

Influence of meteorological factors on release of *Venturia inaequalis* ascospores and occurrence of critical infection periods of apple scab

Wpływ czynników meteorologicznych na wysiewy askospor grzyba *Venturia inaequalis* i występowanie okresów krytycznych parcha jabłoni

Sylwester Masny¹, Paweł Jankowski²

Summary

Field and laboratory experiments were conducted at the Department of Plant Protection (Pomology Division) of Research Institute of Horticulture in Skierniewice. In addition, analysis of the relationship between weather data and sporulation of *Venturia inaequalis* were conducted at the Faculty of Applied Informatics and Mathematics of Warsaw University of Life Science – SGGW. The aim of the study was to determine influence of weather conditions on ascospore release and occurrence of critical periods of apple scab in 2005–2007 at the Dąbrowice Experimental Orchard (IO) near Skierniewice.

Among the analyzed, measurable parameters of moisture, the best was the leaf wetness to forecast the ascospore release. More than 58% of ascospore trapping events occurred during leaf wetness, and another 36% occurred during 6 hours before wetting or within 6 hours after disappearance of leaf wetness. The air temperature in the range of 5°C to 19°C did not significantly effect the size of ascospore trapping event. However, at low temperatures (below 4.2°C) no ascospores were detected, and at the temperatures above 25°C the duration of ascospore trapping events were no longer than two hours. The results indicated that in 2005–2007 on average 55% of discharges of *V. inaequalis* ascospores were related to favorable conditions for the occurrence of critical periods of apple scab.

Key words: weather conditions, apple scab, ascospore discharge

Streszczenie

W Zakładzie Ochrony Roślin Sadowniczych należącym do Instytutu Ogrodnictwa (IO) w Skierniewicach przeprowadzono badania polowe i laboratoryjne. Ponadto na Wydziale Zastosowań Informatyki i Matematyki Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie wykonano analizę danych pogodowych w odniesieniu do zarodnikowania grzyba *Venturia inaequalis*. Celem badań była ocena wpływu czynników atmosferycznych na wysiewy askospor *V. inaequalis* i występowanie okresów krytycznych parcha jabłoni w latach 2005–2007 w Sadzie Doświadczalnym IO w Dąbrowicach koło Skierniewic.

Spośród analizowanych mierzalnych wyróżników wilgotności, mogących znaleźć zastosowanie w prognozowaniu wysiewów, najczęściej, gdyż ponad 58% wysiewów, rozpoczynało się w obecności zwilżenia liści, a kolejne 36% w ciągu 6 godzin poprzedzających zwilżenie lub podczas 6 godzin po jego zaniku. Temperatura powietrza w zakresie od 5°C do 19°C nie wpływała na wystąpienie lub wielkość wysiewu. W temperaturze poniżej 4,2°C wysiew askospor nie występował, a w temperaturze powyżej 25°C wysiewy nie trwały dłużej niż dwie godziny. Uzyskane wyniki wskazały, że w latach 2005–2007 średnio 55% wysiewów askospor *V. inaequalis* było związanych z korzystnymi warunkami dla wystąpienia okresów krytycznych parcha jabłoni.

Słowa kluczowe: warunki pogodowe, parch jabłoni, wysiew askospor

¹ Instytut Ogrodnictwa
Oddział Sadownictwa
Pomologiczna 18, 96-100 Skierniewice
sylwester.masny@inhort.pl

² Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Wydział Zastosowań Informatyki i Matematyki
Katedra Ekonometrii i Statystyki
Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
pawel_jankowski@sggw.pl

Wstęp / Introduction

Parch jabłoni powodowany przez *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. należy do najgroźniejszych chorób jabłoni klimatu umiarkowanego. Źródłem infekcji pierwotnych jabłoni są zarodniki workowe, których wysiewy były przedmiotem prac w wielu ośrodkach badawczych na świecie (Hirst i Stedman 1962; Szkolnik 1969; Gadoury i MacHardy 1982; Rossi i wsp. 1999; Stensvand i wsp. 2006; Jankowski i Masny 2010; Masny i Jankowski 2010). Rozwój i dojrzewanie askospor wytwarzanych w pseudotecjach zależne są od warunków atmosferycznych panujących w okresie późnozimowym i wiosennym, a ich dojrzewanie i wysiewy rozpoczynają się często podczas pęknięcia pąków generatywnych jabłoni (Gadoury i wsp. 2004). W warunkach Polski centralnej czas trwania wysiewów jest zróżnicowany (wynosi 7–13 tygodni) i zależy od przebiegu warunków pogodowych w danym sezonie, które modyfikują zarówno dynamikę wysiewów, jak i występowanie okresów krytycznych parcha jabłoni. Wysiewy zarodników workowych *V. inaequalis* warunkowane są między innymi wzrostem wilgotności liści z dojrzałymi owocnikami tego patogena, na przykład po deszczu lub wystąpieniu rosy (Stensvand i wsp. 1998). Po zwilżeniu takich liści, woda wnika do wnętrza owocników przez ostiole lub przez porowate ściany (Gadoury i wsp. 1998), a następnie do worków – na drodze osmozy (Aylor i Anagnostakis 1991). Wzrastające ciśnienie w fizjologicznie dojrzałych bitunikowych workach (Gadoury i wsp. 1992) powoduje ich pęcznienie, wysuwanie przez ostiole i pęknięcie prowadzące do wysiewu askospor.

Celem badań była ocena wpływu czynników atmosferycznych na terminy wysiewów askospor *V. inaequalis* i występowanie okresów krytycznych parcha jabłoni w latach 2005–2007, w Sadzie Doświadczalnym Instytutu Ogrodnictwa w Dąbrowicach koło Skierniewic.

Materialy i metody / Materials and methods

Obserwacje biologiczne rozwoju i wysiewów zarodników workowych grzyba *V. inaequalis* prowadzono w warunkach laboratoryjnych przy użyciu mikroskopu świetlnego (powiększenie 200-krotne) na materiale pochodzącym z Sadu Doświadczalnego Instytutu Ogrodnictwa w Dąbrowicach koło Skierniewic. Do rejestracji wysiewów zarodników workowych zastosowano aparat Burkarda zainstalowany w sadzie jabłoniowym na wysokości około 0,5 m nad powierzchnią gleby, na której zgromadzono jesienią ubiegłego roku liście jabłoni odmiany McIntosh, silnie porażone przez sprawcę parcha jabłoni. Obserwacje wysiewów prowadzono od drugiej dekady marca, kiedy w owocnikach pojawiły się już licznie zarodniki workowe, do końca czerwca, czyli około dwu tygodni od zarejestrowania ostatniego wysiewu zarodników. Ocenę wpływu warunków atmosferycznych na terminy wysiewów askospor *V. inaequalis* i występowanie okresów krytycznych parcha jabłoni przeprowadzono w oparciu o analizę następujących parametrów: temperatura powietrza (średnia, minimalna i maksymalna), zwilżenie liści, wilgotność względna powietrza i opady deszczu. Warunki pogodowe

rejestrowano za pomocą stacji meteorologicznej typu Metos Compact, zlokalizowanej w sadzie jabłoniowym w Dąbrowicach. Terminy okresów krytycznych parcha jabłoni wyznaczono na podstawie analizy danych meteorologicznych, w oparciu o kryteria Millsa z uwzględnieniem wilgotności progowej podczas przerw zwilżenia liści nie dłuższych niż 8 godzin, przy wykorzystaniu programu Avi-Met.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

W latach 2005–2007 rejestrowano zmienną liczbę wysiewów zarodników workowych grzyba *V. inaequalis*, w kolejnych sezonach, odpowiednio 28, 19 i 20 (łącznie 67 wysiewów). Długość okresów trwania wysiewów askospor oraz terminy rozpoczęcia i zakończenia tych okresów były różne w każdym z trzech analizowanych sezonów. Uzyskane wyniki wskazują na znaczący wpływ warunków atmosferycznych na terminy wysiewów i ich dynamikę. Spośród mierzalnych wyróżników wilgotności (takich, jak: zwilżenie liści, wilgotność względna powietrza i wielkość opadów) optymalnym okazało się zwilżenie liści.

W okresach zwilżenia liści pod wpływem deszczu, rosy lub mgły, trwających od kilku do kilkudziesięciu godzin, zarejestrowano początek 58% wysiewów, przy czym 43% rozpoczynało się w czasie pierwszych 6 godzin okresu zwilżenia, a 12% w ciągu ostatnich 6 godzin okresu zwilżenia. Pozostałe 3% to wysiewy, których początek był związany ze zwilżeniem liści, ale rozpoczęły się w innym czasie okresu zwilżenia.

42% wysiewów, spośród wszystkich analizowanych (67), rozpoczęło się w czasie, kiedy nie rejestrowano zwilżenia liści, przy czym 27% rozpoczęło się w ciągu 6 godzin poprzedzających okres zwilżenia, a 9% wysiewów pojawiło się w ciągu 6 godzin po zaniku zwilżenia liści. Natomiast 6%, spośród wszystkich zarejestrowanych wysiewów, rozpoczęło się w warunkach pogodowych nienależących do żadnej z powyższych grup, ale przy wysokiej wilgotności względnej powietrza (83–98%), a ponadto wszystkie w okresie od 4 godzin przed do 3 godzin po zachodzie słońca.

Łącznie w czasie od 6 godzin poprzedzających okresy zwilżenia liści do 6 godzin po jego zaniku, zarejestrowano 94% wysiewów spośród 67 zarejestrowanych.

W analizowanym okresie badań, podczas uwalniania źródła infekcji pierwotnych jabłoni (askospory *V. inaequalis*), wykryto wysoką zależność między pojawianiem się zarodników sprawcy parcha jabłoni w powietrzu a występowaniem opadów. Spośród wszystkich zarejestrowanych wysiewów 71,5% było bezpośrednio związane z opadami. Udział wysiewów, które miały miejsce podczas deszczu wyniósł 55%, a pozostałe 16,5% wysiewów pojawiło się kiedy opad był rejestrowany tylko przed odłowem askospor. Łącznie w okresach od 6 godzin poprzedzających deszcz do 6 godzin po jego zaniku zarejestrowano 82% spośród wszystkich wysiewów.

Porównanie 94% wysiewów askospor *V. inaequalis*, jakie udało się powiązać z okresami zwilżenia liści oraz 82% wysiewów powiązanych z opadami wskazuje, że

w polskich warunkach klimatycznych sprawcą części wysiewów nie jest deszcz, a na przykład mgła lub rosa. Dla porównania, w warunkach północnych Włoch, w klimacie znacząco różniącym się od klimatu Polski, gdzie rejestrowano przeciętnie dwa razy mniej wysiewów, występowanie deszczu było jedynym zjawiskiem decydującym o wysiewie askospor (Rossi i wsp. 2001). Występowanie wysiewów askospor w powietrzu podczas rosy było natomiast wielokrotnie wcześniej obserwowane w warunkach norweskich i angielskich (Hirst i Stedman 1962; Stensvand i wsp. 1998).

Wysiewy askospor rozpoczynały się przy różnych wartościach temperatury powietrza w zakresie od 4,3 do 30,5°C. Temperatura nie miała jednak wpływu na wielkość wysiewu, gdyż masowe wysiewy, podczas których odławiano ponad 1000 askospor (w jednym wysiewie), rozpoczynały się zarówno w temperaturze 5, jak i 19°C. Również w badaniach Seema i wsp. (1979) wykazano, że w zakresie od 6 do 18°C wpływ temperatury na liczbę odławianych askospor był niewielki, zaś w temperaturze od 3 do 6°C uwalnianie askospor było ograniczane wraz z obniżaniem się temperatury. W trakcie prowadzonych badań, przy wartościach temperatury przekraczających 25°C zaobserwowano jedynie 3% wysiewów, które trwały nie dłużej niż dwie godziny.

76% spośród wszystkich obserwowanych wysiewów rozpoczęło się podczas dnia (przy obserwowanym nasłonecznieniu) zaś 24% w ciągu nocy. Łącznie askospory *V. inaequalis* rejestrowano w 345 godzin dziennych (73,5%) oraz 124 godzin nocnych (26,5%). Udział procentowy askospor zaobserwowanych w ciągu dnia i nocy to odpowiednio: 92% i 8%.

Powyższe wyniki wskazują, że warunki pogodowe szczególnie sprzyjające rozpoczęciu wysiewów zarodników *V. inaequalis*, to 6 pierwszych godzin i 6 końcowych godzin okresów zwilżenia liści oraz 6 godzin przed i 6 godzin po zakończeniu zwilżenia liści. Tak zdefiniowane warunki nie są jednoznaczne z wystąpieniem wysiewu zarodników. Poza okresami, w których rejestrowano wysiewy zarodników workowych (67), zwilżenie liści pojawiło się jeszcze 51-krotnie w analizowanym okresie (w latach 2005–2007) i trwało łącznie 839 godzin. Stanowiło to około 16,4% całego analizowanego okresu, w którym łączny czas zwilżenia liści wynosił 5116 godzin. Dodatkowymi parametrami, pomocnymi w wykluczeniu

części spośród okresów potencjalnych wysiewów są: minimalna temperatura oraz występowanie opadów deszczu.

Z przeprowadzonych analiz z lat 2005–2007 wynika, że średnio 55% zaobserwowanych wysiewów askospor *V. inaequalis* zapoczątkowało okresy krytyczne parcha jabłoni. Jednak liczby wysiewów związane z okresami krytycznymi w poszczególnych latach znacznie się różniły. Wynika to ze znacznego zróżnicowania warunków pogodowych występujących w badanych terminach. W sezonach 2005 i 2006 sumy opadów w okresie infekcji pierwotnych były zbliżone i wynosiły odpowiednio, 67 i 68 mm. Jednakże kwiecień 2006 r. charakteryzował się dwukrotnie wyższą sumą opadów oraz wyższą temperaturą powietrza (o 2,3°C) niż kwiecień 2005 r. Wszystkie z 5 wysiewów askospor zarejestrowanych w kwietniu 2006 r. wystąpiły w warunkach korzystnych dla infekcji jabłoni. Łącznie 63% wysiewów, spośród wszystkich odnotowanych w sezonie 2006, było związane z okresami krytycznymi parcha jabłoni, podczas gdy w sezonie 2005 – 43%.

W sezonie 2007, pierwszy wysiew zarodników workowych *V. inaequalis* wystąpił bardzo wcześnie, bo już 21 marca. Jednak z powodu braku zielonej tkanki, nie doszło wtedy do infekcji jabłoni. Dynamiczny rozwój choroby rozpoczął się w trzeciej dekadzie maja i był wynikiem wysiewów, z których 60% zanotowano w warunkach sprzyjających infekcjom jabłoni.

Wnioski / Conclusions

1. Spośród analizowanych, mierzalnych wyróżników wilgotności najlepszym okazało się zwilżenie liści, gdyż ponad 58% wysiewów rozpoczynało się w jego obecności, a kolejne 36% – w ciągu 6 godzin poprzedzających zwilżenie lub 6 godzin po jego zaniku (łącznie 94%).
2. Uzyskane wyniki wskazują, że w temperaturze powietrza poniżej 4,2°C nie rozpoczynały się wysiewy askospor, natomiast w temperaturze powyżej 25°C wysiewy nie trwały dłużej niż dwie godziny.
3. Wskazania programu Avi-Met użytego do sygnalizacji okresów krytycznych parcha jabłoni wykazały zbieżność 55% występujących wysiewów z infekcjami jabłoni.

Literatura / References

- Aylor D.E., Anagnostakis S.L. 1991. Active discharge distance of *Venturia inaequalis* ascospores. *Phytopathology* 81: 548–551.
- Gadoury D.M., MacHardy W.E. 1982. A model to estimate the maturity of ascospores of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 72: 901–904.
- Gadoury D.M., Seem R.C., Rosenberger D.A., Wilcox W.F., MacHardy W.E., Berkett L.P. 1992. Disparity between morphological maturity of ascospores and physiological maturity of asci in *Venturia inaequalis*. *Plant Dis.* 76: 277–282.
- Gadoury D.M., Stensvand A., Seem R.C. 1998. Influence of light, relative humidity, and maturity of populations on discharge of ascospores of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 88: 902–909.
- Gadoury D.M., Seem R.C., MacHardy W.E., Wilcox W.F., Rosenberger D.A., Stensvand A. 2004. A comparison of methods used to estimate the maturity and release of ascospores of *Venturia inaequalis*. *Plant Dis.* 88: 869–874.
- Hirst J.M., 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.

- Jankowski P., Masny S. 2010. Canonical modelling applied to plant protection. p. 264. In: Proc. 6th Int. Workshop on Functional-Structural Plant Models. University of California, USA, Davis, September 12–17, 2010, 307 pp.
- Masny S., Jankowski P. 2010. Ocena modeli prognozujących wysiewy askospor *Venturia inaequalis* w warunkach Polski centralnej w latach 2005–2009. s. 171–172. W: 53. Ogólnopolska Konferencja Ochrony Roślin Sadowniczych. Polska, Ossa, 25–26 luty 2010, 196 ss.
- Rossi V., Ponti I., Marinelli M., Giosué S., Bugiani R. 1999. Field evaluation of some models estimating the seasonal pattern of airborne ascospores of *Venturia inaequalis*. J. Phytopathol. 147: 567–575.
- Rossi V., Ponti I., Marinelli M., Giosué S., Bugiani R. 2001. Environmental factors influencing the dispersal of *Venturia inaequalis* ascospores in the orchard air. J. Phytopathol. 149: 11–19.
- Seem R.C., Gilpatrick J.D., Szkolnik M. 1979. Quantitative effects of microclimate on spore development and dispersal systems of apple scab. p. 135–137. In: Proc. Symposia IX International Congress of Plant Prot. USA, Washington, August 5–11, 1979, 630 pp.
- Stensvand A., Gadoury D.M., Amundsen T., Seem R.C. 2006. An adaptation of the New Hampshire degree-day model to predict ascospore release of *Venturia inaequalis* in Norway. IOBC/WPRS Bull. 29: 75–81.
- Stensvand A., Amundsen T., Semb L., Gadoury D.M., Seem R.C. 1998. Discharge and dissemination of ascospores by *Venturia inaequalis* during dew. Plant Dis. 82: 761–764.
- Szkolnik M. 1969. Maturation and discharge of ascospores of *Venturia inaequalis*. Plant Dis. Rep. 53: 534–537.