

EFFETTI DELLA CERCOSPORIOSI SULLA QUALITÀ ESTRATTIVA DELLA BARBABIETOLA DA ZUCCHERO

di PIERGIORGIO STEVANATO¹, ENRICO BIANCARDI¹, MARCO DE BIAGGI¹, RODOLFO TELLOLI² E MAURO COLOMBO¹

(Ristampa, con licenza dell'Editore, dell'Articolo pubblicato sulla rivista *Agroindustria*, 2002, n. 2, pagg. 123-138)

INTRODUZIONE

La cercosporiosi è tra le maggiori avversità della barbabietola da zucchero (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*, Sugar Beet Group). Si manifesta sul lembo fogliare con caratteristiche macchie necrotiche che, nei casi d'infezione grave, si espandono fino a causarne la morte. La malattia, prodotta dal fungo *Cercospora beticola* Sacc., è diffusa con intensità variabili in tutte le zone a clima temperato; ne sono esenti solo alcuni paesi situati a nord o a sud dell'areale di coltivazione (Holtschulte, 2000). I danni sulla produzione sono segnalati in aumento in diversi paesi centroeuropei prima interessati in modo marginale (Schäufele e Wewers, 1996; Jakubowska e Gasiórowska, 2000). In Italia, la fitopatologia trova condizioni di sviluppo favorevoli su circa 80% della superficie coltivata a bietola, ma gli attacchi più gravi sono segnalati nei comprensori a nord del fiume Po (Rossi et al., 1995). L'infezione si manifesta ogni anno con intensità dipendente soprattutto dall'andamento climatico; ma al danno produttivo finale contribuiscono altre variabili: i) la varietà usata; ii) la precocità dell'infezione; iii) la tempestività e l'efficacia dei programmi di difesa; iv) le eventuali pratiche irrigue; v) l'epoca di raccolta; vi) la presenza di stress abiotici o di altre fitopatie ecc. (Biancardi, 1998).

Il controllo della malattia si basa sulle seguenti misure: i) utilizzo di varietà resistenti; ii) distribuzione di fungicidi ripetuta più volte; iii) rotazioni lunghe per ridurre l'inoculo presente nel terreno (Shane e Teng, 1992); iv) estirpamenti precoci per evitare il periodo di maggiore infezione. Con la difesa integrata, nelle normali condizioni operative, è possibile annullare circa due terzi dei danni potenziali (Biancardi, 1998). Le perdite di produzione dipendono soprattutto dalla diminuita funzione fotosintetica causata dalla riduzione della superficie assimilante. In un secondo momento, se l'attacco sull'apparato fogliare primario è grave, ha inizio un'accentuata emissione di nuove foglie indicata col termine "rivegetazione" (Shane e Teng, 1992; Rossi et al., 2000; Stevanato et al., 2001). Poiché il danno complessivo è superiore alla somma delle azioni dei due fattori elencati, alcuni autori hanno ipotizzato un effetto deprimente sulla fisiologia della pianta da parte di tossine emesse dall'agente patogeno (Rossi et al., 1990). In

quest'ultimo caso, come per la rivegetazione, le interferenze sul processo produttivo non sono state quantificate (Rossi et al., 2000). Oltre ai danni sopra descritti, Smith e Ruppel, 1971, hanno verificato una maggiore sensibilità ai marciumi in fase di stoccaggio di bietole prima colpite da cercospora. Ciò sembra dipendere dal calo del grado polarimetrico (contenuto di saccarosio nella radice espresso in percento in peso), che è tra i primi effetti della malattia (Smith e Ruppel, 1973). La cercosporiosi causa inoltre la riduzione nel peso delle radici e, di conseguenza, della produzione di saccarosio (Smith e Ruppel, 1973). Kelber, 1977, ha calcolato una perdita in saccarosio del 0.3% per ogni incremento di 1% della superficie fogliare colpita. Altri stimano le stesse perdite variabili dallo 0.5 all'1% (Shane e Teng, 1992).

L'infezione induce l'aumento della concentrazione di numerosi elementi melassigeni presenti nella radice, tra questi il potassio (K), il sodio (Na) e l'azoto alfa-amminoazoto (α N) sono i più importanti (Mantovani, 1977; Oltmann et al., 1984). Si ha quindi un abbassamento della qualità tecnologica e del rendimento nei processi industriali d'estrazione, perché aliquote di saccarosio proporzionali al contenuto di elementi melassigeni nella radice non sono in grado di cristallizzare (Mantovani, 1977). Ne deriva un sensibile danno economico, anche se d'ordine di grandezza inferiore a quello provocato dalla malattia sui parametri agronomici (Shane e Teng, 1992). L'aumento di tali sostanze, verificabile anche a livelli bassi d'infezione, dipende da cause non ancora accertate (Finkner e Farus, 1968; Borrelli et al., 1990). Secondo Shane e Teng, 1992, il fenomeno può essere parzialmente associato al rallentato accrescimento radicale piuttosto che ad un'augmentata sintesi di melassigeni indotta dalla malattia. Finkner e Farus, 1968, hanno verificato l'azione del fungicida Maneb su varietà sensibili e resistenti alla cercospora. I trattamenti hanno provocato peggioramenti qualitativi nella radice, causati da un lieve aumento del sodio (Na) e la riduzione del glucosio (altro importante fattore melassigeno); la resistenza genetica ha migliorato diversi parametri, soprattutto nelle raccolte tardive. Smith e Martin, 1978, hanno messo in evidenza sia la correlazione positiva tra grado d'infezione e contenuto di sodio (Na), di alfa-amminoazoto (α N) e di altri composti azotati, sia il maggiore effetto protettivo dei trattamenti fungicidi rispetto alla resistenza genetica; non si hanno reazioni significative per il potassio (K) e per altri melassigeni (betaina, cloruri ecc.). Secondo Yoshimura et al., 1992, l'infezione crescente aumenta il contenuto di alfa-amminoazoto (α N), mentre il sodio (Na) ed il potassio (K) hanno reazioni meno nette. Borrelli

¹ Istituto Sperimentale per le Colture Industriali-Sezione di Rovigo, viale Amendola 82, 45100 Rovigo.

² Associazione Bieticoltori Italiani, via Hirsch 19, 44100 Ferrara, Italia.

TAB. 1 - SCHEMA RIASSUNTIVO DELL'ANALISI DELLA VARIANZA

Fonte di variazione	g l	Zt (t ha ⁻¹)	K	Na (millimoli 100 g ⁻¹)	αN	RK
Anni	2	**	**	**	**	*
Località	1	ns	**	ns	*	*
Raccolte (R)	2	**	**	**	**	**
Trattamenti (T)	2	**	**	**	**	**
Varietà (V)	5	**	**	**	**	**
R x T	4	**	*	**	**	**
R x V	10	**	*	**	ns	**
T x V	10	ns	ns	ns	**	*
R x T x V	20	*	ns	ns	ns	ns
* $P \leq 0.05$ ** $P \leq 0.01$ ns = Non significativo; g l = Gradi di libertà; Zt = Saccarosio teorico; K = Potassio; Na = Sodio; αN = Alfa-amminoazoto; RK = Coefficiente di purezza						
<i>Raccolte</i>						
20 Agosto	9.92 c	4.27 a	1.98 a	3.38 a		90.35 a
10 Settembre	10.41 b	4.07 b	1.78 b	3.28 a		90.41 a
30 Settembre	10.84 a	3.98 b	1.97 a	2.83 b		90.00 b
<i>Trattamenti</i>						
T0	9.01 c	4.04 b	2.32 a	3.33 a		89.04 b
T1	10.67 b	4.04 b	1.75 b	3.07 b		90.82 a
T2	11.50 a	4.25 a	1.66 c	3.10 b		90.90 a
<i>Varietà</i>						
Sensibili	9.86 c	3.92 c	2.36 a	3.24 a		89.57 c
Med. resistenti	10.49 b	4.41 a	1.95 b	3.27 a		89.89 b
Resistenti	10.83 a	3.99 b	1.43 c	2.99 b		91.30 a

Lettere diverse indicano differenze significative fra le medie secondo il Test di Duncan ($P \leq 0.05$)

et al., 1990, hanno rilevato un effetto positivo sulla qualità estrattiva subito dopo il primo trattamento con fungicidi. Secondo gli stessi autori, l'alfa-amminoazoto (αN) è la sostanza melassigena che più si differenzia nelle tesi a diverso livello di protezione chimica. Il potassio (K) aumenta in misura minore, mentre sul sodio (Na) l'azione della malattia è meno chiara a causa dell'elevata variabilità che caratterizza normalmente l'elemento. Schäufele e Wewers, 1996, hanno osservato un aumento del sodio (Na) su tesi non trattate con fungicidi e quindi con superiori livelli d'infezione. Adams e Schäufele, 1996, hanno rilevato incrementi di alfa-amminoazoto per infezioni crescenti specialmente su varietà sensibili. Effetti significativi sia della resistenza sia dei trattamenti sono stati rilevati da Rossi et al., 2000, soprattutto sulla riduzione del contenuto di sodio (Na) e di alfa-amminoazoto (αN). Rispetto ai trattamenti, la resistenza ha maggiore effetto sul coefficiente di purezza. Lo scopo di questo lavoro è stato quello di: i) stabilire l'efficacia della lotta integrata sui più importanti parametri tecnologici; ii) quantificare l'efficacia, rispetto ai livelli teorici, degli attuali sistemi di lotta integrata; iii) verificare i dati non univoci sull'argomento reperibili in bibliografia.

MATERIALI E METODI

Le prove si sono svolte negli anni 1998, 1999 e 2000 in due località, Rovigo e Ambrogio (Ferrara), nelle quali la

cercospora ha diffusione endemica ed è mediamente di forte intensità. I terreni interessati dalle prove sono d'origine alluvionale con elevata percentuale d'argilla. Con parziali adattamenti agli esperimenti parcellari, le operazioni colturali hanno seguito le tecniche usuali nelle rispettive zone. La semina di precisione è avvenuta su file distanti 0.45 m. Sono state impiegate 6 varietà commerciali dotate di diversa resistenza alla cercospora: Gabriela e Contact sensibili (Sens); Rizor e Adige intermedie (Med); Dorotea e Monodoro resistenti (Res). Le varietà sono state scelte anche per le caratteristiche produttive simili e per la loro buona resistenza alla rizomania. L'ultimo accorgimento doveva limitare le interferenze sui dati produttivi in caso d'infezioni di scarsa intensità o irregolarmente distribuite e quindi non rilevabili all'ELISA. Con campionamenti ed analisi prima della semina, i campi di prova sono risultati indenni anche da *Heterodera schachtii* Schm. Nei tre anni, si è fatto uso degli stessi lotti di seme per evitare ogni altro fattore di variazione. Allo stadio di almeno 2 paia di foglie vere, le piantine sono state diradate a mano per ottenere una densità regolare di 10 bietole al metro quadrato. Per uniformare le condizioni d'inoculo della cercospora, le prove sono state infettate artificialmente con una sospensione di conidi preparata e distribuita come descritto da Ruppel e Gaskill, 1970; Adams et al., 1995; Adams e Märlander, 1996.

Per ottenere sulle prove diversi livelli d'infezione, sono stati adottati 3 programmi di difesa con fungicidi: T0 = non trattato; T1 = protezione normale, ossia ogni venti giorni con

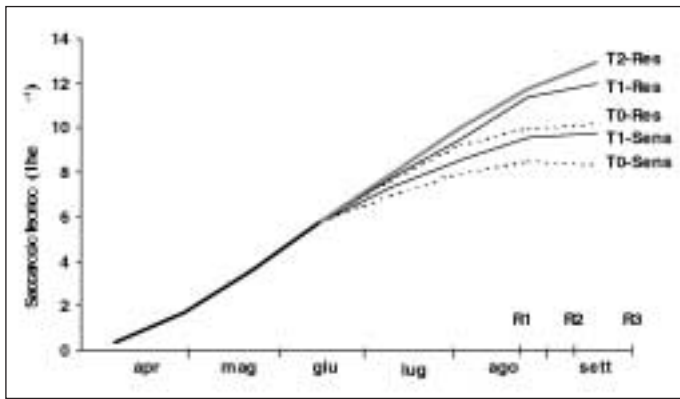


Fig. 1 – Andamento della produzione in saccarosio teorico (Zt) di varietà a diversa resistenza (vedi testo) sottoposte ai trattamenti T0, T1 e T2. Le differenze tra le curve sono significative ($P \leq 0.05$) dalla prima raccolta (R1) in poi.

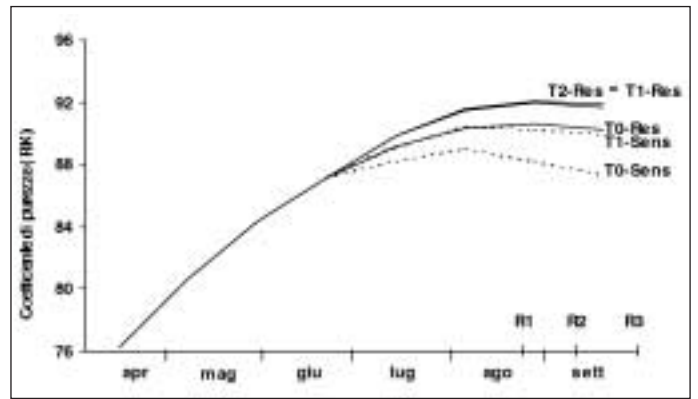


Fig. 2 – Andamento del coefficiente di purezza (RK) delle varietà a diversa resistenza (vedi testo) sottoposte ai trattamenti T0, T1 e T2. Le differenze tra le curve sono significative ($P \leq 0.05$) dalla seconda raccolta (R2) in poi.

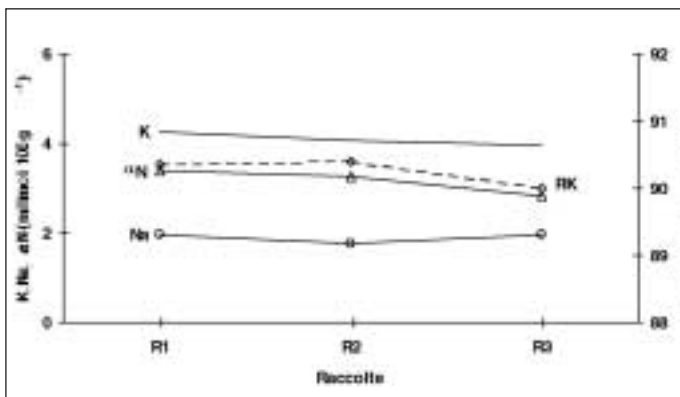
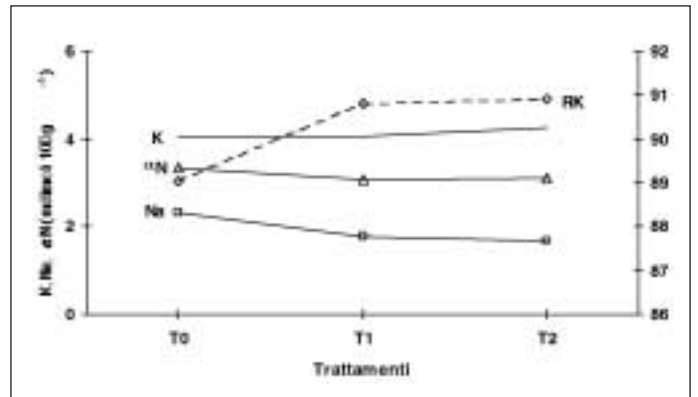


Fig. 3 – Andamento dei tre principali elementi melassigeni (K, Na, αN) e del coefficiente di purezza (RK) alle tre date di raccolta (R1 \cong 20 agosto; R2 \cong 10 settembre; R3 \cong 30 settembre).



Andamento dei tre principali elementi melassigeni (K, Na, αN) e del coefficiente di purezza (RK) a tre livelli di difesa T0, T1 e T2 (vedi testo).

inizio dalla prima comparsa delle macchie; T2 = protezione doppia, ogni dieci giorni ad iniziare dalla stessa data e con le modalità di T1. Il livello T2 doveva simulare o almeno avvicinare le condizioni di assenza della malattia, da un lato per differenziare al massimo i livelli d'infezione, dall'altro per quantificare i danni inevitabili anche con i più efficaci mezzi di lotta oggi a disposizione. Con il programma T2, che ha richiesto fino a 9 trattamenti, sono stati rilevati danni fogliari ridotti, ma non trascurabili, specialmente nell'ultima parte della campagna. E' sottinteso che a questo programma di difesa manca ogni requisito per essere adottato nella pratica coltivazione.

Nel triennio di prova, le prime macchie sono comparse dal 18 al 20 giugno a Rovigo e 5-8 giorni più tardi a Mirabello. Alle stesse date sono iniziati i trattamenti. E' stato impiegato il fungicida Alto BS, alla dose di 2 kg ha^{-1} , distribuito in soluzione con 550 l ha^{-1} d'acqua per mezzo di normali barre irroratrici ad ugelli conici. Per la valutazione dell'intensità dei sintomi fogliari è stato fatto uso di una scala che attribuisce un punteggio proporzionale all'area fogliare interessata dalle macchie (Ghedini, 2000). La scala impiegata è accompagnata da disegni che riproducono infezioni a crescenti livelli (1, 5, 10, 20, 30 90% dell'apparato fogliare primario). In accordo con Shane e Teng, 1992, questo sistema di valutazione è risultato più correlato con i dati produttivi rispetto ad altre scale usate nel miglioramento genetico, meno precisamente definite specialmente alle basse intensità della malattia (Miller et al., 1994). Delle tre osservazioni svolte ad

intervalli bisettimanali e concluse il 15 settembre, è stata considerata quella di fine agosto, solitamente la più precisa (Graf e Biancardi, 1984). Le infezioni o infestazioni di altri parassiti potenzialmente dannosi (elateridi, altica, oidio, afidi, mamestra ecc.) sono state evitate con appropriati mezzi chimici.

Nelle singole prove, le tesi ed i trattamenti sono stati ordinati a parcella suddivisa con quattro ripetizioni. Le parcellle intere erano destinate ai tre trattamenti fungicidi (T0, T1 e T2), le subparcellle alle sei varietà e le sub-subparcellle alle tre epoche di raccolta (R1, R2 e R3). La parcella elementare era di almeno 6.3 m^2 , in modo da permettere la raccolta di un numero di radici sufficiente per le analisi produttive e tecnologiche (Amaducci et al., 1982). Le raccolte si sono svolte attorno al 20 agosto, 10 e 30 settembre, ossia nella parte centrale delle campagne saccarifere nelle zone considerate. La lavorazione dei campioni e la determinazione dei dati produttivi sulle radici è stata eseguita presso il laboratorio dell'ISCI di Rovigo. I dati elementari sono stati trasformati negli usuali parametri produttivi e tecnologici, facendo uso della formula di Carruthers e Oldfield, 1961, per il calcolo del coefficiente di purezza (RK). Come è noto, la buona qualità tecnologica è associata ad alti valori di RK, che a loro volta corrispondono a bassi contenuti di elementi melassigeni nelle radici.

I dati del triennio, ordinati in uno schema fattoriale, sono stati sottoposti ad ANOVA per mezzo del programma Plabstat (Utz, 1991). Per ogni carattere e prima dell'elaborazione

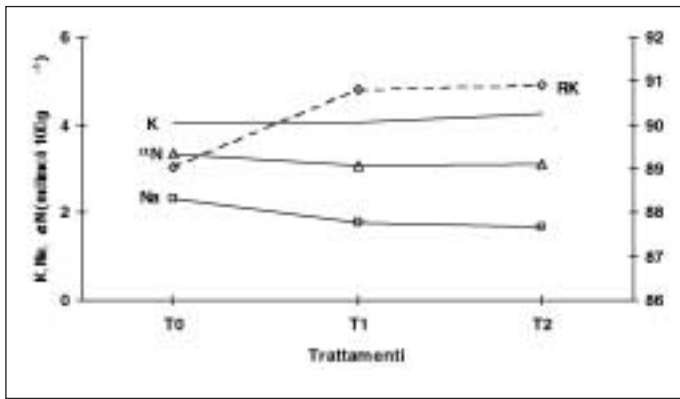


Fig. 5 – Andamento dei tre principali elementi melassigeni (K, Na, ?N) e del coefficiente di purezza (RK) nei gruppi di varietà a diversa resistenza alla cercospora (vedi testo).

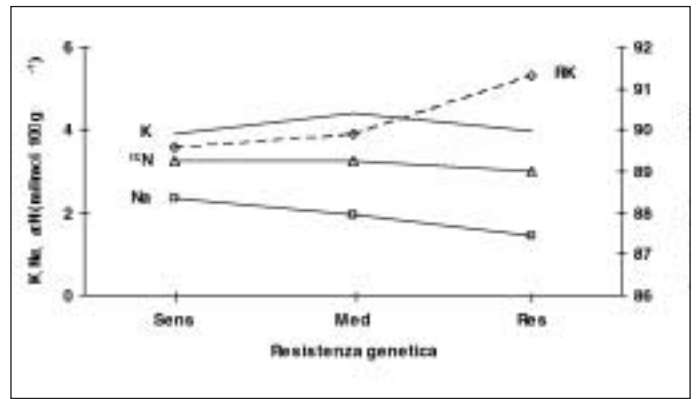


Fig. 6 – Effetti sul sodio (Na) dell'interazione raccolte x trattamenti. L'interazione è significativa per $P \leq 0.01$.

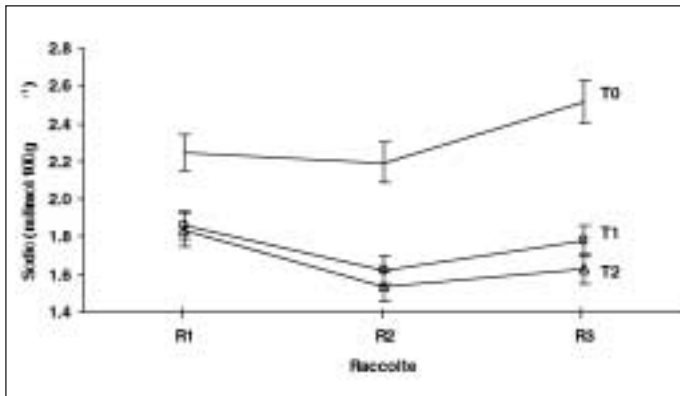


Fig. 7 – Effetti sull'alfa-amminoazoto (?N) dell'interazione raccolte x trattamenti. L'interazione è significativa per $P \leq 0.01$.

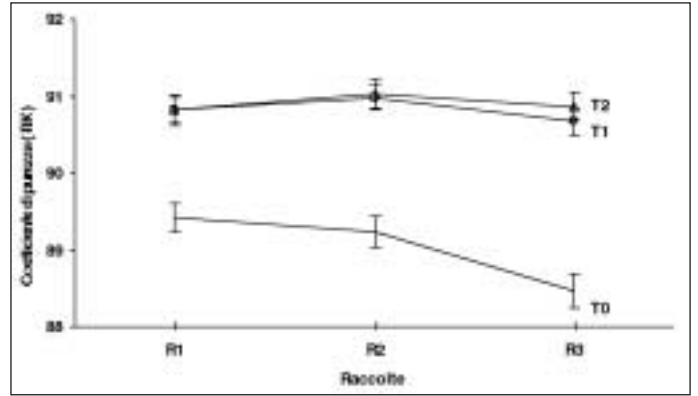


Fig. 8 – Effetti sul coefficiente di purezza (RK) dell'interazione raccolte x trattamenti. L'interazione è significativa per $P \leq 0.01$.

cumulativa, è stata verificata l'omogeneità delle varianze dell'errore delle singole annate. Nelle figure che rappresentano gli effetti delle interazioni (da figura 6 a figura 11), le barre verticali rappresentano l'errore standard (SE). Le differenze tra le medie \pm SE sono significative al t-test.

RISULTATI E DISCUSSIONE

La figura 1 mostra l'evoluzione del saccarosio teorico in funzione dei livelli T0, T1 e T2 di trattamento con fungicidi e dei gradi massimo e minimo di resistenza genetica delle varietà (Res e Sens). La parte delle curve a sinistra della prima raccolta (R1) è stata disegnata in base a precedenti prove svolte con campionamenti settimanali iniziati il 15 maggio (Borrelli *et al.*, 1990), dalle quali è tra l'altro emerso che gli effetti della resistenza genetica e dei trattamenti iniziano ad evidenziarsi dalla fine di giugno, ossia subito dopo il primo trattamento. Per semplificare la grafica, la curva T2-Sens ed il grado medio di resistenza (Med) sono stati omessi. La malattia, se non controllata né con la resistenza né con i trattamenti (curva T0-Sens), è in grado provocare, già dalla metà d'agosto, una sensibile riduzione del saccarosio prodotto dalla coltura e contenuto nelle radici. Con i trattamenti ordinari (T1-Sens), la riduzione dei danni causati dalla malattia (rappresentati nella figura 1 dalla differenza fra le ordinate della curva più alta e quelle della più bassa) è di circa il 40% in tutto il periodo considerato. La percentuale

raddoppia con l'utilizzo di varietà resistenti (T1-Res). Secondo valutazioni che saranno espone in un successivo lavoro, la curva della massima produzione teorica (assenza o controllo completo della malattia) è molto vicina alla curva T2-Res, anche se i danni fogliari rilevati a fine campagna su queste parcelle non sono stati trascurabili. Si può osservare che la differenza tra la massima produzione raggiungibile con il controllo ordinario della malattia (T1-Res) e la curva della produzione massima teorica, vicina come si è detto alla curva T2-Res, si aggira ancora attorno al 20% circa. Questo valore può essere considerato una stima discretamente precisa della percentuale di saccarosio non recuperabile, e quindi perso, con gli attuali sistemi di lotta integrata al massimo della loro efficacia.

La figura 2 illustra l'andamento del coefficiente di purezza (RK) nelle diverse combinazioni di lotta integrata utilizzate nelle prove. I tratti di curva antecedenti la prima raccolta (R1) sono stati tracciati come nella figura 1. L'effetto protettivo del trattamento T1 e della resistenza si equivalgono. Contrariamente alla produzione di saccarosio (Fig. 1), l'effetto dei trattamenti normali e della resistenza (T1-Res) sulla qualità estrattiva è molto vicino a quello del trattamento T2-Res. Data la vicinanza della protezione ordinaria (T1-Res) con il massimo teorico, è quindi probabile che l'eventuale impiego di trattamenti fungicidi più efficaci (per frequenza, dose o principio attivo) non avrebbe sostanziali benefici sulla qualità raggiungibile con i mezzi attuali. Appare infine evidente, anche nel caso della qualità estrattiva, l'utilità delle misure di lotta

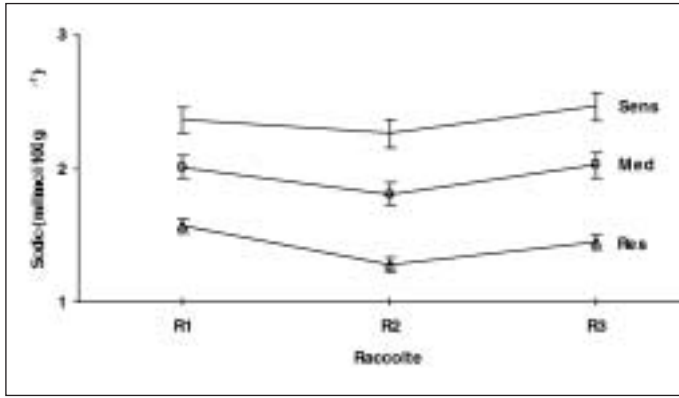


Fig. 9 – Effetti sul sodio (Na) dell'interazione raccolte x varietà. L'interazione è significativa per $P \leq 0.01$.

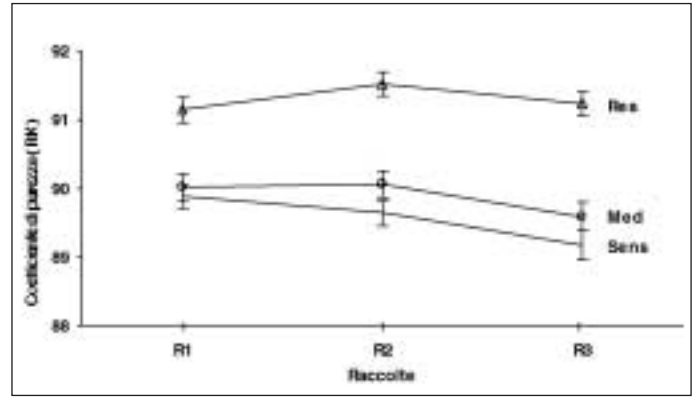


Fig. 10 – Effetti sul coefficiente di purezza (RK) dell'interazione raccolte x varietà. L'interazione è significativa per $P \leq 0.01$.

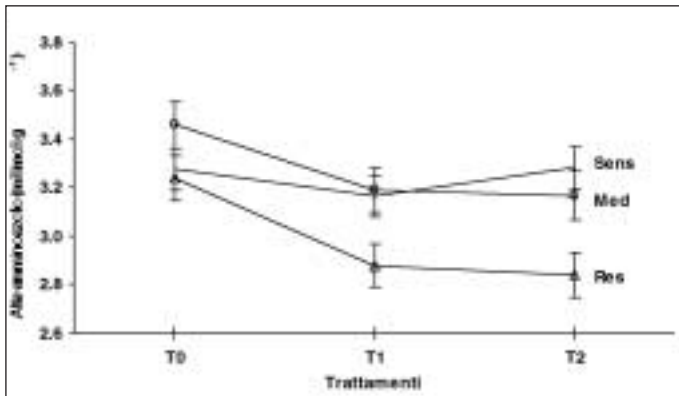


Fig. 11 – Effetti sull'alfa-amminoazoto (αN) dell'interazione trattamenti x varietà. L'interazione è significativa per $P \leq 0.01$.

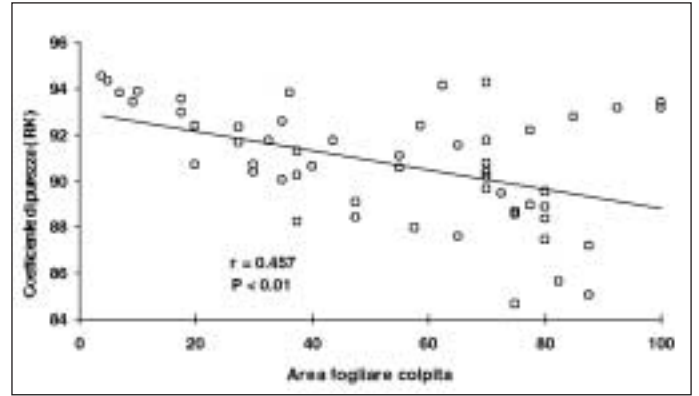


Fig. 12 – Correlazione tra le valutazioni dell'area fogliare ammalata e la qualità tecnologica espressa come coefficiente di purezza (RK). Il coefficiente di correlazione r è significativo per $P \leq 0.01$.

integrata alla cercospora che, nella loro efficacia operativa, determinano incrementi di oltre due punti sul coefficiente di purezza (RK).

La tabella I riporta una sintesi dell'analisi della varianza complessiva e gli effetti sui parametri qualitativi delle fonti di variazione e delle loro interazioni. I dati di produzione saranno considerati in un prossimo lavoro. Per brevità, si omette il commento dei fattori di variazione anno e località, in buona parte altamente significativi. L'assenza di differenze significative sulla produzione di saccarosio conferma l'omogeneità delle reazioni della coltura ai fattori di variazione presenti nelle località, come rilevato da Smith e Martin, 1978 e da Smith, 1985. Le risposte dei parametri quanti-qualitativi alle epoche di raccolta (R), ai trattamenti (T) e ai gruppi di varietà (V) sono tutte altamente significative.

Considerando le epoche di raccolta (R), accanto ad un incremento notevole della produzione di saccarosio in funzione del tempo, si notano piccole variazioni dei tre principali elementi melassigeni (K, Na e αN), che causano nella loro azione complessiva un lieve peggioramento di RK (Fig. 3).

Il minor grado d'infezione causato dai trattamenti (Fig. 4) aumenta di circa 0.2 mmol la concentrazione di potassio (K), mentre l'alfa-amminoazoto (αN) e soprattutto il sodio (Na) diminuiscono, come segnalato in altri lavori (Schäufele e Wewers, 1996; Adams e Schäufele, 1996). Il coefficiente di purezza (RK) aumenta di quasi due punti con il trattamento T1, confermando l'importanza di un'attenta difesa

anticercosporica anche per il contenimento dei danni sulla qualità tecnologica. L'efficacia di T1 si dimostra molto vicina a quella di T2 e quindi al massimo teorico.

La risposta delle varietà provviste di diversi livelli di resistenza è illustrata nella figura 5. E' evidente l'effetto migliorativo del crescente grado di resistenza sul sodio (Na) e sull'alfa-amminoazoto (αN). L'incremento di quest'ultimo parametro, rilevato da diversi autori (Smith e Martin, 1978; Adams e Schäufele, 1996), potrebbe dipendere dalla maggiore sintesi di glutammina indotta dalla malattia a livello fogliare (Burba, 1983). Si ricorda che i tre livelli considerati sono composti da due varietà ciascuno; è quindi probabile che le rese produttive e qualitative siano influenzate anche da fattori genetici diversi dalla resistenza alla cercospora. Per il potassio (K), si osserva un aumento significativo di concentrazione per le varietà a resistenza intermedia, probabilmente originata dalle altre caratteristiche appena ricordate. Il calo di due elementi melassigeni su tre causa un discreto incremento del coefficiente di purezza (RK), proporzionale al grado di resistenza alla cercospora posseduto dalle coppie di varietà. Nella tabella I sono riportate le interazioni tra le variabili considerate. Di seguito sono commentate le interazioni tra i parametri qualitativi risultate significative per $P \leq 0,01$.

L'interazione trattamenti (T) x raccolte (R) causa una lieve diminuzione del sodio (Na) alla seconda raccolta ed un aumento nella terza, ossia nel periodo di maggiore intensità della malattia (Fig. 6). T0 si differenzia statisticamente rispetto a T1 e T2, molto simili tra loro. L'azoto alfa-amminoazoto

(α N) cala con la data di raccolta (Fig. 7). Anche in questo caso, T1 e T2 non si differenziano. Il coefficiente di purezza (RK) migliora nettamente con l'intensità dei trattamenti e tende a rimanere stabile nel corso delle raccolte, a differenza di T0 (Fig. 8).

Per quanto riguarda l'interazione gruppi di varietà (V) x epoche di raccolta (R), i diversi gradi di resistenza si differenziano nettamente per il sodio (Na), ma presentano limitate variazioni nel corso delle raccolte (Fig. 9). Il coefficiente di purezza (RK) cambia di poco in funzione del tempo (Fig. 10). Le varietà resistenti superano sempre di oltre un punto sia le sensibili sia le intermedie.

I tre gruppi di varietà ed i tre livelli di trattamento (Fig. 11) hanno interazioni significative per l'alfa-amminoazoto (α N). Le varietà resistenti (Res) hanno sempre un comportamento migliore delle altre due categorie. Il trattamento T2 non provoca incrementi sensibili sul coefficiente di purezza (figura non riportata), suggerendo che, per l'aspetto qualitativo, i trattamenti ordinari sono sufficienti per un controllo pressoché totale dei danni causati dalla cercospora.

L'evoluzione dell'infezione sulle foglie è stata seguita con ripetuti rilievi. Il sistema adottato si è dimostrato altamente correlato con i cali di produzione e di qualità estrattiva che la cercosporiosi è in grado di provocare. Nella figura 12 è tracciata la retta di regressione riferita alla correlazione tra la qualità estrattiva e le valutazioni visive dell'attacco.

CONCLUSIONI

I mezzi di lotta integrata oggi disponibili, se usati correttamente e tempestivamente, permettono il recupero di circa l'80% delle perdite sulla produzione di saccarosio causate dalla cercospora. Questa percentuale è stata stimata con trattamenti chimici, eseguiti con frequenza doppia rispetto alla norma, che riducono quasi del tutto i sintomi della malattia. Con lo stesso sistema, si è accertato che l'impiego della normale difesa chimica sulle varietà resistenti oggi sul mercato riduce in maniera pressoché totale il danno sulla qualità estrattiva. Impiegando al meglio gli odierni sistemi di lotta, si riducono le concentrazioni di sodio e di alfa-amminoazoto e s'innalza di quasi due punti il coefficiente di purezza. Per limitare al massimo i danni produttivi e qualitativi della cercospora, si conferma la necessità di applicare rigidamente le varie misure operative di lotta integrata. Infine, occorre attenuare l'attuale impatto ambientale della difesa anticercosporica con azioni volte non solo ad aumentare il livello di resistenza genetica delle varietà, ma anche a migliorare per quanto possibile le tecniche ed i calendari di trattamento.

RIASSUNTO

I danni causati dalla cercospora alla produzione di saccarosio e alla qualità tecnologica sono stati studiati con prove triennali svolte in due località. Per ottenere diverse situazioni d'intensità di malattia, sono state impiegate sei varietà a diversa resistenza genetica alla cercospora e tre livelli di protezione con fungicidi: T1, come nella pratica corrente, ossia trattamento ogni 20 giorni con inizio alla prima comparsa delle macchie; T2, come T1 ma con trattamenti ogni 10 giorni. Era presente il testimone non trattato (T0). I dati produttivi e qualitativi sono stati valutati in tre epoche di raccolta. Le normali misure di lotta integrata, ossia l'impiego del programma T1 e di varietà resistenti, hanno ridotto di circa l'80% i danni totali causati dalla malattia. Le stesse misure hanno invece evitato completamente le riduzioni a carico della qualità tecnologica. Tra gli elementi melassigeni considerati, il sodio e l'alfa-amminoazoto hanno dimostrato i

maggiori incrementi associabili con la malattia.

Parole chiave: barbabietola da zucchero, cercospora, lotta integrata, qualità tecnologica.

Bibliografia

- Adams H., Märländer B., 1996. Inoculation im Feld zur Resistenzbestimmung bei Zuckerrüben gegen Erreger von Blattflächenkrankheiten. *Zuckerindustrie* 8, 575-579.
- Adams H., Schäufele W.R., 1996. Untersuchungen zum Einfluss der Cercospora-Blattfleckenkrankheit auf den Alpha-Amino-Gehalt der Zuckerrübe. *Proc. 59th IIRB Congress* 129-132.
- Adams H., Schäufele W.R., Märländer B., 1995. A method for artificial inoculation of sugar beet with *Cercospora beticola* under field condition. *Plant Diseases and Protection* 102, 320-322.
- Amaducci M.T., Benati R., Biancardi E., Venturi G., 1982. Perdite derivanti da rotture distali in relazione alle dimensioni delle radici di bietola. *L'Industria Saccarifera Italiana* 2, 41-56.
- Biancardi E., 1998. Tecniche, prospettive e strategie di lotta contro la cercospora. *L'Informatore Agrario* 1, 63-65.
- Borrelli C., Biancardi E., Biondani D., Grassi G., 1990. Accrescimento fogliare ed evoluzione dei parametri produttivi e tecnologici su barbabietola colpita da cercospora. *Sementi Elette* 1, 25-29.
- Burba M., 1983. Die N-Assimilation der Pflanze unter besonderer Berücksichtigung der Zuckerrübe. *Proc. 46th IIRB Congress* 27-52.
- Carruthers A., Oldfield J.F.T., 1961. Methods for assessment of beet quality. *International Sugar Journal* 63, 62-64.
- Finkner R.E., Farus D.E., 1968. Effects of cercospora leaf spot and dates of harvest on sugar beet varieties with or without Maneb treatment. *Journal of American Society of Sugar Beet Technologists* 14, 643-663.
- Ghedini R., 2000. Difesa della barbabietola da cercospora e oidio. *Notizie bieticole* 69,7-12.
- Graf A., Biancardi E., 1984. Cercospora e varietà. *Sementi Elette* 1-2, 31-38.
- Holtschulte B. 2000. *Cercospora beticola* - worldwide distribution and incidence. In: *Cercospora beticola* Sacc. Biology, agronomic influence and control measures in sugar beet. *Advances in Sugar Beet Research* 2, 5-16.
- Jakubowska M., Gasiorowska A., 2000. Increasing occurrence of *Cercospora beticola* in Poland and its control using integrated crop protection methods. *Gazeta Cukrownicza* 7, 128-130.
- Kelber E., 1977. Handling of experimental data in a secondary evaluation for disease intensity-crop loss relationship. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 84, 100-113.
- Mantovani G., 1977. Sul valore tecnologico della barbabietola da zucchero. *L'Industria Saccarifera Italiana* 3, 51-64.
- Miller J., Rekoske M., Quinn A., 1994. Genetic resistance, fungicide protection and variety approval politics for controlling yield losses from cercospora leaf spot infections. *Journal of Sugar Beet Research* 1-2, 7-12.
- Oltmann W., Burba M., Boltz G., 1984. Die Qualität der Zuckerrübe, Bedeutung, Beurteilungskriterien und züchterische Massnahmen zu ihrer Verbesserung. *Fortschritte der Pflanzenzüchtung* 12, Paul Parey, Berlino.
- Rossi V., Battilani P., Cavanna M., 1990. Relationship between cercospora leaf spot disease and photo-synthetic activity in sugar beet. *Proc. 8th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union* 209-210.
- Rossi V., Racca P., Giosuè S., 1995. Geopytopathological analysis of cercospora leaf spot on sugar beet in the Mediterranean area. *Phytopathologia Mediterranea* 34, 69-82.
- Rossi V., Meriggi P., Biancardi E., Rosso F., 2000. Effect of cercospora leaf spot on sugar beet growth, yield and quality. In: *Cercospora beticola* Sacc. Biology, agronomic influence and control measures in sugar beet. *Advances in Sugar Beet Research* 2, 49-76.
- Schäufele W.R., Wewers J.D.A., 1996. Possible contribution of tolerant and partially resistant sugar beet varieties to the control of the foliar disease *Cercospora beticola*. *Proc. 59th IIRB Congress* 59, 19-32.
- Shane W.W., Teng P.S., 1992. Impact of cercospora leaf spot on root weight, sugar yield and purity of *Beta vulgaris*. *Plant Disease* 8, 812-820.
- Smith G.A., 1985. Response of sugarbeet in Europe and the USA to *Cercospora beticola* infection. *Agronomy Journal* 77, 126-129.
- Smith G.A., Martin S.S., 1978. Differential response of sugar beet cultivation to cercospora leaf spot disease. *Crop Science* 18, 39-41.
- Smith G.A., Ruppel E.G., 1971. Cercospora as a predisposing factor in storage rot of sugar beet roots. *Phytopathology* 61, 1485-1486.
- Smith G.A., Ruppel E.G., 1973. Association of cercospora leaf spot, gross sucrose, percentage sucrose, and root weight in sugarbeet. *Canadian Journal of Plant Science* 53, 695-696.
- Stevanato P., Biancardi E., De Biaggi M., Colombo M., 2001. Leaf dynamic in sugar beet under cercospora leaf spot attacks. *Proc. 31st Meeting ASSBT* 168-174.
- Utz H.F., 1991. PLABSTAT: a computer program for statistical analysis of plant breeding experiments. Version 2F. Institute of Plant Breeding, Seed Science and Population Genetics, Università di Hohenheim, Stoccarda.
- Yoshimura Y., Abe H., Ohtsuchi K., 1992. Varietal difference in the susceptibility to cercospora leaf spot and its effect on yield and quality of sugar beets. *Proc. Japanese Society of Sugar Beet Technologists* 34, 112-116.