

comitato tecnico scientifico:

G. Lo Piparo, F. Lorenzetti, V. Marzi,
A. Nicotra, G. Piva, A. Quacquarelli,
P. Sequi, G. Serino

a cura dell'Ismea

La rivista Agricoltura Ricerca viene pubblicata nel quadro dei programmi svolti dall'Ismea, con il contributo del Maf, per l'informazione sistematica sui risultati della ricerca e della sperimentazione

direttore editoriale

Ezio Castiglione

direttore responsabile

Antonio Falconio

art director

Massimo Cerasi

impaginazione e grafica

Carlo Alberto Torlai e Donatella Quaranta

redazione e amministrazione

Via Nomentana 183 - 00161 Roma
Tel. 85561212 - 85561213 -
85561276

diffusione

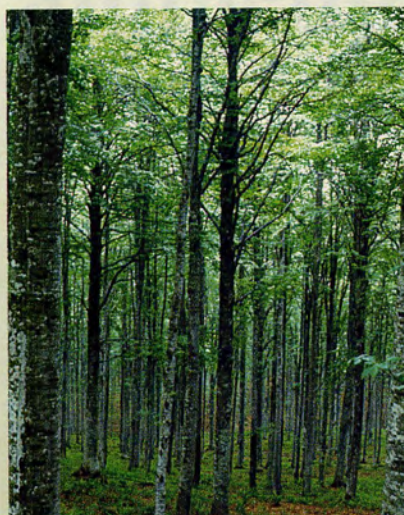
Via Fabio Massimo, 72 - 00192 Roma
Tel. 324.20.35 - 324.21.30 (fax)

autorizzazione del Tribunale di Roma
n. 17299 del 16 giugno 1978
diffusione gratuita
riproduzione autorizzata
citando la fonte

Finito di stampare
nel mese di dicembre 1993
nello stabilimento della Edigraf s.r.l.

AGRICOLTURA RICERCA

numero 147/148 - mensile - luglio/agosto 1993



Speciale FORESTAZIONE

- 5 **BOSCO, AMBIENTE, LEGNO**
R. Morandini (coordinatore)

Conservazione

- 7 **CONSERVAZIONE DEL GERMOPLASMA
FORESTALE: IL RUOLO
DEGLI ARBORETI**
F. Ducci e A. Tocci

Ambiente e turismo

- 15 **IL RECUPERO DEL VERDE STORICO:
L'ESPERIENZA IN PIEMONTE
DEL REAL PARCO DI RACCONIGI**
M. Palenzona, F. Grisoni e L. Gribaudo

- 25 **COME PREVEDERE L'ATTRATTIVA
TURISTICA DI UN BOSCO?**
P. M. Agatea

Conservazione

- 39 **RICERCHE SUGLI INCENDI BOSCHIVI**
M. Sulli

Selvicoltura e ambiente

- 51 **L'AVVIAMENTO AD ALTOFUSTO
DEI BOSCHI CEDUI**
E. Amorini e G. Fabbio

Legno

- 67 **ARBORICOLTURA DI PREGIO**
E. Buresti

- 77 **PROGRESSI NEL MIGLIORAMENTO
GENETICO E NELLE TECNICHE
DI COLTIVAZIONE DEL PIOPPA
IN ITALIA**
S. Bisoffi e G. Frison

Tecniche vivaistiche

- 95 **TECNICHE DI ALLEVAMENTO
DELLE PIANTE FORESTALI**
E. Amorini, E. Buresti e G. Fabbio

- 97 **L'ALLEVAMENTO IN CONTENITORE:
IL SISTEMA ISSA**
E. Amorini e G. Fabbio

- 107 **L'ALLEVAMENTO IN CASSONE**
E. Buresti

Utilizzazioni

- 111 **L'EVOLUZIONE DELLE UTILIZZAZIONI
FORESTALI NEGLI ULTIMI
CINQUANTA ANNI**
S. Baldini e R. Spinelli

Gestione

- 121 **UN SISTEMA INNOVATIVO PER
ELABORARE I PIANI DI GESTIONE
DELLE FORESTE**
F. Ferretti

Tartufo

- 133 **L'OCCASIONE TARTUFO UN MODO
DIVERSO PER RIMBOSCHIRE**
A. Tocci e A. Veracini

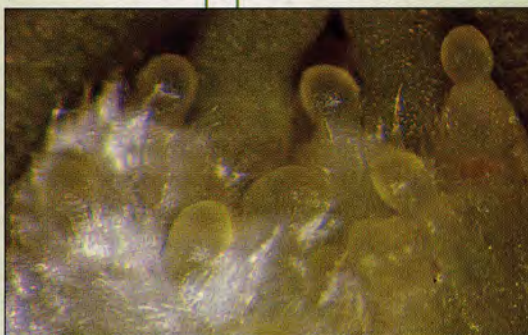
Progressi nel miglioramento genetico e nelle tecniche di coltivazione del pioppo in Italia

S. Bisoffi e G. Frison

Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura, Casale Monferrato.

L'articolo delinea l'evolversi nel tempo dei metodi di miglioramento genetico dei pioppi in Italia, con attenzione particolare all'importanza relativa accordata al miglioramento delle specie parentali e alla selezione clonale. Sono inoltre descritte l'attuale strategia di miglioramento di *Populus deltoides* e *P. nigra* per la produzione di ibridi euroamericani basata su una selezione "semi-reciproca" ricorrente delle due specie, le varie fasi in cui si articola la selezione di cloni commerciali, nonché le principali caratteristiche di 17 cloni recentemente proposti per l'iscrizione al Rncf. La trasformazione genetica, già ottenuta dall'Isp per *P. nigra*, potrà trovare applicazioni pratiche a breve termine: in particolare per la difesa da insetti e altri parassiti. Anche nei modelli colturali si assiste ad un'evoluzione verso metodi meno invasivi nei confronti dell'ambiente e più vantaggiosi dal punto di vista energetico, anche se nella scelta dei cloni da impiegare in coltura si dovrà attribuire maggiore importanza alla rusticità che alle potenzialità produttive. Infine, sono considerati i problemi della coltivazione di pioppi in ambienti sfavorevoli: terreni collinari calcarei, terreni salini e terreni fortemente acidi; pur se esistono diversi gradi di tolleranza clonale e alcune possibilità di interventi correttivi, difficilmente si potrà realizzare in tali condizioni una pioppicoltura economicamente vantaggiosa.

Parole chiave: populus, tecniche colturali, miglioramento genetico.



Evolution of poplar breeding and cultivation techniques in Italy. The evolution of poplar breeding in Italy is outlined, with particular regard to the relative emphasis put on the genetic improvement of parent species and on clonal selection. The paper also describes the present breeding strategy, based on a "semi-reciprocal" recurrent selection of *P. deltoides* and *P. nigra* for the production of euroamerican hybrids, the steps of the selection process of commercial clones, and the main features of 17 new clones, recently proposed for commercial use. Advanced techniques, such as genetic transformation, already achieved by Isp with *P. nigra*, will find practical application in a near future in the field of resistance to insects and other parasites. An evolution is also taking place in cultural models, towards practices that are at the same time more environment-friendly and less energy-consuming: however, resistance to stress conditions shall have to replace growth rate as the main criterion for the choice of planting stock. Finally, the limits to the cultivation of poplars in difficult environmental conditions (soils with high contents of lime or salts, very acid soils) are discussed: in spite of a certain degree of genetic variability of tolerance and some possible amendments by cultural practices, a profitable poplar culture is not to be expected.

Key words: populus, cultural practices, breeding.

L'evoluzione dei metodi di miglioramento genetico

La grande facilità di riproduzione vegetativa dei pioppi neri (Sezione *Aigeiros* Duby) mediante talee legnose ha sempre condizionato i metodi di miglioramento genetico, sia in senso positivo che

negativo. Positivo, in quanto gli stessi agricoltori poterono selezionare i genotipi da impiegare nelle loro piantagioni tra i migliori soggetti spontanei frequentissimi lungo le sponde dei fiumi padani, contribuendo direttamente al successo della coltura; negativo, poiché la possibilità di guadagni ge-

netici immediati conseguibili con la clonazione di genotipi di pregio fece spesso dimenticare che anche per i pioppi, come per tutte le specie agrarie e forestali, il progresso genetico nel lungo periodo è condizionato dal mantenimento di variabilità genetica e dalla ricombinazione genica attraverso la ripro-

duzione sessuale.

Proprio in funzione del peso relativo accordato alla selezione clonale e all'attività di "breeding" la storia del miglioramento genetico del pioppo in Italia può essere suddivisa in quattro fasi, in parte sovrapponibili.

La prima fase inizia agli albori stessi della pioppicoltura, con la selezione empirica da parte degli agricoltori di individui spontanei dal fenotipo pregevole. Si trattava inizialmente di *Populus nigra* L., specie tipica della flora riparia europea; successivamente, in seguito all'importazione di esemplari di *P. deltoides* Bartr. dal nord America in Francia e di qui in Italia, anche di ibridi spontanei tra le due specie o varie forme intermedie non ben definibili generate da "backcross" verso l'una o l'altra specie; prevalsero genotipi riferibili ai due gruppi definiti comunemente, in base all'aspetto, "canadesi" e "caroliniani", pur senza una ragione apparente del riferimento toponomastico. Tale fase non è del tutto esaurita nemmeno ai nostri giorni, tant'è che alcuni pioppicoltori privati stanno tuttora proponendo per l'iscrizione al Registro Nazionale dei Cloni Forestali (Rncl) cloni che, se non direttamente derivati da individui spontanei, sono il risultato di una selezione tra i numerosissimi genotipi che in passato erano stati ottenuti in questo modo.

La seconda fase fu aperta da Giovanni Jacometti che a Villafranca Piemonte, nell'Istituzione Miglioramento Pioppo fondata negli anni 20 sulla spinta dei disastri provocati da epidemie di "defoliazione primaverile" (*Venturia populina* (Vuill.) Fabr.), iniziò, pur se con metodi piuttosto rudimentali, un'opera di incrocio artificiale di soggetti coltivati e di individui mantenuti come ornamentali in parchi di tenute nobiliari piemontesi. Dalla sua opera di selezione tra le numerose progenie ottenute, uscirono la maggior parte dei cloni coltivati fino agli anni 60: I-154, I-

214, I-262, I-455, I-488; cloni resistenti a *V. populina*, ma spazzati via in pochi anni dalle epidemie di *Marssonina brunnea* Ell. et Ev. (P. Magn.) dei primi anni 60 insieme ai numerosissimi cloni di tipo "canadese" selezionati dai pioppicoltori privati. A tali epidemie sopravvisse il clone I-214 che, pur suscettibile al fungo e necessitando trattamenti fitosanitari in caso di forti infezioni, poté convivere con la malattia e da essa, al contrario di quanto comunemente si crede, trasse grande impulso alla diffusione, raggiungendo punte dell'80% del materiale impiegato in coltura negli anni 70.

L'eredità di Villafranca Piemonte venne raccolta dall'Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura (Isp) fondato nel 1939 a Casale Monferrato dalle Cartiere Burgo ed acquisito nel 1952 dall'Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta (Encc).

In un primo tempo l'opera dell'Isp consisté prevalentemente nella selezione clonale all'interno del numeroso materiale ereditato da Jacometti e nella valutazione delle potenziali zone di diffusione. Successivamente l'attenzione si focalizzò sulla specie nordamericana *P. deltoides*, della quale, attraverso collaborazioni internazionali, fu possibile ottenere seme di varia provenienza direttamente dagli Stati Uniti. *P. deltoides* non ebbe molta diffusione nel nostro Paese, anche se attraversò un periodo di favore dopo l'avvento di *M. brunnea*, data la sua grande resistenza al fungo; tuttavia la suscettibilità al Virus del Mosaico del Pioppo (Pmv), la facilità di fratture del fusto per vento o neve ma soprattutto la capacità di attecchimento, sensibilmente inferiore agli ibridi euroamericani, mantennero i cloni selezionati in quel periodo (LUX, ONDA, HARVARD) in una posizione marginale, nella quale tuttora si trovano.

In ogni caso, fino alla fine degli anni 70, l'attenzione era rivolta essenzialmente alla selezione clo-

nale; annualmente venivano effettuati incroci impiegando genitori diversi, tentando di ottenere combinazioni che l'esperienza precedente o i risultati di altri "breeder" stranieri facevano ritenere validi. Le progenie erano poi sottoposte a selezione, senza peraltro che le informazioni desunte dall'esame del loro comportamento venissero usate per una valutazione dei genitori.

Tuttavia non mancarono risultati degni di rilievo, concretizzati nella selezione di cloni quali gli euroamericani I-45-51, SAN MARTINO e NEVA e l'ibrido *P. deltoides* x *P. maximowiczii* Henry ERIDANO, recentemente iscritto al Rncl.

La terza fase è costituita dal lavoro svolto dal Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale (Csaf) di Roma dove, negli anni 60 e 70, fu impostato un programma di miglioramento genetico di *P. deltoides* dall'impianto metodologico assai più razionale. Grazie a raccolte di seme nelle zone d'origine, fu possibile comparare le diverse provenienze per quanto riguarda l'adattamento alla coltura nei nostri climi, selezionare famiglie all'interno di provenienze e individui all'interno delle famiglie. Furono effettuate stime delle componenti la variabilità genetica, calcolate ereditabilità, stimati i possibili guadagni genetici secondo diverse ipotesi di selezione, calcolato il valore riproduttivo di numerosi genitori.

Tutto questo lavoro di base produsse risultati cospicui nel miglioramento genetico di *P. deltoides* (AVANZO, 1972). I migliori riproduttori femminili vennero poi impiegati in incroci controllati o liberi con *P. nigra*; dalla selezione effettuata all'interno delle progenie così ottenute uscirono cloni di assoluto valore, primo fra tutti LUISA AVANZO che, pur se successivamente travolto dalla malattia delle "macchie brune" (patologia dalle cause tuttora non chiare) nell'Italia settentrionale, ha caratteristiche di

accrescimento e morfologia del fusto eccezionali.

Infine la quarta, ultima e attuale fase. Riguarda il lavoro di miglioramento genetico impostato nei primi anni 80 e svolto in collaborazione tra Isp e Csaf fino al 1987, quando tutta la sperimentazione riguardante il pioppo fu concentrata a Casale Monferrato.

L'obiettivo prioritario rimane la selezione di ibridi tra *P. deltoides* e *P. nigra* da destinare alla coltivazione commerciale, poiché in questi si possono ritrovare, combinate, caratteristiche di rapidità di accrescimento, resistenza a parassiti fungini e qualità del legno della specie americana, insieme a

elevata capacità di attecchimento di talee e pioppelle e resistenza a Pmv e al vento tipiche dei pioppi neri europei (AVANZO *et al.*, 1985).

Data la grande scarsità di germoplasma disponibile di *P. nigra*, fu preliminarmente effettuata una indagine in tutta la penisola per individuare e raccogliere genotipi spontanei, resi ormai rari dalla riduzione degli habitat tipici e dalla introgressione con gli ibridi coltivati con i quali sono interfertili (BISOFFI *et al.*, 1987). Furono segnalati oltre 250 soggetti, equamente ripartiti nei due sessi. Per limitare i rischi di inclusione di ibridi spontanei fu effettuata una verifica biochimica dei metodi discriminatori basati sulla morfologia di piante giovani. Sia analisi del contenuto di flavoni che di vari gruppi

isoenzimatici (Cnr, Istituto per l'Agroselvicoltura, Porano TR) convalidarono la distinzione morfologica.

Per *P. deltoides* si utilizzarono le informazioni già disponibili dalla sperimentazione precedente e si raggrupparono altrettanti soggetti scelti sulla base del valore riproduttivo, se già accertato, o comunque del valore genotipico.

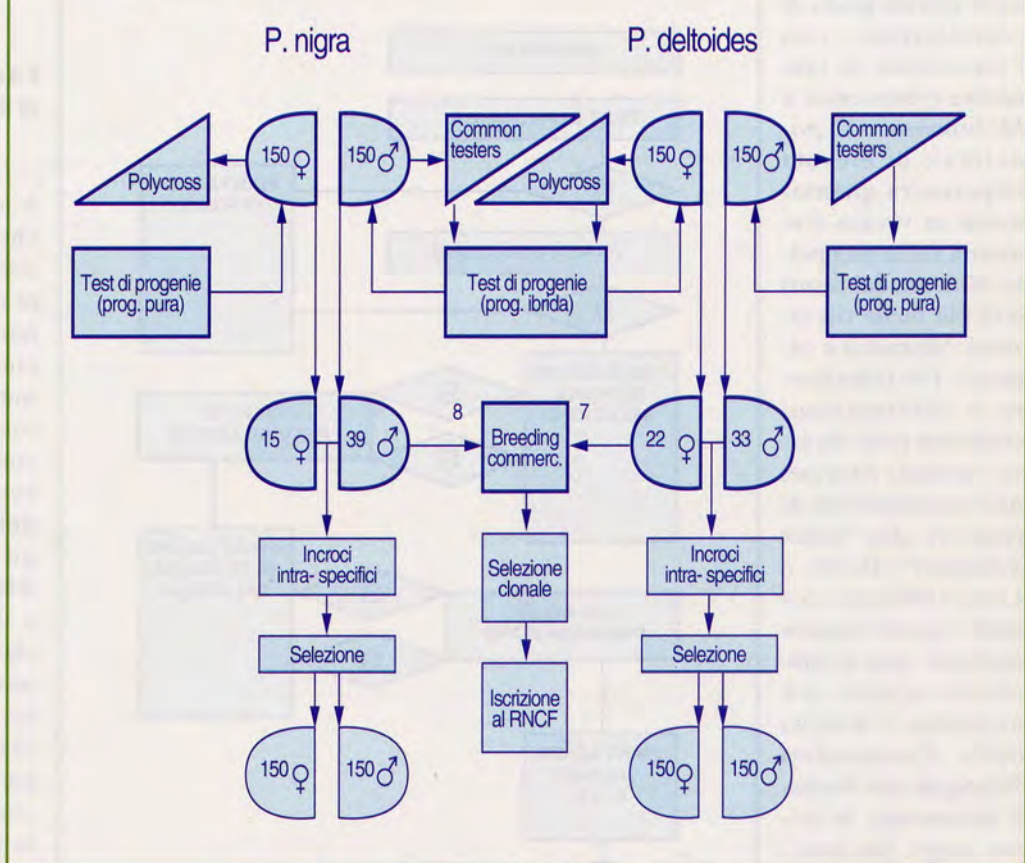
Fu previsto un programma di "Selezione Reciproca Ricorrente" nel quale ogni ciclo è costituito da due generazioni (fig.1) (BISOFFI, 1989). La prima è costituita da incroci interspecifici tra *P. deltoides* e *P. nigra* ed ha come fine prioritario la stima dell'Attitudine Combinatoria Generale (General Combining Ability) dei genitori per selezionare un gruppo più ristretto da

utilizzare nella seconda generazione; questa prevede incroci intraspecifici di ricombinazione genica, seguiti da selezione familiare e individuale. In realtà l'incrocio interspecifico tra *P. deltoides* e *P. nigra* è fertile solo quando *P. nigra* sia impiegato come fonte di polline; di conseguenza il programma realmente sviluppato può essere definito di "Selezione Semi-Reciproca Ricorrente" (BISOFFI, 1989), in quanto si deve ricorrere parzialmente ad incroci intraspecifici anche nella prima generazione.

Attualmente si è conclusa la prima fase, con la valutazione di tutte le progenie ottenute in vivai costituiti in tre località fortemente differenziate dal punto di vista pedoclimatico (Piemonte, Friuli, Campania). La valutazione delle

Figura 1 - Diagramma di flusso dell'attuale programma di miglioramento genetico: selezione "semi-reciproca" ricorrente di *Populus deltoides* e *Populus nigra* per la produzione di ibridi interspecifici F₁.

La parte evidenziata dal tratto più marcato si è già conclusa; la parte a tratto più fine corrisponde al programma per i prossimi anni



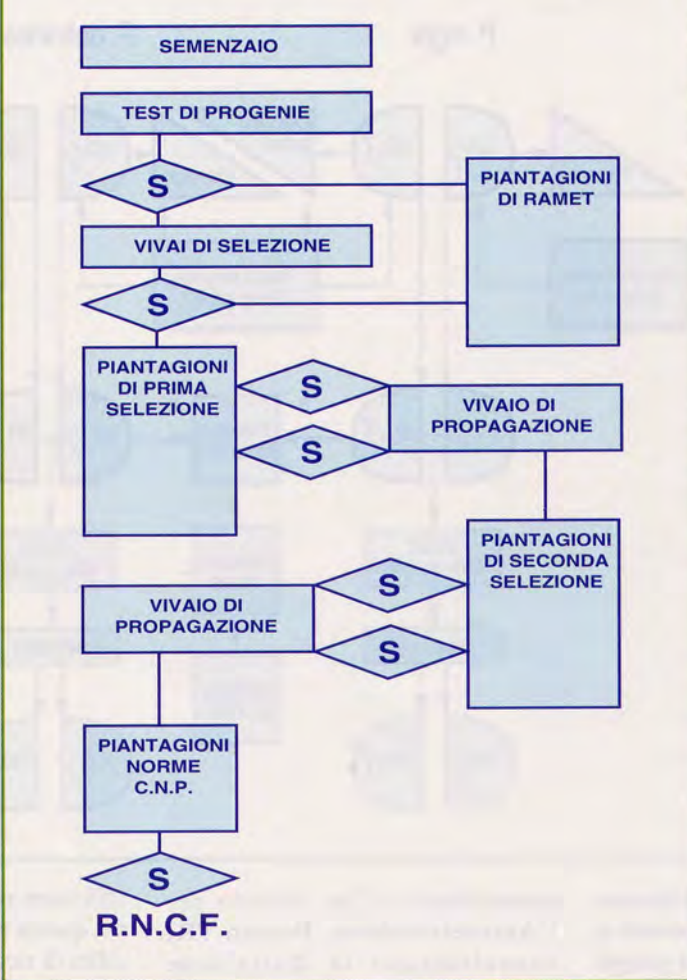
progenie ha riguardato necessariamente caratteri espressi in fase giovanile (in vivaio), privilegiando nella selezione quelli a più elevato grado di correlazione con l'espressione in fase adulta (resistenza a *M. brunnea* e *V. populina*), di elevata importanza quanto meno in vivaio (ramosità delle pioppelle, drittezza del fusto) o di più facile rilevazione (diametro e altezza). Per sintetizzare le informazioni contenute nelle diverse variabili rilevate, nell'impossibilità di ricorrere alla "Index Selection" (HAZEL e LUSH, 1942), non potendo oggettivamente attribuire pesi economici ai caratteri, si è utilizzata l'Analisi delle Componenti Principali con risultati interessanti. In primo luogo, per tutti i caratteri considerati, appare una sostanziale stabilità di comportamento tra località, il che autorizza a

ritenere valido un programma di miglioramento genetico unico per tutta la penisola; in secondo luogo, un numero assai limitato di componenti (2-3) spiega generalmente gran parte della variabilità, per l'esistenza di correlazioni non sempre ovvie tra variabili: ad esempio tra accrescimento e resistenza a *M. brunnea*. La selezione è stata quindi basata sul superamento simultaneo di livelli-soglia, definiti in modo empirico, da parte dei punteggi individuali rispetto alle componenti principali utilizzate.

Sono stati selezionati per la seconda generazione 39 maschi e 15

Figura 2 - Rappresentazione schematica delle fasi della selezione clonale, dal semenzale fino all'iscrizione al Registro Nazionale dei Cloni Forestali

La lettera S all'interno delle losanghe indica i momenti in cui si procede a selezione nell'ambito del materiale in prova



femmine di *P. nigra*, 33 maschi e 22 femmine di *P. deltoides*. Un gruppo ristretto di 8 maschi di *P. nigra* e 7 femmine di *P. deltoides*, i migliori in assoluto nei rispettivi gruppi, sono inoltre attualmente impiegati in un programma di "Breeding Commerciale" che prevede la produzione massale di seme ibrido (mediante incroci controllati o impollinazione libera in arboreti da seme) da utilizzare nella selezione clonale. Con le famiglie ottenute da incroci controllati, secondo uno schema fattoriale completo, si stimerà anche l'Attitudine Combinatoria Specifica (Specific Combining Ability) per

valutare i potenziali benefici derivanti da un suo sfruttamento in futuri aggiustamenti del programma di miglioramento genetico.

La selezione clonale di ibridi commerciali

La selezione clonale è un lungo processo che, attraverso fasi successive, deve consentire di individuare all'interno di migliaia o decine di migliaia di semenzali prodotti con incroci controllati o con impollinazione libera, i genotipi suscettibili di proficuo impiego commerciale. Le difficoltà sono evidenti e derivano dal fatto che, per una valutazione esauriente di un clone, occorre impiegarlo in numerose località, in parcelle di dimensioni cospicue per simulare la piantagione monoclone tipica della pioppicoltura specializzata e per una durata prossima alla lunghezza normale del turno

(9-12 anni). Data la notevole superficie occupata da una singola pianta in pioppeto (30-40 m²), è evidente che non è possibile sperimentare ogni genotipo in condizioni simili a quelle della coltura normale.

L'iter selettivo (fig. 2) si compone pertanto di una serie di prove, ciascuna delle quali comprende un numero via via decrescente di cloni, mentre, nel contempo aumentano il numero di piante utilizzate per ciascun clone e/o la spaziatura e la durata della sperimentazione. I caratteri che vengono utilizzati variano nel tempo: nelle prime fasi si valutano, come nei

Tabella 1 - Principali aspetti quantitativi e qualitativi dell'attività di selezione clonale condotta nell'ultimo decennio dall'Istituto di sperimentazione per la Pioppicoltura

Fasi della selezione	Cloni esaminati	Superficie occupata (ha)	Dispositivi sperimentali	Modelli statistici adottati e metodi di selezione
Test di progenie	48900	26.6	RC o BCR con disposizione sistematica di testimoni (check-plots); (5-10) Rx5I (fratelli) x3L	ANCOVA su "check-plots" o su residui "nearest-neighbours"; selezione per livelli soglia indipendenti
Vivai di selezione	1735	35.7	BCR (con check plots); (3-5) Rx (5-10) Ix3L	ANOVA e ANCOVA su "check-plots" o "nearest-neighbours"; selezione in base al punteggio su CP
Piantagioni di selezione	688	134.3	BCR o LE; (3-10) Rx (1-16) Ix(2-6)L	ANOVA, AMMI; selezione in funzione della stabilità di comportamento in diversi ambienti
Piantagioni secondo le norme CNP	17	88.9	BCR; (4-6) Rx(16-25) Ix(2-13)L	Valutazione effettuata dalla CNP in base alla normativa vigente

Abbreviazioni:

AMMI	"Additive Main effect and Multiplicative Interactions"
ANCOVA	Analisi della Covarianza
ANOVA	Analisi della Varianza
BCR	Blocchi Completamente Randomizzati
CNP	Commissione Nazionale per il Pioppo
CP	Componenti Principali
I	Individui (dello stesso clone se non diversamente indicato)
L	Località
LE	Lattice Equilibrato
R	Replicazioni
RC	Randomizzazione Completa

test di progenie dianzi citati, soprattutto caratteri ad elevato grado di correlazione giovane/adulto (essenzialmente resistente a malattie fogliari), oppure importanti per l'allevamento in vivaio (architettura della pioppella) o comunque di basso costo di rilevazione (dimensioni).

Una prima selezione è già possibile all'interno dei test di progenie: questi infatti vengono realizzati in modo che i tre ramet (talee utilizzate per l'impianto) ricavati da ogni ortet (semenzale) siano collocati ciascuno in una delle tre località: grazie poi ad un massiccio uso dell'elaboratore elettronico, con *software* appositamente predisposto, è possibile mantenere l'identità clonale pur con le migliaia di genotipi usualmente im-

piegati.

Al termine del test di progenie (2 anni in vivaio; spaziatura media 200x50 cm) è possibile utilizzare simultaneamente per la selezione tutti i rilievi effettuati su ciascun genotipo nelle tre località. Si stabiliscono poi livelli-soglia indipendenti per le variabili più significative; *software* apposito consente di modificare in modo interattivo tali livelli e di conoscere immediatamente il numero di genotipi che li superano; il processo si arresta quando, dopo una valutazione empirica del grado di selettività di ogni soglia, si ritiene appropriato il numero di individui estratti, generalmente corrispondente ad una frazione pari al 5-10% dei presenti. Indirettamente, anche se in modo obiettivamente

piuttosto brutale, anche la capacità di attecchimento delle talee diventa criterio di selezione, in quanto vengono esclusi tutti i genotipi che non siano attecchiti in tutte le tre località.

Le pioppelle dei cloni prescelti vengono collocate in piantagioni (dette "piantagioni di ramet") a spaziatura fitta (9 m² per pianta), turni brevi (4-5 anni), realizzate nelle stesse località dei test di progenie. Data l'assenza di replicazioni si adottano schemi d'impianto con disposizione sistematica di pioppelle di cloni standard tra le pioppelle sperimentali che consentano una correzione degli accrescimenti in base alla fertilità puntuale con Analisi della Covarianza (in funzione degli accrescimenti degli standard vicini) o con metodi di

statistica spaziale (analisi "Nearest-Neighbours").

Gli stessi cloni vengono propagati in barbatellaio per un anno (talee ricavate dai rami delle pioppelle) e successivamente in vivai realizzati in tre località rappresentative di significative aree di pioppicoltura. Si adottano schemi sperimentali a Blocchi Completi Randomizzati con 5 repliche di 5 talee (parcelle monoclonali) per ogni località. Dato l'elevato numero di tesi, dell'ordine delle centinaia e le conseguenti grandi dimensioni dei blocchi, si separano parcelle contigue con due talee del clone standard I-214. Inizialmente introdotte nell'uso per diffondere in modo uniforme sul campo l'inoculo di *M. brunnea* e consentire stime precise di suscettibilità, le pioppelle standard sono state poi utilizzate con successo per correzioni degli accrescimenti parcelari in funzione della fertilità locale (BISOFFI, 1991) consentendo guadagni di precisione significativi nei confronti tra le medie di tesi (riduzione dell'errore sperimentale). I caratteri che vengono presi in considerazione per la selezione sono, in larga misura, gli stessi dei test di progenie, ma ovviamente su un numero di gran lunga maggiore di pioppelle (75 invece di 3). Per la selezione si utilizza l'Analisi delle Componenti Principali con criteri analoghi a quelli già richiamati per la selezione dei genitori nei test di progenie. Seppur con cautela, vengono utilizzati anche i dati relativi agli stessi individui nelle piantagioni di ramet, giunte nel frattempo al terzo anno d'età. La frazione selezionata varia tra il 10 e il 25% dei cloni in esame.

Le pioppelle dei cloni prescelti (dell'ordine delle decine) sono utilizzate per piantagioni "di prima selezione" realizzate nelle stesse tre località in cui erano ubicati i vivai. Le piante da utilizzare in ogni piantagione sono scelte in modo casuale all'interno di quelle disponibili di ogni clone, in modo da rappresentarne un campione corretto. Sono poi collocate a di-

mora secondo schemi a Blocchi Completi Randomizzati con 10-12 repliche monoalbero e con l'inclusione di almeno due-tre testimoni scelti tra cloni commerciali. Per migliorare l'efficienza degli esperimenti si includono nello stesso blocco pioppelle del medesimo rango dimensionale all'interno di ogni clone, così che parte delle differenze di dimensioni originali all'interno di ciascun clone non si riversi sull'errore sperimentale. Le spazature e i turni adottati sono quelli normali della pioppicoltura specializzata (30 m² per pianta, 10 anni). Tuttavia, in considerazione dell'effetto distorsivo che la competizione tra piante contigue potrebbe avere sulle medie clonali, si effettuano le valutazioni conclusive a metà turno; le osservazioni riguardano principalmente l'architettura della chioma (drittezza del fusto, disposizione e dimensione dei rami in relazione alla facilità di potatura) e l'accrescimento giovanile in piantagione.

Parallelamente, con prove *ad hoc*, si effettuano valutazioni della resistenza a *Phloeomyzus passerinii* Sign., a "defoliazione primaverile" (*V. populina*) e a Necrosi corticali da *Discosporium populeum* (Sacc.) Sutton con test di laboratorio per l'insetto (ARRU e LAPIETRA, 1979), piantagioni in zone ad elevata infettività naturale per la "defoliazione primaverile" e vivai in zone soggette a stress idrici, nonché con test di laboratorio per *D. populeum*.

Con le valutazioni di metà turno il numero dei cloni in selezione viene ulteriormente ridotto (alcune unità o poche decine). Di questi cloni, nel frattempo si espande la propagazione in vivaio fino ad arrivare a disporre, in coincidenza della metà del turno delle piantagioni di prima selezione, di pioppelle sufficienti per la costituzione di "piantagioni di seconda selezione". Queste sono generalmente realizzate in almeno sei località rappresentative di diverse zone pedoclimatiche, così da poter valutare adeguatamente anche le intera-

zioni tra genotipo e ambiente. Le piantagioni di seconda selezione vengono di preferenza realizzate con schemi a Blocchi Incompleti Equilibrati, parcelle di 4-9 piante, 4-6 repliche per ogni località e turni e spazature normali. La valutazione nella seconda metà del turno si basa su caratteri di accrescimento, di architettura della chioma e forma del fusto, di resistenza a "macchie brune"; inoltre con il materiale delle piantagioni di prima selezione ormai mature è possibile effettuare prove orientative di sfogliatura in fabbrica per valutare la qualità del legno in relazione all'uso più "nobile" e tipico, ossia per la produzione di pannelli compensati.

Per l'interpretazione dei dati di accrescimento, oltre all'Analisi della Varianza, si ricorre ora al modello Ammi (Additive Main effects and Multiplicative Interactions) (ZOBEL *et al.*, 1988) che consente una soddisfacente interpretazione delle interazioni tra genotipo e ambiente. In ogni caso si dà la preferenza a cloni dal comportamento plastico (ossia scarsamente interattivi con l'ambiente) per due ragioni principali: in primo luogo per la necessità da parte dell'Istituto di provvedere alla selezione di cloni per tutta la pioppicoltura italiana; in secondo luogo perché cloni plastici danno le migliori garanzie di successo anche quando impiegati in zone pedologicamente e climaticamente diverse da quelle dove si è condotta la sperimentazione.

I cloni che superano questa fase di selezione vengono proposti alla Commissione Nazionale per il Pioppo per l'iscrizione nel Registro Nazionale dei Cloni Forestali. Purtroppo le norme attualmente in vigore richiedono che, una volta accolta la richiesta di inizio di osservazione sulla base delle informazioni fornite dal costituente e di accertamenti preliminari da parte della Cnp, la sperimentazione debba di fatto ricominciare da capo secondo protocolli sperimentali rigidi e in parte obsoleti ignorando i

risultati della sperimentazione precedente; prima di poter arrivare all'iscrizione di un clone possono passare altri 10-12 anni.

L'intero iter selettivo, come si può vedere, è assai lungo, richiedendo 20-25 anni dal semenzale fino all'iscrizione al Rncf. Un'idea più precisa dell'entità del lavoro svolto si può desumere dalla lettura della tabella 1, che traduce in termini concreti (individui osservati e superfici sperimentali occupate) l'attività dell'Istituto nel campo della selezione clonale nell'ultimo decennio. In ogni caso, data la lunga attività dell'Isp nel campo della selezione clonale, si dispone di numerosi gruppi di cloni nelle varie fasi, in modo tale da poter garantire un flusso quasi continuo di cloni per l'impiego commerciale. Attualmente sono 17 i cloni dell'Isp in osservazione e molti altri seguiranno negli anni a venire.

Una riduzione dei tempi di selezione potrà essere conseguita con lo sviluppo di test precoci, in modo tale da consentire valutazioni in fase giovanile di vari caratteri ora confinati alle ultime fasi per la necessità di piante adulte, di elevati numeri di piante o di vaste superfici. In collaborazione col Dipartimento di Chimica Analitica dell'Università di Torino si stanno in particolare mettendo a punto test biochimici per valutare la resistenza ad Afide lanigero e Necrosi corticali (*D. populeum*) e metodi di valutazione in vivaio di vari aspetti connessi con la qualità del legno. Grazie a collaborazioni esterne (Dipartimento di Genetica e Microbiologia dell'Università di Pavia) si sta iniziando anche lo studio di marcatori molecolari (Rflp e Rpd) di caratteri di resistenza a malattie fogliari.

I cloni in fase avanzata di selezione

Come detto sopra, l'Isp è costituito di 17 cloni per i quali è stata richiesta l'iscrizione al Rncf, ne-

cessaria per la commercializzazione in base alle leggi vigenti (L. 22.5.1973 n 269 e DPR 10.5.1982 n 474). Si tratta di cloni ottenuti tra la metà degli anni 60 e la fine degli anni 70 a Casale e a Roma e quindi non sono ancora il frutto del lavoro di miglioramento genetico impostato negli anni 80. La tabella 2 ne riporta l'elenco con l'origine genetica e il sesso.

LENA, DVINA, LAMBRO, SOLIGO e TARO sono riferibili dal punto di vista morfologico ai cosiddetti "caroliniani"; altri, in particolare BRENTA, ENZA, MELLA e OLONA, richiamano i cosiddetti "canadesi" per alcuni caratteri esteriori e per il comportamento verso vari patogeni; i rimanenti hanno caratteristiche intermedie tra quelli delle specie parentali *P. deltoides* e *P. nigra*.

La sperimentazione ufficiale, condotta sotto il controllo della Commissione Nazionale per il pioppo, iniziò nel 1987 per i cloni NEVA, LENA E DVINA e nel 1992 per MELLA, BRENTA, TREBBIA, TICINO, ISONZO, LAMBRO, SOLIGO e TARO. I restanti 6 cloni, ENZA, OLONA, SERCHIO, LIMA, ARNO e TIMAVO sono stati proposti per la registrazione nel dicembre 1992; le piantagioni ufficiali, previste dalle norme vigenti, sono state costituite nell'inverno 1992/93.

Le caratteristiche genetiche di questi cloni sono in larga misura già note, essendo state oggetto di analisi durante vari anni. Tutti vantano tassi di accrescimento annui superiori a I-214, anche se nessuno appare sotto questo punto di vista pari a LUISA AVANZO.

Per quanto riguarda la resistenza ad avversità la situazione è nel complesso favorevole, pur con alcune eccezioni.

Ottima o buona per tutti la resistenza a *M. brunnea*, con l'unica eccezione del MELLA, di media resistenza ma comunque tale da non richiedere interventi fitosanitari.

Anche la resistenza a *V. popu-*

lina è di livello generalmente ottimo; eccezione più rimarchevole il NEVA, molto sensibile e quindi non adatto a zone di endemia di questo patogeno.

Per quanto riguarda la resistenza alle ruggini (*Melampsora allii-populina* Kleb. e *Melampsora larici-populina* Kleb.) essa è piuttosto scadente per il clone NEVA e i suoi fratelli LIMA, ARNO E SERCHIO, nonché per ISONZO e TIMAVO, a loro volta fratelli, e per i due euroamericani OLONA e TICINO. Per tutti gli altri cloni la resistenza è assai soddisfacente. Va ricordato che le ruggini, nei nostri climi, attaccano le foglie dei pioppi solo tardivamente e provocano di conseguenza danni limitati, anche se non va sottovalutata la loro grande potenzialità evolutiva che in anni recenti ha consentito la comparsa e la rapida diffusione di nuove razze con specificità clonale diversa da quella delle razze note in precedenza.

La suscettibilità a *Ph. passerinii* valutata in test di laboratorio non raggiunge gli elevati livelli caratteristici di molti cloni "canadesi" ed eguaglia al più quella di I-214; numerosi cloni, peraltro sono nettamente più resistenti (DVINA, LIMA, LAMBRO, DORA, BRENTA, OLONA, LENA e TREBBIA).

Generalmente buona, con l'eccezione di NEVA e TICINO, la resistenza a *D. populeum* in vivaio: il clone NEVA, peraltro, non ha mai manifestato danni apprezzabili provocati da questo fungo in piantagione; considerando che si tratta di un parassita di debolezza, è presumibile che la difesa possa ridursi all'adozione di appropriate tecniche di allevamento in vivaio.

Sufficiente la resistenza a "macchie brune", la patologia che ha impedito la diffusione in coltura del clone LUISA AVANZO: essa risulta piuttosto scadente solo per i cloni ENZA e BRENTA.

Sono infine soddisfacenti la capacità di attecchimento sia delle

talee legnose, sia delle pioppelle; la forma e la drittezza del fusto degli alberi adulti; l'architettura della chioma, in particolare per quanto riguarda la dominanza apicale e la ramificazione che per alcuni cloni (NEVA, ISONZO e TIMAVO) rendono facilissima l'esecuzione delle potature.

Restano da approfondire altri aspetti di carattere colturale; in particolare la stabilità di comportamento nei diversi ambienti pioppicoli, che permetterà di distinguere cloni plastici "universali" e cloni di potenziale interesse locale.

Per parte di questi cloni l'immissione in

commercio potrà avvenire già nel prossimo quinquennio (NEVA, LENA e DVINA), mentre per i rimanenti si dovrà attendere più a lungo, in quanto l'ammissione provvisoria alla commercializzazione, prevista dalla Direttiva Cee 445 del 26.6.1975, non è stata ancora recepita dalla normativa italiana.

La trasformazione genetica e altre applicazioni delle biotecnologie

Il pioppo è caratterizzato da un'elevata variabilità genetica e da un alto grado di eterozigosi imputabile anche alla dioicia che impone, nella riproduzione sessuale, una partecipazione di individui diversi. Se questo rappresenta un fattore di successo per specie pioniere, preclude però al genetista l'impiego di linee pure e quindi l'adozione di metodi di miglioramento analoghi a quelli di molte specie agrarie.

La propagazione vegetativa consente fortunatamente la clonazione di individui superiori, ma l'introduzione di geni, ad esempio

Figura 3 - Plantula di *Populus nigra* L. cv SAN GIORGIO trasformata mediante *Agrobacterium tumefaciens*. La colorazione blu deriva dall'espressione del gene marcatore esogeno *gus*.



di resistenza, da specie o genotipi diversi non è possibile senza l'aggiunta di una zavorra genetica di geni indesiderati, dalla quale nemmeno operazioni di "backcrossing" (reincrocio) possono liberare le progenie in tempi ragionevolmente brevi.

Due linee di ricerca di recente introduzione possono contribuire a risolvere almeno in parte il problema: la trasformazione genetica e l'allevamento di linee isogeniche. Entrambe sfruttano la relativa facilità con la quale alcune specie di pioppi possono essere allevate *in vitro* e piante normali rigenerate da callo o da vari tipi di tessuti.

Trasformazione genetica

La trasformazione genetica, ossia l'inserimento di geni esogeni all'interno del genoma di cloni di interesse commerciale, permette di modificare in modo puntiforme genotipi di provato valore commerciale senza alterarne le caratteristiche fondamentali.

Il metodo di trasformazione adottato in Istituto è il più diffuso. Esso si basa sulla capacità naturale

del batterio del suolo *Agrobacterium tumefaciens* di trasferire parti del proprio DNA (plasmide) all'interno di cellule di varie Dicotiledoni. In natura ciò provoca la formazione di tumori a causa di un gruppo di geni del plasmide (t-DNA) che inducono un'abnorme produzione di auxine e citochinine e che vengono incorporati in modo stabile dal DNA dell'ospite. Una seconda regione del plasmide (*vir*) regola la scissione dei geni tumorali dal plasmide e l'inserimento nel DNA dell'ospite. Operazioni di ingegneria genetica hanno consentito di sostituire i geni tumo-

rali con geni diversi conservando sullo stesso plasmide (cointegrati) o su plasmide diverso (binari) la regione *vir* (LINDSEY, 1992). Per applicazioni pratiche si utilizzano geni utili derivati da altre piante o da batteri, unitamente a geni promotori che ne permettano l'espressione e a geni marcatori o selettivi che consentano di selezionare le cellule trasformate.

Il lavoro svolto in Istituto ha consentito, in via preliminare, di sviluppare efficienti protocolli di rigenerazione *in vitro* per *P. nigra*, *P. deltoides* e *P. x euramericana* e di selezionare, tra i vari ceppi di *A. tumefaciens* disponibili, i più aggressivi nei confronti delle specie utilizzate. Parallelamente si sono determinate le concentrazioni di due antibiotici (hygromicina e kanamicina) capaci di inibire la crescita *in vitro*.

Successivamente è stato messo a punto un sistema di trasformazione di *P. nigra* a partire da dischi fogliari. Si sono studiate le condizioni di allevamento *in vitro* precedenti la trasformazione, le concentrazioni della sospensione batterica da utilizzare per la co-coltivazione con i dischi fogliari,

Tabella 2 - Origine genetica e sesso dei cloni selezionati dall'Istituto di sperimentazione per la Pioppicoltura e proposti alla Commissione nazionale per il Pioppo per l'iscrizione nel Registro Nazionale dei Cloni Forestali

Clone	Origine genetica	Sesso
ARNO	(<i>P. deltoides</i> Illinois x ?) x <i>P. nigra</i> Lucca	M
BRENTA	<i>P. deltoides</i> Chautagne x <i>P. nigra</i> Grecia	F
DVINA	<i>P. deltoides</i> Kansas x ?	M
ENZA	<i>P. deltoides</i> Stoneville x <i>P. nigra italica</i> Valtopina (PG)	F
ISONZO	<i>P. deltoides</i> Tennessee x (<i>P. x euramericana</i> x <i>P. deltoides</i> ONDA)	M
LAMBRO	(<i>P. deltoides</i> LUX x ?) x <i>P. nigra</i> Romania	M
LENA	<i>P. deltoides</i> Illinois x ? (impollinazione libera <i>in situ</i>)	M
LIMA	(<i>P. deltoides</i> Illinois x ?) x <i>P. nigra</i> Lucca	F
MELLA	<i>P. deltoides</i> Stoneville x <i>P. nigra italica</i> Gran Bretagna	F
NEVA	(<i>P. deltoides</i> Illinois x ?) x <i>P. nigra</i> Lucca	F
OLONA	<i>P. deltoides</i> Stoneville x <i>P. nigra italica</i> Valtopina (PG)	F
SERCHIO	(<i>P. deltoides</i> Illinois x ?) x <i>P. nigra</i> Lucca	M
SOLIGO	(<i>P. deltoides</i> Marlieu x <i>P. x euramericana</i> I-262) x ?	M
TARO	(<i>P. deltoides</i> Marlieu x <i>P. x euramericana</i> I-262) x (<i>P. deltoides</i> Marlieu x (<i>P. deltoides</i> x <i>P. trichocarpa</i>)) ELVO	M
TICINO	<i>P. deltoides</i> CHAUTAGNE x <i>P. nigra italica</i> Gran Bretagna	M
TIMAVO	<i>P. deltoides</i> Tennessee x (<i>P. x euramericana</i> x <i>P. deltoides</i> ONDA)	M
TREBBIA	<i>P. deltoides</i> Stoneville x <i>P. nigra italica</i> Valfabbrica (PG)	F

Figura 4 - Semenzale di *Populus nigra* ottenuto allevando in vitro ovari immaturi fecondati.

le condizioni ambientali per le successive fasi di selezione e di rigenerazione, nonché la composizione dei substrati di coltura per ogni fase.

Sono stati utilizzati per la trasformazione ceppi con plasmidi portanti esclusivamente geni marcatori (*gus*) e selettivi (*nptII*, che conferisce resistenza a kanamicina). La selezione delle cellule trasformate è stata effettuata allevando i dischi fogliari co-coltivati con batterio su substrati contenenti kanamicina in concentrazioni tali da inibire lo sviluppo di cellule prive del gene di resistenza. I germogli ottenuti sono stati poi trasferiti ripetutamente su substrati contenen-



ti l'antibiotico e successivamente sottoposti a verifica della presenza e dell'espressione del gene *gus*; dopo particolari trattamenti i tessuti nei quali il gene si esprime si colorano intensamente di blu (fig. 3). Le plantule positive sono state analizzate mediante "Southern blotting", permettendo di indivi-

duare, con certezza, la presenza del gene *nptII* all'interno del genoma e quindi confermando l'avvenuta trasformazione, primo evento del genere segnalato per la specie *P. nigra* (CONFALONIERI *et al.*, in corso di stampa).

L'attività attuale dell'Istituto in questo campo riguarda l'estensio-

ne e l'adattamento dei protocolli di trasformazione sviluppati per *P. nigra* anche a *P. deltoides* e *P. x euramericana*. Nel contempo, grazie a collaborazioni esterne (Dipartimento di Genetica e Microbiologia dell'Università di Pavia e Institute of Virology and Environmental Microbiology di Oxford) si tenta l'inserimento in *P. nigra* (per poi passare alle altre due specie) di geni utili: in particolare geni derivati da *Bacillus thuringiensis* codificanti la delta-endotossina attiva contro i Lepidotteri e geni derivati dal Virus del Mosaico del Pioppo (Pmv) che potrebbero incrementare le difese endogene verso lo stesso virus.

È tuttora difficile prevedere se la trasformazione genetica potrà avere risvolti pratici in un futuro prossimo. In particolare non è noto quale sarà il livello di espressione dei geni esogeni: questi potrebbero rimanere silenti oppure il livello di attività potrebbe essere insufficiente per ottenere risultati di utilità pratica; oppure ancora, l'inserimento di DNA estraneo potrebbe avvenire in punti indesiderati provocando un malfunzionamento di altri settori del DNA dell'ospite. Tuttavia i progressi della ricerca nel campo del DNA ricombinante sono talmente veloci da far ritenere possibile una soluzione rapida di queste incognite.

I risultati pratici della trasformazione genetica sono potenzialmente di enorme interesse: dotare la pianta stessa dei meccanismi di autodifesa consentirebbe notevoli risparmi di denaro nella protezione chimica dei pioppeti, ma soprattutto ridurrebbe il riversamento nell'ambiente di prodotti chimici spesso tossici anche per l'uomo e per la fauna utile. D'altra parte i timori legati alla diffusione di piante transgeniche sarebbero mitigati dal fatto che il pioppo non è destinato all'alimentazione umana o animale.

Linee isogeniche

Come si è detto, la dioicia del genere *Populus* non consente

l'adozione di strategie di miglioramento genetico basate sull'"inbreeding" (inincrocio) come metodo per eliminare geni negativi spesso presenti allo stato recessivo eterozigote. Se questo fosse possibile si potrebbero sviluppare linee pure, come per il mais, da incrociare successivamente per ottenere ibridi F₁ che sfruttino appieno fenomeni di eterosi.

Una via alternativa per conseguire risultati simili alle linee pure è costituita dall'allevamento di linee derivate dalle cellule aploidi del gametofito. In un aploide nessun gene recessivo può essere mascherato allo stato eterozigote e pertanto il genotipo è per così dire trasparente.

Tra i due gametofiti maschile e femminile il più promettente in termini di risultati di portata pratica è certamente il maschile. Infatti la bassissima probabilità che ogni singola cellula aploide sia priva di geni letali e povera di geni negativi in modo da consentirne la sopravvivenza, la moltiplicazione e lo sviluppo è controbilanciata dall'enorme numero di cellule all'interno dell'antera. Tali linee, dopo duplicazione spontanea o indotta, sarebbero omozigoti ad ogni locus (linee isogeniche) e potrebbero essere utilizzate per ibridazioni alla stessa stregua delle linee pure ottenute per ripetuta autofecondazione.

In Istituto si stanno studiando sia l'androgenesesi (sviluppo di linee dal gametofito maschile) sia la ginogenesi (femminile). Per quanto riguarda l'androgenesesi si sono determinate le fasi di sviluppo dell'infiorescenza corrispondenti allo stadio mononucleato del polline, i substrati ottimali per l'allevamento *in vitro* delle antere e per lo sviluppo di callo interno, per il differenziamento di germogli e per l'accrescimento e la radicazione delle plantule. Per alcune decine di plantule rigenerate da calli interni di antere di *P. nigra* si è completata con successo anche la fase di acclimatamento in terra e di tra-

pianto in campo. Purtroppo non si dispone di strumenti certi per la determinazione del livello di ploidia, né tantomeno per discriminare eventuali linee isogeniche di aploidi da veri diploidi o da aneuploidi. Analisi cariologiche sono rese difficilissime dalla estrema piccolezza e numerosità dei cromosomi che ne precludono una conta precisa; la "citometria di flusso" potrebbe separare gli aploidi dai diploidi ma non identificherebbe i di-aploidi; analisi isoenzimatiche potrebbero segnalare falsi positivi. Risposte precise si potranno probabilmente ottenere quando sarà disponibile una mappa genica di linkage basata su marcatori molecolari sufficientemente densa; il giorno in cui questo sarà possibile non è molto lontano visto che proprio sul pioppo, tra le piante da legno, stanno lavorando diversi gruppi di ricerca in Europa e nord America.

Con la ginogenesi non sono stati ottenuti risultati degni di nota. Si sono allevati *in vitro* ovari ed ovuli non fecondati per ottenere lo sviluppo di embrioni, ma senza riuscire ad ottenere alcuna plantula. Tali esperienze, tuttavia, hanno consentito di sviluppare tecniche di allevamento *in vitro* di ovari immaturi fecondati (fig. 4) per produrre plantule rapidamente e in grandissimo numero; tali tecniche, se pur non troveranno largo impiego nella pratica comune, saranno di grande utilità per garantire il successo di incroci difficili.

Orientamenti delle tecniche di coltivazione verso modelli semi-estensivi

Le tecniche di coltivazione del pioppeto, piuttosto primitive all'inizio del secolo, si sono via via evolute fino ad arrivare alla messa a punto di modelli colturali intensivi che hanno trasformato le piantagioni in ecosistemi artificiali instabili e fragili.

Oggi è convinzione di tutti i pioppicoltori che senza interventi colturali, in particolare senza protezione fitosanitaria, si produca poco legno e di scarsa qualità.

In effetti la pioppicoltura specializzata può dare risultati economicamente vantaggiosi nei terreni in grado di garantire alle piante un adeguato rifornimento idrico anche nei mesi più siccitosi o, quanto meno, in stazioni dove sia possibile ricorrere all'irrigazione di soccorso. In questo modo si preven- gono molti dei danni causati dai parassiti da debolezza (*Agrilus survivorovi populneus* Schaef., *Melanophila picta* Pall., *D. populeum*) e da fisiopatie ("macchie brune") e si innalza la soglia di tolleranza delle piante a *M. brunnea* e agli attacchi di molti parassiti primari.

Un altro accorgimento utile è senz'altro quello di costituire, nelle varie zone pioppicole, un mosaico di piantagioni monoclonali, di superficie intorno a 2-3 ha, con cloni geneticamente diversi allo scopo di ridurre i rischi epidemiologici.

Le tecniche di coltivazione dovranno essere comunque affinate e razionalizzate in modo che lavorazioni al terreno, irrigazioni, concimazioni organiche e minerali e potature risultino proporzionate ai probabili futuri ricavi.

Ma accanto a questo modello colturale che ricalca schemi ormai tradizionali e che però trova limitazioni nella crescente necessità di "input" energetici, può essere sviluppato anche in Italia in talune situazioni un modello colturale semi-estensivo attraverso l'impiego di cloni più resistenti alle avversità, meno esigenti e in grado di utilizzare meglio le potenzialità dei fattori produttivi naturali.

Una soluzione in tal senso deve essere cercata anche per rispondere alle numerose iniziative legislative in materia ecologica in ambiti sia regionali (vedi parchi fluviali) sia nazionali, che risultano restrittive nei riguardi della pioppicoltura intensiva, indicata da molti op-

positori come fonte di inquinamento e di disturbo al raggiungimento in un solido equilibrio vegetazionale e faunistico.

Per promuovere attivamente criteri ecologici di coltivazione, compatibili con le finalità dei parchi fluviali, adattandoli alle diverse situazioni ambientali, l'Isp ha eseguito uno studio nel quale sono stati esaminati i provvedimenti colturali e fitosanitari per una pioppicoltura ecologicamente disciplinata (AA.VV. 1989) pervenendo a queste importanti conclusioni:

a) il pioppo può essere coltivato e difeso contro le principali avversità con pochi interventi e soprattutto con un limitatissimo impiego di mezzi chimici;

b) i popolamenti artificiali di pioppo, rispetto alle colture agrarie, offrono migliori condizioni di sopravvivenza ad un più elevato numero di specie animali, alcune delle quali di notevole interesse venatorio e naturalistico, soprattutto se si consente uno sviluppo spontaneo del sottobosco in alcuni interfilari del pioppeto a partire dal 3° anno di impianto;

c) nei riguardi della frammentaria e limitata copertura boschiva naturale dei parchi di pianura, il pioppeto, soprattutto se coltivato con criteri meno intensivi, può rappresentare una sorta di barriera protettiva sotto l'aspetto microclimatico e vegetazionale, graduando il brusco passaggio dal bosco ai coltivi confinanti.

Per limitare al minimo gli interventi di difesa fitosanitaria, da sempre accusati di provocare i maggiori guasti ambientali, e per ridurre l'incidenza dei parassiti, sono state suggerite oltre alla disposizione di piantagioni monoclonali, più sopra accennato, anche i seguenti accorgimenti:

- l'impiego di cloni resistenti a *M. brunnea* e a *Ph. passerinii*;

- la messa a dimora di pioppelle vigorose, ben idratate ed esenti da attacchi di *Cryptorhynchus lapathi* L., *D. populeum* e Virus del

Mosaico, per avere le maggiori garanzie di attecchimento e di crescita e per creare le premesse per un più facile contenimento di eventuali attacchi successivi;

- il ricorso a tutte quelle tecniche che i risultati della ricerca suggeriscono e che la pratica ha dimostrato utili, quali l'applicazione delle reticelle alla base dei fusti per impedire scortecciamenti da lepri e conigli, l'impiego di barriere meccaniche sui tronchi per ostacolare le infestazioni di *C. lapathi* e *Saperda carcharias* L.; in caso di infestazione da parte di questi due insetti, l'esecuzione della lotta contro il primo con piretroidi, durante il periodo invernale, per non danneggiare pronubi e insetti utili, e contro il secondo, con interventi localizzati, galleria per galleria, per evitare ricaduta di prodotto al suolo e problemi di nocività ambientale.

In tal senso può tornare utile anche favorire l'insediamento di uccelli insettivori che nidificano nelle cavità di alberi morti o deperienti, lasciati appositamente in sito, e lottare contro eventuali pullulazioni di lepidotteri defogliatori impiegando preparati a base di *Bacillus thuringiensis* che, come è noto, è completamente innocuo per gli animali superiori e l'entomofauna utile.

Le operazioni colturali devono essere condotte con razionalità per creare sì delle piantagioni efficienti ai fini della produzione legnosa ma anche interessanti dal punto di vista paesaggistico e soprattutto inserite in un ecosistema biologicamente abbastanza stabile.

In particolare le lavorazioni preparatorie per l'impianto sono oggetto di una verifica sperimentale, attraverso esperienze pluri-stazionali e poliennali: la possibilità di sostituire vantaggiosamente l'aratura di scasso (fig. 5) con altre tecniche di lavorazione profonda (scarificazione, doppio strato) (fig. 6) in alcuni ambienti è ormai evidente per il forte risparmio di energia.



Figura 5 - Preparazione del terreno con aratura di scasso per l'impianto del pioppeto.

Figura 6 - Preparazione del terreno con scarificazione per l'impianto del pioppeto.

Figura 7 - Confronto tra discatura del terreno e inerbimento in pioppeto.

Anche le lavorazioni ordinarie del terreno dopo l'impianto del pioppeto sono oggetto di particolare attenzione in vista della possibilità di sostituirle con l'inerbimento (fig. 7), almeno in ambienti caratterizzati da precipitazioni abbastanza distribuite durante il perio-

do primaverile-estivo o in caso di sufficiente disponibilità di acqua irrigua. Le tecniche da adottare devono essere in ogni caso adeguate alle caratteristiche dei cloni da utilizzare.

Impiegando cloni resistenti alle malattie fogliari e corticali è possibile ricorrere a più basse densità di impianto (200-250 piante/ha) mettendo così a disposizione delle singole piante una maggiore quantità di risorse naturali, riducendo gli apporti energetici (trattamenti anti-parassitari, concimazioni, lavorazioni, ecc.) e creando microclimi meno favorevoli alla diffusione di alcuni parassiti e alleviando rapporti di competizione tra le piante.

A questo fine l'Isp da anni ha avviato un programma di selezione specifica di cloni adatti ad una coltivazione meno intensiva e ricerche per una verifica sperimentale di forme di pioppicoltura ecologicamente disciplinate.

In collaborazione con la regione Lombardia, sono stati scelti terreni in aree situate nell'ambito dei parchi fluviali regionali e sono stati costituiti pioppeti da condurre secondo questi modelli colturali. Due pioppeti, di cui uno a Curtatone (MN), nel Parco del Mincio ed uno a Vigevano (PV), nel Parco del Ticino, sono stati messi a dimora nella primavera 1990. Altri due pioppeti sono stati costituiti nella primavera 1991 di cui uno nella Riserva Naturale "Garzaia di Cascina Isola" a Langosco (PV) ed uno a Ricengo, nel Parco del Serio; infine, nel marzo 1992 è stato piantato il quinto pioppeto a Bertinico, nel Parco dell'Adda.

I cinque pioppeti sono stati realizzati con cloni in parte di selezione italiana (SAN MARTINO, LUX, DVINA, LENA, NEVA) e in parte di selezione jugoslava (480, 710, 709, 908, S6-36, S1-8, 725) tutti di tipo "caroliniano", fatta eccezione per il NEVA. Si tratta di cloni caratterizzati da resistenza agli stress idrici e tolleranza alla presenza del sottobosco superiori a quelli degli euro-americani più

diffusi nelle attuali coltivazioni.

Lo stesso modello viene applicato con un certo successo anche in zone collinari dell'appennino emiliano con cloni inter-americani selezionati per ambienti edafici subacidi. In particolare nei pressi di Salsomaggiore (PR), a una altitudine di circa 400 metri slm, da una decina di anni sono stati costituiti su ex cedui di castagno alcuni pioppeti sperimentali, i cui risultati produttivi devono essere considerati positivi, almeno sotto l'aspetto quantitativo, e suscettibili di estensione in analoghe situazioni pedoclimatiche.

In questi pioppeti sperimentali è prevista l'interruzione delle lavorazioni su parte del terreno (un interfilare su 5) a partire dal terzo anno di coltivazione. Lo sviluppo del sottobosco, in un interfilare su cinque, da un lato è sufficiente ad assicurare la sopravvivenza di molte specie utili e dall'altro non può compromettere in maniera grave l'eventuale deflusso regolare dell'acqua e la crescita delle piante. Avendo fatto ricorso a cloni resistenti a *M. brunnea* e all'Afide lanigero non saranno necessari trattamenti contro tali parassiti; si prevede l'attuazione di interventi localizzati di lotta contro gli insetti xilofagi, con prodotti a bassa tossicità.

Per ridurre i costi, la potatura va limitata al minimo necessario per consentire la formazione del tronco basale (lungo 2,20-2,50 m) senza nodi ed eventualmente di quello successivo, peraltro sufficiente per produrre dal 20 al 40% di legname da destinare alla sfogliatura. Questo orientamento è facilitato anche dalla disponibilità di cloni con spiccata dominanza di guida che consente di ridurre notevolmente gli interventi correttivi per la formazione di tronchi di qualità.

Tuttavia, è evidente che non basterà conseguire dei risultati positivi con la sperimentazione in corso perché un simile modello di pioppicoltura possa affermarsi, ma

sarà necessario "attuare alcune fondamentali forme di sostegno tese a garantire il pioppicoltore contro le possibili perdite economiche rispetto ai risultati ottenibili con i tradizionali criteri colturali" (AA.VV., 1989).

I fattori edafici che limitano l'espansione della coltivazione

La pioppicoltura italiana, tipicamente caratterizzata da elevati "input" in termini energetici, nel passato ha interessato prevalentemente i terreni alluvionali della Pianura Padana affermandosi sia nelle classiche golene sia in aree agricole. Più recentemente è stata confinata in terreni che, anche se tradizionalmente pioppicoli, sono diventati poco adatti soprattutto per l'abbassamento delle falde e ne è stata tentata la diffusione anche in aree marginali quali i terreni ferrettizzati della barraggia, quelli salini dei litorali e quelli calcarei collinari. A sostenere questa tendenza potrebbero contribuire le recenti iniziative promosse dalla Cee nell'ambito della politica in favore della forestazione nelle aree abbandonate dall'agricoltura. Bisogna tuttavia tener presente che normalmente i seminativi ritirati dalla coltivazione sono quelli meno fertili dove una coltivazione esigente come quella del pioppo, può incontrare notevoli difficoltà, non tanto di ordine finanziario, visti gli incentivi comunitari e nazionali, quanto di ordine ecologico in relazione alla scarsa tolleranza dei cloni attualmente disponibili ai fattori edafici negativi.

Le conoscenze sulla pioppicoltura in aree marginali sono molto frammentarie perché le attività di ricerca relative al miglioramento genetico e alle tecniche colturali in passato sono state rivolte prevalentemente ad incrementare le produzioni e i redditi negli ambienti tradizionali, dedicando mezzi spesso trascurabili alla sperimenta-

zione nei territori dove la coltura aveva importanza del tutto secondaria. In tali situazioni, i risultati conseguiti fino ad oggi con lo stesso materiale genetico e con la stessa tecnica colturale impiegati nei terreni fertili di pianura sono alquanto deludenti.

Raramente il pioppicoltore tiene conto della minore potenzialità produttiva dei terreni marginali e quindi della necessità di diminuire i costi di produzione.

Una pioppicoltura semi-estensiva, in mancanza di valide alternative, potrebbe trovare attuazione:

- a) in terreni sabbiosi con scarse capacità idriche e con falda spesso inaccessibile alle radici, ormai frequenti nelle golene dei principali fiumi padani;
- b) in terreni acidi della barraggia;
- c) in terreni salini dei litorali;
- d) in terreni calcarei collinari.

In tutte queste situazioni la produzione è sempre assai modesta e la coltivazione deve mirare a un drastico contenimento dei costi:

1) riducendo al minimo indispensabile le operazioni di preparazione del terreno;

2) impiegando pioppelle di un anno che, oltre a un più sicuro attecchimento, contribuiscono a diminuire sensibilmente le spese d'impianto;

3) adottando tecniche di coltivazione il più possibile semplificate, vicine a quelle proprie della selvicoltura.

In questi ultimi venti anni nei terreni sabbiosi tradizionalmente coltivati a pioppo, la falda freatica si è notevolmente abbassata (fig. 8), scendendo a livelli molto spesso inaccessibili alle radici. In tali condizioni la produzione non raggiunge mai i valori medi della pianura Padana, che si aggirano intorno ai 20 m³/ha/anno, e non giustifica i costi di una coltivazione intensiva. Del resto quando la fertilità è limitata da fattori ecologici di importanza primaria, gli stessi interventi colturali diminuiscono di efficacia.

Per tentare di valorizzare questi terreni con la pioppicoltura si deve

Figura 8 - Profondità (in m dalla superficie del suolo) medie annue minime e massime della falda freatica rilevate nel periodo 1966-1990 nei 18 pozzetti piezometrici dell'Azienda 'Mezzi' di Casale Monferrato (AL)

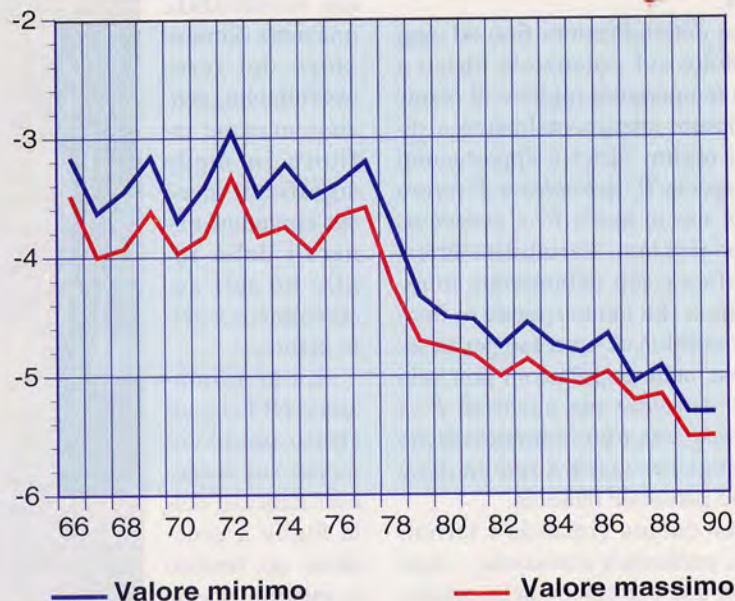
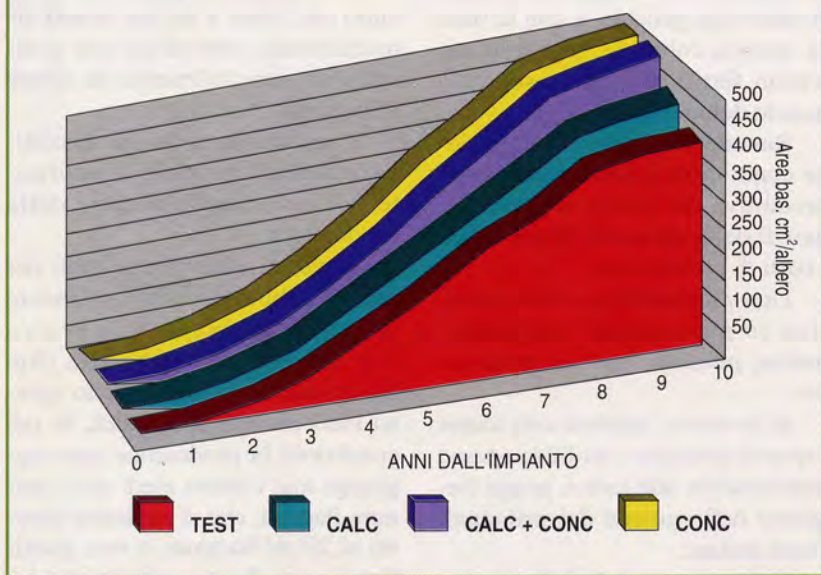


Figura 9 - Influenza della calcitazione e della concimazione sull'accrescimento del pioppo



puntare su modelli colturali semi-estensivi e su cloni che sopportano lunghi periodi di siccità e, una volta ricostituita la riserva idrica del terreno, riprendono a vegetare senza subire deperimenti generalizzati e, soprattutto, danni da necrosi corticali.

Da qualche anno è in corso uno studio che si propone di individuare genotipi dotati di caratteristiche di particolare tolleranza agli stress idrici.

Le determinazioni fino ad oggi condotte sul potenziale idrico e sulla temperatura fogliare di piante sottoposte sperimentalmente a diversi regimi idrici e appartenenti alle specie *P. deltoides* e *P. nigra* e alla specie ibrida *P. x euramericana*, rivelano variabilità interspecifica e più debolmente intraspecifica che fanno sperare in buone possibilità di successo per la selezione nelle popolazioni non solo di *P. deltoides* ma anche di *P. x euramericana* con caratteristiche fisiologiche vicine a quelle della specie parentale materna.

Per quanto riguarda i terreni acidi, particolare attenzione è stata rivolta alla correzione della reazione con la calcitazione e all'integra-

zione della fertilità chimica con la concimazione minerale.

Da prove condotte in terreni della barraggia vercellese la calcitazione effettuata ripetutamente durante il ciclo di coltivazione del pioppeto ha determinato un aumento significativo del pH (da 3,7 a 5 con determinazioni in KCl) e dei contenuti in calcio e magnesio scambiabili, una netta diminuzione del ferro assimilabile, senza comunque influire in modo significativo né sui contenuti minerali delle foglie né sull'accrescimento delle piante.

La concimazione NPK ha influito positivamente sui contenuti minerali delle foglie a eccezione del fosforo e, quando ripetuta nell'arco di 7

anni, ha determinato accrescimenti significativamente più elevati di quelli del testimone (fig. 9).

La calcitazione eseguita in combinazione con la concimazione blocca gran parte del fosforo apportato, mantenendo pressoché costante la quantità assimilabile nel terreno di questo elemento. I maggiori accrescimenti associati a questi interventi devono essere attribuiti soprattutto alla fertilizzazione azotata (fig. 10).

Pur avendo utilizzato cloni con elevate potenzialità produttive la produzione in barraggia è risultata piuttosto scarsa (circa 100 m³/ha di massa legnosa utilizzabile in dieci anni) e gli incrementi conseguiti con la concimazione modesti (meno del 20% in volume rispetto al testimone non concimato) e non sufficienti a coprire le spese sostenute.

In questi ultimi decenni sono stati segnalati numerosi casi, tal-

Figura 10 - Influenza della concimazione sull'accrescimento (alberi concimati in primo piano).



volta anche molto gravi, di effetti tossici sul pioppo da eccesso di sale contenuto nel terreno, soprattutto in zone costiere del litorale adriatico e di quello pisano. Si tratta di terreni bassi, situati per lo più a livelli inferiori a quello marino che, a causa della depressione, in passato sono stati sommersi da acque salmastre. Spesso in questi terreni la salinità dipende anche dai movimenti delle acque sotterranee ricche di sali solubili che si accumulano in assenza di drenaggio.

La possibilità di utilizzare questi terreni per la coltivazione del pioppo è stata auspicata da più parti. Per poterla valutare concretamente, nel periodo 1987-89 è stata realizzata un'esperienza utilizzando un gruppo di cloni che, sulla base di osservazioni condotte in un pioppeto sperimentale situato nei pressi di Contarina (RO), sembravano sufficientemente tolleranti la salinità del terreno. Questo gruppo di cloni era costituito da 47 ibridi euro-americani ottenuti con incroci artificiali tra *P. deltoides* provenienti da Vicksburg (Mississippi), 33° 18' lat. nord, e da Stoneville (Mississippi), 33° lat. nord e *P. nigra* dell'Italia centro-meridionale, della Turchia, della Grecia e della Francia. Come testimoni erano stati utilizzati due cloni euro-americani iscritti al Rncf (I-214 e LUISA AVANZO), entrambi ritenuti sensibili, e un clone di *P. alba*, specie alla quale si attribuisce una certa resistenza. Di questa specie era stato scelto il clone VILLAFRANCA, unico iscritto al Rncf.

L'impianto è stato realizzato in un appezzamento, situato a Vaccolino (FE) nel quale, in base ad osservazioni sullo sviluppo delle colture erbacee, era evidente l'esistenza di un gradiente di salinità

Figura 12 - Veduta panoramica del campo sperimentale: piante sane in primo piano e danneggiate o morte sullo sfondo.

abbastanza uniformemente crescente da un lato all'altro del campo.

Poiché era attesa una capacità di adattamento del pioppo bianco superiore a quella dei cloni euro-americani, con le pioppelle del clone Villafranca è stata costituita una rete di 87 parcelle bi-albero estesa su tutto l'appezzamento. Parcelle bi-albero di tutti gli altri cloni sono state randomizzate completamente ripetendole 24 volte per ogni clone.

Nel primo anno dall'impianto, quando sulle pioppelle erano già evidenti i sintomi della sofferenza, che andavano dalle semplici necrosi fogliari (fig. 11) alla morte dei germogli o addirittura delle stesse piante, il campo è stato diviso in 4 settori corrispondenti alle piante in buone condizioni, sofferenti, molto sofferenti e morte (fig. 12).

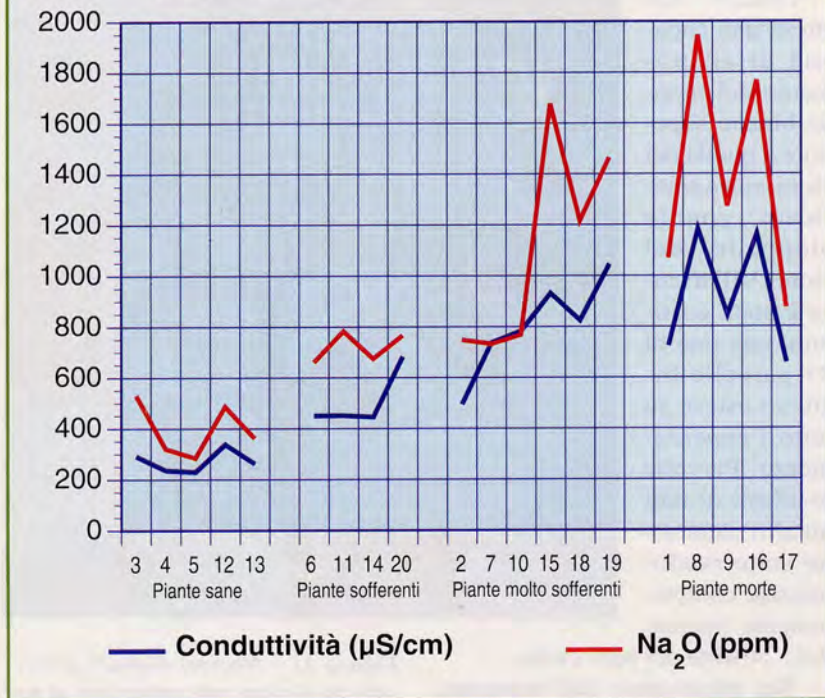


Figura 11 - Necrosi fogliari provocate da elevata concentrazione di sodio nel terreno.

Da ogni settore sono stati prelevati 4-5 campioni di terreno sui quali sono stati determinati: pH, conducibilità, cloruri, solfati, CSC Na, K, Ca, Mg scambiabili, P₂O₅ assimilabile, N, Carbonio organico e sostanza organica.



Figura 13 - Na_2O scambiabile e conduttività elettrica in campioni di terreno prelevati in quattro diversi settori di un terreno salso caratterizzati dalla presenza di giovani piante di pioppo variamente sofferenti



Il contenuto in Na_2O variava da 320-531 ppm nel terreno in cui le piante erano in buone condizioni a 874-1946 ppm in quello dove le piante erano già morte; la conducibilità variava negli stessi settori rispettivamente da 230-330 a 658-1183 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (fig. 13).

L'anno successivo, nella zona in cui le piante erano in buone condizioni il contenuto in Na_2O del terreno variava da 730 a 1.000 ppm nello strato superficiale e da 3.400 a 4.000 ppm nello strato profondo mentre la conducibilità rispettivamente da 330 a 560 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nello strato superficiale e da 960 a 1.450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in quello profondo.

Nelle zone con piante sofferenti la concentrazione del Na_2O era sempre superiore a 1.000 ppm nello strato superficiale e di oltre il 4.000 ppm in quelli profondi e dove le piante erano molto sofferenti o morte la concentrazione superava 2.000 ppm anche nello strato superficiale.

Anche nell'acqua di falda il contenuto in sodio presentava un netto gradiente crescente dalla zona con piante sane a quelle con piante sofferenti e morte ma con concentrazioni nettamente superiori a quelle del terreno corrispondente.

In tutti i profili la concentrazione del sodio risultava più elevata in profondità che in superficie per effetto sia del dilavamento dell'acqua meteorica, sia della risalita per capillarità dell'acqua di falda nei periodi asciutti.

Quanto al comportamento dei cloni, sulla base dei risultati conseguiti non sono emerse differenze significative nei riguardi della tolleranza alla salinità del terreno, apparsa per tutti i genotipi saggiati piuttosto modesta. Il dato più sorprendente è che il pioppo bianco, rappresentato dal clone VILLA-FRANCA, non è risultato più resistente degli euro-americani.

Poiché nei diversi orizzonti del terreno la distribuzione verticale

della salinità si modifica di giorno in giorno insieme con il contenuto in acqua, dai risultati della prova non può essere facilmente desunto il limite massimo della concentrazione tollerata dalla coltura, la cui sensibilità deve essere messa in relazione anche con la fase vegetativa. Ciò nondimeno, i dati raccolti con questa esperienza suggeriscono che i pioppi euro-americani in fase di attecchimento subito dopo il trapianto manifestano sintomi di tossicità anche a concentrazioni di cloruro di sodio inferiori all'uno per mille e muoiono sicuramente quando la salinità supera questo tenore. Le piante adulte hanno una soglia di tolleranza più elevata. Questa varia anche con la tessitura del terreno essendo più bassa nei terreni sabbiosi e più alta in quelli argillosi. Si tratta sempre, comunque, di limiti abbondantemente inferiori a quelli delle colture agrarie più diffuse e che di fatto escludono la possibilità di utilizzare il pioppo nella valorizzazione degli ex-seminativi anche leggermente salsi.

Per quanto riguarda i terreni collinari, estese indagini sono state condotte nel Monferrato (BORELLI *et al.*, in corso di stampa) e, sulla base dei dati raccolti si può affermare che i principali fattori limitanti la crescita dei pioppi vanno ricercati nella scarsa disponibilità idrica durante l'estate, nella scarsa profondità del profilo (fig. 14), nell'eccesso di calcare attivo, nell'alto contenuto di argilla nonché nelle loro interazioni.

L'area interessata all'indagine dal punto di vista fitoclimatico rientra nella zona del "*Castanetum*", sottozona fredda, con precipitazioni annue medie di circa 700 mm, caratterizzate da 2 minimi (estivo e invernale) e da 2 massimi (primaverile e autunnale). Durante l'estate, nei periodi di siccità, i terreni, in particolare quelli a tessitura più fine, vanno soggetti a crepacciature larghe anche 5-6 cm e profonde fino a superare l'orizzonte coltivato, dato che non esiste,



Figura 14 - Profilo di un terreno collinare molto superficiale (40 cm) adagiato su strato calcareo.

Figura 15 - Piante deperienti per gravi manifestazioni di ferrocarenza.

Figura 16 - Veduta di insieme con pioppeti colpiti da clorosi nelle colline del Monferrato.

Figura 17 - Trinciatura dell'erba in un pioppeto a San Giorgio Monferrato (AL).



soprattutto nei pendii, una falda capace di influenzare per capillarità il grado di umidità degli strati più superficiali. Viceversa nei periodi più piovosi i terreni a tessitura fine si saturano d'acqua e diventano inagibili alle macchine operatrici per lunghi periodi. Si verificano quindi alternanze di periodi ad alta umidità con altri di siccità creando condizioni sfavorevoli per una crescita regolare delle piante.

Nelle aree in pendenza, in particolare in corrispondenza degli impluvi, gli strati superficiali saturati dalle acque di precipitazione spesso scivolano sullo strato calca-

reo sottostante provocando vere e proprie frane. In alcuni casi gli agricoltori ricorrono al pioppeto proprio nel tentativo di contenere il fenomeno, confidando nella azione protettrice della rete di radici di pioppo. Ma l'intervento ha poche probabilità di riuscita perché in tali situazioni anche il pioppo ha difficoltà a sviluppare un sistema radicale adatto allo scopo.

La clorosi è molto diffusa e si manifesta con intensità variabile dal

semplice ingiallimento temporaneo delle foglie in corrispondenza di piogge insistenti, all'ingiallimento persistente, seguito da necrosi fogliari e nei casi più gravi dalla morte delle piante (fig. 15).

Data l'elevata eterogeneità del terreno, di solito la mortalità non interessa aree molto ampie ma gruppi di piante che, nei casi più gravi, possono giungere a occupare fino al 30% della superficie totale del pioppeto (fig. 16).

Le ricerche fino ad ora condotte hanno dimostrato che non esiste una netta correlazione tra intensità della clorosi e contenuto in calcare attivo; pertanto la fisiopatologia non può essere spiegata soltanto sulla base del tenore in calcare attivo del terreno ma devono essere considerati anche altri fattori; tra questi la profondità, la tessitura e la struttura

degli strati giocano un ruolo determinante sul bilancio idrico e quindi sulla espansione e sulla funzionalità dell'apparato radicale con conseguenze importanti sugli equilibri nutritivi.

La selezione clonale, volta alla individuazione di genotipi tolleranti l'eccesso di calcare in misura sufficiente da consentirne la coltivazione, ha messo in evidenza che esiste una forte variabilità anche nell'ambito dei cloni euro-americani.

Un'altra via che si sta seguendo per cercare di valorizzare i terreni calcarei collinari è quella del contenimento della fisiopatia attraverso l'impiego di tecniche di coltivazione idonee a favorire l'accumulo di sostanza organica in superficie. Tra queste ci si limita a ricordare tra i lavori preparatori, la lavorazione a due strati per evitare il rimescolamento degli orizzonti, e la sostituzione delle lavorazioni ordinarie con l'inerbimento (fig. 17) per favorire la crescita di radici anche nello strato più superficiale, dove il contenuto di sostanza organica è più elevato e dove questa tende a umificare, con effetti favorevoli sull'assimilabilità del ferro.

Con i cloni e le tecniche attualmente disponibili nelle colline del Monferrato vengono conseguite mediamente produzioni annue dell'ordine dei 10 m³/ha, assolutamente insufficienti per garantire una remunerazione agli investimenti. D'altra parte un contenimento dei costi di produzione sarà possibile soltanto quando saranno disponibili cloni più rispondenti alle particolari condizioni ambientali e ai modelli colturali semi-estensivi.

Per concludere, nei terreni con scarsa capacità idrica, in quelli acidi della barraggia e calcarei delle colline del Monferrato sono state conseguite mediamente produzioni economicamente insoddisfacenti anche in considerazione dell'attuale incerta situazione di mercato del legno. Una certa diffusione della pioppicoltura in questi ambienti appare fondamentalmente legata alla necessità di impegnare in qualche modo terreni privi di valide alternative colturali.

In queste situazioni è opportuno minimizzare i costi evitando anche interventi eccezionali ammendanti e fertilizzanti. La coltura deve essere quindi limitata alle micro-stazioni più idonee.

Per procedere secondo questi intendimenti occorre in ogni caso affinare i metodi per valutare l'idoneità delle stazioni e le possibilità di applicare modelli colturali semplificati ma, soprattutto, occorre

selezionare cloni con maggiore capacità di adattamento alle condizioni edafiche più difficili.

A questo fine sono già disponibili affidabili tecniche diagnostiche per valutare con notevole precisione le potenzialità d'uso dei terreni. È possibile anche semplificare i modelli colturali: le piante di un anno di vivaio danno produzioni analoghe a quelle di due, mentre richiedono costi di produzione e di impianto inferiori; le lavorazioni del terreno possono essere limitate alla prima parte del ciclo. Infine la variabilità genetica del pioppo è sufficientemente ampia da offrire buone prospettive alla selezione di cloni adatti agli ambienti più difficili; tuttavia i costi della sperimentazione non sembrano attualmente essere ricompensati dai potenziali benefici derivanti da un ampliamento delle aree coltivabili.

Minori possibilità si intravedono invece per i terreni salini, data la modesta adattabilità dei cloni di pioppo fino ad oggi saggiati.

Lo sviluppo della pioppicoltura in terreni marginali appare condizionata dalla disponibilità di incentivi pubblici che nei prossimi anni non dovrebbero mancare, se la Politica Agricola Comunitaria continuerà a sostenere finanziariamente il ritiro dalla produzione dei seminativi e l'incremento della forestazione.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AA.VV. (1989). *Provvedimenti colturali e fitosanitari per una pioppicoltura ecologicamente disciplinata*. Regione Lombardia-ISP (SAF/gruppo ENCC).

ARRU G., LAPIETRA G., (1979). *Breeding poplars for resistance to insect pests*. Proc. IUFRO Meeting of Working Parties S2.02.10, Francia e Belgio 17-22.9.1979. Pubbl. a Wageningen: 11-17.

AVANZO E., (1972). *Nursery variability of basal area and branch number in Populus deltoides Bartr. in Central and Southern Italy*. Proc. IUFRO Genetics - SABRAO Joint Sym-

posia, Tokyo, 1972, B-6(V): 1-5.

AVANZO E., BISOFFI S., GRAS M.A., MUGHINI G., (1985). *Breeding strategy adopted in Italy for poplars of the Aigeiros Section*. Genetica Agraria, 39: 308 (Abstr.).

BISOFFI S., (1989). *Recent developments of poplar breeding in Italy*. Proc. IUFRO Meeting of Working Party S2.02.10, Hann.Münden, 2-6.10.1989: 18-45.

BISOFFI S., (1991). *Nearest-neighbours and check-plots in poplar nursery trials*. Proc. IUFRO Meeting of Group S4.11, London, 10-13.10.1991: 49-59.

BISOFFI S., GEMIGNANI G., GRAS M.A., MAY S., MUGHINI G., (1987). *Establishment of Populus nigra L. genetic reserves in Italy*. Genetica Agraria, 39: 105-114.

BORELLI M., CHIARABAGLIO P.M., COALOA D., FRISON G., (1993). *Aspetti tecnici ed economici della pioppicoltura nelle aree collinari del Monferrato*, (in corso di stampa).

CONFALONIERI M., BALESTRAZZI A., BISOFFI S., (1993). *Genetic transformation of Populus nigra by Agrobacterium tumefaciens*. Plant Cell Reports: (in corso di stampa).

FRISON G., (1992). *Pioppicoltura e ambiente in Golena*. Conv: "Ritornare al Po". Cremona 1992.

FRISON G., FACCIOTTO G., (1992). *Possibilities of poplar cultivation in acid, saline and calcareous soils*. FAO/CIP Zaragoza 22-25.9.1992.

FRISON G., FACCIOTTO G., (1993). *La densità di impianto e i suoi riflessi produttivi in pioppicoltura*. L'Informatore Agrario: (in corso di stampa).

HAZEL L.N., LUSH J.L., (1943). *The efficiency of three methods of selection*. Journal of Heredity, 33: 393-399.

LAPIETRA G., (1989). *Modelli di coltivazione del pioppo in aree sensibili*. Conv. "Agricoltura e Ambiente". Salice Terme 1989.

LINDSEY K., (1992). *Genetic manipulation of crop plants*. Journal of Biotechnology, 26: 1-28.

ZOBEL., WRIGHT M.J., GAUCH Jr. H.G., (1988). *Statistical Analysis of a Yield Trial*. Agronomy Journal, 80: 388-393.