

MONITORAGGIO AEROBIOLOGICO DEI VOLI ASCOSPORICI DI *VENTURIA INAEQUALIS* DI UN QUINQUENNIO IN EMILIA ROMAGNA: RISULTATI E CORRELAZIONI CON L'ANDAMENTO METEOROLOGICO INVERNALE

L. FAGIOLI¹, G. UGOLINI¹, S. GIOSUÈ², R. BUGIANI³,

¹ Consorzio Agrario di Ravenna - Centro di saggio - Via Madonna di Genova, 39
48033 Cotignola (RA)

² Hortha - Via Egidio Gorra, 55, 29122 Piacenza (PC)

³ Servizio Fitosanitario Emilia Romagna - Via A. da Formigine, 3, 40128 Bologna (BO)
fagioli@consorzioagrarioravenna.it riccardo.bugiani@regione.emilia-romagna.it

RIASSUNTO

Obiettivo dello studio era ricercare l'esistenza di possibili interazioni tra la dinamica del volo delle ascospore di *Venturia inaequalis*, monitorato con captaspore, e l'andamento meteo, in modo da prevedere sia il momento dell'avvio dei rilasci che l'entità complessiva degli stessi nel corso della stagione. Dallo studio della regressione tra diversi indici climatici e l'entità complessiva dei rilasci di ascospore, emerge una correlazione molto stretta tra questi ultimi, le precipitazioni cumulate e la Σ termica ($>0^{\circ}\text{C}$) durante le piogge nel corso dei precedenti mesi autunno – invernali (novembre – febbraio). E' dunque possibile prevedere con un sufficiente grado di attendibilità il potenziale ascosporico durante la stagione primaria, attraverso l'osservazione dell'andamento meteorologico del periodo autunno - invernale.

Parole chiave: captaspore, clima, ticchiolatura del melo

SUMMARY

MONITORING OF *VENTURIA INAEQUALIS* ASCOSPORE RELEASE OVER FIVE YEARS: RESULTS AND POSSIBLE CORRELATION WITH THE OVERWINTERING METEOROLOGICAL CONDITIONS

The objective of the study was to investigate the existence of possible interactions between the amount of *Venturia inaequalis* ascospores monitored with sporetraps, and the climatic conditions in the overwintering season, in order to predict the overall amount of ascospores in the subsequent season. The study of the regression between different climatic parameters and the overall amount of the ascospores released shows a close correlation among the latter, the cumulated rainfall and the heat unit Σ ($>0^{\circ}\text{C}$) during the rains in the overwintering months (November to February). The study showed that it is possible to predict the potential ascospore amount and therefore the relative risk of ascosporic primary season with a sufficient degree of reliability, by observing the climatic conditions of the autumn - winter period.

Keywords: volumetric spore sampler, climate, apple scab

INTRODUZIONE

La ticchiolatura del melo, causata da *Venturia inaequalis* (Cook) Wint., costituisce l'avversità fungina di maggior rilievo per la melicoltura in Italia.

V. inaequalis sopravvive trascorre l'inverno principalmente come pseudotecio sulle foglie infette cadute a terra. La luce migliora la produzione degli pseudoteci e la loro formazione si riduce significativamente quando le foglie svernano nell'oscurità (Hirst e Stedman, 1962). L'umidità svolge un ruolo chiave. La pioggia è necessaria per la crescita del micelio nella lamina fogliare e per l'iniziazione dello stadio ascendente (MacHardy, 1996). Lo sviluppo degli pseudoteci inizia tra novembre e dicembre e continua a progredire quando le condizioni

di umidità e temperatura risultano favorevoli (Singh & Kumar, 2009). Gli pseudoteci si sviluppano lentamente durante i periodi di siccità e maturano rapidamente durante i periodi piovosi (Wilson, 1928). La formazione degli pseudoteci e la maturazione delle ascospore si verificano ad una vasta gamma di temperature (O'Leary e Sutton, 1986). La fase epidemica più critica è quella determinata dalle infezioni primarie, originate dalle ascospore rilasciate dagli pseudoteci svernanti nel corso delle piogge dei mesi primaverili.

La difesa con i fungicidi, di sintesi chimica o inorganici, ha pertanto come obiettivo quello di contrastare le infezioni ascosporiche nel periodo di recettività della coltura (compreso tra la fase di orecchiette di topo fino a quella di frutto noce), attraverso interventi preventivi o tempestivi.

Per ottimizzare la tempistica degli interventi con i fungicidi, si ricorre all'impiego di modelli previsionali o DSS (*decision supporting system*) i quali, in base ai principali parametri ambientali, sono in grado di simulare la dinamica di rilascio delle ascospore nel corso della stagione (Rossi et al., 2007). Nessuno di tali sistemi però è in grado di stabilire a priori, il potenziale di inoculo di *V. inaequalis*, ovvero l'entità complessiva dei rilasci di ascospore nel corso dell'annata, che è correlata dunque al grado di pericolosità della malattia (Aylor D.E., 1998). E' possibile determinare questo aspetto con il monitoraggio reale del volo di ascospore, realizzabile attraverso l'impiego di campionatori volumetrici delle particelle aerodiffuse (detti più comunemente captaspore), i quali però forniscono un dato consuntivo al termine della stagione primaria. Gadoury e McHardy nel 1998 hanno ipotizzato di stimare la dose potenziale ascosporica (PAD) attraverso la stima del numero di lesioni per metro quadrato di superficie fogliare a caduta foglie. La stima secondo gli autori è resa necessaria, in quanto le ascospore catturate con un captaspore non risultava adatto per determinare la dose potenziale ascosporica annuale. Sempre secondo gli autori bassi livelli di PAD portavano a ritardi da 2 a 22 giorni del primo rilascio ascosporico. McHardy sviluppò la tecnica del campionamento sequenziale per ovviare alla laboriosità che la stima del PAD richiedeva. (McHardy et al., 1999).

Scopo del presente lavoro è stato pertanto quello di indagare l'esistenza di possibili interazioni tra il potenziale ascosporico complessivo del fungo, monitorato con captaspore, e l'andamento meteorologico durante la fase di svernamento, in modo da potere simulare sia il momento dell'avvio dei rilasci, che l'entità complessiva degli stessi nel corso della stagione successiva.

MATERIALI E METODI

L'indagine è stata condotta durante il quinquennio 2015-19, in un meleto costituito dalle cv Fuji Fubrax e Superstayman sito in località S. Lorenzo nel comune di Lugo (RA), allevato a fusetto e provvisto di sistema di microirrigazione a goccia, storicamente affetto da gravi epidemie di *V. inaequalis*.

All'interno dell'appezzamento veniva creata una parcella spia dove non erano effettuati interventi con fungicidi nei confronti della ticchiolatura, all'interno della quale veniva posizionato un captaspore volumetrico (Lanzoni mod. VPPS 2000) posto a 70 cm dal suolo, che rilevava i voli di ascospore di *V. inaequalis* nel periodo di maggior sensibilità della coltura alle infezioni primarie, ovvero tra la fase di orecchiette di topo e quella di frutto noce (dal 1 marzo al 31 maggio). Le letture dei nastri del captaspore, realizzate dopo ogni pioggia o periodo di piogge e comunque con un turno massimo settimanale, venivano effettuate in laboratorio, attraverso la preparazione di vetrini giornalieri osservati tramite microscopio ottico Nikon mod. Eclipse E 200 con una lente da 400 ingrandimenti. I dati registrati erano

riferiti ai valori complessivi di ascospore osservate attraverso la scansione ottica di 3 linee orizzontali equidistanti di ogni vetrino secondo il protocollo AIA (Mandrioli, 2000).

I dati meteorologici utilizzati sono stati quelli registrati dalla stazione ARPAE di S. Agata sul Santerno (RA), posta a poca distanza dal meieto oggetto della verifica.

Sono state ricercate delle correlazioni tra l'andamento meteo dei mesi autunno – invernali (dal 1 novembre al 28 febbraio) e il rilascio complessivo di ascospore nel corso dei successivi mesi primaverili.

Gli indici climatici calcolati sono stati:

- precipitazione totale cumulata (mm);
- n. di giorni piovosi;
- ore di bagnatura complessive;
- ore di bagnatura a seguito di una pioggia > 0,2 mm;
- sommatoria termica dell'intero periodo considerato (soglia 0°C);
- sommatoria termica durante le piogge (soglia 0°C).

E' stata dapprima calcolata una matrice di correlazione tra gli indici climatici descritti e il numero totale di ascospore catturate nelle diverse annate. Una volta identificate le variabili climatiche maggiormente correlate con le ascospore, è stata calcolata una regressione multipla, valutata attraverso il coefficiente R^2 corretto, la significatività della regressione e dei coefficienti di regressione.

RISULTATI

I valori dei parametri climatici per il periodo di osservazione in oggetto, sono riportati in tabella 1. All'andamento dei rilasci complessivi di ascospore che rappresenta il potenziale di inoculo maturato nel corso della stagione invernale, è stato dato arbitrariamente una classe di rischio sulla base della quantità di ascospore rilasciate durante la stagione primaria (basso= <300; medio = da 300 a 900; elevato = >900 (tabella 2).

Dallo studio della correlazione tra i parametri climatici calcolati e il rilascio di ascospore nel corso della stagione (tabella 3), emerge una correlazione molto stretta tra la precipitazione cumulata, la Σ termica (>0°C) durante le piogge dei mesi autunno – invernali e l'entità complessiva di spore monitorate nei successivi mesi primaverili ($r=0,94$ e $r=0,77$, rispettivamente),

E' stata poi calcolata una regressione lineare multipla per identificare la relazione matematica tra la variabile dipendente (spore catturate nei mesi primaverili) e le due variabili indipendenti identificate attraverso l'analisi della correlazione, espressa dalla seguente equazione:

$$y = 5,299 \cdot x_1 + 2,275 \cdot x_2 - 1212,514$$

dove y rappresenta il rilascio complessivo di ascospore nel corso della stagione primaverile, x_1 la precipitazione cumulata in mm dei precedenti mesi autunno – invernali, x_2 la Σ termica (>0°C) durante le piogge dei mesi autunno – invernali. Tale regressione è risultata altamente significativa ($P \leq 0,01$) così come sono risultati significativi i coefficienti di regressione, che ha mostrato un R^2 corretto=0,98 (tabella 4).

Tabella 1. Parametri climatici considerati nel quinquennio 2015 – 2019

Anno	Pioggia mm	N. giorni piovosi	Bagnatura ore	Bagnatura durante le piogge ore	Σ termica ($>0^{\circ}\text{C}$)	Σ termica ($>0^{\circ}\text{C}$) durante le piogge
2014 Nov	85	20	443	248	352,4	222,8
2014 Dic	77,4	22	429	247	186,3	134,3
2015 Gen	23,4	14	292	110	141,6	50,6
2015 Feb	232,8	16	274	184	150,8	74
Tot. 2015	418,6	72	1438	789	831,1	481,7
2015 Nov	56,4	15	417	113	270,4	93,8
2015 Dic	1,6	4	465	76	147,5	19,2
2016 Gen	33,2	13	224	114	152,4	30,8
2016 Feb	156,6	21	356	254	231,8	141,7
Tot. 2016	247,8	53	1462	557	802,1	285,5
2016 Nov	81,6	22	470	212	262,4	113,5
2016 Dic	12,6	3	377	59	111,7	20
2017 Gen	26,4	5	190	59	52,8	7,5
2017 Feb	63,6	11	288	151	190,5	85,9
Tot. 2017	184,2	41	1325	481	617,4	226,9
2017Nov	130,4	7	427	109	240,6	64,1
2017 Dic	61	10	255	147	131,1	55,8
2018 Gen	11,2	3	239	25	159,1	16
2018 Feb	175,6	13	273	205	99,7	50,8
Tot. 2018	378,2	33	1194	486	630,5	186,7
2018 Nov	119,2	14	586	309	353,5	159,9
2018 Dic	50,4	9	519	172	103	27,8
2019 Gen	54,4	9	246	175	81,3	30,8
2019 Feb	14,2	4	187	73	180,1	21,2
Tot. 2019	238,2	36	1538	729	717,9	239,7

Tabella 2. Rilasci complessivi di ascospore

Anno	Σ catture ascospore nel corso della primavera (marzo – maggio)	Potenziale di inoculo ascosporico
2015	2078	Elevato
2016	828	Medio
2017	175	Basso
2018	1201	Elevato
2019	661	Medio

Tabella 3. Matrice di correlazione (coefficiente di correlazione di Pearson)

	Σ catture	Pioggia mm	Ore di bagnatura a durante le piogge	Somma termica >0 durante le piogge	n° giorni piovosi
S catture	1				
Pioggia mm	0,94	1			
Ore di bagnatura durante le piogge	0,6	0,38	1		
Somma termica >0 durante le piogge	0,77	0,54	0,75	1	
N° giorni piovosi	0,7	0,46	0,59	0,97	1

Tabella 4. Analisi della varianza

	gdl	SQ	MQ	F	Significatività F
Regressione	2	2004780,837	1002390,419	90,36909708	0,01
Residuo	2	22184,36282	11092,18141		
Totale	4	2026965,2			

	Coefficienti	Errore standard	Stat t	Valore di significatività
Intercetta	-1212,514236	170,3865845	-7,116254133	0,02
Pioggia mm	5,29882501	0,627283322	8,447259516	0,01
Somma termica >0 durante le piogge	2,27539239	0,540433559	4,21030921	0,05

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Dal quinquennio di osservazioni emerge dunque che sembra possibile prevedere, con un sufficiente grado di attendibilità, l'entità complessiva dei rilasci di ascospore nel corso dei mesi primaverili (che è correlata al grado di pericolosità della malattia), attraverso la misura delle precipitazioni cumulate e della Σ termica (>0°C) durante le piogge nel corso dei precedenti mesi autunno – invernali (novembre – febbraio). Ciò rappresenta il risultato di uno studio preliminare in quanto svolto in una sola località ma tuttavia per un periodo prolungato di 5 anni. Pur tenendo conto di tutti i limiti che lo studio comporta, i risultati sono incoraggianti essendo in grado di stimare indirettamente il potenziale di inoculo del patogeno e fornire a tecnici ed agricoltori informazioni sulla successiva stagione primaria.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'azienda Verlicchi Eros per aver concesso l'ospitalità per l'esecuzione delle prove, e il sig. Baldassarri Gianni per aver collaborato nelle operazioni colturali di mantenimento del campo prova.

LAVORI CITATI

- Aylor D.E., 1998. The aerobiology of apple scab. *Plant Disease*, 8, 82, 838-849
- Field evaluation of a new sequential sampling technique for determining apple scab “risk”. *Plant Disease*, 89:228-236.
- Gadoury M.D., McHardy W.E., 1986. Forecasting ascospore dose of *Venturia inaequalis* in commercial apple orchards. *Phytopathology*, 76, 112-118
- Hirst, J. M., and Stedman, O. J., 1962. The epidemiology of apple scab (*Venturia inaequalis* (Cke.) Wint.) II. Observations on the liberation of ascospores. *Ann. Appl. Biol.* 50, 525–550.
- Mandrioli P., 2000. Metodo di campionamento e conteggio dei granuli pollinici e delle spore fungine aerodisperse (Method for sampling and counting of airborne pollen grains and fungal spores). Progetto di norma proposto alla Commissione Ambiente UNI da Paolo Mandrioli, codice progetto ufficiale U53000810, 7 novembre 2000.
- McHardy, W. E., 1996. Apple Scab: Biology, Epidemiology and Management. St Paul, MN: APS Press.
- MacHardy, W. E., Berkett, L. P., Neefus, C. D., Gotlieb, A. R., and Sutton, D. K. 1999. An autumn foliar scab sequential sampling technique to predict the level of “scab-risk” next spring. (Abstr.) *Phytopathology*, 89:S47.
- McHardy W.E, Gadoury D.M., Gessler C., 2001. Parasitic and biological fitness of *Venturia inaequalis*: relationship to disease management strategies. *Plant Disease*, 85,10, 2016-1051.
- O'Leary, A., and Sutton, T. B., 1986. The influence of temperature and moisture on the quantitative production of pseudothecia of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology*, 76, 199–204.
- Reardon, J. E., Berkett, L. P., Garcia, M. E., Gotlieb, A., Ashikaga, T., and Badger, G., 2005.
- Rossi V., Ponti I., Marinelli M., Giosuè S., Bugiani R., 2001b. Environmental factors influencing the dispersal of *Venturia inaequalis* ascospores in the orchard air. *Journal of Phytopathology* 149, 11–19.
- Rossi V., Giosuè S., Bugiani R., 2003. Influence of air temperature on the release of ascospores of *Venturia inaequalis*. *Journal of Phytopathology*. 151, 50–58.
- Rossi, V., Giosuè, S., and Bugiani, R. 2007. A - scab (Apple-scab), a simulation model for estimating risk of *Venturia inaequalis* primary infections. *EPPO Bull.* 37, 300–308.
- Schweizer, H., 1958. Contributions to the biology of the pathogen of cherry and peach scab (*Fusicladium cerasi* (Rabh.) Sacc. *Venturia cerasi* Ad. and *Cladosporium carpophilum* v. Thüm). *J. Phytopathol.* 33, 55–98. doi: 10.1111/j.1439-0434.1958.tb01788.x
- Singh K.P., Kumar J, 2009. Potential ascospore dose of the apple scab fungus (*Venturia inaequalis*) from Indian Himalayas. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 79, 3, 184-189.
- Wilson, E. E., 1928. Studies of the ascigerous stage of *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. in relation to certain factors environment. *Phytopathology*. 18, 375–417.