

BEATA TATAROWSKA
DOROTA MILCZAREK
JAROSŁAW PLICH
BOGDAN FLIS

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział w Młochowie

Reakcja na wirus M ziemniaka (PVM) tetraploidalnych rodów ziemniaka

The reaction of tetraploid potato clones to Potato virus M (PVM) infection

Celem pracy było określenie reakcji rodów 4x ziemniaka na dwa różne szczepy wirusa M ziemniaka (PVM). Odporność ocenianych 15 rodów tetraploidalnych, pochodząca od *S. megistacrolobum* związana jest z reakcją nekrotyczną warunkowaną obecnością genu *Rm*. Do oceny odporności na PVM zastosowano metodę inokulacji mechanicznej i przez szczepienie. Do zakażeń wykorzystano dwa szczepy: z odmiany Uran (M-U) oraz z odmiany Giewont (M_{55a}). W badanych rodach i 3 odmianach wzorcowych sprawdzono obecność markerów molekularnych sprzężonych z genem *Rm* (GP 283 i GP 250). Reakcje roślin po zakażeniu wirusem M ziemniaka były bardzo zmienne i zależały od genotypu roślin i zastosowanego szczepu PVM. Rody podzielono na grupy w zależności od obserwowanej reakcji na zakażenie PVM. Różnorodność i zmienność reakcji wskazuje, iż uwarunkowanie odporności na PVM jest bardzo złożone i należy dalej poszukiwać „hipotetycznego” czynnika związanego z genem *Rm*.

Słowa kluczowe: gen *Rm*, inokulacja mechaniczna, inokulacja przez szczepienie, PVM, ziemniak

The aim of the study was to identify the response of potato clones (4x) to inoculation with two different strains of the Potato virus M (PVM). The resistance of the evaluated 15 tetraploid clones is derived from *S. megistacrolobum* and is connected to necrotic reaction governed by the gene *Rm*. For evaluation of resistance to the PVM, the mechanical inoculation and inoculation by grafting were applied. For the inoculation of potato plants, two strains of PVM were used, namely strain from potato cv. Uran (M-U) and strain from cv. Giewont (M_{55a}). The tested clones and standard cultivars were checked for the presence of molecular markers GP 283 and GP 250, which are linked with the resistance gene *Rm*. The reaction of plants after inoculation with PVM was variable and depended on the plant genotype and the strain of the virus. The examined clones were divided into groups depending on the observed response to infection with PVM. The diversity and variability of this response indicate very complex conditioning of resistance to PVM and the "hypothetical" factor associated with gene *Rm* should be still sought.

Key words: gene *Rm*, mechanical inoculation, inoculation by grafting, PVM, potato

WSTĘP

Analiza stanu zagrożenia poszczególnymi wirusami ziemniaka w Polsce wskazuje na coraz większe znaczenie wirusa M ziemniaka (Potato virus M, PVM). Uprawa odmian ziemniaka o niskiej odporności na tego wirusa nastęrcza wiele trudności w produkcji nasiennej (Kostiw i Robak, 2010), a na rynku brakuje form niosących wysoki poziom odporności na wirus M ziemniaka. PVM występuje we wszystkich rejonach uprawy ziemniaka, ale problemem jest głównie w Europie Wschodniej i Południowo-Wschodniej. Straty w plonie bulw powodowane przez PVM mogą wynosić do 30%, a w skrajnych przypadkach nawet do 75% (Kostiw, 2011). Infekcyjność tego wirusa jest zależna od wielu czynników, zwłaszcza od temperatury, która wpływa na namnażanie wirusa i jego wykrywalność (Chrzanowska, 1973, 1984; Dziewońska i in., 1973; Miętkiewska, 1999). Namnażanie wirusa w roślinie i jego przemieszczanie jest także modyfikowane przez wilgotność gleby (Szwichtenberg, 1982). Dużą zmienność obserwuje się również w infekcyjności samych szczepów oraz zdolności do wywoływania różnego rodzaju objawów na zainfekowanych roślinach (Chrzanowska i in., 2002, 2011; Miętkiewska, 1994).

Uprawa odmian odpornych jest jedną z ważniejszych niechemicznych metod walki z patogenami. W tym kierunku zmierzają dziś prace hodowlane. Warunkiem wpisu nowych odmian roślin uprawnych do Krajowego Rejestru przez Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU) jest ich wyższa odporność w stosunku do standardu.

W Polskiej hodowli odpornościowej wykorzystuje się dwa geny główne *Rm* i *Gm* (Dziewońska i Ostrowska, 1977; Świeżyński i in., 1981). Gen *Rm* został znaleziony w dzikim gatunku *Solanum megistacrolobum* i warunkuje odporność związaną z reakcją nadwrażliwości, która ujawnia się jedynie w obecności dotąd niepoznanych dodatkowych czynników genetycznych (Miętkiewska, 1999). Natomiast z gatunku *Solanum gourlayi* pochodzi gen *Gm*, który warunkuje wysoką odporność na infekcję wynikającą z ograniczonego namnażania i przemieszczania się wirusa (Waś i in. 1980). Odporność ta jest niezależna od szczepu PVM i przejawia się w szerokim zakresie temperatur. W formach rodzicielskich tworzonych w IHAR — PIB, oddział w Młochowie, źródłem odporności na PVM w materiałach di- i tetraploidalnych jest diploidalny klon DW 84-1457 (Dziewońska i Wawrzyczek, 1991).

Obydwa geny warunkujące odporność na PVM zostały zlokalizowane: gen *Rm* na chromosomie XI, a *Gm* na chromosomie IX (Marczewski i in., 2006). Jednak wyróżnianie form odpornych na PVM jest wciąż trudne z powodu bardzo zmiennej reakcji roślin, która wynika z wpływu czynników środowiskowych (temperatura) i nieznanymi dodatkowymi czynnikami genetycznymi. Trudności wynikają również z powodu ilościowej natury reakcji odpornościowej (w przypadku odporności warunkowanej genem *Gm*). Reakcja roślin z genem *Rm* lub *Gm* na nowe szczepy wirusa M nie jest znana. W efekcie działania wymienionych czynników frekwencja form odpornych na PVM jest znacznie niższa od spodziewanej w przypadku cechy warunkowanej pojedynczymi genami dominującymi.

W Krajowym Rejestrze Odmian występuje jedynie pięć odmian, w których odporność na PVM warunkowana jest genem *Rm* (Michalak i in., 2015). Celem niniejszej pracy było zbadanie reakcji odpornościowej na wirus M ziemniaka rodów tetraploidalnych znajdujących się w kolekcji IHAR — PIB Oddział Młochów. Przy charakterystyce zmienności reakcji odpornościowej wykorzystano różne szczepy wirusa M oraz różne metody zakażenia.

W celu potwierdzenia obecności w badanym materiale form z genem odporności zastosowano markery molekularne sprzężone z genem *Rm*.

MATERIAŁ I METODY

Na podstawie testów fenotypowych przeprowadzonych w poprzednich latach do oceny poziomu odporności na wirus PVM wybrano 15 rodów tetraploidalnych (4x) ziemniaka oraz trzy odmiany wzorcowe: 1 odporną i 2 podatne (tab. 1). Ocenę poziomu odporności na PVM prowadzono w warunkach szklarniowych stosując inokulację mechaniczną i przez szczepienie porażonymi zrazami pomidora.

Tabela 1

Rody/odmiany oceniane w doświadczeniu Clones/cultivars evaluated in experiments	
Ród/odmiana Clone/cultivar	Wstępna ocena odporności Preliminary evaluation of resistance
PW-309	Odporny/ Resistant
PW-363	Odporny/ Resistant
PW-375	Odporny/ Resistant
PW-380	Odporny/ Resistant
PS-1772	Odporny/ Resistant
07-VIII-78	Odporny/ Resistant
07-IX-21	Odporny/ Resistant
07-IX-95	Odporny/ Resistant
07-IX-140	Odporny/ Resistant
07-IX-169	Odporny/ Resistant
07-IX-137	Odporny/ Resistant
07-IX-157	Odporny/ Resistant
07-IX-165	Odporny/ Resistant
M 62858	Odporny/ Resistant
M 62872	Odporny/ Resistant
Korona (wzorzec/standard cultivar) ^a	Odporna/ Resistant
Kuba (wzorzec/standard cultivar) ^a	Podatna/ Susceptible
Bzura (wzorzec/standard cultivar) ^a	Podatna/ Susceptible

^a ocena katalogowa; evaluation according to the catalog

Szczepy wirusa M użyte do zakażeń

Użyte do zakażeń szczepy wirusa M pochodziły z kolekcji wirusów prowadzonej w IHAR — PIB w Młochowie. Użyto dwóch szczepów wirusa M: M_{55a} z odmiany Giewont, określonego jako szczep silny i szczep M-U z odmiany Uran, również silny, ale wywołujący słabe objawy na roślinach porażonych (Kowalska, 1978).

Inokulacja mechaniczna

Rośliny wytypowanych rodów i odmian zostały posadzone w szklarni (po 10 roślin z każdego genotypu). W stadium 3–4 liści przeprowadzono dwukrotne zakażenie w odstępach 2 dniowych. W każdej kombinacji pozostawiono 2 niezakażane rośliny kontrolne. Źródło PVM stanowiły rośliny pomidora porażone szczepami PVM: M_{55a} oraz M-U. W 6 tygodniu od inokulacji określona została zawartość PVM w próbce soku z liści badanych roślin na podstawie odczytów wartości A₄₀₅ w teście ELISA. Jesienią zebrano bulwy uzyskane z roślin poddanych zakażeniu mechanicznemu, które w następnym sezonie posłużyły do oceny porażenia wtórnego z użyciem testu ELISA (Wasilewicz-Flis, 2001).

Inokulacja przez szczepienie

W doświadczeniu zastosowano technikę szczepienia „w klin”. Zrązy do szczepień pobierano z roślin pomidora porażonych szczepami PVM: M_{55a} oraz M-U. Szczepienia wykonano w warunkach szklarniowych w okresie wiosennym. Po szczepieniu rośliny umieszczano w foliowych budkach na 14 dni w celu zapewnienia wysokiej wilgotności. Z każdego rodu/odmiany szczepieniu poddano 10 roślin. W każdej kombinacji pozostawiono 2 niezakażane rośliny kontrolne. Zawartość PVM w próbce soku określano za pomocą wartości absorbancji A₄₀₅ w teście ELISA w 4 tygodniu po szczepieniu. Do testowania pobierano liście z pędu wyrosłego pod miejscem szczepienia. Jesienią zebrano bulwy uzyskane z roślin poddanych zakażeniu wirusem M ziemniaka poprzez szczepienie. W następnym sezonie na roślinach wyrosłych z bulw prowadzono ocenę porażenia wtórnego, a obecność wirusa wykrywano testem ELISA (Wasilewicz-Flis, 2001).

Markery molekularne

Do identyfikacji genu odporności *Rm* zastosowano markery molekularne typu CAPS (GP 283 i GP 250) w grupie rodów 4x i odmian wzorcowych (Marczewski i in., 2006).

WYNIKI

Średnie wartości A₄₀₅ uzyskane w teście ELISA dla rodów/odmian w 6 tygodniu po inokulacji mechanicznej zestawiono w tabeli 2.

Po zakażeniu mechanicznym przy zastosowaniu szczepu M_{55a} obecność wirusa stwierdzono w roślinach rodu 07-IX-157 oraz dwóch podatnych odmian Kuba i Bzura (tab. 2). Przy zastosowaniu szczepu M-U porażenie wirusem M ziemniaka odnotowano dla rodu 07-IX-157 oraz podatnej odmiany Bzura. Dla pozostałych rodów/odmian średnie wartości A₄₀₅ były na bardzo niskim poziomie (od 0,01 do 0,06). Oznacza to, że badane rody/odmiany nie uległy porażeniu wirusem M.

W potomstwie bulwowym roślin zakażanych szczepem M_{55a} (ocena porażenia wtórnego), wirusa wykryto w dwóch rodach: PW-363 oraz 07-IX-157 i dwóch podatnych odmianach wzorcowych: Kuba oraz Bzura (tab. 2). Przy zastosowaniu szczepu M-U porażeniu wtórnemu uległy rody PW-380, PW-363 i 07-IX-157 oraz dwie podatne odmiany Kuba i Bzura (tab. 2).

Tabela 2

Ocena koncentracji wirusa PVM w badanych rodach i odmianach po inokulacji mechanicznej
Evaluation of the concentration of PVM in the tested clones and cultivars after mechanical inoculation

Ród/odmiana Clone/cultivar	Wartości A_{405} Values A_{405}				Obecność markera genu <i>Rm</i> Presence of the marker for gene <i>Rm</i>	
	w roślinach zakażanych ^A in inoculated plants ^A		w roślinach potomstwa bulwowego ^A in tuber progeny plants ^A		GP 250 ^B	GP 283 ^B
	M_{55a}	M-U	M_{55a}	M-U		
M-62858	0,02	0,01	0,00	0,01	1	0
M-62872	0,02	0,02	0,00	0,00	1	1
PS-1772	0,02	0,02	0,00	0,00	1	1
PW-375	0,02	0,02	0,00	0,00	1	1
PW-309	0,02	0,02	0,00	0,00	1	0
PW-363	0,06	0,02	0,66	0,15	1	1
PW-380	0,02	0,03	0,00	0,73	0	1
07-VIII-78	0,02	0,02	0,00	0,00	1	1
07-IX-169	0,02	0,01	0,00	0,00	1	1
07-IX-137	0,02	0,02	0,00	0,01	1	1
07-IX-165	0,02	0,01	0,01	0,01	1	1
07-IX-21	0,02	0,02	0,09	0,00	1	1
07-IX-95	0,02	0,02	0,00	0,01	1	1
07-IX-140	0,03	0,02	0,01	0,00	1	1
07-IX-157	0,59	1,00	1,24	1,31	0	1
Korona	0,01	0,02	0,01	0,00	1	1
Kuba	0,92	0,02	1,54	1,22	0	1
Bzura	0,94	1,03	1,33	0,95	1	0
Średnia wartość A_{405} Mean value A_{405}	0,15	0,13	0,27	0,25		

Wartość graniczna = 0,05; Limit value = 0.05

A — średnia ogólna wartość A_{405} ; A — total average A_{405}

B — 1 (obecność markera); 0 (brak markera); 1 (presence of the marker); 0 (lack of the marker)



Rys. 1. Objawy zwijania się blaszki liściowej na roślinie odmiany Kuba zakażonej szczepem M_{55a} (porażenie wtórne)

Fig. 1. Symptoms of leaf curl on plants of cv Kuba infected with the strain M_{55a} (secondary infection)

Na roślinach z potomstwa bulwowego można było obserwować na liściach drobne mozaiki, nekrozy, zwijanie blaszek liściowych lub w przypadku silnego porażenia całkowitą deformację roślin (rys. 1, 2, 3).



Rys. 2. Silna deformacja rośliny rodu 07-IX-157 po zakażeniu szczepem M-U (porażenie wtórne)
Fig. 2. Strong deformation of the plant of the clone 07-IX-157 infected with the strain M-U (secondary infection)



Rys. 3. Objawy mozaiki na roślinie rodu PW-380 po zakażeniu szczepem M-U (porażenie wtórne)
Fig. 3. Mosaics symptoms on plant of the clone PW-380 infected with the strain M-U (secondary infection)

Marker GP 250 został zidentyfikowany w 15 rodach/odmianach. Marker GP 283 został również zidentyfikowany w 15 rodach/odmianach, ale innych niż w przypadku markera GP 250 (tab. 2).

Średnie wartości A_{405} uzyskane w teście ELISA dla roślin zakażanych przez szczyepienie i roślin ich potomstwa bulwowego zestawiono w tabeli 3. W 4 tygodniu po szczyepieniu średnie wartości A_{405} dla badanych rodów/odmian przy zastosowaniu szczepu M_{55a} były na poziomie od 0,01 do 1,05. Obecność wirusa M ziemniaka w pędzie podszczyepiennym odnotowano dla 9 rodów: M-62872, PW-309, PW-363, PW-380, 07-VIII-78, 07-IX-165, 07-IX-21, 07-IX-140, 07-IX-157 oraz dwóch odmian podatnych: Kuba i Bzura (tab. 3).

Tabela 3

Ocena koncentracji wirusa PVM w badanych rodach i odmianach po inokulacji przez szczyepienie
Evaluation of the concentration of PVM in the tested clones and cultivars after grafting inoculation

Ród/odmiana Clone/cultivar	Wartości A_{405} Values A_{405}						Obecność markera genu <i>Rm</i> Presence of the marker for gene <i>Rm</i>	
	w roślinach zakażanych ^A in inoculated plants ^A				w roślinach potomstwa bulwowego ^A in tuber progeny plants ^A		GP 250	GP 283
	objawy symptoms	M_{55a}	objawy symptoms	M-U	M_{55a}	M-U		
M-62858	+ ^B	0,04	+	0,12	0,00	0,00	1	0
M-62872	+	0,06	+	0,02	0,01	0,01	1	1
PS-1772	+	0,01	+	0,05	0,01	0,00	1	1
PW-375	+	0,02	+	0,10	0,01	0,01	1	1
PW-309	+	0,12	+	0,15	0,02	0,18	1	0
PW-363	++	0,77	++	0,65	1,19	0,65	1	1
PW-380	+	0,16	+	1,30	0,79	1,19	0	1
07-VIII-78	+	0,13	+	0,03	0,01	0,01	1	1
07-IX-169	-	0,01	-	0,07	0,01	0,01	1	1
07-IX-137	+	0,00	+	0,13	0,01	0,01	1	1
07-IX-165	+	0,07	++	0,10	0,00	0,00	1	1
07-IX-21	++	0,17	++	0,42	0,89	1,23	1	1
07-IX-95	+	0,03	+	0,04	0,01	0,00	1	1
07-IX-140	+	0,08	++	0,66	0,54	0,00	1	1
07-IX-157	+	0,71	++	1,81	1,05	1,55	0	1
Korona	-	0,02	-	0,02	0,01	0,01	1	1
Kuba	++	1,05	++	1,66	1,11	1,18	0	1
Bzura	++	0,93	++	1,13	1,53	0,81	1	0
Średnia wartość A_{405} Mean value A_{405}		0,15		0,13	0,27	0,25		

Wartość graniczna = 0,05; Limit value = 0.05

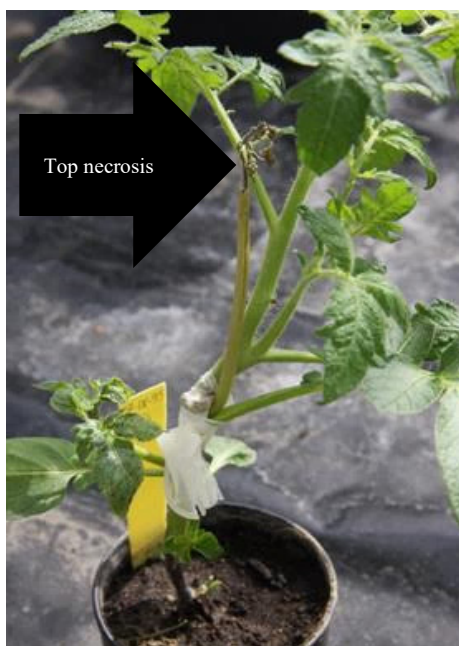
A — średnia ogólna wartość A_{405} ; A — total average A_{405}

B — objawy na liściach: nekrozy, mozaiki (+ słabe; ++ silne)

B — symptoms on the leaves: necrosis, mosaic (+ weak; ++ strong)

Przy zastosowaniu szczepu M-U wartości A_{405} zawierały się w przedziale od 0,02 do 1,81. Obecność wirusa w pędzie podszczyepiennym odnotowano dla 11 rodów: M-62858, PW-375, PW-309, PW-363, PW-380, 07-IX-169, 07-IX-137, 07-IX-165, 07-IX-21, 07-IX-140 i 07-IX-157 i dwóch podatnych odmian wzorcowych: Kuba i Bzura. Po szczyepieniu w przypadku wszystkich ocenianych rodów przy zastosowaniu obu szczepów wirusa M można było zaobserwować na liściach drobne mozaiki i nekrozy. Dodatkowo

dla kilku rodów (np. 07-IX-95) obserwowano występowanie charakterystycznych nekroz wierzchołków (rys. 4).



Rys. 4. Reakcja nadwrażliwości (HR) obserwowana na roślinie rodu 07-IX-95 po inokulacji przez szczepienie z użyciem szczepu M-U

Fig. 4. Hypersensitivity reaction (HR) observed on the plant of the clone 07-IX-95 after graft inoculation with the strain M-U

W roślinach potomstwa bulwowego po zakażeniu szczepem M_{55a} wirus został wykryty w pięciu rodach: 07-IX-140, PW-380, 07-IX-21, 07-IX-157 i PW-363 oraz dwóch podatnych odmianach: Kuba oraz Bzura (tab. 3). Przy zastosowaniu szczepu M-U, obecność wirusa stwierdzono w roślinach pięciu rodów: PW-309, PW-380, PW-363, 07-IX-21 i 07-IX-157 oraz dwóch odmian: Kuba i Bzura (tab. 3).

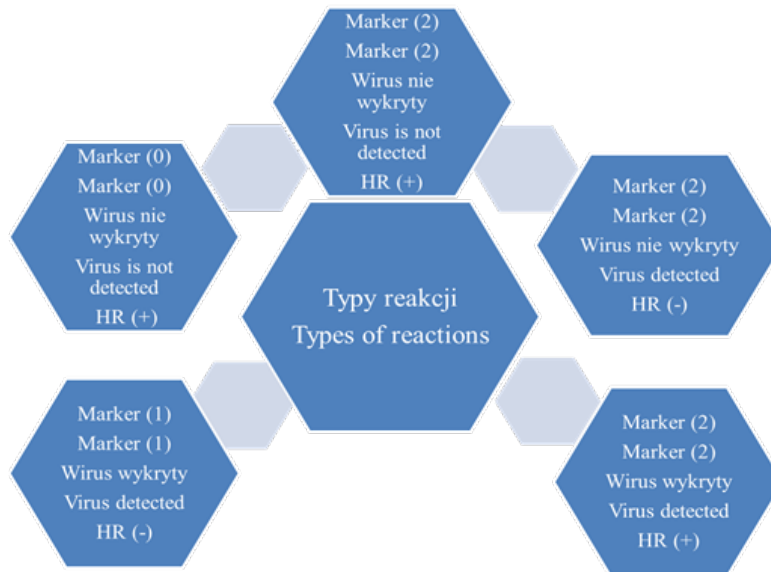
DYSKUSJA

Rody oceniane w doświadczeniu szklarniowym charakteryzowały się wysoką odpornością na PVM po inokulacji mechanicznej, nie ulegając porażeniu pierwotnemu ani wtórnemu. Wyjątek stanowiły rody: PW-363 oraz 07-IX-157. Pierwszy z nich PW-363 uległ porażeniu szczepem M_{55a} , natomiast w przypadku rodu 07-IX-157 obecność wirusa w roślinach została odnotowywana przy zastosowaniu obu szczepów PVM (M_{55a} i M-U). W roślinach potomstwa bulwowego (porażenie wtórne) wirus był wykrywany w obu rodach bez względu na rodzaj szczepu. Reakcję zależną od użytego szczepu wirusa stwierdzono także dla rodów PW-380 i 07-IX-21, gdyż porażenie wtórne obserwowano

po zakażeniu odpowiednio szczepem M-U i M_{55a}. Odmiany wzorcowe zareagowały adekwatnie do przypisanego im poziomu odporności w ocenach katalogowych.

Na roślinach inokulowanych mechanicznie nie obserwowano objawów zewnętrznych. Nie pojawiały się nekrozy lokalne czy mozaiki, a więc rośliny wykazywały odporność na zakażenie. Nawet w przypadku rodów/odmian w których PVM był wykrywany testem ELISA na roślinach nie obserwowano objawów porażenia wirusem M ziemniaka. Inne obserwacje poczynili De Bokx i Piron (1977) oceniając ekspresję objawów na roślinach podatnej na PVM odmianie Eersteling. Stwierdzili oni istotną korelację pomiędzy koncentracją wirusa w roślinie, a nasileniem objawów.

Analizując średnie wartości A₄₀₅ dla potomstwa bulwowego roślin zakażanych przez szczepienie przy zastosowaniu szczepu M_{55a}, stwierdzono ograniczone przemieszczanie wirusa do bulw w przypadku 4 rodów: M-62872, PW-309, 07-VIII-78 oraz 07-IX-165. Przy zastosowaniu do zakażeń szczepu M-U przemieszczanie wirusa z roślin do bulw było ograniczone dla sześciu rodów: M-62858, PW-375, 07-IX-169, 07-IX-137, 07-IX-165 oraz 07-IX-140. Wy tłumaczeniem tak zmiennej reakcji rodów na przemieszczanie się wirusa z roślin do bulw może być zjawisko odkładania się lignin, kalozy i suberyn wokół znekrotyzowanych komórek, które w efekcie powodują grubienie ścian komórkowych i blokowanie plasmodesm, co utrudnia przemieszczanie się wirusa do bulw potomnych (Wolf i in., 1991). Po szczepieniu ekspresję objawów nekrotycznych obserwowano u 17 rodów tetraploidalnych i dwóch odmian wzorcowych. Nekrozy i mozaiki były obserwowane przy zastosowaniu obu szczepów wirusa M ziemniaka. W pracy Miętkiewskiej (1999) również obserwowano po szczepieniu wysoki procent klonów z reakcją nekrotyczną (59% klonów z populacji A i 29,5 % klonów z populacji B).



Rys. 5. Obserwowane typy reakcji po zakażeniu rodów/odmian wirusem M ziemniaka
Fig. 5. Types of reaction observed on potato clones/cultivars after PVM inoculation

W trakcie oceny poziomu odporności na wirus M ziemniaka 15 rodów obserwowano różne typy reakcji po zakażeniu PVM. Reakcja na zakażenie zależna była od genotypu oraz rodzaju zastosowanego szczepu wirusa M ziemniaka. Wyróżniono pięć typów reakcji po zakażeniu PVM (rys. 5). Wśród ocenianych rodów tetraploidalnych były takie, u których stwierdzono obecność obydwu markerów genu *Rm*, wykazujących reakcję nadwrażliwości (HR) i u których nie stwierdzano ilościowo obecności wirusa. Kolejną grupę stanowiły rody posiadające oba markery *Rm*, nie wykrywano u nich wirusa M i nie obserwowano reakcji HR. Trzecia grupa to rody ze stwierdzoną obecnością dwóch markerów *Rm*, z wykrytym wirusem M i wykazujące reakcję HR. Czwartą grupę stanowiły rody u których stwierdzano obecność tylko jednego markera *Rm*, wirus w roślinach był wykrywany i nie obserwowano reakcji HR. Do ostatniej piątej grupy zaliczono rody bez markerów związanych z genem *Rm*, bez obecności wirusa po zakażeniu i z reakcją HR (rys. 5).

WNIOSKI

Reakcje roślin po zakażeniu wirusem M ziemniaka były bardzo zmienne i zależały od genotypu i zastosowanego szczepu PVM. Rody podzielono na grupy w zależności od obserwowanej reakcji po zakażeniu przez szczepienie w porażeniu pierwotnym i wtórnym. Grupy te charakteryzowały się brakiem albo występowaniem reakcji nadwrażliwości, liczbą wykrytych markerów oraz różną koncentracją wirusa po zakażeniu i w potomstwie bulwowym, która zależała także od użytego do zakażenia szczepu wirusa.

Uzyskane wyniki pokazują jak trudny jest mechanizm związany z odpornością na wirus M ziemniaka. Obserwowane zmienne reakcje wskazują, iż uwarunkowanie odporności na PVM jest bardziej złożone i należy dalej poszukiwać „hipotetycznego” czynnika związanego z genem *Rm*.

LITERATURA

- De Bokx J. A., Piron P. G. M 1977. Effect of temperature on symptom expression and relative concentration of potato viruses S and M in cv. Eersteling. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent. 42/2: 1203 — 1205.
- Chrzanowska M., Sieczka M. T., Zagórska H. 2002. Resistance to PVM in Potato Parental Lines Bred in Młochów Research Center, IHAR. Plant Breeding and Seed Science. 46: 57 — 65.
- Chrzanowska M. 1973. Wpływ temperatury na wykrywalność wirusów M i S w roślinach ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 142: 81 — 92.
- Chrzanowska M. 1984. Zmienność reakcji ziemniaka na wirus M. Rozprawa habilitacyjna. Inst. Ziemniaka ZGiSMW, Młochów.
- Chrzanowska M., Michalak K., Zagórska H., Szajko K. 2011. Reakcja na wirusy odmian ziemniaka znajdujących się w Krajowym Rejestrze w 2010 roku. Biul. IHAR 260/261: 309 — 323.
- Dziewońska M. A., Ostrowska K. 1977. Necrotic reaction to potato virus M in *Solanum stoloniferum* and *S. megistacrobium*. Phytopath. Z. 88: 172 — 179.
- Dziewońska M., Sawicki M., Ostrowska K. 1973. Wykrywalność ziemniaczanego wirusa M w roślinach ziemniaka pierwotnie zakażonych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.: 69 — 80.

- Dziewońska M. A., Wawrzyczek M. 1991. Synteza ziemniaków odpornych na wirusy — dorobek i perspektywa. W: Synteza materiałów wyjściowych dla hodowli ziemniaka — dorobek i perspektywa. Mater. z Konf. Inst. Ziemn. Bonin: 17 — 27.
- Kostiw M., Robak B. 2010. Presja wirusów Y, M, S i liściozwoju ziemniaka w latach 2006–2008 w Boninie. Biul. IHAR 256: 141 — 151.
- Kostiw M. 2011. Ocena zagrożenia plantacji nasiennych ziemniaka przez choroby wirusowe. Wieś Jutra 150/151: 27 — 29.
- Kowalska A. 1978. Differences among isolates of potato virus M and potato virus S. Phytopathol. Z. 93: 227 — 240.
- Michalak K., Lebecka R., Yin Z. 2015. Odmiany ziemniaka znajdujące się w rejestrze w Polsce w 2015 roku. Materiały szkoleniowe. IHAR — PIB.
- 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.
- Miętkiewska E. 1994. Reaction of potato clones with different type of resistance to potato virus M (PVM). Phytopathol Pol 8: 27 — 33.
- Miętkiewska E. 1999. Współdziałanie dwóch typów odporności na wirus M ziemniaka (PVM), pochodzący od *Solanum gourlayi* i *S. megistacrolobum* w ziemniakach tetraploidalnych. Biul. IHAR 209: 125 — 135.
- Świeżyński K. M., Dziewońska M. A., Ostrowska K. 1981. Inheritance of the resistance to Potato Virus M found in *Solanum gourlayi* Haw. Genet. Pol. 22: 1 — 8.
- Szwichtenberg Z. 1982. Ocena wpływu różnych poziomów wilgotności podłoża na porażenie ziemniaków wirusem M w doświadczeniach wazonowych. Praca doktorska. Inst. Ziemn. Bonin.
- Waś M., Dziewońska M. A., Ostrowska K., Kowalska A. 1980. Reaction of *Solanum gourlayi* and its hybrids with *S. tuberosum* to Potato Virus M (PVM). Phytopath. Z. 97: 186 — 191.
- Wasilewicz-Flis I. 2001. Selekcja rodów hodowlanych odpornych na wirus M ziemniaka (PVM), w których odporność determinowana jest genami *Gm* i *Rm*. Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików, IHAR Monografie i rozprawy naukowe 10/2001: 49 — 51.
- Wolf S., Deom C. M., Beachy R. N., Lucas W. J. 1991. Plasmodesmatal function is probed using transgenic tobacco plants that express a virus movement protein. Plant Cell 3, 593 — 604.

