

A trial of late blight threat assessment to tomato in Poland on the basis of computer simulations

Próba oceny ryzyka wystąpienia zarazy ziemniaka na pomidorze w Polsce na podstawie wyników symulacji komputerowych

Andrzej Wójtowicz¹, Marek Wójtowicz², Henryk Ratajkiewicz³

Summary

Meteorological conditions play a significant role in infection of plants by pathogens. *Phytophthora infestans* belongs to those ones which development is strongly related to the weather course. The aim of the study was to determine the variation both in the space and time of threat to tomato by *P. infestans* in Poland. The aim was reached with the help of a model which estimates infection potential index on the basis of meteorological conditions. Meteorological data registered in 16 locations in 2007–2010 were used as input data for the computer simulations. The results of the study showed that weather conditions more favored tomato infection by *P. infestans* in 2009 and 2010 than in 2007 and 2008. Moreover, the differences in value of analyzed features were higher in time than in space. The best conditions for tomato infection by *P. infestans* appeared to occur in the neighbourhood of Nowy Sącz. Yet, in Zielona Góra the weather conditions favored late blight development the least.

Key words: late blight, tomato, computer simulations

Streszczenie

Warunki meteorologiczne odgrywają znaczącą rolę w procesie infekcji roślin przez patogeny. *Phytophthora infestans* – sprawca zarazy ziemniaka należy tych patogenów, których rozwój jest bardzo ściśle uzależniony od przebiegu pogody. Celem pracy było określenie przestrzennej i czasowej zmienności zagrożenia pomidora porażeniem przez *P. infestans* w Polsce. Do realizacji tego zadania wykorzystano opracowany we Włoszech model matematyczny szacujący wartość potencjału infekcyjnego na podstawie parametrów meteorologicznych. Symulacje komputerowe przeprowadzono z zastosowaniem danych meteorologicznych zarejestrowanych w szesnastu miejscowościach w Polsce w latach 2007–2010. Uzyskane wyniki wykazały, że w analizowanym okresie lepsze warunki do infekcji pomidora w Polsce wystąpiły w latach 2009 i 2010 niż w 2007 i 2008. Ponadto stwierdzono większe zróżnicowanie potencjału infekcyjnego w czasie niż w przestrzeni. Stacje zlokalizowane w Nowym Sączu zarejestrowały najbardziej sprzyjające infekcjom pomidora przez *P. infestans* warunki meteorologiczne. Natomiast pogoda w Zielonej Górze najmniej sprzyjała porażeniu pomidora przez sprawcę zarazy ziemniaka.

Słowo kluczowe: zaraza ziemniaka, pomidor, symulacje komputerowe

¹ Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań
A.Wojtowicz@iorgib.poznan.pl

² Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
Oddział w Poznaniu, Strzeszyńska 36, 60-479 Poznań
marekw@nico.ihar.poznan.pl

³ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Zgorzelecka 4, 60-198 Poznań
ratajh@up.poznan.pl

Wstęp / Introduction

Phytophthora infestans sprawca zarazy ziemniaka zaliczany jest powszechnie do najgroźniejszych patogenów pomidora w uprawie gruntowej (Wińska-Krysiak i wsp. 2006) i pod osłonami (Sobolewski i wsp. 2006). W sprzyjających dla rozwoju choroby warunkach patogen może zniszczyć cały plon owoców (Kryczyński i wsp. 2002). Rozwój sprawcy zarazy ziemniaka jest bardzo ściśle uzależniony od warunków meteorologicznych. Epidemicznemu wystąpieniu choroby sprzyja umiarkowana temperatura powietrza i długie okresy z wilgotnością względną powietrza powyżej 90%. Określenie wpływu pogody na rozwój zarazy ziemniaka było przedmiotem licznych eksperymentów naukowych ukierunkowanych na matematyczne opracowanie relacji występujących pomiędzy patogenem i warunkami meteorologicznymi. Modele matematyczne uzyskane w badaniach nad *P. infestans* w przeważającej liczbie dotyczą ziemniaka. Istnieją jednakże publikacje naukowe, które prezentują wyrażone w postaci równań matematycznych wyniki badań nad wpływem pogody na zagrożenie pomidora ze strony *P. infestans*. Przykładem potwierdzającym powyższe stwierdzenie jest opracowany we Włoszech model szacujący wartość potencjału infekcyjnego na podstawie parametrów meteorologicznych (Bugiani i wsp. 1993). Zaproponowane przez włoskich badaczy równania wykorzystano do realizacji celu badań, którym było określenie przestrzennej i czasowej zmienności zagrożenia pomidora porażeniem przez *P. infestans* w Polsce.

Materiały i metody / Materials and methods

Arkusz kalkulacyjny do szacowania potencjału infekcyjnego *P. infestans* opracowano na podstawie publikacji Bugianiego i wsp. (1993). Dienne wartości wskaźnika temperatury i wskaźnika opadów obliczono według następujących wzorów:

$$\text{Wskaźnik temperatury} = (-2,19247 + 0,259906 \times T - 0,000139 \times T^3 - 6,095832 \times 10^{-6} \times T^4) \times (0,35 + 0,05 \times T_{\min}),$$

gdzie: T – średnia temperatura dzienna [°C],

$T_{\min}$ – temperatura minimalna [°C].

$$\text{Wskaźnik opadów} = 0,006667 + 0,194405 \times R + 0,0002239 \times R^2,$$

gdzie: R = suma opadów z ostatnich 48 godzin.

W wyniku pomnożenia dziennych wartości wskaźnika temperatury i wskaźnika opadów obliczonoienne wartości potencjału infekcyjnego w okresie od 1 czerwca do 31 sierpnia. Po zsumowaniu rezultatów tych obliczeń uzyskano wartości wskaźnika potencjału infekcyjnego w analizowanym okresie. Zgodnie z informacjami zawartymi w pracy Bugianiego i wsp. (1993) w obliczeniach uwzględniono wyłącznie dni z temperaturą minimalną większą od 7°C i średnią temperaturą dzienną w zakresie 9–25°C. Symulacje komputerowe przeprowadzono w oparciu o dane meteorologiczne zarejestrowane w szesnastu miejscowościach w Polsce w latach 2007–2010 (tab. 1). Rezultaty przeprowadzonych obliczeń poddawano analizie statystycznej.

Tabela 1. Wartości wskaźnika potencjału infekcyjnego

Table 1. Values of infection potential index

Miejscowość – Locality	Rok – Year				Średnia – Mean
	2007	2008	2009	2010	
Koszalin	23,5	17,6	26,0	38,4	26,4
Gdańsk	14,5	21,9	21,3	25,4	20,8
Toruń	18,0	15,2	21,7	32,7	21,9
Olsztyn	20,2	18,5	23,6	28,7	22,7
Białystok	13,6	11,0	33,7	31,4	22,4
Poznań	11,3	11,0	21,4	29,0	18,1
Warszawa	12,3	14,0	29,1	31,2	21,6
Zielona Góra	12,9	14,7	11,6	19,9	14,8
Wrocław	15,5	11,0	44,3	22,0	23,2
Łódź	16,3	13,0	33,1	21,2	20,9
Lublin	13,5	9,5	26,1	19,3	17,1
Opole	17,5	11,4	34,5	21,6	21,2
Katowice	14,4	22,4	40,9	22,6	25,1
Kielce	19,3	9,1	20,8	23,9	18,3
Rzeszów	12,2	18,7	29,7	43,8	26,1
Nowy Sącz	15,1	24,0	51,6	50,2	35,2
Średnia – Mean	15,6	15,2	29,3	28,8	22,2
NIR (0,05) LSD (0,05)	dla lat – for years				dla miejscowości for locality
	7,18				11,27

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Przeprowadzone symulacje komputerowe wykazały zróżnicowanie zagrożenia porażeniem pomidora przez sprawcę zarazy ziemniaka w czasie i przestrzeni (tab. 1). W analizowanym okresie lepsze warunki do infekcji pomidora przez *P. infestans* wystąpiły w latach 2009 i 2010 niż w 2007 i 2008. Średnie wartości wskaźnika potencjału infekcyjnego obliczone na podstawie wyników symulacji z zastosowaniem danych zarejestrowanych w latach 2009 i 2010 wynosiły odpowiednio 29,3 oraz 28,8 i różniły się istotnie od rezultatów obliczeń przeprowadzonych w oparciu o dane zgromadzone w latach 2007 i 2008, które wynosiły odpowiednio 15,6 i 15,2.

W 2007 r. wskaźnik potencjału infekcyjnego przyjmował wartości z zakresu 11,3–23,5. Wyniki powyżej 20 uzyskano w obliczeniach z zastosowaniem danych meteorologicznych zgromadzonych w Koszalinie i Olsztynie. Wartości od 15 do 19 były rezultatem symulacji przeprowadzonych w oparciu o dane zarejestrowane przez stacje zlokalizowane w Kielcach, Toruniu, Opolu, Łodzi, Wrocławiu i Nowym Sączu. Wyniki obliczeń z uwzględnieniem danych wejściowych zgromadzonych w Gdańsku, Katowicach, Białymstoku, Lublinie, Zielonej Górze, Warszawie i Rzeszowie zawierały się w przedziale 12,2–14,5. Najniższa wartość wskaźnika potencjału infekcyjnego była rezultatem symulacji na podstawie warunków meteorologicznych zarejestrowanych przez stację w Poznaniu.

W 2008 r. wyniki przeprowadzonych symulacji komputerowych zawierały się w przedziale 9,1–24. Wartości wskaźnika potencjału infekcyjnego powyżej 20 stwierdzono na podstawie symulacji przeprowadzonych w oparciu o dane zgromadzone w Nowym Sączu, Katowicach i Gdańsku. Rezultaty obliczeń z zastosowaniem danych zarejestrowanych przez stacje zlokalizowane w Rzeszowie, Olsztynie, Koszalinie i Toruniu mieściły się w zakresie 15,2–18,7. Wartości od 11 do 14,7 były wynikiem symulacji, w których użyto dane zarejestrowane w Zielonej Górze, Warszawie, Łodzi, Opolu Wrocławiu, Białymstoku i Poznaniu. Wyniki z zakresu 9,1–9,5 uzyskano na podstawie obliczeń z zastosowaniem danych zarejestrowanych przez stacje meteorologiczne w Lublinie i Kielcach.

W 2009 r. wyniki działania zastosowanego w badaniach modelu matematycznego mieściły się w zakresie 11,6–51,6. Wartości powyżej 40 odnotowano jako rezultaty symulacji przeprowadzonych na podstawie warunków meteorologicznych zarejestrowanych w Nowym Sączu, Wrocławiu i Katowicach. Wyniki obliczeń wskaźnika potencjału infekcyjnego z zastosowaniem danych zgromadzonych w Opolu Białymstoku, Łodzi, Rzeszowie i Warszawie wynosiły od 29,1 do 34,5. W przedziale 20,8–26,1 mieściły się wyniki symulacji z zastosowaniem danych zarejestrowanych w Lublinie, Koszalinie, Olsztynie, Toruniu, Poznaniu, Gdańsku i Kielcach. Najniższą wartość analizowanej cechy uzyskano jako wynik symulacji na podstawie danych zarejestrowanych przez stację w Zielonej Górze.

W 2010 r. wskaźnik potencjału infekcyjnego przyjmował wartości w zakresie 19,3–50,2. Wyniki powyżej

40 wystąpiły w obliczeniach przeprowadzonych na podstawie warunków meteorologicznych zarejestrowanych w Nowym Sączu i Rzeszowie. Rezultaty symulacji z zastosowaniem danych zgromadzonych w Koszalinie, Toruniu, Białymstoku, Warszawie, Poznaniu i Olsztynie mieściły się w przedziale 28,7–38,4. Wartości z zakresu 21,2–25,4 uzyskano jako wyniki działania zastosowanego w badaniach modelu matematycznego w oparciu o warunki meteorologiczne zarejestrowane w Gdańsku, Kielcach, Katowicach, Wrocławiu, Opolu i Łodzi. Najmniejsze wartości wskaźnika potencjału infekcyjnego wynoszące 19,3–19,9 wykazały symulacje z zastosowaniem danych zgromadzonych w Zielonej Górze i Lublinie.

Nie stwierdzono natomiast tak wyraźnego zróżnicowania wartości analizowanej cechy pomiędzy miejscowościami. Porównanie wyników działania zastosowanego w badaniach modelu matematycznego wykazało, że w analizowanym okresie najbardziej sprzyjające infekcjom pomidora przez sprawcę zarazy ziemniaka warunki meteorologiczne wystąpiły w okolicy Nowego Sącza. Wartość wskaźnika potencjału infekcyjnego obliczona na podstawie danych zarejestrowanych w Nowym Sączu różniła się istotnie od wyników symulacji charakteryzujących potencjał infekcyjny we Wrocławiu, Olsztynie, Białymstoku, Toruniu, Warszawie, Opolu, Łodzi, Gdańsku, Kielcach, Poznaniu, Lublinie i Zielonej Górze. Oprócz tego wykazano istotne zróżnicowanie w wielkości wskaźnika potencjału infekcyjnego pomiędzy Koszalinem i Zieloną Górą oraz Rzeszowem i Zieloną Górą. Pozostałe miejscowości nie różniły się istotnie. Porównanie uzyskanych wyników pod względem wartości wskaźnika potencjału infekcyjnego wskazuje, że w latach 2007–2010 najmniej sprzyjające porażeniu pomidora przez *P. infestans* warunki meteorologiczne wystąpiły w okolicy Zielonej Góry. W analizowanym okresie wskaźnik potencjału infekcyjnego określony na podstawie symulacji z użyciem danych zgromadzonych w Zielonej Górze był trzykrotnie mniejszy od 15 czyli od wartości progowej wyznaczonej przez twórców zastosowanego w badaniach modelu. Natomiast wyniki symulacji prowadzonych z zastosowaniem danych zgromadzonych w Białymstoku, Poznaniu, Lublinie i Warszawie były mniejsze od wartości progowej dwukrotnie.

Przeprowadzone obliczenia statystyczne wykazały ponadto, że 88% zmienności całkowitej było spowodowane przez zmienność sezonową. Uzyskany wynik świadczy o większej jednorodności warunków meteorologicznych w przestrzeni niż w czasie i wskazuje na rolę pogody w rozwoju epidemii zarazy ziemniaka. Koresponduje to z rezultatami badań nad wpływem warunków meteorologicznych na rozwój *P. infestans* prezentowanymi przez innych autorów (Walin 1951; Hyre 1954; Harrison 1992). Sprawca zarazy ziemniaka rozwija się szczególnie intensywnie w lata chłodne i wilgotne (Wallin 1962; Iglesias i wsp. 2010). Silny związek występujący pomiędzy warunkami meteorologicznymi i nasileniem objawów chorobowych stanowił przyczynek do podjęcia badań ukierunkowanych na opracowanie zaobserwowanych zależności w formie równań matematycznych i algorytmów (Krause i Massi 1975; Fry i wsp. 1983; Gutshe 1998; Johnson i wsp. 1996). Modele matematyczne

opisujące wpływ przebiegu pogody na rozwój patogenów okazują się bardzo pomocne przy podejmowaniu bieżących decyzji w ochronie roślin (Hadders 1997; Hansen i wsp. 2000). Znajdują również zastosowanie w badaniach nad przestrzennym i czasowym zróżnicowaniem zagrożenia upraw ze strony patogenów (Hijmans i wsp. 2000). Przeprowadzone przez Hijmansa (2000) symulacje komputerowe z użyciem modeli Blitecast i Simcast pozwoliły podzielić obszar kuli ziemskiej na regiony pod względem zagrożenia ziemniaka ze strony *P. infestans*. Do najbardziej zagrożonych obszarów zaliczono między innymi Europę. Zastosowana przez Hijmansa i wsp. (2000) metoda szacowania zagrożenia ze strony patogenów na podstawie wyników działania aplikacji komputerowych została wykorzystana również w badaniach własnych z tym, że wyniki przeprowadzonych symulacji obejmowały wyłącznie Polskę. Sezonowe zróżnicowanie wartości potencjału infekcyjnego wykazane w przeprowadzonych badaniach wskazuje na możliwość rezygnacji z rutynowego stosowania metody chemicznej w ochronie pomidora przed sprawcą zarazy ziemniaka. Dostosowanie zużycia pestycydów do potrzeb wynikających z rzeczyw-

wistego zagrożenia upraw ze strony patogenów jest kluczowym elementem integrowanej ochrony roślin i stanowi gwarancję zwiększenia opłacalności produkcji płodów rolnych. Wyniki przeprowadzonych symulacji przemawiają zatem za podjęciem na szerszą skalę badań nad wprowadzeniem do praktyki rolniczej systemów wspomagających podejmowanie decyzji w ochronie roślin.

Wnioski / Conclusions

1. Wykazane w badaniach zróżnicowanie wartości wskaźnika potencjału infekcyjnego w latach oraz pomiędzy miejscowościami wskazuje na potrzebę dostosowania intensywności metody chemicznej do aktualnego zagrożenia roślin ze strony sprawcy choroby.
2. Większa zmienność wskaźnika infekcyjności w czasie niż w przestrzeni stanowi potwierdzenie decydującej roli warunków meteorologicznych w rozwoju zarazy ziemniaka na pomidorze.

Literatura / References

- Bugiani R., Cacani P., Ponti I. 1993. An advisory service for the occurrence of *Phytophthora infestans* on tomato in Emilia-Romania region. Bull. OEPP/EPPO Bull. 23: 607–613.
- Fry W.E., Apple A.E., Bruhn J.A. 1983. Evaluation of potato blight forecasts modified to incorporate host resistance and fungicide weathering. Phytopathology 73: 1054–1059.
- Gutsche V. 1998. Usage of model Simphyt in frame of the project Paso in Germany from 1994 to 1997. PAV–Special Report 3: 104–110.
- Hadders J. 1997. Experience with late blight DSS (PLANT–Plus) in starch potato area of the Netherlands in 1995 and 1996. PAV–Special Report 1: 117–122.
- Hansen J.G., Kleinhenz B., Jörg E. 2001. Results of validation trials of *Phytophthora* DSS in Europe in 2000. PAV–Special Report 7: 23–37.
- Harrison J.G. 1992. Effect of the aerial environment on late blight of potato foliage – a review. Plant Pathol. 41: 384–416.
- Hijmans R.J., Forbes G.A., Walker T.S. 2000. Estimating the global severity of potato late blight with GIS–linked disease forecast models. Plant Pathol. 49: 697–705.
- Hyre R.A. 1954. Progress in forecasting late blight of potato and tomato. Plant Dis. Reporter 38: 245–253.
- Iglesias I., Escuredo O., Seijo C., Méndez J. 2010. *Phytophthora infestans* prediction for a potato crop. Am. J. Pot. Res. 87: 32–40.
- Johnson D.A., Alldredge J.R., Vakoch D.L. 1996. Potato late blight forecasting models for semiarid environment of south-central Washington. Phytopathology 86: 480–484.
- Krause R.A., Massi L.B. 1975. Predictive systems: modern approaches to disease control. Ann. Rev. Phytopathol. 13: 31–47.
- Kryczyński S., Majewski T., Marcinkowska J., Mirzwa-Mróz E., Nowicki B., Paduch-Cichal E., Schollenberger M., Szyndel M.S., Wakuliński W., Zamorski C. 2002. Choroby Roślin w Uprawach Rolniczych. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 164 ss.
- Sobolewski J., Robak J., Ostrowska A. 2006. Potencjalne możliwości środków organicznych w ograniczaniu *Phytophthora infestans* na pomidorach w uprawie polowej i pod osłonami. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 46 (2): 704–707.
- Wallin J.R. 1951. Forecasting tomato and potato late blight in the north-central region. Phytopathology 41, p. 37.
- Wallin J.R. 1962. Summary of recent progress in predicting late blight epidemics in the United States and Canada. Am. Potato J. 39: 306–312.
- Wińska-Krysiak M., Mirzwa-Mróz E., Łata B. 2006. Wpływ nawożenia dolistnego na porażenie przez *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary oraz na wybrane parametry gospodarki wodnej pomidora. Acta Agrophys. 7 (4): 1027–1034.