

MIROŚLAWA CHRZANOWSKA
KRYSTYNA MICHAŁAK
HELENA ZAGÓRSKA
KATARZYNA SZAJKO

Zakład Genetyki i Materiałów Wyjściowych Ziemniaka
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Młochów

Reakcja na wirusy odmian ziemniaka znajdujących się w Krajowym Rejestrze w 2010 roku

The reaction to virus infection of potato cultivars from the Polish National List in 2010

Scharakteryzowano 134 odmiany ziemniaka znajdujące się w 2010 roku w Krajowym Rejestrze, pod kątem odporności i reakcji roślin na zakażenie wirusami ziemniaka: Y (PVY), liściozwoju (PLRV), M (PVM), X (PVX) i S (PVS). Odmiany pochodzenia zagranicznego: Kuras, Roko, Sante i Zuzanna oraz 23 polskie odmiany krańcowo odporne na PVY nie uległy porażeniu żadnym z czterech szczepów tego wirusa użytych do zakażeń. W tych odmianach, z wyjątkiem odmian Rudawa, Rumpel i Sante, stwierdzono obecność genu *Ry*. Polskie odmiany ziemniaka są stosunkowo odporne na stare szczepy PVY^o i PVY^N Ny, natomiast większość podlega „nowym” szczepom PVY^N W i PVY^{NTN}. Nekrozy na bulwach roślin zakażonych PVY^{NTN} znaleziono w 25 odmianach wprowadzonych do Krajowego Rejestru i trzech dopuszczonych do uprawy na przetwórstwo: Erntestolz, Hermes i Saturna. Wśród odmian polowo odpornych na PLRV inokulowanych przez szczepienie, 12 reagowało nietolerancyjnie. Oceniono nasilenie objawów chorobowych wywoływanych w odmianach ziemniaka po inokulacji roślin PLRV przy użyciu mszyc jako wektorów. Ocenę reakcji na PVM przeprowadzono po inokulacji mechanicznej roślin silnym szczepem PVM. Cztery odmiany z genem *Rm*: Ametyst, Eugenia, Finezja i Korona okazały się odporne na PVM, z pozostałych badanych odmian większość wykazała podatność na infekcję połączoną ze słabymi objawami chorobowymi, 32 odmiany wykazały silne objawy, a kilkanaście odmian średnią odporność na zakażenie. Odporność krańcową na PVX warunkowaną obecnością genu *Rx*, lub wysoką odporność różnego pochodzenia wykazały 24 polskie i 13 zagranicznych odmian. Odmiana Neptun, jako jedyna wśród badanych posiada gen *Ns* i odznacza się odpornością na wirus S ziemniaka.

Słowa kluczowe: odporność, reakcja, szczepy, wirusy, ziemniak

The resistance level and characteristics of disease symptoms caused by PVY, PLRV, PVM, PVX and PVS were described for 134 potato cultivars registered in Poland. The cultivars of foreign origin: Kuras, Roko, Sante and Zuzanna and 23 Polish potato cultivars extremely resistant to PVY were not infected with four PVY strains used to the plant inoculation. In these cultivars except Rudawa, Rumpel and Sante the gene *Ry* was identified. Polish potato cultivars are relatively resistant to old PVY strains

(PVY^o and PVY^N Ny) but majority of cultivars could be infected with PVY^{NW} and PVY^{NTN}. Necrotic rings (PTNRD disease) on tubers infected with PVY^{NTN} appeared in 25 cultivars being on the Polish National List and also in three cultivars growing for processing: Erntestolz, Hermes and Saturna. Among cultivars field resistant to PLRV 12 reacted intolerantly to the graft infection. The disease symptoms caused by PLRV after inoculation with aphids used as the virus vector were evaluated. The reaction to PVM was evaluated after mechanical inoculation of plants with severe PVM strain. Four cultivars: Ametyst, Eugenia, Finezja and Korona possessing the gene *Rm* are resistant to PVM, while majority of cultivars are susceptible to the infection and reacted with mild symptoms, several are midresistant and reacted with severe symptoms. Extreme resistance to PVX connected with the *Rx* gene or high resistance of various origin appeared in 37 cultivars (24 of Polish and 13 of foreign origin). Out of 134 cultivars only one cv Neptun possess the gene *Ns* and is resistant to PVS infection.

Key words: potato, reaction, resistance, strains, viruses

WSTĘP

Szkodliwość wirusów w uprawach ziemniaka polega na obniżeniu plonu bulw, pogorszeniu jakości, a także na powodowaniu trudności w produkcji zdrowych sadzeniaków. W Polsce znaczenie ma pięć wirusów: wirus Y ziemniaka, *Potato virus Y*, PVY, wirus liściozwoju ziemniaka, *Potato leafroll virus*, PLRV, wirus M ziemniaka, *Potato virus M*, PVM, wirus S ziemniaka, *Potato virus S*, PVS i wirus X ziemniaka, *Potato virus X*, PVX. Wirus Y i wirus liściozwoju ziemniaka zaliczane są do wirusów o większym znaczeniu gospodarczym niż wirusy M, S i X.

Wyróżniono przynajmniej pięć powodów, dla których PVY stanowi obecnie największe zagrożenie dla upraw ziemniaka:

1. zmiany w populacji szczepów wirusa (Chrzanowska, 2004),
2. poszerzenie spektrum gatunków mszyc wektorów wirusa (Kostiw i Robak, 2009),
3. wpływ warunków pogodowych ostatnich lat jak wcześniejsza wiosna, ciepłe i suche okresy w lecie,
4. mniejsza niż do tej pory odporność odmian, zwłaszcza odmian zagranicznych uprawianych na przetwórstwo,
5. podatność niektórych odmian na chorobę bulw (PTNRD) wywoływaną przez PVY^{NTN} (Chrzanowska, 2004).

W ostatnich latach w Polsce, a także w Europie, zmniejszyło się zagrożenie upraw ziemniaka przez PLRV uznawany 20 lat temu za najgroźniejszy, obok PVY. Zmiana ta nastąpiła w Polsce co najmniej z trzech powodów: 1) zmniejszenie ilości źródeł infekcji wynikające ze zmniejszenia areалу upraw ziemniaka z ponad 2 milionów hektarów do nieco powyżej 600.000 hektarów; 2) wprowadzenie szeregu odmian, których ocena odporności (w skali 1–9) przekracza 6, co w warunkach Polski w większości regionów wystarcza do ochrony roślin przed tym wirusem; 3) prawie zupełnego wyeliminowania PLRV z upraw sadzeniaków.

Wirus M ziemniaka występuje obecnie w Polsce w mniejszym nasileniu niż przed 30 laty (Zagórska i Chrzanowska, 2007). W odniesieniu do oceny zdrowotności roślin w produkcji sadzeniaków należy podkreślić, że objawy powodowane przez PVM są zaliczane do objawów słabych, nawet wtedy gdy są dobrze widoczne, a nawet silne, zbliżone do objawów powodowanych przez wirus Y ziemniaka. Trudności w rozróżnieniu tych

objawów są przyczyną niejednorodnej oceny zdrowotności materiałów w produkcji nasiennej. Jak stwierdzono wcześniej, większość szczepów PVM znajdujących w Polsce należy do grupy słabych, a zatem częściej spotykane są w warunkach polowych objawy słabe niż silne. W ostatnich latach śladowe ilości roślin z PVM spotykano w 10% próbek materiałów nasiennych.

Wirus S ziemniaka ma stosunkowo małe znaczenie gospodarcze i dlatego nie prowadzi się oceny stopnia odporności ani oceny objawów chorobowych powodowanych przez ten wirus na odmianach nowo wprowadzanych do Krajowego Rejestru. W warunkach polowych PVS nie wywołuje wyraźnych objawów, które są ograniczone do rozjaśnienia zieleni, zdrobnienia górnych liści i słabego pofalowania brzegów blaszki liściowej. Wyraźne objawy wywoływane na niektórych odmianach w warunkach szklarniowych (wyższej temperatury i wilgotności niż to bywa w warunkach polowych) opisano w 1976 roku (Chrzanowska, 1976).

Wirus X ziemniaka w Polsce nie ma obecnie znaczenia w produkcji ziemniaka. Objawy powodowane przez PVX zaliczane są w produkcji nasiennej do objawów słabych. Ponieważ wirus ten przenosi się z rośliny na roślinę wyłącznie przez kontakt, łatwo jest uchronić uprawy ziemniaka przed infekcją wysadzając zdrowe sadzeniaki.

Wyniki oceny odporności na choroby wirusowe odmian ziemniaka (*Solanum tuberosum*) zamieszczone były w publikacjach Chrzanowskiej i Zagórskiej w latach 1982, 1988, 1996 na łamach Biuletynu Instytutu Ziemniaka. Ostatnia praca z tego cyklu opublikowana była w Biuletynie IHAR (Zagórska i in., 2000). Scharakteryzowano wówczas reakcję 93 odmian znajdujących się w Krajowym Rejestrze w 2000 roku. Od tego czasu, do 2010 r. nastąpiły duże zmiany w doborze odmian. Z 93 opisanych odmian skreślono 51, a wpisano 92 nowe odmiany i w efekcie w 2010 roku w Rejestrze znajdowały się 134 odmiany. Odporność i reakcję na wirusy 42 odmian oceniono wcześniej, a 92 odmiany scharakteryzowano w latach 2001–2010.

Do 2004 roku oceniano odporność odmian na PVY, PLRV i PVM w warunkach polowych w skali 9-stopniowej, z przybliżeniem do pół stopnia, przy czym najniższa odporność pozwalająca na wpisanie odmiany do Krajowego Rejestru wynosiła 5. Obecnie ocenia się odporność w sposób uproszczony, co pozwala przypisać odporność w skali w następujących klasach: 8, 7, 5–6 i 3–4, przy czym ocenę 9 precyzuje się w dodatkowych badaniach szklarniowych i testach molekularnych. Nie ma również ograniczenia co do stopnia najniższej, dopuszczalnej odporności aby odmianę zarejestrować (Michalak, 2005).

Prezentowane opracowanie dotyczy opisu reakcji odmian ziemniaka na zakażenie wirusami. Oprócz ogólnego opisu objawów chorobowych wywoływanych na roślinach ziemniaka przez wymienione wirusy, zamieszczono tabele, w których scharakteryzowano reakcję poszczególnych odmian na wirusy, a także ich szczepy w warunkach szklarniowych i polowych. Wymieniono odmiany reagujące nekrozami na bulwach w przypadku porażenia roślin szczepem PVY^{NTN} powodującym chorobę potato tuber necrotic ringspot disease (PTNRD).

Niniejsza praca może być wykorzystana przez producentów ziemniaka do racjonalnego doboru odmian do uprawy, przez producentów sadzeniaków oraz inspekcję nasienną do doboru metod oceny zdrowotności roślin i sposobów postępowania w produkcji.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia dotyczące oceny odporności i reakcji odmian ziemniaka na wirusy prowadzone były w latach 2001–2010 w Zakładzie Genetyki i Materiałów Wyjściowych Ziemniaka (ZGiMWZ) w Młochowie, w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowym Instytucie Badawczym.

Ocena polowa odporności odmian ziemniaka na PVY i PLRV

Przed wpisaniem odmian ziemniaka do Krajowego Rejestru na zlecenie COBORU, badana była odporność na PVY i PLRV w warunkach polowych i oceniana w skali dziesięciostopniowej (Michalak, 2005, 2006). Zdrowe rośliny ziemniaka (30 roślin na genotyp, w dwóch powtórzeniach, przez dwa lata) były rozmnażane w obsadzie infektorów PVY i PLRV, a procent porażonych roślin był oceniany w próbie oczkowej w szklarni.

Ocena odporności i reakcji roślin po zakażeniu wirusami: PVY, PLRV, PVX, PVM, PVS

W uzupełnieniu doświadczeń polowych rośliny były zakażane różnymi wirusami w warunkach szklarniowych w liczbie 10 roślin na genotyp, dwukrotnie, mechanicznie lub przez szczepienie (PVY, PVM, PVX, PVS), albo też przy użyciu mszyc (PLRV) wg metodyki przedstawionej w pracach: Chrzanowskiej (2001), Chrzanowskiej i Zagórskiej (2001).

Szczepy wirusów użyte do zakażeń są utrzymywane w kolekcji wirusów ziemniaka w ZGiMWZ w Młochowie (tab. 1).

Tabela 1

Izolaty wirusów używane do charakterystyki reakcji odmian ziemniaka
Virus isolates used to characterize the reaction of potato cultivars

Wirus Virus	Izolat lub szczep Isolate or strain	Pochodzenie izolatu* Origin of the isolate*	Charakterystyka izolatu/źródło Characteristics of the isolate/reference
PVY	PVY ^N Wi	Wilga	Słaby szczep nekrotyczny, pospolity w Polsce od 1986 r. (Chrzanowska, 1991) A mild necrotic strain, common in Poland since 1986
	PVY ^{NTN} 12/94	Z pola, odmiana nieznana From the field, cultivar unknown	Wyzolowany w Młochowie (Chrzanowska i Doroszevska, 1997) Isolated at Młochów
	PVY ^O LW	Lipiński Wczesny	Szczep zwykły Ordinary strain
PLRV	L7	Osa	Silny szczep używany w Młochowie do inokulacji od 1970 r. (Syller, 1985) A severe strain being used at Młochów for inoculations since 1970
PVM	M	Uran	Silny szczep używany w Młochowie od 1970 r. (Chrzanowska i Zagórska, 1996) A severe strain being used at Młochów for inoculations since 1970
PVX	X ^O	Osa	Szczep zwykły — Ordinary strain
PVS	S	Leona	Szczep zwykły — Ordinary strain

* Odmiana ziemniaka, z której wirus był wyizolowany i utrzymywany w kolekcji wirusów w IHAR — PIB w Młochowie

* Potato cultivar from which the virus was isolated and maintained in the virus collection IHAR — PIB at Młochów

Wirusy są utrzymywane w odpowiednich roślinach ziemniaka, w których zostały zidentyfikowane. Do produkcji soku infekcyjnego używa się roślin tytoniu (*Nicotiana*

tabacum) odm. Samsun (PVY i PVX), ziemniaków odm. Osa (PLRV), roślin pomidora (*Lycopersicon esculentum*) odm. Najwcześniejszy (PVM) i roślin pomidora odm. Newski (PVS).

Do oceny nasilenia objawów chorobowych powodowanych przez wirus M ziemniaka używano silnego szczepu, ponieważ wynikało z wcześniejszych badań, że szczep słaby PVM wywołuje tylko słabe objawy chorobowe (Chrzanowska i Zagórska, 1996). Stosując do inokulacji roślin silny szczep PVM oceniono skłonność odmiany do silnych reakcji (Zagórska i Chrzanowska, 2007).

Ocena reakcji odmian ziemniaka na PVY

W celu oceny nasilenia objawów chorobowych stosuje się zakażanie roślin w warunkach szklarniowych. Sposób postępowania jest zgodny z opisanym w pracy Zagórskiej i in. (2000). Do oceny reakcji na najgroźniejszy obecnie wirus Y ziemniaka stosowano zakażanie roślin trzema szczepami tego wirusa (dwukrotnie po 10 roślin na genotyp/szczep). Od 2007 roku zrezygnowano z użycia starego szczepu PVY^N Ny, który nie był identyfikowany w ostatnich latach w uprawach ziemniaka. Szczep PVY^{NTN} wprowadzono do zakażeń w 1996 r. i służy on do wywołania reakcji nekrotycznej na bulwach pochodzących z roślin zakażanych (choroba PTNRD). Bulwy roślin zakażanych po zbiorze przechowywane są w temperaturze pokojowej do 4 miesięcy. W tym czasie objawy nekroz są obserwowane i opisywane.

Do testu serologicznego wykonywanego metodą ELISA stosowano przeciwciała z firmy Bioreba. Testy służą do stwierdzenia obecności wirusów PLRV, PVM, PVS i PVX w roślinach potomnych roślin inokulowanych. Dla wykrycia PVY stosuje się dwa rodzaje przeciwciał: PVY-mono cocktail (112911), które wykrywają różne szczepy PVY oraz PVY-necrotic (112712), które wykrywają szczepy nekrotyczne (PVY^N i PVY^{NTN})

Większość odmian bada się co najmniej dwa lata. Stąd, dane nowo zarejestrowanych odmian nie są kompletne. Z braku sadzeniaków, zwłaszcza odmian zagranicznych, nie udało się ocenić kilkunastu odmian.

Molekularna identyfikacja obecności genów odporności na PVY, PVM, PVS

W wybranych odmianach przeprowadzono badania molekularne dla wykrycia obecności markerów sprzężonych z genami *Ry*, *Rm* lub *Ns* (Flis i in., 2005; Marczewski, 2001; Marczewski i in., 2006; Witek i in., 2006).

W badaniach molekularnych używano markerów osadzonych na mapie genetycznej ziemniaka dostępnej on-line <http://gabi.rzpd.de/database/maps.shtml>. Sekwencje markerów są umieszczone w światowej bazie danych informacji biotechnologicznej dla różnych organizmów żywych — NCBI (National Center for Biotechnology Information, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>). W tym doświadczeniu, z nie zakażanych roślin odmian wytypowanych na podstawie badań biologicznych, pobrano 100 mg próbki liści, aby wyizolować całkowite DNA dostępnymi komercyjnie zestawami firmy SIGMA. Otrzymane preparaty poddano reakcji PCR z użyciem *Taq* Polimerazy firmy Fermentas, a następnie uzyskane produkty potraktowano enzymami restrykcyjnymi specyficznymi dla danego markera. Do badania odmian wykorzystano markery: GP122₅₆₄ (trawiony *EcoRV*) silnie sprzężony z genem *Ry_{sto}*, GP250₅₁₀ (trawiony *XapI*) sprzężony z genem *Rm* oraz SC811_{322,132} (trawiony *BseGI*) połączony z genem *Ns*. Do obserwacji markerów w żelu

agarozowym użyto zestawu do wizualizacji z wykorzystaniem światła UV. Wyniki uzyskane dla przebadanych markerami odmian zostały umieszczone w tabeli 2. Obecność markerów w DNA badanej rośliny świadczy o obecności genu ocenionego wcześniej metodami biologicznymi.

WYNIKI

Ocena odporności na PVY, PLRV i PVM, dokonana w warunkach polowych przed rejestracją zamieszczona jest w tabeli 2 dla wszystkich odmian. Scharakteryzowano reakcję na zakażenie poszczególnymi wirusami od 102 do 123 odmian z 134 znajdujących się w Krajowym Rejestrze w 2010 roku.

W odniesieniu do odmian badanych do 2000 roku, poprawiono oceny odporności na wirus Y ziemniaka (*Potato virus Y*, PVY) ze stopnia 8, który oznacza wysoką odporność polową na stopień 9, który oznacza krańcową odporność, niezależną od warunków zakażenia roślin odmian: Jasia, Kuba, Rumpel, Skawa i Umiak. Obniżono ocenę na PVY z 7,5 na 7 odmian Wiking i Zeus, a także odm. Zebra z 5 na 4. Obniżono również ocenę odporności na wirus liściozwoju ziemniaka trzech odmian: Bard, Molli i Satina z 7,5 na 7.

W warunkach polowych oceniano stopień odporności odmian ziemniaka na PVY i PLRV, a do roku 2004 także na wirus M ziemniaka (Michalak, 2006). W 2009 r. na wniosek COBORU (Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych) ujednolicono oznaczenie stopnia odporności np. 5,5 zastąpiono oznaczeniem 5–6, a 7,5 zastąpiono oceną 7, tylko ocena 8 wiąże się z brakiem porażenia roślin w warunkach polowych.

Odporność przejawiana w warunkach polowych, wyrażana w procencie porażonych roślin, oceniana była na tle dobrze znanych odmian wzorcowych. Jest ona wyrażana w skali 1–9, jednak ocena 9 jest przypisywana po uzupełnieniach badań w warunkach szklarniowych.

Odporność i reakcja odmian ziemniaka na PVY

Ocena odporności na PVY w warunkach polowych, uzupełniona badaniami w warunkach mechanicznej inokulacji roślin (123 odmiany) i szczepienia wybranymi izolatami wirusa oraz badaniami molekularnymi, wykazała, że 27 odmian zaliczono do krańcowo odpornych (ocena 9), 7 odmian do odpornych na infekcję w polu a reagujących nadwrażliwie (ocena 8, HR), 12 odmian do odpornych (ocena 8) ze słabą reakcją na infekcję (tab. 2). Ogółem 46 odmian ze 134 nie ulega zakażeniu PVY w polu, co stanowi 34% odmian znajdujących się w Krajowym Rejestrze. W grupie odmian wyhodowanych w Polsce udział wysoko odpornych wynosi 67%.

Reakcja na zakażenie badana była w warunkach inokulacji roślin trzema szczepami PVY. Objawy wahały się od słabej do silnej mozaiki, a także nekrotyzacji roślin. Podatność na trzy szczepy PVY wykazały 33 odmiany, natomiast zróżnicowaną reakcję: odporność na szczep PVY^o a podatność na PVY^{NW} i PVY^{NTN} aż 27 odmian. U 25 odmian stwierdzono na bulwach chorobę PTNRD po inokulacji roślin szczepem PVY^{NTN} (tab. 2).

Odporność na wirusy odmian ziemniaka znajdujących się w Krajowym Rejestrze w 2010 roku
Resistance to the viruses of potato cultivars present on the National List in 2010

Lp. No	Odmiana Cultivar	Odporność na wirusy w skali 1–9 (9 krańcowo odporne) Resistance to viruses in 1–9 scale (9 extremal resistant):				
		PVY	PLRV	PVM	PVX	
1	2	3	4	5	6	
1.	Adam	3-4	PTNRD	5-6	-	9
2.	Agnes	5-6	PTNRD	7	-	S
3.	Albatros	8 HR		7	3	9
4.	Almera	3-4		3-4	-	-
5.	Altesse	3-4	PTNRD	3-4	-	-
6.	Ametyst	9 <i>Ry</i>		5-6	-	-
7.	Amora	4	PTNRD	6-7	3	S
8.	Andromeda	6-7	PTNRD	6	3-4	HR
9.	Annabelle	3-4		5-6	-	-
10.	Antoinet	3-4		3-4	-	-
11.	Arielle	3-4	PTNRD	5-6	-	S
12.	Aruba	8		5-6	-	S
13.	Asterix	5		3-4	2-3	S
14.	Augusta	5	PTNRD	8	3	S
15.	Bard	7	PTNRD	7	5	S
16.	Bartek	8		8	3	S
17.	Bellarosa	5-6		7	-	R
18.	Benek	8		7	-	S
19.	Berber	3-4		5-6	-	S
20.	Bila	7		6	4	S
21.	Bondeville	4-5		5	2	-
22.	Bosman	7		7	-	R
23.	Bryza	5	PTNRD	7	5	S
24.	Bursztyn	9 <i>Ry</i>		3-4	-	S
25.	Bzura	9 <i>Ry</i>		5	3-4	9
26.	Carrera	3-4		3-4	-	S
27.	Cecile	3-4		3-4	-	-
28.	Cedron	6-7		6-7	3	9
29.	Cekin	5	PTNRD	5-6	3	S
30.	Courage	3-4		5-6	-	-
31.	Courlan	3-4		5-6	-	S
32.	Cycloon	7		7	4-5	-
33.	Cyprian	5-6		5-6	-	S
34.	Dali	5-6		5-6	-	-
35.	Danuta	8		5-6	-	-
36.	Denar	7	PTNRD	7	4-5	S
37.	Ditta	5-6	PTNRD	7	4	9
38.	Elanda	5-6		5-6	-	S
39.	Etola	5-6		5-6	-	-
40.	Eugenia	9 <i>Ry</i>		5-6	8 <i>Rm</i>	9
41.	Ewelina	3-4		7	-	S
42.	Fianna	5	PTNRD	7	5	S
43.	Finezja	9 <i>Ry</i>		7	-	9
44.	Flaming	9 <i>Ry</i>		7	-	9
45.	Folva	4-5		5-6	3	9
46.	Fresco	5		5	4	S

1	2	3	4	5	6
47.	Gandawa	8	6-7	3	S
48.	Gawin	7	7	-	-
49.	Glada	7	5-6	3	R
50.	Gracja	7	PTNRD	6-7	3
51.	Gustaw	9 Ry	7	-	-
52.	Harpun	7	7	5	S
53.	Hinga	9 Ry	5-6	2	S
54.	Ibis	7	5	3-4	S
55.	Ikar	7	5-6	3-4	R
56.	Impala	4	6	2	S
57.	Ingrid	3-4	5-6	-	-
58.	Innovator	4	5-6	3	S
59.	Inwestor	7	5-6	-	9
60.	Irga	7	8	5	S
61.	Irys	5-6	4	3-4	S
62.	Jasia	9 Ry	7	4	9
63.	Jelly	5	5	-	S
64.	Justa	5-6	5-6	-	S
65.	Jutrzenka	8	5-6	-	-
66.	Karatop	6	7	4-5	S
67.	Karlina	6-7	7	4-5	9
68.	Korona	8 HR	6-7	8 Rm	9
69.	Krasa	4	6	5	HR
70.	Kuba	9 Ry	6-7	5	s
71.	Kuras	9 Ry	3-4	-	9
72.	Lady Claire	4	4	2	S
73.	Lady Florina	4-5	6	3	-
74.	Latona	5	6	4	9
75.	Legenda	9 Ry	5-6	-	-
76.	Lord	7	PTNRD	7	4
77.	Marlen	5-6	5-6	-	S
78.	Medea	7	5-6	7	S
79.	Meridian	5-6	7	-	S
80.	Michalina	7	3-4	-	-
81.	Mitek	7	5-6	-	S
82.	Molli	7	PTNRD	7	4
83.	Monsun	7	6-7	4	S
84.	Neptun	8 HR	Ns	8	4
85.	Niagara	8 HR	5-6	-	S
86.	Nora	5-6	PTNRD	5	3
87.	Oman	5-6	5-6	-	S
88.	Orchestra	8	3-4	-	-
89.	Orlik	7	PTNRD	5	5
90.	Owacja	9 Ry	7	-	9
91.	Pasat	9 Ry	5	4	S
92.	Pasja Pom.	8	7	2	S
93.	Pirol	5	5	3-4	9
94.	Pokusa	7	5-6	-	9
95.	Promyk	8	5-6	-	R
96.	Quincy	3-4	3-4	-	-
97.	Raja	4-5	7	3	S
98.	Ramos	4	6	3	S
99.	Redstar	4	PTNRD	5	3
100.	Roko	9 Ry	5-6	-	S
101.	Romula	8 HR	7	4	S
102.	Rosalind	5-6	PTNRD	6	3-4

1	2	3	4	5	6
103.	Roxana	7	5-6	-	9
104.	Rudawa	9	6-7	3-4	9
105.	Rumpel	9	6-7	3-4	9
106.	Ruta	6	5	5	S
107.	Sagitta	8	3-4	-	-
108.	Sante	9	6	3	9
109.	Satina	5	PTNRD	4	S
110.	Sekwana	8 HR	7	-	S
111.	Skawa	9 <i>Ry</i>	7	3	9
112.	Sonda	9 <i>Ry</i>	4	2	9
113.	Soplica	9 <i>Ry</i>	7	-	-
114.	Stasia	8	7	-	-
115.	Syrena	8 HR	5	3	S
116.	Śłęza	9 <i>Ry</i>	5	4	S
117.	Tajfun	7	7	2-3	9
118.	Tetyda	8	5-6	-	S
119.	Tucan	5-6	7	-	S
120.	Umiak	9 <i>Ry</i>	7	5	S
121.	Ursus	9 <i>Ry</i>	5-6	3	R
122.	Velox	4	5-6	2	S
123.	Veronie	3-4	5-6	-	-
124.	Victoria	4	5-6	4	S
125.	Vineta	7	PTNRD	4	R
126.	Vitara	7	6-7	2	S
127.	Viviana	5-6	5-6	-	-
128.	Wiarus	9 <i>Ry</i>	5-6	-	9
129.	Zagłoba	5-6	5-6	-	S
130.	Zebra	4	PTNRD	4	S
131.	Zenia	9 <i>Ry</i>	3-4	-	-
132.	Zeus	7	PTNRD	3	S
133.	Zuzanna	9 <i>Ry</i>	5-6	-	9
134.	Zagiel	6-7	PTNRD	3-4	HR

Objaśnienia: Explanations:

- nie badane, not tested

HR — nadwrażliwość, hypersensitivity

S — podatny, susceptible

R — stosunkowo odporny, relatively resistant

Ry obecność genu potwierdzona w badaniach molekularnych, marker GP122

The gene *Ry* detected in molecular way, marker GP 122

Rm obecność genu nadwrażliwości na PVM potwierdzona w badaniach molekularnych (D. Milczarek)

The gene *Rm* of hypersensitivity to PVM detected in molecular way (D. Milczarek)

PTNRD nekrozy na bulwach wywoływane przez PVY^{NTN}; PTNRD necroses on tubers caused by PVY^{NTN}

Odmiany, które nie podległy infekcji po szczepieniu roślin, wykazały w większości obecność genu *Ry*, stwierdzoną molekularnie, co zaznaczono w tabeli 2. Trzy odmiany skrajnie odporne Rudawa, Rumpel i Sante nie wykazały obecności markera genu *Ry*.

Odporność i reakcja odmian ziemniaka na PLRV

Oceniono odporność i reakcję na PLRV 114 odmian ziemniaka (tab. 2 i 3). Do najodporniejszych należy 8 odmian z oceną 8, u których nie występuje zakażenie roślin w polu oraz 27 odmian z oceną 7, których odporność jest wystarczająca do ochrony upraw przed degeneracją z powodu wirusa liściozwoju w warunkach Polski.

Reakcja 114 odmian ziemniaka na wirus liściozwoju ziemniaka (PLRV)
Reaction of 114 potato cultivars to PLRV

Odporność* Resistance* (1-9)	Nasilenie objawów wtórnych roślin zakażonych PLRV Severity of secondary symptoms caused by PLRV				
	słabe — mild		średnie — moderate		silne — severe
8					Augusta**
					Bartek**
					Bellarosa**
					Irga**
					Meridian**
7	Bard	Jasia	Finezja		Agnes**
	Benek	Karlana	Harpun		Albatros**
	Bosman	Lord	Molli		Bryza**
	Denar	Romula	Owacja		Karatop
	Ditta	Satina	Pasja Pom.		Tucan
	Ewelina	Sekwana	Raja		Umiak**
	Fianna	Skawa	Tajfun		
	Flaming				
6 – 6-7	Amora	Krasa	Andromeda		Vitara
	Bila	Kuba	Impala		
	Cedron	Ramos	Monzun		
	Gandawa	Rosalind	Rudawa		
	Gracja	Rumpel			
	Korona	Sante			
5 – 5-6	Adam	Niagara	Berber	Ruta	Folva
	Arielle	Oman	Bzura	Syrena	Fresco
	Aruba	Pasat	Courage	Śleza	Ibis**
	Cekin	Pirol	Dali	Zeus	Miłek
	Courlan	Redstar	Elanda	Zuzanna	Roko
	Cyprian	Roxana	Głada		
	Danuta	Tetyda	Ikar		
	Eugenia	Ursus	Innovator		
	Hinga	Velox	Justa		
	Inwestor	Victoria	Nora		
	Jelly	Wiarus	Orlik		
	Marlen	Zebra	Pokusa		
	Medea	Zagłoba	Promyk		
4	Antoinet		Annabelle		Almera
	Cecile		Asterix		Carrera
	Sagitta		Irys		Kuras
	Sonda		Orchestra		
			Quincy		
	57		34		23

* Ocena odporności w warunkach polowych; Evaluation of resistance under field conditions

** Nietolerancja; Intolerance

Niektóre z odmian odpornych w polu ulegają infekcji w warunkach wysokiej temperatury a wszystkie po szczepieniu roślin pędami roślin ziemniaka zainfekowanych PLRV. W takich warunkach można ocenić reakcję nietolerancji roślin na PLRV, opisaną w publikacji Zagórskiej i in. (2000). Wśród odmian podatnych na infekcję tylko odm. Ibis może wykazywać reakcję nietolerancji na wirus liściozwoju, co w warunkach polowych przejawia się niekiełkowaniem sadzeniaków lub silnie skarłatymi roślinami. Objawy wywołwane przez PLRV na odmianach podatnych mogą być słabe, typu rozjaśnienie zieleni, lekka sztywność liści, zmniejszenie bujności roślin, albo też silne — zwijanie liści,

zahamowanie wzrostu. Infekcja PLRV może powodować zmniejszenie plonu bulw do ponad 50%.

Odporność i reakcja odmian ziemniaka na PVM

Wirus M ziemniaka wywołuje objawy o różnym nasileniu od przejaśnienia nerwów i pomarszczenia górnych liści do silnej deformacji i znekrotyzowania roślin. Najlepszym wskaźnikiem porażenia roślin przez PVM jest widoczne pod światło rozjaśnienie nerwów na liściach górnych.

Oceniono reakcję na PVM 102 odmian ziemniaka na podstawie objawów wtórnych, na roślinach, które wyrosły z bulw roślin zakażanych mechanicznie silnym szczepem wirusa M (tab. 4).

Tabela 4

Reakcja 102 odmian ziemniaka inokulowanych silnym szczepem PVM				
Reaction of 102 potato cultivars inoculated with severe strain of PVM				
Nasilenie objawów chorobowych po inokulacji roślin silnym szczepem PVM				
Severity of disease symptoms on plants after inoculation with severe strain of PVM				
ślabe mild	średnie moderate		średnie do silnych - moderate to severe	silne i bardzo silne - severe or very severe
Odm/cvs: Ametyst, Eugenia, Finezja i Korona odporne na PVM posiadają gen <i>Rm</i>				
Adam	Ślęza	Amora	Carrera	Almera
Agnes	Tucan	Asterix	Elanda	Andromeda
Albatros	Umiak	Bila	Hinga	Arielle
Aruba	Velox	Bryza	Ikar	Augusta
Bellarosa	Zagłoba	Bzura	Niagara	Bard
Benek	Zebra	Cyprian	Pokusa	Bartek
Bosman	Zeus	Ewelina	Roko	Cedron
Cekin	Zuzanna	Flaming	Vitara	Harpun
Denar		Gandawa	Żagiel	Innovator
Fianna		Gracja		Justa
Folva		Impala		Krasa
Głada		Jelly		Kuras
Ibis		Kuba		Marlen
Inwestor		Lady Claire		Molli
Irga		Medea		Pirol
Irys		Meridian		Promyk
Jasia		Monsun		Ramos
Karatop		Oman		Redstar
Lord		Orlik		Rumpel
Milek		Owacja		Syrena
Neptun		Pasat		Tajfun
Nora		Pasja Pomorska		Victoria
Raja		Rosalind		Vineta
Romula		Rudawa		
Roxana		Satina		
Ruta		Sonda		
Sante		Tetyda		
Sekwana		Ursus		
Skawa		Wiarus		
37	29	9	23	

Odmiany umieszczone w rubryce: „ślabe” — wykazują ślabe objawy chorobowe niezależnie od szczepu PVM, którym są porażone. Natomiast odmiany ocenione jako

reagujące silnie, w rzeczywistości mogą reagować różnie, słabo lub silnie w zależności od szczepu PVM i warunków zewnętrznych.

Odporność na PVM w odmianach ziemniaka jest rzadka, obecność genu *Rm* związanego z odpornością wykryto w czterech odmianach: Ametyst, Eugenia, Finezja i Korona (D. Milczarek, inf. ustna).

Odporność i reakcja odmian ziemniaka na PVX

Oceniono reakcję 107 odmian ziemniaka na zakażenie wirusem X ziemniaka. Większość odmian (70 ze 107) łatwo ulegała zakażeniu tym wirusem. Stwierdzono, że 27 odmian wykazało krańcową odporność (ocena 9), trzy odporność opartą na reakcji nadwrażliwości (HR), 7 odmian odporność na infekcję (R) po zakażeniu mechanicznym sokiem rośliny źródłowej z PVX ziemniaka (tab. 2). Odmiany podatne na infekcję PVX (S) reagowały mozaiką na liściach w różnym nasileniu, często z odcieniem jasnozielonym. Na roślinach porażonych PVX u niektórych odmian można było zaobserwować także występowanie brunatnych drobnych nekroz, jak np. w odm. Bryza, Tetyda, Zagłoba czy Zebra. Jedynie odmiany reagujące nadwrażliwie mogą wykazywać silniejsze nekrozy i deformację liści, ale odmiany te zaliczane są do odpornych w warunkach polowych (np. Andromeda, Krasa, Żagiel).

Odporność i reakcja odmian ziemniaka na PVS

Rośliny zakażone PVS nie wykazywały wyraźnych objawów chorobowych, natomiast wyraźne objawy zaobserwowano jedynie u odmian Jasia i Kuba na roślinach rosnących w próbach oczkowych w szklarni.

Z odmian znajdujących się w Krajowym Rejestrze w 2010 roku pobierano próby bulw z materiałów sadzeniakowych i wyrosłe z nich rośliny testowano na obecność wirusa S ziemniaka. Większość odmian wykazała podatność na PVS. W ostatnich latach stwierdzono, że odmiany Sonda, Syrena, Śleza i Tajfun wolne od PVS w uprawach polowych, po inokulacji roślin w szklarni nie podległy zakażeniu. W odmianach tych jednakże nie znaleziono markera sprzężonego z genem *Ns*.

DYSKUSJA I WNIOSKI

Odporność w stopniu 9 na **PVY** jest odpornością krańcową niezależną od warunków prowadzenia roślin, szczepu wirusa użytego do zakażeń i metody zakażenia (inokulacja mechaniczna lub szczepienie roślin zainfekowanymi pędami roślin źródłowych, np. tytoniu).

W przeprowadzonych badaniach odmiany krańcowo odporne na PVY nie uległy zakażeniu żadnym z trzech szczepów użytych do inokulacji. Obecność genu *Ry* zbadana przy użyciu markera GP122 zaznaczona jest w tabeli 2. Ciekawym obiektem jest odmiana Sante, która jest krańcowo odporna na PVY, a nie posiada sekwencji markera GP122564 połączonego z genem *Ry_{sto}*. W wyniku analizy dostępnego pochodzenia tej odmiany w bazie pochodzeń Wageningen, <http://www.plantbreeding.wur.nl/potatopedigree/>, obserwuje się syntezę kilku genotypów odpornych pochodzących z dzikich gatunków *Solanum*, tj. *S. demissum*, *S. stoloniferum*, *S. andigena* i *S. phureja*. Brak oczekiwanego markera

może wskazywać na połączenie w tej odmianie różnych genów warunkujących krańcową odporność na PVY, lub brak markera sprzężonego z genem Ry_{sto} w wyniku rekombinacji.

Ocena charakteru i nasilenia objawów chorobowych u odmian podatnych na infekcję jest trudna, gdyż zależy od szczepu wirusa i warunków zewnętrznych. Objawy są kilkakrotnie opisywane w roku inokulacji a także na roślinach wtórnie porażonych z bulw roślin inokulowanych. Można powiedzieć, że szczep PVY^{NW} powoduje na ogół objawy słabe, mozaikę, słabą deformację i kruchość liści, a szczep silny PVY^{NTN} — objawy silne, mozaikę liczne nekrozy na liściach i łodygach, żółknięcie liści i przedwczesne obumieranie roślin. U 25 odmian obserwowano na bulwach objawy choroby PTNRD po zakażeniu roślin tym ostatnim szczepem. Ponadto wiadomo, że kilka odmian uprawianych w Polsce dla celów przetwórczych reaguje na PVY^{NTN} wyraźnymi nekrozami na bulwach np. Erntestolz, Hermes, Saturna.

Badane odmiany ziemniaka oceniane w warunkach polowych wykazują odporność w stopniach od 3–4 do 9. Średnia odporność polskich odmian występujących w Krajowym Rejestrze utrzymywała się na podobnym poziomie 7,4 w latach 2000 i 2010, a zagranicznych obniżyła się odpowiednio z 5,97 do 5,25. Wcześniej rejonizowano odmiany o odporności nie niższej niż w stopniu 5. Odmiany ziemniaka o niższej odporności powodują szereg problemów w nasiennictwie i produkcji (Chrzanowska i Michalak, 2006). W 2001 roku po raz pierwszy zrejonizowano odmianę zagraniczną o odporności w stopniu 4. Liczba odmian podatnych na PVY w 2010 r. wyniosła ponad 70% odmian zagranicznych i tylko dwie odmiany polskie.

Wirus Y ziemniaka jest rozpowszechniony w uprawach wielu odmian ziemniaka i tytoniu. Najczęściej w Polsce występuje szczep PVY^{NW}, słaby dla ziemniaka oraz PVY^{NTN} bardzo silny, który może spowodować wystąpienie nekroz na bulwach (Chrzanowska i Doroszewska, 1997; Chrzanowska i in., 2000; Yin i in., 2011). Szczep zwykły PVY^o jest obecnie „w odwrocie” i w Polsce występuje śladowo, zwłaszcza, że był on używany do selekcji rodów hodowlanych i większość polskich odmian wykazuje odporność na ten szczep. Uszeregowanie pod względem stopnia odporności na szczepy PVY^{NW} i PVY^{NTN} jest podobne (Zagórska i in., 2000). Silny szczep PVY^{NTN} wykryty był w Polsce w 1994 r. i jeszcze w 2000 roku nie był powszechnie wykrywany. Dopiero w ostatnich latach nastąpiło znaczące zwiększenie porażenia tym szczepem ziemniaków w produkcji (Chrzanowska, 2004).

Średnia odporność na **wirus liściozwoju ziemniaka** (PLRV) odmian polskich i zagranicznych jest zbliżona i wynosi odpowiednio 6,0 i 5,7.

Podatna na infekcję odmiana Ibis (ocena 5) wykazuje reakcję nietolerancji i dlatego odmiany tej nie należy uprawiać w rejonie zagrożenia PLRV, gdzie ocieplenie zaczyna się wczesną wiosną i występują okresy gorąca i suszy. Zakażenie może następować wcześniej i w dużym nasileniu, a rośliny reagują wówczas silnie co powoduje znaczne obniżenie plonu bulw.

Odmiany ziemniaka uprawiane w Polsce przeważnie nie są odporne na wirus M ziemniaka. Wyjątek stanowią cztery odmiany: Ametyst, Eugenia, Finezja i Korona pochodzące od materiałów wyjściowych wytworzonych w IHAR — PIB ZGiMWZ w Młochowie. Obecność genu *Rm* wykryto w tych odmianach na podstawie nekrotycznej

reakcji roślin szczepionych infekcyjnymi pędami pomidora i po zastosowaniu markera w badaniach molekularnych (Marczewski i in., 2006; Zagórska i Chrzanowska, 2007; Milczarek, inf. ustna).

Poziom odporności odmian ziemniaka na wirus M ziemniaka jest niski (w skali 1–9 oceniony jest na 2 do 5). Tylko odmiany odporne, z genem *Rm*, na ogół nie podlegają infekcji. Pojedyncze rośliny zakażone PVM obumierają przedwcześnie (typowa reakcja nadwrażliwości), bulwy roślin szczepionych wykazują suche nekrozy wewnątrz miąższu (Miętkiewska, 1994). Odporności związanej z genem *Gm* prawdopodobnie jeszcze w odmianach nie ma, została ona wprowadzona do rodów hodowlanych w ZGiMWZ IHAR — PIB i przekazana hodowli w materiałach wyjściowych (Chrzanowska i in., 2002).

Przed wielu laty wyeliminowano wirus X ziemniaka z materiałów nasiennych, dlatego trafia się on w uprawach ziemniaków w Polsce rzadko. Jest łatwo wykrywany za pomocą testu serologicznego ELISA. Należy podkreślić, że 37 odmian wykazuje wysoką odporność na PVX pochodzącą głównie z materiałów wyjściowych do hodowli. Jeżeli rośliny były odporne w warunkach szklarniowych po inokulacji mechanicznej i po wprowadzeniu wirusa przez szczepienie, wpisano do tabeli ocenę 9.

W 1998 r. zidentyfikowano w IHAR — PIB ZGiMWZ w Młochowie markery RAPD związane z genem *N_S* warunkującym nadwrażliwość na wirus S ziemniaka (Marczewski, 2001; Marczewski in., 2002). Stwierdzono, że odmiany Barycz, Klepa, Meduza, Neptun i Omulew były odporne na PVS. Zakażane metodą szczepienia reagowały nekrozami na odrostach, co mogło świadczyć o obecności w nich genu odporności *N_S* (Zagórska i in., 2000). W badaniach molekularnych potwierdzono obecność genu *N_S* w tych odmianach (Witek i in., 2006). Obecnie z tej grupy pozostała tylko odmiana Neptun. Z innych badań wynika, że marker SC811 może być fałszywie pozytywnym markerem genu *N_S* (Szajko i in., 2008). W czterech odmianach, które nie uległy zakażeniu PVS, a które pochodzą od materiałów wyjściowych przygotowywanych dla hodowli w ZGiMWZ w Młochowie, nie wykryto obecności genu *N_S*. Wymaga to wyjaśnienia w dalszych badaniach.

Wirus S ziemniaka uznawany jest za „wirus słaby”, wywołujący słabe objawy chorobowe i nieznaczne obniżenie plonu bulw. W Polsce uprawia się odmiany ziemniaka podatne na infekcję PVS. W produkcji sadzeniaków spotyka się odmiany porażone w 50% do 100% roślin (Chrzanowska i Zagórska, 2005). Z pracy tej wynika również, że do tej pory nie znaleziono w Polsce silnego szczepu andyjskiego PVS^A, który jest obiektem kwarantannowym. Czescy badacze testowali molekularnie 40 izolatów PVS i stwierdzili, że wszystkie izolaty europejskie należą do szczepu PVS^o (inf. ustna). Z uwagi na małe znaczenie gospodarcze nie podejmuje się działań ograniczających występowanie tego wirusa.

PODSUMOWANIE

Jeszcze w 1988 roku odporność odmian ziemniaka na wirusy PVY, PLRV i PVM była stosunkowo niska. Średnia odporność 55 odmian wynosiła 6,4 na PVY, 5,9 na PLRV i 3,8 na PVM. Natomiast w 2010 roku średnia odporność na PVY odmian polskich wzrosła do 7,5. Pierwsze odmiany krańcowo odporne na PVY wyhodowane zostały w Instytucie

Ziemniaka (Młochów, Stare Olesno) w latach osiemdziesiątych ub. wieku. Dziś mamy 23 takie odmiany krajowe na 73 znajdujące się w Krajowym Rejestrze, natomiast rejestrowane w Polsce odmiany zagraniczne w 70% są podatne na PVY.

Odporność na PLRV jest podobna w polskich i zagranicznych odmianach i wynosi średnio 6,0. Odporność taka przeważnie zabezpiecza uprawy ziemniaka przed szerzeniem się wirusa liściozwoju. Kilkanaście odmian wykazuje wysoką odporność polową.

Wirusy PVM i PVS zaliczane są do grupy wirusów słabych, a PVX występuje rzadko. Wieloletnia praca nad wyhodowaniem ziemniaków odpornych na wirusy i praca nad utrzymywaniem w zdrowotności materiałów nasiennych wydatnie poprawiła zdrowotność ziemniaków w uprawach, z wyjątkiem podatnych na PVY odmian pochodzenia zagranicznego.

LITERATURA

- Chrzanowska M. 1976. Objawy powodowane przez wirus S ziemniaka (PVS) na roślinach ziemniaka prowadzonych w szklarni. Komunikat. Biul. Inst. Ziemn. 18: 65 — 69.
- Chrzanowska M., Zagórska H. 1982. Reakcja na wirusy odmian ziemniaka zrejjonizowanych w Polsce do 1979 roku. Biul. Inst. Ziemn. 27: 85 — 94.
- Chrzanowska M., Zagórska H. 1988. Reakcja na wirusy odmian ziemniaka znajdujących się w Rejestrze w 1988 r. Biul. Inst. Ziemn. 38: 21 — 32.
- Chrzanowska M. 1991. New isolates of the necrotic strain of potato virus Y (PVY^N) found recently in Poland. Potato Res. 34: 179 — 182.
- Chrzanowska M., Zagórska H. 1996. Reakcja polskich odmian ziemniaka na silny szczep wirusa M po sztucznej inokulacji roślin. Biul. Inst. Ziemn. 46: 17 — 27.
- Chrzanowska M., Doroszevska T. 1997. Comparison between PVY isolates obtained from potato and tobacco plants grown in Poland. Phytopath. Polonica 13: 63 — 71.
- Chrzanowska M. 2000. Krańcowa odporność na wirusy Y i X ziemniaka oraz polowa odporność na wirus S ziemniaka w polskich odmianach ziemniaka. Biul. IHAR, 214: 231 — 238.
- Chrzanowska M., Doroszevska T., Zagórska H. 2000. Zróżnicowanie izolatów wirusa Y ziemniaka w zależności od kryterium oceny Acta Agrobotanica 55, z.1: 59 — 67.
- Chrzanowska M. 2001. Ocena odporności i reakcji rodów oraz odmian ziemniaka na szczepy wirusa Y ziemniaka (PVY). Monografie i rozprawy naukowe IHAR Radzików 10: 41 — 44.
- Chrzanowska M., Zagórska H. 2001. Evaluation of resistance and reaction of potato cultivars and breeders selections to *Potato virus M* (PVM) strains. Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR Radzików 10a: 43 — 46.
- Chrzanowska M., Sieczka T., Zagórska H. 2002. Resistance to PVM in potato parental lines bred in Młochów Research Center, IHAR. Plant Breeding and Seed Science 46, 2: 57 — 65.
- Chrzanowska M. 2004. Nasilenie w występowaniu chorób wirusowych ziemniaka. Ochrona Roślin. 7/8: 25 — 28.
- Chrzanowska M., Zagórska H. 2005. Izolaty wirusa S w materiałach nasiennych odmian ziemniaka uprawianych w Polsce. Ziemniak Polski 4: 7 — 10.
- Chrzanowska M., Michałak K. 2006. Średnia odporność odmian na wirus Y w produkcji ziemniaków w Polsce to za mało. Ziemniak Polski 1: 63 — 71.
- Flis B., Hennig J., Strzelczyk-Żyła D., Gebhardt C., Marczewski W. 2005. The *Ry-f_{sto}* gene from *Solanum stoloniferum* for extreme resistant to *Potato virus Y* maps to potato chromosome XII and is diagnosed by PCR marker GP122718 in PVY resistant potato cultivars. Molecular Breeding 15: 95 — 101.
- Kostiw M., Robak B. 2009. Ocena zagrożenia plantacji nasiennych ziemniaka przez wirusy Y i liściozwoju w 2009 roku. Ziemniak Polski 4: 4 — 10.

- Marczewski W. 2001. Inter-simple sequence repeat (ISSR) markers for the *Ns* resistance gene in potato (*Solanum tuberosum* L.). J. Appl. Genet. 42 (2): 139 — 144.
- Marczewski W., Hennig J., Gerbhardt C. 2002. The *Potato virus S* resistance gene *Ns* maps to potato chromosome VIII. Theor. Appl. Genet. 105: 564 — 567.
- Marczewski W., Strzelczyk-Żyta D., Hennig J., Witek K., Gebhardt C. 2006. Potato chromosomes IX and XI carry genes for resistance to potato virus M. Theor. Appl. Genet. 112: 1232 — 1238.
- Michalak K. 2005. Uproszczony system oceny odporności ziemniaka na wirusy w doświadczeniach przedrejestranych. Mat z Konf. Nauk. „Nasiennictwo i ochrona ziemniaka” 10–11 marca 2005 r., Kołobrzeg: 78 — 80.
- Michalak K. 2006. Ocena odporności odmian ziemniaka na wirusy w doświadczeniach przedrejestranych. Progress in Plant Protection / Postępy w Ochronie Roślin, 46 (2): 715 — 718.
- Miętkiewska E. 1994. Reaction of potato clones with different type of resistance to potato virus M (PVM). Phytopath. Polonica 8: 27 — 33.
- Syller J. 1985. Comparison of some isolates of potato leaf roll virus in Poland Phytopath. Z., 113: 17 — 23.
- Szajko K., Chrzanowska M., Strzelczyk Żyta D., Zagórska H., Marczewski W. 2008. Endonuclease restriction of SCAR amplicons SC811 is required to identify *Ns*-false-positive markers in PVS susceptible potato cultivars. J. Appl. Genet. 49 (1): 45 — 47.
- Witek K., Strzelczyk-Żyta D., Hennig J., Marczewski W. 2006. A multiplex PCR approach to simultaneously genotype potato towards the resistance alleles *R_y-f_{sto}* and *Ns*. Mol Breeding 18: 273 — 275.
- Yin Z., Michalak K., Chrzanowska M., Zimnoch-Guzowska E. 2011. Monitoring wirusów ziemniaka: PVY i TRV w latach 2008–2009 w Polsce. Nauka dla hodowli i nasiennictwa roślin uprawnych. Mat. Konf. Zakopane 7–11 lutego, 2011: 37.
- Zagórska H., Chrzanowska M., Pietrak J. 2000. Reakcja na wirusy odmian ziemniaka znajdujących się w krajowym Rejestrze Odmian w 2000 roku. Biul. IHAR 215: 293 — 304.
- Zagórska H., Chrzanowska M. 2007. Analiza wyników badań z lat 1973–2005 nad reakcją odmian ziemniaka na wirus M ziemniaka. Biul. IHAR 243: 227 — 234.

PODZIĘKOWANIE

Autorzy dziękują mgr Dorocie Milczarek za wykonanie badań molekularnych obecności genu Rm w odmianach ziemniaka odpornych na PVM.