

Indicazioni qualitative sul diserbo chimico del pioppo in vivaio e possibilità di miglioramento alla luce di quindici anni di sperimentazione

Giorcelli A*, Deandrea G, Gennaro M

Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in Agricoltura - Unità di ricerca per le produzioni legnose fuori foresta, Strada per Frassineto 35, I-15033 Casale Monferrato (AL - Italy). - *Corresponding Author: Achille Giorcelli (achille.giorcelli@entecra.it).

Abstract: *Qualitative suggestions about chemical weed control in poplar nursery and possible improvement on the basis of experimental trials over fifteen years.* In this work the results of over fifteen years of experimentation are summarized, concerning the possibility of use of herbicides included in several chemical classes and with various mechanisms of action on poplar clones of different European and North American species. The active ingredients were tested mainly singly or in commercial mixtures, applied before emergence (interpreted here as sprout of poplar cuttings not yet occurred and before weed infestation) or after emergence (interpreted here as cuttings with sprouts 20-25 cm long and after weed colonisation). Almost 50% of the 43 tested formulations has proved to be unserviceable in poplar nursery because of the hard damage induced on plantlets, *i.e.*, dicotyledonics and those with a wide action range, especially applied after emergence. It was the case of acetolactate synthase inhibitors and synthetic auxins. About 25% of formulations has proved to be utilizable with limited risks and 20% without risk. After emergence, the lowest damage was caused by graminicide compounds included in the class of acetyl-CoA carboxylase inhibitors (*e.g.*, diclofop-methyl, cycloxydim); before emergence, very good applicative opportunities were showed by microtubule assembly inhibitors, especially propyzamide, and the cellulose synthesis inhibitor isoxaben. Among the herbicides utilizable with some risk after emergence, the photosynthesis inhibitors pyridate and phenmedipham (individually or in mixture) were interesting since they are the only ones allowing the control of broad-leaved weeds in presence of herbaceous poplar shoots. Before emergence, flufenacet and isoxaflutole were remarkable as well, the latter being active versus hardly limited weeds. In summary, besides the two aforesaid compounds, the graminicide cycloxydim and - more cautiously - clodinafop and propaquizafop may be hopefully introduced in poplar nurseries after emergence, in association with the wide action range mixture of phenmedipham, desmedipham and ethofumesate.

Keywords: *Populus*, Herbicides, Phytotoxicity, Forest plantations, Biomass

Received: Jan 16, 2009; Accepted: Mar 09, 2009

Citation: Giorcelli A, Deandrea G, Gennaro M, 2009. Indicazioni qualitative sul diserbo chimico del pioppo in vivaio e possibilità di miglioramento alla luce di quindici anni di sperimentazione. *Forest@* 6: 202-214 [online: 2009-06-30] URL: <http://www.sisef.it/forest@/>.

Introduzione

Dopo alcuni anni di crisi, occorsi a seguito della concomitanza di alcuni fattori sfavorevoli - fra cui un prezzo non molto remunerativo del legname ottenibile e difetti costituzionali del mercato, quali la frammentazione dei soggetti produttori e carenze strutturali e strategiche delle aziende di trasformazione (Coaloa 2007) - la pioppicoltura sembra aver riacquisito una certa attrattiva in un contesto di nuove for-

me colturali che si vanno facendo strada accanto alla coltivazione tradizionale. Il turno prolungato con l'impiego di cloni adatti, che prevede il ricorso a materiale di propagazione vegetativa conforme ad elevati parametri qualitativi e commerciali, le piantagioni di pioppo bianco con obiettivi che approssimano quelli dell'arboricoltura di legname di pregio, la consociazione con latifoglie nobili come ciliegio o noce secondo appositi modelli gestionali, gli impian-

ti ad elevata densità e breve ciclo per la produzione di biomassa (*Short Rotation Forestry*) rappresentano tutte opportunità di uso alternativo dei terreni a vocazione agricola che hanno ravvivato il settore (Facciotto & Coaloa 2007, Facciotto et al. 2007). I margini di guadagno, in particolari casi di modelli colturali estensivi, risultano tuttavia assai esigui senza il sostegno di contributi pubblici, i quali d'altronde vincolano il produttore all'osservanza di regole nella conduzione agronomica e nell'epoca di utilizzazione, e senza una rigorosa economia degli interventi che peraltro costituisce uno degli aspetti delle regole predette. Né vanno sottaciute nuove opportunità di utilizzazione del pioppo con finalità non produttive, come gli impianti per fitorisanamento di siti inquinati da metalli pesanti o quelli per il ripristino dei caratteri ecologici precipui delle fasce fluviali, opportunità che sono oggetto di crescente attenzione in vari progetti di ricerca di livello sia nazionale che internazionale (Scarascia Mugnozza & Paris 2007, Vameralli et al. 2009).

Condizione pregressa e indispensabile per i vari scenari delineati è l'allevamento di materiale di propagazione di adeguata qualità a garanzia della riuscita dell'impianto, di qualunque tipologia esso sia; vale a dire, le cure colturali di una data piantagione cominciano prima della sua costituzione, in vivaio. In tale sede, al pari delle avversità abiotiche, entomatiche e delle malattie di origine parassitaria, una grave minaccia allo sviluppo delle pioppelle è data dalle infestazioni di malerbe. Esse, soprattutto nei primi stadi di sviluppo, se non adeguatamente contenute, arrivano a soffocare i germogli da poco emessi dalle talee e in seguito possono limitare in misura decisiva l'accrescimento delle piantine per competizione in riferimento allo spazio e agli elementi nutritivi; e anche quando il materiale vivaistico è ormai affrancato e prossimo al trapianto, la loro presenza non deve essere sottovalutata in quanto possono determinare irregolarità di conformazione e mancato raggiungimento dei diametri standard, e quindi indirettamente, come massima iattura, il fallimento degli impianti appena costituiti (Anselmi & Giorcelli 1983). La presenza delle infestanti va contenuta anche ai primi anni di conduzione della piantagione, per quanto essa non metta a repentaglio la sopravvivenza della stessa, onde interrompere una successione vegetazionale che inevitabilmente porterebbe all'avvento di specie perennanti o suffruticose, con conseguenti difficoltà per i successivi trattamenti e lavorazioni, e che d'altro canto edificherebbe un *habitat* favorevole alle ovideposizioni di vari insetti xilofagi, saperda in

primis (Allegrò 1989).

In un tale contesto, il ricorso ai trattamenti chimici con erbicidi è a tutt'oggi ineludibile anche tenendo conto delle giuste istanze di ecocompatibilità della coltura e di riduzione dei costi, dal momento che di fatto le sole lavorazioni del terreno non risultano sufficienti a debellare le infestanti né sono in alcun modo sostenibili interventi manuali.

A fronte dell'introduzione di veri e propri erbicidi nella pratica agricola a partire dalla fine degli anni Quaranta del secolo scorso, tracce documentate di trattamenti nel settore pioppicolo si intensificano solo a partire dai primi anni Sessanta, con le esperienze nord-americane su *P. deltoides* Marsh. di Aird (1962), McKnight (1962), Carter (1964). Martin & Carter (1966) investigarono la tolleranza di tale specie in vivaio ad alcuni principi attivi di fresca disponibilità, fra i quali trifluralin e dichlobenil non cagionarono danni in prove di pre-emergenza e dalapon (un inibitore della biosintesi dei lipidi) un danno moderato in prove di post-emergenza. Risalgono alla fine dei Sessanta alcuni saggi pionieristici in Italia di Cellerino (1966), Magnani (1969) e Magnani (1970). Quest'ultimo impiegò, fra gli altri, prodotti a base di paraquat dicloride, 2-4 D (auxina sintetica), linuron, lenacil e trifluralin in vivaio sia di nuovo impianto che al secondo anno, riscontrando danni ai germogli soprattutto con lenacil mentre le pioppelle al secondo anno, già ben lignificate, non mostravano particolari affezioni a seguito della somministrazione degli erbicidi saggiati. Parallelamente, Cellerino (1966, 1971, 1974) mise a fuoco su "I-214" ancora trifluralin, propyzamide e una miscela di nitrofen (inibitore della PPO) più propanil (inibitore del fotosistema II) come sostanze in grado di assicurare un efficace contenimento delle infestanti unito a effetti fitotossici su pioppo limitati o nulli. Inoltre, Cellerino & Anselmi (1975) valutarono linuron ealachlor come del tutto innocui nei confronti dello stesso "I-214", eleggendoli non a caso dal novero degli erbicidi impiegati per il mais, coltura a quel tempo non di rado consociata con il pioppo. Fra questi, le triazine (inibitori del fotosistema II) risultarono invece assai dannose per le salicacee (Cellerino & Anselmi 1977), così come l'M-CPA (auxina sintetica) impiegato nelle contigue colture risicole (Anselmi 1978). Miscele di trifluralin e linuron diedero risultati altrettanto promettenti in sperimentazioni francesi estese ad alcuni cloni di pioppo nero e balsamico (Poissonnier 1977). I risultati di questa lunga serie di esperienze hanno portato alla messa a punto di strategie di intervento per il contenimento della flora infestante che sono diventa-

te di prassi fino ad oggi nei vivai commerciali, consistenti in interventi di pre-emergenza utilizzando miscele di trifluralin o pendimethalin e/o propyzamide, associati ad alachlor o metolachlor talvolta con una cauta aggiunta di linuron (Anselmi & Cellerino 1980, Anselmi & Viart 1984). Emerge da questa breve cronistoria la perdurante mancanza di possibilità di intervento in post-emergenza su piante allo stato erbaceo, pratica la cui introduzione in coltura vivaistica sarebbe oltremodo auspicabile sia per correggere eventuali fallimenti anche parziali di trattamenti di pre-emergenza, sia, soprattutto, per eliminare la costosissima necessità di interventi manuali volti a contenere la flora infestante tardo-primaverile. Siffatta introduzione avrebbe oltretutto un impatto ambientale limitato, in quanto i principi attivi cui si fa riferimento non hanno particolari effetti residuali nel suolo.

Sulla scorta di una sperimentazione che prosegue ormai da tre lustri presso il C.R.A. - Unità di ricerca per le Produzioni Legnose fuori Foresta di Casale Monferrato (PLF, già Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura), tuttora in corso, durante la quale sono stati fin qui saggiati oltre 50 composti erbicidi su numerosi cloni di pioppo afferenti anche a diverse specie, si intende con il presente lavoro fornire spunti di valutazione per l'eventuale introduzione di nuovi principi attivi fra quelli ammessi secondo legislazione in questo settore colturale, allo stato attuale in numero assai limitato, con l'obiettivo di ridurre gli interventi diserbanti massimizzandone l'efficacia e soprattutto introdurre possibilità di intervento in post-emergenza della coltura.

Materiali e metodi

Le prove sono state condotte in appositi vivai sperimentali costituiti con cloni di pioppo (in prevalenza da 7 a 10) appartenenti a specie diverse (*Populus alba* L., *P. x canadensis* Moench, *P. deltoides* Marsh., *P. x generosa* A. Henry, *P. maximowiczii* A. Henry, *P. nigra* L., *P. trichocarpa* Torr. & A. Gray). Gli impianti sono stati messi a dimora in primavera presso l'Azienda Sperimentale Mezzi annessa al CRA - PLF, situata nella gola del fiume Po, caratterizzata dai tipici terreni sciolti, sabbio-limosi. I campi sperimentali sono stati realizzati adottando uno schema a parcella suddivisa (*split plot*) con tre replicazioni, nel quale il fattore "trattamento" era la parcella principale e il fattore "clone" la sub-parcella. Ogni sub-parcella era costituita da una fila di 10 o 15 talee. La spaziatura adottata è stata di 2.0 m tra le file e di 0.7 m sulla fila, come in uso nei tradizionali vivai com-

merciali.

La distribuzione dei prodotti è stata praticata, con l'ausilio delle normali attrezzature agricole (trattrici e botti portate con barre ad ugelli), ad impianto appena realizzato, prima della germogliazione delle talee del pioppo, per le somministrazioni di pre-emergenza; per le somministrazioni di post-emergenza, invece, i prodotti sono stati distribuiti sulle malerbe già comparse e sui germogli di pioppo già sbocciati, con un'altezza generalmente di 20-25 cm, avendo cura di evitare la bagnatura della gemma apicale.

Per ogni prova, sono state previste parcelle-testimone, delle quali in alcune non è stato condotto alcun intervento per il contenimento delle malerbe e in altre si è fatto ricorso a trattamenti diserbanti in pre-emergenza utilizzando miscele di trifluralin o pendimethalin più alachlor o metolachlor, talvolta con l'aggiunta di linuron, miscele tradizionalmente considerate di riferimento per la loro comprovata efficacia.

I giudizi sintetici sono il frutto dei puntuali rilievi dei sintomi di fitotossicità di volta in volta eseguiti rilevando la presenza di:

- necrosi, clorosi, arrossamenti e malformazioni fogliari;
- filloptosi;
- necrosi corticali sul fusto e sui rametti;
- fenomeni di traslocazione nella parte di chioma non irrorata (clorosi e/o arrossamenti fogliari, malformazione delle foglie e/o dei germogli).

Occorre ovviamente fare distinzione fra i principi attivi somministrati in pre-emergenza e quelli somministrati in post-emergenza. Nel primo caso, oltre al problema della tossicità diretta verso il pioppo per effetti residuali associati alla permanenza del prodotto nel terreno e al successivo assorbimento radicale, si impone l'aspetto dell'efficacia del contenimento delle malerbe, il quale è d'altronde l'obiettivo principale di siffatti interventi. Nel secondo caso, accanto alle considerazioni sulle malerbe, va sempre osservato qualsiasi sintomo a carico delle piantine in crescita, sia esso un fenomeno di alterazione dei tessuti (ad esempio, clorosi, arrossamenti, necrosi), di perdita di organi (filloptosi), di modificazione dello sviluppo (ripiegamenti o deformazioni delle foglie, deformazioni del fusto, anomalie di portamento o ramificazione), di riduzioni dell'accrescimento (quantificato come diminuzione dell'incremento in altezza o di diametro) fino ad arrivare alla morte delle stesse.

In sede di valutazione della gravità del danno, occorre porsi nella prospettiva delle condizioni finali delle pioppelle rispetto ai parametri standard, non-

ché alla possibilità di sopravvivenza di queste in campo. Nel caso di produzione vivaistica in ambito di pioppicoltura tradizionale, materiale di dimensioni ridotte rispetto alla norma, quand'anche vitale, sarà declassato e al limite scartato rispetto all'opportunità del suo impianto, con conseguente perdita economica parziale o totale. In tale contesto il danno sarà dunque da considerarsi grave anche in permanenza della vitalità vegetativa. Non così se il materiale è destinato ad impieghi con finalità meno commercialmente selettive, come negli impianti per la produzione di biomassa ad uso energetico, per fitorisanamento o per salvaguardia delle fasce fluviali, nel qual caso risultano accettabili anche pioppelle meno sviluppate del dovuto o presentanti leggere deformazioni del fusto. Difetti di accrescimento quantitativo sono ammissibili anche qualora il pioppo venga utilizzato come specie accessoria in piantagioni di noce o ciliegio, dal momento che in siffatte formazioni ha soprattutto una funzione migliorativa per il portamento delle specie nobili. In questi ultimi casi un danno lieve o moderato potrà contemplare anche leggere manifestazioni di tossicità e sarà dunque potenzialmente più flessibile la selezione dell'erbicida, se esso dovesse consentire una efficace gestione delle malerbe. Va inoltre considerato che sintomi passeggeri in apparenza recuperabili, come ad esempio una filloptosi, potrebbero compromettere la facoltà di attecchimento della piantina dopo il trapianto per scarsità di accumulo di riserve nutritive, e quindi essere origine di danno evidente solo in fasi successive. In sintesi, l'analisi della tossicità di un erbicida verso il pioppo, in vista di una valutazione del danno derivante, va sempre rapportata al tipo e alla finalità della specifica coltivazione. Nel caso delle valutazioni riportate in questo lavoro, si è fatto riferimento al danno in situazione di vivaismo per pioppicoltura tradizionale.

Sono qui di seguito descritti, per brevi tratti di sintesi, i principali caratteri biochimici e fitoiatrici dei principi attivi saggiati nei vari anni di sperimentazione e di quelli già utilizzabili su pioppo, nonché le modalità di impiego nei nostri saggi sperimentali (Davies 2001, Maffei 1998, Monaco et al. 2002). Essi sono stati raggruppati secondo la modalità di azione biochimica, ossia l'interferenza con una data via metabolica della pianta bersaglio, in quanto è il criterio più razionale dal punto di vista operativo e a grandi linee esso riflette il tipo e l'entità di danno sul pioppo. A tal proposito, la lettera maiuscola e il numero in parentesi indicano rispettivamente la classificazione secondo il HRAC (*Herbicide Resistance Action Com-*

mittee - <http://www.hracglobal.com>) e il WSSA (*Weed Science Society of America* - <http://www.wssa.net>) che differiscono non di molto (Cobb & Kirkwood 2000). Gli erbicidi, sia secondo la classificazione HRAC che secondo quella WSSA, sono classificati con lettere dell'alfabeto o con numeri progressivi (rispettivamente). I due sistemi si rispecchiano in larga parte e condividono il criterio di integrare il loro bersaglio metabolico, la modalità di azione, le similitudini di azione, i sintomi indotti e la classe chimica (Mallory-Smith & Retzinger 2003).

Si riporta inoltre il riferimento legislativo ad eventuali revoche intercorse dopo l'impiego nelle prove sperimentali. In grassetto sono evidenziati i principi attivi presenti in almeno un prodotto commerciale autorizzato all'uso in vivaio e/o su pioppo.

Inibitori dell'acetil-CoA carbossilasi (A, 1)

Interferiscono con la biosintesi dei lipidi inibendo la reazione transcarbossilasica appunto dell'enzima ACC, con ripercussioni sulla sintesi e il *turnover* delle membrane cellulari. A seguito di somministrazione, le membrane dei tessuti meristemati vanno incontro a rapida distruzione con conseguente aumento della permeabilità. Sono qui comprese le famiglie chimiche degli arilossifenossipropionati ("FOPs"), dei cicloesandioni ("DIMs") e delle fenilpirazoline. Sono principi attivi sistemici da distribuire in post-emergenza, efficaci sulle graminacee, anche perennanti.

Arilossifenossipropionati (tutti saggiati su *Populus x canadensis*, *P. deltoides*, *P. nigra*, *P. alba*, *P. x generosa*, *P. trichocarpa*, *P. deltoides x P. maximowiczii*)

- CLODINAPOP: saggiato nel 1994 e 1995
- DICLOPOP-METHYL: saggiato nel 1991 e 1992 [revocati alcuni preparati commerciali]
- FENOXAPROP-ETHYL: saggiato dal 1991 al 1993 e nel 1995 [revocato, reg. CE n. 2076/2002 della Commissione europea del 20 novembre 2002]
- FLUAZIPOP-BUTYL: saggiato dal 1991 al 1995 [revocato, decreto 10 luglio 2003]
- HALOXYPOP-ETHOXYETHYL: saggiato dal 1991 al 1995 [revocato, decreto 5 maggio 2003]
- PROPAQUIZAFOP: saggiato nel 1994 e 1995 [autorizzato in vivaio]
- QUIZALOPOP-ETHYL: saggiato dal 1991 al 1995 [revocato, decreto 10 luglio 2003].

Cicloesandioni

- CYCLOXYDIM: saggiato nel 2001 e 2002 su *P. x canadensis*, *P. deltoides*, *P. nigra*, *P. alba*

- SETHOXYDIM: saggiato dal 1991 al 1993 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba*, *P. x generosa*, *P. trichocarpa*, *P. deltooides x P. maximowiczii* [revocato, decreto 22 luglio 2003].

Fenilpirazoline

- PINOXADEN: saggiato solo in miscela con cloquintocet-mexyl (molecola che accelera la detossificazione dell'erbicida) nel 2008 su *P. x canadensis* e *P. deltooides*.

Inibitori dell'acetolattato sintasi (B, 2)

Attraverso l'inibizione di questo enzima, che presiede alla biosintesi degli aminoacidi leucina, isoleucina e valina, inducono un rapido declino delle divisioni cellulari; inoltre la pianta, nel tentativo di reagire, attinge alle riserve proteiche con conseguente diminuzione di queste. Sono qui comprese, fra le altre, le famiglie chimiche degli imidazolinoni, delle sulfoniluree e delle triazolopirimidine. Vanno distribuiti in post-emergenza, efficaci sulle dicotiledoni ma in diversi casi anche su alcune monocotiledoni. Quelli qui considerati sono tutti sistemici.

Imidazolinoni

- IMAZAMETHABENZ-METHYL: efficace su dicotiledoni e monocotiledoni, saggiato dal 1991 al 1993 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba*, *P. x generosa*, *P. trichocarpa*, *P. deltooides x P. maximowiczii* [revocato, decreto 29 aprile 2005].
- IMAZAMOX: efficace su dicotiledoni e alcune monocotiledoni, saggiato nel 2001 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba*.

Sulfoniluree

- NICOSULFURON: efficace su dicotiledoni e monocotiledoni, saggiato nel 1994 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba*, *P. x generosa*, *P. trichocarpa*, *P. deltooides x P. maximowiczii*.
- OXASULFURON: efficace su dicotiledoni più giovane e sorghetta, saggiato nel 1999 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*.
- PRIMISULFURON: efficace su dicotiledoni e monocotiledoni, saggiato nel 1993 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba*, *P. x generosa*, *P. trichocarpa*, *P. deltooides x P. maximowiczii* [revocato, decreto 7 aprile 2004].
- RIMSULFURON: efficace su dicotiledoni e monocotiledoni, saggiato nel 1993 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba*, *P. x generosa*, *P. trichocarpa*, *P. deltooides x P. maximowiczii*.
- TRIBENURON-METHYL: efficace su dicotiledoni, saggiato

nel 1994 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba*, *P. x generosa*, *P. trichocarpa*, *P. deltooides x P. maximowiczii*.

Triazolopirimidine

- FLORASULAM: efficace su dicotiledoni, saggiato nel 2002 e 2003 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba*.

Inibitori della fotosintesi al fotosistema II (C1-C2-C3, 5-7-6)

Inibendo il flusso di elettroni dall'acqua al NAPH secondo differenti modalità, determinano l'accumulo di elettroni sulla molecola della clorofilla con conseguenti nocive ossidazioni che possono distruggere membrane e pigmenti. Quelli da noi considerati appartengono alle famiglie chimiche dei bis-carbammati, triazine, uracili, fenilpiridazine, feniluree, idrossibenzenitrili. Sono efficaci sulle dicotiledoni.

Bis-carbammati (C1, 5)

- DESMEDIPHAM: sistemico, distribuito in post-emergenza, saggiato in miscela con phenmedipham ed ethofumesate dal 1999 al 2003 e nel 2008 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba* [revocato il preparato commerciale corrispondente alla miscela - Decreto 8 settembre 2005].
- PHENMEDIPHAM: sistemico, distribuito in post-emergenza, saggiato da solo nel 1993 e nel 1998 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba*, *P. x generosa*, *P. trichocarpa*, *P. deltooides x P. maximowiczii*, in miscela con desmedipham ed ethofumesate dal 1999 al 2003 e nel 2008 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba* [revocato il preparato commerciale corrispondente alla miscela - Decreto 8 settembre 2005].

Uracili (C1, 5)

- LENACIL: sistemico, molto persistente nel terreno, poco adatto in abbondanza di calcare; applicato in pre-emergenza; saggiato in precedenza alle presenti prove sperimentali [autorizzato in vivaio]

Feniluree (C2, 7)

- LINURON: residuale; distribuito in pre-emergenza, utilizzato talvolta in miscela con trifluralin o pendimethalin e alachlor o metolachlor in parcelle testimone di diserbo di riferimento.

Fenilpiridazine (C3, 6)

- PYRIDATE: di contatto, distribuito in post-emergenza, saggiato nel 1991, dal 1993 al 1995, nel 2001 e 2002

su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba*, *P. x generosa*, *P. trichocarpa*, *P. deltooides x P. maximowiczii* [revocati tutti i preparati commerciali].

Idrossibenzonitrili (C3, 6)

- IOXYNIL: sistemico, distribuito in post-emergenza, saggiato nel 1993 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba*, *P. x generosa*, *P. trichocarpa*, *P. deltooides x P. maximowiczii* [revocati molti preparati commerciali].

Devianti del trasporto elettronico dal fotosistema I (D, 22).

Essi accettano elettroni dal fotosistema I e li trasferiscono all'ossigeno producendo radicali liberi, i quali danneggiano le membrane tilacoidali. È inclusa la sola famiglia dei dipiridilici.

Dipiridilici

- DIQUAT DIBROMIDE: di contatto, dissecca le parti verdi della pianta; privo di effetto residuale in quanto inattivato da colloidali del terreno; applicato in pre-emergenza; saggiato in precedenza alle presenti prove sperimentali [autorizzato in vivaio].

Inibitori della protoporfirinogeno ossidasi (E, 14)

Sono erbicidi fotodinamici, ovvero inducono al buio l'accumulo di inibitori della clorofilla con danni foto-ossidativi dopo l'esposizione alla luce. Irreversibile è il danno al tonoplasto e al plasmalemma, con conseguente incontinenza cellulare, decolorazione dei pigmenti contenuti nel cloroplasto, produzione di etilene. Quelli da noi saggiati sono difenileteri oppure ossidiazoli; molti sono efficaci sia su monocotiledoni che dicotiledoni.

Difenileteri (tutti saggiati su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba*, *P. x generosa*, *P. trichocarpa*, *P. deltooides x P. maximowiczii*)

- ACIFLUORFEN-SODIUM: efficace solo su dicotiledoni, di contatto, distribuito in post-emergenza, saggiato dal 1993 al 1995 [revocato, decreto 22 luglio 2003].
- FOMESAFEN: efficace solo su dicotiledoni, sistemico, distribuito in post-emergenza, saggiato dal 1993 al 1995 [revocato, decreto 24 giugno 2003].
- OXYFLUORFEN: efficace su monocotiledoni e dicotiledoni, residuale e di contatto; saggiato in pre-emergenza nel 1994 e 1995, nel 1998 e 1999, dal 2001 al 2003 e nel 2008; saggiato in post-emergenza nel 1994 e 2008 [autorizzato in vivaio e su pioppo].

Ossidiazoli

- OXADIAZON: efficace su monocotiledoni e dicotiledoni, di contatto; saggiato in pre-emergenza nel 2003 e 2004 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. alba*; in post-emergenza nel 1996 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba* [autorizzato in vivaio e su pioppo, ma non tutti i preparati commerciali].

Inibitori della biosintesi dei carotenoidi attraverso il blocco della 4-idrossifenilpiruvato diossigenasi (4-HPPD): decolorazione (F2, 27)

Per inibizione competitiva verso detto enzima, essi interferiscono nella via metabolica che converte la tiroxina a plastochinone e α -tocoferolo. Giacché il primo è un fondamentale trasportatore di elettroni nelle membrane tilacoidali e il secondo è un potente anti-ossidante, la loro assenza conduce a necrosi. Di questo gruppo sono stati saggiati alcuni trichetoni e isossazoli, sistemici, attivi contro dicotiledoni e alcune monocotiledoni.

Isossazoli

- ISOXAFLUTOLE: distribuito in pre-emergenza, saggiato da solo dal 1998 al 2001 e nel 2003 e 2004 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba*; in miscela con flufenacet nel 2003 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. alba*.

Trichetoni

- MESOTRIONE: distribuito in post-emergenza, saggiato da solo nel 2003 e nel 2005 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. alba*; distribuito in pre-emergenza in miscela con S-metolachlor dal 2004 al 2006 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. alba*.
- SULCOTRIONE: saggiato in post-emergenza nel 1994 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba*, *P. x generosa*, *P. trichocarpa*, *P. deltooides x P. maximowiczii*.

Inibitori della biosintesi dei carotenoidi attraverso bersagli sconosciuti: decolorazione (F3, 13)

Di questo gruppo composito è stato saggiato un esponente dei difenileteri.

Difenileteri

- ACLONIFEN: efficace solo su dicotiledoni, di contatto, distribuito in pre-emergenza, saggiato nel 1995 e nel 2004 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba*.

Inibitori della EPSP sintasi (G, 9)

Attraverso l'inibizione di detto enzima, si ha nella pianta un massiccio accumulo di acido scichimico,

precursore della biosintesi degli aminoacidi aromatici fenilalanina e tiroxina, con conseguente blocco della produzione di composti fenolici. Ciò determina a sua volta disordini nel metabolismo delle auxine e anomalie di accrescimento connesse. Questi erbicidi corrispondono alla famiglia delle glicine.

Glicine

- GLYPHOSATE: sistemico, usato in post-emergenza, attivo contro dicotiledoni e monocotiledoni, conduce al disseccamento la malerba entro un mese; saggiato prima delle presenti prove sperimentali [autorizzato in vivaio e su pioppo].

Inibitori della glutammina sintetasi (H, 10)

Tale enzima catalizza la conversione dell'acido glutammico in ammidato con utilizzo di ATP e assimilazione di ammoniaca. Questi erbicidi conducono alla indisponibilità dell'enzima stesso per il legame con l'ammoniaca, cosicché si ha come prima conseguenza una diminuzione della produzione di aminoacidi, unita a un accumulo di ammoniaca a concentrazioni tossiche e a turbe della fotosintesi connesse a riduzioni del trasporto di elettroni. Il gruppo si identifica con gli acidi fosfinici.

Acidi fosfinici

- GLUFOSINATE-AMMONIUM: di contatto e parzialmente sistemico, ad assorbimento fogliare, applicato in post-emergenza; attivo contro dicotiledoni e monocotiledoni; saggiato prima delle presenti prove sperimentali [autorizzato in vivaio e su pioppo].

Inibitori dell'assemblaggio dei microtubuli (K1, 3)

La mancata presenza e orientazione dei microtubuli in profase impedisce la normale disposizione dei cromosomi durante la metafase della mitosi, i quali presto vanno in coalescenza nella cellula. Qualora i microtubuli scompaiano in fasi più avanzate della mitosi, questa si arresta, portando alla formazione di cellule poliploidi, binucleate o con altre anomalie dopo riformazione dell'involucro nucleare. Ne conseguono arresti e disordini della crescita delle piante-bersaglio (Hess & Bayer 1974). Sono stati saggiati principi attivi delle famiglie delle dinitroaniline, acidi piridincarbossilici, benzamidi; attivi contro dicotiledoni e monocotiledoni, distribuiti in pre-emergenza (salvo rare eccezioni).

Dinitroaniline

- PENDIMETHALIN: residuale; distribuito in pre-emergenza, utilizzato talvolta in miscela con trifluralin,

linuron e alachlor o metolachlor in parcelle testimone di diserbo di riferimento [autorizzato su pioppo, ma revocati molti preparati commerciali fra i quali quello corrispondente alla miscela con dimethenamid - revocato dal 23 giugno 2007].

- TRIFLURALIN: residuale; distribuito in pre-emergenza, utilizzato talvolta in miscela con pendimethalin, linuron e alachlor o metolachlor in parcelle testimone di diserbo di riferimento [revocato, decisione della Commissione europea del 20 settembre 2007].

Acidi piridincarbossilici

- thiazopyr: residuale, saggiato da solo nel 1992 e 1993 e in miscela con isoxaben nel 1993 su *P. x canadensis*, *P. deltoides*, *P. nigra*, *P. deltoides x P. maximowiczii*.

Benzamidi

- PROPYZAMIDE: residuale, saggiato nel 1995 su *P. x canadensis*, *P. deltoides*, *P. nigra*, *P. deltoides x P. maximowiczii* [autorizzato in vivaio, ma quasi tutti i preparati commerciali revocati tranne due, dei quali uno quello qui impiegato.]

Inibitori della formazione dei VLCFAs, Very Long Chain Fatty Acids (K3, 15)

In seguito alla mancata sintesi di detti composti, ottenuta attraverso l'inibizione di uno o più enzimi della via metabolica specifica secondo il principio attivo considerato, risultano irregolarità della divisione cellulare, essendo essi richiesti nella sintesi degli sfingolipidi, componenti fondamentali del plasmalemma. I VLCFAs sono inoltre precursori della cutina, di cere epicutcolari nonché componenti essenziali dell'involucro pollinico extracellulare (Trenkamp et al. 2004). I disordini provocati da questi erbicidi sono dunque molteplici, primi fra tutti l'arresto della crescita e la disidratazione delle piante-bersaglio. Sono stati saggiati esponenti delle cloroacetamidi e delle ossiacetamidi, attivi contro monocotiledoni e dicotiledoni, distribuiti in pre-emergenza con una sola eccezione.

Cloroacetamidi

- ALACHLOR: di contatto; distribuito in pre-emergenza, utilizzato talvolta in miscela con trifluralin o pendimethalin e linuron in parcelle testimone di diserbo di riferimento [revocato, decisione della Commissione europea del 18 dicembre 2006].
- DIMETHENAMID: citotropico, saggiato da solo nel 1995 e nel 2002 su *P. x canadensis*, *P. deltoides*, *P. alba*; in miscela con pendimethalin dal 2002 al 2007 su *P. x*

canadensis, *P. deltooides*, *P. alba* [revocato, decisione della Commissione europea del 22 dicembre 2006].

- S-METOLACHLOR: citotropico; distribuito in pre-emergenza, utilizzato talvolta in miscela con trifluralin o pendimethalin e linuron in parcelle testimone di diserbo di riferimento.

Ossiacetamidi

- FLUFENACET: sistemico, distribuito in pre-emergenza da solo nel 2003 e 2004 e in miscela con isoxaflutole nel 2003 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. alba*; distribuito in post-emergenza da solo nel 2003 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. alba*.

Inibitori della biosintesi della cellulosa (L, 20-21)

Costituiscono un gruppo chimicamente eterogeneo, per i quali non è possibile individuare un singolo sito di azione nella via metabolica di biosintesi della cellulosa. Si reputa ad esempio che il principio attivo da noi saggiato inibisca la conversione del saccarosio in UDP-glucosio, con conseguente mancato apporto per la costituzione della cellulosa (Vaughn & Turley 2001). La formazione della parete cellulare ne risulta compromessa, la crescita delle piante-ber-saglio è assai anomala e ridotta. L'efficacia è in genere limitata alle dicotiledoni. Il principio attivo da noi saggiato appartiene alle benzamidi, ma viene qui fornito qualche cenno anche sui nitrili.

Benzamidi (L, 21)

- ISOXABEN: residuale, distribuito in pre-emergenza, saggiato da solo nel 1993 e nel 1995 e in miscela con thiazopyr nel 1993 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. deltooides x P. maximowiczii* [autorizzato in vivaio, revocati molti preparati commerciali].

Nitrili (L, 20)

- DICHLOBENIL: residuale, distribuito in pre-emergenza in preferenza d'autunno, viene assorbito dalle radici ma non dalle foglie; attivo contro monocotiledoni e dicotiledoni; adatto al diserbo selettivo delle colture arboree; saggiato prima delle presenti prove sperimentali [autorizzato su pioppo].

Inibitori della biosintesi dei lipidi che non inibiscono l'acetil-CoA carbossilasi (N, 8)

Sono composti di varia composizione chimica e il cui meccanismo di azione non sempre è a tutt'oggi ben compreso. Nel caso dei benzofurani, dei quali è stato qui saggiato un principio attivo, il coinvolgimento nel metabolismo dei lipidi è desunto da ano-

malie di formazione del plasmalemma e dalla carenza di cere epicutcolari sulle foglie delle piante-ber-saglio, che inducono arresto dei meristemi e un aumento della traspirazione.

Benzofurani

- ETHOFUMESATE: sistemico, efficace su monocotiledoni annuali e diverse dicotiledoni, distribuito in post emergenza, saggiato solo in miscela con phenmedipham e desmedipham dal 1999 al 2003 e nel 2008 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba* [revocato il preparato commerciale corrispondente alla miscela - Decreto 8 settembre 2005].

Auxine sintetiche con azione simile a quella dell'acido indolacetico (O, 4)

L'acido indolacetico (IAA), la principale auxina fito-ormonale nelle piante superiori, è soggetto a una rapida inattivazione attraverso varie vie metaboliche. Non così le auxine sintetiche, esogene, che sono invece assai stabili e più efficaci, la cui funzione erbicida è basata sul sovradosaggio: basse concentrazioni di auxine promuovono in genere la divisione e distensione cellulare, mentre a concentrazioni eccessive insorge l'inibizione della crescita di fusto e radici, seguita da danno ai cloroplasti e da gravi anomalie dei tessuti vascolari. Effetti finali sono una spiccata clorosi, la senescenza della pianta, la morte. I composti da noi saggiati sono acidi benzoici o acidi piridincarbossilici, sistemici, somministrati in post-emergenza.

Acidi benzoici

- DICAMBA: efficace su dicotiledoni, sia annuali che perennanti, saggiato da solo nel 1996 e in miscela con pendimethalin dal 1996 al 1999 su *P. x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba*.

Acidi piridincarbossilici

- CLOPYRALID: efficace soprattutto su composite, ombrellifere e leguminose, saggiato nel 1993 e 1994 su *Populus x canadensis*, *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. alba*, *P. x generosa*, *P. trichocarpa*, *P. deltooides x P. maximowiczii* (nel 1993 in forma di due distinti prodotti commerciali) [molti preparati commerciali revocati, fra cui "Cirtoxin" da noi impiegato - Decreto 30 ottobre 2007]
- FLUROXYPYR: efficace su dicotiledoni, soprattutto rampicanti, saggiato nel 1999 su *Populus x canadensis*, *P. deltooides*.

Risultati e discussione

I risultati qui riportati (Tab. 1, Tab. 2) costituiscono

Tab. 1 - Modalità di impiego ed esiti di tossicità su pioppo in vivaio di neo-impianto dei principi attivi diserbanti saggianti nel periodo 1992-2008. Il grado di dannosità rilevato (GD) è riportato in scala da 1 (min. dannosità) a 5 (max dannosità). L'asterisco nella colonna "Note" evidenzia i principi attivi presenti in almeno un formulato attualmente ammesso in commercio.

Principio attivo (prodotto impiegato) e dose applicata	Malerbe bersaglio, Tipologia intervento	Tossicità sul pioppo	GD	Note
Inibitori dell'acetil-CoA carbossilasi (A, 1)				
clodinafop (Topik) 0.060 l ha ⁻¹	Graminicida, Post-emergenza	Danno lieve. Riduzioni di accrescimento da 20 cm a 150 cm.	2	*
diclofop-methyl (Illoxan) 0.800 l ha ⁻¹	Graminicida, Post-emergenza	Danno assente sui cloni saggianti.	1	*
fenoxaprop-ethyl (Whip) 0.190 l ha ⁻¹	Graminicida, Post-emergenza	Danno assente sui cloni saggianti.	1	-
fluazipop-butyl (Fusilade) 0.270 l ha ⁻¹	Graminicida, Post-emergenza	Danno assente sui cloni saggianti, con l'eccezione di 'Lux', sul quale sono stati osservati arrossamenti e malformazioni fogliari, riduzioni di accrescimento, morte dell'apice vegetativo.	1	-
haloxyfop-ethoxyethyl (Gallant) 0.200 l ha ⁻¹	Graminicida, Post-emergenza	Danno lieve. Riduzioni di accrescimento da 20 cm a 50 cm (tranne 'Lux', 'Onda' e 'Villafranca').	2	-
propaquizafop (Agil) 0.105 l ha ⁻¹	Graminicida, Post-emergenza	Danno lieve. Clorosi e arrossamenti fogliari solo su 'Lux' ed 'Eridano', con traslocazione; lievi riduzioni di accrescimento (circa 25 cm su <i>P. x canadensis</i> , 'Eridano', 'Beaupré' e 'Raspalje').	2	*
quizalofop-ethyl (Targa) 0.080 l ha ⁻¹	Graminicida, Post-emergenza	Danno lieve. Riduzioni di accrescimento da 20 cm a 100 cm (tranne 'Lux' e 'Villafranca').	2	-
cycloxydim (Stratos) 0.420 l ha ⁻¹	Graminicida, Post-emergenza	Danno assente sui cloni saggianti.	1	*
sethoxydim (Grasidim) 0.400 l ha ⁻¹	Graminicida, Post-emergenza	Danno assente sui cloni saggianti.	1	-
pinoxaden + cloquintocet mexyl (Axial) (0.044 + 0.011) l ha ⁻¹	Graminicida, Post-emergenza	Danno lieve su <i>P. x canadensis</i> , con leggere clorosi e necrosi fogliari che poi recedono. Danno grave su <i>P. deltoides</i> , con disseccamento dei getti, blocco dell'accrescimento e blastomazia delle porzioni subapicali.	2	*
Inibitori dell'acetolattato sintasi (B, 2)				
imazamethabenz-methyl (Assert) 0.580 l ha ⁻¹	Ampio spettro, Post-emergenza	Danno grave. Necrosi fogliari e del fusto; malformazioni fogliari e dei germogli, con traslocazione; cospicue riduzioni di accrescimento (poco colpiti <i>P. nigra</i> e 'L. Avanzo').	4	-
imazamox (Altorex) 0.037 l ha ⁻¹	Ampio spettro, Post-emergenza	Danno grave. Forti clorosi fogliari, specialmente su <i>P. deltoides</i> ; cospicue riduzioni di accrescimento.	4	*
nicosulfuron (Ghibli) 0.060 l ha ⁻¹	Ampio spettro, Post-emergenza	Danno gravissimo. Clorosi, arrossamenti, malformazioni fogliari; traslocazione dei sintomi; forti riduzioni di accrescimento; cimari secchi, morte delle piantine.	5	*
oxasulfuron (Dynam) 0.060 kg ha ⁻¹	Ampio spettro, Post-emergenza	Danno grave (saggiato solo su 'I-214' e 'Lux'). Clorosi intense, arrossamenti (solo su 'Lux'), deboli necrosi fogliari; blocco dell'accrescimento soprattutto su 'I-214'.	4	*
primisulfuron (Tell) 0.018 kg ha ⁻¹	Ampio spettro, Post-emergenza	Danno grave. Blocco dell'accrescimento per oltre un mese dall'applicazione.	4	-
rimsulfuron (Titus) 0.015 kg ha ⁻¹	Ampio spettro, Post-emergenza	Danno grave. Necrosi fogliari e del fusto; malformazioni fogliari e dei germogli (tranne su <i>P. nigra</i>), con traslocazione; cospicue riduzioni di accrescimento.	4	*
tribenuron-methyl (Pointer) 0.015 kg ha ⁻¹	Ampio spettro, Post-emergenza	Danno gravissimo. Clorosi, necrosi e malformazioni fogliari; filloptosi; traslocazione dei sintomi; forti riduzioni di accrescimento; morte delle piantine.	5	*
florasulam (Azimut) 0.006 l ha ⁻¹	Dicotiledonicida, Post-emergenza	Danno moderato. Deboli necrosi fogliari; cospicue riduzioni di accrescimento (circa 20%, anche più su <i>P. deltoides</i>).	3	*
Inibitori della fotosintesi al fotosistema II (C1-C3, 5-6)				
phenmedipham (Betanal) 0.960 l ha ⁻¹	Dicotiledonicida, Post-emergenza	Danno lieve. Contenute necrosi fogliari; moderate riduzioni di accrescimento.	2	*
pyridate (Lentagran WP) 0.900 l ha ⁻¹	Dicotiledonicida, Post-emergenza	Danno lieve. Contenute necrosi fogliari (specialmente su <i>P. nigra</i>); moderate riduzioni di accrescimento.	2	-
ioxynil (Cipotril) 0.620 l ha ⁻¹	Dicotiledonicida, Post-emergenza	Danno grave. Maculature clorotiche a mosaico, necrosi fogliari; traslocazione dei sintomi; filloptosi nella porzione medio-bassa della chioma; cospicue riduzioni di accrescimento.	4	*
phenmedipham + desmedipham + ethofumesate (Betanal Expert) (0.069-0.207 + 0.023-0.069 + 0.140-0.420) l ha ⁻¹	Ampio spettro, Post-emergenza	Danno lieve. Sporadiche necrosi fogliari; nessuna riduzione di accrescimento.	2	*
Inibitori della protoporfirinogeno ossidasi (E, 14)				
acifluorfen sodium (Scout) 0.400 l ha ⁻¹	Dicotiledonicida, Post-emergenza	Danno grave. Intense necrosi fogliari, necrosi del fusto solo su 'L. Avanzo', 'S. Martino' e 'Triplò'; sensibili riduzioni di accrescimento (tranne 'S. Martino', 'Lux' e 'Dvina').	4	-
fomesafen (Flex) 0.340 l ha ⁻¹	Dicotiledonicida, Post-emergenza	Danno grave. Necrosi fogliari, filloptosi; necrosi del fusto su 'S. Martino' e <i>P. deltoides</i> (con malformazioni su 'Dvina'); sensibili riduzioni di accrescimento (tranne per 'Nero di Brisighella', 'S. Giorgio' e 'Villafranca').	4	-
oxyfluorfen (Goal) pre-emerg.: 0.450 l ha ⁻¹ post-emerg.: 0.180 l ha ⁻¹	Ampio spettro, Pre-emergenza	Danno lieve in pre-emergenza: leggere necrosi fogliari, specialmente su 'Lena' e 'Onda' (<i>P. deltoides</i>). Danno grave in post-emergenza anche a dosi ridotte su tutti i cloni: estese necrosi fogliari e del fusto; arresto di crescita; difficoltà di ripresa vegetativa.	3	*

Tab. 1 (continua) - Modalità di impiego ed esiti di tossicità su pioppo in vivaio di neo-impianto dei principi attivi diserbanti saggiati nel periodo 1992-2008. Il grado di dannosità rilevato (GD) è riportato in scala da 1 (min. dannosità) a 5 (max dannosità). L'asterisco nella colonna "Note" evidenzia i principi attivi presenti in almeno un formulato attualmente ammesso in commercio.

Principio attivo (prodotto impiegato) e dose applicata	Malerbe bersaglio, Tipologia intervento	Tossicità sul pioppo	GD	Note
Inibitori della protoporfirino ossidasi (E, 14)				
oxadiazon (Ronstar FL) pre-emerg.: 2.200 l ha ⁻¹ post-emerg.: 0.400 kg ha	Ampio spettro, Pre-emergenza	Danno lieve in pre-emergenza: moderate necrosi fogliari.	3	*
Inibitori della biosintesi dei carotenoidi attraverso il blocco della 4-HPPD: decolorazione (F2, 27)				
isoxaflutole (Merlin) (0.042-0.150) kg ha ⁻¹	Ampio spettro, Pre-emergenza	Danno lievissimo alla dose più bassa: deboli clorosi sulle prime foglie emesse. Danno grave alla dose maggiore: consistenti necrosi fogliari con blocco temporaneo della crescita e successiva riduzione degli accrescimenti.	3	*
mesotrione (Callisto) 0.140 l ha ⁻¹	Ampio spettro, Post-emergenza	Danno gravissimo. Elevata mortalità delle piantine.	5	*
sulcotrione (Mikado) 0.450 l ha ⁻¹	Ampio spettro, Post-emergenza	Danno grave. Intense clorosi, arrossamenti e necrosi fogliari; traslocazione dei sintomi; forti riduzioni di accrescimento.	4	*
isoxaflutole + flufenacet (Cadou Star) (0.100 + 0.480) kg ha ⁻¹	Ampio spettro, Pre-emergenza	Danno grave. Necrosi fogliari; sensibili riduzioni di accrescimento.	4	*
mesotrione salificato + S-metolachlor (Camix) (0.090 + 0.920) l ha ⁻¹	Ampio spettro, Pre-emergenza	Danno gravissimo. Elevata mortalità delle piantine.	5	*
Inibitori della biosintesi dei carotenoidi attraverso bersagli sconosciuti: decolorazione (F3, 13)				
aclonifen (Challenge) 0.980 l ha ⁻¹	Dicotiledonicida, Pre-emergenza	Danno grave. Necrosi dei germogli con elevata mortalità.	4	*
Inibitori dell'assemblaggio dei microtubuli (K1, 3)				
thiazopyr (formul. sperim.) (0.360-1.440) l ha ⁻¹ 0.450 kg ha ⁻¹	Ampio spettro, Pre-emergenza	Danno assente sui cloni saggiati.	1	-
propyzamide (Kerb Flo) 1.400 l ha ⁻¹	Ampio spettro, Pre-emergenza	Danno assente sui cloni saggiati	1	*
thiazopyr (Mon 13200) + isoxaben (Gallery) (0.240-0.480) l ha ⁻¹ + 0.450 kg ha ⁻¹	Ampio spettro, Pre-emergenza	Danno assente sui cloni saggiati.	1	-
pendimethalin + dimethenamid (Wing) (1.000 + 1.000) l ha ⁻¹	Ampio spettro, Pre-emergenza	Danno assente sui cloni saggiati.	1	-
pendimethalin + dicamba (Pendicam) (0.875-1.250 + 0.175-0.250) l ha ⁻¹	Ampio spettro, Post-emergenza	Danno grave. Traslocazione apicale; clorosi e necrosi delle foglie; arresto temporaneo di crescita con emissione di germogli dalle sottogemme e malformazioni del fusto; parziale recupero degli accrescimenti.	4	-
Inibitori della formazione dei VLCFAs (K3, 15)				
dimethenamid (Frontier) 0.800 l ha ⁻¹	Ampio spettro, Pre-emergenza	Danno assente sui cloni saggiati.	1	-
flufenacet (Cadou WP) 0.480 kg ha ⁻¹	Ampio spettro, Pre-emergenza	Danno lieve in pre-emergenza. Danno gravissimo in post-emergenza: blocco dell'accrescimento, morte delle piantine.	3	*
Inibitori della biosintesi della cellulosa (L, 21)				
isoxaben (Gallery) (0.340-0.560) kg ha ⁻¹	Dicotiledonicida, Pre-emergenza	Danno assente sui cloni saggiati.	1	*
Auxine sintetiche con azione simile a quella dell'acido indolacetico (O, 4)				
dicamba (Mondak 215) (0.210-0.500) l ha ⁻¹	Dicotiledonicida, Post-emergenza	Danno grave. Clorosi, malformazioni fogliari e del fusto, emissione di nuovi germogli dalle sottogemme; blocco dell'accrescimento per circa 30 giorni, con riduzioni finali variabili fra il 7% e il 25%.	4	*
clopyralid (Lermol, Cirtoxin) 0.150 l ha ⁻¹	Dicotiledonicida, Post-emergenza	Danno grave. Malformazioni fogliari (ripiegamenti a doccia su <i>P. nigra</i> , arrotolamenti verso l'alto su <i>P. canadensis</i> e <i>P. deltoides</i>), specialmente sui pioppi neri e canadesi, anche su foglie emesse dopo il trattamento; malformazioni del fusto; trascurabili riduzioni di accrescimento, tranne su 'I-214', 'L. Avanzo', 'Beaupré' e 'Raspalje' dove esse hanno raggiunto i 30 cm.	4	*
fluroxypyr (Starane) 1.00 kg ha ⁻¹	Dicotiledonicida, Post-emergenza	Danno gravissimo (saggiato solo su 'I-214' e 'Lux'). Estese necrosi fogliari e del fusto; malformazioni; morte delle piantine.	5	*

la sintesi di prove condotte in tempi diversi e su cloni differenti, in vari casi con ripetizioni del saggio dei singoli erbicidi in condizioni variabili, ed ha

dunque un valore aggiunto dato dal fatto che la sperimentazione non è stata episodica. Non si riferisce in questa sede delle misure puntuali degli incrementi

in altezza e dei pesi secchi cui si è proceduto parallelamente, negli ultimi anni, alla valutazione dei sintomi di fitotossicità e di controllo delle malerbe, le quali saranno oggetto di successivi lavori che condurranno a una validazione su basi statistiche dei pur fondamentali giudizi qualitativi.

Dei 43 formulati (principi attivi singoli o miscele di questi) saggiate, quasi il 50% si è rivelato inutilizzabile, mentre il 25% circa può essere utilizzato con limitati rischi e il 20% senza rischio alcuno. I formulati inutilizzabili sono stati del tutto circoscritti ai dicotiledonici e a quelli ad ampio spettro di azione, soprattutto quando distribuiti in post-emergenza della coltura. Viceversa, il danno minore è stato cagionato dai graminicidi in post-emergenza, come era prevedibile. Molto interessanti sono risultati phenmedipham (da solo o in miscela) e pyridate, che possono rappresentare ad oggi l'unico mezzo di contenimento delle malerbe a foglia larga utilizzabile, sia pur con qualche margine di rischio, su piantine di pioppo ancora erbacee. Per quanto concerne gli erbicidi designati in Tab. 2 come a "utilizzo condizionato", va considerato che il danno significativo è stato connesso a un impiego «improprio» degli stessi, dal momento che oxyfluorfen, oxadiazon e flufenacet sono prodotti ad impiego di pre-emergenza e qui saggiate in post-emergenza a dosaggi inferiori a scopo sperimentale.

Dal punto di vista del meccanismo di azione, è possibile escludere dall'impiego in qualsiasi forma di pioppicoltura tutti i principi attivi che agiscono come auxine sintetiche e quelli che inibiscono l'enzima acetolattato-sintasi, grosso modo corrispondenti rispettivamente alle famiglie chimiche degli acidi piridincarbossilici e delle sulfoniluree. Le auxine sintetiche hanno sempre determinato malformazioni fogliari, talvolta anche del fusto, talvolta con ritenzione dei sintomi anche dopo il trattamento; le riduzioni di accrescimento sono sempre occorse, anche se in qual-

che caso in misura non decisiva. Il saggio con fluroxypyr ha addirittura portato alla morte di molte piantine. Gli inibitori dell'acetolattato-sintasi si sono rivelati altrettanto perniciosi per i cloni saggiate, con esiti estremi a seguito dell'impiego di nicosulfuron o tribenuron-methyl, mentre il solo florasulam, del resto efficace solo sulle infestanti dicotiledoni (e chimicamente abbastanza differenziato dai restanti), può far prefigurare un qualche interesse applicativo. I sintomi si sono in generale conclamati in massima misura sui cloni di *P. deltoides*, in qualche occasione con intensità più moderata sugli euramericani e sui neri indigeni.

La somministrazione in post-emergenza di entrambi i gruppi di principi attivi sembra dunque incompatibile con la presenza dei germogli già sbocciati dalle talee, ad onta dell'abbondanza della loro introduzione in commercio nell'ultimo ventennio, confermando risultati già enucleati alcuni anni fa (Giorelli & Vietto 1996). Gli inibitori dell'acetolattato-sintasi sono fra l'altro risultati fra i più vulnerabili all'insorgenza di resistenza nelle specie bersaglio, dovuta più alla frequenza di mutazioni in cinque domini di geni che presiedono alla biosintesi dell'ALS che a detossificazione dell'erbicida stesso (Boutsalis et al. 1999).

All'estremo opposto della casistica si sono attestati isoxaben (inibitore della biosintesi della cellulosa), propyzamide (inibitore dell'assemblaggio dei microtubuli) e gli inibitori dell'acetil-CoA carbossilasi. Essi hanno indotto al più danni lievi sui cloni saggiate, segnatamente su *P. deltoides*, consistenti in clorosi e arrossamenti fogliari che presto recedono tranne appunto sui genotipi nordamericani. I prodotti tuttora in commercio hanno comunque sortito esiti soddisfacenti, corrispondenti spesso ad assenza di danno come per diclofop-methyl o cycloxydim. Un poco a parte è da considerare il recentissimo saggio di pinoxaden - nonostante questo sia stato usato in una formulazione che dovrebbe accelerarne la detossifica-

Tab. 2 - Utilizzabilità degli erbicidi saggiate in rapporto alla modalità di impiego (Pr.E: pre-emergenza; Po.E: post-emergenza) e allo spettro d'azione sulle piante bersaglio.

Modalità giudizio	Graminicidi			Dicotiledonici			Erbicidi ad ampio spettro			Totale	
	Pr.E	Po.E	Tot	Pr.E	Po.E	Tot	Pr.E	Po.E	Pr.E o Po.E		Tot
Non utilizzabile	0	0	0	1	7	8	2	10	0	12	20
Utilizzabile	0	5	5	1	0	1	5	0	0	5	11
Utilizzabile con precauzioni	0	5	5	0	2	2	0	1	0	1	8
Utilizzo condizionato	0	0	0	0	0	0	1	0	3	4	4
Totale	0	10	10	2	9	11	8	11	3	22	43

zione sulla pianta coltivata - che ha indotto un danno da ritenersi grave sui nordamericani, consistente in disseccamenti dei getti seguiti da blastomania delle parti sottostanti.

Gli inibitori dell'acetil-CoA carbossilasi sono promettenti in campo pioppicolo soprattutto in ragione dell'uso in post-emergenza, che consente interventi anche procrastinati di contenimento delle infestanti monocotiledoni, non garantendo tuttavia la protezione dalle dicotiledoni. A tal fine occorre accostare l'utilizzo in pre-emergenza dei residuali isoxaben o propyzamide, del resto già compresi fra i principi attivi impiegabili in vivaio, a seguito del quale non è stato osservato alcun danno. Anche gli interventi con gli inibitori di acetil-CoA carbossilasi devono comunque essere cauti, in quanto un'elevata pressione selettiva sulle infestanti potrebbe originare linee resistenti per modificazione del sito bersaglio connessa a mutazioni dei geni corrispondenti, in analogia con gli inibitori dell'ALS, fenomeno cui anche questa classe di erbicidi è abbastanza vulnerabile.

Gli inibitori della biosintesi dei carotenoidi (trichetoni o isossazoli) non sembrano al momento introducibili nel diserbo del pioppo. Sebbene il danno arrecato non sia stato ai livelli indotti dal saggio delle auxine sintetiche e degli inibitori dell'ALS, essi hanno comunque cagionato consistenti lesioni della superficie fogliare, accompagnate da traslocazione dei sintomi e riduzioni di accrescimento, cosa che fa escludere questi sistemici da un utilizzo in coltura vivaistica. Qualche possibilità potrebbe configurarsi per l'uso di isoxaflutole - una fra le poche sostanze attive nei confronti di alcune infestanti di difficile contenimento, quali il cencio molle (*Abutilon theophrasti* Medik.) - ma a dose non superiore a 0.040 kg ha⁻¹.

Di qualche interesse sono invece risultati gli inibitori della protoporfirinogeno ossidasi (PPO), che hanno dato esiti di elevata tossicità se somministrati in post-emergenza ma poco tossici se somministrati in pre-emergenza, configurandosi così come possibile alternativa o un appoggio all'uso di isoxaben o propyzamide. D'altronde, oxyfluorfen e oxadiazon sono già oggi autorizzati, nonché consigliati per trattamenti appunto in pre-emergenza.

In sintesi, i trattamenti proposti un decennio fa (Vietto & Giorcelli 1997) possono essere così integrati:

- in pre-emergenza è possibile applicare isoxaflutole, ai dosaggi inferiori e in particolari situazioni di inerbimento, e flufenacet con cautela;
- in post-emergenza è possibile impiegare per il con-

tenimento delle graminacee cycloxydim e, con cautela, clodinafop, propaquizafop o pinoxaden, evitando per quest'ultimo l'utilizzo su cloni di *P. deltoides*; a tali graminicidi può essere associata la miscela ad ampio spettro di phenmedipham, desmedipham ed ethofumesate.

Ringraziamenti

Tutte le esperienze alla base del presente lavoro sono state realizzate grazie al prezioso contributo del personale dell'Azienda Sperimentale Mezzi e in particolare Carmine Esposito e Rinaldo Bazzani. Uno speciale riconoscimento a Franco Picco per aver messo a disposizione la sua specifica competenza in materia di classificazione delle infestanti.

Bibliografia

- Aird PL (1962). Fertilisation, weed control, and the growth of poplar. *Forest Science* 8: 413-428.
- Allegro G (1989). La difesa contro gli insetti parassiti del pioppo: un aggiornamento tecnico. *L'Informatore Agrario* 45 (16): 93-96.
- Anselmi N (1978). Fitotossicità verso le salicacee di prodotti ormonici utilizzati nel diserbo del riso. *Cellulosa e Carta* 29 (4): 17-36.
- Anselmi N, Cellerino GP (1980). Selettività verso il pioppo di 32 diserbanti chimici (primo contributo). *Atti Giornate Fitopatologiche* 195-202.
- Anselmi N, Giorcelli A (1983). Indagine sui danni delle erbe infestanti nei vivai di pioppo di nuovo impianto. In: *Atti del Convegno "Le erbe infestanti fattori limitanti della produzione agraria"*, Perugia 15-16 novembre 1983, pp. 10.
- Anselmi N, Viart M (1984). Utilisation des phytocides en populiculture. *Forêts de France* 272: 19-24.
- Boutsalis P, Karotam J, Pawles SB (1999). Molecular basis of resistance to acetolactate synthase-inhibiting herbicides in *Sisymbrium orientale* and *Brassica tournefortii*. *Pesticide Science* 55: 507-516. - doi: 10.1002/(SICI)1096-9063(199905)55:5
- Carter MC (1964). Preliminary studies on chemical weed control in cottonwood plantations. In: *Proceedings of the "Southern Weed Conference"*, 17: 262-266.
- Cellerino GP (1966). Risultati ottenuti con l'impiego di disseccanti in colture di pioppo. *Relazione Sezione Patologia Vegetale n. 3*, Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura, Casale Monferrato, AL, pp. 7.
- Cellerino GP (1971). Sur le désherbage du peuplier en pépinière d'un an auprès de l'Institut Expérimental de populiculture à Casale Monferrato. XIV Session of the International Poplar Commission, Bucarest (Romania), 20 Sep - 3 Oct 1971. FO:CIP/71, pp. 7.

- Cellerino GP (1974). Il diserbo del pioppo in vivaio di nuovo impianto. *Cellulosa e Carta* 25 (5): 38-44.
- Cellerino GP, Anselmi N (1975). Selettività verso il pioppo di alcuni diserbanti chimici del mais. *Atti Giornate Fitopatologiche*, pp. 1127-1137.
- Cellerino GP, Anselmi N (1977). Fitotossicità su pioppo e salice di diserbanti utilizzati su altre colture. In: *Atti dell'incontro sullo "Stato attuale della lotta alle malerbe nelle colture arboree, ortofloricole e cerealicole"*, Bologna 21 ottobre 1977, pp. 151-158.
- Coaloe D (2007). Struttura ed economia dell'azienda pioppicola. In: *"Il libro bianco della pioppicoltura - Aggiornamento 2007"* (Nervo G ed). Commissione Nazionale per il Pioppo, Roma, Italia, pp. 46-50.
- Cobb AH, Kirkwood RC (2000). *Herbicides and their mechanisms of action*. Sheffield Academic Press, Sheffield, USA, pp. 295.
- Davies J (2001). Herbicide safeners - commercial products and tools for agrochemical research. *Pesticide Outlook* 12: 10-15. - doi: 10.1039/b100799h
- Facciotto G, Bergante S, Mughini G, Gras MLA, Nervo G (2007). Tecnica e modelli culturali per cedui a breve rotazione. *L'Informatore Agrario* 63 (40): 38-42.
- Facciotto G, Coaloe D (2007). Modelli culturali: aspetti tecnici ed economici. In: *"Il libro bianco della pioppicoltura - Aggiornamento 2007"* (Nervo G ed). Commissione Nazionale per il Pioppo, Roma, Italia, pp. 61-64.
- Giorcelli A, Vietto L (1996). Fitotossicità verso il pioppo di principi attivi diserbanti distribuiti in post-emergenza. *Atti Giornate Fitopatologiche*, pp. 405-412.
- Hess D, Bayer D (1974). The effect of trifluralin on the ultrastructure of dividing cells of the root meristem of cotton (*Gossypium hirsutum* L. "Acala 4-42"). *Journal of Cell Science* 15: 429-441.
- Maffei M (1998). *Biochimica vegetale*. Piccin Editore, Padova, pp. 628.
- Magnani G (1969). Diserbo in vivaio di pioppo al secondo anno di vegetazione. *Cellulosa e Carta* 20 (1): 13-20.
- Magnani G (1970). Diserbo in vivaio di pioppo di nuovo impianto (prove orientative). *Cellulosa e Carta* 21 (5): 97-101.
- Mallory-Smith CA, Retzinger EJ (2003). Revised classification of herbicides by site of action for weed resistance management strategies. *Weed Technology* 17 (3): 605-619. - doi: 10.1614/0890-037X(2003)017[0605:RCOHBS]2.0.CO;2
- Martin JW, Carter MC (1966). Tolerance of cottonwood to certain herbicides. *Bulletin of the Agricultural Experiment Station of Auburn University* 372, Auburn, Indiana, USA, pp.17.
- McKnight JS (1962). On the way to intensive culture of cottonwood. In: *"Proceedings of the Society of American Forestry"*, pp. 44-46.
- Monaco TJ, Weller SC, Ashton FM (2002). *Weed science: principles and practices*. John Wiley and Sons, New York, USA, pp. 688.
- Poissonnier M (1977). Quelques désherbants chimiques appliqués sur des boutures de peuplier. *Annales des Recherches Sylvicoles*, pp. 350-377.
- Scarascia Mugnozza G, Paris P (2007). Nuovi impieghi ambientali per il pioppo. In: *"Il libro bianco della pioppicoltura - Aggiornamento 2007"* (Nervo G ed). Commissione Nazionale per il Pioppo, Roma, pp. 90-94.
- Trenkamp S, Martin W, Tietjen K (2004). Specific and differential inhibition of very-long-chain fatty acid elongases from *Arabidopsis thaliana* by different herbicides. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 101: 11903-11908. - doi: 10.1073/pnas.0404600101
- Vamerali T, Bandiera M, Coletto L, Zanetti F, Dickinson NM, Mosca G (2009). Phytoremediation trials on metal and arsenic-contaminated pyrite wastes (Torviscosa, Italy). *Environmental Pollution* 157: 887-894. - doi: 10.1016/j.envpol.2008.11.003
- Vaughn KC, Turley RB (2001). Ultrastructural effects of cellulose biosynthesis inhibitor herbicides on developing cotton fibers. *Protoplasma* 216: 80-93. - doi: 10.1007/BF02680135
- Vietto L, Giorcelli A (1997). La gestione delle infestanti in pioppicoltura. *Sherwood - Foreste e Alberi Oggi* 22: 25-35.