

ANDRZEJ WÓJTOWICZ, MARIA PASTERNAK,
MACIEJ ZACHARCZUK, IZABELA MROCZEK¹

Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu

SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE PODEJMOWANIE DECYZJI W OCHRONIE ROŚLIN – WYZWANIE DLA NAUKI I DORADZTWA ROLNICZEGO

Nadesłany: 17.07.2015 Zaakceptowany do druku: 15.12.2015

1. Wstęp

Podstawowym założeniem integrowanej ochrony roślin jest ograniczenie stosowania metody chemicznej do sytuacji, w których inne metody nie gwarantują skutecznej redukcji zagrożenia upraw ze strony agrofagów. Wiarygodna informacja na temat poziomu zagrożenia roślin uprawnych jest szczególnie przydatna odnośnie do patogenów charakteryzujących się krótkim cyklem infekcyjnym, kiedy genetyczna odporność roślin nie stanowi wystarczającej bariery przed skutkami ich wystąpienia. Klasycznym przykładem patogena o krótkim cyklu infekcyjnym jest *Phytophthora infestans*, sprawca zarazy ziemniaka, który potrzebuje zaledwie kilku dni na wytworzenie kolejnej generacji zarodników propagacyjnych. Krótkim cyklem infekcyjnym charakteryzują się również grzyby rdzawnikowe. W sprzyjających warunkach środowiskowych kolejne generacje urediniospor *Puccinia recondita* f. sp. *recondita* sprawcy rdzy brunatnej żyta oraz *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* sprawcy rdzy brunatnej pszenicy i pszenżyta pojawiają się po 7-8 dniach od infekcji [Magarey i Borchert 2003, Eyal i Peterson 1967, Tomerlin i wsp. 1983., Broers i Wallenburg 1989]. Tempo wytwarzania kolejnych generacji zarodników propagacyjnych należy obok efektywności infekcji do najważniejszych czynników decydujących o rozmiarach epifitoz. Oba czynniki modyfikowane są warunka-

¹ Wkład pracy: Andrzej Wójtowicz – 55%, Maria Pasternak – 15%, Maciej Zacharczuk – 15%, Izabela Mroczek – 15%.

mi środowiskowymi, wśród których decydujące znaczenie odgrywają warunki meteorologiczne. Przedstawienie w formie równań matematycznych wzajemnych relacji występujących pomiędzy rośliną, patogenem, a warunkami środowiskowymi stanowi fundament opracowania systemów wspomagających podejmowanie decyzji w ochronie roślin. Korzystanie z tych narzędzi pozwala skutecznie zredukować zagrożenie roślin porażeniem przez patogeny bez ryzyka nieuzasadnionego stosowania środków ochrony roślin. Kolejną zaletą stosowania systemów wspomagających podejmowanie decyzji w ochronie roślin jest możliwość ograniczenia kosztów prowadzenia lustracji polowych, co jest szczególnie cenne z punktu widzenia doradców rolnych. Wykorzystanie Internetu do przekazywania wyników działania modeli matematycznych pozwala doradcom efektywnie monitorować zagrożenie roślin na wielu niejednokrotnie oddalonych od siebie plantacjach. Modele matematyczne są źródłem cennych informacji o zmienności zagrożenia upraw nie tylko w przestrzeni, ale również w czasie, co przez doradców może być wykorzystane przy podejmowaniu decyzji o lokalizacji plantacji, poziomie nawożenia oraz doborze odmian.

2. Cel i zakres pracy

Celem pracy jest omówienie dotychczasowych osiągnięć środowisk naukowych i doradców rolnych w badaniach i upowszechnianiu systemów wspomagających podejmowanie decyzji w ochronie roślin w Wielkopolsce oraz przedstawienie propozycji dalszego rozwoju modelowania matematycznego rozwoju patogenów.

3. Osiągnięcia w badaniach

Badania nad systemami wspomagającymi podejmowanie decyzji w ochronie roślin rolniczych rozpoczęto w Wielkopolsce w drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia. Pierwsze prace realizowane w latach 1997-1998 dotyczyły oceny wiarygodności wybranych systemów przeznaczonych do wspomagania decyzji w ochronie ziemniaka przed *P. infestans*. W tych badaniach prowadzonych z zastosowaniem różniących się pod względem odporności na *P. infestans*, uwzględniono system NegFry [Hansen i wsp. 1995] oraz metodę Stephena [Stephan 1968] i uproszczony system meteorologiczny. Uzyskano wyniki, które wskazały na konieczność kalibracji systemu NegFry polegającej na obniżeniu progowych wartości skumulowanych jednostek infekcyjnych [Wójtowicz i Piekarczyk 1998]. Do tej pory zalecana wartość skumulowanych jednostek infekcyjnych wynosiła 160, a od roku 1999 ocenę systemu NegFry prowadzono z uwzględnieniem wartości wynoszącej 130. W latach 1999-2000 porównano rezultaty ochrony che-

micznej prowadzonej rutynowo z efektami stosowania systemu NegFry, systemu Simphyt [Kluge i Gutsche 1990] oraz metody Stefana. W tych badaniach oceniono wiarygodność analizowanych systemów w prognozowaniu terminu wystąpienia pierwszych objawów zarazy ziemniaka oraz wpływ zastosowanej ochrony chemicznej na porażenie bulw, plony oraz opłacalność produkcji ziemniaka. Za każdym razem wyznaczony za pomocą analizowanych systemów termin pierwszego w sezonie zabiegu przeciwko *P. infestans* przypadał przed terminem wystąpienia objawów chorobowych na poletkach kontrolnych. Każdego roku liczba zabiegów na poletkach chronionych według zaleceń definiowanych z wykorzystaniem systemów była niższa od liczby zabiegów na poletkach chronionych rutynowo (tabela 1) [Wójtowicz 2002].

Tabela 1

**Liczba zabiegów fungicydami przeciw *P. infestans*
na odmianie Bekas i Mila**

Rok	Liczba zabiegów według systemów							
	Simphyt		NegFry		Stephana		Rutynowy	
	Bekas	Mila	Bekas	Mila	Bekas	Mila	Bekas	Mila
1999	5	5	5	5	5	5	6	6
2000	6	6	6	6	7	7	9	9
2001	6	8	5	6	5	6	6	9
Razem	17	19	16	17	17	18	21	24

Źródło: Wójtowicz A. Porównanie czterech systemów wspierających podejmowanie decyzji w prognozowaniu terminów występowania oraz zwalczania zarazy ziemniaka [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary] 2002. Rozprawa doktorska. Instytut Ochrony Roślin, Poznań.

Porażenie bulw na poletkach chronionych rutynowo i z zastosowaniem systemów nie różniło się istotnie natomiast odnotowano różnicujący wpływ ochrony chemicznej na opłacalność produkcji szacowaną z wykorzystaniem wskaźnika pokrycia kosztów. Najbardziej opłacalnym systemem okazał się system NegFry. Wysokość wskaźnika pokrycia kosztów ochrony poletek traktowanych według wskazań tego systemu była istotnie wyższa od wartości tego wskaźnika obliczonego dla kombinacji chronionych na podstawie zaleceń systemów Stephana i Rutynowego (tabela 2) [Wójtowicz i wsp. 2004]. Wyniki przedstawionej kalkulacji są zbieżne z rezultatami badań innych autorów, którzy wykazali, że zastosowanie systemów wspomagających podejmowanie decyzji w ochronie ziemniaka generowało zmniejszenie liczby zabiegów, a tym samym obniżenie kosztów ochrony

chemicznej zapewniając jednocześnie uzyskanie plonów nie odbiegających od otrzymanywanych na plantacjach z większą liczbą zabiegów, chronionych rutynowo [Hinds 2000, Bugiani i wsp. 2000, Spits i Wander 2001, Leonard i wsp. 2001].

Oprócz walidacji systemów wspomagających podejmowanie decyzji w ochronie roślin, podjęto badania ukierunkowane na opracowanie modeli matematycznych opisujących wzajemne relacje występujące pomiędzy rośliną, patogenem i warunkami środowiska. W Instytucie Ochrony Roślin – PIB największej uwagi w tego rodzaju badaniach poświęcono do tej pory analizie wpływu warunków środowiskowych na porażenie zbóż grzybami z gatunku *Puccinia recondita*. Przeprowadzone w latach 2010-2011 eksperymenty w warunkach kontrolowanych pozwoliły na opisanie wpływu temperatury na długość okresu inkubacji rdzy brunatnej pszenicy. Opracowany na podstawie tych doświadczeń realizowanych w warunkach kontrolowanych model matematyczny został pozytywnie zweryfikowany w serii eksperymentów realizowanych w warunkach quasi-naturalnych [Wójtowicz 2012].

Tabela 2

Ekonomiczna efektywność ochrony chemicznej ziemniaka prowadzonej z zastosowaniem systemów wspomagających podejmowanie decyzji w Winnej Górze w latach 1999-2001

Odmiana/ system	Wskaźnik pokrycia kosztów								
	1999		2000		2001		1999-2001		
Odmiana	Bekas	5.44	A	3.01	A	6.04	A	4.83	A
	Mila	4.57	A	2.75	A	4.68	B	4.00	B
System	Simphyt	5.72	ab	3.27	ab	5.05	a	4.68	ab
	NegFry	6.65	a	3.60	a	5.65	a	5.30	a
	Stephana	3.45	b	2.65	bc	5.67	a	3.93	bc
	Rutynowy	4.18	b	2.01	c	5.06	a	3.75	c

Średnie w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie wg testu Tukeya (Wielkie litery zastosowano przy porównaniu odmian ziemniaka a małe przy porównaniu systemów).

Źródło: Wójtowicz A. Porównanie czterech systemów wspierających podejmowanie decyzji w prognozowaniu terminów występowania oraz zwalczania zarazy ziemniaka [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary] 2002. Rozprawa doktorska. Instytut Ochrony Roślin, Poznań.

Pozytywny wynik odnotowano również w badaniach nad wpływem temperatury na długość okresu inkubacji rdzy brunatnej żyta oraz w doświadczeniach nad wpływem zwilżenia liści i temperatury na efektywność infekcji *Puccinia recondita f. sp. recondita* [Wójtowicz 2013]. Z uwagi na ścisłe relacje występujące pomiędzy efektywnością infekcji i kiełkowaniem zarodników podjęto w 2012 r.

badania ukierunkowane na określenie wpływu temperatury na kiełkowanie zarodników *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. Uzyskane w warunkach kontrolowanych wyniki przeprowadzonych eksperymentów pozwoliły na matematyczne opracowanie analizowanych zmiennych [Wójtowicz i wsp. 2013].

4. Osiągnięcia w upowszechnianiu

Stosowana z powodzeniem w wysoko rozwiniętych krajach Ameryki Północnej oraz Europy Zachodniej metoda upowszechniania informacji o zagrożeniu upraw za pośrednictwem Internetu zyskała uznanie również w Polsce. Pierwsze próby wykorzystania tej technologii w dziedzinie ochrony roślin w Polsce podjęto w latach 2001-2002 w ramach współpracy wiodących polskich instytutów naukowych związanych z rolnictwem (IOR, IHAR i IUNG) z Duńskim Instytutem Nauk Rolniczych. Efektem tej współpracy było opracowanie internetowej aplikacji komputerowej przeznaczonej do wyznaczania terminu pierwszego zabiegu zwalczania sprawcy zarazy ziemniaka na podstawie wskazań modelu matematycznego Ullricha i Schrödtera (1966). Początkowo model generował wyniki na podstawie danych rejestrowanych z wykorzystaniem 40 stacji meteorologicznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej rozmieszczonych w przeważającej liczbie w dużych miastach. Od 2009 rozpoczęto systematyczną rozbudowę sieci stacji meteorologicznych lokalizowanych w sąsiedztwie plantacji ziemniaka. Realizację tego zadania zainaugurowano podłączeniem do systemu siedmiu stacji zakupionych przez Zrzeszenie Plantatorów i Producentów Ziemniaka w Luboniu. Do 2012 r. w systemie działało kilkanaście takich stacji, a największy postęp w rozbudowie sieci polowych stacji meteorologicznych na terenie Wielkopolski odnotowano za sprawą Wielkopolskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Poznaniu (WODR), który w 2013 r. sfinansował zakup i podłączenie do systemu 39 polowych stacji meteorologicznych. Od tego czasu systematycznie podłączane są kolejne stacje. Aktualnie WODR w Poznaniu jest właścicielem 52 stacji meteorologicznych.

Tabela 3

Liczba polowych stacji meteorologicznych w Wielkopolsce podłączonych do systemu internetowego (stan na czerwiec 2015 r.)

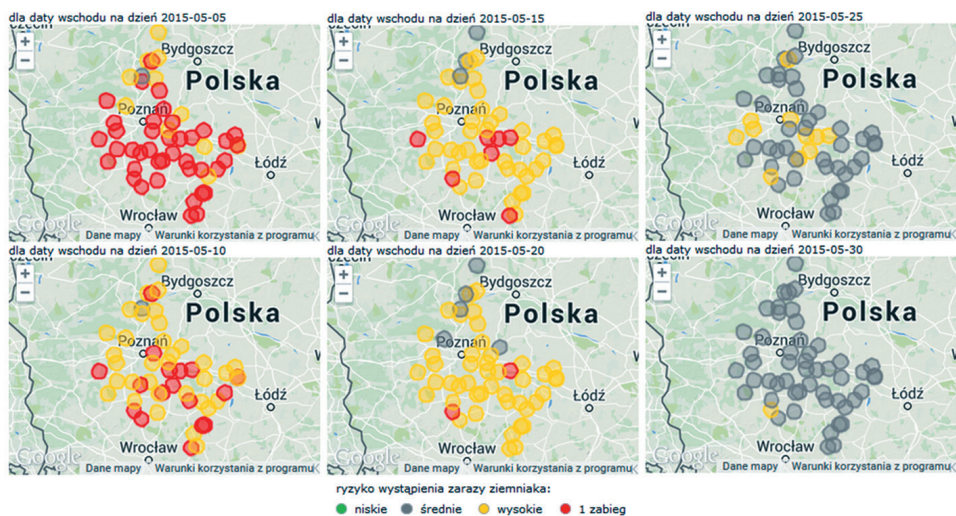
Instytucja	Liczba polowych stacji meteorologicznych
Instytut Ochrony Roślin	1
Wielkopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Poznaniu	52
Zrzeszenia plantatorów oraz rolnicy indywidualni	15
Razem:	68

Źródło: Dane udostępnione przez Wielkopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego.

Równoległe do rozbudowy sieci stacji meteorologicznych podjęto wysiłki ukierunkowane na opracowanie aplikacji internetowej do przekazywania informacji o nasileniu rozwoju objawów chorobowych zarazy ziemniaka i zorganizowaniu zespołu odpowiedzialnego za realizację tego zadania. Liczba reporterów przekazujących informacje o porażeniu wybranych plantacji ziemniaka zwiększyła się z dziewięciu w 2009 r. do około 30 w 2014 r. Najnowszym osiągnięciem w zakresie upowszechniania ochrony roślin prowadzonej z wykorzystaniem systemów wspomagających podejmowanie decyzji jest internetowa wersja systemu NegFry dostępna od 2014 r. na stronie WODR pod adresem <http://www.wodr.poznan.pl/> (rysunek 1, 2). Aplikacja ta pozwala w prosty sposób monitorować wyniki obliczeń prowadzonych z zastosowaniem modelu oraz umożliwia powiadamianie odbiorców drogą elektroniczną (email i sms). Zaproponowane rozwiązanie nie wymaga instalacji odrębnego oprogramowania. Do pracy wystarczy przeglądarka internetowa i telefon komórkowy. Po zalogowaniu w aplikacji potencjalni użytkownicy systemu uzyskują dostęp do wyników działania modelu, prezentowanych w formie tekstowej i graficznej.

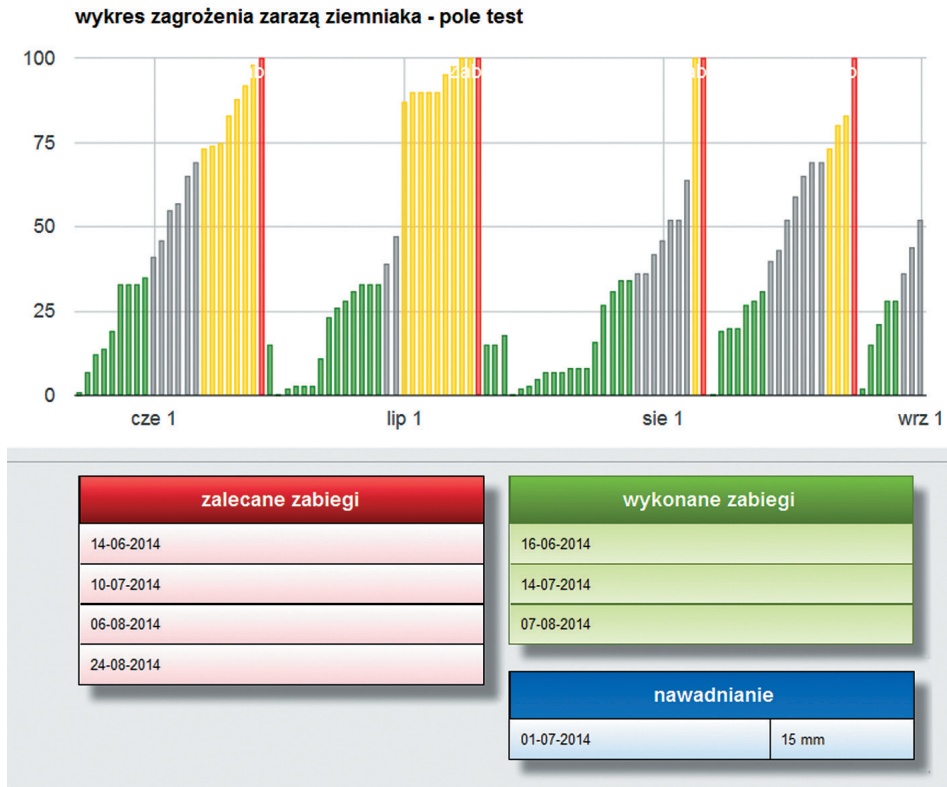
Rysunek 1

Przykładowa mapa prognozy negatywnej



Źródło: „Zrzut z ekranu” w 2015 r.

Przykładowe wyniki działania modelu



Źródło: „Zrzut z ekranu” w 2015 r.

5. Perspektywy rozwoju

Upowszechnienie w ostatnich latach dostępu do Internetu stwarza przesłanki do wykorzystania na szerszą skalę tego narzędzia do przekazywania informacji na temat zagrożenia upraw. W Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej Internet jest wykorzystywany do tego celu od kilkadziesiąt lat. Kilkunastoletnim doświadczeniem w dziedzinie wykorzystania sieci komputerowej do przekazywania wyników symulacji rozwoju agrofagów mogą poszczycić się przodujące pod względem rozwoju gospodarczego kraje Europy Zachodniej. Na szczególną uwagę zasługują osiągnięcia niemieckie uwieńczone opracowaniem Systemu Informacyjnego dla potrzeb Integrowanej Produkcji Roślin, który wspomaga podej-

mowanie decyzji w ochronie roślin na podstawie wskazań kilkadziesiątu włączonych do systemu modeli rozwoju agrofagów [Roehrig i Sander 2004]. W Polsce znaczący postęp w dziedzinie stosowania systemów wspomagających podejmowanie decyzji w ochronie upraw rolniczych przyniosła współpraca Duńskiego Instytutu Nauk Rolniczych z Instytutem Ochrony Roślin, Instytutem Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa oraz Instytutem Aklimatyzacji i Hodowli Roślin, której wymiernym efektem było opracowanie w formie internetowej aplikacji komputerowej modelu Ulricha i Schrödera. Producenci ziemniaka otrzymali narzędzie umożliwiające wyznaczenie optymalnego terminu pierwszego w sezonie zabiegu przeciwko *Phytophthora infestans*. Kolejnym ważnym osiągnięciem w zakresie zastosowania modeli matematycznych w ochronie roślin było udostępnienie producentom rolnym w Wielkopolsce internetowej wersji systemu NegFry, który służy do wspomagania decyzji w okresie od wschodów do zbioru ziemniaka. Zaawansowane są również prace ukierunkowane na matematyczne opracowanie zależności występujących pomiędzy warunkami meteorologicznymi, a patogenami zbóż i rzepaku. W Instytucie Ochrony Roślin-PIB opracowano model szacujący ryzyko infekcji żyta przez *Puccinia recondita* f. sp. *recondita* sprawcę rdzy brunatnej żyta, a w Instytucie Genetyki Roślin podjęto badania nad modelowaniem cykli życiowych sprawców suchej zgnilizny roślin kapustnych. W najbliższej przyszłości planowane jest przekazanie wyników tych badań do praktyki rolniczej. Bogatsza oferta w zakresie wspomagania decyzji w ochronie roślin z zastosowaniem modeli matematycznych jest przygotowana dla producentów owoców i warzyw. Przykładowo pod adresami www.sadownictwo.agro.pl oraz www.warzywnictwo.agro.pl udostępniono modele matematyczne do sygnalizacji zabiegów przeciwko sprawcom sześciu chorób owoców (*Venturia inaequalis*, *Monilinia laxa*, *Blumeriella jaapi*, *Botrytis cinerea*, *Sphaerotheca maculari*, *Phytophthora cactorum*) i dziewięciu chorób warzyw (*Alternaria dactylospora*, *Alternaria Radęcina*, *Peronospora destructor*, *Botrytis alli*, *Botrytis squamosa*, *Colletotrichum atramentarium*, *Alternaria solani*, *Oidium lycopersicum*, *Septoria lycopersici*) [Zachwieja i Sawinska 2013]. Niestety producenci zbóż, rzepaku, buraka oraz innych upraw polowych są w trudniejszej sytuacji. Ich potrzeby w zakresie przekazywania za pośrednictwem Internetu informacji o konieczności podejmowania chemicznej ochrony upraw nie są zaspokajane w stopniu zadowalającym. Istnieje więc potrzeba podjęcia wysiłków umożliwiających zmniejszenie dystansu pomiędzy Polską i przodującymi w dziedzinie wykorzystania Internetu w ochronie roślin, krajami Ameryki Północnej i Europy Zachodniej. Realizację tak sformułowanego zadania należy rozpocząć od stworzenia warunków umożliwiających intensyfikację badań ukierunkowanych na opracowanie modeli matematycznych szacujących zagrożenie upraw ze strony agrofagów. Realizację tego

celu powinno przyspieszyć utworzenie **Wielkopolskiego Centrum Systemów Wspomagających Podejmowanie Decyzji w Ochronie Roślin** składającego się z dwóch współpracujących jednostek: Centrum Modelowania Rozwoju Patogenów oraz Centrum Oprogramowania, Walidacji i Upowszechniania Systemów Doradczych.

5.1. Utworzenie Centrum Modelowania Rozwoju Patogenów

Obecnie najwłaściwszym miejscem w Wielkopolsce do utworzenia Centrum Modelowania Rozwoju Patogenów jest Instytut Ochrony Roślin – PIB w Poznaniu. Zatrudniona w Instytucie kadra z bogatym doświadczeniem w prowadzeniu badań ukierunkowanych na opracowanie modeli matematycznych rozwoju patogenów jest gwarancją osiągnięcia założonych celów. Dodatkowym czynnikiem przemawiającym za lokalizacją Centrum Modelowania Rozwoju Patogenów w Instytucie Ochrony Roślin są istniejące w Instytucie laboratoria, wyposażone w sprzęt umożliwiający przygotowywanie inokulum i pożywek oraz przechowywanie i identyfikację patogenów.

Aktualnie największą przeszkodą w rozwoju modelowania wpływu warunków środowiskowych na wzajemne zależności występujące pomiędzy rośliną, a patogenem jest brak sprzętu wymaganego do prowadzenia badań w warunkach kontrolowanych. W związku z powyższym Centrum Modelowania Rozwoju Patogenów winno być w pierwszej kolejności wyposażone w kabiny klimatyczne, umożliwiające regulacje w szerokim zakresie wartości analizowanych parametrów. Badania w warunkach kontrolowanych umożliwią zdobycie informacji o przebiegu procesu chorobowego na roślinie w różnych warunkach uwzględnionych w doświadczeniu. Im szerszy zakres wartości zastosowanych parametrów tym pełniejszy obraz reakcji rośliny i patogena na badane czynniki. Z uwagi na potrzebę szybkiego gromadzenia wyników oraz nieliniowy charakter reakcji patogenów na większość analizowanych czynników stymulujących ich rozwój, zasadnym wydaje się prowadzenie badań w kilku kabinach jednocześnie. O zaletach takiego podejścia świadczą licznie prezentowane w literaturze pozytywne rezultaty badań nad wpływem warunków meteorologicznych na rozwój patogenów. Przykładowo doświadczenia ukierunkowane na opracowanie modelu infekcji truskawki przez *Mycosphaerella fragariae* prowadzono w siedmiu temperaturach z zakresu 5-35°C [Carisse i swp. 2000]. Również w siedmiu temperaturach w zakresie 5-35°C realizowane były eksperymenty zwieńczone opracowaniem modelu szacującego względną wartość infekcji rdzy brunatnej i rdzy żółtej pszenicy [De Vallavieille-Pope 1995]. Podobne podejście zastosowano w badaniach realizowanych w siedmiu temperaturach z zakresu 3,6-34°C ukierunkowanych na opracowanie modelu inkubacji rdzy żółtobłowej na

życicy trwałej i kostrzewie trzcinowej [Pfender 2000]. Lektura przytoczonych powyżej publikacji jednoznacznie potwierdza przydatność stosowania kabin klimatycznych w badaniach ukierunkowanych na opracowanie modeli rozwoju patogenów. W tym miejscu należy podkreślić, że szeroki zakres wartości analizowanych parametrów w badaniach prowadzonych z wykorzystaniem kabin klimatycznych pozwala, w porównaniu do modeli rozwoju patogenów uzyskanych wyłącznie na podstawie wyników doświadczeń polowych, pełniej scharakteryzować zależności występujące pomiędzy rośliną, patogenem i warunkami środowiska.

5.2. Utworzenie Centrum Oprogramowania, Walidacji i Upowszechniania Systemów Doradczych

Doskonałym miejscem w Wielkopolsce do utworzenia Centrum Oprogramowania, Walidacji i Upowszechniania Systemów Doradczych jest Wielkopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Poznaniu oraz jego Centra Integrowanej Ochrony Roślin w Sielinku, Marszewie i Gołaszynie. Dotychczasowe osiągnięcia informatyków z WODR w Poznaniu w dziedzinie zastosowań Internetu w przekazywaniu informacji producentom rolnym, zwieńczone opracowaniem internetowej wersji systemu NegFry przemawiają za skoncentrowaniem w tej instytucji prac programistycznych ukierunkowanych na opracowanie systemów doradczych dla rolnictwa. W tym miejscu należy podkreślić, że opracowanie aplikacji komputerowej nie kończy prac programistycznych. System wymaga bowiem ciągłej konserwacji oraz dostosowywania do nowych możliwości jakie niesie rozwój informatyki.

Równie ważnym, jak prace programistyczne, zadaniem przewidzianym do realizacji w Centrum jest ocena wiarygodności opracowanych modeli. Wszelkoniem przygotowani do rozwiązywania kompleksowych problemów produkcji rolniczej pracownicy WODR zatrudnieni w Centrach Integrowanej Ochrony Roślin w Sielinku, Marszewie i Gołaszynie po odpowiednim przeszkoleniu specjalistycznym będą mogli prowadzić doświadczenia polowe w powtórzeniach gwarantujące prezentację wyników badań nad wiarygodnością opracowanych modeli z wykorzystaniem osiągnięć statystyki. Prawidłowe prowadzenie doświadczeń polowych wymaga spełnienia dwóch warunków. Pierwszy to przygotowanie pracowników do prowadzenia tego rodzaju badań, a drugi to wyposażenie stacji w nowoczesny sprzęt. Jakość doświadczeń polowych w dużej mierze warunkują narzędzia do uprawy roli, siewu, ochrony roślin oraz zbioru. Kolejnym elementem odgrywającym istotną rolę w doświadczeniach polowych jest terminowe prowadzenie obserwacji i systematyczna dokumentacja uzyskanych wyników. Tradycyjne podejście oparte na wzrokowej ocenie objawów chorobowych jest

najbardziej rozpowszechnionym sposobem monitoringu epifitoz wykorzystywanym w badaniach polowych. Z uwagi na dużą pracochłonność tej metody oraz niedoskonałości wynikającej z subiektywnej oceny badacza, wskazane jest weryfikowanie uzyskanych w ten sposób wyników innymi metodami. Na szczególną uwagę zasługuje prowadzenie monitoringu z wykorzystaniem bezzałogowych pojazdów powietrznych wyposażonych w kamery hiperspektralne, które mogą znacząco przyczynić się do zgromadzenia w stosunkowo krótkim czasie dużej liczby danych umożliwiających wszechstronną ocenę prowadzonych eksperymentów. Wyposażenie placówek badawczych w nowoczesny sprzęt stanowi obok kwalifikacji pracowników najważniejszy warunek uzyskiwania wiarygodnych rezultatów prowadzonych badań oraz odgrywa znaczącą rolę w procesie ich wdrażania do praktyki rolniczej.

6. Podsumowanie

Dotychczasowe osiągnięcia w zakresie badania przydatności oraz praktycznego stosowania w Wielkopolsce systemów wspomagających podejmowanie decyzji w ochronie roślin są efektem ścisłej współpracy środowisk naukowych, doradców oraz producentów rolnych. Rosnące zainteresowanie rolników prowadzeniem ochrony roślin z wykorzystaniem systemów wspomagających podejmowanie decyzji wskazuje na potrzebę zwiększenia tempa realizacji tego zadania. Duże nadzieje na przyspieszenie prac ukierunkowanych na upowszechnianie ochrony roślin z zastosowaniem aplikacji komputerowych opracowanych z wykorzystaniem modeli rozwoju patogenów wiąże się z utworzeniem Centrum Modelowania Rozwoju Patogenów oraz Centrum Oprogramowania, Walidacji i Upowszechniania Systemów Doradczych. W tym miejscu warto przypomnieć, że przekazanie do praktyki rolniczej w Niemczech systemu informacyjnego dla potrzeb Inegrowanej Produkcji Roślin poprzedzone zostało utworzeniem Centrum Oprogramowania i Systemów Decyzyjnych w Bad Kreuznach, a koszty realizacji tego przedsięwzięcia w latach 2001-2004 przekroczyły 5 000 000 euro. Odnotowane w Niemczech bezsporne sukcesy w dziedzinie upowszechniania ochrony roślin prowadzonej z wykorzystaniem modeli matematycznych opisujących wzajemne relacje występujące pomiędzy rośliną, patogenem i środowiskiem wskazują na konieczność inwestowania w ten kierunek rozwoju rolnictwa również w Polsce.

LITERATURA

1. 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.
2. Bugiani R., Giovani P., Cobelli L. (2000). Field evaluation of the combined use of IPI and different forecasting criteria for potato late blight control. PAV-Special Report No. 6:266-275.
3. Carisse O., Bourgeois G., Duthie J. A. (2000): Influence of temperature and leaf wetness duration on infection of strawberry leaves by *Mycosphaerella fragariae*. *Phytopathology* 90: 1120-1125.
4. De Vallavieille-Pope C., Huber L., Leconte M., Goyeau H. (1995): Comparative effects of temperature and interrupted wet periods on germination, penetration, and infection of *Puccinia recondita* f. sp. *Triticici* and *P. striiformis* on wheat seedlings. *Phytopathology* 85: 409-415.
5. Eyal Z., Peterson J. (1967): Uredospore production of five races of *Puccinia recondita* Rob. Ex Resm. as affected by light and temperature. *Can. J. Bot.* 45: 537–540.
6. Hansen J. G., Andersson B., Hermansen A. (1995): NEGFY – a system for scheduling chemical control of late blight in potatoes. Proceedings „PHYTOPHTHORA 150 Sesquicentennial Scientific Conference, Dublin, Ireland, Boole Prese Ltd.
7. Hinds H. (2000). Using disease forecasting to reduce fungicide input for potato blight in the UK. PAV-Special Report No. 6:83-90.
8. Kleinhenz B., Jörg E. (1999): Validation of Simphyt I/II – A decision support system for late blight control in Germany. PAV-Special Report No. 5:115-128.
9. Kluge E., Gutsche V. (1990): Krautfäuleprognose mittels Simulationsmodell – Ergebnisse der Anwendung 1982 bis 1988. *Arch. Phytopathol. Pflanzenschutz*, 26 3:265-281.
10. Leonard R., Dowley L., Rice B., Ward S. (2001). The use of decision support systems in Ireland for the control of late blight. PAV-Special Report No. 7:91-98.
11. Magarey R., Borchert D. (2003): Pest assessment: *Puccinia tritici*, (Wheat leaf rust). http://www.nappfast.org/pest%20reports/wheat_rust%20.pdf. Accessed: 10.03.2013.
12. Pfender W. F. (2001): A temperature-based model for latent-period duration in stem rust of perennial ryegrass and tall fescue. *Phytopathology* 91:111-116.
13. Roehrig, M. & R. Sander (2004): ISIP – online plant protection information in Germany. In: Eds. I. Thysen & A. Hočevár: Online Agrometeorological Applications with Decision Support on the Farm Level. Dina Research Report No. 109. Cost Action 718. p. 41 – 47. Research Centre Foulum, Tjele, Denmark.
14. Spits H. G., Wander J. G. N. (2001). Field evaluation of four support systems for potato late blight in the Netherlands in 2000. PAV-Special Report No. 7:77-90.
15. Stephan S. (1968): Methoden des Warndienst zur gezielten Krautfäulebekämpfung. *Nachr. Deutsch. Pflanzenschutzd. DDR* 22:240-244.
16. 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*. *Phytopathol.* 73: 414–419.
17. Wójtowicz A. (2002): Experiences with Decision Support Systems for the late blight control under polish climatic conditions. PAV-Special Report No 9:229-233.

18. Wójtowicz A. (2012): Opracowanie i walidacja modelu szacującego pojawienie się objawów chorobowych powodowanych przez *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 52 (3):680-683.
19. Wójtowicz A. (2013): Opracowanie i zastosowanie modeli matematycznych do przewidywania ryzyka porażenia żyta ozimego przez *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *recondita* Roberger. Rozprawy Naukowe Instytutu Ochrony Roślin Państwowego Instytutu Badawczego Zeszyt 27; 85 ss.
20. Wójtowicz A., Gwiazdowski R., Kubiak K., Pasternak M. (2013): Wpływ temperatury na kiełkowanie uredyniospor *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 53 (3) 556-560.
21. Wójtowicz A., Lipa J., J., Jörg (2004): Economical effectiveness of Phytophthora infestans control according to decision support systems. Journal of plant protection Research Vol. 44, No 1:538-541.
22. Wójtowicz A., Piekarczyk J. (1998): Porównanie skuteczności wybranych systemów wspierających podejmowanie decyzji w zwalczaniu zarazy ziemniaka. Prog. Plant Protection / Post. Ochr. Roślin Vol. 38, No. 2: 358-361.
23. Zachwieja M, Sawinska Z. (2013): Udostępnienie systemu wspomaganie podejmowania decyzji w zwalczaniu wybranych chorób roślin sadowniczych i warzywniczych w serwisie internetowym jako element integrowanej produkcji Prog. Plant Protection / Post. Ochr. Roślin Vol. 53 No. 4: 878-882.

ANDRZEJ WÓJTOWICZ, MARIA PASTERNAK, MACIEJ ZACHARCZUK,
IZABELA MROCZEK

SYSTEMY WSPOMAGAJĄCE PODEJMOWANIE DECYZJI W OCHRONIE ROŚLIN
– WYZWANIE DLA NAUKI I DORADZTWA ROLNICZEGO.

Słowa kluczowe: *Systemy wspomagające podejmowanie decyzji, perspektywy rozwoju*

STRESZCZENIE

Potrzeby polskich producentów zbóż, rzepaku, buraka oraz innych upraw polowych w zakresie przekazywania za pośrednictwem Internetu informacji o konieczności podejmowania chemicznej ochrony upraw nie są zaspokajane w stopniu zadowalającym. Istnieje więc potrzeba intensyfikacji wysiłków umożliwiających zmniejszenie dystansu pomiędzy Polską i przodującymi w dziedzinie wykorzystania Internetu w ochronie roślin, krajami Ameryki Północnej i Europy Zachodniej. Realizację tak sformułowanego zadania należy rozpocząć od stworzenia warunków umożliwiających intensyfikację badań ukierunkowanych na opracowanie modeli matematycznych szacujących zagrożenie upraw ze strony agrofagów. Realizację tego celu powinno przyspieszyć utworzenie Wielkopolskiego Centrum Systemów Wspomagających Podejmowanie Decyzji w Ochronie Roślin, składającego się z dwóch współpracujących jednostek: Centrum Modelowania Rozwoju Patogenów oraz Centrum Oprogramowania, Walidacji i Upowszechniania Systemów Doradczych.

ANDRZEJ WÓJTOWICZ, MARIA PASTERNAK, MACIEJ ZACHARCZUK,
IZABELA MROCZEK

DECISION SUPORT SYSTEMS IN PLANT PROTECTION – THE CHALLENGES FOR
SCIENCE AND EXTENSSION SERVICE

Keywords: *decision support systems, perspectives for development*

SUMMARY

The needs of Polish farmers in the area of transmission via the Internet the information about optimal dates for pesticide use are not meet satisfactorily. There is therefore an urgent need to make efforts for reducing the distance between Poland and leading, in the field of Internet use in plant protection, countries of North America and Western Europe. Realization of that task should be begun by creating conditions for increasing research aimed at developing mathematical models for estimating the risk of crops from pests. The establishment of the Centre for decision support systems in Plant Protection consisting of two cooperating institutions: Center for the Development of Pathogen Development Modeling and Software Center, Validation and Dissemination of Advisory Systems should speed up realization of this objective.

e-mail: A.Wojtowicz@iorpib.poznan.pl