

Effetti diretti e indiretti di trattamenti chimici contro le ruggini del pioppo

Achille Giorcelli*, Massimo Gennaro, Giuseppe Deandrea, Pier Mario Chiarabaglio

Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per le Produzioni Legnose Fuori Foresta, str. per Frassineto 35, I-15033 Casale Monferrato (AL - Italy) - *Corresponding Author: Achille Giorcelli (achille.giorcelli@entecra.it)

Abstract: Direct and indirect effects of chemical treatment against poplar rust attacks. Some quantitative consequences of poplar rust attacks (*Melampsora larici-populina* and *M. allii-populina*) were analysed, both in absence and in presence of some preventive chemical treatments. Their effectiveness was previously assessed only partially and without evaluations of plant behaviour in the following vegetative season. Three IBS systemic triazoles (tebuconazole, cyproconazole and epoxyconazole), the translaminar cytotropic mandipropamid and a mixture of cyproconazole and azoxystrobin (methoxyacrilate similar to strobilurines) were tested on one-year plantlets of the susceptible clone 'Neva' (*Populus ×canadensis*). The products were sprayed twice in August 2010, the second treatment twenty days after the first one. The leaf area covered by uredinia was assessed in several dates from the beginning of August until the end of September, as well as the percentage of still living leaves on the plant (last ten days of October). In May 2011, the average leaf surface of side shoots close to the top of the crown and the Chlorophyll Content Index (CCI) were measured. The tested fungicides dramatically reduced the infections, except mandipropamid which showed no effectiveness. Tebuconazole and cyproconazole, either alone or in mixture with azoxystrobin, have offered the best performance (at the end of September, less than 10% of leaf surface covered by uredinia vs. over 50% of the control and mandipropamid treatment), followed by epoxyconazole that is anyway satisfying (about 15% of surface covered by uredinia). The systemic properties of these fungicides allowed a preventive action on leaves sprouted after both of the treatments as well, thus uredinium eruption was limited to 20% of leaf surface instead 40% on the test thesis. The same effectiveness ranking was reiterated for the percentage of still living leaves on the plant at the end of October (about 45% vs. 4% of the control test) and, during the following season, for the average leaf surface of side shoots (over 800 cm² vs. less than 400 cm² of the test) and for the CCI parameter (over 21 vs. 16). Thus, the phylloptosis induced by rusts involves a seriously impaired leaf sprouting during the season following the attacks, both as regards tissue amount and its photosynthetic efficiency.

Keywords: Poplar rusts, Fungicides, Damage of attacks, *Melampsora*, Chlorophyll Content Index

Received: Mar 19, 2012; Accepted: May 04, 2012; Published: Jun 26, 2012

Citation: Giorcelli A, Gennaro M, Deandrea G, Chiarabaglio PM, 2012. Effetti diretti e indiretti di trattamenti chimici contro le ruggini del pioppo. Forest@ 9: 158-165 [online 2012-06-26] URL: <http://www.sisef.it/forest@/contents/?id=efor0695-009>

Introduzione

Gli agenti di ruggine del pioppo, tutti ascrivibili al genere *Melampsora* Castagne, sono allo stato attuale l'avversità biotica più intensamente monitorata nell'ambito della filiera di coltivazione di questa salicacea. Ciò non tanto in sede di piantagione produttiva, dove gli attacchi tal quali non sono quasi mai sufficienti a determinare perdite produttive da giustifica-

re un ricorso alla difesa chimica, inducendo al limite una germogliazione meno vigorosa all'inizio della stagione vegetativa seguente, quanto piuttosto in sede di vivaio. Il particolare microclima e la giovane età delle piantine rendono infatti assai vulnerabile il materiale vivaistico costituito da cloni suscettibili. Da almeno due decenni in Europa centro-occidentale attacchi da parte di *M. larici-populina* Kleb., e in pro-

spettiva anche quelli crescenti da parte di *M. allii-populina* Kleb., possono cagionare pesanti filloptosi in vivaio, a loro volta predisponenti a riduzioni dello sviluppo, carenza di lignificazione e insorgenza di necrosi corticali da patogeni di debolezza quali *Cytospora* spp., *Phomopsis* spp. e, soprattutto, *Discosporium populeum* (Sacc.) B. Sutton (Giorcelli & Vietto 1995b).

Gli sforzi per selezionare nuovi cloni di elevata produttività, ma resistenti a *Melampsora* spp., sono fino ad oggi stati frustrati dall'elevato dinamismo genetico mostrato dal parassita, il quale, in virtù sia del frequente completamento del macrociclo sugli ospiti alternanti e conseguente ricombinazione sessuale, sia del carattere biotrofico di intima simbiosi con l'ospite che lo conduce a modulare i propri geni di virulenza con quelli di resistenza dello stesso, è sempre stato in grado di sopravanzare le resistenze qualitative con differenti patotipi (Pinon & Frey 2005). Nel corso di una trentina di anni è emerso come la differenziazione patogenetica di *M. larici-populina* abbia tratto giovamento dall'introduzione su scala europea di vari cloni ibridi euramericani (*Populus × canadensis* Moench) e interamericani (*P. × generosa* A. Henry), a partire dalla vecchia popolazione, cosiddetta razza E1 ("Europe 1"), in realtà un complesso di patotipi derivanti dal pioppo nero (*P. nigra* L.) come ospite d'origine e con capacità di infettare soltanto cloni di vecchia selezione quali 'Robusta' o 'I-214'. Essa si è poi differenziata nel corso degli anni in numerose altre razze (E2, E3, E4, E5, tutte presenti in Italia tranne la E2, con preponderanza della E3) ciascuna delle quali composta da diversi patotipi accomunati dalla capacità (indicata come virulenza) di infettare determinati cloni discriminanti (Pinon et al. 2011).

In un contesto così aleatorio, una corretta e sostenibile difesa chimica si configura come opportuna in vivaio, dove il danno imputabile alle ruggini diviene limitante. Prove sperimentali di lotta biologica con iperparassiti o agenti epifitici con attività antibiotica non hanno finora condotto ad alcuna applicazione pratica (McBride 1969, Magnani 1970, Morelet & Pinon 1973, Sharma & Heather 1988). Le prime segnalazioni di prove di fungicidi a fini di difesa da *M. larici-populina* risalgono alla metà degli anni Settanta del secolo scorso, quando in coltivazioni introdotte in Nuova Zelanda vennero saggiati fra altri thiram fra i ditiocarbammati, oxycarboxin fra le tianilidi, ossicloruro di rame fra gli inorganici, dodine fra gli azotorganici, benodanil fra le anilidi (Fullerton & Menzies 1974, Spiers 1976). In seguito, la ricerca su

questo tema è stata abbastanza sporadica, con sperimentazioni in India (Khan et al. 1988) e soprattutto in Italia, dove venne constatata l'efficacia di triazoli quali myclobutanil, triadimenol e tebuconazolo, nonché avanzata qualche riserva su quella di altri principi attivi come il già menzionato oxycarboxin o il ditiocarbammato mancozeb (Giorcelli & Vietto 1995a). Si rinvengono poi, a conferma di un argomento non risolto, recentissime nuove prove di lotta chimica, le quali hanno confermato la massima efficacia di triazoli IBS quale il propiconazolo (Salahi & Jamshidi 2011).

Le prove di cui si rende conto nel presente lavoro hanno avuto come obiettivo la quantificazione del danno recato dagli attacchi di ruggine alle piantine in vivaio alla ripresa vegetativa nell'annata seguente, in assenza di trattamenti fungicidi, prendendo in considerazione caratteri quantitativi non ancora esplorati, quali lo sviluppo delle foglie e il loro contenuto in clorofilla.

Materiali e metodi

I trattamenti alla chioma con i vari formulati commerciali sono stati praticati, nella primavera del 2010, in un vivaio R1F1 costituito con il clone 'Neva' (*P. × canadensis*) in un appezzamento, dal suolo sabbioso-limoso, dell'azienda sperimentale "Mezzi", in dotazione all'Unità di ricerca per le Produzioni Lenigne fuori Foresta (PLF) di Casale Monferrato del Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura (CRA). Detto clone è stato impiegato in virtù della sua elevata suscettibilità generale alle ruggini. Il disegno sperimentale era a blocchi randomizzati, ogni blocco era costituito da una fila, lunga 6 m, composta da 10 pioppelle; per ciascuna tesi sono state previste 3 repliche, cosicché ciascuna di esse ha coperto 30 pioppelle divise in 3 blocchi.

Sono stati saggiati i seguenti principi attivi:

- *tebuconazolo* (4.35% in Folicur SE ®, Bayer CropScience, emulsione): fungicida di copertura, con attività soprattutto preventiva, ma anche curativa ed eradicante, triazolo sistemico appartenente al gruppo degli inibitori della biosintesi degli steroli (IBS);
- *ciproconazolo* (10% in Caddy ®, Bayer CropScience, granuli idrodispersibili): fungicida con attività preventiva e curativa, anch'esso triazolo sistemico appartenente al gruppo degli IBS;
- *azoxystrobin + ciproconazolo* (rispettivamente 18.2% e 7.3% in Amistar Xtra ®, Syngenta Crop Protection, sospensione): formulato a vasto spettro d'azione, preventivo, di lunga durata; azoxystrobin è un metossiacrilato del gruppo degli analoghi delle

strobilurine;

- *epossiconazolo* (11.9% in Opus ®, BASF Italia, sospensione): fungicida con attività preventiva e curativa, caratterizzato da elevata rapidità e persistenza d'azione, anch'esso triazolo sistemico appartenente al gruppo degli IBS;
- *mandipropamid* (23.4% in Pergado SC ®, Syngenta Crop Protection, sospensione): fungicida con prolungata azione preventiva, di riconosciuta efficacia nei confronti di diversi oomiceti parassiti, caratterizzato anche da movimento citotropico translaminare; appartenente alla famiglia chimica delle mandelammidi.

I formulati sono stati distribuiti in campo mediante pompa irroratrice a spalla, bagnando l'intera chioma delle pioppelle, in due date, il 2 e il 24 agosto, con volumi d'acqua di circa 500 l ha⁻¹ per la prima applicazione e 900 l ha⁻¹ per la seconda, considerato il maggior sviluppo delle piante. Le dosi d'impiego dei formulati sono state di: 200 g hl⁻¹ per Folicur SE, 10 ml hl⁻¹ e 20 ml hl⁻¹ in due distinte tesi per Caddy, 30 ml hl⁻¹ per Amistar Xtra, 125 ml hl⁻¹ per Opus, 60 ml hl⁻¹ per Pergado SC.

Al fine di poter distinguere la chioma di ciascuna pioppella in porzioni sottoposte a due, uno o nessun trattamento, in occasione dell'applicazione dei formulati è stata contrassegnata con un cartellino l'ultima foglia emessa e del tutto distesa. La distribuzione del 2 agosto è coincisa con livelli di infezione molto bassi (da una a tre foglie per pianta con pochi uredosori, equivalenti a circa l'1.8% di superficie fogliare colpita).

I rilievi sono stati condotti il 2 agosto (in occasione del primo trattamento), il 12 agosto, il 24 agosto (in occasione del secondo trattamento), il 10 settembre, il 24 settembre e il 20 ottobre, conteggiando il numero di foglie cadute e stimando, su ciascuna delle foglie presenti sull'astone principale di tre pioppelle per ciascuna replica, la proporzione di superficie fogliare coperta da uredosori.

L'intensità di attacco è stata quantificata come la media della superficie fogliare colpita per pianta; alle foglie cadute è stato attribuito il valore massimo di superficie fogliare colpita rilevato sull'astone, pesato sul numero di foglie cadute fisiologicamente, ossia non per effetto delle infezioni, ricavato dalla media del numero di foglie cadute nella tesi che ha offerto il miglior controllo della malattia. Il 20 ottobre, in particolare, è stata quantificata la proporzione di foglie ancora vitali sulle stesse piante, ossia ancora verdi ed esenti da necrosi imputabili ad attacchi di ruggine.

È stata inoltre calcolata la superficie fogliare cumulata relativa alle foglie presenti su un rametto laterale prelevato all'inizio della stagione vegetativa dell'anno seguente quello dei trattamenti (2011); ogni rametto è stato raccolto dalla porzione apicale di ciascuna di 3 pioppelle scelte a caso fra le 10 di ciascun blocco per ciascuna tesi di trattamento, cosicché 9 rametti sono stati asportati in ogni tesi per un totale di 63 rametti. Essi sono stati conservati in frigo a 5 °C in sacchetti di PVC, quindi privati delle foglie, delle quali è stata poi ottenuta un'immagine elettronica in rapporto 1:1 attraverso scannerizzazione fino ad esaurimento delle stesse per ciascun rametto. La superficie fogliare cumulata di ciascun rametto è stata calcolata dalle immagini elettroniche fogliari avvalendosi del *software* ASSESS (APS Press, St. Paul, MN, USA).

Come indice attendibile del contenuto in clorofilla è stato adottato il *Chlorophyll Content Index* (CCI), rapporto fra le percentuali di trasmissione della luce solare nella foglia a 931 nm e 653 nm (Silla et al. 2010), misurato con lo strumento CCM-200 PLUS CHLOROPHYLL CONTENT METER (ADC BioScientific Ltd., Great Amwell, Herts, England). Il 23 di maggio del 2011, anno seguente quello dei trattamenti con i fungicidi, è stato misurato il CCI di 5 foglie del tutto distese germogliate da rametti di un anno compresi nella porzione medio-alta della chioma delle pioppelle; sono state così saggiate, nel primo pomeriggio, in piena luce solare (temperatura media a 1.5 m dal suolo 24.1 °C, radiazione solare globale e netta rispettivamente di 809 W m⁻² e 500 W m⁻²), 3 piante per ciascun blocco e tesi di trattamento, per un totale di 9 piante per tesi.

I dati relativi a ciascun parametro considerato sono stati sottoposti ad analisi della varianza (ANOVA), il test di Tukey è stato utilizzato per identificare i gruppi omogenei, mediante il *software* STATISTICA vers. 8.0 (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA).

Risultati

Intensità di attacco

Durante l'annata, le infezioni di *Melampsora* spp. sono apparse alla fine del mese di luglio, più tardi rispetto alla media della prima comparsa, e si sono evolute rapidamente nei primi giorni di agosto (23% di superficie colpita nella prima decade), determinando già alla fine di agosto un'abbondante filloptosi (circa 23% di foglie cadute sul testimone) ed estendendosi successivamente su quasi tutta la chioma (circa 93% di foglie colpite con il 55% di superficie

Tab. 1 - Intensità di attacco di ruggine espressa come percentuale di superficie coperta da uredosori di *Melampsora* spp., rilevata in date diverse su piante di un anno di clone 'Neva' a Casale Monferrato trattate con differenti fungicidi il 2 e il 24 agosto 2010. Lettere differenti indicano differenze statisticamente significative al test di Tukey.

Principio attivo impiegato	Superficie fogliare con uredosori (%)			
	12/08/10	23/08/11	10/09/10	24/09/10
testimone	23.16 a	46.1 a	53.1 a	55.43 a
mandipropamid	15.7 b	47.2 a	52.67 a	53.97 a
epossiconazolo	1.4 c	8.3 b	3.07 b	14.67 b
ciproconazolo 20 ml hl ⁻¹	2.57 c	2.8 c	1.87 b	7.23 cd
ciproconazolo 10 ml hl ⁻¹	2.7 c	5.27 bc	3.07 b	9.5 c
azoxystrobin + ciproconazolo	2.03 c	3.67 bc	1.37 b	5.53 d
tebuconazolo	2.4 c	2.07 c	1.63 b	6 cd
varianza dell'errore	20.82	53.94	25.1	25.51
valore di F	152.05	333.88	1024.19	849.02
gradi di libertà	6/14	6/14	6/14	6/14
livello di probabilità	p<0.001	p<0.001	p<0.001	p<0.001

fogliare colpita al 20 ottobre 2010). I prodotti impiegati hanno ridotto drasticamente le infezioni, mantenendo un livello di protezione più che sufficiente, ad esclusione di quello a base di mandipropamid, il quale ha mostrato efficacia non diversa dal testimone, ad eccezione del rilievo del 12 agosto nel quale risulta significativamente superiore al testimone, ma inferiore a tutti gli altri prodotti (Tab. 1). L'effetto del ciproconazolo alla dose doppia non si è mai differenziato statisticamente da quello alla dose singola.

Tab. 2 - Effetto dei trattamenti contro *Melampsora* spp. condotti il 2 e il 24 agosto 2010 sulla chioma di piante di pioppo di clone 'Neva' di un anno di età allevate in vivaio a Casale Monferrato, espresso in termini di foglie vitali, ossia ancora verdi ed esenti da necrosi. Lettere differenti indicano differenze statisticamente significative al test di Tukey.

Principio attivo impiegato	Foglie vitali (%) al 20/10/2010
azoxystrobin + ciproconazolo	45.3 a
ciproconazolo 20 ml hl ⁻¹	44 a
tebuconazolo	43.1 a
ciproconazolo 10 ml hl ⁻¹	36.6 a
epossiconazolo	23 b
testimone	4.3 c
mandipropamid	4.2 c
varianza dell'errore	82.69
valore di F	94.33
gradi di libertà	6/14
livello di probabilità	p<0.001

Al rilievo del 23 agosto, a distanza di 20 giorni dal primo trattamento, la protezione con epossiconazolo è risultata ridotta in misura altamente significativa rispetto a quella con tebuconazolo e a quella con ciproconazolo a dose doppia. Al primo rilievo del 10 settembre tutti i prodotti a base di IBS evidenziavano una protezione dalle infezioni su valori statisticamente equivalenti, mentre in occasione del rilievo del 24 settembre, a distanza di un mese dal secondo trattamento, l'efficacia dell'eossiconazolo si era nuovamente e significativamente ridotta rispetto agli altri IBS. L'efficacia del ciproconazolo con aggiunta di azoxystrobin era invece significativamente incrementata rispetto a quella del ciproconazolo a dose singola.

Al termine della stagione vegetativa, il numero di foglie vitali ancora presenti sulle piante trattate ha in gran parte riflesso, con riferimento ai vari principi attivi saggiati, l'intensità degli attacchi rilevata in precedenza (Tab. 2). I formulati più efficaci in termini di protezione dalle infezioni sono associati con una proporzione di foglie vitali fra il 35% e il 45% circa (ciproconazolo in diversi formulati e dosi e tebuconazolo), comunque con differenze non statisticamente significative. L'eossiconazolo si è confermato meno efficace rispetto al ciproconazolo, attestandosi su un livello di foglie vitali pari a poco meno di un quarto delle totali. Il mandipropamid si è confermato di nessun effetto rispetto al testimone.

La stessa scala di efficacia viene confermata dai dati che fanno distinzione fra foglie che hanno subito nessuno, uno o entrambi i trattamenti secondo il mo-

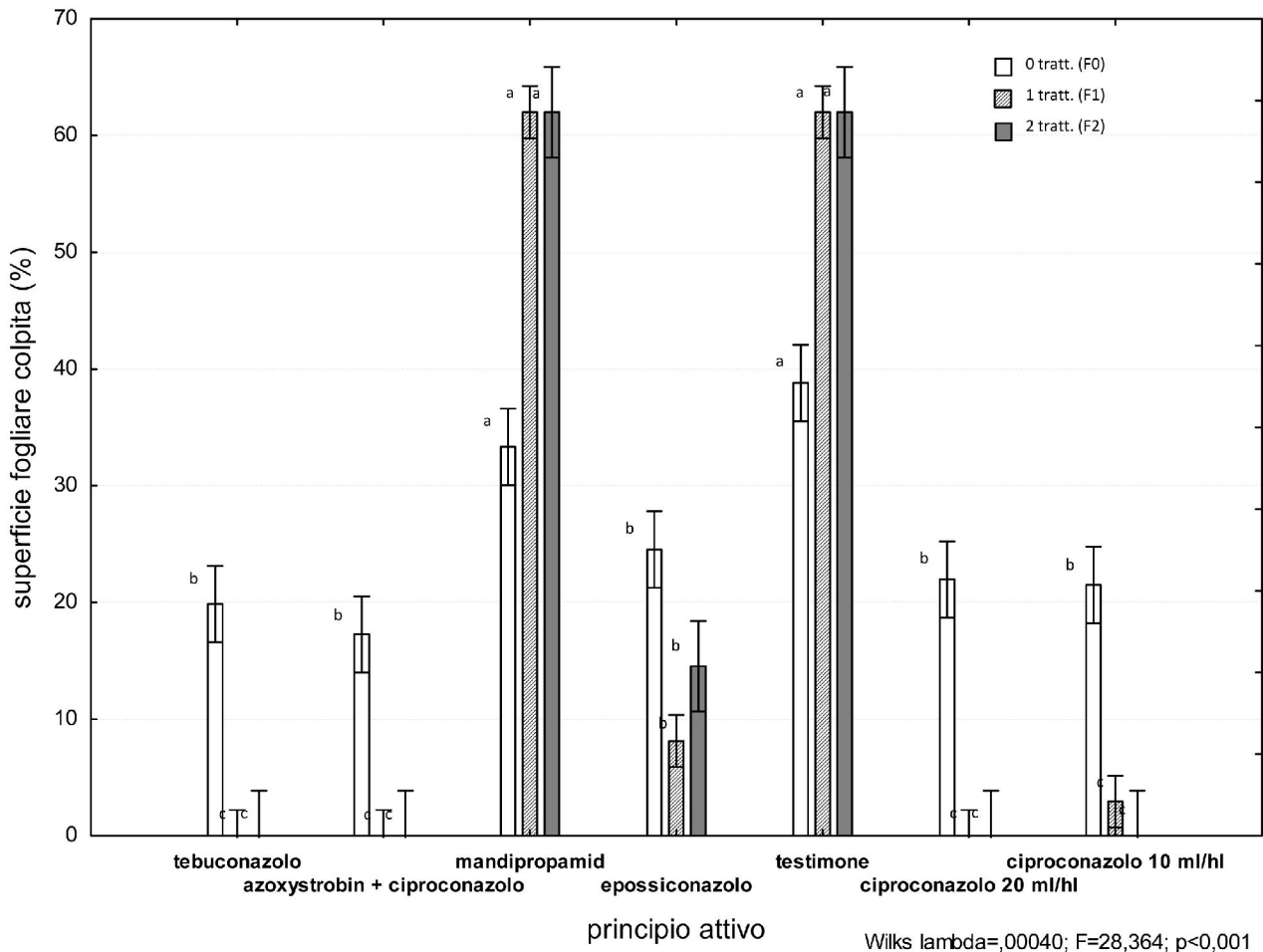


Fig. 1 - Intensità di attacco da *Melampsora* spp., in termini di superficie fogliare colpita, su chioma di piante di pioppo di clone 'Neva' di un anno di età allevate in vivaio a Casale Monferrato, distinta per foglie che hanno subito due, uno o nessun trattamento (in data 2 e 24 agosto 2010) con vari formulati fungicidi secondo il periodo di emissione. Le barre indicano l'errore standard. Test di Tukey a seguito di analisi ANOVA: le lettere si riferiscono alle differenze significative fra i formulati nell'ambito di ciascun insieme di foglie.

mento di emissione, da qui in poi indicate per brevità come F0, F1 ed F2, rispettivamente (Fig. 1). I valori relativi al mandipropamid si sono mantenuti prossimi a quelli del testimone in tutti i sottoinsiemi di foglie considerati, con superficie colpita inferiore al 40% per le F0 e superiore al 60% per le F1 ed F2. Il tebuconazolo e i formulati a base di ciproconazolo hanno determinato superfici colpite prossime al 20% per le foglie F0, statisticamente inferiori rispetto a quelle delle F0 del testimone e del mandipropamid ($p < 0.001$), nonché prossime allo zero per le F1 e le F2.

L'epossiconazolo si è nuovamente distinto in senso negativo da ciproconazolo e tebuconazolo e in senso positivo da mandipropamid e testimone, attestandosi su circa il 25% di superficie colpita per le foglie F0 - valore non statisticamente differente da quelli dei primi -, all'8% circa sulle F1 e aumentando al 14%

sulle F2; è questo l'unico caso in cui è stato osservato un minimo delle infezioni sulle F1.

Area fogliare dei rametti laterali e contenuto in clorofilla

Anche per quanto concerne l'area delle foglie dei rametti laterali, i formulati a base di ciproconazolo e quello a base di tebuconazolo si sono mostrati equivalenti nonché i più idonei alla protezione delle piantine, avendo consentito uno sviluppo del tessuto fogliare più elevato in misura altamente significativa rispetto al mandipropamid e al testimone (Tab. 3). L'epossiconazolo si è confermato nuovamente di media efficacia, in questo caso non significativamente differente da alcuno dei due gruppi di tesi predetti. È opportuno sottolineare come l'area fogliare dei rametti protetti con efficacia sia risultata in qualche

Tab. 3 - Effetto dei trattamenti contro *Melampsora* spp. condotti sulla chioma di piante di pioppo di clone 'Neva' di un anno di età allevate in vivaio a Casale Monferrato, espresso in termini di area fogliare dei rametti laterali e di CCI (*Chlorophyll Content Index*) rilevate in primavera 2011. (T): trasmissione della luce. Lettere differenti indicano differenze statisticamente significative al test di Tukey.

Principio attivo impiegato	Area fogliare media dei rami laterali (cm ²)	CCI (% T a 931 nm, % T a 653 nm)
tebuconazolo	849.7 a	21.72 a
ciproconazolo 10 ml hl ⁻¹	842.6 a	21.31 a
azoxystrobin + ciproconazolo	775.4 a	22.59 a
ciproconazolo 20 ml hl ⁻¹	735.3 a	22.05 a
epposiconazolo	593.1 ab	19.1 b
testimone	396.7 b	16.33 c
mandipropamid	306.1 b	14.69 c
varianza dell'errore	29351	8.1
valore di F	14.58	53.39
gradi di libertà	6/56	6/309
livello di probabilità	p<0.001	p<0.001

caso più che doppia di quella dei rametti non protetti, con valori di oltre 800 cm² a fronte dei quasi 400 cm² del testimone e dei 300 cm² della tesi trattata con mandipropamid.

I risultati della misurazione del CCI (Tab. 3) rispecchiano fedelmente quelli relativi all'area fogliare; i due parametri, pur così differenti, sembrano influenzati in senso equivalente dalla somministrazione dei vari formulati.

Discussione

Gli esiti dei trattamenti effettuati hanno confermato come la difesa contro le ruggini sia fondamentale in vivaio, non solo con riferimento alle conseguenze immediate quali, ad esempio, il fogliame colpito dalla malattia o caduto per effetto di essa, ma anche alle ripercussioni sull'efficienza produttiva delle piantine nella stagione vegetativa seguente. Una mancata difesa comporta infatti una contrazione della superficie fogliare sana a meno del 50%, una proporzione di foglie ancora vitali al termine della stagione pari al 10% della norma, una emissione di foglie gravemente compromessa durante la stagione seguente in termini sia di quantità dei tessuti (meno della metà di superficie fotosintetizzante rispetto a quella delle piante difese) che di loro efficienza fotosintetica. Tali quantificazioni di danno si aggiungono al già noto imperfetto agostamento delle piantine infettate durante la stagione invernale e alla loro maggiore predisposizione agli attacchi da patogeni corticali di debolezza quali *Discosporium populeum* (Sacc.) B. Sutton (Giorcelli & Vietto 1995b).

L'impiego dell'epposiconazolo non appare in gra-

do di garantire, a distanza di tempo, una protezione pari a quella del tebuconazolo o del ciproconazolo, pur risultando apprezzabile in senso assoluto per diversi dei parametri considerati. Il trattamento con dose doppia di ciproconazolo non si è differenziato statisticamente da quello con dose singola (10 ml hl⁻¹) in alcuno dei parametri analizzati, evidenziando come sia possibile ottenere una protezione soddisfacente selezionando un fungicida idoneo senza che vi sia bisogno di introdurlo in misura eccessiva nella prassi produttiva. Già in passato erano state consigliate dosi abbastanza contenute di altri triazoli IBS ai fini di una corretta difesa, ad esempio Giorcelli & Allegro (1998) riportavano le dosi di 3 ml hl⁻¹ di esaconazolo o 8 ml hl⁻¹ di tetraconazolo. Inoltre, veniva in genere consigliata una cadenza quindicinale dei trattamenti fungicidi; tuttavia, i risultati ottenuti nel presente studio dimostrano una limitata superficie fogliare colpita (meno del 10%) a distanza di un mese dalla somministrazione di tutti i formulati, suggerendo quindi che si possa conservare efficacia pur impostando una cadenza dei trattamenti più rarefatta. In tal senso, l'associazione di azoxystrobin al ciproconazolo sembra in grado di prolungare sensibilmente la copertura temporale; in pieno autunno, ossia a due mesi dall'ultimo trattamento, ben il 45% del fogliame era ancora rimasto vitale sulla piante a fronte di meno del 5% sulle piante non trattate.

Il carattere sistemico dei triazoli IBS saggiati ha fatto sì che il loro effetto preventivo si sia avvertito anche sulle foglie emesse dopo entrambi i trattamenti, limitando la comparsa di uredosori al 20% della superficie fogliare rispetto al doppio sul testimone.

Inoltre, l'analisi della superficie fogliare delle ramificazioni laterali condotta nel presente studio per la prima volta dimostra un chiaro effetto dell'impiego di detti fungicidi sulla ripresa vegetativa nella stagione seguente.

La efficacia di trattamenti fungicidi economicamente sostenibili contro le ruggini potrebbe far prendere in considerazione per il commercio cloni anche molto produttivi di recente selezione ma finora accantonati per l'elevata suscettibilità appunto agli attacchi da *Melampsora*, la quale del resto risulta limitante segnatamente in vivaio, contesto delle presenti sperimentazioni. Inoltre, una opportuna applicazione dei principi attivi qui saggiati, insieme con la ricerca genetica di resistenze verso le ruggini di tipo additivo/quantitativo, più stabili nel tempo di quella verticale/qualitativa, potrebbe ampliare le possibilità di coltivazione sostenibile in sede vivaistica di nuovi cloni con i quali arricchire l'offerta agli arboricoltori.

Con riguardo al *Chlorophyll Content Index*, direttamente correlato al contenuto reale di clorofilla nel mesofillo, esso ha qui rispecchiato fedelmente la gerarchia dei trattamenti emersa negli altri parametri analizzati. Impiegato per diverse latifoglie, quali ad esempio querce mediterranee (Silla et al. 2010) o eucalipti (Pinkard et al. 2006), si avvertirebbe l'utilità di calibrare detto parametro per il pioppo riferendosi ai cloni più diffusi in commercio e a differenti condizioni fenologiche e fisiologiche, in modo tale da disporre di uno strumento di diagnosi precoce di stress da varie avversità (Berg & Perkins 2004, Gratani et al. 2006, Daas et al. 2008). Una preventiva calibrazione appare indispensabile dal momento che i modelli di correlazione fra CCI e contenuto di clorofilla variano secondo la specie, lo stadio di sviluppo della foglia, la parte di chioma considerata, lo stato fisiologico, il livello di idratazione. A tal proposito, una misura circostanziata del CCI potrebbe affiancarsi ad altri parametri sensibili allo stress idrico (ad esempio lo spettro emesso nell'infrarosso, la risonanza magnetica nucleare, PWP, SWP, i cicli giornalieri di dilatazione/contrazione del tronco) ai fini di un rilievo precoce di questa avversità.

Ringraziamenti

Tutte le esperienze alla base del presente lavoro sono state realizzate grazie al prezioso contributo di Franco Picco, Carmine Esposito, Rinaldo Bazzani e del personale dell'Azienda sperimentale "Mezzi" del CRA-PLF.

Bibliografia

- Berg AK, Perkins TD (2004). Evaluation of a portable chlorophyll meter to estimate chlorophyll and nitrogen contents in sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) leaves. *Forest Ecology and Management* 200: 113-117. - doi: [10.1016/j.foreco.2004.06.005](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.06.005)
- Daas C, Montpied P, Hanchi B, Dreyer E (2008). Responses of photosynthesis to high temperatures in oak saplings assessed by chlorophyll-a fluorescence: inter-specific diversity and temperature-induced plasticity. *Annals of Forest Science* 65: 305. - doi: [10.1051/forest:2008002](https://doi.org/10.1051/forest:2008002)
- Fullerton RA, Menzies SA (1974). Examination of fungicides for control of poplar leaf rust in shelter belts. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 2: 429-431. - doi: [10.1080/03015521.1974.10427708](https://doi.org/10.1080/03015521.1974.10427708)
- Giorcelli A, Allegro G (1998). I trattamenti per una corretta difesa fitosanitaria del vivaio di pioppo. *Sherwood - Foreste ed alberi oggi* 38: 31-38.
- Giorcelli A, Vietto L (1995a). Valutazione dell'efficacia di alcuni fungicidi verso le ruggini del pioppo. *Informatore Fitopatologico* 45: 59-62.
- Giorcelli A, Vietto L (1995b). Influenza delle defogliazioni indotte da *Melampsora* spp. sulla suscettibilità del pioppo a *Discosporium populeum* (Sacc.) Sutton. In: Atti del Convegno SIPAV "Problemi patologici e sanitari della conservazione delle derrate vegetali. Segnali nelle interazioni ospite-parassita". Viterbo 6-7 ottobre 1995 (poster).
- Gratani L, Covone F, Larcher W (2006). Leaf plasticity in response to light of three evergreen species of the Mediterranean maquis. *Trees* 20: 549-558. - doi: [10.1007/s00468-006-0070-6](https://doi.org/10.1007/s00468-006-0070-6)
- Khan SN, Rawat DS, Misra BM, Rehill PS, Tivari RK (1988). Control of poplar rust, *Melampsora ciliata*, in nurseries. *Indian Journal of Forestry* 11: 77-79.
- Magnani G (1970). Un iperparassita di una ruggine del pioppo. *Pubblicazioni del Centro di sperimentazione agricola e forestale (ENCC)* 11: 27-35.
- McBride RP (1969). A microbiological control of *Melampsora medusae*. *Canadian Journal of Botany* 47: 711-715. - doi: [10.1139/b69-101](https://doi.org/10.1139/b69-101)
- Morelet M, Pinon J (1973). Darluca filum hyperparasite du genre *Melampsora* sur peuplier et saule. *Revue Forestière Française* 25: 378-379. - doi: [10.4267/2042/20756](https://doi.org/10.4267/2042/20756)
- Pinkard EA, Patel V, Mohammed C (2006). Chlorophyll and nitrogen determination for plantation-grown *Eucalyptus nitens* and *E. globulus* using a non-destructive meter. *Forest Ecology and Management* 223: 211-217. - doi: [10.1016/j.foreco.2005.11.003](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.11.003)
- Pinon J, Berthelot A, Fabre B (2011). Comportement des cultivars de peuplier envers la rouille. *Revue Forestière Française* 63: 333-346. [online] URL: <http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/45562/art->

- [Berthelot_333-346.pdf?sequence=1](#)
- Pinon J, Frey P (2005). Interactions between poplar clones and *Melampsora* populations and their implications for breeding for durable resistance. In: "Rust diseases of willow and poplar" (Pei MH, McCracken AR eds). CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 39-154. - doi: [10.4267/2042/45562](https://doi.org/10.4267/2042/45562)
- Salahi S, Jamshidi S (2011). Disease loss assessment and chemical management of poplar rust using by some conventional fungicides. In: Proceedings of the "International Conference on Asia Agriculture and Animal" (IPCBEA) 13: 121-125. [online] URL: <http://www.ipcbee.com/vol13/24-A30001.pdf>
- Sharma JK, Heather WA (1988). Light and electron microscope studies on *Cladosporium tenuissimum*, mycoparasitic on poplar leaf rust, *Melampsora larici-populina*. Transactions of the British Mycological Society 90: 125-131. - doi: [10.1016/S0007-1536\(88\)80192-X](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(88)80192-X)
- Silla F, González-Gil A, González-Molina E, Mediavilla S, Escudero A (2010). Estimation of chlorophyll in *Quercus* leaves using a portable chlorophyll meter: effects of species and leaf age. Annals of Forest Science 67: 7. - doi: [10.1051/forest/2009093](https://doi.org/10.1051/forest/2009093)
- Spiers AG (1976). Fungicides for control of poplar leaf rust and effects of control on growth of *Populus nigra* cv. "Sempervirens" and *Populus* × *euramericana* cv. "I-214". New Zealand Journal of Experimental Agriculture 4: 249-254. - doi: [10.1080/03015521.1976.10425878](https://doi.org/10.1080/03015521.1976.10425878)