

STUDIA I RAPORTY IUNG - PIB

ZESZYT 16

2009

**Małgorzata Jędrzycka¹, Andrzej Brachaczek², Joanna Kaczmarek¹, Adam Dawidziuk¹,
Agnieszka Mączyńska³, Anna Podleśna⁴, Idalia Kasprzyk⁵, Zbigniew Karolewski⁶,
Andrzej Lewandowski⁷**

¹ Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań; ² DuPont Poland, Warszawa; ³ Instytut Ochrony Roślin - PIB, Oddział Sośnicowice; ⁴ Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - PIB, Puławy; ⁵ Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów; ⁶ Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań; ⁷ Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka

SPEC – SYSTEM WSPOMAGANIA DECYZJI W OCHRONIE RZEPAKU
PRZED SUCHĄ ZGNILIZNĄ KAPUSTNYCH W POLSCE

Wstęp

Ze względu na stale rosnący popyt na żywność i energię odnawialną w ostatnich latach obserwuje się duże zapotrzebowanie na oleje pochodzenia roślinnego. Zgodnie z prognozą podawaną przez Agencję Rynku Rolnego w sezonie 2008/2009 światowe zbiory nasion i owoców siedmiu najważniejszych roślin oleistych wyniosą 410 mln ton i będą o 27 mln ton większe niż w sezonie poprzednim. Zgodnie z tą prognozą światowe zbiory rzepaku wzrosną aż o 5 mln ton, a produkcja nasion tej rośliny osiągnie pułap 53 mln ton.

Unia Europejska jest obecnie największym producentem nasion rzepaku na świecie. W sezonie 2007/2008 zbiory rzepaku w krajach UE-27 wyniosły 18,2 mln ton, co stanowiło 37,8% światowej produkcji nasion tej rośliny (15). Kolejnymi znaczącymi producentami rzepaku były Chiny (21,6%), Kanada (18,7%) i Indie (12,0%).

Wzrost produkcji rzepaku osiągany jest poprzez intensyfikację uprawy skutkującą zwiększeniem areалу oraz poziomu plonowania. Dzieje się to poprzez wprowadzanie rzepaku na nowe tereny uprawne, czego przykładem są Ukraina i Białoruś, jak również z częstszej uprawy tej rośliny w płodozmianie. Rzepak jest wartościowym elementem płodozmienu, pozostawia bowiem glebę w dobrej strukturze dzięki palowemu systemowi korzeniowemu, a jako roślina nienależąca do rodziny *Poaceae* przerywa cykle życiowe wielu groźnych patogenów zbóż.

W Polsce w całej grupie roślin uprawnych najbardziej wzrosła powierzchnia uprawy rzepaku; w ciągu ostatnich dwóch lat areal zwiększył się z 0,5 do 0,8 mln ha. Po raz pierwszy nasz kraj uzyskał trzecie miejsce (12%) jako producent nasion tej rośliny w Unii Europejskiej, po Niemczech (30%) i Francji (26%). Zarówno w 2007, jak też w 2008 roku produkcja nasion rzepaku w Polsce przekroczyła 2 mln ton. Zgodnie z prognozami Instytutu Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej - PIB (15) łączne zapotrzebowanie na olej rzepakowy zużywany na cele spożywcze i energe-

tyczne wymaga zwiększenia produkcji nasion aż do 3,2 mln ton w 2013 roku, co spowoduje nasycenie płodozmianu rzepakiem i zmniejszy odległości między plantacjami. Uprawa rzepaku w Polsce koncentruje się w większych gospodarstwach rolnych (14), co dodatkowo sprawia, że jego plantacje stanowią duże powierzchnie w monokulturowej uprawie. Taka sytuacja – choć korzystna dla usprawnienia organizacji pracy w danym gospodarstwie – przyczynia się jednak do nagromadzenia inokulum wielu grzybów chorobotwórczych, wpływających na znaczne obniżenie plonowania rzepaku.

Jedną z najbardziej rozpowszechnionych i najgroźniejszych chorób rzepaku w Polsce (7) i na świecie (3, (20)) jest sucha zgnilizna kapustnych. Jej przyczyną są dwa gatunki grzybów z rodzaju *Leptosphaeria*: *L. maculans* (Desm.) Ces. et de Not. i *L. biglobosa* (17). Grzyby te posiadają stadium konidialne *Phoma lingam* (Tode ex Fr.) Desm. Porażenie roślin rzepaku najczęściej następuje w okresie jesiennym, poprzez zarodniki stadium workowego (askospory). Zarodniki powstają w owocnikach zwanych pseudotecjami na resztkach słomy rzepakowej z poprzedniego sezonu wegetacyjnego (2). Po wydobyciu się z owocników askospory mogą się przemieszczać z wiatrem i zakażać rośliny w promieniu kilku kilometrów od miejsca, w którym znajdowało się źródło porażenia. Stwierdzono, iż owocniki z dojrzałymi zarodnikami pękają wyłącznie wtedy, gdy zwilżą je krople deszczu. Warunki te są jednocześnie niezbędne do kiełkowania spor na powierzchni mokrych liści. Zarodniki konidialne *P. lingam* powstające w piknidiach są przyczyną wtórnego porażenia innych fragmentów tych samych lub sąsiednich roślin. Zarodniki te przenoszone są z kroplami deszczu na niewielkie odległości. Po wnikięciu do rośliny grzyb kolonizuje tkanki liści i przerasta do łodygi (5).

Nasilenie objawów i szkodliwość choroby zależą od terminu porażenia i tempa wzrostu grzyba w tkankach rośliny (13). Spośród dwóch wymienionych grzybów gatunek *L. maculans* występujący z coraz większym nasileniem (9) uważany jest za bardziej szkodliwy. Gatunek ten poraża podstawę łodygi, co powoduje przerwanie wiązek przewodzących i zamieranie całej rośliny, często już w stadium kwitnienia. Natomiast gatunek *L. biglobosa* przyczynia się do powstania rozległych plam na łodydze; przeważnie porażenie tkanek jest powierzchniowe (6), lecz może także być na tyle głębokie, by powodować znaczne straty plonu nasion (7). Progi ekonomicznej szkodliwości suchej zgnilizny kapustnych wskazują, iż znaczne zmniejszenie plonu rzepaku następuje w przypadku porażenia 10-20% roślin, a straty mogą sięgać aż 50-60% plonu nasion (4). Pierwsze infekcje roślin następują jesienią poprzez askospory, a zatem zabiegi ochronne należy wykonać już w okresie jesiennym. Celem zabiegów fungicydowych w tym okresie jest zahamowanie wzrostu patogena w tkankach liści i zapobieganie przedostaniu się grzyba do łodyg rzepaku. Ze względu jednak na odmienny układ warunków pogodowych w różnych regionach Polski istnieją duże trudności w ustaleniu jednego optymalnego terminu ochrony rzepaku przed suchą zgnilizną kapustnych. Jednym ze sposobów wyznaczenia optymalnego terminu ochrony rzepaku przed tą chorobą jest znajomość rozwoju stadium generatywnego grzybów *L. maculans* i *L. biglobosa*, stanowiącego inokulum pierwotne, przyczyniające się do

porażenia roślin. Monitorowanie rozwoju patogenów wywołujących suchą zgniliznę kapustnych w Polsce jest istotą Systemu Prognozowania Epidemii Chorób.

Działanie systemu prognozowania chorób

System Prognozowania Epidemii Chorób (SPEC) działa nieprzerwanie od 1 września 2004 roku. System ten powstał z inicjatywy Instytutu Genetyki Roślin PAN i firmy DuPont Poland. Jest to pierwszy w Polsce system monitorowania rozwoju stadium generatywnego patogenów powodujących suchą zgniliznę kapustnych oraz prognozowania zagrożenia rzepaku przez tę chorobę. Określenie okresu powstawania askospor grzybów *Leptosphaera maculans* i *L. biglobosa* jest ważnym elementem w podejmowaniu decyzji dotyczących zwalczania choroby, bowiem efektywność wykorzystania fungicydów zależy od terminu ich aplikacji (11).

W 2004 roku system SPEC obejmował pięć regionów klimatycznych położonych w zachodniej części Polski. Od 2005 roku system objął swym zasięgiem cały kraj. Obecnie jest to największy na świecie system monitorowania inokulum pierwotnego powodującego suchą zgniliznę kapustnych i jest jednym z trzech największych systemów stosujących metody aerobiologiczne (19). Jest to możliwe dzięki współpracy licznych instytucji, w tym głównie Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU), Instytutu Ochrony Roślin (IOR-PIB), Uniwersytetu Rzeszowskiego (UR), Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa (IUNG-PIB), Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (UP-P), kilku ośrodków doradztwa rolniczego (ODR), a także dwóch dużych przedsiębiorstw rolno-produkcyjnych: „Arenda” w Charbielinie (Opolszczyzna) i „Agro Fundusz Mazury” w Drogoszach (Mazury). System działa pod patronatem Krajowego Zrzeszenia Producentów Rzepaku (KZPR).

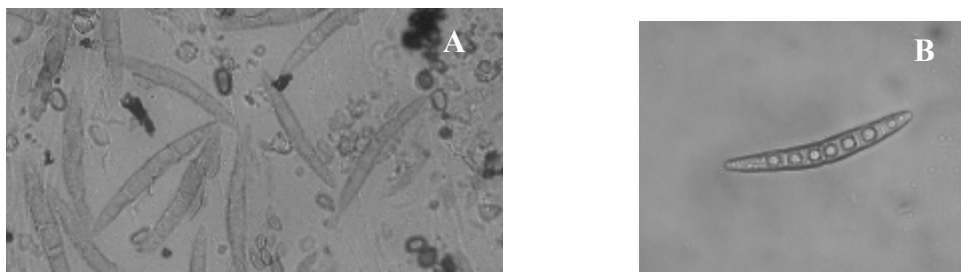
System SPEC kierowany jest do rolników producentów rzepaku, doradców w zakresie ochrony plantacji roślin uprawnych, firm zajmujących się dystrybucją środków ochrony roślin, a także studentów i pracowników naukowych prowadzących prace badawcze z zakresu fitopatologii i ochrony roślin. System SPEC jest finansowany przez firmę DuPont Poland, a korzystanie z jego danych jest bezpłatne.

Monitoring zarodników

Monitorowanie stężenia zarodników workowych grzybów *L. maculans* i *L. biglobosa* jest wykonywane od 1 września do 30 listopada (okres jesienny) oraz od 1 marca do 31 maja (okres wiosenny), za pomocą 7-dniowych pułapek wolumetrycznych typu Hirsta. Pułapki w aktywny sposób zasysają powietrze (10 l/min.) wraz ze znajdującymi się w nim zarodnikami i ziarnami pyłku, które potem osadzają się w środku pułapki, na taśmie pokrytej lepką substancją na bazie wazeliny. Taśma przyczepiona jest do bębna, który obraca się z prędkością 2 mm na godzinę (10). Pełny obrót bębna trwa 7 dni. Po upływie tygodnia taśma jest cięta w poprzek na odcinki 48 mm, z których każdy odpowiada jednej dobie. Każdy z odcinków jest także dodat-

kowo przecięty wzdłuż – połowa dobowego odcinka taśmy przeznaczana jest do obserwacji mikroskopowych, a połowa do detekcji molekularnej.

Obserwacja zarodników pod mikroskopem pozwala na ustalenie, w którym dniu i o której godzinie zarodniki znajdowały się w powietrzu. Znając prędkość przepływu powietrza można z dużą dokładnością ustalić średnie dobowe stężenie zarodników w 1 m³ powietrza. Zarodniki *L. maculans* i *L. biglobosa* mają charakterystyczną budowę, kształt i określoną wielkość, w związku z tym można je odróżnić od innych sporomorf (fot. 1). Askospory obu gatunków są tej samej wielkości (40-70 μm x 6-7 μm) i są identyczne pod względem kształtu (17), dlatego obserwacje mikroskopowe nie pozwalają na identyfikację przynależności gatunkowej. Wnioskowanie na podstawie analiz mikroskopowych oparte na morfologii dotyczy obu gatunków chorobotwórczych.



Fot. 1. Zarodniki workowe grzybów typu *Leptosphaeria maculans* – *L. biglobosa*
A – zarodniki wśród innych obiektów w polu widzenia mikroskopu; B – pojedynczy zarodnik
Źródło: opracowanie własne.

Lokalizacja pułapek wolumetrycznych na terenie Polski

Pułapki wolumetryczne umieszczono we wszystkich regionach intensywnej uprawy rzepaku w Polsce (rys. 1). Każda z pułapek otoczona jest resztkami poźniwnymi z objawami porażenia przez grzyby *L. maculans* i *L. biglobosa*. Słoma rzepakowa pochodzi z plantacji zlokalizowanych w pobliżu danego punktu badawczego. Lokalizacja poszczególnych pułapek jest następująca:

- 1) Region Nadmorski (Stacja Doświadczalna Oceny Odmian w Rarwinie koło Kamienia Pomorskiego);
- 2) Pojezierze Pomorskie i Region Pomorsko-Warmiński (Stacja Doświadczalna Oceny Odmian w Radostowie koło Tczewa);
- 3) Region Mazursko-Białostocki (Agro-Fundusz Mazury w Drogoszach koło Kętrzyna);
- 4) Wielkopolska (Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu);
- 5) Kujawy i Mazowsze (Stacja Doświadczalna Oceny Odmian w Głębokim koło Kruszwicy);
- 6) Region Sudecki – województwo dolnośląskie (Stacja Doświadczalna Oceny Odmian w Tarnowie koło Ząbkowic Śląskich);



Rys. 1. Lokalizacja punktów badawczych systemu SPEC w Polsce. Trójkątami oznaczono położenie stanowisk monitoringu stężenia zarodników workowych grzybów kompleksu *Leptosphaeria maculans* – *L. biglobosa*. Punktami oznaczono miejsca pobierania prób porażonej słomy rzepakowej
Źródło: opracowanie własne.

- 7) Region Sudecki – województwo opolskie (PPHiU „Arenda” w Charbielinie koło Głuchołaz);
- 8) Region Lubusko-Dolnośląski (Instytut Ochrony Roślin - Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Sośnicowice, koło Gliwic).
- 9) Region Krakowsko-Sandomierski i Region Karpacki (Krasne koło Rzeszowa; Katedra Biologii Środowiska UR w Rzeszowie);
- 10) Region Lubelsko-Zamojski, Mazowiecko-Podlaski i Łódzko-Wieluński (Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy w Puławach).

Zasięg prognozowania z wykorzystaniem danej pułapki opracowano na podstawie regionów klimatycznych w Polsce (22), z korektą własną (tab. 1) w przypadku umieszczenia dwóch pułapek w tym samym regionie lub umieszczenia pułapki na granicy kilku regionów (rys. 2).

Tabela 1

Wprowadzone zmiany w stosunku do oryginalnej mapy klimatycznej autorstwa Wiszniewskiego i Chechłowskiego

Typ korekty	Nazwa regionu	Lokalizacja pułapek	Przyczyna
Łączenie regionów	lubelsko-zamojski mazowiecko-podlaski łódzko-wieluński	Puławy	lokalizacja pułapki wolumetrycznej na granicy regionów
	pomorsko-warمیński pojezierza pomorskiego	Radostowo	
	krakowsko-sandomierski karpacki	Krasne	
Podział regionów	sudecki	Tarnów Śląski Charbielin	umieszczenie dodatkowej pułapki w regionie
	wielkopolsko-mazowiecki	Poznań Głębokie	

Źródło: Wiszniewski i Chechłowski, 1987 (22).



Rys. 2. Regiony klimatyczne Polski zastosowane w systemie SPEC

Źródło: lokalizacja i nazewnictwo wg Wiszniewskiego i Chechłowskiego, 1987 (22).

Monitorowanie dojrzałości owocników

W celu dokładniejszego monitorowania rozwoju stadium generatywnego grzybów *L. maculans* i *L. biglobosa* w powietrzu, w ramach systemu SPEC prowadzone są obserwacje dojrzałości owocników, które rozwijają się na resztkach poźniwnych rzepaku. Fragmenty słomy rzepakowej z objawami porażenia przez grzyby *L. maculans* i *L. biglobosa* zebrane tuż po żniwach rzepakowych na jednym polu w okolicy Poznania są cięte na fragmenty długości ok. 10 cm i natychmiast umieszczane na powierzchni gleby w naturalnych warunkach pogodowych występujących w 34 różnych lokalizacjach w Polsce. Ponadto w 10 miejscach lokalizacji pułapek wolumetrycznych także wykładana jest słoma rzepakowa zebrana na polu w pobliżu lokalizacji pułapki. Różnica polega zatem na pochodzeniu słomy i wiąże się z: I) odmiennym składem populacji patogenów; II) różną liczbą owocników; III) inną odmianą rzepaku; IV) innym terminem zbioru. Fragmenty słomy umieszczone w tej samej lokalizacji znajdują się w tych samych warunkach środowiskowych.

Na terenie Polski badania owocników obejmują 44 miejscowości zlokalizowane we wszystkich województwach (tłustą czcionką zaznaczono lokalizacje, w których umieszczono zarówno porażoną słomę rzepakową, jak też pułapki wolumetryczne):

- dolnośląskie: **Tarnów**, Złoty Potok;
- kujawsko-pomorskie: **Głębokie**, Nakło;
- lubelskie: Bezek, Leśniowice, **Puławy**;
- lubuskie: Małyszyn, Szprotawa, Świebodzin;
- łódzkie: Kościerzyn, Masłowice, Skierniewice, Walewice;
- małopolskie: Wieliczka;
- mazowieckie: Radom, Radzików, Siedlce;
- opolskie: Namysłów, **Charbielin**;
- podkarpackie: **Krasne**;
- podlaskie: Łyski, Suwałki;
- pomorskie: Karżniczka, **Radostowo**;
- śląskie: Sosnowiec, **Sośnicowice**, Zawada, Żory;
- świętokrzyskie: Modliszewice;
- warmińsko-mazurskie: Biała Piska, **Drogosze**, Warkały;
- wielkopolskie: Cerekwica, Dachowo, Jerka, Jeziory, Pawłowice, Piła, **Poznań**, Strzałkowo, Turew;
- zachodniopomorskie: Szczecin-Dąbie, **Rarwino**.

W okresie od 1 września do 31 listopada każdego roku w wymienionych miejscowościach raz w tygodniu pobierano po 6 fragmentów porażonej słomy rzepakowej. Fragmenty te suszono w celu zatrzymania owocników w aktualnym stadium rozwojowym. W IGR PAN w Poznaniu oznaczano typ owocników i oceniano stopień dojrzałości pseudotecjów. Z każdego fragmentu słomy rzepakowej izolowano po 8-12 owocników, a następnie obserwowano je pod mikroskopem pod stukrotnym powiększeniem. Owocniki dzielono na: pknidia – owocniki stadium niedoskonałego i pseudote-

cja – owocniki stadium generatywnego. Dla każdego momentu czasowego w danym punkcie doświadczalnym badano ok. 60 owocników. W zależności od roku (różna liczba pełnych tygodni) badano od 780 do 840 owocników rocznie. W sumie w każdym roku określano rodzaj i badano dojrzałość ok. 35-37 tys. owocników.

W piknidiach dojrzewają zarodniki konidialne niezdolne do porażania roślin na odalonych plantacjach. Do wytworzenia zarodników workowych niezbędne są pseudotecja – owocniki stadium workowego. Stopień ich dojrzałości oznaczano na podstawie obecności i budowy worków oraz askospor.

Zgodnie z metodyką opisaną przez T o s c a n o - U n d e r w o o d i in. (18) pseudotecja dzielono na pięć klas (A-E):

- A – pseudotecja bez wykształconych worków (*ascus*);
- B – pseudotecja z częściowo wykształconymi workami, ale bez askospor;
- C – pseudotecja z workami, w każdym worku mniej niż 8 askospor, a każda askospora zbudowana z mniej niż czterech komórek;
- D – pseudotecja z workami, w których znajduje się po 8 sześciokomórkowych askospor;
- E – puste pseudotecja, z których uwolniły się zarodniki.

Badania wykazały, że w obrębie stopni dojrzałości pseudotecjów największą potencjalną szkodliwość wykazuje klasa D; są to owocniki zawierające w pełni dojrzałe zarodniki workowe. Po opadach deszczu zarodniki te uwalniane są na zewnątrz pseudotecjów i są zdolne do porażania roślin rzepaku na sąsiednich plantacjach (20).

W dwóch regionach klimatycznych: na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej i w Regionie Gór Świętokrzyskich nie umieszczono pułapek wolumetrycznych. Powodem były zbyt wysokie koszty pułapek w stosunku do niewielkiego arealu rzepaku w tych regionach. O zagrożeniu roślin w tych regionach wnioskowano na podstawie stopnia dojrzałości i udziału dojrzałych pseudotecjów na słomie rzepakowej.

Zakres terminów uzyskania dojrzałości przez pseudotecja pochodzące z miejscowości znajdujących się w tym samym regionie klimatycznym świadczył o stopniu jednolitości warunków pogodowych w danym regionie. W większości przypadków różnica pomiędzy terminami początku dojrzewania owocników nie przekraczała jednego tygodnia, co świadczy o przyjęciu poprawnych założeń doświadczalnych.

W badaniach owocników pomocą służą stacje doświadczalnictwa odmianowego COBORU, Stacja Hodowli Roślin Strzelce Oddział w Małyszynie, stacje doświadczalne IGR PAN, ZBŚRiL PAN i IUNG - PIB, Stacja Ekologiczna UAM, ośrodki doradztwa rolniczego na Mazowszu oraz w woj. świętokrzyskim i łódzkim, a także liczne osoby prywatne, które udostępniły własne gospodarstwa rolne i ogrody.

Doświadczenia polowe

Przez cztery sezony wegetacyjne – w latach od 2004/2005 do 2007/2008 – prowadzono doświadczenia polowe, których celem było określenie skuteczności zabiegów fungicydowych w zależności od terminu ich wykonania. Doświadczenia wykonywano na polach Instytutu Genetyki Roślin PAN w Cerekwicy koło Szamotuł i Oddziału

Instytutu Ochrony Roślin - PIB w Sośnicowicach koło Gliwic. Ponadto na polach Instytutu Zootechniki - PIB, Zakładu Doświadczalnego w Pawłowicach prowadzono doświadczenia łanowe. Porównywano skuteczność zabiegów wykonanych w terminie 4-6 liści rzepaku oraz w okresie pierwszego i masowego uwalniania zarodników workowych. W Cerekwicy i Sośnicowicach testy polowe prowadzono w układzie bloków losowanych całkowicie zrandomizowanych na poletkach o powierzchni 30 m² (7,5 m x 4 m). W Pawłowicach doświadczenia prowadzono na polach produkcyjnych o powierzchni 2 ha.

Do oceny objawów zewnętrznych stosowano skalę 9^o, w której kryterium podziału stanowi rozległość objawów na powierzchni łodygi i ogólna kondycja rośliny (7). Ocenę porażenia roślin rzepaku po przecięciu łodygi na wysokości szyjki korzeniowej wykonywano w skali 0-6 zgodnie z indeksem G2 (12) w modyfikacji A u b e r t o t i i n. (1). Każdorazowo oceniano także plon nasion rzepaku. W każdym badanym sezonie, niezależnie od lokalizacji, największy odsetek porażonych roślin obserwowano w wariantach kontrolnych, gdzie nie wykonywano zabiegów ochronnych przeciwko suchej zgniliznie kapustnych. W zależności od sezonu i lokalizacji udział porażonych roślin w obiektach kontrolnych wynosił od 32 do 82%.

Każdorazowo najmniejszą skutecznością zabiegów fungicydowych charakteryzowały się warianty, w których zabiegi wykonano na podstawie fazy rozwojowej roślin rzepaku. Natomiast największą skuteczność stwierdzano po wykonaniu zabiegów w czasie masowego uwalniania zarodników workowych. Termin wykonania zabiegów ochronnych miał istotny wpływ na plon nasion rzepaku. We wszystkich badanych sezonach najniższy plon uzyskano w wariantcie kontrolnym, a najwyższy w przypadku wykonania zabiegów grzybobójczych w okresie masowego uwalniania zarodników workowych. Zakładając konieczność jednokrotnego zabiegu fungicydowego przeciwko suchej zgniliznie kapustnych w okresie jesiennym ekonomiczna opłacalność traktowania roślin preparatem grzybobójczym w okresie masowego uwalniania askospor była związana z optymalizacją terminu zastosowania substancji aktywnej. Wartości te różniły się w poszczególnych latach i lokalizacjach, lecz zawsze dowodziły ekonomicznej opłacalności podjęcia takiej decyzji. Rodzaj zastosowanej substancji aktywnej i formulacji środka grzybobójczego miał drugoplanowe znaczenie w stosunku do terminu zastosowania preparatu.

Zgodnie z uzyskanymi wynikami decyzja o doborze preparatu zależy od powiązań pomiędzy terminem uwalniania zarodników a fazą rozwojową rzepaku. W przypadku zbieżności pomiędzy terminem masowego uwalniania askospor a fazą 4-6 liści, przy potrzebie regulacji pokroju, zaleca się środki o jednoczesnym działaniu grzybobójczym i skrcającym. Rozbieżność tych terminów lub brak potrzeby regulacji pokroju roślin, np. przy uprawie półkarłowych odmian rzepaku, dają podstawę do zastosowania substancji o wyłącznym działaniu grzybobójczym.

Weryfikacja modelu SimMat do warunków polskich

Na bazie wyników zgromadzonych w systemie SPEC trwają prace nad opracowaniem modelu matematycznego pozwalającego na określenie terminu uzyskania przez pseudotecja określonych faz i poziomów dojrzałości, a także prace na prognozowaniu terminu początku i masowego uwalniania zarodników workowych grzybów *L. maculans* i *L. biglobosa* w warunkach klimatycznych Polski.

Podstawą określania szybkości dojrzewania pseudotecjów jest model Blackleg Sporacle opracowany dla Australii (16). Utworzono moduł SimMat zawierający siedem następujących parametrów: liczbę dni sprzyjających dojrzewaniu pseudotecjów (N_{FD}), odchylenie standardowe od liczby dni sprzyjających dojrzewaniu pseudotecjów (S_{FD}), temperatury progowe (q_{max} i q_{min}), opady progowe (r_{min}), skumulowaną liczbę dni z opadami powyżej wartości progowej (n_r) oraz stałą a (mm-1) uwzględniającą uwilgotnienie słomy. Model ten zawiera trzy zmienne wejściowe: termin żniw, średnią dobową temperaturę powietrza i sumaryczny opad deszczu na dobę. Początkowo model SimMat testowano, stosując wartości parametrów ustalonych dla warunków australijskich w ramach Blackleg Sporacle. Dla oszacowania zdolności prognozowania opracowywanych modeli wykorzystywano dwie miary statystyczne: średni pierwiastek kwadratowy dla błędu (RMSE) oraz średni pierwiastek kwadratowy dla błędu prognozy (RMSEP).

Warunki ustalone dla Australii nie były właściwe dla prawidłowego prognozowania terminu dojrzewania pseudotecjów w Polsce. W celu dostosowania modelu SimMat do polskich warunków klimatycznych przeprowadzono kalibrację modelu, testując 128 kombinacji w/w parametrów. Wykonana kalibracja zapewnia znaczną poprawę prognozowania terminu dojrzałości pseudocejąw mierzoną spadkiem wartości RMSE i RMSEP. Przy oznaczaniu błędu prognozowania zastosowano także procedurę testowania krzyżowego (ang. cross validation) umożliwiającą przeprowadzanie obliczeń bez uszczuplania baz danych. W wyniku przeprowadzonych analiz oszacowano wartości parametrów dla terenu Polski.

Model SimMat i jego obecna parametryzacja stanowią podwaliny skutecznego prognozowania cyklu życiowego grzybów kompleksu *L. maculans* – *L. biglobosa*, choć w dalszym ciągu jest wiele niewiadomych dotyczących różnic pomiędzy szybkością dojrzewania owocników oraz zarodników obu gatunków.

Detekcja molekularna

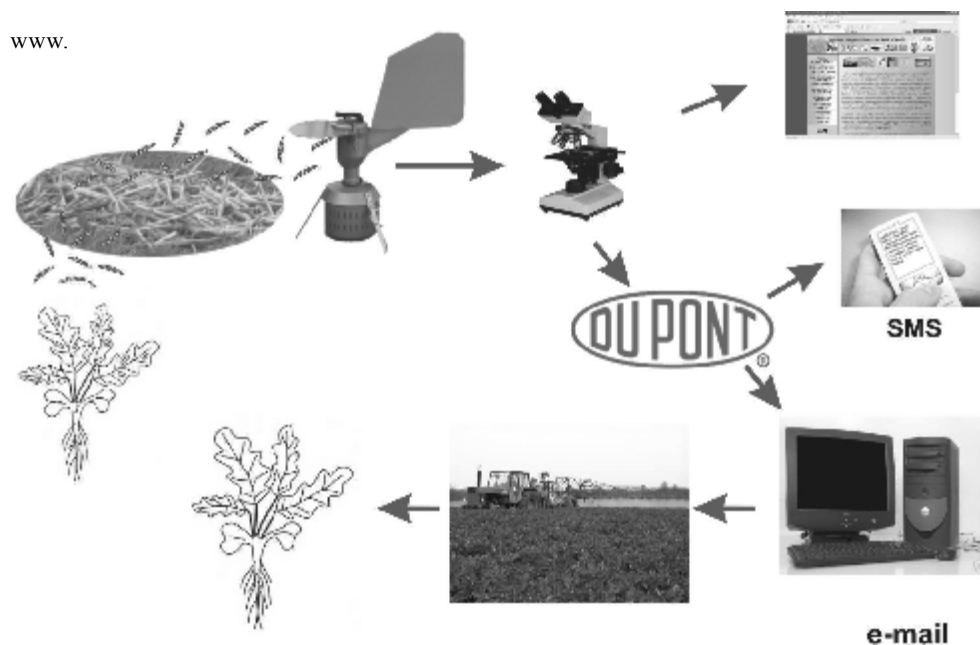
Pseudotecja obu gatunków, choć różne w warunkach *in vitro* podczas krzyżowania izolatów na pożywkach sztucznych (17), w warunkach polowych na porażonej słomie rzepakowej są nierozróżnialne. Także askospory obu gatunków grzybów mają ten sam kształt i wielkość. Z tego względu obserwacje mikroskopowe nie pozwalają na ustalenie gatunku. Jednakże dzięki zastosowaniu detekcji molekularnej przy użyciu metody Real-time PCR istnieje możliwość rozłożenia kompleksu *L. maculans* – *L. biglobosa* na poszczególne gatunki grzybów. W przeprowadzonych dotychczas

doświadczeniach wykazano wysokie korelacje pomiędzy wynikami detekcji mikroskopowej i molekularnej w latach charakteryzujących się dużym stężeniem askospor w metrze sześciennym powietrza (8). Z trzech badanych sezonów w Regionie Nadmorskim zarodniki *L. maculans* dwukrotnie przewyższały swą liczebnością gatunek *L. biglobosa*, natomiast w jednym z sezonów obserwowano sytuację odwrotną.

Przekaz informacji

Dane uzyskane w ramach systemu SPEC są przykazywane jego użytkownikom na trzy sposoby: za pomocą stron WWW, pocztą elektroniczną i z telefonów komórkowych poprzez wiadomości tekstowe SMS (rys. 3).

Na edukacyjnej stronie internetowej IGR PAN (www.spec.edu.pl) przedstawiane są wyniki dotyczące stężenia zarodników workowych w metrze sześciennym powietrza w 10 regionach Polski oraz zaawansowanie dojrzewania pseudotecjów w dwóch regionach. Dane te umieszczane są w dziale „Aktualności” i są systematycznie uaktualniane w okresie jesiennym i wiosennym, z 10-dniowym przesunięciem związanym z trybem działania systemu i pułapek na zarodniki. Dotychczas odnotowano około 20 tys. wejść na tę stronę internetową. Oprócz języka polskiego edukacyjna strona systemu SPEC została przetłumaczona na 10 języków. Na komercyjnej stronie internetowej DuPont Poland (www.dupont.pl) ukazują się rozbudowane komunikaty za-



Rys. 3. Schemat działania i przekazywania informacji w systemie SPEC

Źródło: opracowanie własne.

wierające analizę uzyskanych danych oraz zalecenia dla producentów rzepaku w poszczególnych regionach kraju. W sezonie 2007/2008 firma DuPont Poland rozesała około 15 tys. komunikatów SMS do zarejestrowanych odbiorców systemu.

Literatura

1. Aubertot J. N., Sohbi Y., Brun H., Penaud A., Nutter F. W.: Phomadiact: A computer-aided training program for the severity assessment of phoma stem canker of oilseed rape. IOBC Bulletin, 2006, **29(7)**: 247-254.
2. Brun H., Levivier S., Somda I., Ruer D., Renard M., Chèvre A. M.: A field method for evaluating the potential durability of new resistance sources: application to the *Leptosphaeria maculans* – *Brassica napus* pathosystem. Phytopathology, 2000, **90**: 961-966.
3. Fitt B. D. L., Brun H., Barbetti M. J., Rimmer S. R.: World-wide importance of phoma stem canker (*Leptosphaeria maculans* and *L. biglobosa*) on oilseed rape (*Brassica napus*). Europ. J. Plant Pathol., 2006, **114**: 3-15.
4. Gwiazdowski R., Korbas M.: Zwalczenie chorób. W: Technologia produkcji rzepaku. Red. Cz. Muśnicki, I. Bartkowiak-Broda, M. Mrówczyński. Wieś Jutra, Warszawa, 2005, 111.
5. Hammond K. E., Lewis B. G., Musa T. M.: A systemic pathway in the infection of oilseed rape plants by *Leptosphaeria maculans*. Plant Pathol., 1985, **34**: 557-565.
6. Jędrzycka M.: Genetyczna i molekularna charakterystyka populacji *Leptosphaeria maculans* i *L. biglobosa* oraz ocena ich chorobotwórczości względem rzepaku w Polsce i na świecie. W: Genetyka w ulepszaniu roślin użytkowych, red. P. Krajewski, Z. Zwierzykowski, P. Kachlicki. Rozprawy i Monografie IGR PAN, 2004, **11**: 293-308.
7. Jędrzycka M.: Epidemiologia i szkodliwość suchej zgnilizny kapustnych na rzepaku ozimym w Polsce. Rozprawy i Monografie IGR PAN, 2006, **17**: 1-150.
8. Kaczmarek J., Fitt B. D. L., Jędrzycka M., Latunde-Dada A. O.: Detection by real-time PCR and quantification of *Leptosphaeria maculans* and *L. biglobosa* in air samples from north Poland. Aspects of Applied Biology, Applied Aspects of Aerobiology, 2008, **89**: 71-76.
9. Karolewski Z., Kosiada T., Hylak-Nowosad B., Nowacka K.: Changes in population of *Leptosphaeria maculans* in Poland. Phytopathol. Pol., 2002, **25**: 27-34.
10. Lacey M., West J. S.: The air spora; a manual for catching and identifying airborne biological particles. Springer-Verlag GmbH, 2006, 156.
11. Mączyńska A., Głazek M., Krzyżińska B., Banachowska J.: Porażenie przez grzyby chorobotworcze roślin rzepaku ozimego w latach 1999 i 2000. Rośliny Oleiste/Oilseed Crops, 2001, **22(1)**: 127-138.
12. Pierre J. G., Regnault Y.: Contribution à la mise au point d'une méthode de plein champ destinée à mesurer la sensibilité des variétés de colza au Phoma. Informations techniques du CETIOM, 1982, **81**: 3-18.
13. Podleśna A., Jędrzycka M., Lewartowska E.: Występowanie chorób grzybowych na rzepaku ozimym w warunkach zróżnicowanego nawożenia siarką i azotem. Rośliny Oleiste/Oilseed Crops, 2005, **26(1)**: 169-180.
14. Rosiak E.: Produkcja rzepaku w Polsce i na świecie. W: Technologia produkcji rzepaku. Red. Cz. Muśnicki, I. Bartkowiak-Broda, M. Mrówczyński. Wieś Jutra, Warszawa, 2005, 7-17.
15. Rosiak E.: Rynek rzepaku – prognoza sezonu 2007/2008. Biul. Inf. ARR, 2008, **8(206)**: 23-33.
16. Salam M. U., Khangura R. K., Diggle A. J., Barbetti M. J.: Blackleg sporacle: A model for predicting onset of pseudothecia maturity and seasonal ascospore showers in relation to blackleg of canola. Phytopathology, 2003, **93**: 1073-1081.
17. Shoemaker R. A., Brun H.: The teleomorph of the weakly aggressive segregate of *Leptosphaeria maculans*. Can. J. Botany, 2001, **79**: 412-419.

18. Toscano - Underwood C., Huang Y. J., Fitt B. D. L., Hall A. M.: Effects of temperature on maturation of pseudothecia of *Leptosphaeria maculans* and *Leptosphaeria biglobosa* on oilseed rape stem debris. *Plant Pathology*, 2003, **52**: 726-736.
19. West J. S., Atkins S., McCartney A., Fitt B. D. L.: Detecting airborne inoculum to forecast arable crop diseases. *Aspects of Applied Biology, Applied Aspects of Aerobiology*: 2008, **89**: 1-6.
20. West J. S., Jędrzycka M., Leech P. K., Dakowska S., Huang Y. J., Steed J. M., Fitt B. D. L.: Biology of *Leptosphaeria maculans* ascospore release in England and Poland. *IOBC Bulletin*, 2002, **25**: 21-29.
21. West J. S., Jędrzycka M., Penaud A., Fitt B. D. L.: Comparing fungal diseases on oilseed rape in England, France and Poland. *IOBC Bulletin*, 2004, **27(10)**: 39-44.
22. Wiszniewski W., Chełchowski W.: Regiony klimatyczne. W: Atlas hydrologiczny Polski. Wyd. Geologiczne, Warszawa, 1987.

Bibliografia prac na temat systemu SPEC

2004

- Jędrzycka M.: Wyprzedź suchą zgniliznę rzepaku. *Rolnik Dzierż.*, 2004, **11(92)**: 40-42.
- Jędrzycka M., Matysiak R., Bandurowski R., Rybacki D.: SPEC – system wspierający ochronę rzepaku przed suchą zgnilizną kapustnych w Polsce. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops*, 2004, **25(2)**: 637-644.
- Jędrzycka M., Matysiak R., Graham K.: LeptoNet and SPEC – new projects supporting the control of stem canker of oilseed rape in Poland. *IOBC Bulletin*, 2004, **27(10)**: 125-130.
- Kaczmarek J., Dakowska S., Jędrzycka M.: Co powiedział tej jesieni SPEC? *Rolnik Dzierż.*, 2004, **12(93)**: 38-39.

2005

- Huang Y. J., Fitt B. D. L., Jędrzycka M., Dakowska S., West J. S., Gladders P., Steed J. M., Li Z. Q.: Patterns of ascospore release in relation to phoma stem canker epidemiology in England (*Leptosphaeria maculans*) and Poland (*Leptosphaeria biglobosa*). *Eur. J. Plant Pathol.*, 2005, **111**: 263-277.
- Jędrzycka M.: Wykorzystaj SPEC. *Nasz Rzepak*, 2005, **9**: 16-19.
- Jędrzycka M.: Model dla rolnika. *Rolnik Dzierż.*, 2005, **9(102)**: 56-58.
- Jędrzycka M.: Wraz ze SPECem dbajmy o zdrowotność rzepaku w Polsce. *Ochr. Rośl.*, 2005, **10**: 21-23.

2006

- Aubertot J. N., Salam M. U., Diggle A. J., Dakowska S., Jędrzycka M.: SimMat, a new dynamic module of Blackleg Sporacler for the prediction of pseudothecia maturation of *L. maculans/L. biglobosa* species complex. Parameterisation and evaluation in Polish conditions. *IOBC Bulletin*, 2006, **29(7)**: 279-287.
- Jędrzycka M., Kaczmarek J., Czernichowski J.: Development of a decision support system for control of stem canker of oilseed rape in Poland. *IOBC Bulletin*, 2006, **29(7)**: 269-278.
- Jędrzycka M., Kaczmarek J., Dawidziuk A.: SPEC – największy na świecie system prognozowania zagrożenia rzepaku przez suchą zgnilizną kapustnych – wspólny projekt DuPont oraz IGR PAN Poznań. *Mat. VII Konf. firmy DuPont*, 2006, **7**: 44-46.
- Kaczmarek J., Mączyńska A., Kasprzyk I., Lewandowski A., Jędrzycka M.: Patterns of *Leptosphaeria maculans/L. biglobosa* ascospore release in the season 2004/2005 in Poland. *Bulletin IOBC*, 2006, **29(7)**: 261-266.
- Dawidziuk A., Kaczmarek J., Aubertot J. N., Salam M. U., Jędrzycka M.: SimMat – a mathematical model for forecasting maturity of pseudothecia and ascospore release of *Leptosphaeria maculans* and *L. biglobosa*, two fungal pathogens causing stem canker of winter oilseed rape in Poland. *AEROTOP – Data Base, Quality Control and Statistic in Aerobiology*, Poznań, 2006.

2007

- Dawidziuk A., Kaczmarek J., Jędrzycka M.: Dlaczego warto korzystać z systemu SPEC. *Polska Wieś*, 2007, **5(14)**: 5.
- Jędrzycka M., Kaczmarek J., Dawidziuk A.: SPEC dla rolnika. *Top Agrar Polska*, 2007, 108-110.
- Kaczmarek J., Dawidziuk A., Jędrzycka M.: Zagrożenie z powietrza – ochrona rzepaku przed suchą zgnilizną kapustnych. *Rolnik Dzierż.*, 2007, **3(120)**: 86-88.
- Salam M. U., Fitt B. D. L., Aubertot J. N., Diggle A. J., Huang Y. J., Barbetti M. J., Gladders P., Jędrzycka M., Khangura R. K., Wratten N., Fernando W. G. D., Pinochet X., Penaud A., Sivasithamparan K.: Two weather-based models for predicting the onset of seasonal release of ascospores of *Leptosphaeria maculans* or *L. biglobosa*. *Plant Pathol.*, 2007, **56(3)**: 412-423.

2008

- Dawidziuk A., Kaczmarek J., Jędrzycka M.: Dojrzewanie pseudotecjów i uwalnianie zarodników workowych grzybów kompleksu *L. maculans*-*L. biglobosa* w rejonie Kujaw (2005–2007). *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops*, 2008, **29(2)**: w druku.
- Jędrzycka M.: Nasz mały jubileusz – pięć lat systemu SPEC w Polsce. *Rolnik Dzierż.*, 2008, **9**: 58-62.
- Jędrzycka M.: Uchwycić moment porażenia. *Nowoczesna Uprawa*, 2008, **10(24)**: 26.
- Jędrzycka M., Kaczmarek J.: Uwaga Dolny Śląsk: choroby rzepaku znów w natarciu! *Polska Wieś*, 2008, **8(29)**: 6.
- Jędrzycka M., Kaczmarek J., Dawidziuk A.: Powiedz mi skąd jesteś, a powiem Ci jak zwalczyć suchą zgniliznę kapustnych! *Mat. IX Konf. firmy DuPont*, 2008, **9**: 11-15.
- Jędrzycka M., Kaczmarek J., Dawidziuk A.: Sucha zgnilizna kapustnych – analiza zagrożenia rzepaku jesienią 2007 w Polsce. *Polska Wieś*, 2008, **6(27)**: 10.
- Jędrzycka M., Kaczmarek J., Dawidziuk A., Brachaczek A.: System for forecasting disease epidemics - Aerobiological methods in Polish agriculture. *Ann. Appl. Biol., Applied Aspects of Aerobiology*, 2008, **89**: 65-70.
- Kaczmarek J., Fitt B. D. L., Jędrzycka M., Latunde-Dada A. O.: Detection by real-time PCR and quantification of *Leptosphaeria maculans* and *L. biglobosa* in air samples from north Poland. *Ann. Appl. Biol., Applied Aspects of Aerobiology*, 2008, **89**: 71-76.
- Kaczmarek J., Jędrzycka M.: Zagrożenie rzepaku przez suchą zgniliznę kapustnych na Dolnym Śląsku w latach 2004–2007. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops*, 2008, **29(1)**: 23-36.

Podziękowanie

Składamy serdeczne podziękowanie wszystkim osobom i instytucjom wspomagającym działanie systemu SPEC w Polsce zarówno w zakresie obsługi pólpek wolumetrycznych, jak też regularnego dostarczania prób porażonych resztek poźniwnych rzepaku.

Adres do korespondencji:

dr hab. Małgorzata Jędrzycka
Instytut Genetyki Roślin PAN
ul. Strzeszyńska 34
60-479 Poznań
tel.: (0-61) 655-02-48
e-mail: mjed@igr.poznan.pl