
rilevante. Negli anni successivi si assiste ad un cambio di tendenza e farnia e frassino, a seguito di maggiori incrementi diametrici, raggiungono dimensioni anche significativamente superiori al ciliegio, come si può osservare per la farnia nei rilievi del 2008 e 2009.

**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    | A-B               | C-D            | totale |
| ontano        | 11                | 11             | 22     |
| no accessorie | 3                 | 4              | 7      |
| robinia       | 10                | 6              | 16     |
| Totale        | 24                | 21             | 45     |
|               |                   | $\chi^2=0.947$ | n.s.   |
| % accessoria  | A-B               | C-D            | totale |
| 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  $\chi^2$  (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.*

| <b>Diametro 2008</b><br>origine della<br>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                  |           |            |
| <b>Trattamento</b>                                  | <b>cm</b> | <b>HSD</b> | <b>interazione</b>     | <b>cm</b> | <b>HSD</b> |
| dir.                                                | 25.51     | A          | dir. 50% ont.          | 28.15     | A          |
| non dir.                                            | 23.50     | B          | no dir. 50% ont.       | 24.09     | B          |
| <b>Consociazione</b>                                | <b>cm</b> | <b>HSD</b> | <b>no dir. no acc.</b> | 22.91     | B          |
| 50% ontano                                          | 26.12     | A          | dir. no acc.           | 22.87     | B          |
| no acces.                                           | 22.89     | B          |                        |           |            |
| <b>Diametro 2009</b><br>origine della<br>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                  |           |            |
| <b>Trattamento</b>                                  | <b>cm</b> | <b>HSD</b> | <b>interazione</b>     | <b>cm</b> | <b>HSD</b> |
| dir.                                                | 26.59     | A          | dir. 50% ont.          | 29.35     | A          |
| no dir.                                             | 24.40     | B          | no dir. 50% ont.       | 25.04     | B          |
| <b>Consociazione</b>                                | <b>cm</b> | <b>HSD</b> | <b>dir. no acc.</b>    | 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.*

| <b>lCd. 2009</b><br>origine della<br>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                   |          |            |
| <b>Trattamento</b>                              | <b>cm</b> | <b>HSD</b> | <b>interazione</b>      | <b>m</b> | <b>HSD</b> |
| dir.                                            | 1.08      | A          | dir. 50% ont.           | 1.2      | A          |
| no dir.                                         | 0.9       | A          | dir. no acc.            | 0.96     | A          |
| <b>Consociazione</b>                            | <b>cm</b> | <b>HSD</b> | <b>no dir. 50% ont.</b> | 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 PELLERÌ *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<br>origine della<br>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              |          |            |
| <b>Trattamento</b>                          | <b>m</b> | <b>HSD</b> | <b>interazione</b> | <b>m</b> | <b>HSD</b> |
| no dir.                                     | 17.89    | A          | no dir. no acc.    | 17.92    | A          |
| dir.                                        | 16.20    | B          | no dir. 50% ont.   | 17.86    | A          |
| <b>Consociazione</b>                        | <b>m</b> | <b>HSD</b> | 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<br>origine della<br>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                      |          |            |
| <b>Trattamento</b>                       | <b>m</b> | <b>HSD</b> | <b>interazione</b>         | <b>m</b> | <b>HSD</b> |
| dir.                                     | 7.54     | A          | dir. 50% ont.              | 8.28     | A          |
| no dir.                                  | 5.46     | B          | dir. no acc.<br>accessorie | 6.79     | AB         |
| <b>Consociazione</b>                     | <b>m</b> | <b>HSD</b> | 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<br>origine della<br>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             |                    |            |
| <b>Trattamento</b>                         | <b>%</b> | <b>HSD</b> | <b>interazione</b> | <b>Dch/Ht 2008</b> | <b>HSD</b> |
| dir.                                       | 46.8     | A          | dir. 50% ont.      | 48.3               | A          |
| no dir.                                    | 30.6     | B          | dir. no acc.       | 45.2               | A          |
| <b>Consociazione</b>                       | <b>%</b> | <b>HSD</b> | 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.

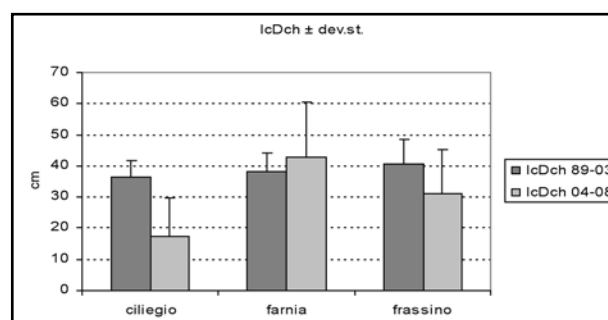


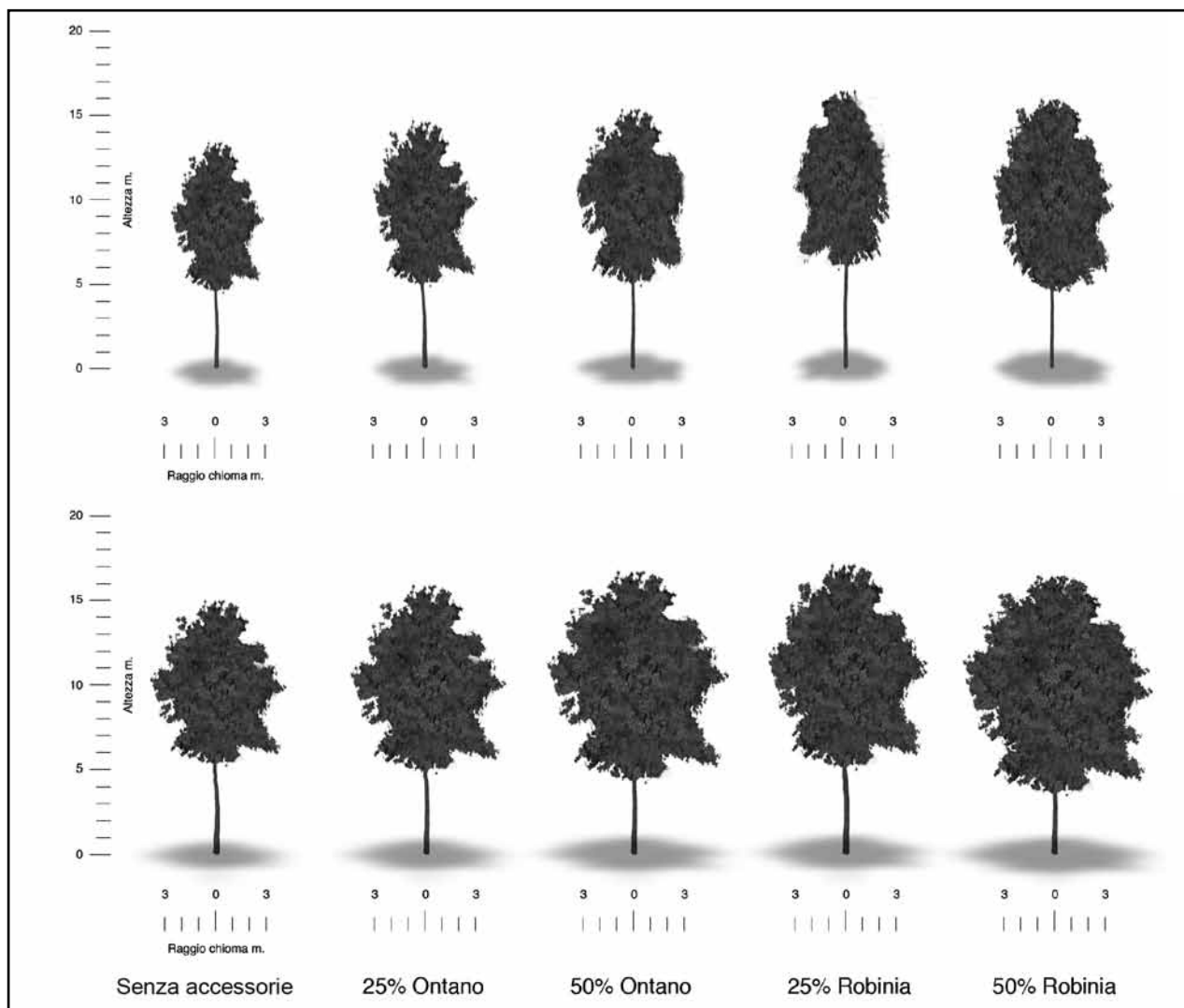
Fig. 7 - Incremento corrente della chioma delle piante principali di pregio (IcDch  $\pm$  dev.st.) relativo ai periodi 1989-2003 e 2004-2008. IcDch  $\pm$  dev.st. of the target valuable broadleaved trees over the intervals 1989-2003 and 2004-2009.

## 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.

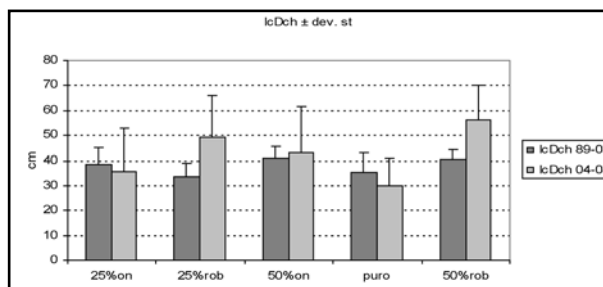
L'impiego delle specie accessorie azoto fissatrici è risultato positivo; le maggiori disponibilità di azoto messe a disposizione per le specie a legname di pregio hanno favorito il loro sviluppo longitudinale e diametrico. Il progressivo auto-diradamento dell'ontano riscontrato in quest'area, consente 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 2004-2009.*

## 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.
- NOSSEN 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.