

MODEL ROZWOJU MĄCZNIAKA RZEKOMEGO (*PSEUDOPERONOSPORA HUMULI*) – APLIKACJA INTERNETOWA *

Andrzej S. Zaliwski, Czesław Pietruch
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

Streszczenie. Przedstawiono internetową aplikację służącą do oceny zagrożenia plantacji chmielu mączniakiem rzekomym. Do budowy aplikacji wykorzystano model rozwoju mączniaka rzekomego, opracowany w Instytucie Chmielarskim w Hüll (Bawaria – Niemcy) i walidowany w Polsce w 1988 roku. Zagrożenie ocenia się na podstawie analizy warunków sprzyjających rozwojowi choroby, określonych przez wartości tzw. pięciodobowego indeksu zagrożenia. Do obliczenia indeksu służą dobowe dane pogodowe (temperatura i wilgotność względna powietrza oraz suma opadu atmosferycznego). Aplikacja oblicza indeks zagrożenia na podstawie danych pogodowych z ostatnich jedenastu dni pobranych z 27 stacji agrometeorologicznych IUNG-PIB. Użytkownik wybiera stację z mapy lub z listy wyboru i wartości indeksu zagrożenia są przedstawiane na wykresie. W przypadku wystąpienia w kolejnych jedenastu dniach indeksu zagrożenia o wartości krytycznej równej lub większej niż 500 pkt, model zaleca wykonanie zabiegu ochrony roślin. Dla wybranych stacji generowane są także pliki tekstowe z danymi pogodowymi, które użytkownik może wykorzystać do kompleksowej analizy warunków sprzyjających rozwojowi mączniaka rzekomego w systemie wspomagania decyzji ProgChmiel.

Słowa kluczowe: mączniak rzekomy chmielu, model ochrony, dane pogodowe, system wspomagania decyzji, internetowa aplikacja bazodanowa

Wprowadzenie

Produkcja roślinna jest uzależniona w istotny sposób od warunków pogodowych. Pogoda jest zawsze zmienna i producenci rolni nie mają nad nią kontroli. Mavi i Tupper [2004] podają, że ok. 75% wszystkich strat w produkcji roślinnej jest powodowane bezpośrednio lub pośrednio czynnikami pogodowymi. Wpływ bezpośredni pogody to przede wszystkim różne anomalie pogodowe (susza, przymrozki, powódzie, grad, itd.). Niemniej

* Publikację opracowano w ramach zadania 4.1 programu wieloletniego IUNG-PIB Puławy.

ważny jest pośredni wpływ pogody – na populacje organizmów szkodliwych, stwarzający mniej lub bardziej sprzyjające warunki dla ich rozwoju.

Mączniak rzekomy jest najważniejszą chorobą chmielu w kategoriach ekonomicznych, powodującą straty dochodzące do 30% [Downy mildew of hop 2012]. Jej sprawcą jest grzyb *Peronospora humuli* [Solarska 1988; Solarska 1989; Gent i in. 2010]. Grzybnia zimuje w karpie i pędach podziemnych powodując na wiosnę infekcję pierwotną młodych pędów, prowadzącą do infekcji wtórnej. Pierwszym zabiegiem redukującym zagrożenie jest mechaniczne usuwanie chorych części roślin chmielu na początku sezonu w celu ograniczenia źródeł infekcji wtórnej do minimum. Po wystąpieniu warunków sprzyjających infekcji wtórnej zwalczą ją zabiegami ochrony chemicznej. Prognozowanie infekcji wtórnej, które stało się możliwe dzięki szczegółowemu poznaniu biologii i ekologii grzyba oraz roli warunków pogodowych w jej przebiegu, pozwala zmniejszyć liczbę zabiegów z ok. 6 do 2-3 [Kozyra i in. 2007].

Modele prognostyczne rozwoju mączniaka rzekomego chmielu zostały opracowane dość wcześnie, bo w latach 1980-1989. Wg informacji podanej na stronie internetowej "Downy mildew of hop" [2012], udostępnianej przez Centre for Agricultural Bioscience International (CABI), w okresie tym powstały modele (podane lata to lata wydania publikacji, w których je opisano):

- meteorologiczny Royle'a, Anglia, 1980,
- meteorologiczno-objawowy Kremheller i Diercksa, Niemcy, 1983,
- meteorologiczny Petrlika i Pejmla, Czechy, 1988,
- meteorologiczno-objawowy Dolinara, Słowenia, 1989.

Modele te różnią się danymi wejściowymi. Model czeski bierze pod uwagę warunki pogodowe sprzyjające infekcji, model angielski długość okresu opadów i podwyższonej wilgotności, a niemiecki i słoweński uwzględniają oprócz opadów i wilgotności koncentrację zarodników.

W Polsce prace nad zastosowaniem prognozowania rozwoju mączniaka rzekomego w produkcji chmielarskiej podjęła Solarska w IUNG w roku 1988 [Solarska 1988; Solarska 1989]. Wykorzystała ona model Kremheller i Diercksa [Kremheller, Diercks 1983], opracowany w Instytucie Chmielarskim w Hüll (Bawaria) do budowy systemu sygnalizacji warunków sprzyjających rozwojowi grzyba *pseudoperonospora humuli*. Brak zainteresowania ze strony producentów chmielu przeszkodził wdrożeniu opracowanego systemu, w skład którego wchodził komputer PC XT i prosta stacja meteorologiczna. W późniejszym okresie (2004–2006) zespół z IUNG-PIB pod kierunkiem Dwornikiewicza [Kozyra i in. 2007; Dwornikiewicz i in. 2008] zbudował i przeprowadził walidację nowej wersji systemu sygnalizacji mączniaka rzekomego, w którym wykorzystano ten sam model niemiecki. Mimo modernizacji w stosunku do poprzedniej wersji z 1988 roku (nowoczesna, automatyczna stacja agrometeorologiczna oraz program komputerowy ProgChmiel o wysokiej funkcjonalności) zachowano starą architekturę – bezpośrednie połączenie stacji meteorologicznej z komputerem PC.

Celem niniejszej pracy było opracowanie internetowej aplikacji bazodanowej, umożliwiającej zasilanie niemieckiego modelu rozwoju mączniaka rzekomego chmielu danymi z sieci stacji agrometeorologicznych należących do IUNG-PIB. Aplikacja wspiera także wykorzystanie tych danych w programie ProgChmiel, udostępniając je w postaci plików tekstowych.

Prognozowanie rozwoju mączniaka rzekomego

Metoda prognozowania rozwoju mączniaka rzekomego stosowana w obu opisanych systemach sygnalizacji składa się z dwóch równolegle stosowanych procedur, które, ze względu na ich charakter, można nazwać procedurą meteorologiczną i procedurą objawową. W procedurze meteorologicznej znajduje zastosowanie model rozwoju mączniaka rzekomego, który wylicza dobowe i pięciodobowe indeksy zagrożenia zgodnie z następującymi zależnościami [Dwornikiewicz i in. 2008; Solarska, 1988]:

$$I_D = I_{Dwet} = 100 + 10(T - 15) + 2(H - 60) + P \quad (1)$$

$$I_D = I_{Ddry} = [100 + 10(T - 15) + 2(H - 60)] / N_{dry} \quad (2)$$

$$I_{5D} = I_{D1} + I_{D2} + I_{D3} + I_{D4} + I_{D5} \quad (3)$$

gdzie:

- I_D – dobowy indeks zagrożenia, obliczany dla dni z opadami zgodnie z zależnością (1) i dla dni bez opadów zgodnie z zależnością (2) [pkt],
- T – średnia dobową temperaturę powietrza [°C],
- H – średnia dobową wilgotność względną powietrza [%],
- P – suma dobową opadu atmosferycznego [mm],
- N_{dry} – liczba dni bez opadu atmosferycznego,
- I_{5D} – pięciodobowy indeks zagrożenia [pkt],
- $I_{D1...D5}$ – dobowe indeksy zagrożenia z kolejnych pięciu dni [pkt].

Średnia dobową temperaturę i wilgotność powietrza jest średnią wyników pomiarów przeprowadzonych o godz. 8⁰⁰, 14⁰⁰ i 20⁰⁰, przy czym wagę pomiaru temperatury o godz. 20⁰⁰ zwiększa się przez jej dwukrotne uwzględnienie w średniej. Sumę opadów oblicza się o godz. 8⁰⁰, odnosząc jej wartość do dnia poprzedniego. Indeks pięciodobowy (tzw. duży indeks), służący do oceny zagrożenia plantacji mączniakiem rzekomym, wylicza się codziennie wg zależności (3). Warunkiem zalecenia zabiegu ochronnego jest wartość dużego indeksu I_{5D} równa 500 pkt lub większa, występująca w kolejnych jedenastu dniach w okresie dwóch tygodni poprzedzających jeden z sześciu terminów oprysku (IW 1- IW 6) zalecanych przeciw infekcji wtórnej (rys. 1).

W programie ochrony należy także uwzględnić początkowy okres wzrostu chmielu, w celu ograniczenia skutków infekcji pierwotnej [Solarska 1988]. Termin ewentualnego zabiegu ochronnego (IP, 5–20 maj) zaznaczono na rysunku 1.

Nie mniej ważne od prognoz meteorologicznych są obserwacje stanu roślin. Procedura obserwacji została opisana dokładnie przez Solarską [1988, 1989] oraz Dwornikiewicza i in. [2007]. W wielu przypadkach ich priorytet jest nawet wyższy niż wskazania modelu. Jest to zrozumiałe wobec faktu, że model stwierdza zaistnienie warunków dogodnych do rozwoju grzyba, ale w żadnym razie nie identyfikuje obecności samej choroby.

Termin/miesiąc	V	VI	VII	VIII
IP	5 — 20			
IW 1		23 — 6 — 15		
IW 2		7 — 21 — 30		
IW 3			22 — 6 — 15	
IW 4			7 — 21 — 30	
IW 5				22 — 6 — 15
IW 6				7 — 21 — 25

Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Zalecane terminy przeprowadzenia zabiegów ochronnych przeciw mączniakowi rzekomemu chmielu: IP – infekcja pierwotna, IW – infekcja wtórna (niebieskimi odcinkami oznaczono okresy stosowania modelu)

Fig. 1. Recommended dates of protection treatments against hop downy mildew: IP – primary infection, IW – secondary infection (blue sections indicate periods of model application)

Analiza techniczna dotychczasowych rozwiązań

System sygnalizacji mączniaka rzekomego autorstwa Dwornikiewicza i zespołu wykorzystywał technicznie najprostszą architekturę polegającą na bezpośrednim połączeniu stacji meteorologicznej złączem kablowym z komputerem PC [Kozyra i in. 2008]. Było to rozwiązanie identyczne z zastosowanym przez Solarską. Z technicznego punktu widzenia obydwa systemy stanowią pojedyncze urządzenie złożone z dwóch komponentów połączonych kablem. Wadą takiego rozwiązania jest ograniczenie się do jednego, lokalnego źródła danych i konieczność weryfikacji poprawności pracy stacji we własnym zakresie przez użytkownika systemu.

Istotnym ulepszeniem wprowadzonym przez zespół Dwornikiewicza było zastosowanie programu ProgChmiel opracowanego w celu uzyskania wysokiej funkcjonalności systemu sygnalizacji. Przykładowe funkcje to przeglądanie danych meteorologicznych na wykresach i rejestracja terminów wykonanych zabiegów w systemie [Dwornikiewicz i in. 2007]. Szczególnie ważną funkcją ProgChmiel jest wczytywanie danych meteorologicznych z dowolnego pliku tekstowego (o ustalonym formacie). Możliwość taka uniezależnia ProgChmiel od kablowego połączenia ze stacją meteorologiczną i zapewnia jego pracę oddzielnie od systemu sygnalizacji.

Pod względem interpretacji wyników z modelu mączniaka rzekomego w prognozie obydwu systemy sygnalizacji są podobne. Analiza danych meteorologicznych odbywa się wg tych samych zasad, ponieważ model w obydwu przypadkach jest matematycznie taki sam. W obu przypadkach procedury meteorologiczne muszą zostać uzupełnione inspekcją plantacji.

Budowa aplikacji udostępniającej model mączniaka rzekomego

Do budowy aplikacji zastosowano technologię internetową o architekturze klient-serwer. Jako źródło danych meteorologicznych zastosowano „Centralny Moduł Pogody” Krajowego systemu doradztwa w zrównoważonej produkcji roślinnej [Zaliwski 2009]. Aplikacja wykorzystuje bazę danych pogodowych „Internetowego systemu wspomagającego podejmowanie decyzji w integrowanej ochronie roślin” [Nieróbca i in. 2010]. Rozwiązanie to posiada następujące zalety:

- dostęp do modelu nie wymaga jego zakupu przez użytkownika,
- oprogramowanie jest aktualizowane u wszystkich użytkowników niemal jednocześnie natychmiast po wprowadzeniu zmian przez administratorów na serwerze,
- dostęp do danych nie wymaga od użytkowników zakupu stacji meteorologicznej,
- możliwa jest analiza danych z wielu lokalizacji i porównywanie wyników,
- wykorzystane są istniejące procedury przetwarzania danych,
- odpowiedzialność za kontrolę poprawności danych zostaje przeniesiona na administratorów systemu.

Zalety zaproponowanego rozwiązania są dosyć oczywiste. Należy jednak zaznaczyć, że nie jest ono niestety wolne od wad, które można scharakteryzować następująco:

- zbyt rzadkie pokrycie obszaru kraju przez stacje agrometeorologiczne,
- wymagany dostęp do Internetu i umiejętność posługiwania się przeglądarką.

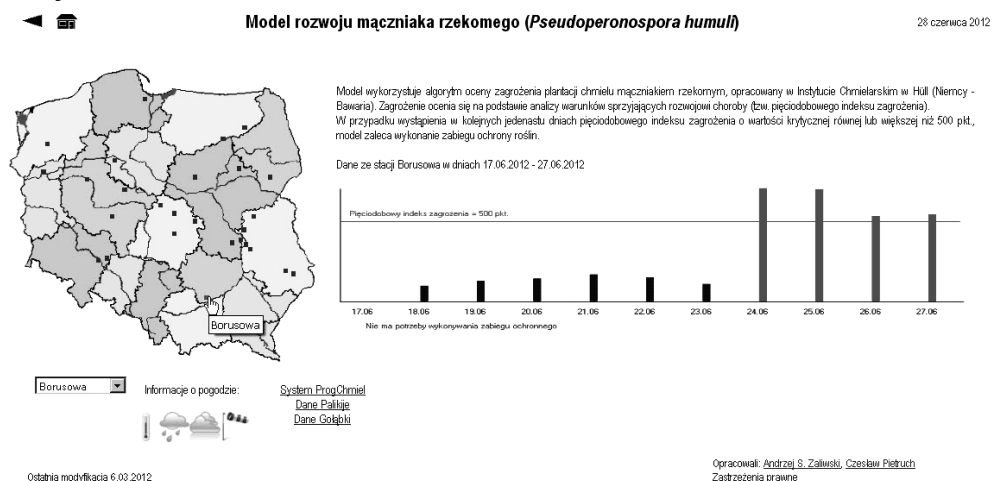
Zbyt rzadkie pokrycie obszaru kraju przez stacje agrometeorologiczne stanowi problem w przypadku dużej odległości plantacji od najbliższej stacji agrometeorologicznej IUNG-PIB. Odległość stacji meteorologicznej od plantacji chmielu, jak podaje Solarska [1988], nie powinna przekraczać 5 km. W przypadku większych odległości można jednak wykorzystać system ProgChmiel. Trzeba wtedy niestety zastosować własne dane meteorologiczne. W tym celu przewiduje się zamieszczenie łącza do wersji instalacyjnej programu na stronie aplikacji.

Druga z wymienionych wad stanowić będzie najprawdopodobniej coraz mniejszy problem, ponieważ wyposażenie gospodarstw rolnych w komputery i dostęp do Internetu jest coraz lepsze. Jak podaje Kuboń [2007], nasycenie sprzętem komputerowym wynosiło na przełomie lat 2006/2007 w gospodarstwach specjalistycznych (ogrodniczych) 87% (wg oceny na podstawie próby gospodarstw), przy czym dostęp do Internetu miało 67% gospodarstw. Można się spodziewać, nawet jeżeli w gospodarstwach chmielarskich wskaźniki te odbiegają od podanych, że z każdym rokiem sytuacja będzie się poprawiać.

Opis aplikacji

Aplikację udostępniającą model rozwoju mączniaka rzekomego chmielu opracowano w technologii ASP.NET z wykorzystaniem języka programowania C#. Jako bazę danych wykorzystano MS SQL Server.

Stronę aplikacji przedstawiono na rysunku 2. Stację agrometeorologiczną wybiera się przez kliknięcie na punkt na mapie Polski lub z rozwijanego menu pod mapą z lewej strony. Po zaznaczeniu stacji aplikacja automatycznie generuje wykres pięciodobowych indeksów ryzyka dla kolejnych 11 dni. Indeksy o wartości powyżej 500 pkt są kreślone w formie słupków w kolorze czerwonym. Zabieg ochronny jest zalecany wtedy, gdy wszystkie słupki są zakolorowane na czerwono.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Aplikacja internetowa z modelem mączniaka rzekomego chmielu.
 Fig. 2. Internet application with the hop downy mildew model.

Obok rozwijanego menu znajdują się ikonki – łącza, które prowadzą do strony z informacją o pogodzie (temperatura, wilgotność względna powietrza i suma opadów) dla wybranej stacji. Łącza „Dane Palikije” i „Dane Gołębki” pozwalają pobrać pliki z danymi dla systemu ProgChmiel dla tych dwóch stacji. Dane te są generowane automatycznie przez program konsolowy ProgChmielDataExport.exe, uruchamiany przez Harmonogram zadań serwera. Zostały one także użyte do testowania aplikacji przez porównanie uzyskanych wyników z wynikami z systemu ProgChmiel. Występujące rozbieżności wymagają kontynuowania testów, których zakończenie powinno nastąpić przed sezonem wegetacyjnym w 2013.

Podsumowanie

Przedstawiona aplikacja internetowa jest dalszym krokiem w rozwoju wspomaganie decyzji w ochronie chmielu przed mączniakiem rzekomym w IUNG-PIB. Przy jej opracowaniu wykorzystano wcześniejsze prace dotyczące prognozowania zagrożenia plantacji chmielu mączniakiem rzekomym prowadzone w IUNG-PIB [Solarska, Dwornikiewicz i in. 1998, 1998], zwłaszcza algorytm modelu rozwoju mączniaka rzekomego. Novum aplikacji stanowi:

- zastąpienie architektury wiążącej stację meteorologiczną z komputerem użytkownika przez architekturę klient-serwer,
- zastąpienie pojedynczej stacji meteorologicznej Modułem Pogodowym, pozyskującym dane z całej sieci stacji agrometeorologicznych IUNG-PIB.

Rozwiązanie takie uwalnia użytkowników od konieczności posiadania własnej stacji, umożliwia szybki dostęp do informacji pochodzących z wielu lokalizacji i wykonywanie porównań. Tym sposobem lokalny system sygnalizacji staje się systemem o zasięgu krajowym. Jednocześnie, dzięki udostępnieniu danych pogodowych w formacie ProgChmiel uzyskano następujące korzyści:

- obniżono znacznie pracochłonność budowy aplikacji przez uniknięcie powielania już istniejącego kodu,
- podtrzymano dostępność do zaawansowanych funkcji modelu mączniaka rzekomego udostępnianych przez system ProgChmiel,
- uniknięto powstania sytuacji, w której nowa aplikacja stanowiłaby konkurencję dla wcześniej opracowanego oprogramowania,
- stworzono warunki do dalszego stosowania systemu ProgChmiel, a nawet do jego upowszechnienia.

Należy nadmienić, że szersze upowszechnienie opisanej aplikacji oraz systemu ProgChmiel może przynieść znaczne oszczędności w produkcji chmielarskiej w skali kraju. Aplikacja może stać także komponentem integrowanej ochrony chmielu w kraju, co przyczyni się do wypełnienia wymagań UE w tym względzie [Nieróba 2009].

Bibliografia

- Dwornikiewicz J., Pietruch Cz., Kozyra J.** (2008): System sygnalizacji zagrożenia plantacji chmielu przez mączniaka rzekomego. *Studia i raporty IUNG-PIB*, 13, 121-129.
- Gent, D. H., Ocomb, C. M., Farnsworth, J. L.** (2010): Forecasting and management of hop downy mildew. *Plant Disease* 94, 425-431.
- Kozyra J., Dwornikiewicz J., Nieróba A., Pietruch Cz.** (2007): Agrometeorologiczny system ochrony plantacji chmielu przed mączniakiem rzekomym (*Pseudoperonospora humuli* Miy. et Tak.). *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 3(37), 48-54.
- Kremheller H. Th., Diercks R.** (1983): Epidemiologie und Prognose des Falschen Mehltaus (*Peudoperonospora humuli*) an Hopfen. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 90, 599-616.
- Kuboń M.** (2007): Poziom wyposażenia i wykorzystania elementów infrastruktury informatycznej w gospodarstwach o różnym typie produkcji rolniczej. *Inżynieria Rolnicza*, 9(97), 95-102.
- Mavi H.S., Tupper G.J.** (2004): *Agrometeorology: Principles and Applications of Climate Studies in Agriculture*. Food Products Press, New York, ISBN 1-56022-972-1.
- Nieróba A.** (2009): Systemy wspomaganie decyzji w ochronie roślin jako element integrowanej produkcji. *Studia i raporty IUNG-PIB*, 16, 31-44.
- Nieróba A., Zaliwski A.S., Horoszkiewicz-Janka J.** (2010): Rozwój internetowego systemu wspomaganie decyzji w ochronie zbóż. *Inżynieria Rolnicza*, 7(125), 167-173.
- Solarska E.** (1988): Zwalczenie mączniaka rzekomego chmielu na podstawie prognozowania porażenia. *Instrukcja wdrożeniowa*, 155/88, IUNG, Puławy.

- Solarska E.** (1989): Prognozowanie i sygnalizacja występowania mączniaka rzekomego chmielu. Instrukcja upowszechnieniowa, 27/89, IUNG, Puławy.
- Zaliwski A.S.** (2009): Organizacja modułu pogodowego krajowego systemu doradztwa w zakresie zrównoważonej produkcji roślinnej. Studia i raporty IUNG-PIB, 16, 107-117.
- Downy mildew of hop (on-line), Wallingford, Oxfordshire, UK, Centre for Agricultural Bioscience International (CABI), dostęp [27-06-2012], Dostępny w Internecie: <http://www.plantwise.org/?dsid=45245&loadmodule=plantwisedatasheet&page=4270&site=234>

DOWNY MILDEW DEVELOPMENT MODEL (PSEUDOPERONOSPORA HUMULI) – INTERNET APPLICATION

Abstract. An Internet application for the estimation of the risk from downy mildew in hop gardens is presented. The downy mildew development model, elaborated at the Hop Institute in Hüll (Bavaria in Germany) and validated in Poland in 1988 was used in the application. The risk is estimated on the basis of an analysis of the conditions favourable for the disease development, determined by the so-called five-day risk index. To calculate the index daily weather data are used (temperature, relative air humidity and precipitation sum). The application calculates the risk index for the latest eleven days from the data from 27 IUNG-PIB's agro-meteorological stations. The users are presented with a graph of the risk index values, after having selected a station from the map or from the drop-down list. In the case of the index being equal to or greater than the critical value of 500 pt in the last eleven consecutive days, the model recommends performing a protection treatment. For the selected stations the text files with weather data in the ProgChmiel DSS format are available. These can be utilised for a more comprehensive analysis of the conditions conducive to the development of downy mildew.

Key words: downy mildew, plant protection model, weather data, decision support system, Internet database application

Adres do korespondencji:

Andrzej Zaliwski; e-mail: andrzej.zaliwski@iung.pulawy.pl
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy