

Anna Nieróbca

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

SYSTEMY WSPOMAGANIA DECYZJI W OCHRONIE ROŚLIN
JAKO ELEMENT INTEGROWANEJ PRODUKCJI*

Wstęp

W ostatnich latach w całej Europie odchodzi się od intensyfikacji produkcji rolniczej na korzyść produkcji integrowanej (IP). Ideą IP jest dążenie do osiągnięcia równowagi w agroekosystemie poprzez właściwe wykorzystanie postępu technicznego i biologicznego, optymalizację zużycia środków produkcji (nawozów i środków ochrony roślin), łącznie z zabezpieczeniem dobrostanu zwierząt gospodarskich. Zrównoważony rozwój całego gospodarstwa to podstawowa zasada produkcji rolniczej (6, 21, 22).

Wdrożenie zasad integrowanej produkcji z uwzględnieniem integrowanej ochrony roślin w skali kraju obejmuje tylko znikomy odsetek powierzchni przeznaczonych pod uprawę roślin. W okresie 2004–2006 powierzchnia upraw objęta certyfikacją wynosiła zaledwie 26 661 ha, z tego aż 80% to areal zajęty pod uprawę jabłoni. Na pozostałych 20% powierzchni certyfikowanej prowadzona jest produkcja owoców, warzyw i ziemniaka (6). Duży udział jabłek w certyfikowanej produkcji jest efektem wieloletniej współpracy sadowników z pracownikami Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa w Skierniewicach. W efekcie tej współpracy już w roku 1991 został opracowany i wdrożony system integrowanej produkcji owoców, jeszcze zanim Polska stała się członkiem UE (18).

Proces wdrażania integrowanej produkcji dla pozostałych upraw rolniczych jest obecnie w trakcie przygotowań. Szczególnie dużym wyzwaniem dla polskiego rolnictwa jest opracowanie i wdrożenie zasad IP w uprawach zbożowych, których powierzchnia uprawy w kraju wynosi ponad 8 mln ha. W opracowaniach założeń IP dla zbóż istotne jest to, aby korzystać z wyników prowadzonych w kraju badań nad integrowaną produkcją oraz ochroną roślin (21). Na uwagę zasługuje opracowany system wspomaganie decyzji w integrowanej ochronie roślin (8, 9, 21-23, 26, 30, 31). Kilkuletnie doświadczenia zdobyte podczas opracowania i testowania takich systemów mogą stanowić podstawę do opracowania krajowych systemów wspomaganie decyzji. W systemie wspomaganie decyzji zabiegi ochrony roślin są wykonywane,

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.9 w programie wieloletnim IUNG - PIB

gdy istnieje realne zagrożenie ze strony patogenów, co pozwala ograniczyć liczbę zabiegów i ilość stosowanych środków ochrony roślin (2-4, 7-10, 16, 17, 19, 25, 27, 31-33, 35, 36).

Celem pracy było wskazanie roli systemów wspomaganie decyzji w ochronie roślin jako elementu integrowanej produkcji.

Założenia prawne integrowanej produkcji

W Polsce według ustawy o ochronie roślin z 2003 r. nadzór nad integrowaną produkcją prowadzi Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa (29). W dniu 14 czerwca 2007 roku decyzją Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi (cyt. za Gorzałą) integrowana produkcja w rozumieniu art. 5 ust. 1 ustawy o ochronie roślin została uznana za krajowy system jakości żywności.

W Unii Europejskiej w ramach wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania środków ochrony roślin zasady produkcji usankcjonowane zostały Dyrektywą Parlamentu Europejskiego z dnia 13 stycznia 2009 r. (5). Według tych ustaleń wszystkie kraje członkowskie do 2014 roku są zobligowane wprowadzić system integrowanej produkcji do praktyki rolniczej. Ponadto zgodnie z art. 14 tej dyrektywy państwa członkowskie UE powinny podjąć wszelkie działania w celu zachęcania rolników do stosowania systemów ochrony roślin z małym zużyciem preparatów. W szczególności powinny zapewnić usługi doradcze w zakresie integrowanej ochrony roślin oraz umożliwić dostęp użytkownikom do informacji i narzędzi monitorujących występowanie organizmów szkodliwych oraz ułatwić podejmowanie odpowiednich decyzji w zakresie ich zwalczania. Do dnia 30 czerwca 2013 r. państwa członkowskie powinny posiadać opracowane rozwiązania do wdrożenia integrowanej ochrony roślin (5).

W chwili obecnej w naszym kraju zostały opracowane i wdrożone instrukcje integrowanej produkcji dla większości upraw sadowniczych i warzywniczych. Znacznie mniej zaawansowane są prace wdrożeniowe integrowanej produkcji w uprawach rolniczych. Do 2009 roku zatwierdzone zostały przez Inspekcję Ochrony Roślin i Nasiennictwa instrukcje integrowanej produkcji dla: ziemniaka, kukurydzy, rzepaków jarego i ozimego (6, 22). W trakcie opracowań przez pracowników IOR są instrukcje dla zbóż (tab. 1); (21).

Ochrona roślin w integrowanej produkcji upraw rolniczych

Ochrona roślin zawsze zajmowała ważne miejsce w technologii produkcji roślin uprawnych i aktualnie jest ona również strategicznym elementem IP. Każdego roku powszechne stosowanie środków ochrony roślin przyczynia się do wprowadzenia tysięcy ton substancji chemicznych do środowiska (21). Pomimo dużego postępu w technice stosowania zabiegów ochroniarskich i wycofania z produkcji środków ochrony roślin z najbardziej niebezpiecznymi substancjami aktywnymi nadal niewłaściwe zastosowanie środka ochrony roślin stwarza zagrożenie zarówno dla osób wy-

konujących zabiegów, jak i dla środowiska. Obecnie w praktyce rolniczej zastosowanie środków ochrony roślin następuje w sytuacji realnego zagrożenia dla uprawy, a koszty poniesione na ochronę powinny być uzasadnione ekonomicznie. Dyrektywa UE (w

Tabela 1

Ogólne zasady integrowanej ochrony roślin

Nr	Założenia integrowanej ochrony roślin	Realizacja założeń
1.	Zapobieganie występowaniu organizmów szkodliwych lub minimalizowanie ich negatywnego wpływu na rośliny uprawne	<p>Optymalizacja uprawy:</p> <ul style="list-style-type: none"> - dobór właściwego płodozmianu; - stosowanie właściwych technik uprawy (np. zwalczanie chwastów przed siewem lub sadzeniem roślin, optymalizacja terminu i normy wysiewu, stosowanie wsiewek, uprawa bezorkowa i siew bezpośredni); - stosowanie do uprawy kwalifikowanego materiału siewnego i sadzeniowego; - wybór odmian odpornych i tolerancyjnych; - stosowanie zrównoważonego nawożenia, wapnowania i nawadniania/odwadniania; - stosowanie środków higieny (np. regularne czyszczenie maszyn i sprzętu), aby zapobiec rozprzestrzenianiu się organizmów szkodliwych; - stwarzanie warunków dla występowania ważnych organizmów pożytecznych i ich ochrona (np. poprzez stosowanie metod ochrony roślin selektywnych lub wykorzystywanie ekologicznych metod w miejscu produkcji i poza nim).
2.	Monitoring organizmów szkodliwych za pomocą odpowiednich metod i narzędzi	Wykorzystanie dostępnych systemów wspomagających decyzje w ochronie roślin opracowanych na podstawie badań naukowych do: monitoringu pól, ostrzegania i prognozowania zagrożenia i wczesnego diagnozowania zagrożenia, a także korzystanie z doradztwa osób o odpowiednich kwalifikacjach zawodowych.
3.	Podjęcie decyzji o metodzie ochrony roślin i potrzebie stosowania zabiegu na podstawie wyników monitoringu pól	Podstawą decyzyjną są pewne i oparte na solidnych podstawach naukowych progi szkodliwości występowania organizmów szkodliwych, jeśli jest taka możliwość przed zabiegiem ochrony roślin należy uwzględnić wartości progów szkodliwości dla danego regionu, konkretnego obszaru, uprawy i lokalnych warunków pogodowych.
4.	Wykorzystywanie do ochrony roślin w pierwszej kolejności metod przyjaznych dla środowiska	Należy do ochrony roślin wykorzystywać zrównoważone metody biologiczne, fizyczne i inne metody niechemiczne; jeżeli te metody nie zapewnią właściwej ochrony wówczas należy zastosować metody chemiczne.
5.	Stosowanie środków ochrony roślin najmniej szkodliwych dla środowiska	Stosowane środki ochrony roślin muszą być jak najbardziej ukierunkowane na osiągnięcie danego celu (zwalczenie patogena), a jednocześnie powodujące najmniejsze skutki uboczne dla zdrowia ludzi i organizmów niebędących celem zwalczania i dla środowiska (np. stosowanie środków ochrony roślin selektywnie zwalczających danego patogena).
6.	Ograniczenie stosowania środków ochrony roślin do niezbędnego poziomu	Ograniczenie stosowania środków ochrony roślin należy osiągnąć poprzez: zredukowanie dawek, ograniczenie liczby wykonywanych zabiegów, stosowanie dzielonych dawek, a wielkość dawki powinna uwzględniać poziom zagrożenia roślin i ocenę czy interwencje te nie zwiększają ryzyka rozwoju odporności organizmów szkodliwych.

cd. tab. 1

Nr	Założenia integrowanej ochrony roślin	Realizacja założeń
7.	Stosowanie środków ochrony roślin w sposób ograniczający rozwój odporności patogenów roślin w celu zachowania skuteczności tych produktów	Jeżeli wiadomo, że istnieje ryzyko powstania odporności na dany preparat, a nasilenie występowania organizmów szkodliwych wymaga wielokrotnego stosowania środków ochrony roślin w danych uprawach, należy zastosować dostępne strategie przeciwdziałające rozwojowi odporności (np. może to obejmować stosowanie wielu preparatów o różnych mechanizmach działania).
8.	Weryfikacja efektów zastosowanych metod ochrony roślin w praktyce	Należy prowadzić zapisy o przeprowadzonych zabiegach, zastosowanych środkach ochrony roślin oraz organizmach szkodliwych występujących na monitorowanym polu.

Źródło: opracowanie własne na podstawie dyrektywy UE (5).

załączniku III) przedstawia w 8 punktach ogólne zasady integrowanej ochrony roślin (tab. 1); (5):

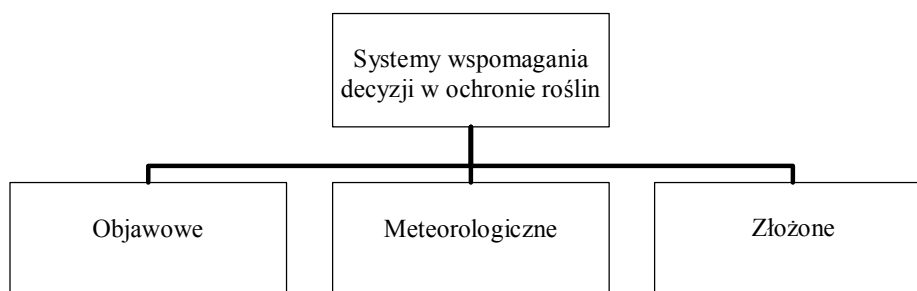
Istotą zaproponowanej integrowanej ochrony roślin jest ograniczenie stosowania środków ochrony roślin do niezbędnego minimum. Według tych założeń do ograniczenia rozwoju populacji chorób, szkodników i chwastów w pierwszej kolejności należy wykorzystać metody bezpieczne dla środowiska (5). Dotychczas według zasad dobrej praktyki ochrony roślin decyzja o potrzebie wykonania zabiegu podejmowana jest na podstawie opracowanych progów ekonomicznej szkodliwości, lecz dawka powinna być zgodna z etykietą (22). Natomiast według dyrektywy EU (załącznik III, punkt 6) należy stosować zredukowane dawki, ograniczyć liczbę wykonywanych zabiegów lub stosować dzielone dawki środków ochrony roślin (5). W obecnej sytuacji prawnej istnieje potrzeba opracowania nowoczesnych programów ochrony roślin według nowych założeń integrowanej ochrony roślin, ze szczególnym uwzględnieniem bezpieczeństwa stosowania środków chemicznych dla zdrowia ludzi i wpływu na środowisko oraz aspektu ekonomicznego użycia tych środków (1, 24).

Systemy doradcze w ochronie roślin

Już w latach dziewięćdziesiątych w krajach takich, jak Niemcy, Anglia i Francja prowadzono prace nad systemami wspomaganie decyzji do oceny celowości i intensywności chemicznych zabiegów ochrony roślin. Dużo badań w tym zakresie prowadzono w Holandii i Danii – w krajach realizujących programy obniżenia zużycia środków ochrony roślin (17). Wieloletnie doświadczenia w użytkowaniu systemów wspomaganie decyzji umożliwiły zorganizowanie krajowych centrów systemów wspomaganie decyzji w ochronie roślin (9, 10, 32).

Termin system wspomaganie decyzji (Decision support system - DSS) jest pojęciem szerokim, obejmuje zarówno proste zasady (prawa) wykorzystywane w podejmowaniu decyzji, takie jak np. progi szkodliwości lub systemy eksperckie, a także

interaktywne programy komputerowe korzystające z baz danych i algorytmów decyzyjnych, które umożliwiają precyzyjnie wyznaczyć termin zabiegu oraz dawkę preparatu na podstawie analizy wielu, często wzajemnie zależnych od siebie, czynników. W ochronie roślin, ze względu na sposób określania potrzeb zastosowania środków ochrony roślin, wyróżnia się trzy kategorie systemów – objawowe, meteorologiczne i złożone (rys. 1); (13).



Rys. 1. Schemat systemów wspomaganie decyzji w ochronie roślin w zależności od sposobu określania potrzeb ochrony

Zródło: Wójtowicz A., 1999 (13).

Elementem operacyjnym każdego zaawansowanego DSS są modele prognozujące: ryzyko wystąpienia agrofagów, potrzebę stosowania zabiegów ochronnych, optymalny termin aplikacji środka ochrony roślin, wybór preparatu i podział jego dawki (7, 9, 19, 20, 36). Informacje dostępne w systemach wspomaganie decyzji oprócz modeli prognostycznych często zawierają dodatkowe informacje przydatne użytkownikom do podejmowania decyzji, takie jak: wyniki lustracji polowych, komentarze pracowników służby ochrony roślin, kompleksowe informacje o patogenach oraz łącza do stron z informacją pogodową (32).

W Polsce w Instytucie Ochrony Roślin prowadzona jest sygnalizacja agrofagów, a informacje z monitorowanych pól uprawnych umieszczone są na stronach internetowych. Dodatkowo system zawiera opisy morfologii, biologii i zwalczania agrofagów, które stanowią pomoc w samodzielnym prowadzeniu monitoringu agrofagów (rys. 2); (<http://stanfit.ior.agro.pl/szukaj/>). Od niedawna uruchomiony jest przez Państwową Inspekcję Ochrony Roślin i Nasiennictwa system sygnalizacji o konieczności stosowania zabiegów ochrony roślin i terminach ich przeprowadzania. Sygnalizacja opiera się na krótkoterminowych prognozach rozwoju chorób i szkodników www.piorin.gov.pl (1).

Wieloletnie badania wskazują, że o efektywności ochrony roślin decyduje w dużym stopniu trafne określenie terminu zabiegu, co często ma większy wpływ na skuteczność zwalczania agrofagów niż wielkość zastosowanej dawki preparatu (7-9, 31).



Rys. 2. Strona internetowa sygnalizacji agrofagów IOR (<http://stanfit.ior.agro.pl/>)
Źródło: opracowanie własne.

Progi szkodliwości agrofagów jako wskaźnik decyzyjny

W praktyce rolniczej progi szkodliwości stanowią najprostszy wskaźnik wykorzystywany w podejmowaniu decyzji o potrzebie wykonania zabiegu ochrony roślin. W ochronie zbóż przed chorobami progi ekonomicznej szkodliwości są zróżnicowane dla faz rozwojowych (34). W zależności od patogena progi szkodliwości wyrażane są w procentach roślin lub liści z pierwszymi objawami sprawców chorób lub procentem porażonej powierzchni liści (tab. 2). Ustalone progi są wartościami orientacyjnymi, nie zawsze odzwierciedlają właściwy poziom zagrożenia i spodziewanych strat plonu przy różnym poziomie produkcyjnym, warunkach glebowych, przebiegu pogody, zagęszczeniu łanu, poziomie nawożenia (2, 3, 15).

W podjęciu decyzji o potrzebie wykonania zabiegu użytkownik powinien uwzględnić również spodziewany plon oraz przebieg i prognozy warunków meteorologicznych. Ocena warunków sprzyjających rozwojowi chorób (tab. 3) pozwala z dużym prawdopodobieństwem przewidzieć wielkość zagrożenia oraz spodziewane straty w plonie spowodowane przez patogena. W przypadku przewidywanych wysokich plonów częściej wymagana jest bardziej intensywna ochrona roślin, szczególnie gdy producentowi zależy na dobrej jakości plonu (11-14).

Wyznaczone wartości progów szkodliwości należy traktować jako wskaźniki orientacyjne (15). W podejmowaniu decyzji należy uwzględnić konkretne warunki przy-

Tabela 2

Orientacyjne progi ekonomicznej szkodliwości chorób pszenicy

Choroby	Termin obserwacji	Progi szkodliwości
Łamliwość źdźbła zbóż (<i>Oculimacula yallundae</i> , <i>O. acufiformis</i>)	od początku strzelania w źdźbło do fazy pierwszego kolanka	20-30% źdźbeł z objawami porażenia
Mączniak prawdziwy (<i>Blumeria graminis</i>)	w fazie krzewienia	50-70% roślin z pierwszymi objawami porażenia (pojedyncze, białe skupienia struktury grzyba)
	w fazie strzelania w źdźbło	10% roślin z pierwszymi objawami porażenia
	w fazie kłoszenia	pierwsze objawy porażenia na liściu podflagowym, flagowym lub na kłosie
Rdza brunatna (<i>Puccinia recondita</i>)	w fazie krzewienia	10-15% liści z pierwszymi objawami porażenia
	w fazie strzelania w źdźbło	10% źdźbeł z pierwszymi objawami porażenia
	w fazie kłoszenia	pierwsze objawy porażenia na liściu podflagowym, flagowym
Rdza żółta zbóż i traw (<i>Puccinia striiformis</i>)	w fazie krzewienia	30% roślin z pierwszymi objawami
	w fazie strzelania w źdźbło	10% porażonej powierzchni liścia
	w fazie kłoszenia	pierwsze objawy porażenia na liściu podflagowym lub flagowym
Septorioza paskowana liści pszenicy (<i>Septoria tritici</i>)	w fazie krzewienia	30-50% liści z pierwszymi objawami porażenia lub 1% liści z owocnikami
	w fazie strzelania w źdźbło	10-20% porażonej powierzchni liścia podflagowego lub 1% liści z owocnikami
	w fazie kłoszenia	5-10% porażonej powierzchni liścia podflagowego lub 1% liści z owocnikami
Septorioza plew pszenicy (<i>Phaeosphaeria nodorum</i>)	w fazie krzewienia	20% roślin z pierwszymi objawami porażenia
	w fazie strzelania w źdźbło	20% porażonej powierzchni liścia podflagowego lub 1% liści z owocnikami

Źródło: Korbas M. i in., 2008 (15).

rodniczo-ekonomiczne danego pola i gospodarstwa. W praktyce uwzględnienie wielu elementów w ocenie zagrożenia upraw przez agrofagi wymaga dużej wiedzy i doświadczenia od producenta/rolnika. Opracowanie w formie komputerowych programów (systemów wspomagania decyzji) precyzyjnych założeń stosowania środków ochrony roślin, uwzględniających kompleksowo czynniki oddziałujące na stopień zagrożenia ze strony patogenów, może ułatwić stosownie integrowanej ochrony roślin w praktyce (4, 31, 36).

Tabela 3

Orientacyjne warunki sprzyjające rozwojowi wybranych chorób pszenicy

Choroba	Temperatura (°C)		Deszcz (wilgoć)	Nasłonecznienie
	dzień	noc		
Łamliwość źdźbła zbóż (<i>Oculimacula yallundae</i> , <i>O. aciformis</i>)	4-12	0-4	konieczny (duża wilgotność)	-
Fuzaryjna zgorzel podstawy źdźbła i korzeni (<i>Fusarium</i> spp.)	0-20	0	niekonieczny	powyżej 5 godzin
Mączniak prawdziwy zbóż i traw (<i>Blumeria graminis</i>)	12-20	5-12	niekonieczny (zarodnikuje w warunkach suchych i ciepłych, infekcja – duża wilgotność łanu)	mniej niż 5 godzin słońca
Rdza brunatna pszenicy (<i>Puccinia recondita</i>)	12-24	0-12	niekonieczny (rosa, duża wilgotność ok. 100%)	powyżej 5 godzin
Septorioza paskowana liści pszenicy (<i>Septoria tritici</i>)	10-16	0-10	konieczny (duża wilgotność 24–48 godz., wilgotne liście)	-
Septorioza plew pszenicy (<i>Phaeosphaeria nodorum</i>)	14-24	0-14	konieczny (rosa, duża wilgotność, wilgotne liście)	światło rozproszone
Fuzarioza kłosów (<i>Fusarium</i> spp.)	12-24	5-12	niekonieczny (długa, duża wilgotność)	-

Źródło: Korbas M. i in., 2008 (15).

System ekspercki

Decyzja o zagrożeniu wystąpienia chorób może być podejmowana również na bazie wiedzy eksperckiej, opracowanej w formie aplikacji komputerowej. Przykładem takiego rozwiązania jest prosty internetowy system do określania potrzeby zabiegu ochronnego przeciwko łamliwości podstawy źdźbła dostępnego na stronach www.dss.iung.pulawy.pl (rys. 3). System ten ocenia ryzyko (prawdopodobieństwo) uszkodzeń pszenicy przez grzyba *Pseudocercospora herpotrichoides* (syn. *Oculimacula yallundae*, *O. aciformis*). Zagrożenie szacowane jest na podstawie analizy oceny wpływu czynników na rozwój grzyba, np: przedplonu, gleby, przebiegu warunków pogodowych, terminu siewu, gęstości siewu i odmiany. Każdy czynnik ryzyka wyrażony jest w kilkustopniowej skali opisowej, np. skala pogody dotycząca zimy ma trzy wartości: zima ciężka, zima przeciętna i zima łagodna. Wartościom każdego czynnika przypisana jest określona liczba punktów wyrażających wielkość jego wpływu na uszkodzenie roślin. Ryzyko uszkodzeń wyrażane jest jako wypadkowa wpływu wszystkich czynników. Zagrożenie wzrasta wraz ze zwiększaniem się sumy punktów wszystkich kryteriów. Ryzyko uszkodzeń roślin uprawnych mierzone jest według skali opisowej mającej trzy wartości: małe (do 18 punktów), średnie (19-21 punktów) i duże (powyżej 21 punktów). Zalecenie dotyczące zabiegu ochronnego zależy od obliczonej wielkości ryzyka uszkodzeń danej uprawy. Przy małym ryzyku uszkodzeń zabieg ochronny jest zbędny. W przypadku średniego ryzyka należy dodatkowo uwzględnić fazę rozwojową roślin i stopień ich porażenia. Wykonanie zabiegu jest wskazane wtedy,

Tablica 1. Model oceny ryzyka wystąpienia choroby łąkności (Hartl i in. 1995, tab. 1) (zdroje: w JavaScript w koncepcji programowania strukturalnego - metoda obiektowa)

Kryterium	Należy	Ryzyko uszkodzeń	
		Średnie	Duże
Przedplon	Przeanalizować ochrończość okopowo, kukurydza, koniacka z białym, żółtym	Przedplon ochrończości	Duże ryzyko za pomocy choroby i uszkodzenia
Głębokość	Łaska do średnio głębokiej	Łaska do średnio głębokiej	Ryzyko, uszkodzenia
Pogoda	Wielka, średnia, mała	Wielka, średnia	Wielka, średnia, mała
Termin siewu	Wczesny, późny	Wczesny	Wczesny
Gęstość siewu	Mała	Gęstość do dobrej	Duże, lub rodnym nawożenie azotem
Odległość	Przezroczystość	Przezroczystość	Przezroczystość

Ocena ryzyka (zdroje: modyfikacja Hartl i in. 1995)

Wzrost: 0-15 (niebezpieczny), 16-20 (niebezpieczny), 21-25 (niebezpieczny), 26-30 (niebezpieczny), 31-35 (niebezpieczny), 36-40 (niebezpieczny), 41-45 (niebezpieczny), 46-50 (niebezpieczny), 51-55 (niebezpieczny), 56-60 (niebezpieczny), 61-65 (niebezpieczny), 66-70 (niebezpieczny), 71-75 (niebezpieczny), 76-80 (niebezpieczny), 81-85 (niebezpieczny), 86-90 (niebezpieczny), 91-95 (niebezpieczny), 96-100 (niebezpieczny)

Rekomendacje

Rekomendacje: 0-15 (niebezpieczny) - nie siew, 16-20 (niebezpieczny) - siew wczesny, 21-25 (niebezpieczny) - siew wczesny, 26-30 (niebezpieczny) - siew wczesny, 31-35 (niebezpieczny) - siew wczesny, 36-40 (niebezpieczny) - siew wczesny, 41-45 (niebezpieczny) - siew wczesny, 46-50 (niebezpieczny) - siew wczesny, 51-55 (niebezpieczny) - siew wczesny, 56-60 (niebezpieczny) - siew wczesny, 61-65 (niebezpieczny) - siew wczesny, 66-70 (niebezpieczny) - siew wczesny, 71-75 (niebezpieczny) - siew wczesny, 76-80 (niebezpieczny) - siew wczesny, 81-85 (niebezpieczny) - siew wczesny, 86-90 (niebezpieczny) - siew wczesny, 91-95 (niebezpieczny) - siew wczesny, 96-100 (niebezpieczny) - siew wczesny

Rys. 3. System ekspercki oceny ryzyka wystąpienia łąkności podstawy żółtka (www.dss.iung.pulawy.pl)

Źródło: opracowanie własne (35).

gdy porażonych jest ponad 20% źdźbeł na początku fazy strzelania w źdźbło. Ocena porażenia wymaga w tym przypadku kontroli przeprowadzonej na polu. Zabieg ochrony zalecany jest przy dużym ryzyku uszkodzeń (35).

Systemy meteorologiczne

W ochronie roślin coraz częściej wykorzystywane są systemy meteorologiczne. Systemy te bazują na modelach matematycznych opisujących rozwój chorób i szkodników w zależności od zaistniałych warunków meteorologicznych. Systemy te ze względu na łatwość w obsłudze i precyzję oceny zyskują coraz większe uznanie rolników. Niestety ich wykorzystanie jest uzależnione od dostępności danych meteorologicznych. Natomiast ich przydatność jest szczególnie duża do monitorowania zagrożenia agrofagami, których rozwój ściśle zależy od przebiegu warunków meteorologicznych, na przykład sprawców chorób, takich jak zaraza ziemniaka i mączniak rzekomy chmielu (16, 19, 27). W Polsce od kilku lat systemy meteorologiczne z powodzeniem są stosowane w ochronie sadów jabłoniowych przed parchem jabłoni (*Venturia inaequalis*). Na podstawie analizy przebiegu warunków meteorologicznych (temperatury i wilgotności powietrza, opadu oraz czasu zwilżenia liści) wyznaczane jest

prawdopodobieństwo zaistnienia infekcji, a tym samym określa się datę wykonania oprysku w optymalnym terminie (4). Sygnalizator parcha jabłoni jest przykładem najprostszego meteorologicznego systemu DSS wykorzystywanego w ochronie roślin.

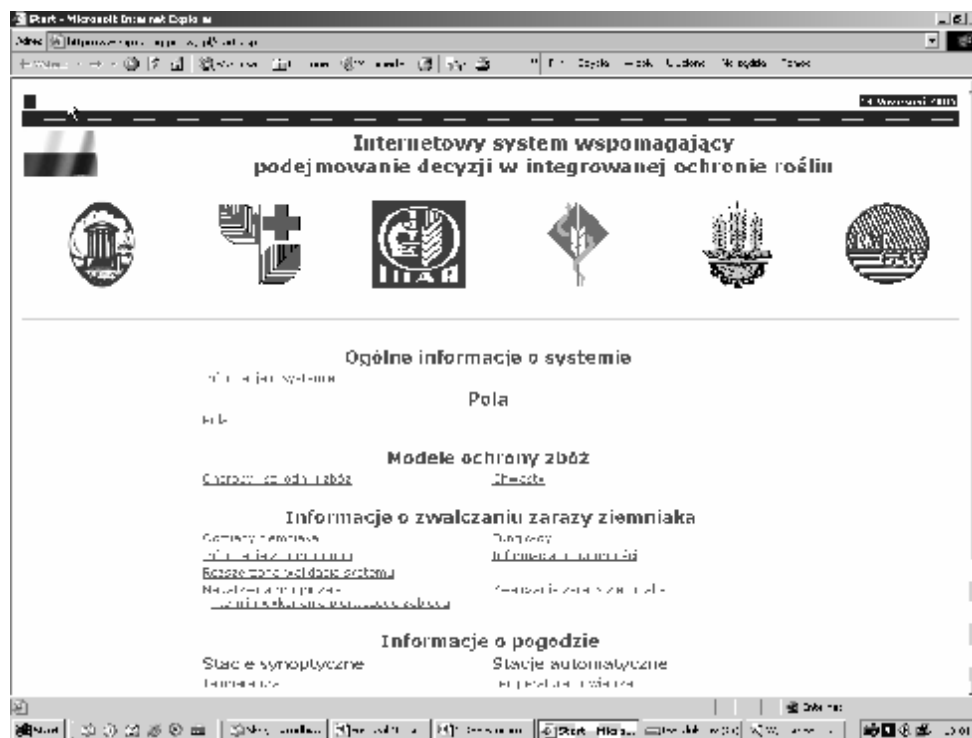
Ocena warunków meteorologicznych wykorzystywana jest również w uprawach roślin zbożowych. W Instytucie Ochrony Roślin prowadzone są badania nad możliwością wyznaczenia terminu zabiegu na podstawie wartości zsumowanych temperatur dobowych. Wstępne wyniki badań T r a t a l (28) wskazują, że termin zwalczania grzyba *Blumeri graminis* f. sp. *tritici* w jęczmieniu ozimym można wyznaczyć na podstawie wartości skumulowanych temperatur, licząc od 1 stycznia. Wyniki takich badań mogą posłużyć do tworzenia złożonych systemów wspomagania decyzji, które w swych założeniach uwzględniają ocenę zagrożenia kilkoma patogenami.

Systemy złożone

W ochronie roślin zbożowych przed chorobami największe praktyczne znaczenie mają systemy złożone, które w ocenie zagrożenia uwzględniają występowanie kilku patogenów. Takie systemy najczęściej są połączeniem systemów (modeli) opracowanych na podstawie progów szkodliwości i systemów meteorologicznych. Algorytmy decyzyjne tych systemów najczęściej oceniają zagrożenia występującymi chorobami oraz zależności wzajemnego oddziaływanie chorób w łanie. W niektórych systemach uwzględniany jest wpływ innych elementów środowiska związanych z rozwojem chorób i szkodników, jak również czynnik ekonomiczny, czyli opłacalność stosowania środków ochrony roślin (7, 9, 10).

W Polsce w 2002 roku opracowany został prototyp internetowego systemu wspomagającego podejmowanie decyzji w integrowanej ochronie roślin (<http://www.ipm.iung.pulawy.pl/>); (rys. 4). W opracowaniu tego systemu wykorzystano doświadczenia i rozwiązania zastosowane w duńskim systemie wspomagania decyzji (8, 9). System ten był testowany w warunkach polskich w ochronie zbóż i ziemniaka. Prowadzone doświadczenia polowe potwierdziły przydatność systemu, szczególnie do ochrony ziemniaka oraz pszenic ozimej i jarej. W przypadku jęczmienia jarego zastosowana strategia ochrony według tego systemu nie wykazała uzasadnienia ekonomicznego (7, 8, 9, 26, 31). W ochronie pszenic ozimej i jarej system umożliwia zwalczanie najważniejszych chorób: mączniaka prawdziwego traw i zbóż, rdzy żółtej, rdzy brunatnej, łamliwości podstawy źdźbła i septoriozy.

Głównym założeniem tego systemu jest precyzyjne wykorzystywanie wartości progowych do podejmowania decyzji o konieczności wykonania zabiegu ochrony roślin. Prototyp systemu posiada interaktywny dostęp do informacji zawartych w bazach danych (odmian roślin i środków ochrony roślin) i do modeli chorób. Kolejność wykonywanych analiz w systemie przedstawiono na rysunku 5. Podstawą decyzyjną systemu są opracowane progi szkodliwości, które są ustalane i weryfikowane w doświadczeniach polowych w różnych warunkach środowiskowych. Przy wyznaczaniu progów szkodliwości założono, że wartość spodziewanych strat plonu przekroczy koszt zabiegu. Progi szkodliwości określone są odsetkiem roślin z symptomami choroby.



Rys. 4. Główna strona Internetowego Systemu Wspomagania Decyzji

Zródło: <http://www.ipm.iung.pulawy.pl/>; opracowanie własne.

Zarówno progi szkodliwości, jak i zalecana dawka środka ustalane są dla konkretnej odmiany i fazy rozwojowej roślin. Wymaga to od producentów dużej wiedzy z zakresu fitopatologii i entomologii, aby poprawnie określić występowanie i nasilenie agrofaga. Precyzyjna ochrona wymaga na bieżąco analizowania czynników środowiskowych wpływających na występowanie, rozwój i szkodliwość chorób lub szkodników (1, 8).

Podsumowanie

W ramach Wspólnej Polityki Rolnej UE do dnia 30 czerwca 2013 r. państwa członkowskie zobligowane są opracować i wdrożyć system integrowanej ochrony roślin dla wszystkich roślin uprawnych (5). Do tego czasu każde państwo powinno zapewnić rolnikom dostęp do informacji i narzędzi do monitorowania organizmów szkodliwych i podejmowania odpowiednich decyzji w zakresie stosowania środków ochrony roślin, jak również usług doradczych odnośnie integrowanej ochrony roślin.

Opracowanie zasad integrowanej produkcji wymaga wykorzystania dostępnej wiedzy zdobytej w badaniach prowadzonych na przestrzeni kilkudziesięciu lat nad integrowaną produkcją i ochroną roślin. Realizacja tych zadań wymaga współpracy i transferu wiedzy od naukowców przez doradców do rolników. Opracowanie wiary-



Rys. 5. Kolejność wykonywanych operacji w systemie wspomaganie decyzji
 Źródło: Horoszkiewicz-Janka J. i in., 2005 (8).

godnych metod szacowania zagrożenia roślin oraz szybkiego udostępniania informacji użytkownikom w formie systemów wspomaganie decyzji w ochronie roślin stanowi warunek wprowadzenia zasady integrowanej produkcji. Opracowany prototyp „Internetowego systemu wspomagającego podejmowanie decyzji w integrowanej ochronie roślin” może stanowić podstawę do opracowania krajowego systemu wspomaganie decyzji z uwzględnieniem wymagań UE.

Literatura

1. Dąbrowski Z. T.: Metody prognozowania, sygnalizacji i monitoringu pojawiania się szkodników oraz prognozy ich zagrożenia i ekonomicznej szkodliwości. W: Integrowana produkcja roślinna. Zagadnienia wybrane. Red. J. Podleśny. IUNG-PIB Puławy, 2007, ss. 212.
2. Dąbrowski Z. T.: Znaczenie partnerskich powiązań przy opracowywaniu i wdrażaniu integrowanych programów ochrony roślin. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 1999, **39(1)**: 190-202.
3. Dąbrowski Z. T., Kropczyńska-Linkiewicz D.: Systemy wspomaganie decyzji w ochronie roślin. Metodyka podejmowania decyzji w różnych systemach ochrony roślin. Pam. Puł., 2001, **124**: 25-35.

4. Doruchowski G.: Elementy rolnictwa precyzyjnego w ochronie roślin. *Inż. Rol.*, 2005, **6**: 131-138.
5. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiającej ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+20090113+ITEMS+DOC+XML+V0//PL&language=PL#sdoc-ta10>
6. Gorzala G.: Proces wdrażania urzędowo kontrolowanej integrowanej produkcji w Polsce. *Mat. konf. „Racjonalna technika ochrony roślin”*. IOR Poznań, 2007, 9-14. http://www.ior.poznan.pl/aktualizacja/data/pliki/27_VII_-_Racjonalna_Technika_Ochrony_Roslin.pdf
7. Horoszkiewicz-Janka J., Czembor J.H., Nieróbca A., Leszczyńska D., Sikora H.: Wstępna ocena przydatności duńskiego systemu wspomaganie decyzji w ochronie zbóż w warunkach polskich. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2002, **42(1)**: 291-300.
8. Horoszkiewicz-Janka J., Nieróbca A., Czembor J.H., Sikora H.: Porażenie pszenicy ozimej przez grzyby chorobotwórcze w zależności od zastosowanej strategii ochrony. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2005, **45(2)**: 708-711.
9. Hosstgart M.B., Wolny S.: Założenia duńskiego systemu w ochronie roślin i możliwość jego wdrożenia w Polsce. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2002, **42(1)**: 283-290.
10. Hossy H., Henriksen K., Jørgensen L.: PC-Plant Protection - a decision support system for Danish agriculture the disease and pest module. *Pam. Puł.*, 2000, **120**: 159-168.
11. Jaczewska-Kalicka A.: The influence of pathogenic fungi and weather conditions on winter wheat yield. *J. Plant Prot. Res.*, 2007, **47**: 147-160.
12. Jaczewska-Kalicka A.: Aspekty ekonomiczne zwalczania chorób grzybowych pszenicy ozimej w latach 2000–2002. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2003, **43(2)**: 686-688.
13. Kaniuczak Z.: Badania nad opłacalnością chemicznego zwalczania chorób i szkodników zbóż jarych. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 1997, **37(2)**: 110-113.
14. Kaniuczak Z.: Ocena ekonomicznej efektywności stosowania fungicydów w zbożach. *Rocz. AR Poznań, Ogrodnictwo*, 2000, **321(30)**: 49-54.
15. Korbas M., Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E.: Integrowana metoda ograniczania sprawców chorób. W: *Integrowana ochrona pszenicy*. Red. M. Korbas, S. Pruszyński. IOR Poznań, 2008, 44-88.
16. Kozyra J., Dwornikiewicz J., Nieróbca A., Pietruch Cz.: Agrometeorologiczny system ochrony chmielu przed mączniakiem rzekomym. *Prz. Nauk. WIKŚ*, 2007, **37**: 48-54.
17. Lipa J.J.: Nowoczesna ochrona zbóż. *Pam. Puł.*, 1999, **114/I**: 241-259.
18. Niemczyk E.: Jedenaście lat integrowanej produkcji owoców w Polsce. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2002, **42(1)**: 33-38.
19. Nieróbca A.: Prognozowanie chorób na podstawie bieżących danych meteorologicznych. *Pam. Puł.*, 2002, **130/II**: 495-502.
20. Nieróbca A., Leszczyńska D.: Systemy wspomaganie decyzji w ochronie roślin zbożowych przed chorobami i szkodnikami. *Pam. Puł.*, 2001, **124**: 333-339.
21. Pruszyński S., Mrówczyński M., Pruszyński G.: Ochrona roślin w integrowanej technologii produkcji rolniczej. *Probl. Inż. Rol.*, 2008, **1**: 87-97.
22. Pruszyński S., Mrówczyński M., Kaniuczak Z.: Proces wdrażania urzędowo kontrolowanej integrowanej produkcji w Polsce. *Mat. VII Konf. „Racjonalna technika ochrony roślin”* IOR Poznań, 2007, 9-14. http://www.ior.poznan.pl/aktualizacja/data/pliki/27_VII_-_Racjonalna_Technika_Ochrony_Roslin.pdf
23. Pruszyński S., Wolny S.: Przewodnik dobrej praktyki ochrony roślin. IOR Poznań, 2007.
24. Pruszyński S., Zych A., Nawrot J.: Prawne i praktyczne aspekty integrowanych technologii produkcji upraw rolniczych w Polsce. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2004, **44(1)**: 300-305.
25. Robak J.: Próby monitorowania i sygnalizacji najgroźniejszych chorób warzyw oraz możliwości ich wdrożenia do praktyki. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2002, **42(1)**: 308-313.

26. Sikora H., Horoszkiewicz-Janka J., Nieróbca A.: Wpływ sterowanej strategii ochrony pszenicy jarej na jej zdrowotność i plonowanie w latach 2001–2003. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2005, **45(2)**: 435-440.
27. Solar ska E.: Prognozowanie i sygnalizacja występowania mączniaka rzekomego chmielu. *Instr. upowszech.*, IUNG Puławy, 1989, 27.
28. Tr at w a l A.: Stopniodni jako uzupełniający element systemu wspomagającego podjęcie decyzji o ochronie jęczmienia i pszenicy ozimej przed mączniakiem prawdziwym. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2007, **47(4)**: 241-244.
29. Ustawa o ochronie roślin z dnia 18 grudnia 2003. *Dz. U.* Nr 11 z dnia 27.01.2004, poz. 94.
30. W ó j t o w i c z A., J a k u b o w s k a M.: Ochrona pszenicy ozimej odmiany Maltanka przed grzybami z rodzaju *Septoria* na podstawie wskazań wybranych systemów wspomagających podejmowanie decyzji. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2001, **41(2)**: 752-754.
31. W o l n y S., H o r o s z k i e w i c z - J a n k a J., S i k o r a H., K a p s a J., Z a l i w s k i A., N i e r ó b c a A., K o z y r a J., D o m a r a d z k i K.: Wyniki prac badawczych i adaptacyjnych nad polskim internetowym systemem wspomagania decyzji w ochronie roślin w 2003 roku. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2004, **44(1)**: 513-522.
32. W ó j t o w i c z A., K r a s i ń s k i T., Ł e p k o w s k i M.: Internetowy system wspomagania decyzji w ochronie ziemniaka przed sprawcą zarazy ziemniaka *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2008, **48(4)**: 1552-1555.
33. W ó j t o w i c z A.: TAMER – System wspomagający podejmowanie decyzji w zakresie zwalczania septoriozy pszenicy. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 1999, **39(1)**: 116-119.
34. Z a d o k s J. C., C h a n g T. T., K o n z a k C. F.: A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.*, 1974, **14**: 415-421.
35. Z a l i w s k i A., N i e r ó b c a A.: Internetowy system wspomagania decyzji do oceny ryzyka występowania *Pseudocercospora herpotrichoides*. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2007, **47(2)**: 358-390.
36. Z a l i w s k i A.: Systemy wspomagania decyzji w nowoczesnej produkcji roślinnej. W: *Integrowana produkcja roślinna. Zagadnienia wybrane*. Red. J. Podleśny. IUNG-PIB Puławy, 2007, ss. 212.

Adres do korespondencji:

dr Anna Nieróbca
IUNG - PIB
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. (081) 8863421 w. 204
mail: szewc@iung.pulawy.pl