

VALUTAZIONE DELL'EFFICACIA DI DIVERSI FUNGICIDI DI SINTESI E NATURALI NEI CONFRONTI DI *ALTERNARIA DAUCI* AGENTE DELL'ALTERNARIOSI DELLA CAROTA

F. CAVINA¹, L. ZANZI¹, G. PRADOLES¹, R. CORNALE², R. FERRARI²,
L. ANTONIACCI³, R. BUGIANI³

¹Terremere Soc. Coop., Via Cà del Vento, 21 – 48020 Bagnacavallo (RA)

² Centro Agricoltura Ambiente “G. Nicoli”, Via Sant’Agata, 835 – 40014 Crevalcore (BO)

³Servizio Fitosanitario Regione Emilia-Romagna, Via Andrea da Formigine, 3
40128 Bologna

riccardo.bugiani@regione.emilia-romagna.it loredana.antoniacci@regione.emilia-romagna.it

RIASSUNTO

Nel triennio 2016-2018, in provincia di Ferrara, sono state realizzate tre prove di campo su carota al fine di saggiare l'attività di alcuni fungicidi (boscalid + pyraclostrobin, azoxystrobin + difenoconazolo, pyrimethanil, difenoconazolo, isopyrazam, *Bacillus subtilis* e olio essenziale di arancio dolce) nel contenimento dell'alternariosi della carota (*Alternaria dauci*). Le applicazioni sono state eseguite con turni variabili da 6 a 10 giorni in funzione dell'andamento climatico. Nel biennio di sperimentazione tutti i formulati, ad eccezione dell'olio essenziale di arancio dolce, hanno ridotto significativamente l'incidenza e la gravità della malattia rispetto al testimone non trattato.

Parole chiave: strobilurine, difenoconazolo, difesa

SUMMARY

EFFICACY EVALUATION OF SEVERAL SYNTHETIC AND NATURAL FUNGICIDES AGAINST ALTERNARIA LEAF BLIGHT (*ALTERNARIA DAUCI*) ON CARROT

Three field trials were carried out on carrots over the years 2016-2018 in Ferrara, with the aim of evaluating the performance of the most common fungicides (boscalid + pyraclostrobin, azoxystrobin + difenoconazole, pyrimethanil, difenoconazole, isopyrazam, and essential oil of sweet orange, *Bacillus subtilis*) in the control of alternaria leaf blight of carrots caused by *Alternaria dauci*. The fungicides were sprayed every 6 to 10 days in according to climatic conditions. All the formulated products tested, except for the essential oil of sweet orange, significantly reduced the incidence and severity of the disease compared to the untreated check.

Keywords: strobilurins, difenoconazole, control

INTRODUZIONE

La carota (*Daucus carota*) è interessata da numerosi agenti fungini responsabili di varie malattie, la più importante delle quali è l'alternariosi causata dall'ascomicete *Alternaria dauci*, parassita necrotrofico ormai diffuso in quasi tutti gli areali di coltivazione della carota (Farrar et al., 2004; Soyly et al., 2005).

A. dauci è un patogeno fogliare e i suoi attacchi precoci possono distruggere completamente i tessuti fotosinteticamente attivi compromettendo la produzione, mentre attacchi tardivi possono diminuire sia la resa che la qualità della produzione in termini di contenuto di carotenoidi (Perrin et al., 2017). I sintomi appaiono sulle foglie circa 8-10 giorni dopo l'infezione, interessando il margine esterno dei lembi. Le foglie più vecchie ed esterne sono le prime ad essere infettate. La sintomatologia iniziale è rappresentata da piccole lesioni di colore bruno con alone giallo; con condizioni favorevoli queste tendono a confluire determinando

seccumi e causando il collasso dell'apparato fogliare. Oltre alle foglie, l'ascomicete può colonizzare l'infiorescenza e i semi. (Farrar et al., 2004).

La difesa contro tale avversità si effettua intervenendo tempestivamente attraverso l'impiego di fungicidi con diverso meccanismo d'azione quando le condizioni ambientali sono predisponenti per l'instaurarsi della malattia (Farrar et al., 2004) oppure appena dopo la comparsa dei sintomi in campo (Schwartz et al., 2016).

Le strategie di difesa fanno ricorso a prodotti appartenenti alla famiglia chimica delle strobilurine, dei triazoli e delle anilino-pirimidine. Nell'ottica di una strategia di difesa integrata e antiresistenza, si è voluto verificare in questo contesto anche l'efficacia di prodotti di origine naturale, a base di olio essenziale di arancio dolce e di *Bacillus subtilis*, che potrebbero essere impiegati in rotazione con i fungicidi chimici di sintesi più utilizzati.

MATERIALI E METODI

Le prove sperimentali sono state realizzate nel triennio 2016-2017-2018 nell'area di Ferrara, zona vocata alla coltivazione della carota in pieno campo, dove l'alternariosi può causare, in talune annate, ingenti perdite di produzione.

E' stato utilizzato uno schema sperimentale a blocchi randomizzati con quattro ripetizioni, con parcelle sperimentali di dimensioni di 10,5 m² (7 m x 1,5 m).

Le applicazioni del biennio 2016-2017 sono state effettuate utilizzando una barra portata manualmente azionata da CO₂ munita di 4 ugelli a ventaglio di tipo Tee Jet 110-03 distanziati di 35 cm. Le applicazioni del 2018, invece, sono state effettuate utilizzando una pompa irroratrice a spalla a precompressione, munita di lancia con ugello in ottone con getto a cono vuoto. Entrambe le apparecchiature utilizzate sono state calibrate in modo tale da distribuire un volume d'acqua simulato di 500-600 L/ha con una pressione di 1,8 bar.

I trattamenti delle prove 2016 e 2017 sono iniziati a metà agosto e sono proseguiti fino a fine settembre (da BBCH 15 a BBCH 48), mentre i trattamenti della prova 2018 sono stati effettuati nel periodo compreso tra metà settembre e metà ottobre (da BBCH 45 a BBCH49). I principali parametri d'impostazione delle prove, le caratteristiche dei formulati saggiati e le dosi d'impiego sono riassunti nella tabella 1 e 2.

Tabella 1. Località e parametri d'impostazione sperimentale per tre anni di prove 2016-2018

Anno	Località	Varietà	Sesto d'impianto (m)	Data di trapianto	Volume acqua distribuito (L)
2016	Vaccolino (FE)	Bolero	0,7 x 0,25	11/7/2016	500
2017	Vaccolino (FE)	Dordogne	0,7 x 0,25	15/7/2017	600
2018	Pomposa (FE)	Dordogne	0,3 x 0,05	16/7/2018	600

Tabella 2. Prodotti saggiati nella sperimentazione

Sostanza attiva	Formulato	Form.	Dose formulato (kg o L/ha)	Anno di prova
Boscalid 26,7% + pyraclostrobin 6,7%	Signum	WG	1	2016-2017-2018
Azoxystrobin 200 g/L + difenoconazolo 125 g/L	Ortiva Top	SC	1	2016-2017-2018
Pyrimethanil 400 g/L	Scala	SC	2	2016-2017
Difenoconazolo 250 g/L	Score 25 SC	EC	0,5	2016-2017
Isopirazam 125 g/L	Reflect	EC	1	2018
<i>Bacillus subtilis</i> (ceppo QST 713) 14,1 g/L	Serenade Aso	SC	8	2018
Olio essenziale di arancio dolce 60 g/L	Prev-Am Plus	SL	2,4	2016-2017-2018

I rilievi di efficacia sono stati realizzati valutando un campione di 100 foglie per parcella selezionandoli casualmente nella parte centrale di ogni parcella.

I risultati, espressi come incidenza e gravità della malattia sulle foglie, sono stati sottoposti all'analisi della varianza (Anova) con test di Duncan ($p \leq 0,05$) per la separazione delle medie, previa opportuna trasformazione. Il grado di azione percentuale dei trattamenti è stato calcolato sui dati medi secondo la formula di Abbott.

I dati climatici durante il periodo di prova sono stati ricavati dalla stazione dell'ARPA dell'Emilia-Romagna più vicina al sito di prova.

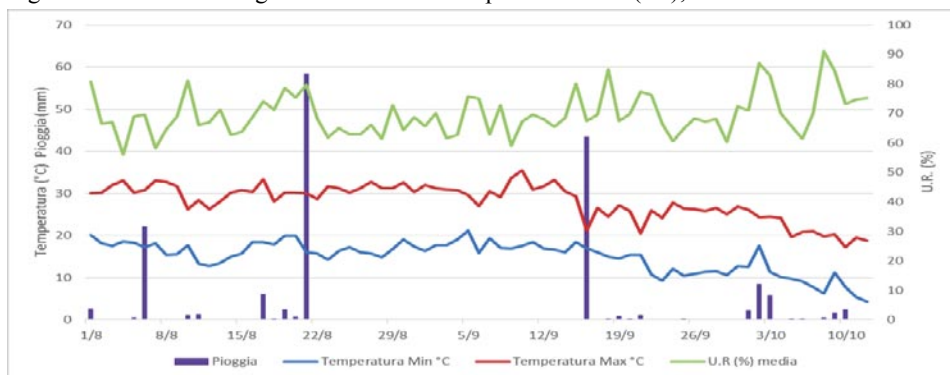
RISULTATI E DISCUSSIONE

Prova 2016

Nel periodo compreso tra la fine di agosto e il mese di settembre sono state rilevate abbondanti precipitazioni (figura 1) suddivisibili in 3 eventi:

- 21/8 in cui sono caduti 58,4 mm (il giorno prima è stata eseguita la prima applicazione);
- 16/9 -21/9 con 45,6 mm caduti;
- Periodo 1/10 al 10/10 in cui è piovuto quasi tutti i giorni per 21,2 mm di pioggia complessivamente.

Figura 1. Dati meteorologici Stazione meteo Arpae di Volano (FE), anno 2016



I rilievi sulle foglie sono stati realizzati il 12 ottobre, dodici giorni dopo l'ultimo trattamento (stadio fenologico BBCH 49).

Pur se nel periodo di prova si sono verificati importanti eventi piovosi, la mancanza di mattinate nebbiose e di idonee ore di bagnatura non hanno favorito l'infezione, portando ad uno sviluppo lento e stentato della malattia sull'apparato fogliare. Infatti, il 12 ottobre è stata osservata un'incidenza del 22,3% e una gravità del 2,29% (tabella 3).

Tabella 3. Prova 2016: risultati del rilievo del 12 ottobre

Tesi	Sostanza attiva	Incidenza	Gravità
1	Boscalid + pyraclostrobin	7,25 b ⁽¹⁾ (67,4) ⁽²⁾	0,45 b (80,5)
2	Azoxystrobin + difenoconazolo	8,75 b (60,7)	0,63 b (72,4)
3	Pyrimethanil	9 b (59,6)	0,63 b (72,4)
4	Difenoconazolo	5,5 b (75,3)	0,41 b (82,2)
5	Olio essenziale di arancio dolce	22,8 a (0)	2,46 a (0)
6	Testimone non trattato	22,3 a	2,29 a

Date trattamenti: 19/8, 26/8, 5/9, 15/9, 22/9, 30/9

⁽¹⁾ A lettere differenti nella stessa colonna corrisponde una differenza statisticamente significativa ($p \leq 0,05$), Test Duncan

⁽²⁾ Grado d'azione % calcolato secondo la formula di Abbott sui dati medi dell'indice di attacco

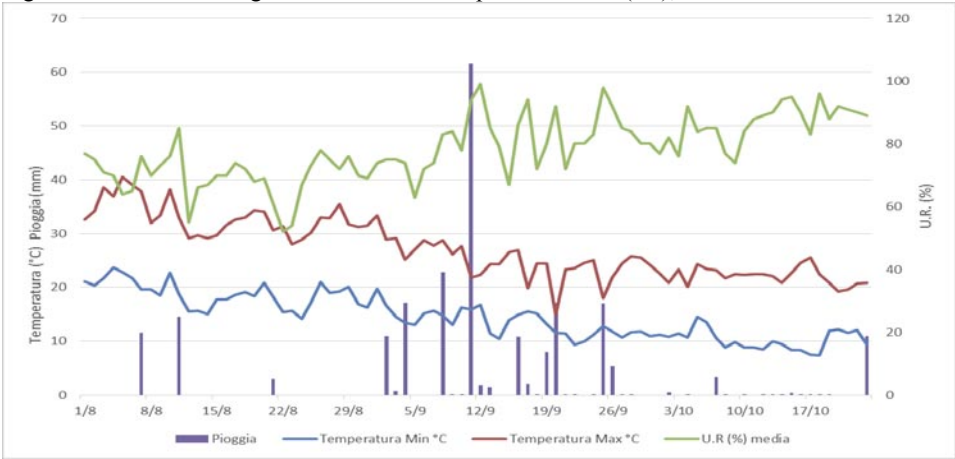
Tutti i formulati di sintesi saggiati hanno ridotto significativamente l'incidenza della malattia in confronto al testimone non trattato e all'olio essenziale di arancio dolce, senza differenze significative tra di loro.

Tutti i trattamenti, escluso l'olio essenziale di arancio dolce, hanno evidenziato valori di efficacia simili tra loro e, da un punto di vista numerico, difenoconazolo ha mostrato la miglior attività con un'efficacia del 75,3% sull'incidenza e un'efficacia del 82,2% sulla gravità. L'olio essenziale di arancio dolce non si è dimostrato statisticamente diverso dal testimone non trattato.

Prova 2017

L'andamento climatico (figura 2) del mese di settembre è stato caratterizzato da piogge relativamente frequenti con un'adeguata bagnatura fogliare che ha permesso una buona, seppur tardiva, diffusione della malattia. I primi sintomi di alternariosi sono stati rilevati in campo solo il 22 settembre.

Figura 2. Dati meteorologici stazione meteo Arpae di Volano (FE), anno 2017



Nel 2017 è stato eseguito un unico rilievo in data 3 ottobre, a 4 giorni dall'ultimo trattamento e subito prima della raccolta (stadio fenologico BBCH 49), come riportato in tabella 4.

Tabella 4. Prova 2017: risultati dei rilievi del 3 ottobre

Tesi	Sostanza attiva	Incidenza	Gravità
1	Boscalid + pyraclostrobin	1,75 d ⁽¹⁾ (93,7) ⁽²⁾	0,02 c (99,3)
2	Azoxystrobin + difenoconazolo	4,5 cd (83,8)	0,11 c (96,3)
3	Pyrimethanil	6 cd (78,4)	0,48 c (84,2)
4	Difenoconazolo	8,25 c (70,3)	0,41 c (86,5)
5	Olio essenziale di arancio dolce	21,25 b (23,4)	1,42 b (53)
6	Testimone non trattato	27,75 a	3,01 a

Date trattamenti: 25/8, 4/9, 12/9, 20/9, 29/9

⁽¹⁾ A lettere differenti nella stessa colonna corrisponde una differenza statisticamente significativa ($p \leq 0,05$), Test Duncan

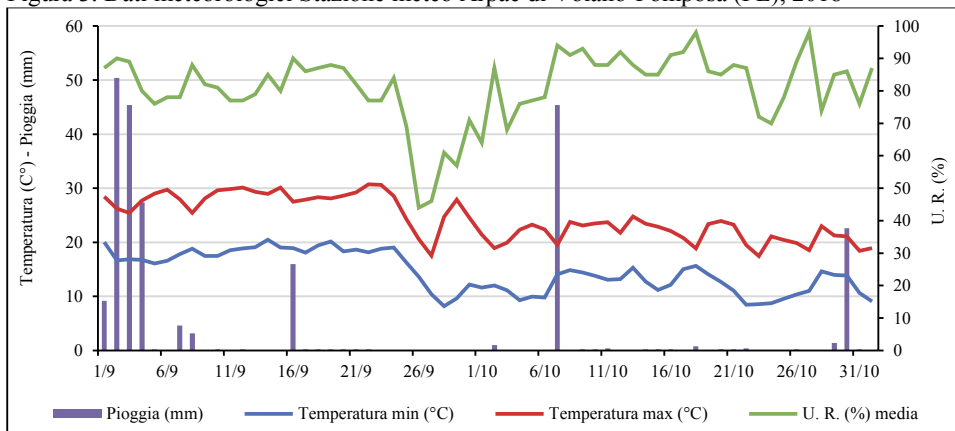
⁽²⁾ Grado d'azione % calcolato secondo la formula di Abbott sui dati medi dell'indice di attacco

Analizzando i dati si evince che tutti i prodotti di sintesi saggiati hanno dimostrato un'ottima attività nei confronti del patogeno, con differenze statistiche sia sull'incidenza che sulla gravità rispetto sia alla tesi trattata con olio essenziale di arancio dolce che al testimone non trattato. Riguardo alla gravità della malattia, tutti i trattamenti, escluso l'olio essenziale di arancio dolce, hanno evidenziato alti valori di efficacia e simili tra loro. Analogamente alla prova eseguita nel 2016, l'olio essenziale di arancio dolce ha fatto registrare i risultati peggiori sia in termini di incidenza che di gravità della malattia.

Prova 2018

Le condizioni meteorologiche del periodo in cui è stata svolta la prova sono state favorevoli allo sviluppo di *A. dauci*, con temperature ottimali ed elevati livelli umidità relativa (figura 3).

Figura 3. Dati meteorologici Stazione meteo Arpae di Volano-Pomposa (FE), 2018



In tabella 5 sono riportati i risultati del rilievo sulle foglie realizzato il 19 ottobre, undici giorni dopo l'ultimo trattamento (Stadio fenologico BBCH 49).

Tabella 5. Prova 2018: Risultati dell'ultimo rilievo (19 ottobre)

Tesi	Sostanza attiva	Incidenza	Gravità
1	Boscalid + pyraclostrobin	55,7 cd ⁽¹⁾ (28,36) ⁽²⁾	6,69 c (80,64)
2	Azoxystrobin + difenoconazolo	46,8 d (40,68)	3,55 c (90,25)
3	Isopyrazam	61,8 bc (20,57)	7,08 c (79,33)
4	<i>B. subtilis</i>	75,7 a (1,96)	19,8 b (43,43)
5	Olio essenziale di arancio dolce	70,4 ab (10)	25,7 b (29,11)
6	Testimone non trattato	77,5 a	34,8 a

Date trattamenti: 17/9, 27/9, 8/10

⁽¹⁾ A lettere differenti nella stessa colonna corrisponde una differenza statisticamente significativa ($p \leq 0,05$), Test Duncan

⁽²⁾ Grado d'azione % calcolato secondo la formula di Abbott sui dati medi dell'indice di attacco

L'andamento climatico caratterizzato da diversi eventi piovosi di notevole intensità è stato favorevole allo sviluppo epidemico della malattia fogliare, con un'incidenza del 77,5 % e una gravità del 34,8 % sul testimone non trattato.

Tutti i fungicidi testati hanno ridotto significativamente la gravità della malattia in confronto al testimone non trattato. Nello specifico, i prodotti di sintesi hanno fornito un'efficacia,

calcolata sul dato della gravità di malattia, significativamente simile tra loro ma superiore ai prodotti di origine naturale, con un'attività attorno all'80% per quanto concerne boscalid + pyraclostrobin e isopyrazam, mentre azoxystrobin + difenoconazolo ha leggermente superato il 90%. *B. subtilis* e l'olio essenziale di arancio dolce invece hanno raggiunto, rispettivamente, il 43,4% e il 29,1% di efficacia, senza differenziarsi statisticamente tra loro.

CONCLUSIONI

Dal presente lavoro emerge che tutti i prodotti in prova, ad esclusione dell'olio essenziale di arancio dolce e di *B. subtilis* (quest'ultimo saggiato però un solo anno), esplicano un'ottima attività nei confronti dell'*Alternaria* della carota. Le applicazioni hanno consentito di ottenere risultati finali in linea con quelli presentati da Ben-Noon et al., (2001) e Callnes et al. (2005).

La ridotta efficacia dell'olio essenziale di arancio dolce e *B. subtilis* può essere dovuta ad una maggiore persistenza dei formulati di sintesi rispetto a quelli di origine naturale che, probabilmente, si gioverebbero di momenti di applicazione più vicini alle piogge infettanti.

Al momento risulta quindi difficile, in una efficace gestione dell'*alternariosi* della carota in un contesto di difesa integrata, affiancare ai fungicidi di sintesi prodotti di origine naturale differenti dai formulati rameici.

LAVORI CITATI

- Ben-Noon, E., Shtienberg, D., Shlevin, E., Vintal, H., & Dinoor, A. (2001). Optimization of Chemical Suppression of *Alternaria dauci*, the Causal Agent of *Alternaria* Leaf Blight in Carrots. *Plant Disease*, 85(11), 1149–1156.
- Callnes D., Sarrazyn R., Evens W., 2005. Signum, a new fungicide for control of leaf diseases in outdoor vegetables. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* [01 Jan 2005, 70(3):199-207]
- JJ Farrar, BM Pryor, RM Davis (2004). *Alternaria* diseases of carrot. *Plant disease*, 2004 - Am Phytopath Society.
- Perrin, F., Dubois-Laurent, C., Gibon, Y., Citerne, S., Huet, S., Suel, A., Geoffriau, E. (2017). Combined *Alternaria dauci* infection and water stresses impact carotenoid content of carrot leaves and roots. *Environmental and Experimental Botany*, 143, 125–134.
- Schwartz, F., J. Howard, K. Gent and H. David. 2016. *Alternaria* leaf spot. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 4: 269-27468.
- Soylu, S., Kurt, S., Soyulu, E. M., & Tok, F. M. (2005). First report of *alternaria* leaf blight caused by *Alternaria dauci* on carrot in Turkey. *Plant Pathology*, 54(2), 252–252.

