

Validation of a model for estimation appearance of symptoms caused by *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*

Opracowanie i walidacja modelu szacującego pojawienie się objawów chorobowych powodowanych przez *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*

Andrzej Wójtowicz

Summary

The aim of the study was to determine the effect of temperature on the appearance of symptoms caused by *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* on winter wheat. The conducted experiments under controlled conditions allowed to express the relations between the investigated features by using exponential function. The developed model determines the date of disease symptoms appearance on the basis of temperature. The validation of the model was based on a comparison of computer calculation results with dates of disease symptoms appearance on plants inoculated in pot experiments. The results of computer simulations coincided well with the results of pot experiments.

Key words: *Puccinia recondita*, wheat, latent period, model

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu temperatury otoczenia na wystąpienie na pszenicy ozimej objawów chorobowych powodowanych przez *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. Wykonane w warunkach kontrolowanych eksperymenty pozwoliły na wyrażenie za pomocą funkcji wykładniczej relacji występujących pomiędzy badanymi cechami. Opracowany model wyznacza datę wystąpienia objawów chorobowych na podstawie przebiegu temperatury. Ocenę wiarygodności modelu przeprowadzono przez porównanie wyników symulacji z rzeczywistymi terminami wystąpienia objawów chorobowych na roślinach poddanych inokulacji w doświadczeniach wazonowych. Wyniki symulacji komputerowych z zastosowaniem opracowanego modelu pokrywały się z rzeczywistymi terminami wystąpienia objawów chorobowych.

Słowa kluczowe: *Puccinia recondita*, pszenica, okres latentny, model

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

Wstęp / Introduction

Istotnym zagadnieniem podejmowanym w badaniach zmierzających do wyjaśnienia roli środowiska we wzajemnym oddziaływaniu rośliny i patogenu jest określenie wpływu parametrów meteorologicznych na rozwój objawów chorobowych (Eversmeyer i Kramer 2000; Jaczewska-Kalicka 2005). Intensywność procesów biologicznych podlega zmianom w zależności od wartości parametrów stymulujących ich przebieg, co wymusza potrzebę opracowania matematycznego opisu zależności pomiędzy rozwojem patogenu w roślinie i warunkami środowiska.

Celem pracy było określenie wpływu temperatury otoczenia na długość okresu inkubacji *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* na pszenicy ozimej.

Materiały i metody / Materials and methods

Siewki pszenicy odmiany Turnia infekowano w fazie drugiego liścia (BBCH 12). Do inokulacji używano wodnej zawiesiny urediniospor – zarodników propagacyjnych grzyba *P. recondita* f. sp. *tritici*. Przygotowanie inokulum polegało na przeniesieniu do atomizera z wodą destylowaną urediniospor z siewek liści pszenicy, na których objawy chorobowe w postaci urediniów wystąpiły w wyniku zakażenia przeprowadzonego 10 dni wcześniej. Do tego celu używano skalpela chirurgicznego. Inokulum zastosowane do pierwotnego zakażenia siewek zebrano z pszenicy uprawianej w roku poprzednim w warunkach polowych. Wodną zawiesinę urediniospor наносono na rośliny za pomocą atomizera. Następnie rośliny wkładano do worków foliowych i przetrzymywano w stanie zwilżenia w temperaturze 15°C. Po upływie 24 godzin wyjmowano je z worków i do momentu wystąpienia objawów chorobowych utrzymywano w stałych temperaturach: 10, 15, 20 lub 25°C. Rezultaty przeprowadzonych eksperymentów opracowano statystycznie za pomocą analizy regresji. Uzyskano w ten sposób model matematyczny wykorzystany przy opracowaniu aplikacji komputerowej służącej do szacowania długości okresu od inokulacji pszenicy ozimej do wystąpienia objawów chorobowych powodowanych przez grzyb *P. recondita* f. sp. *tritici*. Badanie wiarygodności opracowanego modelu polegało na porównaniu wyników symulacji komputerowych z terminami wystąpienia objawów chorobowych na roślinach poddanych inokulacji. W tym przypadku inokulowane siewki po wyjęciu z worków foliowych umieszczano na świeżym powietrzu, gdzie przebywały do momentu wystąpienia pierwszych objawów chorobowych. Statystyczne opracowanie rezultatów badań polegało na ocenie, za pomocą współczynnika korelacji Pearsona, współzależności występującej pomiędzy wynikami rzeczywistymi a modelowymi.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Na roślinach pszenicy, utrzymywanych w temperaturze 25°C objawy chorobowe wystąpiły piątego dnia po

inokulacji (tab. 1). Jeden dzień dłużej trwał okres inkubacji na roślinach utrzymywanych w temperaturze 20°C. Obniżenie temperatury do 15°C, skutkowało wydłużeniem okresu inkubacji do 7 dni. W temperaturze 10°C okres inkubacji trwał 19 dni.

Tabela 1. Wpływ temperatury na długość okresu inkubacji rdzy powodowanej przez *P. recondita*

Table 1. Influence of temperature on latent period of rust caused by *P. recondita*

Temperatura Temperature [°C]	Długość okresu inkubacji [dni] Length of latent period [days]
10	19
15	7
20	6
25	5

Uzyskane wyniki pozwoliły na wyrażenie relacji pomiędzy badanymi cechami w formie następującego równania:

$$y = 127,778 + \exp(9,87754 + (-0,4084286) \times T),$$

gdzie:

y – okres inkubacji [dni],

T – temperatura [°C].

Przedstawiona powyżej funkcja wykładnicza została wykorzystana przy opracowaniu kalkulatora czasu trwania inkubacji – aplikacji komputerowej do wyznaczania daty wystąpienia objawów chorobowych i stanowi kluczowy element algorytmu realizującego to zadanie.

Wyniki symulacji komputerowych z zastosowaniem opracowanego modelu pokrywały z się z rzeczywistymi terminami wystąpienia objawów chorobowych lub nieznacznie od nich odbiegały (tab. 2).

W 2010 r. długość okresu inkubacji mieściła się w zakresie 6–16 dni. Najmniejszą liczbę dni od inokulacji do wystąpienia objawów chorobowych odnotowano w czerwcu, a największą w kwietniu. Trzykrotnie stwierdzono całkowitą zgodność wyników symulacji komputerowych z rzeczywistymi terminami wystąpienia objawów chorobowych. Sześciokrotnie różnice wynosiły jeden dzień. W 2011 roku długość okresu inkubacji wynosiła od 6 do 15 dni. Najszybciej proces przebiegał w lipcu, a najwolniej w marcu. Siedmiokrotnie odnotowano bezbłędny wynik działania modelu. Jedenastokrotnie wynik symulacji komputerowej wyprzedził wystąpienie symptomów chorobowych o jeden dzień. Natomiast w jednym przypadku objawy chorobowe wystąpiły jeden dzień przed terminem wyznaczonym za pomocą aplikacji komputerowej.

Odnoszona w doświadczeniach wazonowych rzeczywista długość inkubacji choroby była dodatnio skorelowana z wynikami symulacji komputerowych. Wysoce istotną zależność pomiędzy tymi cechami wykazano na podstawie wyników analizy korelacji

Tabela 2. Porównanie terminów rzeczywistego wystąpienia objawów chorobowych na pszenicy z wynikami symulacji komputerowych
Table 2. Comparison of symptom appearance on wheat with the results of computer simulations

Lp. No.	Data inokulacji Inokulation date	Długość okresu inkubacji [dni] Length of latent period [days]	Termin wystąpienia objawów chorobowych Days of disease symptoms appearance		Różnica Difference
			rzeczywisty real	wynik symulacji komputerowej results of computer simulation	
1	12.04.2010	16	28.04.2010	28.04.2011	0
2	21.04.2010	12	03.05.2010	02.05.2011	-1
3	28.04.2010	12	10.05.2010	09.05.2011	-1
4	10.05.2010	13	23.05.2010	22.05.2011	-1
6	17.05.2010	11	28.05.2010	27.05.2011	-1
7	24.05.2010	14	06.06.2010	06.06.2011	0
8	31.05.2010	7	08.06.2010	07.06.2011	-1
9	07.06.2010	6	13.06.2010	13.06.2011	0
10	14.06.2010	8	23.06.2010	22.06.2011	-1
1	23.03.2011	15	07.04.2011	07.04.2011	0
2	28.03.2011	12	09.04.2011	09.04.2011	0
3	31.03.2011	12	12.04.2011	12.04.2011	0
4	11.04.2011	11	22.04.2011	23.04.2011	1
5	18.04.2011	9	27.04.2011	26.04.2011	-1
6	26.04.2011	12	08.05.2011	07.05.2011	-1
7	11.05.2011	8	19.05.2011	18.05.2011	-1
8	23.05.2011	9	01.06.2011	30.05.2011	-1
9	30.05.2011	6	05.06.2011	5.06.2011	0
10	06.06.2011	7	13.06.2011	12.06.2011	-1
11	13.06.2011	6	19.06.2011	19.06.2011	0
12	20.06.2011	7	27.06.2011	26.06.2011	-1
13	27.06.2011	7	04.07.2011	03.07.2011	-1
14	04.07.2011	6	10.07.2011	10.07.2011	0
15	11.07.2011	6	17.07.2011	17.07.2011	0
16	27.07.2011	7	03.08.2011	02.08.2011	-1
17	03.08.2011	7	10.08.2011	09.08.2011	-1
18	10.08.2011	7	17.08.2011	16.08.2011	-1
19	06.09.2011	8	14.09.2011	13.09.2011	-1
20	20.09.2011	9	29.09.2011	29.09.2011	0

Tabela 3. Współczynniki korelacji długości okresu inkubacji z wynikami symulacji komputerowych

Table 3. Correlation coefficient of latent period with results of computer simulations

Rok – Year	Współczynnik korelacji Pearsona Pearson's correlation coefficient
2010	0,99
2011	0,97

przeprowadzonej z zastosowaniem danych zgromadzonych zarówno w roku 2010, jak i 2011 (tab. 3).

Wynik analizy regresji przeprowadzonej na podstawie danych uzyskanych w doświadczeniach realizowanych w warunkach kontrolowanych wskazuje na

dobrze dopasowanie modelu do danych empirycznych. Wysoka wartość współczynnika korelacji Pearsona uzyskana jako rezultat porównania symulowanej i rzeczywistej długości okresu inkubacji świadczy o dużej wiarygodności opracowanego modelu.

Wyniki badań własnych ukierunkowanych na opracowanie wpływu warunków termicznych na długość okresu inkubacji, dobrze korespondują z rezultatami doświadczeń przeprowadzonych na 9 odmianach pszenicy ozimej przez Eversmeyera i wsp. (1980), którzy wykazali związki długości okresu latentnego rozwoju grzyba *P. recondita* f. sp. *tritici* z temperaturą otoczenia. Szczegółowa analiza rezultatów przeprowadzonych eksperymentów wykazała natomiast niewielkie różnice pomiędzy terminami występowania objawów choro-

bowych na zastosowanej w badaniach własnych odmianie Turnia i odmianach ujętych w doświadczeniach przeprowadzonych przez Eversmeyera i wsp. (1980). Największą zbieżność uzyskanych wyników odnotowano w eksperymentach przeprowadzonych w optymalnej dla badanego zjawiska temperaturze. Natomiast największe różnice w terminie wystąpienia objawów chorobowych wykazało porównanie wyników badań własnych z przeprowadzonymi przez Eversmeyera i wsp. (1980) w temperaturze 10°C.

Wpływ temperatury na termin wystąpienia objawów chorobowych wywołanych porażeniem pszenicy przez *P. recondita* wykazali także Pretorius i wsp. (1994), w badaniach nad wpływem genu Lr34 na odporność pszenicy na *P. recondita* f. sp. *tritici* przy porównaniu linii RL6058 z odmianą Tacher pod względem długości okresu latentnego w temperaturze 15 i 25°C. Eksperymenty ukierunkowane na ocenę wpływu temperatury na długość okresu latentnego przeprowadzili również Drijepont i Pretorius (1989), którzy po inokulacji pszenicy przez *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* zastosowali następujące warianty warunków termicznych: 13–17, 25–29/13–15 oraz 26–29°C. Wystąpienie objawów chorobowych stwierdzono najwcześniej na roślinach utrzymywanych w temperaturze 13–17°C, a najpóźniej w następstwie zastosowania temperatury 26–29°C. O różnicującym wpływie warunków termicznych na proces wylęganie choroby donoszą również

Magarey i Borchert (2003), którzy stwierdzają, że w temperaturze poniżej 10°C długość okresu latentnego może wynosić nawet do 60 dni, podczas gdy w temperaturze optymalnej wystarczy 7–8 dni. Według Kolmera (2009) długość okresu latentnego *P. recondita* waha się od 8–14 dni w temperaturze 10–25°C do kilku tygodni w temperaturze 5–10°C. Podobne wyniki prezentują również Eyal i wsp. (1967), Tomerlin i wsp. (1983) oraz Broers i Wallenburg (1989). Wymienieni autorzy zgodnie stwierdzili skracanie długości okresu latentnego rdzy brunatnej pszenicy w następstwie podwyższania temperatury prowadzenia eksperymentów, co jest zgodne z wynikami przeprowadzonych badań.

Wnioski / Conclusions

1. Uzyskane wyniki pozwalają na pozytywną ocenę wiarygodności opracowanego modelu służącego do określania długości okresu inkubacji rdzy brunatnej w zależności od temperatury.
2. Rezultaty przeprowadzonych eksperymentów potwierdzają możliwości zastosowania modeli matematycznych w badaniach ukierunkowanych na wyjaśnienie roli środowiska we wzajemnym oddziaływaniu rośliny i patogenu.

Literatura / References

- Broers L.H.M., Wallenburg S.C. 1989. Influence of post-infection temperature on three components of partial resistance in wheat to wheat leaf rust. *Euphytica* 44: 215–224.
- Drijepont S.C., Pretorius Z.A. 1989. Greenhouse evaluation of adult-plant resistance conferred by the gene Lr34 to leaf rust of wheat. *Plant Dis.* 73: 669–671.
- Eyal Z., Peterson J. 1967. Uredospore production of five races of *Puccinia recondite* Rob. Ex Resm. As affected by light and temperature. *Can. J. Bot.* 45: 537–540.
- Eversmeyer M.G., Kramer C.L. 2000. Epidemiology of wheat leaf and stem rust in the central great plains of the USA. *Annu. Rev. Phytopathol.* 38: 491–513.
- Eversmeyer M., Kramer C., Browder L. 1980. Effect of temperature and host: parasite combination on the latent period of *Puccinia recondita* in seedling wheat plants. *Phytopathology* 70: 938–941.
- Jaczewska-Kalicka A. 2005. Warunki pogodowe jako czynnik silnie modyfikujący wielkość i jakość plonu ziarna pszenicy ozimej w świetle występowania chorób grzybowych. *Prog. Plant Prot. /Post. Ochr. Roślin* 45 (1): 176–184.
- Johnson D. 1980. Effect of low temperature on the latent period of slow and Fast Rusting Winter wheat genotypes. *Plant Dis.* 64: 1006–1008.
- Kolmer J. 2009. Wheat leaf rust. <http://www.ars.usda.gov/Main/docs.htm?docid=9915>, dostęp: 21.05.2009.
- Magarey R., Borchert D. 2003. Pest assessment: *Puccinia tritici*, (Wheat leaf rust). http://www.nappfast.org/pest%20reports/wheat_rust%20.pdf, dostęp: 27.05.2003.
- Pretorius Z.A., Kloppers F.J., Drijepont S.C. 1994. Effects of inoculum density and temperature on three components of leaf rust resistance controlled by Lr34 in wheat. *Euphytica* 74: 91–96.
- Rossi V., Pacca P., Giouse D., Pancaldi D., Alberti I. 1997. A simulation model for the development of Brown rust in winter wheat. *Eur. J. Plant Pathol.* 103: 453–465.
- Tomerlin J., Eversmeyer M., Kramer C., Browder L. 1983. Temperature and host effects on latent and infectious periods and on urediniospores of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. *Phytopathology* 73: 414–419.