

JOANNA SOBCZAK

Instytut Ochrony Roślin — Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu

Możliwości rotacji środków ochrony roślin w strategii zapobiegania uodporniania się agrofagów ziemniaka

Possibilities of plant protection products rotation in strategy against spreading of resistance amongst potato pests

Do ochrony ziemniaka w Polsce zarejestrowanych mamy obecnie 40 insektycydów (19 substancji aktywnych), 71 fungicydów (25 substancji aktywnych) oraz 80 herbicydów (18 substancji aktywnych). Substancje aktywne środków reprezentują wiele różnych mechanizmów działania. Znajomość mechanizmów działania jest bardzo przydatna z uwagi na to, że zdarza się, że substancje należące do różnych grup chemicznych reprezentują ten sam mechanizm działania. Zatem przemienne stosowanie środków ochrony roślin zawierających substancje aktywne z różnych grup chemicznych nie zawsze stanowi skuteczne narzędzie zapobiegania odporności. Różnorodność pod względem sposobów działania środków ochrony roślin przeznaczonych do ochrony ziemniaka, zwłaszcza przed szczególnie podatnymi na wystąpienie odporności agrofagami takimi jak stonka ziemniaczana czy sprawca zarazy ziemniaka, pozwala na rotację preparatów i tym samym zapobieganie odporności. Zadawalające są możliwości rotacji herbicydów za wyjątkiem graminicydów, które działają tak samo. Dodatkowe możliwości rotacji środków są widoczne w grupie insektycydów, z uwagi na to, że w ostatnich latach zarejestrowano w Polsce środki zawierające nowe substancje aktywne o innych mechanizmach działania. Obecność dwóch różniących się sposobem działania substancji aktywnych w dużej liczbie zarejestrowanych fungicydów oraz w niektórych insektycydach i herbicydach stanowi dodatkowy, ważny element strategii zapobiegania odporności.

Słowa kluczowe: mechanizm działania, substancje aktywne, ochrona ziemniaka, odporność

There are currently 40 insecticides (19 active substances), 71 fungicides (25 active substances) and 80 herbicides (18 active substances) registered on the Polish market for the protection of potato. Active substances represent many various modes of action. The knowledge of modes of action is very useful because it is possible, that active substances from different chemical groups represent the same mode of action. That is why alternate application of plant protection products containing active substances from different chemical groups is not always an effective tool in resistance prevention. Diversity of plant protection products in respect of mode of action particularly against pests prone to resistance occurrence, like Colorado potato beetle and pathogen causing late blight, allows to rotate the preparations and prevent resistance. Herbicides rotation possibilities are satisfying except for

graminicides, which have the same mode of action. Additional possibilities of plant protection products rotation are visible in insecticide group, due to the fact that in recent years plant protection products containing new active substances, with different modes of action were registered in Poland. The presence of two active substances with various modes of action in a large number of fungicides and in some insecticides and herbicides is an additional, important element of resistance prevention strategy.

Key words: mode of action, active substances, potato protection, resistance

WSTĘP

Odporność jest naturalnie pojawiającym się, nieuniknionym dostosowaniem zdolności jednostek w populacji do przetrwania zastosowania środka ochrony roślin, który normalnie powodowałby efektywne zwalczanie tych jednostek (EPPO, 2002). Rozwój odporności jest elementem procesu ewolucji. Każdy organizm poddawany próbom usunięcia go ze środowiska, poprzez wykształcenie nowych cech przystosowawczych będzie dążył do zaadaptowania się do nowych warunków. Istotnym elementem w procesie rozwoju odporności jest presja selekcyjna. W odniesieniu do ochrony roślin wielokrotne stosowanie środków zawierających substancje aktywne o takim samym mechanizmie działania może prowadzić do stale zwiększającej się liczebności, rozwoju i ostatecznie dominacji agrofagów odpornych, przy jednoczesnym eliminowaniu osobników wrażliwych. Istnieje wiele różnych mechanizmów powstawania odporności. Część z nich jest charakterystyczna dla określonych grup agrofagów. Przykładowo tzw. odporność behawioralna dotyczy szkodników i polega na unikaniu lub ucieczce owada z miejsca potraktowanego insektycydem. Odporność jakościowa oraz odporność ilościowa specyficzne są dla patogenów grzybowych. Mechanizm powstawania odporności jakościowej polega na niemożności zadziałania substancji aktywnej w dotychczasowym miejscu wiązania, co jest konsekwencją mutacji w genie sterującym określonym szlakiem metabolicznym grzybów. Zdolność patogenu do przeżycia mimo kontaktu ze środkiem grzybobójczym, wynikająca ze zmian w wielu genach to odporność ilościowa. Charakterystyczne dla tego typu odporności jest to, że nie jest przekazywana dziedzicznie jako cecha dominująca, a po odstawieniu środków grzybobójczych populacja rozwija się dalej w kierunku pierwotnym (Bayer, 2013).

Inne znane mechanizmy odporności, które można przypisać dla różnych grup agrofagów to: odporność w miejscu działania (najczęściej mutacja punktowa w sekwencji genu prowadzi do takiej zmiany miejsca wiązania substancji aktywnej w organizmie szkodliwym, że substancja nie może zadziałać), odporność metaboliczna (zdolność do rozkładu substancji aktywnej w procesie metabolicznym na nieszkodliwe produkty przemiany materii), odporność penetracyjna (wolniejsze przyjmowanie przez odpornego agrofaga substancji aktywnej lub pobieranie mniejszej ilości w porównaniu z osobnikiem wrażliwym). Odporność agrofaga na kilka substancji aktywnych o określonym mechanizmie działania określana jest mianem odporności krzyżowej. Istnieje również zjawisko odporności wielokrotnej polegające na uodpornianiu się agrofaga na kilka substancji o różnych mechanizmach działania (Bayer, 2013).

Odporność agrofagów na środki ochrony roślin stanowi zagrożenie dla skutecznej ochrony wielu gatunków roślin uprawnych. Niezbędne jest zatem tzw. zarządzanie odpornością poprzez realizację określonej strategii zapobiegawczej. Jednym z podstawowych narzędzi zapobiegania uodpornianiu się agrofagów jest przemienne stosowanie środków o różnym mechanizmie działania.

Celem niniejszej pracy była ocena możliwości rotacji środków ochrony roślin zawierających substancje aktywne o różnych mechanizmach działania, przeznaczonych do ochrony ziemniaka — uprawy wymagającej dużego użycia środków ochrony roślin zwłaszcza fungicydów czy insektycydów. W pracy przeanalizowano zarejestrowane obecnie insektycydy, herbicydy oraz fungicydy ze szczególnym uwzględnieniem zawartych w nich substancji aktywnych i ich mechanizmów działania.

MATERIAŁ I METODY

Przeanalizowano dostępny w serwisie internetowym Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi rejestr insektycydów, fungicydów oraz herbicydów dopuszczonych do obrotu i stosowania, mających zastosowanie w ochronie ziemniaka, aktualny na dzień 02.07.2013. Na podstawie rejestru sporządzono wykaz środków ochrony roślin wraz z substancjami aktywnymi. Na podstawie informacji zawartych w serwisach internetowych IRAC (Insecticide Resistance Action Committee), FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) oraz HRAC (Herbicide Resistance Action Committee) określono mechanizmy działania substancji aktywnych, którym przypisano odpowiednie oznaczenia (IRAC 2013, FRAC I 2013, HRAC 2013). Jednocześnie na podstawie zebranych danych literaturowych przeanalizowano możliwości uodporniania się agrofagów ziemniaka na grupy substancji aktywnych o określonym mechanizmie działania.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zjawisko uodporniania się dotyczy wszystkich grup agrofagów. Proces ten, w miarę rozwoju obejmował swoim zasięgiem w skali światowej coraz to nowe gatunki najpierw szkodników roślin uprawnych (3 odporne gatunki w 1949, 179 w 1968 roku), następnie choć ze znacznym opóźnieniem pojawiły się odporne biotypy chwastów (29 biotypów w 1965 roku, 33 w 1968 roku), a w dalszej kolejności grzyby (3 odporne rasy w 1965 roku, 5 w 1968 roku), gryzonie (3 odporne gatunki w 1965 roku oraz kolejne 3 w 1968 roku), bakterie (2 odporne szczepy w 1965 roku oraz kolejne 2 w 1968 roku) (Łakocy, 1973).

Największym problemem w rolnictwie są uodporniające się owady szkodliwe. W niniejszej pracy nie bez powodu przeanalizowano możliwości ochrony ziemniaka. Stonka ziemniaczana, najważniejszy szkodnik w uprawie ziemniaka jest przykładem agrofaga, który wytworzył różne mechanizmy odporności na większość stosowanych insektycydów. „Żaden szkodliwy gatunek owada nie przyczynił się tak bardzo do rozwoju ochrony roślin w Polsce jak stonka ziemniaczana. Ponad pięćdziesięcioletnia historia walki z tym szkodnikiem przy użyciu wszystkich metod ochrony inspirowała stale do ich rozwoju i doskonalenia” (Węgorek, 2007).

Mechanizm działania substancji aktywnych zarejestrowanych do ochrony ziemniaka w Polsce w 2013 roku (stan na dzień 02.07.2013)

Mode of action of active ingredients registered for the protection of potato in Poland in 2013 (as of 02.07.2013)

Grupa Chemiczna Chemical group	Liczba substancji aktywnych Number of active ingredients	Substancja aktywna Active ingredient	Mechanizm działania według IRAC Mode of action by IRAC
1	2	3	4
Insektycydy — Insecticides			
—	1	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>Tenebrionis</i>	11A Zakłócanie przepuszczalności błony i liza komórek jelita środkowego
Antranilowe diamidy	1	Chlorantraniliprol	28 Modulator receptora rianodyny
Fosforoorganiczne	1	Chloropiryfos	1B Inhibitor enzymu acetylocholinoesterazy
Karbaminiany	1	Pirykaryb	1A Inhibitor enzymu acetylocholinoesterazy
Karboksamidy	1	Flonikamid	9C Zakłócanie procesów odżywiania owadów rodzaju Homoptera
Karbonylohydrazydy	1	Metaflumizon	22B Blokowanie napięciowo zależnych kanałów sodowych
Makrocykliczne laktony	1	Spinosad	5 Aktywator allosteryczny nikotynowych receptorów acetylocholino
Neonikotynoidy	5	Acetamipryd Chlotianidyna Imidachlopyrd Tiachlopyrd Tiametoksam	4A Agonista nikotynowych receptorów acetylocholino
Pyretroidy	7	Beta-cyflutryna Cypermetryna Deltametryna Esfenwalerat Gamma-cyhalotryna Lambda-cyhalotryna Zeta-cypermetryna	3A Zakłócanie działania kanałów sodowych w neuronach
Fungicydy — Fungicides			
Acyloalaniny	4	Benalaksyl Benalaksyl-M Metalaksyl Metalaksyl-M	A1 Zakłócanie syntezy kwasów nukleinowych, miejsce działania: polimeraza I RNA
Acylopikolidy	1	Fluopikolid	B5 Zakłócanie mitozy i podziałów komórkowych, miejsce działania: delokalizacja protein spektryno-podobnych
Amidy	1	Mandipropamid	H5 Zakłócanie biosyntezy ściany komórkowej, miejsce działania: syntaza celulozy
Benzamidy	1	Flutolanil	C2 Zakłócanie procesu oddychania, miejsce działania: kompleks II, dehydrogenaza bursztynianowa
Cyjanoimidazole	1	Cyjazofamid	C4 Zakłócanie procesu oddychania, miejsce działania: kompleks III po stronie Qi, cytochrom bc1 (ubichinon-reduktaza)
Ditiokarbaminiany	3	Mankozeb Metiram Propineb	„Multi-site”/M3 Wielokierunkowe kontaktowe działanie
Ftalany	1	Chlorotalonil	„Multi-site”/M5 Wielokierunkowe kontaktowe działanie

1	2	3	4
Ftalimidy	1	Folpet	„Multi-site”/M4 Wielokierunkowe kontaktowe działanie
Imidazole	1	Imazalil	G1 Zakłócanie biosyntezy sterolu, miejsce działania: C-14 demetylaza
Imidazolinony	1	Fenamidon	C3 Zakłócanie procesu oddychania, miejsce działania: kompleks III po stronie Qo, cytochrom bc1 (ubichinon-oksydaza)
Iminoacetylomoczniki	1	Cymoksanił	U/27 Mechanizm działania nie znany
Karbaminiany	1	Bentiowalikarb	H5 Zakłócanie biosyntezy ściany komórkowej, miejsce działania: syntaza celulozy
Nieorganiczne	1	Miedź	„Multi-site”/M1 Wielokierunkowe kontaktowe działanie
Oksazolidyny	1	Famoksat	C3 Zakłócanie procesu oddychania, miejsce działania: kompleks III po stronie Qo, cytochrom bc1 (ubichinon-oksydaza)
Pochodne aniliny	1	Fluazynam	C5 Zakłócanie procesu oddychania, miejsce działania: fosforylacja oksydacyjna
Pochodne kwasu cynamonowego	1	Dimetomorf	H5 Zakłócanie biosyntezy ściany komórkowej, miejsce działania: syntaza celulozy
Pochodne fenylomocznika	1	Pencykuron	B4 Zakłócanie podziałów komórkowych
Pochodne kwasu karbaminowego	1	Propamokarb	F4 Zakłócanie syntezy lipidów, miejsce działania: kwasy tłuszczowe
Strobiluryny	2	Azoksystrobina Piraklostrobina	C3 Zakłócanie procesu oddychania, miejsce działania: kompleks III po stronie Qo, cytochrom bc1 (ubichinon-oksydaza)
Herbicydy — Herbicides			
Aminofosfoniany	2	Glifosat	G Hamowanie syntazy EPSP (syntazy 5-enolopirogroniano-szikimowo-3-fosforanowej)
		Glufosynat amonu	H Hamowanie syntetazy glutaminowej
Cykloheksanodiony	3	Cykloksydym	A Hamowanie biosyntezy lipidów (w miejscu działania karboksylazy acetylo-COA)
		Kletodym Tepraloksydym	
Diazyny	1	Bentazon	C3 Hamowanie fotosyntezy, fotosystemu II
Dinitroaniliny	1	Pendimetalina	K1 Hamowanie mikrotubul
Fenoksykwasy	1	MCPA	O Sposób działania podobny do syntetycznych auksyn
Izoksazolidiony	1	Chlomezon	F3 Hamowanie biosyntezy karotenoidów
Oksycetamidy	1	Flufenacet	K3 Hamowanie podziałów komórkowych
Pirydyle	1	Jon dikwatu	D Zakłócenia fotosyntezy, fotosystemu I – przekaz elektronów
Pochodne kwasu arylofenoksypropionowego	2	Chizalofop-P-etylu Propachizafop	A Hamowanie biosyntezy lipidów (w miejscu działania karboksylazy acetylo-COA)
Pochodne mocznika	1	Linuron	C2 Hamowanie fotosyntezy, fotosystemu II
Pochodne sulfonylomocznika	1	Rimsulfuron	B Hamowanie ALS (syntazy acetylomleczanowej)
Pochodne pyrolidonu	1	Flurochloridon	F1 Hamowanie biosyntezy karotenoidów w PDS (w miejscu działania enzymu desaturazy fitoenuwej)
Triazoliny	1	Karfentrazon etylu	E Hamowanie PPO (oksydazy protoporfirynogenu)
Triazyny	1	Metrybuzyna	C1 Hamowanie fotosyntezy, fotosystemu II

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, IRAC, FRAC oraz HRAC
Source: Own study based on data from Ministry of Agriculture and Rural Development, IRAC, FRAC and HRAC

Obecnie w Polsce zarejestrowanych jest łącznie 40 insektycydów mających zastosowanie w ochronie ziemniaka. Zarejestrowane środki zawierają 19 różnych substancji aktywnych (MRiRW, 2013). Substancje aktywne reprezentują 8 różnych mechanizmów działania (tab. 1, 2).

Tabela 2
Insektycydy zarejestrowane do ochrony ziemniaka w Polsce w 2013 roku (stan na dzień 02.07.2013)
Insecticides for the protection of potato registered in Poland in 2013 (as of 02.07.2013)

Nazwa handlowa Trade name	Substancja aktywna Active ingredient	Mechanizm działania według IRAC Mode of action by IRAC	Działanie w roślinie Action in plant
Novodor SC ¹	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. Tenebrionis	11A	
Alfazot 025 EC ¹ , Bulldock 025 EC ¹	Beta-cyflutryna	3A	
Cyperkill Max 500 EC ¹ , Sherpa 100 EC ¹ , Super Cyper 500 EC ¹	Cypermetyryna	3A	
Agria-Deltametryna 2,5 EC ¹ , Decis 2,5 EC ¹ , Decis Mega 50 EW ¹ , Decis Ogród 015 EW ¹ , Khoisan 25 EC ¹	Deltametryna	3A	
Sumi-Alpha 050 EC ¹	Esfenwalerat	3A	Powierzchniowe
Rapid 060 CS ¹	Gamma-cyhalotryna	3A	
Karate Zeon 050 CS ² , Kirkuk B 050 CS ² , Kirkuk C 050 CS ² , Wojownik 050 CS ²	Lambda-cyhalotryna	3A	
Alverde 240 SC ¹	Metaflumizon	22B	
Alstar Pro 100 EW ¹ , Ammo Super 100 EW ¹ , Fury 100 EW ¹ , Minuet 100 EW ¹ , Rage 100 EW ¹ , Titan 100 EW ¹	Zeta-cypermetyryna	3A	
Teppeki 50 WG ³	Flonikamid	9C	
Nuprid 200 SC ¹	Imidachlopyrd	4A	
Prestige Forte 370 FS ²	Imidachlopyrd	4A	Systemiczne
Agro Pirykarb 500 WG ³ , Pirimor 500 WG ³	Pirykarb	1A	
Calypto 480 SC ¹	Tiachlopyrd	4A	
Acetamip 20 SP ¹ , Mospilan 20 SP ¹ , Scorpion 20 SP ¹ , Sumitox 20 SP ¹	Acetamipryd	4A	Powierzchniowe, wglębne
Apacz 50 WG ¹	Chlotianidyna	4A	i systemiczne
Actara 25 WG ¹	Tiametoksam	4A	
Proteus 110 OD ¹	Deltametryna + Tiachlopyrd	3A+4A	Powierzchniowe i systemiczne
Coragen 200 SC ¹	Chlorantraniliprol	28	
Nurelle D 550 EC ¹	Chloropiryfos + Cypermetyryna	1B+3A	Powierzchniowe i wglębne
SpinTor 240 SC ¹	Spinosad	5	

¹ Środki mające zastosowanie w ochronie ziemniaka przed stonką ziemniaczaną; ¹ Products used in potato protection against Colorado potato beetle

² Środki mające zastosowanie w ochronie ziemniaka zarówno przed stonką ziemniaczaną jak i mszycami; ² Products used in potato protection against Colorado potato beetle as well as aphids

³ Środki mające zastosowanie w ochronie ziemniaka przed mszycami; ³ Products used in potato protection against aphids

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi oraz IRAC

Source: Own study based on data from Ministry of Agriculture and Rural Development and IRAC

Zakres stosowania większości środków (37) obejmuje ochronę ziemniaka przed stonką ziemniaczaną (24 środki o działaniu powierzchniowym w roślinie, zawierające substancje

należące do grup: 3A — pyretroidy (22), 11A — środki biologiczne (1), 22B — karbonylohydrazydy (1), 3 środki o działaniu systemicznym zawierające substancje z grup: 4A — neonikotynoidy, 6 środków o działaniu powierzchniowym, wgłębnym i systemicznym, zawierających substancje z grupy 4A — neonikotynoidy, 1 środek o działaniu powierzchniowym i systemicznym, zawierający substancje należące do grup: 3A — pyretroidy + 4A — neonikotynoidy, 3 środki o działaniu powierzchniowym i wgłębnym, zawierające substancje należące do grup: 1B — fosforoorganiczne + 3A — pyretroidy (1), 5 — makrocycliczne laktony (1), 28 — antranilowe diamidy (1).

W Polsce odporność stonki ziemniaczanej w największym nasileniu stwierdzono w przypadku preparatu, zawierającego substancję aktywną chlorfenwinfos z grupy insektycydów fosforoorganicznych. Wcześniej odporność stwierdzono również choć na mniejszą skalę w odniesieniu do insektycydów chloroorganicznych: DDT, lindanu, metoksychloru oraz karbaminianów: karbarylu i propoksuru. W dalszej kolejności stwierdzono odporność na insektycydy z grupy pyretroidów oraz pochodną nereistoksyny — bensultap (Węgorek i in., 2003). Wyniki prac prowadzonych kilka lat później potwierdzają utrzymującą się odporność stonki ziemniaczanej na związki fosforoorganiczne (chloropiryfos) (Zamojska i in., 2010). Słaby poziom wrażliwości szkodnika na chloropiryfos stwierdzono podczas badań prowadzonych w latach 2008–2010, a jednocześnie nie stwierdzono odporności stonki ziemniaczanej na acetamipryd z grupy neonikotynoidów (Węgorek i in., 2011). W ostatnich latach obserwowany jest w Polsce spadek odporności stonki ziemniaczanej na pyretroidy, co może być wytłumaczone stosowaniem na dużą skalę środków zawierających substancje aktywne z grupy neonikotynoidów oraz substancji fipronil należącej do fenylopirazoli oraz mniejszą zdolnością adaptacyjną osobników odpornych (Zamojska i in., 2011). Warto jednak zaznaczyć, że od 2007 roku nie ma już w Polsce zarejestrowanych środków ochrony roślin zawierających fipronil.

Arthropod Pesticide Resistance Database (2013) na podstawie danych z różnych krajów opisuje przypadki uodparniania się stonki ziemniaczanej na różne substancje insektycydowe z grupy 1B (fosforoorganiczne), 3A (pyretroidy), 4A (neonikotynoidy), 11A (preparaty biologiczne), 5 (makrocycliczne laktony).

Analizując dane z tabel 1 i 2 można stwierdzić, że obecnie istnieje niewielkie ryzyko uodparniania się stonki ziemniaczanej na substancje z grupy fosforoorganicznych, z uwagi na dostępność jedynie jednego środka, który zawiera również drugą substancję aktywną o innym mechanizmie działania, co dodatkowo stanowi element strategii zapobiegania odporności. Dostępność środków ochrony roślin zawierających nowe substancje aktywne zarejestrowane w Polsce w ostatnich kilku latach (chlorantraniliprol: 28 — antranilowe diamidy, metaflumizon: 22B — karbonylohydrazydy) poszerza możliwości rotacji środków o różnym sposobie działania, a tym samym ogranicza nacisk selekcyjny na substancję o tym samym działaniu, sprzyjający wystąpieniu odporności.

Zakres stosowania ośmiu środków obejmuje ochronę ziemniaka przed mszycami (4 środki o działaniu powierzchniowym w roślinie, zawierające substancję z grupy 3A — pyretroidy, 4 środki o działaniu systemicznym zawierające substancje z grup: 9C —

karboksamidy (1), 1A — karbaminiany (2 środki przeznaczone jedynie do ochrony plantacji nasiennych ziemniaka) oraz 4A — neonikotynoidy (1 zaprawa).

Zgodnie z danymi Arthropod Pesticide Resistance Database (2013) na świecie odnotowano przypadki uodparniania się mszycy brzoskwińczoziemniaczanej w różnych uprawach m.in. na substancje z grupy karbaminianów, neonikotynoidów i pyretroidów. W Polsce prowadzone są badania nad odpornością mszyc, ponieważ zjawisko to nie było dotąd w naszym kraju badane (Węgorek i in., 2011).

Tak jak w przypadku ochrony insektycydowej stonka ziemniaczana stanowi nie lada wyzwanie, tak w przypadku ochrony fungicydowej patogenem charakteryzującym się dużym zagrożeniem rozwoju odporności jest organizm grzybopodobny *Phytophthora infestans*, sprawca zarazy ziemniaka. Obecnie w Polsce zarejestrowanych jest 71 fungicydów, mających zastosowanie w ochronie ziemniaka (MRiRW, 2013). Dostępne na rynku polskim środki grzybobójcze zawierają 25 substancji aktywnych, wśród których wyodrębnić można 12 mechanizmów działania (6 substancji zaliczanych jest do grupy M — o wielokierunkowym kontaktowym działaniu) (tab. 1, 3). Zakres stosowania 60 środków, obejmuje ochronę ziemniaka przed zarazą ziemniaka (28 środków o działaniu kontaktowym w roślinie, zawierających substancje z grup: M5 — ftalany (4), C4 — cyanoimidazole (2), C5 — pochodne aniliny (6), M4 — ftalimidy (1), M3 — ditiokarbaminiany (7), M3 — ditiokarbaminiany + C3 — oksazolidyny (1), M1 — nieorganiczne (7), 1 środek o działaniu wgłębnym, zawierający substancję z grupy U/27 — iminoacetylomoczniki, 10 środków o działaniu kontaktowym i systemicznym, zawierających substancje z grup: M3 — ditiokarbaminiany + A1 — acyloalaniny, 2 środki o działaniu wgłębnym i systemicznym, zawierające substancje z grup: C3 — imidazolinony + F4 — pochodne kwasu karbaminowego (1), B5 — acylpikolidy + F4 — pochodne kwasu karbaminowego (1), 18 środków o działaniu kontaktowym i wgłębnym, zawierających substancje z grup: M3 — ditiokarbaminiany + H5 — karbaminiany (1), M3 — ditiokarbaminiany + H5 — pochodne kwasu cynamonowego (1), M3 — ditiokarbaminiany + U/27 — iminoacetylomoczniki (8), H5 — amidy (1), C3 — oksazolidyny + U/27 — iminoacetylomoczniki (5), C5 — pochodne aniliny + H5 — pochodne kwasu cynamonowego (1), M1 — nieorganiczne + U/27 — iminoacetylomoczniki (1), 1 środek o działaniu wgłębnym, lokalnie systemicznym i translamarnym, zawierający substancje z grup: H5 — pochodne kwasu cynamonowego + C3 — strobiluryny).

W ochronie ziemniaka przed alternariozą zastosowanie ma obecnie 37 fungicydów (14 środków o działaniu kontaktowym w roślinie, zawierających substancje z grup: C5 — pochodne aniliny (6), M4 — ftalimidy (1), M3 — ditiokarbaminiany (6), M3 — ditiokarbaminiany + C3 — oksazolidyny (1), 8 środków o działaniu kontaktowym i systemicznym, zawierających substancje z grup: M3 — ditiokarbaminiany + A1 — acyloalaniny, 7 środków o działaniu wgłębnym i systemicznym, zawierających substancje z grup: C3 — strobiluryny (5), C3 — imidazolinony + F4 — pochodne kwasu karbaminowego (1), B5 — acylpikolidy + F4 - pochodne kwasu karbaminowego (1), 7 środków o działaniu kontaktowym i wgłębnym, zawierających substancje z grup: M3 — ditiokarbaminiany + H5 — pochodne kwasu cynamonowego (1), C3 — oksazolidyny + U/27 — iminoacetylomoczniki (5), C5 — pochodne aniliny + H5 — pochodne kwasu cynamonowego

(1), 1 środek o działaniu wglębnym, lokalnie systemicznym i translaminarnym, zawierający substancje z grup: H5 — pochodne kwasu cynamonowego + C3 — strobiluryny).

Tabela 3

Fungicydy zarejestrowane do ochrony ziemniaka w Polsce w 2013 roku (stan na dzień 02.07.2013)
Fungicides for the protection of potato registered in Poland in 2013 (as of 02.07.2013)

Nazwa handlowa Trade name	Substancja aktywna Active ingredient	Mechanizm działania według FRAC Mode of action by FRAC	Działanie w roślinie Action in plant
1	2	3	4
Banko 500 SC ¹ , Chron 500 SC ¹ , Golden CTL 500 SC ¹ , Gwarant 500 SC ¹	Chlorotalonil	M5	
Ranman 400 SC Twinpack ¹ , Ranman Top 160 SC ¹	Cyjazofamid	C4	
Altima 500 SC ² , Banjo 500 SC ² , Jetlan 500 SC ² , Nando 500 SC ² , Stefes Fluazynam 500 SC ² , Zignal 500 SC ²	Fluazynam	C5	
Folpan 80 WG ²	Folpet	M4	
Dithane NeoTec 75 WG ² , Indofil 80 WP ² , Penncozeb 80 WP ² , Sancozeb 80 WP ¹ , Vondozeb 75 WG ²	Mankozeb	M3	
CLIP SuperKontakt 69 WG ²	Mankozeb + Famoksat	M3+C3	Kontaktowe
Champion 50 WP ¹ , Cuproflow 375 SC ¹ , Cuproksat 349 ¹ SC, Mag 50 WP ¹ , Miedzian 50 WP ¹ , Neoram 37,5 WG ¹ , Nordox 75 WG ¹	Miedź	M1	
Polyram 70 WG ²	Metiram	M3	
Monceren 12,5 DS ⁴ , Monceren 250 FS ⁴	Pencykuron	B4	
Prestige Forte 370 FS ⁴	Pencykuron	B4	
Antracol 70 WG ²	Propineb	M3	
Drum 45 WG ¹	Cymoksanil	U/27	Wglębne
Moncut 460 SC ⁴	Flutolanil	C2	
Fungazil 100 SL ⁶	Imazalil	G1	Systemiczne
Galben M 73 WP ¹ , Mohican 73 WP ¹	Mankozeb + Benalaksyl	M3+A1	
Fantic M WP ²	Mankozeb + Benalaksyl-M	M3+A1	
Armetil M 72 WP ² , Ekonom 72 WP ² , Ekonom MM 72 WP ² , Konkret Mega 72 WP ³ , Planet 72 WP ¹ , Rywal 72 WP ²	Mankozeb + Metalaksyl	M3+A1	Kontaktowe i systemiczne
Crocodil MZ 67,8 WG ² , Ridomil Gold MZ Pepite 67,8 WG ²	Mankozeb + Metalaksyl-M	M3+A1	
Amistar 250 SC ³ , Arastar 250 SC ³ , Atol 250 SC ⁵ , Mirador 250 SC ⁵ , Strobi 250 SC ⁵	Azoksystrobina	C3	
Pyton Consento 450 SC ²	Fenamidon + Propamokarb	C3+F4	Wglębne i systemiczne
Infinito 687,5 SC ²	Fluopikolid + Propamokarb	B5+F4	
Valbon 72 WG ¹	Mankozeb + Bentiwalikarb	M3+H5	
Curzate M 72,5 WP ¹ , Curzate Top 72,5 WG ¹ , Ekonom MC 72,5 WP ¹ , Helm-Cymii 72,5 WP ¹ , Inter Optimum 72,5 WP ¹ , Kursor 72,5 WG ¹ , Micexanil 76 WP ¹ , Solace M 72,5 WG ¹	Mankozeb + Cymoksanil	M3+U/27	
Revus 250 SC ¹	Mandipropamid	H5	Kontaktowe i wglębne
Acrobat MZ 69 WG ²	Mankozeb + Dimetomorf	M3+H5	
Agria FamoCymo 50 WG ² , Navaho 50 WG ² , Tanos 50 WG ² , Tewa 50 WG ² , Twist 50 WG ²	Famoksat + Cymoksanil	C3+U/27	
Banjo Forte 400 SC ²	Fluazynam + Dimetomorf	C5+H5	
Curzate Cu 49,5 WP ¹	Miedź + Cymoksanil	M1+U/27	

1	2	3	4
Cabrio Duo 112 EC ²	Dimetomorf + Piraklostrobina	H5+C3	Wgłębne, lokalnie systemiczne i translaminarne

¹ Środki mające zastosowanie w ochronie ziemniaka przed zarazą ziemniaka; ¹ Products used in potato protection against late blight

² Środki mające zastosowanie w ochronie ziemniaka zarówno przed zarazą ziemniaka jak i alternariozą; ² Products used in potato protection against late blight as well as early blight

³ Środki mające zastosowanie w ochronie ziemniaka przed alternariozą; ³ Products used in potato protection against early blight

⁴ Środki mające zastosowanie w ochronie ziemniaka przed rizoktoniozą; ⁴ Products used in potato protection against rhizoctoniosis

⁵ Środki mające zastosowanie w ochronie ziemniaka przed alternariozą i rizoktoniozą; ⁵ Products used in potato protection against early blight and rhizoctoniosis

⁶ Środki mające zastosowanie w przechowywaniu ziemniaka; ⁶ Products used in potato protection before storage

Kilka zarejestrowanych obecnie środków grzybobójczych ma zastosowanie w ochronie ziemniaka przed rizoktoniozą (5 środków z substancją o działaniu wgłębny i systemicznym w roślinie z grupy C3 — strobiluryny, 1 zaprawa z substancją o działaniu systemicznym z grupy C2 — benzamidy, 3 zaprawy z substancją o działaniu kontaktowym z grupy B4 — pochodne fenylomocznika).

Obecnie jest jeszcze zarejestrowany 1 fungicyd, który ma zastosowanie w przechowywaniu i chroni bulwy ziemniaka przed parchem srebrzystym, ospowatością bulw, suchą zgnilizną bulw i gangreną (środek z substancją o działaniu systemicznym w roślinie z grupy G1 — imidazole).

Na podstawie danych z różnych krajów opisywane są przypadki uodparniania się sprawcy zarazy ziemniaka na substancje z grup A1, H5 oraz przypadki uodparniania się sprawców alternariozy ziemniaka na substancje z grup C3 (FRAC 2011, FRAC 2012, FRAC II 2013, FRAC III 2013, Sobczak 2012). Również doniesienia z polskich badań potwierdzają możliwość wystąpienia odporności sprawcy zarazy ziemniaka na substancje z grupy A1 (Kapsa, 1992, 2002).

Analizując dane zawarte w tabelach 1, 3 oraz możliwości uodparniania się patogenów na niektóre substancje aktywne można ocenić, że dostępny obecnie na rynku polskim asortyment fungicydów do ochrony ziemniaka pozwala na rotację środków zawierających substancje aktywne o różnych mechanizmach działania. Większość zarejestrowanych obecnie fungicydów zawierających substancje z grup A1, H5, C3, dla których istnieje pewne ryzyko wystąpienia odporności, zawiera w swoim składzie drugą substancję aktywną, o innym mechanizmie działania, co stanowi ważny element strategii zapobiegania odporności. Analizując tabelę 1 warto zauważyć, że większość substancji, dla których istnieje ryzyko wystąpienia odporności (z grup C3, H5) pomimo, że reprezentuje 1 mechanizm działania, należy do różnych grup chemicznych.

Rozwój odporności u chwastów w przeciwieństwie do owadów czy patogenów jest procesem długotrwałym, z uwagi na to, że chwasty tworzą zazwyczaj jedno pokolenie rocznie. W serwisie internetowym www.weedscience.org dostępne są zebrane z całego świata przypadki wystąpienia odporności biotypów chwastów. W uprawach ziemniaka

opisano jedynie przypadki uodparniania się biotypów komosy białej oraz szarłat szorstkiego na substancje herbicydowe z grupy C1. (Weedscience, 2013). W Polsce zarejestrowanych mamy na chwilę obecną 80 herbicydów mających zastosowanie w ochronie ziemniaka (MRiRW, 2013). Zarejestrowane środki zawierają 18 różnych substancji aktywnych, które działają na 14 różnych sposobów (tab. 1, 4). Zdecydowana większość zarejestrowanych środków ma zastosowanie w zwalczaniu chwastów zarówno jedno i dwuliściennych przed wschodami ziemniaka (28 preparatów zawierających substancje należące do grup: F3 — izoksazolidiony (8), F3 — izoksazolidiony + C2 — pochodne mocznika (1), K3 — oksycetamidy + C1 — triazynony (1), F1 — pochodne pyrrolidonu (1), G — aminofosfoniany (14), K1 — dinitroaniliny (3)) lub przed i po wschodach (17 preparatów zawierających substancje należące do grup: C1 — triazynony (7), B — pochodne sulfonylomocznika (10)). Część herbicydów ma zastosowanie w zwalczaniu jedynie chwastów dwuliściennych przed wschodami ziemniaka (11 preparatów zawierających substancje z grup: C2 — pochodne mocznika (10), O — fenoksykwasy (1)) lub po wschodach ziemniaka (7 preparatów zawierających substancje z grupy C3 — diazyny) oraz jedynie chwastów jednoliściennych po wschodach ziemniaka (10 preparatów zawierających substancje z grupy A: pochodne kwasu arylofenoksypropionowego (6), cykloheksanodiony (4)). Pozostałe herbicydy przeznaczone są głównie do desykacji — niszczenia naci ziemniaczanej (7 preparatów zawierających substancje z grup: H — aminofosfoniany (1), D — pirydyle (5), E — triazolininy (1)). Analizując tabele 1, 4 można zauważyć, że graminicydy reprezentują 1 mechanizm działania, a substancje aktywne w nich zawarte należą do dwóch różnych grup chemicznych.

Na podstawie danych zawartych w serwisie WeedScience dotyczących wystąpienia odporności w innych uprawach opisano 131 biotypów chwastów odpornych na substancje z grupy B (w tym biotypy chabra bławatka, miotły zbożowej, przymiotna kanadyjskiego oraz wyczyńca polnego z Polski), 71 biotypów odpornych na substancje z grupy C1 (w tym biotypy chwastnicy jednostronnej, komosy białej, paluszniaka krwawego, przymiotna kanadyjskiego, psianki czarnej, szarłat szorstkiego, tasznika pospolitego, wierzbownicy gruczołowatej z Polski), 42 biotypy odporne na substancje z grupy A (w tym biotyp miotły zbożowej z Polski), 30 biotypów odpornych na substancje z grupy O, 28 biotypów odpornych na substancje z grupy D, 24 biotypy odporne na substancje z grupy G (w tym biotyp przymiotna kanadyjskiego z Polski), 22 biotypy odporne na substancje z grupy C2, 11 biotypów odpornych na substancje z grupy K1, 6 biotypów odpornych na substancje z grupy E, 5 biotypów odpornych na substancje z grupy F3, 4 biotypy odporne na substancje z grupy C3, 4 biotypy odporne na substancje z grupy K3, 3 biotypy odporne na substancje z grupy F1 oraz 2 biotypy odporne na substancje z grupy H (WeedScience, 2013).

Na podstawie badań prowadzonych w Polsce stwierdzono obecność biotypów owsa głuchego odpornych na niektóre herbicydy z grupy A oraz prawdopodobną obecność biotypów wyczyńca polnego odpornych na herbicydy z grup A, B oraz C2 (Adamczewski, 2008), odporność miotły zbożowej na herbicydy z grupy B (Adamczewski, Kierzek, 2007; Adamczewski, 2009). Wyniki badań dotyczą biotypów chwastów zebranych z pól gdzie uprawiano zboża.

Tabela 4

Herbicydy zarejestrowane do ochrony ziemniaka w Polsce w 2013 roku (stan na dzień 02.07.2013)
Herbicides for the protection of potato registered in Poland in 2013 (as of 02.07.2013)

Nazwa handlowa Trade name	Substancja aktywna Active ingredient	Mechanizm działania według HRAC Mode of action by HRAC
Agro Bentazon 480 SL ² , Basagran 480 SL ² , Mac-Bentazon 480 SL ² , Realchemie Bentazon SL ² , Wolof A 480 SL ² , Wolof B 480 SL ² , Wolof C 480 SL ²	Bentazon	C3
Leopard Extra 05 EC ⁴ , Pilot 10 EC ⁴ , Targa 10 EC ⁴ , Targa Super 05 EC ⁴	Chizalofop-P-etylu	A
Command 360 CS ³ , Command 480 EC ³ , Gadwall ³ , Golden Clomazon 360 CS ³ , Golden Clomazon 480 EC ³ , Kilof 480 EC ³ , Reactor 360 CS ³ , Szpada 480 EC ³	Chlomazon	F3
Harrier 295 ZC ³	Chlomazon+Linuron	F3+C2
Focus Ultra 100 EC ⁴	Cykloksydym	A
Plateen 41,5 WG ³	Flufenacet+Metrybuzyna	K3+C1
Racer 250 EC ³	Flurochloridon	F1
Acomac ³ , Clayton Rhizeup SL ³ , Cleaner 360 SL ³ , Etna 360 SL ³ , Figaro 360 SL ³ , Glifosat Classic 360 SL ³ , Glifto 360 SL ³ , Katamaran 360 SL ³ , Marker 360 SL ³ , Realchemie Glifosat 360 SL ³ , Roundup 360 SL ³ , Roundup Max 2 ³ , Roundup TransEnergy 450 SL ³ , Torinka SL ³	Glifosat	G
Basta 150 SL ⁶	Glufosynat amonu	H
Barclay D-Quat SL ⁶ , D-Foliolate SL ⁶ , D-Quatflash SL ⁶ , MondaQuat SL ⁶ , Reglone 200 SL ⁶	Jon dikwatu	D
Spotlight Plus 060 EO ⁶	Karfentrazon etylu	E
Select Super 120 EC ⁴	Kletodym	A
Afalon Dyspersyjny 450 SC ¹ , Aflex Super 450 SC ¹ , Hufiec 500 SC ¹ , Ipiron 450 SC ¹ , Linur 450 SC ¹ , Linurex 500 SC ¹ , Nightjar B 450 SC ¹ , Nightjar C 450 SC ¹ , Nightjar D 450 SC ¹ , Nuflon 450 SC ¹	Linuron	C2
Chwastox Extra 300 SL ¹	MCPA	O
Emana A 70 WG ⁵ , Emanax B 70 WG ⁵ , Koral 70 WG ⁵ , Maestro 70 WG ⁵ , Mistral 70 WG ⁵ , Sencor 70 WG ⁵ , Sencor Liquid 600 SC ⁵	Metrybuzyna	C1
Pilar-Pendimetalina 400 SC ³ , Stomp 330 EC ³ , Stomp 400 SC ³	Pendimetalina	K1
Agil 100 EC ⁴ , Aria 100 EC ⁴	Propachizafop	A
Agria-Rimsulfuron 25 WG ⁵ , Harfur ⁵ , Mac-Rimsulfuron 25 WG ⁵ , Mambo 25 WG ⁵ , Miecz 25 WG ⁵ , Pro-Rimsulfuron 25 WG ⁵ , Ramzes 25 WG ⁵ , Realchemie Rimsulfuron WG ⁵ , Rima ⁵ , Titus 25 WG ⁵	Rimsulfuron	B
Aramo 050 EC ⁴ , Golden Tepra 050 EC ⁴	Tepraloksydym	A

¹ Środki mające zastosowanie w zwalczaniu chwastów dwuliściennych przed wschodami ziemniaka; ¹ Products used in potato protection to control dicotyledonous weeds before potato emergence

² Środki mające zastosowanie w zwalczaniu chwastów dwuliściennych po wschodach ziemniaka; ² Products used in potato protection to control dicotyledonous weeds after potato emergence

³ Środki mające zastosowanie w zwalczaniu chwastów jedno i dwuliściennych przed wschodami ziemniaka; ³ Products used in potato protection to control monocotyledonous and dicotyledonous weeds before potato emergence

⁴ Środki mające zastosowanie w zwalczaniu chwastów jednoliściennych po wschodach ziemniaka; ⁴ Products used in potato protection to control monocotyledonous weeds after potato emergence

⁵ Środki mające zastosowanie w zwalczaniu chwastów jedno i dwuliściennych przed wschodami i po wschodach ziemniaka; ⁵ Products used in potato protection to control monocotyledonous and dicotyledonous weeds before and after potato emergence

⁶ Desykanty; ⁶ Desiccants

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi oraz HRAC
 Source: Own study based on data from Ministry of Agriculture and Rural Development and HRAC

Uwaga: W tabeli nie uwzględniono środka Golden Rimsulfuron 25 WG, zawierającego rimsulfuron, który może być stosowany do 13 września 2013

Analizując dostępne herbicydy mające zastosowanie na plantacjach ziemniaka, można zauważyć duże możliwości rotacji środków zawierających substancje o różnych mechanizmach działania. Dwa zarejestrowane środki zawierają dwie substancje aktywne, co dodatkowo ogranicza możliwość wystąpienia odporności. Jedynie wśród gramini-cydów wszystkie zarejestrowane środki zawierają substancje o jednakowym sposobie działania. Biorąc pod uwagę dostępność herbicydów do zwalczania chwastów zarówno jedno jak i dwuliściennych, można stwierdzić, że istnieją możliwości zastosowania innych środków, co nie wyklucza potrzeby rejestracji nowych herbicydów do zwalczania chwastów jednoliściennych. Nie jest to jednak takie proste w obliczu faktu, że w ciągu ostatnich 30 lat nie odkryto żadnego nowego mechanizmu działania herbicydu (Bayer, 2013).

WNIOSKI

1. Wielokrotne stosowanie środków ochrony roślin zawierających substancje aktywne o takim samym sposobie działania stanowi czynnik ryzyka wystąpienia odporności.
2. Asortyment dostępnych obecnie na rynku polskim środków ochrony roślin pozwala na rotację preparatów różniących się działaniem, przeznaczonych do ochrony ziemniaka zwłaszcza przed szczególnie podatnymi na wystąpienie odporności agrofagami takimi jak stonka ziemniaczana czy sprawca zarazy ziemniaka.
3. Dostępność nowych na rynku polskim substancji owadobójczych zwiększa możliwości rotacji środków.
4. Znaczna część fungicydów oraz niektóre herbicydy i insektycydy zawierają dwie substancje aktywne różniące się mechanizmem działania, co ogranicza ryzyko uodparniania się agrofagów.
5. Możliwości rotacji herbicydów są zadowalające. Jedynie wśród gramini-cydów dostępne są substancje o jednakowym sposobie działania.
6. Przemienne stosowanie środków ochrony roślin zawierających substancje aktywne z różnych grup chemicznych nie zawsze stanowi skuteczne narzędzie zapobiegania odporności z uwagi na możliwy wspólny mechanizm działania substancji z różnych grup chemicznych.

LITERATURA

- Adamczewski K. 2008. Chwasty odporne na herbicydy. Owies głuchy i wyczyniec polny. Ochrona Roślin 7-8/2008. 24 — 25.
- Adamczewski K. 2009. Wpływ sześcioletniego stosowania herbicydów na uodpornianie się miotły zbożowej (*Apera spica-venti* (L.) P.B.) na preparaty sulfonilomocznikowe. *Fragm. Agron.* 26 (2) 2009: 7 — 15.
- Adamczewski K., Kierzek R. 2007. Występowanie biotypów miotły zbożowej (*Apera spica-venti* L.) odpornej na herbicydy sulfonilomocznikowe. *Progress in Plant Protection* 47 (3): 333 — 340.
- Arthropod Pesticide Resistance Database 2013. <http://www.pesticideresistance.com/search.php> (data dostępu 02.07.2013).
- Bayer 2013. Zarządzanie odpornością w uprawach polowych. Broszura informacyjna: 29 ss.
- EPPO 2003. PP 1/213(2) Resistance risk analysis. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 33: 37 — 63.

- FRAC 2011. QoI Working Group. http://www.frac.info/work/FRAC%20QoI%20Minutes%202011_Sep%20update.pdf (data dostępu 02.07.2013).
- FRAC 2012. QoI Working Group. <http://www.frac.info/work/FRAC%20QoI-Minutes%20of%20the%202012%20meeting-Recommendations%20for%202013.pdf> (data dostępu 02.07.2013).
- FRAC 2013 [I]. FRAC Code List: Fungicides sorted by mode of action (including FRAC Code numbering). <http://www.frac.info/publication/anhang/FRAC%20Code%20List%202013-update%20April-2013.pdf> (data dostępu 02.07.2013).
- FRAC 2013 [II] FRAC List of plant pathogenic organisms resistant to disease control agents. http://www.frac.info/publication/anhang/List%20of%20resistant%20plant%20pathogenic%20organisms_Feb%202013%20updated.pdf (data dostępu 01.07.2013).
- FRAC 2013 [III]. Phenylamides. http://www.frac.info/frac/work/work_phen.htm (data dostępu 02.07.2013).
- HRAC 2013. <http://www.hracglobal.com/Publications/ClassificationofHerbicideSiteofAction.aspx> (data dostępu 02.07.2013).
- IRAC 2013. <http://www.irac-online.org/documents/moa-classification/?ext=pdf> (data dostępu 02.07.2013).
- Kapsa J. 1992. Nasilenie występowania form grzyba *Phytophthora infestans* odpornych na fenyloamidy w latach 1989–1991. Materiały XXXII Sesji Naukowej Instytutu Ochrony Roślin Cz. II. Postery: 38 — 42
- Kapsa 2002. Zmiany w europejskich populacjach *Phytophthora infestans*. Biul. IHAR 223/224. 329 — 335.
- Ląkocy A. 1973. Teoretyczne i praktyczne aspekty odporności szkodników roślin rolniczych na pestycydy. Prace Naukowe Instytutu Ochrony Roślin, Tom XIV, Zeszyt 2, 83 ss.
- Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi. 2013. Rejestr insektycydów, herbicydów oraz fungicydów stosowanych w ochronie ziemniaka (wyszukiwarka). <http://www.minrol.gov.pl/pol/Informacje-branzowe/Wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin> (data dostępu 02.07.2013).
- Sobczak J. 2012. Zmiany w dostępności substancji aktywnych w fungicydach na zapobieganie uodparniania się ważniejszych patogenów ziemniaka. Biul. IHAR 266: 251 — 260.
- WeedScience 2013. International Survey of herbicide resistant weeds. <http://www.weedscience.org/summary/SOASummary.aspx> (data dostępu 02.07.2013).
- Węgorzek P. 2007. Historia odporności owadów na insektycydy na przykładzie stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* Say.). ISBN 978-83-89867-80-3: 68 ss.
- Węgorzek P., Pawińska M., Mrówczyński M., Wachowiak H., Przybysz E. 2003. Strategia chemicznego zwalczania stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) w Polsce. ISBN 83-916204-6-8: 28 ss.
- Węgorzek P., Zamojska J., Mrówczyński M. 2011. Susceptibility level of the Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) to chlorpyrifos and acetamiprid in Poland and resistance mechanisms of the pest to chlorpyrifos. Journal of Plant Protection Research. Vol. 51, No 3: 279 — 284.
- Węgorzek P., Ruskowska M., Korbas M., Wachowiak K., Kierzek R. 2011. Obecny stan badań nad odpornością szkodników na insektycydy w Polsce. Progress in Plant Protection. 51 (1): 232 — 240.
- Zamojska J., Węgorzek P., Mrówczyński M. 2010. Obecny poziom odporności na insektycydy dla wybranych gatunków owadów w Polsce. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin, 2010; 50 (3): 1205 — 1212.
- Zamojska J., Węgorzek P., Mrówczyński M. 2011. Susceptibility level of the colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) to chlorpyrifos And acetamiprid in poland and resistance Mechanisms of the pest to chlorpyrifos. Journal of Plant Protection Research. Vol. 51, No 3 (2011): 279 — 284.
- Zamojska J., Węgorzek P., Mrówczyński M. 2011. Changes in the Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) susceptibility level to pyrethroids and the pest resistance mechanisms to deltamethrin. Journal of Plant Protection Research. Vol. 51, No 3 (2011): 294 — 299.