

Occurrence and characteristic of *Wheat streak mosaic virus* (WSMV) in maize in Poland

Występowanie i charakterystyka wirusa smugowatej mozaiki pszenicy (*Wheat streak mosaic virus*, WSMV) na kukurydzy w Polsce

Katarzyna Trzmiel¹, Wiktoria Szydło²

Summary

This paper describes the occurrence of *Wheat streak mosaic virus* (WSMV) in maize crops in Poland. Field observations were conducted in six voivodships: wielkopolskie, dolnośląskie, małopolskie, podkarpackie, lubelskie and podlaskie. The virus presence was confirmed in all studied regions but the most infected maize plants were recorded in the Wielkopolska region. The results of field observations showed that *Aceria tosichella* Keifer – the vector of WSMV, commonly appeared on maize and wild grasses accompanying maize crops in Wielkopolska. The results of enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for detection of WSMV infection in plant samples collected in this region in 2006–2011 indicated the highest prevalence of infected plants in 2008.

Key words: maize, virus, vector, occurrence, diagnostics

Streszczenie

Obserwacje polowe wirusa smugowatej mozaiki pszenicy (*Wheat streak mosaic virus*, WSMV) na kukurydzy prowadzono na terenie sześciu województw: wielkopolskiego, dolnośląskiego, małopolskiego, podkarpackiego, lubelskiego i podlaskiego. Obecność wirusa potwierdzono we wszystkich badanych regionach, przy czym najliczniejsze stanowiska występowania choroby stwierdzono w Wielkopolsce. Wyniki badań, prowadzonych na tym obszarze, pokazują, że *Aceria tosichella* Keifer (wektor WSMV) występuje powszechnie na kukurydzy oraz na trawach dziko rosnących na terenach uprawnych. Wyniki testów immunoenzymatycznych (ELISA – enzyme-linked immunosorbent assay) dotyczących identyfikacji infekcji WSMV w próbach kukurydzy z Wielkopolski, wykonanych w latach 2006–2011, wykazały najwyższą prevalencję porażeń roślin w 2008 roku.

Słowa kluczowe: kukurydza, wirus, wektor, występowanie, diagnostyka

¹ Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Wirusologii i Bakteriologii
Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań
k.trzmiel@iorpib.poznan.pl

² Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
Zakład Taksonomii i Ekologii Zwierząt
Umultowska 89, 61-614 Poznań

Wstęp / Introduction

Wirus smugowatej mozaiki pszenicy (*Wheat streak mosaic virus*, WSMV) należy do rodzaju *Tritimovirus* w rodzinie Potyviridae. Wirion wirusa ma morfologię nitkowatą i wymiary 700×15 nm. Jego genom stanowi pojedyncza nić +ssRNA zbudowana z 9,4 do 9,6 kpz. Do 5' końca genomu przyłączone jest kowalencyjnie białko VPg, a 3' koniec zakończony jest traktem poliA. Część genomowego RNA jest ograniczona z obu stron przez sekwencje niekodujące (5' i 3' UTR). Pojedyncza ramka odczytu (ORF) koduje poliproteinę, która po trawieniu post-translacyjnym uwalnia 10 białek funkcyjnych (Rabenstein i wsp. 2004).

WSMV poraża rośliny jednoliścienne w tym: pszenicę (*Triticum aestivum* L.), pszenżyto (*Triticosecale rimpau* Wittm.), owies (*Avena sativa* L.), jęczmień (*Hordeum vulgare* L.) i kukurydzę (*Zea mays* L.) oraz wiele dziko rosnących traw, wywołując mozaikę liści i zahamowanie wzrostu chorych roślin. Głównym sposobem rozprzestrzeniania się wirusa jest przenoszenie przez wektora, szpeciele *Aceria tosichella* Keifer (Acari: Eriophyoidea) (Slykhuis 1955). Poza tym, WSMV może być przenoszony przez nasiona (Jones i wsp. 2005), a także mechanicznie.

Mechanizm przenoszenia wirusów przez szpeciele nie jest dobrze poznany (Oldfield i Proeseler 1996). Osobniki stadiów młodocianych pobierają WSMV nawet po 15 minutach żerowania i mogą pozostać infekcyjne do 9 dni w temperaturze 20–25°C, również po przejściu w formę dorosłą (del Rosario i Sill 1965; Orlob 1966; Siriwetwivat 2006). Dotychczasowe badania nie rozstrzygnęły czy zakażanie roślin odbywa się przez ślinę czy poprzez regurgitację treści z układu pokarmowego infekcyjnego wektora. Wykazano, że różne populacje *A. tosichella* pochodzące z różnych roślin żywicielskich i lokalizacji geograficznych mogą się różnić efektywnością przenoszenia WSMV (Seifers i wsp. 2002; Schiffer i wsp. 2009).

Pierwsze doniesienia o występowaniu WSMV pochodzą z 1920 r. z USA, wirusa stwierdzano także w Meksyku, Argentynie, we Francji, w Centralnej Europie, na Bliskim Wschodzie oraz w Australii (French i Stenger 2004). W Polsce WSMV wykryto po raz pierwszy na pszenicy w 1998 r. (Jeżewska 2000), a na kukurydzy w 2005 r. (Trzmiel i Jeżewska 2006).

Aceria tosichella opisano po raz pierwszy w Europie w 1969 r. przez Keifera, lecz gatunek ten był obserwowany wcześniej w Ameryce Północnej (Keifer 1953, 1954) i Australii (Slykhuis 1962) oraz w Europie na terenie Wielkiej Brytanii (del Rosario i Sill 1965), mylnie identyfikowany jako *A. tulipae*. Dotychczas potwierdzono obecność *A. tosichella* niemal na całym świecie (głównie na pszenicy): w Ameryce Północnej i Południowej, Eurazji i Oceanii (Navia i wsp. 2012). W Polsce obecność tego szpecielea potwierdzono w latach 90. ubiegłego wieku na pszenicy porażonej przez WSMV w województwie wielkopolskim (Kozłowski 2000). Od tamtego czasu stwierdzono jego występowanie na 17 gatunkach roślin żywicielskich w Polsce, w tym: pszenicy, perzu zwyczajnym [*Elymus repens* (L.) Gould], stokłosie bezostnej [*Bromus inermis* Leyss] i rajgrasie wyniosłym [*Arrhe-*

natherum elatius (L.) P. Beauv. ex J. Presl et C. Presl] (Skoracka i Magowski 2002; Skoracka 2004).

Celem badań była ocena występowania wirusa smugowatej mozaiki pszenicy (*Wheat streak mosaic virus*, WSMV) na kukurydzy w Polsce oraz wykrycie obecności jego wektora, *A. tosichella*, w wybranych lokalizacjach w Wielkopolsce. Kolejnym zadaniem było opracowanie czułych metod diagnostycznych wykrywających nawet niewielkie ilości wirusa w badanym materiale roślinnym. W tym celu zaprojektowano specyficzne startery komplementarne do sekwencji oskrzydłującej fragment sekwencji kodującej białko płaszcza (coat protein – CP) wirusa, który powielano w łańcuchowej reakcji polimerazy (Polymerase Chain Reaction – PCR) po uprzednim przepisaniu genomowego RNA wirusa na DNA przy udziale odwrotnej transkryptazy (Reverse Transcription – RT).

Materiały i metody / Materials and methods

Materiał stanowiły rośliny kukurydzy pastewnej i cukrowej z objawami zahamowania wzrostu lub słabej mozaiki liści, wskazujące na porażenie wirusowe, zebrane podczas obserwacji polowych. Lustracje upraw wykonywano od czerwca do lipca w fazie zawiązywania kolb. Występowanie WSMV na kukurydzy w Polsce oceniano w oparciu o wyniki testów immunoenzymatycznych ELISA prób zebranych z 23 lokalizacji na terenie 6 województw: wielkopolskiego, dolnośląskiego, małopolskiego, podkarpackiego, lubelskiego i podlaskiego w 2009 r. Testy Double Antibody Sandwich – ELISA (DAS-ELISA) prowadzono z użyciem zestawu specyficznej surowicy i koniugatu firmy Loewe (Niemcy). Badania zmian dotyczących stopnia porażenia roślin kukurydzy przez WSMV w latach 2006–2011 wykonano na terenie Wielkopolski w: Swadzimiu, Winnej Górze, Słupi Wielkiej i Smolicach.

Obserwacje występowania *A. tosichella* na kukurydzy oraz na chwastach rosnących w uprawie lub na jej obrzeżach: chwastnicy jednostronnej [*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.] i perzu zwyczajnym, prowadzono w 2011 r. w sześciu lokalizacjach w województwie wielkopolskim (tab. 1). Próba składała się z 4–45 pędów roślin zebranych losowo w tej samej lokalizacji. Pędy roślin były badane pod mikroskopem stereoskopowym pod kątem obecności szpecielei według metody opisanej przez Skoracką (2004). Rostocze były identyfikowane, a następnie liczone – w celu oszacowania parametrów zasiedlenia: przewalencji (P), intensywności (I) i zagęszczenia (D) (gdzie: P – to liczba pędów traw zasiedlonych przez szpeciele/liczba wszystkich pędów w tej próbie; I – to średnia liczba osobników na pęd zasiedlony; D – to średnia liczba osobników na każdy pęd rośliny w próbie).

Podjęto próbę namnożenia WSMV metodą mechanicznej inokulacji roślin kukurydzy KB1903 i pszenicy odmiany Muszelka, trzech odmian pszenżyta (Pizarro, Grenado, Woltario), prosa (*Panicum milliaceum* L.) odmiany Jagna, chwastnicy jednostronnej oraz włośnicy [*Setaria viridis* (L.) P. Beauv.]. Do inokulacji stosowano zawiesinę wirusa w buforze 0,05 M bufor fosforanowy pH 7,0.

W badaniach molekularnych stosowano całkowity RNA z roślin, u których wcześniej potwierdzono testem ELISA obecność wirusa. Materiał wyizolowano przy użyciu zestawu RNeasy Mini Kit, Qiagen (Niemcy) według zaleceń producenta. Próbkę pobrano z 10 roślin zebranych w Swadzimiu. Do wykrywania WSMV stosowano RT-PCR z użyciem starterów WSMkrF (GAACTGGAAGCCGAGCAAC) i WSMkrR (CATCCTCTGTACGTCACAGC) zaprojektowanych w obrębie zachowawczego fragmentu białka płaszcza wirusa. Do projektowania starterów wykorzystano program Primer3 (<http://frodo.wi.mit.edu/>) (Rosen i Skaletski 2000). Do odwrotnej transkrypcji stosowano zestaw SuperScript® III First-Strand Synthesis SuperMix (Invitrogen, USA). Reakcję łańcuchowej reakcji polimerazy (Polymerase Chain Reaction – PCR) z wykorzystaniem AccuPrime Taq DNA Polymerase High Fidelity (Invitrogen, USA) prowadzono według następującego profilu termicznego: wstępna denaturacja w 94°C przez 30 s, a następnie 35 cykli (denaturacja: 94°C przez 15 s, przyłączanie starterów przez 30 s w 55°C, elongacja w 68°C przez 6 min) oraz elongacja końcowa w 68°C przez 10 min. Reakcje prowadzono zgodnie z zaleceniami producenta. Powielone w reakcji PCR fragmenty rozdzielano stosując elektroforezę w 1% żelu agarozowym z dodatkiem barwnika Midori Green DNA Stain i wizualizowano w świetle UV. Specyficzne produkty RT-PCR eluowano z żelu przy użyciu zestawu QIAEX II Gel Extraction Kit firmy Qiagen zgodnie z procedurą zalecaną przez producenta. Trzy próby DNA przekazywano do sekwencjonowania ze starterami WSMkrF i WSMkrR do Centrum Badań DNA w Poznaniu. Analizę sekwencji wykonano przy zastosowaniu programu Chromas, natomiast porównanie sekwencji do danych zawartych w Banku Genów wykonano za pomocą programu BlastN (www.ncbi.nlm.nih.gov/). Otrzymaną sekwencję nukleotydów przyrównywano do innych sekwencji WSMV zdeponowanych w Banku Genów stosując program ClustalW.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Badania z zastosowaniem testu ELISA wykazały powszechne występowanie WSMV na kukurydzy w badanych lokalizacjach (rys. 1). Najwięcej stanowisk wystąpienia choroby stwierdzono w Wielkopolsce. Obecność wirusa wykryto w roślinach uprawianych we wszystkich lokalizacjach: Promnie, Swadzimiu, Stramnicy, Słupi Wielkiej, Winnej Górze, Szelejewie i Smolicach. Zaobserwowano, że WSMV powodował jedynie lekkie przebarwienia liści bądź osłabienie wzrostu rośliny gospodarza. Nie stwierdzono natomiast typowej żółto-zielonej mozaiki liści, występującej zwykle na młodych, porażonych roślinach podatnych odmian kukurydzy (French i Stenger 2004).

Zbiórce wyniki testów ELISA dotyczących porażenia kukurydzy przez WSMV w Wielkopolsce, w latach 2006–2011 przedstawiono na rysunku 2. Kilkuletnie badania wykazały różnice w poziomie porażenia kukurydzy przez

WSMV. Najwyższą prevalencję porażenia roślin stwierdzono w 2008 r., w Smolicach (53,9%), natomiast w 2009 r., w 32 próbach roślin kukurydzy zebranych w Swadzimiu nie wykryto WSMV. Przyczyny tych zmian nie były szczegółowo analizowane. Różnice w nasileniu występowania wirusa mają zwykle wieloczynnikowe podłoże i mogą wynikać z odmiennych warunków atmosferycznych panujących w poszczególnych latach, zmiennym zasiedleniu kukurydzy przez wektory WSMV (szpeciele), jak również rodzaju sąsiadujących upraw, gdyż bliskie sąsiedztwo zasiewów pszenicy czy pszenżyta zwiększają zagrożenie porażenia kukurydzy (French i Stenger 2004). Pomimo przedstawionych różnic patogen ten był zawsze obecny na terenie Wielkopolski. Wyniki wskazują, że WSMV, obok wirusów wywołujących żółtą karłowatość jęczmienia na kukurydzy: wirusów żółtej karłowatości jęczmienia (*Barley yellow dwarf virus* – MAV, BYDV – MAV i *Barley yellow dwarf virus* – PAV, BYDV – PAV) i wirusa żółtej karłowatości zbóż (*Cereal yellow dwarf virus* – RPV, CYDV – RPV), jest jednym z najczęściej stwierdzanych wirusów kukurydzy w naszym kraju (Trzmiel i Lubik 2011).

Próby namnożenia WSMV w roślinach testowych zakończyły się niepowodzeniem. Prawdopodobną przyczyną była zbyt niska koncentracja wirusa w materiale źródłowym pobranym do inokulacji.

Obecność wektora WSMV (rys. 3) na kukurydzy została potwierdzona w czterech lokalizacjach (Promno, Smolice, Swadzim, Szelejewo) z wysokimi parametrami zasiedlenia. Ponadto *A. tosicella* była obecna na chwastnicy jednostronnej i perzu zwyczajnym (tab. 1).

Szpeciel *A. tosicella* był do tej pory obserwowany w Polsce na licznych roślinach żywicielskich (Skoracka 2004), lecz podczas przeprowadzonych badań po raz pierwszy udokumentowano występowanie tego szkodnika na kukurydzy w Polsce. Dotychczas istniało tylko jedno doniesienie o występowaniu tego szpeciała na tych roślinach w Europie (Navia i wsp. 2012). Ponadto prowadzone obserwacje ujawniły obecność *A. tosicella* także na chwastnicy jednostronnej. Jest to pierwsze doniesienie w Europie.

Wykrycie wektora WSMV na kukurydzy w Polsce skłania do dyskusji o możliwych drogach migracji zarówno roztoczy, jak i wirusów. Badane gatunki, chwastnica jednostronna i perz zwyczajny, występują często na obrzeżach i w uprawach kukurydzy, stanowiąc potencjalny rezerwuuar populacji szpecieli. Ponadto, chwastnica i perz są podatne na infekcje WSMV (Rabenstein i wsp. 2004; Ito i wsp. 2012), co skłania do przypuszczeń, że obie rośliny mogą być rezerwuarem wirusa.

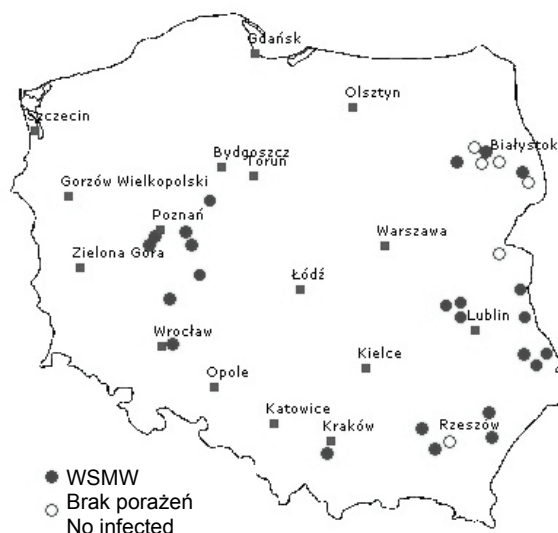
Zastosowanie metody RT-PCR z wykorzystaniem opracowanych starterów WSMkrF/WSMkrR umożliwiło wykrycie WSMV w 8 z 10 badanych prób. Otrzymano produkt o oczekiwanej wielkości 254 pz (rys. 4). Analiza uzyskanej sekwencji nukleotydów potwierdziła obecność WSMV w badanym materiale roślinnym. Wynik wielosekwencyjnego przyrównania z zastosowaniem programu ClustalW ujawnił obecność 4 mutacji punktowych różnicujących polski izolat WSMV od innych izolatów

Tabela 1. Występowanie szpecielu *A. tosichella* i jego parametry zasiedleniaTable 1. The occurrence of *A. tosichella* in tested localities and infestation parameters

Lokalizacja Locality	Data Date	Roślina żywicielska Host plant*	n	<i>Aceria tosichella</i> **	P [%]	I	D
Promno	13.07.2011	<i>Zea mays</i> a	13	+	15,38	1	0,16
		<i>Z. mays</i> b	11	+	9,09	2	0,18
		<i>Echinochloa crus-galli</i>	20	–	0	0	0
		<i>Elymus repens</i>	4	+	100	8,25	8,25
Słupia Wielka	27.06.2011	<i>Z. mays</i>	35	–	0	0	0
		<i>E. crus-galli</i>	10	–	0	0	0
Smolice	18.07.2011	<i>Z. mays</i>	23	+	n/d	n/d	n/d
		<i>E. crus-galli</i>	10	–	0	0	0
		<i>E. repens</i>	10	–	0	0	0
Swadzim	11.07.2011	<i>Z. mays</i>	10	+	60	5	3
		<i>E. crus-galli</i>	11	+	9,09	1	0,09
	17.07.2011	<i>Z. mays</i>	15	+	26,67	2	0,53
		<i>E. crus-galli</i>	10	–	0	0	0
		<i>E. repens</i>	10	+	50	6,2	3,1
	17.08.2011	<i>Z. mays</i>	4	+	50	2,5	1,25
		<i>E. crus-galli</i>	17	–	0	0	0
	05.09.2011	<i>Z. mays</i>	24	+	91,67	n/d	n/d
	24.09.2011	<i>Z. mays</i>	7	+	100	n/d	n/d
	24.09.2011	<i>E. crus-galli</i>	5	–	0	0	0
Szelejewo	05.07.2011	<i>Z. mays</i>	11	+	72,7	4,25	4,36
		<i>E. crus-galli</i> a	10	–	0	0	0
		<i>E. crus-galli</i> b	10	–	0	0	0
Winna Góra	27.06.2011	<i>Z. mays</i>	32	–	0	0	0
		<i>E. crus-galli</i>	52	+	11,54	1,5	0,17

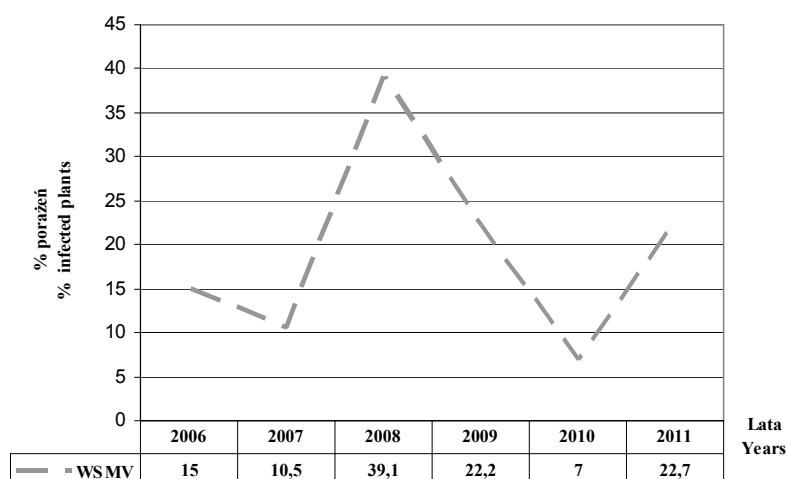
P – przewalencja wyrażona procentowo, I – intensywność, D – zagęszczenie; n – liczba pędów; n/d – brak danych. *Kolejne próby z tego samego gatunku rośliny pobrane w jednej lokalizacji w tym samym dniu oznaczane są kolejno literami a i b; **Obecność roztoczy w próbie oznaczono „+” dla prób pozytywnych i „–” dla prób negatywnych

P – prevalence given in percentages, I – intensity, D – density; n – the number of plant shoots; n/d – no data available. *Samples collected from the same host plant species in the same date are named with a and b, respectively; **Mites' presence in the sample was marked as „+” for positive and „–” as negative



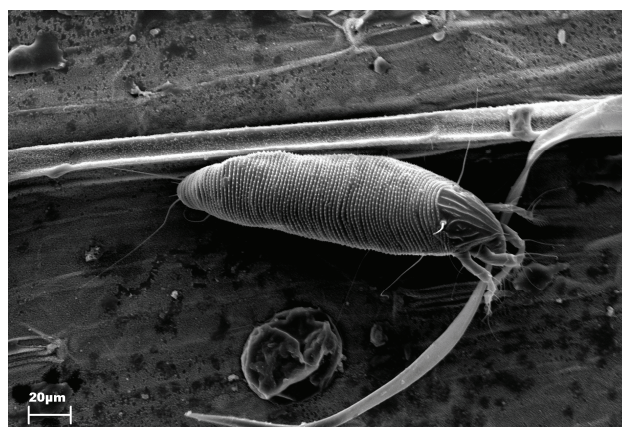
Rys. 1. Występowanie WSMV na kukurydzy w Polsce

Fig. 1. Occurrence of WSMV in maize in Poland



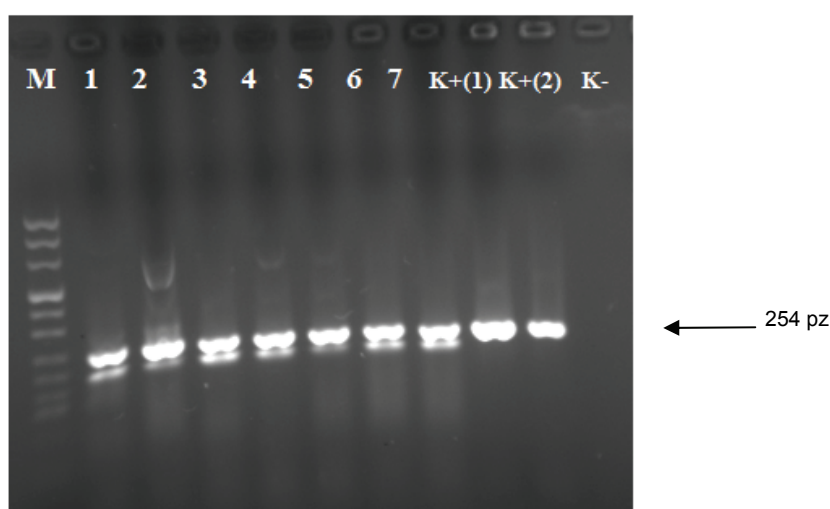
Rys. 2. Dynamika porażenia kukurydzy przez WSMV w Wielkopolsce, w latach 2006–2011

Fig. 2. Dynamics of maize plant infection caused by WSMV in the Wielkopolska region, in 2006–2011



Rys. 3. *A. tosicella* na liściu pszenicy, widok od strony grzbietowej. Zdjęcie wykonano techniką SEM. Fot.: Z. Adamski

Fig. 3. *A. tosicella* on wheat leaf, a dorsal view. SEM photo by Z. Adamski

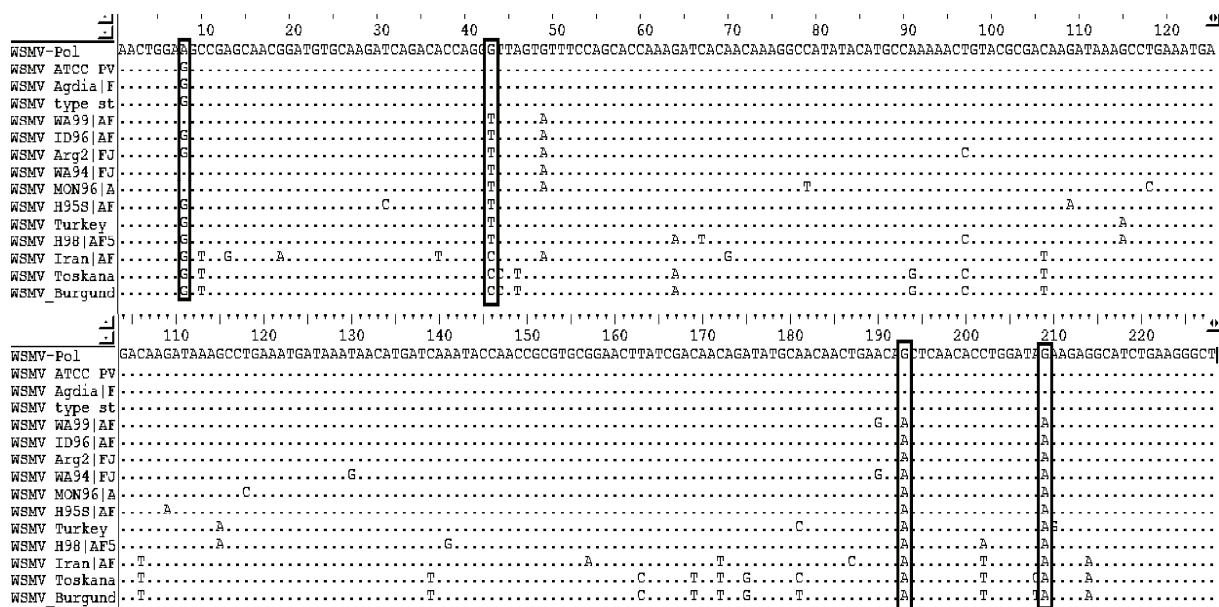


Rys. 4. Elektroforeza produktów RT-PCR WSMV z użyciem starterów WSMkrF/WSMkrR

M – pUC Mix Master 8, DNA Ladder (Fermentas), od 1 do 7 – próby badane, K+(1) i K+(2) – kontrole pozytywne, K- – kontrola negatywna

Fig. 4. Electroforetic mobility of WSMV RT-PCR products with WSMkrF/WSMkrR primer pair

M – pUC Mix Master 8, DNA Ladder (Fermentas), 1–7 – tested samples, K+(1) and K+(2) – positive controls, K- – negative control



Rys. 5. Porównanie sekwencji nukleotydów fragmentu białka CP izolatów WSMV. Alignment wykonano w programie ClustalW, zaznaczono mutacje punktowe polskiego izolatu WSMV

Fig. 5. Nucleotide sequence comparison of a fragment CP protein of WSMV isolates. Alignment was done in ClustalW, point mutations of Polish WSMV isolate were marked

tego wirusa dostępnych w bazie GenBank (rys. 5). Stwierdzone mutacje nie powodowały jednak zmian w sekwencji aminokwasów kodowanego białka. Sekwencja nukleotydów fragmentu CP polskiego izolatu WSMV wykazała najwyższe podobieństwo (97%) z sekwencjami: amerykańskich izolatów ATCCPV57 (FJ695512) i Agdia (FJ695510), niemieckiego izolatu Ger (AJ889242), tureckiego izolatu Turkey1 (AF454455) oraz australijskiego izolatu SP1 (DQ462278). Podobieństwo na poziomie 95% wykazano dla argentyńskiego izolatu Arg1 (FJ348356), na poziomie 92% dla irańskiego izolatu Iran (AF454458) oraz na poziomie 90% dla francuskiego izolatu Burgund (FJ606884), włoskiego izolatu Toskana (FJ606885) i czeskiego izolatu SlastJR (FJ216414).

Wnioski / Conclusions

1. WSMV jest jednym z głównych patogenów wirusowych kukurydzy w Polsce.
2. Porażona kukurydza staje się rezerwuarem wirusa i razem z dziko rosnącymi trawami stanowi kolejne ogniwo w cyklu życiowym WSMV.
3. Obecność *A. tosichella* na badanych roślinach w Wielkopolsce i wysokie parametry zasiedlenia badanych roślin sugerują istotną rolę wektora w rozprzestrzenianiu się infekcji WSMV.
4. Zaprojektowana para starterów WSMkrF/WSMkrR może być wykorzystana do identyfikacji polskich izolatów WSMV z wykorzystaniem reakcji RT-PCR.

Literatura / References

- del Rosario M.S., Sill W.H. 1965. Physiological strains of *Aceria tulipae* and their relationships to transmission of wheat streak mosaic virus. *Phytopathology* 55: 1168–1175.
- French R., Stenger C.S. 2004. Wheat streak mosaic. p. 602–604. In: „Viruses and Virus Diseases of *Poaceae* (Gramineae)” (H. Lapiere, P.A. Signoret, eds.). INRA, Paris, 857 pp.
- Ito D., Miller Z., Menalled F., Moffet M., Burrows M. 2012. Relative susceptibility among alternative host species prevalent in the great plains to *Wheat streak mosaic virus*. *Plant Dis.* 96 (8): 1185–1192.
- Jeżewska M. 2000. Incidence of Wheat streak mosaic virus in Poland in the years 1998–1999. *Phytopathol. Pol.* 20: 77–83.
- Jones R.A.C., Coutts B.A., Mackie A.E., Dwyer G.I. 2005. Seed transmission of Wheat streak mosaic virus shown unequivocally in wheat. *Plant Dis.* 92, p. 1365.
- Keifer H.H. 1953. Eriophyid studies XXI. *Bull. Dep. Agric. State California* 42: 65–79.
- Keifer H.H. 1954. Eriophyid studies XXII. *Bull. Dep. Agric. State California* 43: 121–131.
- Keifer H.H. 1969. Eriophyid Studies C-3. (Special Publication) Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture, Washington, 24 pp.
- Kozłowski J. 2000. The occurrence of *Aceria tosichella* Keifer (Acari, Eriophyidae) as a vector of wheat streak mosaic virus in Poland. *J. Appl. Entomol.* 124: 209–211.
- Oldfield G.N., Proeseler G. 1996. Eriophyoid mites as vectors of plant pathogens. p. 259–273. In: „Eriophyoid Mites – their Biology, Natural Enemies and Control” (E.E. Lindquist, M.W. Sabelis, J. Bruin, eds). Elsevier Science BV, Amsterdam, 790 pp.

- Orlob G. 1966. Feeding and transmission characteristics of *Aceria tulipae* Keifer as a vector of *Wheat streak mosaic virus*. *Phytopathol. Z.* 55: 218–238.
- Rabenstein F., Stenger D.C., French R. 2004. Genus *Tritimovirus*. p. 398–402. In: „Viruses and Virus Diseases of *Poaceae* (*Gramineae*)” (H. Lapierre, P.A. Signoret, eds). INRA, Paris, 857 pp.
- Rozen S., Skaletski H.J. 2000. Primer3 on the WWW for general use and for biologist programmers. *Bioinformatics Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology* 132: 365–386.
- Schiffer M., Umina P., Carew M., Hoffmann A., Rodoni B., Miller A. 2009. The distribution of wheat curl mite (*Aceria tosichella*) lineages in Australia and their potential to transmit wheat streak mosaic virus. *Ann. Appl. Biol.* 155: 371–379.
- Seifers D.L., Harvey T.L., Louie R., Gordon D.T., Martin T.J. 2002. Differential transmission of isolates of the High Plains virus by different sources of wheat curl mites. *Plant Dis.* 86: 138–142.
- Siriwetwawat B. 2006. Interactions between the wheat curl mite *Aceria tosichella* Keifer (*Eriophyidae*), and *Wheat streak mosaic virus* and distribution of wheat curl mite biotypes in the field. PhD Dissertation, University of Nebraska, 165 pp.
- Skoracka A., Magowski W. 2002. Two species of eriophyoid mites (Acari; Prostigmata) in wheat cultivation (*Triticum aestivum* L.) and associated grass community in Wielkopolska, Poland. *J. Appl. Entomol.* 126: 1–3.
- Skoracka A. 2004. Eriophyoid mites from grasses in Poland (Acari: Eriophyoidea). *Genus*, Supplement 13: 83–92.
- Slykhuis J.T. 1955. *Aceria tulipae* Keifer (Acarina: Eriophyidae) in relation to the spread of wheat streak mosaic. *Phytopathology* 45: 116–128.
- Slykhuis J.T. 1962. An international survey for virus diseases of grasses. *FAO Plant Prot. Bull.* 10: 1–16.
- Trzmiel K., Jeżewska M. 2006. Wstępne wyniki badań nad wirusami występującymi na kukurydzy w Polsce. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 46 (1): 511–517.
- Trzmiel K., Lubik M. 2011. Występowanie wirusów: żółtej karłowatości jęczmienia – MAV, żółtej karłowatości jęczmienia – PAV, żółtej karłowatości zbóż – RPV na kukurydzy. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 51 (1): 311–314.