

JÓZEFA KAPSA¹**EDWARD BERNAT**¹**MAŁGORZATA KASPRZAK**²¹ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie

² Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Poznań

Przydatność systemu decyzyjnego NegFry w ochronie ziemniaka przed zarazą w różnych warunkach meteorologicznych

The usefulness of NegFry decision support system in potato protection against late blight under different meteorological conditions

Chemiczna ochrona przed zarazą może, albo polegać na intensywnym stosowaniu fungicydów już od wschodów ziemniaka, albo jako ochrona zrównoważona, opierać się na prognozowaniu występowania patogena i wykorzystywać systemy decyzyjne wspomagające podejmowanie decyzji o jej rozpoczęciu. Doświadczenia polowe z wykorzystaniem systemu decyzyjnego NegFry w ochronie ziemniaka przed zarazą w północnej części Polski prowadzono w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Boninie w latach 2002–2004. Porównywano skuteczność różnych systemów ochrony. W warunkach klimatycznych Bonina system NegFry rekomendował pierwszy zabieg 0–34 dni wcześniej przed rzeczywistym wystąpieniem zarazy. Ochrona prowadzona wg systemu NegFry pozwoliła na skuteczne zwalczanie zarazy i jednocześnie zredukowanie liczby zabiegów w porównaniu z rutynowym modelem ochrony.

Słowa kluczowe: ziemniak, ochrona, NegFry, zaraza ziemniaka

Chemical protection against potato late blight can either comprise the intensive usage of fungicides starting from potato emergence or base as sustainable protection, on forecasting of pathogen occurrence and utilize decision support systems that can help to predict the date of disease outbreak to determine the timing of first treatment. Field experiments on usefulness of NegFry decision support system in potato protection against late blight in northern part of Poland were conducted at the Plant Breeding and Acclimatization Institute, Bonin, in the years 2002–2004. The effectiveness of different potato protection systems was compared. Under Bonin climatic conditions, the NegFry system recommended the first spray 0–34 days before the late blight was found at the trial site. Protection performed according to the NegFry indications resulted both in control of late blight and in reduction of a number of fungicide treatments compared to the routine model.

Key words: potato, late blight, protection, NegFry

WSTĘP

Ziemniak ze względu na wegetatywny sposób rozmnażania jest szczególnie narażony na rozwój patogenów, które najczęściej przeżywają niekorzystny dla siebie okres zimowy w bulwach. Możliwość przenoszenia większości patogenów poprzez sadzeniaki na następny sezon sprawia, że ochrona plantacji w okresie wegetacyjnym jest jednym z ważniejszych elementów w technologii uprawy ziemniaka. Spośród wielu organizmów atakujących rośliny ziemniaka *Phytophthora infestans* — sprawca zarazy — pozostaje jednym z ważniejszych gospodarczo patogenów. Straty plonu spowodowane przedwczesnym zniszczeniem części asymilacyjnej roślin na niechronionych plantacjach sięgają 70% (Hoffman, Schmutterer, 1983), a w skrajnych przypadkach, przy wczesnych epidemiach, nawet 100% (Fry, 1994). W warunkach Polski straty plonu na plantacjach niechronionych w ciągu ostatnich pięciu lat szacowano na 21,6 do 57,2% (Kapsa, 2004).

W krajach, dla których ziemniak stanowi ważną uprawę, do ochrony przed zarazą podchodzi się w różny sposób. W większości krajów Europy ochrona plantacji polega przede wszystkim na ochronie chemicznej ziemniaków, która w większości sprowadza się do wielokrotnych aplikacji fungicydów w chwili wystąpienia pierwszych objawów choroby w polu lub dużo wcześniej — profilaktycznie. Liczba stosowanych w różnych krajach zabiegów chemicznych przeciwko zarazie waha się od 2 do 20, w zależności od technologii uprawy czy presji infekcyjnej patogena (Schepers, 2003). Obserwacje wykonane w latach 1999–2003 na 286 plantacjach ziemniaka wskazują, że w warunkach naszego kraju dominuje „model” dwóch aplikacji fungicydowych w sezonie (Kapsa, 2004).

Nowoczesne podejście do ochrony wymaga wiarygodnego prognozowania, monitorowania wystąpienia patogena i wywoływanej przez niego choroby, a zastosowanie w ochronie różnych systemów decyzyjnych ma na celu precyzyjniejsze określenie daty pierwszego i kolejnych zabiegów fungicydowych, aby zminimalizować liczbę aplikacji przy jednoczesnym zachowaniu dobrej skuteczności ochrony.

Jednym z systemów wspomagających podejmowanie decyzji w ochronie ziemniaka, stosowanych w kilku krajach Europy, jest system NegFry. Podstawą określenia terminu rozpoczęcia ochrony są dane meteorologiczne, wpływające zarówno na rozwój uprawy jak i epidemiologię patogena.

Celem badań prowadzonych w Zakładzie IHAR w Boninie było sprawdzenie przydatności systemu decyzyjnego NegFry w warunkach północnej Polski oraz porównanie jego skuteczności z innymi, wybranymi programami ochrony przed zarazą.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia przeprowadzono w Zakładzie Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie, w latach 2002–2004. Doświadczenia polowe przeprowadzono według metodyki EPPO stosowanej w badaniach skuteczności fungicydów. Każdego roku analizowano wpływ warunków meteorologicznych na presję infekcyjną patogena na

odmianie wzorcowej Irga (odporność na zarazę 2 w skali 9-stopniowej). Kryterium oceny stanowiły:

- poziom porażenia zarazą odmiany wzorcowej pod koniec okresu wegetacji, czyli procent zniszczonej powierzchni liści — obliczany wg wartości liczbowych odpowiadających stopniom odporności skali 9-stopniowej (Pietkiewicz, 1972),
- tempo rozwoju choroby, czyli przyrost zniszczenia roślin w jednostce czasu (Van der Plank, 1963),
- AUDPC, czyli powierzchnia pod krzywą postępu choroby (Fry, 1978; Shaner, Finney, 1977).

Przydatność systemu NegFry w warunkach północnej Polski sprawdzano w doświadczeniach polowych na trzech odmianach ziemniaka, różniących się stopniem odporności na zarazę. W latach 2002–2003 doświadczenia prowadzono na dwóch odmianach Bekas (odporność 2) i Łucja (odporność 5). W roku 2004 badania wykonano na odmianie Irga (odporność 2).

Oceniano skuteczność ochrony ziemniaka przed zarazą, prowadzonej według trzech różnych systemów ochrony: rutynowego, NegFry i tzw. polskiego standardu, w porównaniu z niechronioną kontrolą.

Ochrona prowadzona rutynowo polegała na aplikowaniu fungicydów co 7–10 dni, od momentu zwarcia roślin w rzędach.

W ochronie prowadzonej według systemu NegFry termin pierwszego i kolejnych zabiegów system wyznaczał automatycznie w oparciu o dzienne (DRV) i skumulowane (ARV) jednostki ryzyka wystąpienia zarazy (obliczane na podstawie czasu trwania wysokiej wilgotności). Przekroczenie DRV powyżej wartości 7 i ARV powyżej wartości 130 świadczy o zagrożeniu wystąpienia zarazy w rejonie.

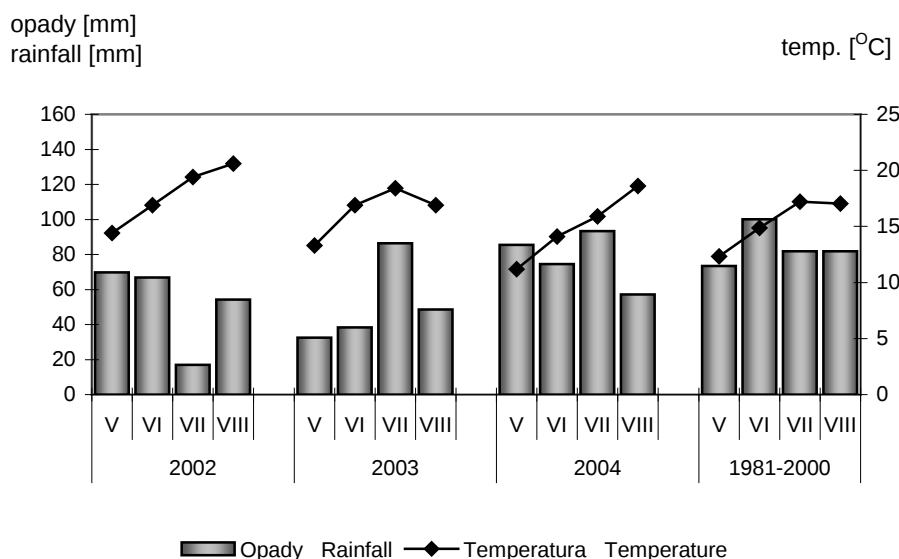
"Polski standard" to najczęściej stosowany w naszym kraju model ochrony plantacji przed zarazą, obejmujący dwa zabiegi fungicydowe, po stwierdzeniu pierwszych objawów zarazy na polu.

W ochronie rutynowej i wg systemu NegFry stosowano działający powierzchniowo fungicyd fluazynam (Altima 500 SC). W ochronie według "polskiego standardu" do pierwszego zabiegu stosowano mieszaninę metalaksylu M z mankozebem (Ridomil Gold MZ 68 WG) o działaniu układowo-kontaktowym, a do drugiego fluazynam (Altima 500 SC).

Kryterium oceny skuteczności prowadzonej ochrony stanowiły: poziom porażenia roślin zarazą (procent zniszczonej powierzchni liści) i skuteczność ochrony w porównaniu z kontrolą (procent zahamowania zniszczenia).

WYNIKI

Przebieg warunków meteorologicznych, przede wszystkim ilość opadów w okresie maj — wrzesień (rys. 1) wpłynęły wyraźnie na termin wystąpienia zarazy i poziom porażenia zarazą odmiany kontrolnej Irga (tab. 1).



Rys. 1. Warunki klimatyczne w sezonie wegetacyjnym w latach 2002-2004
Fig.1. Climatic condition in the growing season in the years 2002-2004

Tabela 1

Wpływ warunków meteorologicznych na presję infekcyjną patogena w sezonie wegetacyjnym
Influence of meteorological conditions on pathogen infection pressure in the growing season

Lata Years	Warunki meteorologiczne w miesiącach V-VIII Meteorological conditions in months V-VIII		Data wystąpienia zarazy Date of late blight appearance	Zniszczenie odm. wzorcowej (%) Destruction of reference cv. (%)	Tempo rozwoju zarazy Rate of late blight development	AUDPC*
	opady (mm) precipitation (mm)	średnia temp. °C Mean temp. °C				
2002	296,7	17,7	26.06.	77,5	0,224	0,205
2003	206,0	16,6	14.07.	90,7	0,232	0,354
2004	310,6	15,5	28.06.	99,6	0,400	0,442

*AUDPC= powierzchnia pod krzywą postępu choroby

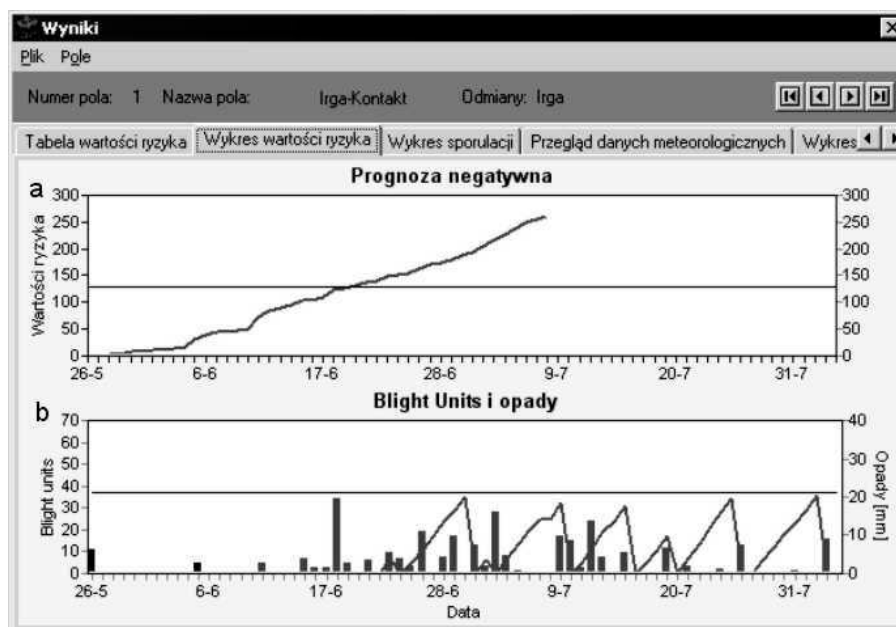
*AUDPC= area under disease progress curve

Zaraza pojawiła się najwcześniej w 2002 roku (26 czerwca), po obfitych opadach deszczu występujących w czerwcu. Tempo szerzenia choroby na odmianie wzorcowej było jednak niezbyt wysokie ($r = 0,224$).

W sezonie 2003 zaraza wystąpiła na polu bardzo późno, odpowiednio 18 i 16 dni później w porównaniu z pozostałymi latami.

Największe nasilenie zarazy i najwyższą presję infekcyjną patogena stwierdzono natomiast w sezonie 2004, który charakteryzował się największą ilością opadów w okresie wegetacyjnym (maj-sierpień) i najniższą temperaturą czerwca. W tym właśnie sezonie obserwowano najwyższy przyrost zniszczenia roślin w jednostce czasu, spowodowany rozwojem zarazy ($r = 0,400$), i największą wartość AUDPC = 0,442.

Obserwacje wykonane w Boninie w latach 2002–2004 wykazały przydatność systemu NegFry w prognozowaniu zarazy. Na podstawie prognozy negatywnej system NegFry wyznaczał moment zagrożenia wystąpienia choroby, w oparciu o dzienne (DRV) i skumulowane (ARV) "jednostki zarazowe" (rys. 2 a). W rzeczywistości pierwsze objawy choroby znaleziono w Boninie o 5–11 dni później, niż wskazywał to testowany system (tab. 2).



Rys. 2. System wspomagający podejmowanie decyzji NegFry
Fig. 2. Decision support system NegFry

Tabela 2

Porównanie terminów rzeczywistego wystąpienia zarazy i prognozy wg systemu NegFry
Comparison of real date of late blight appearance and forecast according to NegFry system

Rok Year	Data wystąpienia zarazy Date of late blight appearance		Różnica (dni) Difference (days)	ARV*	DRV**
	data wystąpienia objawów choroby date of visible symptoms of the disease	prognoza wg NegFry forecast acc. NegFry			
2002	26.06.	16.06.	10	139,2	10,3
2003	14.07.	03.07.	11	131,5	12,9
2004	28.06.	23.06.	5	147,9	8,1

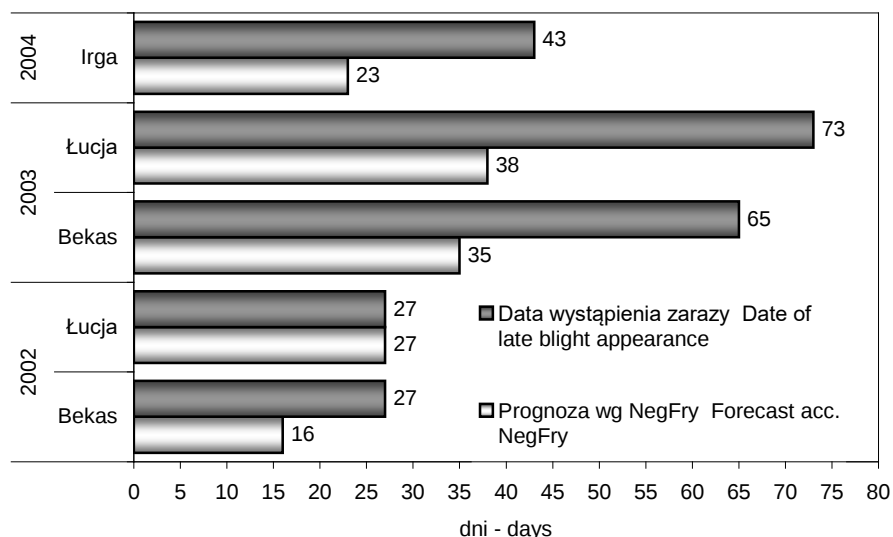
* ARV — Skumulowana wartość ryzyka; * ARV — Accumulated risk value

** DRV — Dzienna wartość ryzyka; ** DRV — Daily risk value

W doświadczeniach polowych, testujących skuteczność różnych programów ochrony, system NegFry precyzyjnie określił termin pierwszego zabiegu przeciwko zarazie

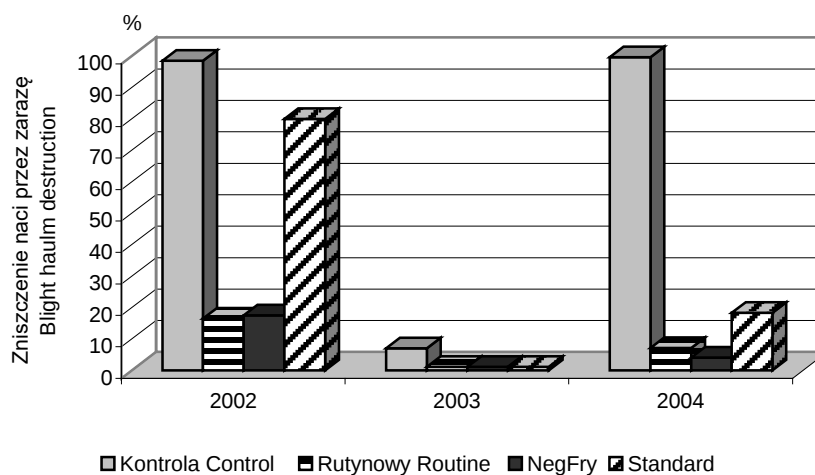
ziemniaka — 0–20 dni przed rzeczywistym wystąpieniem choroby w latach 2002 i 2004 (rys. 3). W sezonie 2003 system wskazywał zagrożenie wystąpienia zarazy w doświadczeniu na początku lipca (5 i 8 lipca) i był to termin o miesiąc za wczesny.

Na podstawie dziennych (DRV) i skumulowanych (ARV) jednostek zagrożenia wystąpienia zarazy system NegFry wyznaczał także terminy kolejnych zabiegów fungicydowych (rys. 2 b).



Rys. 3. Różnica między rzeczywistym wystąpieniem zarazy i wyznaczonym przez system NegFry
Fig. 3. Difference between real date of late blight appearance and forecast according to NegFry system

We wszystkich latach badań programy ochrony rutynowej i według systemu decyzyjnego NegFry skutecznie chroniły rośliny ziemniaka przed rozwojem zarazy (rys. 4). Efekt był szczególnie widoczny w sezonach 2002 i 2004. Poziom porażenia roślin zarazą na poletkach chronionych według systemu NegFry nie odbiegał od poziomu porażenia roślin chronionych rutynowo. W sezonie 2002 porażenie roślin na poletkach odmiany Bekas chronionych według NegFry wynosiło 17,5%, podczas gdy na poletkach chronionych rutynowo 16,5%. Na odmianie Łucja ochrona była jeszcze bardziej skuteczna. Porażenie roślin zarazą tydzień po ostatnim zabiegu fungicydowym sięgało odpowiednio: 13,1 i 13,4%. W sezonie 2004 efektywność ochrony prowadzonej wg systemu NegFry i rutynowo były bardzo zbliżone — porażenie roślin sięgało 4,1 i 7,1%. Różnice w porażeniu roślin na poletkach chronionych wg obu systemów nie były statystycznie istotne. W sezonie 2003 niska presja infekcyjna patogena, późne wystąpienie zarazy i słabe nasilenie choroby aż do końca lipca, spowodowały słabe zróżnicowanie skuteczności poszczególnych programów ochrony, nawet w porównaniu z niechronioną kontrolą.



Rys. 4. Hamowanie rozwoju zarazy na poletkach chronionych według różnych systemów ochrony
Fig. 4. Inhibition of late blight development on plots protected using different control systems

Tabela 3

Wpływ modelu ochrony na skuteczność zwalczania zarazy
Influence of protection model on the efficacy of late blight control

Rok Year	Odmiana Cultivar (*)	System ochrony Protection system	Zniszczenie naci (%) Haulm destruction (%)	Skuteczność ochrony (%) Efficacy of protection (%)	Liczba zabiegów Number of sprays
2002	Bekas (B1)	kontrola — untreated	98,5	—	—
		rutynowy — routine	16,5	83,2	7
		NegFry	17,5	82,2	5
		standard	80,0	18,8	2
	Łucja (B2)	kontrola — untreated	88,5	—	—
		rutynowy — routine	13,1	85,2	7
NegFry		13,4	84,9	4	
standard		56,8	35,8	2	
2003	Bekas (B1)	kontrola — untreated	7,0	—	—
		rutynowy — routine	1,1	84,3	5
		NegFry	1,1	84,3	3
		standard	1,1	84,3	2
	Łucja (B2)	kontrola — untreated	5,0	—	—
		rutynowy — routine	1,1	78,0	4
NegFry		1,1	78,0	3	
standard		0,9	82,0	2	
2004	Irga (B1)	kontrola — untreated	99,6	—	—
		rutynowy — routine	7,1	92,9	5
		NegFry	4,1	95,9	4
		standard	18,3	81,6	2

(*) Odporność odmian: B1 — Bardzo podatna, B2 — Średnio podatna, B3 — Średnio odporna

(*) Cultivar resistance: B1 — Very susceptible, B2 — Mid susceptible, B3 — Mid resistant

We wszystkich doświadczeniach poziom zniszczenia roślin przez zarazę, na poletkach chronionych wg systemu NegFry nie odbiegał od poziomu porażenia roślin chronionych rutynowo. Zastosowanie systemu wspomagającego podejmowanie decyzji, który szczegółowo określał terminy i potrzebę zabiegu, pozwoliło zmniejszyć liczbę aplikacji chemicznych o 1–3 w porównaniu z opryskiwaniem rutynowym (4–7 zabiegów w zależności od roku i odmiany), przy zachowaniu równie wysokiej skuteczności (tab. 3).

DYSKUSJA

Od kilku lat trwają w Polsce prace badawcze i organizacyjne nad przygotowaniem internetowego systemu doradczego w ochronie ziemniaka przed zarazą do ogólnodostępnego użytkowania. W pracach tych uczestniczą zarówno instytuty naukowo-badawcze (IHAR Bonin, IOR, IUNG, IMiGW), jak i służby doradcza (GIORIN, ODR-y).

System ten, w ostatecznej wersji, będzie zawierał komputerowe programy doradcze umożliwiające podjęcie decyzji o przeprowadzaniu zabiegu chemicznego w zależności od kilku czynników rodzaju uprawy, warunków meteorologicznych oraz ekonomicznych. Pozwoli on na precyzyjne ustalenie terminu rozpoczęcia ochrony i terminu kolejnych, koniecznych aplikacji fungicydowych.

System wspomagający podejmowanie decyzji NegFry, stosowany w ochronie ziemniaka przed zarazą, został rozwinięty w Danii w latach 1992–1993 (Hansen, 1993; Hansen i in., 1995). NegFry powstał na bazie dwóch wcześniej istniejących modeli "prognozy negatywnej" dla prognozowania wystąpienia ryzyka infekcji pierwotnej (Ullrich, Schrödter, 1966) i modelu wyznaczającego terminy kolejnych aplikacji fungicydowych w czasie sezonu (Fry i in., 1983). Mimo że system NegFry został przystosowany do warunków Danii, wyniki walidacyjne z innych krajów, świadczące o jego przydatności w ochronie ziemniaka, są podobne (Hansen i in., 2002).

W Polsce wstępne testowanie przydatności systemu NegFry zostało przeprowadzone już wcześniej, w doświadczeniach mikropoletkowych (Wójtowicz, Piekarczyk, 1998) i doświadczeniach produkcyjnych (Kapsa, Osowski, 2002; Kapsa i in., 2003). Autorzy wykazali dużą przydatność systemu NegFry w ochronie ziemniaka przed zarazą i opłacalność ekonomiczną ochrony z jego zastosowaniem.

Dalsze badania, sprawdzające przydatność systemu NegFry w ochronie ziemniaka w warunkach klimatycznych Polski, kontynuowano m.in. na terenie Polski północnej. Obserwacje przeprowadzone w ZNiOZ w Boninie wykazały, że prognozowanie wystąpienia zarazy przez system NegFry, na podstawie danych meteorologicznych (prognoza negatywna) było dokładne i wskazywało na ryzyko wystąpienia infekcji 5–11 dni przed znalezieniem objawów zarazy na roślinach.

W latach 2002 i 2004 system NegFry rekomendował wykonanie pierwszego zabiegu od 0 do 20 dni przed znalezieniem objawów choroby. W sezonie 2003, system wskazywał zagrożenia wystąpienia zarazy w doświadczeniu na początku lipca i był to termin o 30–35 dni wcześniejszy w porównaniu z rzeczywistym terminem wystąpienia pierwszych objawów choroby na poletkach doświadczalnych. Ten błąd techniczny wyniknął z nietypowego układu warunków meteorologicznych panujących w sezonie wegetacyjnym

(w lipcu susza i 2 dni obfitych opadów, wsiąkających natychmiast do gleby i niemających wpływu na rozwój patogena). Takie nietypowe warunki pogodowe panowały w całej Polsce w sezonie 2003. Według Gunna (1990) na polu ziemniaczanym powinny być wykonane 2–4 zabiegi profilaktyczne przed wystąpieniem zarazy w uprawie, co oznacza rozpoczęcie ochrony przed zarazą ok. 5–30 dni przed jej wystąpieniem. Inne systemy decyzyjne testowane w Europie wskazywały na potrzebę rozpoczynania ochrony plantacji 15–44 dni przed stwierdzeniem objawów choroby (Hansen i in., 2002)

Precyzyjne określenie terminu pierwszej i kolejnych aplikacji fungicydów w prowadzonych doświadczeniach wpłynęło na dobrą skuteczność ochrony prowadzonej według systemu NegFry w porównaniu z innymi programami ochrony. Pozwoliło jednocześnie zmniejszyć liczbę aplikacji fungicydowych średnio o 29,4% (na odmianie podatnej) i o 36,4% (na odmianie średnio odpornej). W badaniach prowadzonych w Skandynawii system decyzyjny NegFry pozwolił zmniejszyć liczbę aplikacji o 50% (Hansen i in., 1995). Zastosowanie innych, porównywalnych systemów decyzyjnych również pozwala redukować "wkład" fungicydowy o 8–62% w porównaniu z ochroną rutynową (Hansen i in., 2002).

Możliwość zmniejszenia liczby zabiegów, z jednoczesnym zachowaniem dobrej skuteczności ograniczania rozwoju zarazy, jaką stwarza system wspomagający podejmowanie decyzji w ochronie ziemniaka, stanowi ważny wkład dla ochrony środowiska.

WNIOSKI

1. System wspomagający podejmowanie decyzji NegFry, stosowany w ochronie ziemniaka przed zarazą, okazał się przydatny w określaniu ryzyka wystąpienia zarazy w warunkach klimatycznych północnej Polski.
2. Skuteczność ochrony wg systemu NegFry pozostawała na poziomie skuteczności ochrony rutynowej.
3. Precyzyjne określenie terminów zabiegów fungicydowych pozwoliło zmniejszyć ich liczbę średnio o 33,4%; szczególnie wyraźnie jest to widoczne na odmianie odporniejszej.

LITERATURA

- Fry W. E. 1978. Quantification of general resistance of potato cultivars and fungicide effects for integrated control of potato late blight. *Phytopathology* 67: 415 — 420.
- Fry W. E. 1994. Role of early and late blight suppression in potato pest management. In: *Advances in potato pest biology and management*. G. W. Zehnder, M. L. Powelson, R. K. Jansson, K. V. Raman. The American Phytopathology Society, St. Paul, Minnesota, USA: 166 — 177.
- Fry W. E., Apple A. E., Bruhn J. A. 1983. Evaluation of potato late blight forecasts modified to incorporate host resistance and fungicide weathering. *Phytopathology* 73: 1054 — 1059.
- Gunn J. S. 1990. *Crop protection handbook — potatoes*. British Crop Protection Council, UK: 192 s.
- Hansen J. G. 1993. The use of meteorological data for potato late blight forecasting in Denmark. In: *Workshop on Computer-based DSS on Crop Protection* Parma, Italy, 23-26 November 1993. Secher B. J. M., Rossi V., Battilani P. (eds.). Danish Institute of Plant and Soil Science. SP Report no 7: 183 — 193.

- Hansen J. G., Anderson B., Hermansen A. 1995. NEGFry — A system for scheduling chemical control of late blight in potatoes. In: *Phytophthora* 150. Dowley L. J., Bannon E., Cooke L. R., Keane T., O'Sullivan E. (eds.). Dublin, Ireland: Boole: 201 — 208.
- Hansen J. G., Kleinhenz B., Jorg E., Wander J. G. N., Spits H. G., Dowley L. J., Rauscher E., Michelante D., Dubois L., Steenblock T. 2002. Results of validation trials of *Phytophthora* DSSs in Europe, 2001. PPO-Special Report 2 no. 8. (2002). Proc. 6th Workshop of a European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Edinburgh, Scotland, 26–30 September 2001: 231 — 242.
- Hoffman G. M., Schmutterer H. O. 1983. Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.
- Kapsa J. 2004. Zmiany stanu zagrożenia i ochrony plantacji ziemniaka przed zarazą (*P.infestans*) w Polsce na tle krajów europejskich. Progress Plant Protection. Postępy w Ochronie Roślin, Vol. 44 (1): 129 — 137.
- Kapsa J., Osowski J. 2002. Wprowadzanie i ocena systemu decyzyjnego NegFry w strategii przed zarazą ziemniaka w warunkach polskich. Biul. IHAR 223/224: 351 — 359.
- Kapsa J., Osowski J., Bernat E. 2003. NegFry — decision support system for late blight control in potato crops — results of validation trials in north Poland. J. Plant Prot. Res. Vol.43, 2: 171 — 179.
- Pietkiewicz J. 1972. Badanie odporności ziemniaków na zarazę ziemniaczaną (*Phytophthora infestans* de Bary) na odciętych listkach. Biul. Inst. Ziemn. 9: 17 — 31.
- Schepers H. T. A. M. 2003. The development and control of *Phytophthora infestans* in Europe in 2002. PPO-Special Report no. 9. Proc.7th Workshop of an European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Poznań, 6–10 October 2002: 9 — 22.
- Shaner G., Finney R. E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. Phytopathology 67: 1051 — 1056.
- Ullrich J., Schrödter H. 1966. Das Problem der Vorhersage des Auftretens der Kartoffelkrautfäule (*Phytophthora infestans*) und die Möglichkeit seiner Lösung durch eine „Negativprognose“. Nachrichtenblatt Deutsch. Pflanzenschutzdienst (Braunschweig) 18: 33 — 40.
- Van der Plank J. E. 1963. Plant disease: Epidemics and control. Academic Press, New York.
- Wójtowicz A., Piekarczyk J. 1998. Porównanie skuteczności wybranych systemów wspierających podejmowanie decyzji w zwalczaniu zarazy ziemniaka. Prog. Plant Prot. Vol. 38 (2): 358 — 361.