

JERZY OSOWSKI

INNOWACYJNOŚĆ I OPTIMALIZACJA W OCHRONIE UPRAW ZIEMNIAKA

Streszczenie

Wzrastające zaludnienie wymaga zapewnienia wystarczającej ilości żywności. Ziemniaki odgrywają dużą rolę nie tylko jako surowiec do przerobu przemysłowego, ale przede wszystkim są ważnym źródłem żywności, która może zapewnić wyżywienie ludności na świecie. Stosowane dotychczas intensywne metody nawożenia oraz ochrony przed agrofagami stanowiły duże zagrożenie dla środowiska i ludzi. Obowiązujące od 1 stycznia 2014 roku przepisy o stosowaniu zasad integrowanej ochrony roślin zawierają zalecenie ograniczania zużycia nawozów mineralnych oraz środków ochrony roślin, a preferują wykorzystanie metod niechemicznych i hodowlanych. Stosowanie środków ochrony roślin nie jest już podstawowym elementem zwalczania agrofagów, lecz stanowi element uzupełniający, stosowany tylko wtedy, kiedy istnieje ryzyko przekroczenia progów ekonomicznej szkodliwości. W celu zmniejszenia liczby zabiegów ochronnych stosowanych w ochronie plantacji ziemniaków przed zarzą coraz powszechniejsze staje się wykorzystanie systemów wspomagających podejmowanie decyzji o wykonaniu zabiegu. Obecnie w Europie do wspomagania podejmowania decyzji w tym zakresie wykorzystuje się ok. 20 różnych systemów. Dzięki temu w zależności od systemu uzyskano zmniejszenie liczby zabiegów o 2 do 8. W Polsce zastosowanie systemów decyzyjnych pozwoliło na zmniejszenie liczby zabiegów o 3 do 6, przy jednoczesnym zmniejszeniu o 30 % ilości środków ochrony wprowadzanych do środowiska. W ostatnich latach zmianie uległy także dyscypliny naukowe, które odgrywają rolę we współczesnym rolnictwie. Dotychczas dominowały nauki biologiczne, obecnie wzrasta zainteresowanie naukami technicznymi, które ułatwiają wprowadzanie rolnictwa precyzyjnego, wykorzystującego nowoczesne techniki. Umożliwiają one ograniczanie nakładów finansowych, ochronę środowiska, bezpieczeństwo żywności oraz ochronę zasobów naturalnych i ludzkich.

Słowa kluczowe: ziemniak, metody hodowlane, ochrona integrowana, ochrona chemiczna, systemy decyzyjne

Wprowadzenie

Wzrastające zaludnienie (w latach 1950 - 2000 populacja ludzi na świecie wzrosła ponad 2,5-krotnie) wymaga zapewnienia wystarczającej ilości żywności. W wymie-

nionym okresie produkcja żywności nadążała za wzrastającym tempem zaludnienia, jednak w wyniku oddziaływania czynników chorobotwórczych straty plonów w skali globalnej wynoszą w dalszym ciągu ponad 40 % [24].

Ziemniaki, obok ryżu, kukurydzy i pszenicy, są podstawowym źródłem pożywienia, a także jedną z niewielu roślin uprawnych rozmnażanych wegetatywnie [2, 4]. Roczna produkcja ziemniaków na świecie przekracza 350 milionów ton [10]. Związana jest z dużym ryzykiem występowania chorób, które ze względu na sposób rozmnażania ziemniaków mogą być przenoszone z sezonu na sezon w bulwach sadzeniaków. Obecnie ocenia się, że ziemniak jest atakowany przez ok. 160 chorób pochodzenia grzybowego, bakteryjnego, wirusowego i abiotycznego (nieinfekcyjnego) [5].

Intensywne metody ochrony roślin stosowane od wielu lat w produkcji ziemniaków i innych roślin ukierunkowane na uzyskanie maksymalnych plonów wywołują wiele skutków ubocznych w stosunku do obiektów, które nie są celem prowadzonej ochrony (osoby wykonujące zabiegi ochrony roślin, konsumenci, środowisko przyrodnicze), zaburzają działanie naturalnych mechanizmów, które mają wpływ na samoregulację agroekosystemów, prowadzą do uodporniania się agrofagów na środki chemiczne i generują wysokie koszty zabiegów ochrony [17].

Od 1 stycznia 2014 roku w krajach Unii Europejskiej wprowadzono przepisy dotyczące stosowania metod integrowanej ochrony roślin zgodnie z postanowieniami art. 14. dyrektywy 2009/128/WE [6] oraz rozporządzenia nr 1107/2009 [25]. Integrowana ochrona roślin to połączenie wielu metod w taki sposób, aby wiedza o organizmach szkodliwych dla roślin i o ich biologii umożliwiała wykorzystanie metod niechemicznych w celu ograniczenia do niezbędnego minimum stosowania środków ochrony roślin [17].

Doruchowski [7] wskazuje, że rozwój współczesnego rolnictwa wiąże się przede wszystkim z naukami biologicznymi, technicznymi i społecznymi. O ile wcześniej dominowały nauki biologiczne, to obecnie obserwowany jest zwrot ku nowoczesnym technikom. Dominacja techniki, a tym samym rolnictwa precyzyjnego sprawia, że obecnie do głównych celów stawianych przed tym rolnictwem zaliczyć można minimalizację nakładów, ochronę środowiska, bezpieczeństwo żywności oraz ochronę zasobów naturalnych i ludzkich.

Wprowadzenie do powszechnego stosowania metod integrowanej ochrony jest jedną z ważniejszych zmian innowacyjnych w rolnictwie. Program integrowanej ochrony zakłada w pierwszym rzędzie wykorzystanie metod niechemicznych (zabiegów agrotechnicznych, metod hodowlanych), a więc ochronę zasobów naturalnych i bezpieczeństwo żywności oraz ich uzupełnienie zastosowaniem środków ochrony w takiej ilości, aby utrzymać agrofagi poniżej progu ekonomicznej szkodliwości, czyli minimalizację nakładów i ochronę środowiska.

Zasady integrowanej ochrony roślin wpisują się w system integrowanej produkcji rolniczej, który umożliwia realizowanie celów ekonomicznych i ekologicznych poprzez świadome wykorzystanie nowoczesnych technik wytwarzania, systematyczne usprawnianie zarządzania oraz wdrażanie różnych form postępu, głównie biologicznego, w sposób sprzyjający realizacji celów systemu [21].

Kotecki [19] ocenia, że przy przejściu od systemu gospodarowania konwencjonalnego do integrowanego możliwe jest ograniczenie o 30 ÷ 50 % przemysłowych środków produkcji (tab. 1). Podstawowym czynnikiem warunkującym efektywniejsze wykorzystanie środków produkcji jest wiedza umożliwiająca precyzyjne ustalanie wielkości ich dawek i terminów aplikacji [33]. Jednym z głównych standardów produkcji roślinnej jest ograniczenie do niezbędnego minimum stosowania nawozów i środków ochrony, aby zmniejszyć niekorzystny wpływ rolnictwa na środowisko, a także wpływać na dłuższe użytkowanie terenów rolniczych [19].

Tabela 1. Zużycie przemysłowych środków produkcji w Holandii po zmianie konwencjonalnego systemu gospodarowania na system integrowany

Table 1. Consumption of industrial means of production in the Netherlands after the change of the conventional management system into an integrated system

Wyszczególnienie Specification		Stan wyjściowy Starting condition	Lata po zmianie na uprawę integrowaną Years after the change into integrated crop			Zmniejszenie zużycia środków produkcji w stosunku do stanu wyjściowego Reduction of consumption of production resources com- pared to the initial condition [%]	
			1 i 2	3	4		
Pestycydy Pesticides [kg ha ⁻¹ s.a.]	herbicydy herbicides	3,1	1,8	1,3	1,3	58,1	
	fungicydy fungicides	4,7	3,9	2,3	1,9	59,6	
	nematocydy nematocides	14,4	7,8	3,4	3,7	74,3	
Nawozy Fertilizers [kg ha ⁻¹]	ogółem in total	N	235	190	180	190	19,1
		P ₂ O ₅	130	85	75	70	46,2
		K ₂ O	175	150	150	150	14,3
	mineralne mineral	N	141	95	90	95	32,6
		P ₂ O ₅	58	17	15	14	75,9
		K ₂ O	87	60	52	52	40,2

Źródło / Source: opracowanie własne na podstawie [33] / Author's own study based on [33]

W odniesieniu do ochrony ziemniaków stosowanie nawozów i środków ochrony stanowi duże zagrożenie dla środowiska oraz bezpieczeństwa żywności, a także generuje wysokie nakłady na uzyskanie dobrej jakości plonów.

Nawożenie

Nawożenie jest jednym z elementów agrotechniki mającym podstawowe znaczenie w kształtowaniu plonu oraz jakości bulw ziemniaka i powinno być dostosowane do właściwości agrotechnicznych gleby oraz wymagań pokarmowych tej rośliny, przy uwzględnieniu stosowania nawozów naturalnych lub organicznych, uzupełnionych odpowiednim poziomem nawożenia mineralnego [29]. W myśl zasady „tak dużo jak to jest konieczne, tak mało jak to jest możliwe” celem nawożenia jest osiągnięcie wyższych i jakościowo lepszych plonów poprzez dostarczenie roślinom składników pokarmowych w odpowiednich ilościach i we właściwej formie nawozu. Nie można mówić o celowym nawożeniu, jeżeli analizy gleby wykonuje się co 4 - 5 lat, ponieważ nawożenie jest korektą – uzupełnieniem braków składników pokarmowych w glebie. Najczęściej producenci ziemniaków pomijają celowość stosowania analizy zasobności gleby i udział najważniejszych makroelementów w nawożeniu (azotu, fosforu i potasu) określają na podstawie stosunku N : P : K. W przypadku ziemniaków jadalnych powinien on wynosić 1 : 1 : (1,5 ÷ 2), a ziemniaków skrobiowych – 1 : 1 : (1,3 ÷ 1,5) [22]. Przyjmowanie tej zasady prowadzi często do nadmiernego zużycia nawozów. Sposób ich zastosowania poprzez wysiew rzutowy nie gwarantuje równomiernego pokrycia na wysiewanej powierzchni ze względu na redliny. Korzystniejszy jest wysiew rzędowy z wykorzystaniem agregatów sadząco-nawożących. Zastosowanie nawożenia przy użyciu tej techniki powoduje zwiększenie plonu bulw o 10 % w porównaniu z techniką tradycyjną [30].

Od początku XXI wieku, kiedy nastąpił szybki rozwój i upowszechnienie nawigacji wykorzystującej systemy satelitarne, np. GPS (*Global Positioning System*), rolnictwo zyskało narzędzie, które umożliwia lokalizację obiektów na ziemi z dużą dokładnością. System ten znalazł zastosowanie w precyzyjnym nawożeniu roślin. Urządzenie N-Sensor, które służy do określania deficytu azotu w zbożach, rzepaku, kukurydzy, ziemniakach czy burakach cukrowych, podczas jazdy ciągnika z rozsiewaczem nawozów skanuje obszar w otoczeniu ciągnika, analizuje poziom chlorofilu w roślinach i dobiera właściwą dawkę na podstawie stanu roślin. Wykorzystanie tego urządzenia pozwoliło na zwiększenie plonów zbóż o 3 ÷ 13 % i oszczędność nawozów średnio o 14 % [20].

Ochrona chemiczna

Zrównoważona ochrona roślin według Kapsy i wsp. [18] to łączne wykorzystanie działań taktycznych obejmujących dobór środka ochrony roślin, ustalenie liczby apli-

kacji, wykorzystanie systemów wspomaganie decyzji (DSS) w ochronie przed patogenami oraz wykorzystanie progów ekonomicznej szkodliwości (takiego nasilenia agrofagów, w którym wartość spodziewanej straty w plonie jest wyższa od kosztów zabiegów) w zwalczaniu szkodników oraz działań strategicznych. Działania strategiczne obejmują wybór harmonogramu zabiegów i ich częstotliwość albo zastosowanie systemów wspomaganie decyzji.

W ochronie roślin ziemniaka wyznaczenie progów szkodliwości czynników chorobotwórczych, a zwłaszcza najgroźniejszej z nich – zarazy ziemniaka jest trudne, bo do jej rozwoju może wystarczyć jedna chora bulwa czy jedna zainfekowana roślina, by w ciągu kilku dni doprowadzić do zniszczenia plantacji o powierzchni 100 ha [3]. Pewnym wyznacznikiem rozwoju choroby, ale bardziej odpowiadającym za wyznaczenie momentu zahamowania gromadzenia plonu, jest tzw. krytyczny moment zniszczenia powierzchni asymilacyjnej (50 ÷ 70 %), powyżej którego roślina nie jest zdolna do gromadzenia plonu [18]. Rozpoczynanie ochrony od tego momentu jest jednak zbyt późne i nieefektywne.

Skutecznym sposobem zwalczania zarazy ziemniaka jest prowadzenie ochrony poprzez wykonywanie zabiegów profilaktycznych. Uproszczony system rozpoczynania ochrony, kiedy rośliny odmian wczesnych wchodzi w fazę zwierania się w rzędach, a w przypadku roślin odmian późniejszych, kiedy wystąpią objawy na roślinach odmian wczesnych, pozwala na skuteczniejsze ograniczenie choroby niż wówczas, gdy zabiegi rozpoczyna się w momencie wystąpienia pierwszych jej objawów [18].

W przypadku ważniejszych szkodników ziemniaka obowiązują obliczone progi szkodliwości, których przestrzeganie umożliwia skuteczne ograniczanie liczby tych szkodników do poziomu, który nie będzie powodował strat o znaczeniu gospodarczym [11].

Podstawą biologicznej skuteczności zabiegów ochronnych jest ich terminowość, a warunkiem opłacalności ekonomicznej i bezpieczeństwa ekologicznego jest dawka preparatu dobrana odpowiednio do rzeczywistych potrzeb. Precyzyjne wyznaczenie zarówno terminu, jak i dawki wymaga podjęcia decyzji na podstawie wielu, często wzajemnie zależnych od siebie czynników, których obiektywna i jednoczesna analiza może być procesem bardzo skomplikowanym. W takich sytuacjach bardzo pomocny może być komputerowy system wspomaganie decyzji – DSS (*Decision Support System*) [18].

W wielkoobszarowych gospodarstwach na Zachodzie, a także w Polsce wysoko rozwinięta ochrona plantacji przed zarazą ziemniaka przy stosowaniu rutynowych aplikacji (co 7 - 10 dni) może przekraczać nawet 20 zabiegów [18]. Obecnie do wspomaganie podejmowania decyzji w tym zakresie w Europie wykorzystywanych jest ok. 20 różnych systemów [18]. W Polsce stosowanych jest sporadycznie kilka z nich, m.in. NegFry, Plant Plus, Prophy czy Dacom Disease Management [16]. Funkcjonują także

internetowe programy wspomaganie decyzji do zwalczania zarazy ziemniaka wykorzystujące prognozę negatywną z systemu NegFry. Są to: System Wspomagający Podejmowanie Decyzji w Integrowanej Ochronie Roślin (IUNG-PIB) oraz Internetowy System Wspomagania Podejmowania Decyzji w Ochronie Ziemniaka przed *Phytophthora infestans* (IOR-PIB) [33].

Badania prowadzone przez wiele lat na poletkach doświadczalnych i w warunkach polowych z wykorzystaniem systemu NegFry pozwoliły wykazać dużą przydatność tego narzędzia w skutecznym ograniczaniu zarazy ziemniaka. Na podstawie wyników walidacji na poletkach doświadczalnych wykazano, że precyzyjnie określony termin aplikacji umożliwił nie tylko osiągnięcie wysokiej skuteczności ochrony, ale też zmniejszenie o 1 - 2 liczby zabiegów w porównaniu z rutynową kontrolą [16]. Podobny poziom skuteczności uzyskano także przy prowadzeniu oceny w warunkach produkcyjnych. Zastosowanie systemu decyzyjnego pozwoliło na zmniejszenie liczby zabiegów o 3 do 6, przy jednoczesnym zmniejszeniu o 30 % ilości środków ochrony wprowadzanych do środowiska [1].

W badaniach nad zastosowaniem systemów decyzyjnych w ochronie upraw ziemniaków przed zarazą Dowley i Burke [9] potwierdzili ich dużą przydatność oraz zmniejszenie liczby aplikacji w porównaniu z zabiegami prowadzonymi w odstępach 7-dniowych, odpowiednio w przypadku systemów: NegFry – o 8, Simphyt – o 7 oraz Plant Plus – o 2 i ProPhy – o 2.

Skuteczność ochrony to zarówno termin jej rozpoczęcia, jak i odpowiedni dobór środków ochrony roślin uwzględniający nie tylko sposób ich działania na czynniki chorobotwórcze, ale także zakres mobilności w roślinie (rys. 1).

Proces rozwoju choroby / Disease development process			
Roślina zdrowa Healthy plant	Infekcja Infection	Inkubacja Incubation	Choroba Disease

Działanie na patogen / Effect on pathogen	
Zapobiegawcze Preventative	Interwencyjne / Curative Wyniszczające / Destructive

Działanie w roślinie / Action mode within plant		
Powierzchniowe (kontaktowe) Topical (contact)	Wgłębne Translaminar	Systemiczne Systemic

Rys. 1. Sposób działania fungicydów zarejestrowanych do zwalczania chorób w ziemniakach

Fig. 1. Mode of action of fungicides registered as those to control potato diseases

Pojawiające się nowe rasy i genotypy patogenów wywołujących zarazę ziemniaka mogą powodować nie tylko przełamywanie odporności uprawianych odmian, ale także obniżać skuteczność działania substancji aktywnych zarejestrowanych do jej zwalczania.

nia [2]. Badania prowadzone przez FRAC (*Fungicide Resistance Action Committee*) nad ryzykiem wystąpienia odporności na stosowane do zwalczania chorób ziemniaka substancje aktywne (tab. 2) pozwalają na skuteczne komponowanie programów ochrony ograniczających ryzyko powstania odporności. Rozsądne stosowanie środków z grupy podwyższonego ryzyka powstania odporności (średnie do wysokiego i wysokie) jest według Kapsy i wsp. [15] podstawowym elementem w strategii przeciwoodpornościowej.

Tabela 2. Substancje czynne zarejestrowane do zwalczania patogenów ziemniaka, mechanizm działania i stopień ryzyka powstawania odporności według FRAC 2017

Table 2. Active ingredients registered as those to control potato pathogens, mechanism of action, and degree of risk of developing resistance according to FRAC 2017

Substancja aktywna Active ingredients	Mechanizm działania Mode of action	Ryzyko powstania odporności Risk of developing	Kod FRAC FRAC Code
Azoksystrobina Azoxystrobin	C3 zakłócanie procesu oddychania disruption of respiration	wysokie high	11
Ametoktradyna Ametoctradin	C8 inhibitor Kompleksu III, enzymu łańcucha oddychania Complex III inhibitor, respiratory chain enzyme	średnie do wysokiego medium to high	45
Bentiawalikarb Benthiavalicarb	H5 zakłócanie biosyntezy ściany komórkowej disruption of cell wall biosynthesis	niskie do średniego low to medium	40
Benalaksyl-M Benalaxyl-M	A1 zakłócanie syntezy kwasów nukleinowych nucleic acids biosynthesis disruption	wysokie high	4
Chlorotalonil Chlorothalonil	M wielokierunkowe działanie kontaktowe multidirectional contact action	niskie low	M 05
Cyazofamid Cyazofamid	C4 zakłócanie procesu oddychania disruption of respiration	średnie do wysokiego medium to high	21
Cymoksanil Cymoxanil	U mechanizm działania nieznan action mode unknown	niskie do średniego low to medium	27
Difenokonazol Difenoconazole	G1 zakłócanie biosyntezy steroli disruption of sterols biosynthesis	średnie medium	3
Dimetomorf Dimethomorph	H5 zakłócanie biosyntezy ściany komórkowej disruption of cell wall biosynthesis	niskie do średniego low to medium	40
Famoksat Famoxadone	C3 zakłócanie procesu oddychania disruption of respiration	wysokie high	11
Fenamidon Fenamidone	C3 zakłócanie procesu oddychania disruption of respiration	wysokie high	11
Fluazynam Fluazinam	C5 zakłócanie procesu oddychania disruption of respiration	niskie low	29

Fluopikolid Fluopicolide	B5 zakłócanie mitozy i podziałów komórkowych mitosis and cell divisions disruption	nieznane unknown	43
Flutolanil Flutolanil	C2 zakłócanie procesu oddychania disruption of respiration	średnie do wysokiego medium to high	7
Folpet Folpet	M wielokierunkowe działanie kontaktowe multidirectional contact action	niskie low	M 04
Imazalil Imazalil	G1 zakłócanie procesu biosyntezy steroli disruption of sterols biosynthesis	średnie medium	3
Mankozeb Mancozeb	M wielokierunkowe działanie kontaktowe multidirectional contact action	niskie low	M 03
Mandipropamid Mandipropamid	H5 zakłócanie biosyntezy ściany komórkowej disruption of cell wall biosynthesis	niskie do średniego low to medium	40
Metiram Metiram	M wielokierunkowe działanie kontaktowe multidirectional contact action	niskie low	M 03
Metalaksyl Metalaxyl	A1 zakłócanie syntezy kwasów nukleinowych nucleic acids biosynthesis disruption	wysokie high	4
Metalaksyl-M Metalaxyl-M	A1 zakłócanie syntezy kwasów nukleinowych nucleic acids biosynthesis disruption	wysokie high	4
Pencykuron Pencycuron	B4 zakłócanie podziałów komórkowych cell divisions disruption	nieznane unknown	20
Piraklostrobina Pyraclostrobin	C3 zakłócanie procesu oddychania disruption of respiration	wysokie high	11
Propamokarb- HCl Propamocarb- HCL	F4 zakłócanie syntezy lipidów lipids synthesis disruption	niskie do średniego low to medium	28
Propineb Propineb	M wielokierunkowe działanie kontaktowe multidirectional contact action	niskie low	M 03
Protiokonazol Prothioconazole	G1 zakłócanie procesu biosyntezy steroli disruption of sterols biosynthesis	średnie medium	3
Valifenalat Valifenalate	H5 zakłócanie biosyntezy ściany komórkowej disruption of cell wall biosynthesis	niskie do średniego low to medium	40
Zoksamid Zoxamid	B3 działanie w procesie mitozy action on mitosis	niskie do średniego low to medium	23
Związki miedzi Copper compounds	M wielokierunkowe działanie kontaktowe multidirectional contact action	niskie low	M 01

Źródło / Source: opracowanie własne na podstawie / Author's own study based on www.frac.info/what.../2017.../publication-of-the-frac-code-list-20

Chwasty to rośliny niepożądane, które konkurują z rośliną uprawną, w tym z ziemniakami, o czynniki siedliska, ponadto mogą utrudniać pracę maszyn podczas zbioru i wpływać na obniżenie jakości plonu, a tym samym powodować dalsze straty

podczas przechowywania [31]. Ziemniak jest szczególnie narażony na zachwaszczenie, co wiąże się z jego powolnym początkowym wzrostem i uprawą w szerokiej rozstawie rzędów. Zwalczenie chwastów pozwala na uzyskanie dużych plonów o dobrej jakości. Ze względu na możliwość wystąpienia fitotoksyczności jest ono jednak zabiegiem obciążonym dużym ryzykiem.

W Polsce zwalczanie chwastów za pomocą środków ochrony roślin odbywa się najczęściej metodą zabiegu przedwzrostowego, podczas którego stosuje się herbicydy na bazie linuronu i metrybuzyny [31]. Badania prowadzone w Oddziale IHAR-PIB w Boninie nad wrażliwością odmian na powzrostowe stosowanie metrybuzyny pozwalają na skuteczne wykorzystanie tego herbicydu [32] – tab. 3.

Tabela 3. Wrażliwość odmian ziemniaka na metrybuzynę stosowaną po wschodach
Table 3. Susceptibility of potato cultivars to metribuzin applied post-emergence

Grupa wrażliwości Sensitivity group	Kierunek użytkowania / Direction of use	
	Jadalne / Table	Skrobiowe / Starch
Formulacja / Formulation WG (Raba 70 WG i Mistral 70 WG)		
Niewrażliwe Insensitive (1,0)	Satina	Zuzanna
Niska wrażliwość Low sensitivity (1,1 - 2,0)	Aldona, Altesse, Amarant, Ametyst, Anuschka, Bellarosa, Bellini, Bryza, Cecile, Challenger, Courage, Crisps 4 All, Dali, Etiuda, Etola, Ewelina, Folva, Ivory Russet, Laskara, Lord, Madeline, Magnolia, Manitou, Markies, Mazur, Melody, Musica, Orchestra, Orlena, Otolia, Russet Burbank, Saline, Salinero, Smit's Comet, Syrena, Tacja, Verdi	Donald, Ikar, Kuba, Rudawa, Skawa
Średnia wrażliwość * Average sensitivity (2,1 - 4,0)	Agata, Almera, Aruba, Asterix, Augusta, Belinda, Bellaprima, Berber, Bila, Bogatka, Brooke, Carrera, Colette, Cyprian, Denar, Ditta, Elfe, El Mundo, Fianna, Gawin, Gioconda, Gracja, Gustaw, Gwiazda, Hermes, Honorata, Hubal, Ignacy, Impresja, Ingrid, Inova, Jelly, Jurek, Justa, Jutrzenka, Lady Claire, Lavinia, Lawenda, Lech, Legenda, Ludmilla, Malaga, Michalina, Miłek, Mondeo, Nandina, Oberon, Omega, Owacja, Queen Anne, Red Fantasy, Red Sonia, Riviera, Rumba, Roxana, Sagitta, Tajfun, Tonacja, VR 808, Widawa, Zagłoba, Zorba	Boryna, Danuta, Głada, Hinga, Inwestor, Jasia, Jubilat, Kaszub, Kuras, Mieszko, Pasja Pomorska, Rumpel, Szyper
Podwyższona wrażliwość Increased sensitivity (4,1 - 6,0)	Anabelle, Arielle, Bohun, Cekin, Eurostar, Innovator, Irga, Irys, Miriam, Rosalind, Santé, Stasia, Tetyda, Vineta, Zenia	Gandawa, Opus, Pokusa
Bardzo wrażliwe Very sensitive (> 6,1)	Fresco, Krasa, Viviana	Pasat, Sonda

Formulacja / Formulation SC (Sencor Liquid 600 SC)		
Niewrażliwe Insensitive (1,0)	Satina	-
Niska wrażliwość Low sensitivity (1,1 - 2,0)	Amarant, Belinda, Bellini, Challenger, Crisps 4 All, Ewelina, Hubal, Ivory Russet, Jelly, Laskara, Lord, Ludmilla, Madeline, Magnolia, Manitou, Melody, Michalina, Mondeo, Musica, Oman, Orchestra, Otolia, Russet Burbank, Saline, Smit's Comet, Tajfun, Verdi, Zenia	Danuta, Donald, Jubilat, Kuras, Pasja Pomorska
Średnia wrażliwość Average sensitivity (2,1 - 4,0)	Ametyst, Asterix, Augusta, Bard, Bellaprima, Bellarosa, Brooke, Bryza, Cekin, Cyprian, Denar, El Mundo, Finezja, Folva, Gwiazda, Ignacy, Irga, Jurek, Justa, Jutrzenka, Lady Claire, Nandina, Oberon, Omega, Owacja, Queen Anne, Red Fantasy, Red Sonia, Rumba, Sagitta, Syrena, Wawrzyn, Zagłoba	Boryna, Inwestor, Kaszub, Mieszko, Rumpel, Saturna, Zuzanna, Ślęza
Podwyższona wrażliwość Increased sensitivity (4,1 - 6,0)	Bartek, Igor, Innovator, Krasa, Miłek, Stasia, Tetyda, Vineta, Viviana	-

Objaśnienie / Explanatory note:

* – W uprawie odmian o podwyższonej lub nieznannej wrażliwości na metrybuzynę stosowaną po wschodach oraz na plantacjach nasiennych zabieg herbicydami, które ją zawierają, należy wykonać na 10 dni przed przewidywanym terminem wschodów / In the cultivation of cultivars with elevated or unknown susceptibility to metribusin applied after emergence and on seed orchards, treatment using herbicides containing metribusin should be carried out 10 days prior to expected date of emergence.

Źródło / Source: opracowanie własne na podstawie [32] / Author's own study based on [32]

Warunkiem uzyskania wysokiej skuteczności herbicydów oraz uzyskania dodatniego efektu finansowego jest właściwy dobór środka oraz jego zastosowanie we właściwym terminie i w odpowiedniej dawce [13].

Najnowsze badania skupiają się na metodach identyfikacji obiektów na podstawie ich cech morfologicznych (wielkość, barwa, kształt, orientacja organów – liści i pędów), a przy wykorzystaniu globalnego systemu pozycjonowania określenia koordynat obiektów. Wiedza taka może być wykorzystana do precyzyjnej aplikacji herbicydów nieselektywnych (np. glifosatu), sprowadzonej do skali pojedynczego wschodzącego chwastu za pomocą zestawu mikrorozpylaczy. Badania przeprowadzone z wykorzystaniem tej techniki do zwalczania chwastów w pomidorach umożliwiły wykazanie bardzo wysokiej skuteczności glifosatu przy jednoczesnej fitotoksyczności niższej niż po zastosowaniu herbicydu selektywnego [14].

Metoda hodowlana

Jednym z ważniejszych i tańszych sposobów integrowanej ochrony roślin jest metoda hodowlana, czyli dobór odmiany do uprawy. Niezmiernie ważne jest dobieranie do

uprawy takich odmian, które z jednej strony są dostosowane do lokalnych warunków glebowo-klimatycznych, a z drugiej są genetycznie mniej podatne na agrofagi [17]. Zaraza ziemniaka jest najgroźniejszą chorobą roślin i bulw ziemniaka powodującą ogromne straty plonów. Światowe nakłady ponoszone na ochronę przed tą chorobą pochłaniają corocznie 4 mld EUR [26]. Jednym z kluczowych elementów warunkującym

Tabela 4. Odporność części nadziemnej ziemniaka różnych odmian na zarazę ziemniaka w roku 2017
Table 4. Resistance of aboveground parts of potato of different cultivars to potato late blight in 2017

Odporność według skali Resistance according to scale	Typ kulinarny Culinary type	Odmiany Cultivars
Ziemniaki jadalne / Table potatoes		
Bardzo podatne Very susceptible (2 - 3,5)	A	Impresja, Riviera
	B	Augusta, Asterix, Bellarosa, Bila, Berber, Bohun, Carrera, Ditta, Fresco, Folva, Gawin, Gwiazda, Ignacy, Innovator, Ingrid, Irga, Irys, Justa, Jurata, Latona, Madleine, Malaga, Michalina, Stokrotka, Satina, Tacja, Victoria, VR-808, Vineta
	AB	Altesse, Almera, Annabelle, Dali, Denar, Impala, Lord, Oberon, Orchestra, Tonacja, Viviana
	BC	Amora, Honorata, Lady Claire, Lady Rosetta, Miłek
	C	Etiuda
Podatne Susceptible (4 - 5,5)	A	-
	B	Aruba, Bojar, Etola, Jurek, Laskara, Lawenda, Lech, Magnolia, Owacja, Sagitta, Sante
	AB	Manitou, Otolia
	BC	Aldona, Cekin, Finezja, Mazur
Średnio odporne Medium resistant (6 - 7)	BC	Ametyst, Tajfun
Ziemniaki skrobiowe / Starch potatoes		
Bardzo podatne Very susceptible (2 - 3,5)		Cedron, Zuzanna
Podatne Susceptible (4 - 5,5)		Boryna, Glada, Harpun, Ikar, Jubilat, Kaszub, Kuba, Pasat, Pasja Pomorska, Pokusa, Rumpel, Szyper
Średnio odporne Medium resistant (6 - 7)		Amarant, Gandawa, Hinga, Inwestor, Jasia, Mieszko, Rudawa, Skawa, Widawa
Odporne Resistant (8)		Bzura, Kuras

Objaśnienia / Explanatory notes:

A – typ sałatkowy (nadaje się na sałatki, zapiekanki, do smażenia i do zup) / salad type (suitable for salads, casseroles, for frying and soups); B – typ ogólnoużytkowy (nadaje się do gotowania, do zup, na frytki, smażenie w talarkach, placki, kopytka, knedle, kluski, kiszki ziemniaczane i babki) / general use type (suitable for cooking, for soups, French fries, for frying in slices, for potato pancakes, dumplings, plumpers, hush browns and potato pies); AB – typ sałatkowy do ogólnoużytkowego / salad type for general use; BC – typ ogólnoużytkowy do mączystego / general use in preparing mealy products; C – typ mączysty (nadaje się na purée, frytki, czipsy, do ciast ziemniaczanych i do pieczenia) / mealy type (suitable for purée, fries, chips, potato cakes and potato pies).

Źródło / Source: [22]

efektywność funkcjonowania systemu integrowanej ochrony ziemniaków jest uprawa odmian o wysokim poziomie odporności na zarazę [18].

Obecnie w Krajowym Rejestrze Odmian zarejestrowanych jest 13 odmian o odporności na poziomie zadowalającym (6 - 8 w skali 9-stopniowej). Są to w większości odmiany skrobiowe i tylko dwie z nich – ‘Ametyst’ i ‘Tajfun’ to odmiany jadalne (tab. 4).

Rośliny odmian o podwyższonej odporności czy odpornych na zarazę ziemniaka uprawiane w warunkach sprzyjających atakowi patogenów są mniej podatne na infekcje, a ochrona pozwala zmniejszyć liczbę wykonywanych zabiegów chemicznych [14].

Podsumowanie

Pojawiające się nowe rasy i genotypy patogenów zarazy ziemniaka powodują przełamywanie odporności i obniżanie skuteczności stosowanych środków ochrony roślin [28]. Tym samym powodują, że istnieje nadal konieczność kontynuowania prac hodowlanych, gdyż pomimo wielu lat badań nie osiągnięto zadowalającego poziomu cech odpornościowych [35]. Jednym z kierunków wspomaganie ochrony plantacji ziemniaka przed zarazą, z równoczesnym ograniczaniem liczby stosowanych zabiegów ochronnych, jest rozwijanie komputerowych systemów wspomagających podejmowanie decyzji o wykonaniu zabiegu.

Literatura

- [1] Bernat E., Osowski J.: Zastosowanie systemu decyzyjnego NegFry do zwalczania zarazy ziemniaka. Biul. IHAR, 2010, 56, 153-162.
- [2] De Boer S.H., Rubio I.: Blackleg of potato. [on line]. The Plant Health Instructor 2004. Dostęp w Internecie [23.04.2018]: <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/prokaryotes/Pages/Blacklegpotato.aspx>
- [3] Borecki Z.: Nauka o chorobach roślin. PWRiL, Warszawa 1987, ss. 211-215.
- [4] Czajkowski R., Perombelon M.C.M., van Veen J.A., van der Wolf J.M.: Control of blackleg and tuber soft rot of potato caused by *Pectobacterium* and *Dickeya* species: A review. Plant Pathology, 2011, 60 (6), 999-1013.

- [5] Degefu Y.: *Dickeya* and *Pectobacterium* species: Consistent threats to potato production in Europe. [on line]. MTT Agrifood Research Finland 2017. Dostęp w Internecie [16.04.2018]: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/kasper/pelto/peruna/Potatonow/tutkimus/Yeshitila_PotatoNow_Article.pdf
- [6] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów Dz. U. L 309, ss. 71-86, z 24.11.2009.
- [7] Doruchowski G.: Postęp i nowe koncepcje w rolnictwie precyzyjnym. Inż. Rol., 2008, 9 (107), 19-31.
- [8] Doruchowski G.: Ekspertyza: Faktyczne i potencjalne innowacje w technice ochrony upraw przestrzennych. [on line]. AgEngPol 2009. Dostęp w Internecie [07.05.2018]: <http://www.agengpol.pl/LinkClick.aspx?fileticket=atZKEDW0XyM%3D&tabid=144>
- [9] Dowley L.J., Burke J.J.: Field validation of four decision support systems for the control of late blight in potatoes. [on line]. Teagasc 2003. Dostęp w Internecie [16.04.2017]: <http://www.teagasc.ie/research/reports/crops/4922/eopr4922.pdf>
- [10] Dzwonkowski W.: Rynek ziemniaków w Europie i na świecie. Rynek ziemniaka – stan i perspektywy, 2018, 45, 7-12.
- [11] Erlichowski T.: Ochrona ziemniaka przed szkodnikami glebowymi. W: Produkcja i rynek ziemniaka. Red. J. Chotkowski. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa 2012, ss. 163-173.
- [12] Giles D.K., Slaughter D.C., Downey D., Brevis-Acuna J.C., Lanini W.T.: Application design for machine vision guided selective spraying of weeds in high value crops. Aspects of Applied Biology, 2004, 71, 75-81.
- [13] Gugala M., Zarzecka K.: Efekt ekonomiczny odchwaszczania plantacji ziemniaka. Porównanie opłacalności produkcji ziemniaka w zależności od sposobów odchwaszczania. Prog. Plant. Prot., 2011, 51 (1), 45-49.
- [14] Kapsa J.: Varietal resistance of potatoes to late blight and chemical protection strategy. J. Plant Prot. Res., 2002, 42 (2), 101-107.
- [15] Kapsa J.: Przydatność najnowszych fungicydów w hamowaniu rozwoju sprawców alternariozy. Mat. konf. nt. "Nasiennictwo i ochrona ziemniaka", Dźwirzyno, 13-15 maja 2015, ss. 30-32.
- [16] Kapsa J., Osowski J., Bernat E.: NegFry – decision support system for late blight control in potato crops – results of validation trials in north Poland. J. Plant Prot. Res., 2003, 43 (2), 171-179.
- [17] Kapsa J., Mrówczyński M., Erlichowski T., Gawińska-Urbanowicz H., Matysek K., Osowski J., Pawińska M., Urbanowicz J., Wróbel S.: Ochrona ziemniaka zgodna z zasadami integrowanej ochrony roślin. Część I. Niechemiczne metody ochrony. Biul. IHAR-PIB, 2014, 273, 129-143.
- [18] Kapsa J., Mrówczyński M., Erlichowski T., Gawińska-Urbanowicz H., Matysek K., Osowski J., Pawińska M., Urbanowicz J., Wróbel S.: Ochrona ziemniaka zgodna z zasadami integrowanej ochrony roślin. Część II. Metoda zrównoważonej chemicznej ochrony ziemniaka. Biul. IHAR-PIB, 2014, 273, 145-159.
- [19] Kotecki A.: Dokąd zmierza agronomia w Polsce. Fragm. Agron., 2015, 32 (4), 7-21.
- [20] Lowenberg-DeBoer J.: The management time economics of on-the-go sensing for nitrogen application. SSMC Newsletter, 2004, 5, 1-5.
- [21] Majewski E.: Wytyczne do integrowanej produkcji rolnej. FDPA, Warszawa 1995, s. 41.
- [22] Nowacki W.: Ogólne zasady agrotechniki istotne w integrowanej ochronie roślin. W: Metodyka integrowanej ochrony ziemniaka dla producentów. Red. A. Wójtowicz, M. Mrówczyński. IOR-PIB Poznań 2013, ss. 4-15.
- [23] Nowacki W.: Charakterystyka Krajowego Rejestru Odmian Ziemniaka. Wyd. XX. IHAR-PIB, Jadwisin 2017.
- [24] Pruszyński S.: Ewolucja myśli i strategii działania w zakresie rozwoju ochrony roślin: wczoraj, dziś i jutro. Zesz. Eduk. IMUZ, 2003, 9, 9-23.
- [25] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady Europy (WE) nr 1107/2009 z dnia 21 października 2009 r. dotyczące wprowadzenia do obrotu środków ochrony roślin i uchylające dyrektywę Rady 79/117/EWG i 91/414/EWG. Dz. U. L 309, ss. 1-50, z 24.11.2009.

- [26] Schepers H., Andrivon D., Gaucher D., Kapsa J., Lebecka R., Nielsen B., Evenhuis B., Ruocco M.: Results of the potato case study in the EU-network of excellence. In: Special Report no. 13. Proc. of the 11th EuroBlight Workshop. Ed. H. Schepers. Hamar, Norway, 2008, October, 28-31, pp. 31-36.
- [27] Śliwka J.: Geny odporności na *Phytophthora infestans* z *Solanum bulbocastanum* w hodowli ziemniaka. Ziemniak Polski, 2008, 3, 12-15.
- [28] Śliwka J.: W Europie szerzą się nowe genotypy *Phytophthora infestans*, organizmu powodującego zarazę ziemniaka. Ziemniak Polski, 2013, 2, 7-10.
- [29] Trawczyński C.: Przygotowanie stanowiska i nawożenie ziemniaka. W: Produkcja i rynek ziemniaka. Red. J. Chotkowski. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa 2012, ss. 182-197.
- [30] Trawczyński C., Wierzbicka A.: Reakcja nowych odmian ziemniaka na nawożenie azotem. Biul. IHAR, 2011, 259, 193-201.
- [31] Urbanowicz J.: Herbicydy do ochrony ziemniaka. Ziemniak Polski, 2016, 2, 31-36.
- [32] Urbanowicz J.: Fitotoksyczna reakcja odmian ziemniaka na powschodowe stosowanie metrybuzyny. Ziemniak Polski, 2017, 2, 42-47.
- [33] Wijnands F.G.: Objectives and strategies of Integrated Arable Farming in the Netherlands. Proceedings of the conf. „Wissens und Technologietransfer für Integrierte Landwirtschaft”, Soest, Germany, 1994, June, 29-30.
- [34] Zaliwski A.S.: Ogólna koncepcja krajowego systemu wspomagania decyzji w zakresie produkcji roślinnej. Inż. Rol., 2009, 6 (115), 323-329.
- [35] Zimnoch-Guzowska E., Flis B., Pawlak A.: Strategiczne kierunki hodowli ziemniaka. W: Ulepszanie roślin uprawnych dla zróżnicowania agroekosystemów. Mat. symp. nauk. z okazji 55-lecia IHAR. IHAR, Radzików 2007, ss. 53-63.

INNOVATION AND OPTIMIZATION IN POTATO CULTIVATION PROTECTION

Summary

The growing population requires providing sufficient food. Potatoes play an important role not only as a raw material for industrial processing; above all, they are an important source of food that can feed the population of the world. Intensive methods of fertilization and protection against pests applied so far have been a serious hazard to the environment and people. The regulations governing the application of integrated pest management principles have been in force since the 1st of January 2014; they include a recommendation to reduce the use of mineral fertilizers and plant protection products, and to apply non-chemical and cultivation methods. The use of plant protection products is no longer an essential element in the control of pests; it constitutes a complementary element applied only when there is a risk of exceeding the thresholds of economic harmfulness. In order to reduce the number of protective treatments while protecting potato plantations against late blight, decision support systems (DSS) are increasingly applied to choose a treatment technique. Currently in Europe, about 20 different systems are used to support decision making in that regard. As a result thereof and depending on the system used, the number of protective treatments was decreased by 3 to 8. In Poland, the application of decision support systems made it possible to reduce the number of protection measures by 3 to 6 and, at the same time, the quantity of plant protection products introduced into the environment decreased 30 %. In recent years, those scientific disciplines have also changed that play a role in modern agriculture. So far, biological sciences predominated and, now, there is an increasing interest in engineering sciences, which facilitate the introduction of precision agriculture using modern techniques. The latter make it possible to reduce financial outlays, to protect the environment, to ensure food safety, and to protect natural and human resources.

Key words: potato, cultivation method, integrated protection, chemical protection, decision support systems 