

## PRIMI RISULTATI DI PROVE COMPARATIVE DI ACCESSIONI EUROPEE DI NOCE DA LEGNO

Paris P\*, Ducci F\*, Brugnoli E\*, De Rogatis A\*, Fady B<sup>§</sup>, Malvolti M E\*, Olimpieri G\*, Pisanelli A\*, Proietti R\*, Scartazza A\*, Cannata F\*

<sup>§</sup> C.N.R., Istituto per l'Agroselvicoltura, Via G. Marconi, 2-05010 Porano (TR); \* C.R..S.A., Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, V.le Santa Margherita, 80 -52100 Arezzo; <sup>§</sup> I.N.R.A., Recherches Forestières Méditerranéennes, Avenue Vivaldi, 84000 Avignon, France

**Abstract. Preliminary results of comparative field tests of walnut European genotypes for timber production.** An European network of 13 sites was established in 1995, to compare the available continental accessions of walnut (*Juglans regia* L.) for high quality wood production. Nine progenies and nine provenances of the species, along with two French hybrids (NG23 x RA; NJ209 x RA) were compared in the network. Three plantations were established in Italy (Chiusi, Orvieto, Tapogliano). Here, we report adaptive and timber production traits in the Italian plantations till spring '99. The French hybrids, along with local accessions, like the Italian Bleggiana, had the best stem height. The hybrids, with the French Charantes and Lozeronne, had also the best stem form. Southern accessions, although some good results in terms of stem growth rates, like for the Spanish MBT122 and the Greek West Crete, were early bud break, being more sensible to late frost damage, hence with negative effect of their stem form. Negative significant regressions between vegetative bud break and stem form were found in Orvieto ( $r=-0.84$ ) and Tapogliano ( $r=-0.72$ ). Walnut water use efficiency (WUE) was studied using carbon stable isotopes discrimination in the Orvieto field in 1998. WUE differences among the compared accessions were found. These differences were negatively correlated with seasonal stem height increments ( $r=-0.57$ ). Overall, results indicate the basic importance of the geographic origin of the planting materials for the productive and ecological values of walnut plantations. The comparative network is also important for *ex-situ* conservation of walnut germoplasm, otherwise under strong genetic erosion pressure.

**Key words:** *Juglans* spp.; wood quality; adaptation; carbon stable isotopes

### Introduzione

E' ben nota l'importanza del noce comune (*Juglans regia* L.) nell'arboricoltura per la produzione di legname pregiato, sia in Italia (Buresti, 1996; Mercurio e Minotta, 2000) che in altri paesi europei (Jay-Allemand *et al.*, 1996). Tradizionalmente questa latifoglia, introdotta in lontane epoche storiche in Europa occidentale, è stata coltivata per la produzione dei frutti, utilizzando il prezioso legname come prodotto secondario. Nei secoli questa specie è stata sottoposta ad una pressione selettiva da parte dell'uomo, rivolta soprattutto alla qualità dei frutti, dando minore importanza alla qualità del legno (Giannini e Raddi, 1997). Attualmente il patrimonio genetico di questa specie è per lo più costituito da *cultivar*-popolazioni tradizionali da frutto (Pisani, 1980)(quali, ad esempio, la Sorrento in Italia e la Lozeronne in Francia) o da gruppi di piante d'incerta origine, nate da seme, ma comunque per lo più piantate dall'uomo.

Recentemente ha preso avvio un lavoro di miglioramento genetico per la selezione di genotipi con superiori caratteristiche adattative e di qualità del legno, destinati all'uso in piantagioni d'arboricoltura da legno. A tal scopo, in Francia sono stati selezionati due ibridi interspecifici tra il noce comune e quello nero americano (*J. nigra* L.); in Spagna, Italia, Grecia e Germania sono state selezionate piante *plus*, con superiori caratteristiche fenologiche. Nel 1996, nell'ambito del Progetto AIR CT92-0142 dell'Unione Europea, è stata costituita una rete europea di 13 piantagioni sperimentali per lo studio del noce da legno, confrontando i caratteri adattativi e produttivi delle principali accessioni di noce

da legno disponibili in Europa, includendo nella rete le *cultivar* da frutto tradizionali, le progenie di piante *plus* ed i due ibridi francesi (Ducci, 1996). Le piantagioni della rete sono state realizzate in Germania (1), Francia (5), Spagna (3), Italia (3) e Grecia (1), saggiando una notevole varietà di condizioni ecologiche. Questo con lo scopo di individuare le accessioni in grado di adattarsi maggiormente ai principali fattori limitanti per il noce, che per i paesi mediterranei sono la disponibilità idrica e le gelate primaverili.

Obiettivo del presente lavoro è la prima valutazione dei tratti d'adattamento (accrescimento, fenologia fogliare ed efficienza d'uso idrico), e di qualità del legno delle accessioni a confronto nei siti italiani della rete europea. Questo lavoro è un primo contributo ad una valutazione integrata delle accessioni di noce da legno, per la loro caratterizzazione produttiva e d'adattamento all'ambiente.

### Materiale e Metodi

#### *I siti sperimentali*

Le tre piantagioni sperimentali italiane della rete europea sono ubicate nei comuni di Tapogliano, Chiusi ed Orvieto. Nella tabella 1 sono riportate le principali informazioni sulle caratteristiche stazionali e climatiche dei tre siti sperimentali. I siti di Orvieto e Chiusi sono in zona collinare. Ad Orvieto (Tr) il suolo è di origine vulcanica, con tessitura sabbio-limosa e profondità del profilo di 70 cm circa. A Chiusi (Si) il suolo è di origine sedimentaria, tessitura limo-argillosa e profondità di 60-80cm.

**Tabella 1. Caratteristiche stazionali dei siti delle piantagioni sperimentali**

Località-Comune	Regione	Altitudine (m s.l.m.)	Anno d'impianto	Data ultima gelata tardiva	Data ultima gelata precoce	Prec.ni medie annue (mm)	Prec.ni estive (G+L+A) (mm)	Temp. media annua (°C)	Media temp. minime (°C)	Media temp. massime (°C)	Indice di aridità di De Martonne (i**)
Chiusi	Toscana	200	1995	19 Aprile *	20 Nov.	517	75,4	13	7,4	20,2	46,15
Biagio-Orvieto	Umbria	400	1995	19 Aprile *	20 Nov.	879	140	12,15	8,05	16,72	50,1
Tapogliano	Friuli V.G.	30	1996	24 Aprile	21 Nov.	1340	269,2	12,4	6,9	18,2	72,2

- \*gelata del 1997.
- \*\*  $i = [(P/T+10) + (12p/t+10)]/2$ , dove  $P =$  precipitazioni annue,  $T =$  temperatura media annua,  $p =$  precipitazioni mese più caldo,  $t =$  temperatura media del mese più caldo

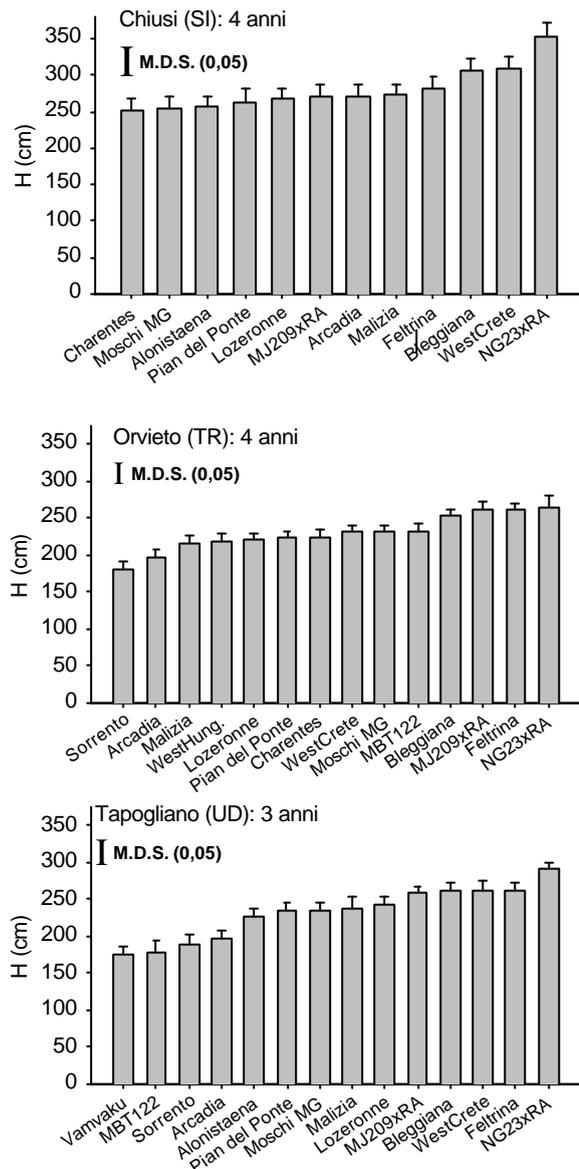
**Tabella 2. Accessioni a confronto nella rete sperimentale (da Fady et al., 2002)**

Sigla	Nome	Accessione		Tipo di materiale	Siti Sperimentali		
		Origine (lat., long.)			Orvieto	Tapogliano	Chiusi
AL1	Ascheberg	51°47' N; 7°37' E		progenie (L)			
AL2	Colbitz	52°20' N; 11°36' E		progenie (L)			
ES1	MBT122	41° 00' N; 0° 30' E		progenie (L)	x	x	
ES2	MBT231	40° 45' N; 0° 30' E		progenie (L)			
FR1	MJ209 x RA	45°10' N; 5°20' E		progenie (C)	x	x	x
FR2	NG23 x RA	45°05' N; 1°40' E		progenie (C)	x	x	x
FR3	Lozeronne	44°40' N; 5°20' E		provenienza	x	x	x
FR4	Charentes	45°30' N; 0°10' W		provenienza	x		x
GR1	Arcadia	37°20' N; 22°20' E		provenienza	x	x	x
GR2	West Crete	35°20' N; 24°00' E		provenienza	x	x	x
GR3	Vamvaku	37°19' N; 22°47' E		progenie (L)		x	
GR4	Alonistaena	37°37' N; 22°10' E		progenie (L)		x	x
GR5	Kato-klitoria	37°53' N; 22°07' E		progenie (L)			
HU1	West-Hungary	45°58' N; 17°54' E		provenienza	x		
IT1	Sorrento	40°55' N; 14°48' E		provenienza	x	x	
IT2	Malizia	40°55' N; 14°48' E		provenienza	x	x	x
IT3	Feltrina	46°01' N; 11°53' E		provenienza	x	x	x
IT4	Bleggiana	46°01' N; 10°50' E		provenienza	x	x	x
IT5	Boschi MG	43°46' N; 11°48' E		progenie (L)	x	x	x
IT6	Pian del Ponte	43°48' N; 11°52' E		progenie (L)	x	x	x

*Progenie (C): progenie da impollinazione controllata di una singola cultivar*

*Progenie (L): progenie da impollinazione libera di una singola cultivar*

*Provenienza: semi raccolti da diversi alberi di un popolamento o di una località*



**Figura 1. Altezza totale del fusto (H) delle accessioni di noce nell'inverno 1998-'99. Le linee verticali rappresentano l'errore standard. MDS: minima differenza significativa**

Il sito di Tapogliano (Ud) è ubicato in zona pianeggiante, con suolo a tessitura argillo-sabbiosa e presenza di abbondante scheletro (ciottoli di fiume) lungo il profilo. Precedentemente all'impianto, i tre siti erano utilizzati come seminativi. Orvieto e Chiusi erano coltivati con una rotazione grano-leguminose foraggiere, Tapogliano con una rotazione mais-medica.

Prima dell'impianto, il terreno nei tre siti è stato lavorato con *ripper* ad un metro di profondità e quindi arato a 30 cm. Il disegno sperimentale adottato era comune alla rete europea, con distanza di 5 x 5 m, parcelle monopianta e randomizzazione a blocchi, con un minimo di 35 blocchi a sito. I semenzali sono stati messi a dimora a fine inverno 1995 (Porano e Chiusi) e 1996 (Tapogliano). Successivamente, per tutti gli anni di cui si riferisce, si è provveduto al controllo delle infestanti mediante lavorazioni superficiali. Non sono state effettuate

fertilizzazioni in copertura, irrigazioni e trattamenti per il controllo di patogeni.

#### *Il materiale vegetale*

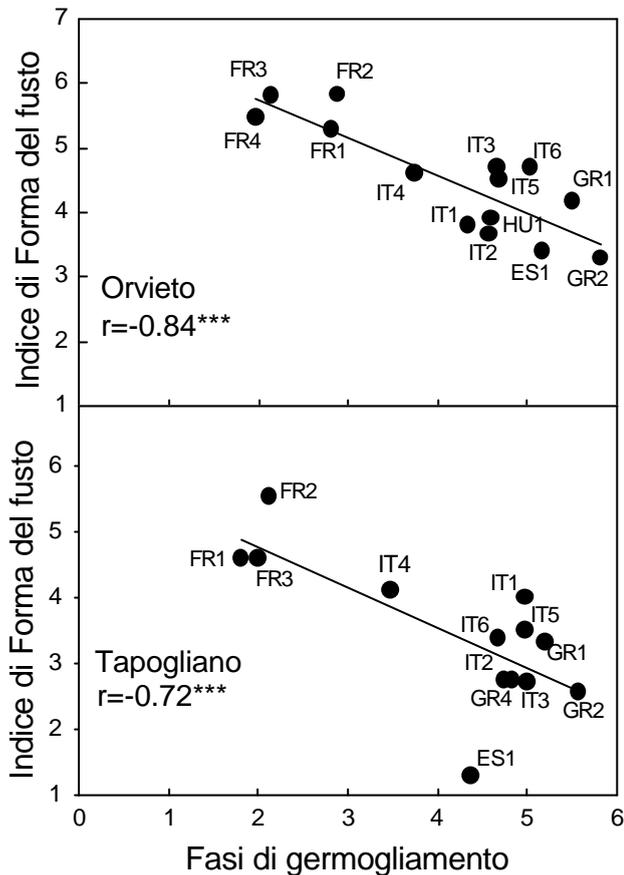
In tabella 2 sono indicate le accessioni a confronto e la loro distribuzione nelle tre piantagioni. Sono state utilizzate in totale 16 accessioni di noce provenienti dalla Spagna (1), Ungheria (1), Grecia (4), Francia (4) ed Italia (6). Non tutte le accessioni sono state impiegate in ciascun sito, non essendo sufficiente il materiale a disposizione per tutte le piantagioni della rete europea. A Tapogliano sono state confrontate 15 accessioni, ad Orvieto 14 ed a Chiusi 12. Le accessioni utilizzate sono divise in tre categorie: i) i due ibridi francesi da impollinazione controllata NG23xRA e MJ209xRA; ii) le cinque provenienze da libera impollinazione (1 ungherese: West Hungary; 2 francesi: Lozeronne e Charentes; 2 greche: Arcadia e West Crete; 4 italiane: Bleggiana, Feltrina, Sorrento e Malizia); iii) le otto progenie da libera impollinazione di piante *plus* selezionate in Spagna (MBT122), Grecia (Vamvaku e Alonistaena) ed Italia (Boschi M.G. e Pian del Ponte). I semi di tutte le accessioni furono raccolti nell'autunno 1993 e seminati in due vivai francesi (vivaio Lallanne vicino a Bordeaux e Viavio Payre, presso Grenoble). Nel 1995, i lotti di semenzali di un anno usati nei siti d'impianto sono stati resi il più possibili omogenei nelle dimensioni (Bequey, 1994); questo per ovviare a possibili interazioni tra accrescimenti e dimensione iniziale dei semenzali. A Tapogliano sono stati usati semenzali di 2 anni.

#### *Caratteri presi in esame*

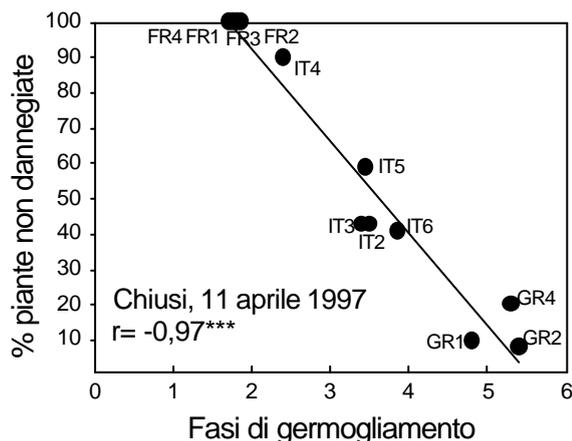
Sono stati valutati i tratti d'adattamento (accrescimento, fenologia fogliare ed efficienza d'uso idrico), e di qualità del legno delle accessioni a confronto. La qualità del legno è stata valutata attraverso la forma del fusto, considerando la forte influenza di questo importante parametro sulle caratteristiche tecnologiche del legno (Berti, 1992). L'efficienza di uso idrico (WUE), importante parametro per valutare la capacità d'adattamento a condizioni di carenza idrica, è stata valutata mediante la discriminazione isotopica del carbonio ( $\delta^{13}C$ ). Una relazione inversa tra  $\delta^{13}C$  e WUE è stata teoricamente ipotizzata e successivamente dimostrata in numerose piante a metabolismo C3, per cui l'analisi degli isotopi stabili del carbonio è stata proposta come uno strumento rapido ed efficace per valutare indirettamente la WUE (per una recente *review*, si veda Brugnoli e Farquhar, 2000).

Sono stati effettuati i seguenti rilievi:

- 1) altezza totale del fusto (in cm) nell'inverno 1999;
- 2) forma del fusto, nell'inverno del 1999, utilizzando un sistema a punteggio con tre livelli:
  - i) fusto rettilineo - punteggio 7;
  - ii) fusto con una curvatura ed asse del fusto interno alla stessa - punteggio 3;
  - iii) fusto storto - punteggio 1.



**Figura 2. Relazione tra forma del fusto e precocità di germogliamento delle accessioni di noce nella primavera 1999. La fenologia fogliare è stata rilevata il 12 Aprile per il sito di Orvieto, ed il 27 aprile per Tapogliano (per le sigle delle accessioni, vedi tab.2).**



**Figura 3. Relazione tra precocità di germogliamento e percentuale di piante di noce non danneggiate dal gelo tardivo primaverile (per le sigle delle accessioni, vedi tab.2).**

- 3) Epoca di germogliamento, nelle primavere 1997 e '99, utilizzando un sistema a punteggio con 6 livelli, da 1 (gemme chiuse) a 6 (getti in allungamento) (da Germain *et al.*, 1999);

- 4) danni da gelo tardivo, nella primavera 1997 (Aprile), rilevando le piante che presentavano i germogli 'bruciati' dal gelo.

Campioni di foglie, destinati alle analisi isotopiche, sono stati collezionati il 25 agosto 1998, presso il sito d'Orvieto, da cinque piante per ciascuna accessione, secondo uno schema a blocchi randomizzati. In dettaglio, sono state campionate cinque foglie apicali pienamente espanse e ben esposte per ogni pianta, ciascuna appartenente ad una differente branca della chioma disposta verso il lato sud. I campioni sono stati essiccati a 80°C per 24h e successivamente macinati allo scopo di ottenere una fine polvere omogenea. Il rapporto isotopico  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  è stato determinato analizzando la  $\text{CO}_2$  proveniente dalla combustione del campione mediante un analizzatore elementare (Modello NA 1500, Carlo Erba, Milano, Italia) collegato ad uno spettrometro di massa per isotopi stabili (SIRA II, VG Isotech, Middlewich, UK).

La composizione isotopica del carbonio ( $\delta$ ) del materiale vegetale è stata espressa come:

$$\delta = R_{(\text{campione})}/R_{(\text{standard})} - 1$$

ove  $R_{(\text{campione})}$  e  $R_{(\text{standard})}$  sono rispettivamente i rapporti isotopici  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  del campione e di uno standard internazionale.

La discriminazione isotopica del carbonio ( $\Delta$ ) è stata calcolata come deviazione tra la composizione isotopica del materiale vegetale ( $\delta_p$ ) e quella della  $\text{CO}_2$  atmosferica ( $\delta_a$ ), come riportato da Farquhar *et al.* (1989):

$$\Delta = (\delta_a - \delta_p)/(1 + \delta_p)$$

La composizione isotopica della  $\text{CO}_2$  atmosferica è stata assunta pari a -8‰.

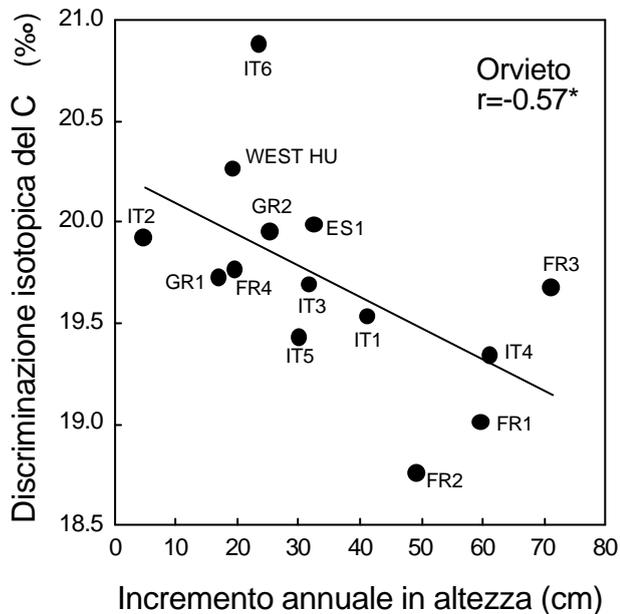
#### Analisi statistica

I dati d'accrescimento sono stati sottoposti ad analisi della varianza (ANOVA) a due vie (accessioni e blocchi) mantenendo separati i tre impianti. Le medie per accessione sono state quindi riuniti in gruppi mediante la minima differenza significativa (MDS). Le relazioni tra germogliamento e ed altri parametri (forma del fusto e danni da gelo) sono state analizzate mediante regressioni

#### Risultati e Discussione

Per ognuno dei tre siti l'ANOVA sull'altezza totale del fusto (H) al terzo (Tapogliano) e quarto (Orvieto e Chiusi) anno d'accrescimento è risultata altamente significativa. In figura 1 sono riportati i dati di H delle accessioni per i tre siti, unitamente alla MDS per  $p \leq 0.05$ . L'altezza media di Chiusi è di circa 50 cm superiore a quella di Orvieto. A Tapogliano, nonostante l'età di un anno più giovane dell'impianto, l'H media è simile a quella di Orvieto.

I tre siti italiani hanno dato buoni risultati in accrescimento in confronto a quanto ottenuto in media per la rete europea di cui fanno parte. A Chiusi l'altezza media stazionale è stata di circa il 42% superiore a quella media della rete europea (198 cm) (Fady *et al.*, 2002). Ad Orvieto e Tapogliano, l'altezza media stazionale è stata di



**Figura 4. Relazione tra discriminazione isotopica del carbonio in noce ed incrementi annuali in altezza del fusto nella stagione 1998 nel sito di Orvieto. (per le sigle delle accessioni, vedi tab.2).**

circa il 16% maggiore alla media della rete. Questo, nonostante che il sito di Tapogliano sia di un anno più giovane.

Nei tre siti i maggiori valori d'altezza sono stati per lo più raggiunti dall'ibrido francese NG23, accompagnato da accessioni locali di noce comune o dall'altro ibrido NJ209. Questi risultati positivi per l'ibrido NG23, concordano con quanto già osservato in altre giovani piantagioni sperimentali in Italia centrale (Buresti *et al.*, 1997; Pisanelli *et al.*, 1998).

Buoni risultati in accrescimento sono stati ottenuti per le accessioni dell'Italia settentrionale Feltrina e Bleggiana. Anche la provenienza greca West Crete, a Chiusi e Tapogliano, ha dato buoni risultati di accrescimento in H. Risultati inferiori alla media si sono avuti per le *cultivar* Sorrento (Italia meridionale) e la greca Arcadia nei siti di Orvieto e Tapogliano.

In figura 2 sono riportate le regressioni lineari tra l'indice di forma del fusto (FF) e quello di germogliamento per i siti di Orvieto e Tapogliano. Ad Orvieto il coefficiente di correlazione ( $r$ ) è risultato maggiore che a Tapogliano. E' evidente la relazione tra i due parametri, con la forma del fusto che migliora in funzione della maggiore tardività di germogliamento delle accessioni. I migliori indici di forma sono stati ottenuti per le accessioni tardive francesi Lozeronne e Charentes e per i due ibridi; valori di FF più bassi, associati ad una maggiore precocità di germogliamento si sono avuti per le accessioni greche Arcadia e West Crete e la spagnola MBT122. L'italiana Bleggiana, del Trentino, presenta valori intermedi di FF e di precocità di germogliamento.

Probabilmente il forte grado di associazione tra forma del fusto ed epoca di germogliamento può essere spiegata con il grado di sensibilità ai danni da gelate tardive che, bruciando i primi getti primaverili, determinano la ripresa dell'accrescimento a carico delle gemme sub apicali e

lateralmente, con conseguente incurvamento basale dei getti. A conferma di ciò, in figura 3 è riportata, per l'impianto di Chiusi, la regressione lineare tra l'indice di fenologia fogliare e la percentuale di piante non danneggiate dal gelo in occasione della gelata tardiva del 19 Aprile 1997. Le dodici accessioni dell'impianto sono ben differenziate secondo la zona di provenienza: le accessioni francesi, più tardive, con 100% delle piante non danneggiate, quelle greche più precoci e con solo il 10-20% delle piante non danneggiate. Le accessioni italiane, a precocità intermedia, presentano percentuali intermedie di piante danneggiate, ad eccezione della Bleggiana, più simile alle accessioni francesi per tardività di germogliamento e bassa sensibilità al gelo.

Per il sito di Orvieto, durante la stagione vegetativa 1998, è stata osservata una relazione inversa tra la discriminazione isotopica del carbonio ( $\Delta$ ) e l'accrescimento annuale in altezza delle accessioni in studio (Figura 4). Tenendo conto della relazione inversa esistente tra discriminazione isotopica ed efficienza d'uso idrico per le piante a metabolismo C3 (Brugnoli e Farquhar, 2000), si può dedurre che nell'impianto di Orvieto nel 1998 la crescita in altezza è risultata strettamente influenzata dall'efficienza d'uso idrico delle piante.

Le accessioni di noce che presentavano un più basso valore di  $\Delta$  e, quindi, una più elevata efficienza d'uso idrico sono state quelle in grado di mantenere una crescita maggiore durante la stagione vegetativa. Questi dati devono essere interpretati tenendo conto delle caratteristiche pedoclimatiche del sito in esame e, in particolare, delle condizioni di estrema siccità caratterizzanti i mesi estivi del suddetto sito. In condizioni idriche limitanti infatti una elevata efficienza d'uso idrico può consentire alle piante una maggiore capacità di sfruttare le residue riserve idriche presenti nel suolo, mantenendo un più elevato rapporto tra carbonio assimilato ed acqua traspirata. Al contrario, in ambienti e/o periodi caratterizzati da condizioni idriche non limitanti per la crescita, la relazione tra  $\Delta$  e WUE tende a perdere di significatività o ad invertirsi (Brugnoli *et al.*, 1998).

### Conclusioni

I due ibridi francesi, soprattutto l'NG23 x RA, hanno mostrato ottime caratteristiche di accrescimento, adattamento e forma del fusto. Sono comunque necessarie ulteriori conferme che scaturiranno dalla prosecuzione degli esperimenti. E' soprattutto importante valutare la qualità del legno degli ibridi francesi, di cui ancora si sa ben poco del loro impiego industriale (segazione e trancitura).

I dati presentati evidenziano principalmente due fattori: i) l'importanza della fenologia fogliare come parametro sia d'adattamento che di qualità della produzione; ii) l'utilità di  $\Delta$  come parametro per valutare l'efficienza di uso idrico e studiare l'adattamento del noce alle condizioni idriche stagionali.

Le accessioni più precoci, normalmente quelle di provenienza meridionale, hanno mostrato una spiccata

sensibilità ai danni da gelate tardive primaverili. Alcune di queste accessioni meridionali, come la greca West Crete e la spagnola MBT122, hanno dimostrato una buona vigoria, con accrescimenti significativi. Ma la loro precocità di germogliamento ha avuto ripercussioni negative sulla forma del fusto, e quindi sulla qualità del loro legno. La forma regolare del fusto ha infatti fondamentale importanza nel determinare la buona qualità del legno. Affinché le piantagioni di noce da legno producano legname di qualità, da trancia o da sega, è indispensabile avere fusti rettilinei e senza difetti. I nostri dati evidenziano la forte relazione esistente tra zona di origine del materiale di propagazione e forma del fusto. E' quindi di fondamentale importanza, per il buon successo dell'impianto, la selezione del materiale d'impianto in base all'origine geografica del seme, scartando il materiale meridionale per piantagioni in stazioni fredde, in cui esista un rischio elevato di gelate tardive.

La disponibilità idrica rappresenta nelle condizioni italiane uno dei principali fattori limitanti per il noce da legno. L'efficienza di uso idrico è sicuramente un importante parametro per studiare l'adattamento a condizioni idriche limitanti. In questo studio, l'analisi isotopica del carbonio si è dimostrato uno strumento efficace per studiare le variazioni d'efficienza d'uso idrico in noce e per valutare come tale parametro possa influenzare la crescita delle differenti accessioni nello specifico sito sperimentale in studio.

E' importante proseguire gli studi nelle piantagioni sperimentali della rete, in Italia ed in Europea, sia per motivi strettamente scientifici, ma anche perché queste piantagioni raccolgono buona parte della variabilità genetica del germoplasma di noce di una parte significativa dell'Europa. Attualmente il noce comune è minacciato da problemi d'erosione genetica (Ducci *et al.*, 1997; Fornari *et al.*, 1999; Malvolti *et al.*, 2001), a causa della fortissima antropizzazione della specie, con la scomparsa delle varietà tradizionali da frutto minacciate dalla competizione di nuove varietà selezionate più adatte alla frutticoltura intensiva. A ciò si aggiunge il problema dell'inquinamento genetico della specie, per l'uso indiscriminato di materiale d'impianto di provenienza ignota per le piantagioni di noce da legno recentemente costituite con i finanziamenti pubblici in tutt'Italia.

Da quanto sopra detto, emerge l'importanza di dare continuità agli studi integrati sul noce da legno, trovando le opportune risorse finanziarie, affinché l'arboricoltura di questa specie possa nei prossimi anni esplicitare pienamente le proprie notevoli valenze produttive ed ambientali

### Ringraziamenti

Questo lavoro è stato svolto con il contributo di due consecutivi progetti dell'Unione Europea (AIR CT92-0142, 1993-96; FAIR-CT96-1887, 1997-2000), ed un successivo finanziamento del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Agenzia 2000 (CNRC001DF9\_01, 2001-'02)

### Bibliografia

- Becquey J (1994). Synthèse des travaux, groupe D. Third report, contract AIR3-CT92-0142 "European development of walnut for wood and fruit production as an alternative extensive system to agricultural crops".
- Berti S (1992). Caratteristiche tecnologiche e destinazione del legname prodotto. In: Arboricoltura da legno in collina e montagna, Accademia Nazionale di Agricoltura, Edagricole, Bologna, pp. 99-114.
- Brugnoli E and Farquhar GD (2000). Photosynthetic fractionation of carbon isotopes. In: Advances in Photosynthesis – Photosynthesis: Physiology and Metabolism (Leegood RC *et al.*, eds.), Kluwer Academic Publisher, the Netherlands, pp. 399-434.
- Brugnoli E, Scartazza A, Lauteri M, Monteverdi MC, Maguas C (1998). Carbon isotope discrimination in structural and nonstructural carbohydrates in relation to productivity and adaptation to unfavorable conditions. In: Stable Isotopes: Integration of Biological, Ecological and Geochemical Processes (Griffiths M ed.), Bios Scientific Publisher, Oxford, UK, pp. 133-146.
- Buresti E (1996). Modelli culturali per il noce da legno. *Sherwood* 15: 27-32.
- Buresti E, Di Meo I, Falcioni S, Frattegiani M (1997). L'utilizzo del noce comune, del noce nero e del noce ibrido in arboricoltura da legno. Primi risultati di una prova comparativa in impianti misti di 8 anni d'età. *Annali Istituto Sperimentale per la selvicoltura*, voll. XXV-XXVI: 243-260.
- Ducci F (1996). Materiale di propagazione e vivaismo. *Sherwood* 15: 19-25.
- Ducci F, De Rogatis A e Proietti R (1997). Protezione delle risorse genetiche di *Juglans regia* L.. *Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura* voll. XXV-XXVI: 35-55.
- Fady B, Ducci F, Aleta N, Becquey J, Diaz Vazquez R, Fernandez Lopez F, Jay-Allemand C, Lefèvre F, Ninot A, Panetsos K, Paris P, Pisanelli A, Rumpf H (2002). Walnut genotypes demonstrate strong genetic variability for adaptive and timber production traits in a network of juvenile field tests across Europe. *New Forests* (in press).
- Farquhar GD, Ehleringer JR, Hubick KT (1989). Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 40: 503-537.
- Fornari B, Cannata F, Spada M, Malvolti ME (1999). Allozyme analysis of genetic diversity and differentiation in European and Asiatic walnut (*Juglans regia* L.) populations. *Forest Genetics* 6: 115-127.
- Germain E, Prunet JP, Garcin A (1999). Le noyer. CTIFL, Paris, pp. 279.
- Giannini R, Raddi S, (1997). Caratteristiche riproduttive e miglioramento genetico. In: Il noce comune per la produzione legnosa (Giannini R e Mercurio R eds), Edizioni Avenue Media, Bologna, pp. 67-89.

- Jay-Allemand C, Fady B and Becquey J (1996). Walnut trees for woodland use in Mediterranean countries: current situation and prospects. *Nucis* 5: 10-13.
- Malvolti ME, Fornari B, Maccaglia E and Cannata F (2001). Genetic linkage mapping in an intraspecific cross of walnut (*Juglans regia* L.) using molecular markers. In: Proc. IV Int. Walnut Symposium (Germain E, Calvi D eds). *Acta Hort.*, 444: 179-185.
- Mercurio R e Minotta G (2000). Noce comune. In: *Arboricoltura da Legno*, CLUEB, Bologna, pp.139-146.
- Pisanelli A, Paris P, Olimpieri G, Cannata F (1998). La pacciamatura plastica e le consociazioni con specie erbacee nella nocicoltura da legno: risultati e potenzialità emerse dall'attività di ricerca. *Linea Ecologica-EM* 4: 37-45.
- Pisani P (1980). Noce. In: *Enciclopedia Agraria Italiana*. R.E.D.A., Roma, pp. 22-38.