

Krótki przegląd taksonomii wirusów pszczół

IRYNA GRIGORIEVA MASLII, SVITLANA GRIGORIEVA MATKOVSKA*, JERZY PALEOLOG**

National Scientific Center „Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine”,
83 Pushkinskaya Str., Kharkiv, 61023, Ukraine

*Kharkiv State Zooveterinary Academy, Mala Danylivka, Dergachivskyy rayon, Kharkivska obl., 62341, Ukraine

**Katedra Biologicznych Podstaw Produkcji Zwierzęcej, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Akademicka 13, 20-950 Lublin

Otrzymano 15.04.2015

Zaakceptowano 28.10.2015

Maslii I. G., Matkovska S. G., Paleolog J. Brief overview of the apian virus taxonomy

Summary

The aim of this study was to analyze the information on the taxonomy of bee viruses in order to help the reader to navigate throughout this topic. Classification of bee viruses is a changing system. The best known bee viruses belong to the Dicistroviridae and Iflaviridae (Picornavirales; ssRNA +) families. Taxa from the Baculoviridae, Iridoviridae and Poxviridae families should be also considered as potential honeybee pathogens. English researchers have informed about 18 “important bee viruses”. 21 different apian virus taxa were blamed, among others, for honeybee losses in US apiaries, including 10 virus taxa considered as the most pathogenic. One of the most comprehensive descriptions of the known bee virus taxa has been provided in the materials of the European COLOSS project. Detailed data from all the above sources were shown in this review. We also analyzed the possibilities of the appearance of some honeybee-parasite viruses, as well as other insect viruses and plant viruses in honeybees. A separate table provides information about the additional publications on the most important taxa of the apian viruses. The crucial role of *V. destructor* infestation for increased risk of viral infections and, therefore, the urgent need of research on apian virology and on ways of increasing of the honeybee immunity/resistance has been indicated.

Keywords: viruses, bees, *Apis mellifera*, taxonomy

Klasyfikacja wirusów jest niezwykle elastycznym i zmieniającym się systemem. Wraz z rozwojem wirusologii, w tym wirusologii pszczelej, pojawiają się nowe dane na temat różnych właściwości wirusów, a tym samym sposobu i kryteriów określenia ich miejsca jako patogenów istot żywych. Badacze z Instytutu Doświadczalnej i Klinicznej Medycyny Weterynaryjnej w Charkowie (Ukraina) zajmowali się już tym zagadnieniem (9). W piśmiennictwie światowym liczba dostępnych danych wzrasta tak szybko, że wiedzę na ten temat trzeba ciągle aktualizować. Celem tego opracowania była analiza informacji na temat taksonomii wirusów pszczół, tak aby ułatwić czytelnikowi poruszanie się w tym temacie oraz korzystanie z łatwo dostępnych źródeł, szczególnie internetowych, z uwzględnieniem najważniejszych prac przeglądowych. W związku z ogólnoswiatowym problemem ginięcia i depopulacji rodzin pszczelich zagadnienia wirusowych zakażeń tych owadów znalazły się w centrum uwagi ośrodków zajmujących się biologią, terapią i profilaktyką *Apis mellifera* i to nie tylko ośrodków *stricto* pszczelarskich, dlatego adresatami tego artykułu są nie tyle wirusolodzy pszczół, bo tych jest niewielu,

ale szerszy krąg naukowców oraz lekarzy weterynarii. W kontekście klasyfikacji taksonomicznej wirusów przeanalizowano w nim informacje z różnych źródeł, zwracając uwagę na strukturę podstawową, kształt, rodzaj genomu, w tym kwasów nukleinowych, wielkość kapsydu i obecność białek. Szczególną uwagę zwrócono na źródła internetowe.

Pozycja taksonomiczna wirusów pszczół

Według danych przedstawionych przez Cornelię Buchen-Osmond z Columbia University (Comments to ICTV dB Management Last Modified 29-08-2010 by International Committee on Taxonomy of Viruses, na stronie: <http://ictvdb.bio-mirror.cn/Ictv/fr-index.htm>) (2015-04-22), u bezkręgowców znaleziono następujące grupy taksonomiczne wirusów: (a) dziewięć rodzin zawierających 2-niciowe DNA (dsDNA) – *Ascoviridae*, *Baculoviridae*, *Brachoviridae*, *Ichoviridae*, *Iridoviridae*, *Nimaviridae*, *Polidnaviridae-1*, *Polidnaviridae-2* i *Poxviridae*; (b) dwie rodziny zawierające jednoniciowe DNA (ssDNA) – tj. *Parvoviridae* i *Entomoviridae*; (c) dwie rodziny wirusów zawierające dwuniciowe RNA (dsRNA) – tj.

Birnaviridae i *Reoviridae*; (d) dwie rodziny zawierające jednoniciowe RNA o ujemnej polarności (ssRNA-) – tj. *Bunjaviridae* i *Rhabdoviridae*; oraz (e) siedem rodzin zawierających jednoniciowe RNA o dodatniej polarności (ssRNA+) – tj. *Dicistroviridae*, *Fluviviridae*, *Iflaviridae*, *Nodaviridae*, *Ronyviridae*, *Tetraviridae* i *Togaviridae*. Graficzny obraz tzw. wirosfery (klasyfikacja wirusów wszystkich istot żywych), sporządzony przez Międzynarodowy Komitet Taksonomii Wirusów wraz z uwzględnieniem wszystkich wyżej wymienionych grup można znaleźć na stronie: <http://ictvdb.bio-mirror.cn/Images/virosphere05.htm> (2015-04-22).

Na świecie istnieje ogromna liczba gatunków bezkręgowców, a tym samym i ich wirusów. Jakie miejsce w tym bardzo różnorodnym zbiorze zajmują wirusy pszczoł? Odpowiadając na to pytanie, większość naukowców zgadza się, że główne i najlepiej zbadane wirusy pszczoł należą do dwóch rodzin, a mianowicie do *Dicistroviridae* i *Iflaviridae*, czyli do *Picornavirales* (ssRNA+), będących pasożytami owadów, kręgowców i roślin (Comments to ICTV dB Management Last Modified 29-08-2010 by International Committee on Taxonomy of Viruses; <http://ictvdb.bio-mirror.cn/Ictv/index.htm>) (2015-04-22). Pytanie, czy patogenami pszczoł mogą być także wirusy z innych rodzin, pozostaje nadal otwarte. Dotyczy to przede wszystkim takich rodzin, jak: *Baculoviridae*, *Iridoviridae* i *Poxviridae* (4). Wszystkim szerzej zainteresowanym wirusologią owadów, w tym pszczoł i jedwabników, można polecić podręcznik wirusologii owadów (Insect Virology) wydany w Anglii w 2010 r. (1). Dostęp do podręcznika można uzyskać na stronie: <http://www.horizonpress.com/insect-virology> (2015-04-22).

Cordoni (4), opisując epidemiologię i taksonomię wirusów pszczelich w Anglii i Walii (pełny tekst dostępny bezpłatnie dla użytkowników zarejestrowanych na Research Gate: https://www.researchgate.net/publication/230814051_Epidemiology_and_Taxonomy_of_Honey_Bee_Viruses_in_England_and_Wales) (2015-04-22), zamieszcza informację, że pierwsza praca dotycząca wirusów pszczelich była opublikowana przez White w 1913 r. Wtedy udało się odfiltrować czynnik powodujący woreczkowatą chorobę czerwiu (*Sacculisatio contagiosa larvae*; sacbrood). Według tego samego autora, obecnie w różnych laboratoriach pracuje się z 18 różnymi wirusami traktowanymi jako „ważne” wirusy pszczele. Niektóre z nich jeszcze nie zostały ostatecznie zakwalifikowane do tej grupy, a badania nad ich dokładnym opisaniem rozpoczęły się dopiero w ostatnich latach. Więcej informacji o wspomnianych taksonach można otrzymać na stronie: http://www.beediseases.host-ed.me/Bee_diseases/Viruses.html (2015-04-22).

Klasyfikacja taksonomiczna najważniejszych, patogennych wirusów pszczoł w USA

Staveley i wsp. (19) analizując przyczyny strat w amerykańskich (USA) pasiekach komercyjnych *Apis*

mellifera (w tym CCD), opisują 10 wirusów mających według nich największe znaczenie w patologii tych owadów. W tej obszernej, przeglądowej publikacji znajduje się też bibliografia i odnośniki do źródeł, w których zamieszczono raporty o każdym z tych wirusów. Dziesięć taksonów wyspecyfikowanych przez Staveley i wsp. to:

- wirus ostrego (Acute Bee Paralysis Virus; ABPV) i przewlekłego (Chronic Bee Paralysis Virus; CBPV) paraliżu pszczoł. ABPV i CBPV to *Aparaviruses*, będące wirusami o jednoniciowym RNA o dodatniej polaryzacji (ssRNA+) z rodziny *Dicistroviridae*. Oba wirusy powodują niekontrolowane drżenie mięśni, które uniemożliwia lot zbieraczek i skutkuje paraliżem. W cytowanym opracowaniu Staveley i wsp. nie wspomnieli o wirusie powolnego paraliżu pszczoł (SBPV; Slow Bee Paralysis Virus) (17),

- wirus choroby czarnych mateczników (Black Queen Cell Virus; BQCV) to *Cripavirus* z rodziny *Dicistroviridae*, zawierający jednoniciowe, dodatnio spolaryzowane RNA (ssRNA+). BQCV atakuje larwy mateczne, które giną i po zasklepieniu matecznika czernieją,

- wirus choroby zdeformowanych skrzydeł (Deformed Wing Virus; DWV) to *Aparavirus* z rodziny *Dicistroviridae*, zawierający jednoniciowe, dodatnio spolaryzowane RNA (ssRNA+). Do objawów zalicza się szczytkowe, zdeformowane i zgniecione skrzydła, wzdęty odwłok, paraliż oraz skrócony czas życia robotnic. DWV w połączeniu z inwazją *Varroa destructor* prowadzi do supresji układu immunologicznego, ułatwiając inwazję innych patogenów. Ważne, że DWV może namnażać się w organizmach *V. destructor* (7),

- izraelski wirus ostrego paraliżu pszczoł (Israeli Acute Paralysis Virus; IAPV) to *Aparavirus* z rodziny *Dicistroviridae* mający dodatnio spolaryzowane, jednoniciowe RNA (ssRNA+). IAPV powoduje drżenie skrzydeł, które prowadzi do paraliżu i śmierci poza ulem,

- kaszmirski wirus pszczoł (Kashmir Bee Virus; KBV) to *Aparavirus* z rodziny *Dicistroviridae* o dodatnio spolaryzowanym, jednoniciowym RNA (ssRNA+). KBV powoduje utratę włosków, drgawki, niezdolność do lotu i śmierć,

- wirus Jeziora Synaj 1 i 2 (Lake Sinai Virus 1 and 2, LSV1 i LSV2). LSV 1 i 2 są to RNA wirusy odkryte w 2011 r. (14). Badania nad nim trwają, a więcej informacji opublikowano w 2015 r. (13),

- wirus woreczkowatej choroby czerwiu (Sacbrood Virus; SBV) to *Iflavirus* z rodziny *Iflaviridae* o jednoniciowym, dodatnio spolaryzowanym RNA (ssRNA+). Infekuje larwy w fazie przedpoczwarki przed zasklepieniem komórek, powoduje wypełnienie płynem warstwy zewnętrznej i w wyniku tego śmierć,

- *V. destructor* wirus 1 (VDV1) to *Iflavirus* z rodziny *Iflaviridae*. Ma jednoniciowe RNA o dodatniej polaryzacji. Dla VDV1 nie opisano dokładnie patologii, ale może mieć takie same skutki, jak DWV. Dodatkowe

informacje można znaleźć w pracy Moore i wsp. (11),

– opalizujący wirus bezkręgowców (Invertebrate Iridescent Virus; IIV-6) jest wirusem o dwuniciowym DNA z rodziny *Iridoviridae*. Infekcja IIV-6 skutkuje brakiem aktywności larw i w następstwie ich śmiercią,

– wirus mętnych skrzydeł (Cloudy Wing Virus; CWV) to ikozaedralny RNA wirus powodujący zmętnienie skrzydeł na skutek krystalicznych struktur wirusowych powstających pomiędzy włóknami mięśni. Ciężkie zakażenie może powodować śmierć.

Szczegółowa charakterystyka wirusów pszczół według opracowania wykonanego w ramach europejskich projektów badawczych

Rozpatrując taksony pszczelich wirusów warto zwrócić uwagę na bardzo obszerne opracowanie Miranda i wsp. (10), wykonane w oparciu o wyniki i doświadczenia europejskiego projektu COLOSS

(5). Na 55 stronach (w tym 10 stron piśmiennictwa) autorzy opisują szczegółowo metody badań wirusologicznych u *A. mellifera* oraz sposoby ich walidacji. Przy okazji podają szeroką i w tamtym czasie chyba najbardziej kompletną listę poznanych taksonów wirusów pszczół wraz z ich szczegółową charakterystyką, w tym genomu, kapsydu, białek, itp. (tab. 1). Nie można także pominąć zawierającego ponad 400 stron opracowania z Szóstego Ramowego programu UE. Poruszono w nim zagadnienia historii, biogeografii, genetyki molekularnej, strategii infekowania, wirulentności, wielkości i rodzaju wpływów patogennych oraz ewolucji wirusów pszczelich, a także odporności pszczół, reakcji ich organizmów na infekcje wirusowe, formułując jednocześnie praktyczne zalecenia dla pszczelarzy (European Commission, B-1049 Brussels, Virology and the honeybee; http://ec.europa.eu/research/agriculture/pdf/virology_and_the_honey_bee.pdf) (2015-04-22).

Tab. 1. Wirusy wyizolowane od pszczół, podsumowanie na 2013 r., program COLOSS

Wirus	Kształt	Rozmiar	Białka Kapsydu	Kwas nukleinowy	Genom	Taksonomia
Ostrego paralizu pszczół ABPV	ikozaedralny	30 nm	35-9-33-24 kDa	ssRNA	~9,5 kb	<i>Dicistroviridae</i>
Kaszmirski wirus pszczół KBV	ikozaedralny	30 nm	37-6-34-25 kDa	ssRNA	~9,5 kb	<i>Dicistroviridae</i>
Izraelski ostrego paralizu pszczół IAPV	ikozaedralny	30 nm	35-7-33-26 kDa	ssRNA	~9,5 kb	<i>Dicistroviridae</i>
Choroby czarnych mateczników BQCV	ikozaedralny	30 nm	31-14-29-30 kDa	ssRNA	~9,5 kb	<i>Dicistroviridae</i>
Śmiertelnego paralizu mszyc ALPV	ikozaedralny	30 nm	25-7-32-28 kDa*	ssRNA	~10 kb	<i>Dicistroviridae</i>
Wielkiej Rzeki Siuksów BSRV	icosahedral	30 nm	28-5-29-30 kDa	ssRNA	~10 kb	<i>Dicistroviridae</i>
Choroby zdeformowanych skrzydeł DWV	ikozaedralny	30 nm	32-2-44-28 kDa	ssRNA	~10 kb	<i>Iflaviridae</i>
<i>Varroa destructor</i> virus-1 VDV-1	ikozaedralny	30 nm	32-2-46-28 kDa	ssRNA	~10 kb	<i>Iflaviridae</i>
Egipski wirus pszczeli EBV	ikozaedralny	30 nm	30-2-41-25 kDa	ssRNA	?	<i>Iflaviridae</i>
Choroby woreczkowej czerwiu SBV	ikozaedralny	30 nm	31-2-32-30 kDa	ssRNA	~9 kb	<i>Iflaviridae</i>
Tajski/chiński choroby woreczkowej czerwiu TSBV	ikozaedralny	30 nm	31-2-32-30 kDa	ssRNA	~9 kb	<i>Iflaviridae</i>
Powolnego paralizu pszczół SBPV	ikozaedralny	30 nm	27-2-46-29 kDa	ssRNA	~9,5 kb	<i>Iflaviridae</i>
Przewlekłego paralizu pszczół CBPV	anizometryczny	30-60 nm	23-(30/50/75?) kDa	ssRNA	~2,3 kb/~3,7 kb	nieklasyfikowany
Satelit. przewlekłego paralizu pszczół CBPSV	ikozaedralny	17 nm	15 kDa	ssRNA	(3x)~1,1 kb	satelitarny
Mętnych skrzydeł CWV	ikozaedralny	17 nm	19 kDa	ssRNA	~1,4 kb	?
Wirus pszczół X BVX	ikozaedralny	35 nm	52 kDa	ssRNA	?	?
Wirus pszczół Y BVY	ikozaedralny	35 nm	50 kDa	ssRNA	?	?
Jezióra Synaj wirus-1 LSV-1	?	?	63 kDa*	ssRNA	~5,5 kb	nieklasyfikowany
Jezióra Synaj wirus-2 LSV-2	?	?	57 kDa*	ssRNA	~5,5 kb	nieklasyfikowany
Wirus pszczół Arkansas ABV	ikozaedralny	30 nm	43 kDa	ssRNA	~5,6 kb	?
Wirus pszczeli Berkeley BBPV	ikozaedralny	30 nm	37-?-35-32 kDa	ssRNA	~9 kb	?
Macula-like wirus roztocza <i>Varroa destructor</i> VdMLV	ikozaedralny	30 nm	24 kDa*	ssRNA	~7 kb	<i>Tymoviridae</i>
Włókienkowy <i>Apis mellifera</i> AmFV	prętowy	150 × 450 nm	12x(13~70 kDa)	dsDNA	?	<i>Baculoviridae</i>
Opalizujący pszczół AIV	polihedralny	150 nm	?	dsDNA	?	<i>Iridoviridae</i>

Objaśnienie: * na podstawie genomu.

Posługując się akronimami taksonów można łatwo odszukać anglojęzyczne odpowiedniki nazw polskich w niżej podanym tekście źródłowym. Copyright the International Bee Research Association. Reproduced with permission of the editors of the Journal of Apicultural Research – Miranda i wsp. 2013; (11).

Perspektywy dalszych zmian w taksonomii patogennych wirusów pszczół

W biologii przyjmowane są funkcjonalne i strukturalne definicje życia; według tych pierwszych wirusy są żywe, a według drugich nie. Wszystkie żywe istoty, w tym także wirusy, ciągle ewoluują. Najlepszym dowodem jest porównanie treści pracy przeglądowej z 2007 r. (3) z ostatnimi publikacjami (np. 10). Badania zmierzające do odpowiedzi na pytanie, jaki wpływ na pojawienie się nowych wirusów u pszczół może mieć liczna grupa wirusów bytujących w roślinach, a także w bezkręgowcach będących w ścisłym kontakcie z pszczołami, dopiero się rozwijają. Przykłady pokonywania przez wirusy barier gatunkowych są dobrze znane wirusologii. Możliwość transferu wirusów z innych gatunków roślin i zwierząt do pszczół potwierdzają badania nad mikrobiomem *A. mellifera*

Dicistrovirus	Total: 264
acute bee paralysis virus	38
black queen cell virus	42
Israeli acute paralysis virus	26
Kashmir bee virus	42
other Dicistroviruses	116
Iflavirus	Total: 128
deformed wing virus	22
honey bee slow paralysis virus	24
sacbrood virus	22
other Iflaviruses	60
Other Virus Families	Total: 794
Ascovirus	80
Baculovirus	138
Birnavirus	12
Cypovirus	98
Densovirus	110
Idnoreovirus	10
Iridovirus	46
Luteovirus	10
Nimavirus	20
Nodavirus	68
Okavirus	10
Poxvirus	74
Rhabdovirus	10
Tetravirus	30
Totivirus	10
Unassigned Virus Families	Total: 88
chronic bee paralysis virus	26
<i>Solenopsis Invicta</i> virus II	26
Acyrtospion Pisum virus	12
Nora virus	12
kelp fly virus	12

Ryc. 1. Taksony wirusów znalezione przez Rucknel i wsp. (15) w próbkach pobranych z pasiek amerykańskich pszczelarzy wędrownych. Copied under the terms of the Creative Commons Attribution License

przeprowadzone przez Rucknell i wsp. (15). Wśród wielu innych (ryc. 1.) ujawnili oni wirusy pochodzące od *Nosema* sp. i *Crithidia mellificae* w próbkach pszczół pobranych od amerykańskich pszczelarzy wędrownych. Były w tym 4 zupełnie nowe RNA wirusy: 2 należące do *Dicistroviridae* i 2 do *Nodaviridae*. Wykazano też, że wirusy roślinne (np. TRSV) mogą replikować i rozprzestrzeniać się w organizmie pszczelim, szkodliwie wpływając na jego zdrowie (6, 8). Przy pomocy pyłku, który może być siedliskiem wirusów, niektóre pszczele RNA wirusy przenoszone są pomiędzy rodzinami pszczelimi, a także dalej, wśród pszczół samotnych i trzmieli, zachowując zdolność zakażenia (18). Matki zjadające zainfekowany pyłek znoszą zakażone jaja. Wirusy znaleziono u wielu gatunków owadów i więcej niż 200 gatunków stawonogów (1). Wirusy DWV i ABPV typowe dla pszczół miodnych, znaleziono także u os (*Vespa* sp.), które miały gniazda w pobliżu rodzin pszczelich z dodatnim wynikiem na ABPV i DWV. Osy mogły zatem zakażać się tymi wirusami drogą pokarmową. U os wykryto także dziesięć wcześniej opisanych patogenów pszczół miodnych, tj. wirusów CBPV, IAPV, DWV, ABPV, BQCV, SBV, KBV, API *Nosema* N. *Varroa destructor* i *ceranae* (18).

Paleta wirusów pszczelich może być zmienna, a ponadto, jak wykazały badania, nie są one jedynie wirusami pszczelimi. Owadzie i częściowo roślinne RNA wirusy także jawią się jako potencjalne zagrożenie i mogą przyczyniać się do giniecia rodzin pszczelich.

Czytelnik chcący pogłębić wiedzę o wirusach pszczelich dowie się, które z ich 23 taksonów są problemem pasiek w Europie, przeglądając następującą stronę Uniwersytetu Rolniczego w Wageningen: (<http://www.wageningenur.nl/en/Expertise-Services/Research-Institutes/plant-research-international/About/Organisation/Biointeractions-Plant-Health/Bees-1/Research-and-information-and-service-provision/Bee-health/Bee-diseases/Bee-viruses.htm>) (2015-04-22). Z opisem sytuacji w Polsce zapozna się w pracy Pohoreckiej i wsp. (12), Topolskiej i wsp. (23) albo na stronie: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21687739> (2015-04-22). Należy dodać, że na Ukrainie prowadzone są badania najbardziej rozpowszechnionych tam wirusów, czyli ostrego i przewlekłego paraliżu, zdeformowanych skrzydeł i choroby woreczkowatej (9). Dla szczególnie zainteresowanych, w tab. 2. zamieszczono dodatkowe prace przydatne w studiowaniu najczęściej spotykanych w Europie taksonów wirusów. Prace te przyporządkowano do wybranego taksonu, choć często dotyczą one kilku z nich.

Wpływ *V. destructor* na zagrożenie wirusologiczne w chowie pszczół

Zagrożenie wirusami stało się poważne od czasu i z powodu ogólnoświatowego rozpowszechnienia w populacji *A. mellifera* pasożyta *V. destructor* (2, 12, 16). Pasożyty te przenoszą wirusy, obniżają odporność

Tab. 2. Dodatkowe źródła informacji o patogennych taksonach wirusów pszczelich

Wirus	Źródło dodatkowych informacji
ABPV	Bee World, 1996; 141-16; doi: 10.1080/0005772X.1996.11099306 Virology 2000, 277: 457-463; doi: 10.1006/viro.2000.0616 Appl. Environ. Microbiol. 2001, 67, 2384-2387; doi: 10.1128/AEM.67.5.2384-2387.2001 Apidologie 2008, 39(3): 310-314; doi: 10.1051/apido:2008007
KBV	J. Gen. Virol. 2004, 85, 2263-2270; doi: 10.1099/vir.0.79990-0 J. Invertebr. Pathol. 2004, 87, 84-93; doi: 10.1016/j.jip.2004.07.005 J. Invertebr. Pathol. 2010, 103 Suppl 1:S30-47; doi: 10.1016/j.jip.2009.06.014.
IAPV	Insect. Mol. Biol. 2009, 18 (1): 55-60; doi: 10.1111/j.1365-2583.2009.00847.x J. Invertebr. Pathol. 2008, 99, 348-350; doi: 10.1016/j.jip.2008.07.006
BQCV	J. Gen. Virol. 2000, 81, 2111-2119; PLoS One 2014, 9(1): e85261; doi: 10.1371/journal.pone.0085261
DWV	J. Invertebr. Pathol. 2007, 4, 222-225; doi: 10.1016/j.jip.2006.11.006 Vet. Res. 2010, 41(6):54; doi: 10.1051/vetres/2010027 Exp. Appl. Acarol. 2009, 47 (2), 87-97; doi: 10.1007/s10493-008-9204-4
VDV-1	J. Invertebr. Pathol. 2004, 87, 84-93; doi: 10.1016/j.jip.2004.07.005 Virology 2011, 417(1): 106-112; doi: 10.1016/j.virol.2011.05.009
SBV	Genet. Mol. Res. 2012, 11 (3): 3310-3314; doi: 10.4238/2012. Appl. Environ. Microbiol. 2004, 70, 7185-7191; doi: 10.1128/AEM.70.12.7185-7191.2004
SBPV	J. Invertebr. Pathol. 2010, 103, 120-131; doi: 10.1016/j.jip.2009.06.013
CBPV	J. Apic. Res. 2011, 50 (1), 85-86; doi: 10.3896/IBRA.1.50.1.07
CWV	J. Gen. Virol. 2010, 91, 2524-2530; doi: 10.1099/vir.0.022434-0 J. Invertebr. Pathol. 2010, 103 (1), S30-47; doi: 10.1016/j.jip.2009.06.014. J. Apic. Res. 2014, 53(1), 146-154; doi: 10.3896/IBRA.1.53.1.16
BVX	J. Virol. Method. 2013, 194, 102-106; doi: 10.1016/j.jviromet.2013.08.003
Inne	Bee World, 2012, 89: 50-52; doi: 10.1080/0005772X.2012.11417478 Bee World, 2005, 86: 88-101; doi: 10.1080/0005772X.2005.11417323 Apidologie 2008, 39, 310-314; doi: 10.1051/apido:2008007 J. gen. Virol. (1980), 5: 405-407 https://beeinformed.org/ (2015-10-24)

pszczół, czyniąc je bardziej podatnymi na infekcje wirusowe, a dodatkowo wirusy pszczele mogą namnażać się w organizmie *V. destructor*. Problem ten dobrze naświetla materiał: Moore P. A., Wilson M. E., and John A. Skinner J. A.: Honey Bee Viruses, the Deadly Varroa Mite Associates. Bee Health, 2015, przedstawiony na stronie: http://www.extension.org/pages/71172/honey-bee-viruses-the-deadly-varroa-mite-associates#.VRg55_msVA (2015-04-22). Problem wymaga dalszych badań naukowych nad wirusami pszczelimi oraz wirusologicznego monitorowania pasiek. W obliczu takich zagrożeń, poza badaniami wirusologicznymi, znaczenia nabierają także prace nad mechanizmami i zwiększaniem odporności pszczół oraz nad stymulowaniem ich witalności (20-22).

Piśmiennictwo

1. Asgari S., Calister J. K.: Insect Virology. Acad. Press, Norfolk, UK 2010.
2. Carreck N. L., Ball B. V., Martin S. J.: The epidemiology of cloudy wing virus infections in honey bee colonies in the UK. J. Apic. Res. 2010, 49, 66-71, doi: 10.3896/IBRA.1.49.1.09
3. Chen Y. P., Siede R.: Honey bee viruses. Adv. Virus. Res. 2007, 70, 33-80.
4. Cordoni G.: Epidemiology and taxonomy of honey bee viruses in England and Wales. Faculty of Health and Medical Sciences, University of Surrey, August 2011.
5. Dietemann V., Ellis J. D., Neumann P.: The Coloss Beebook, Vol. II: Standard methods for Apis mellifera pest and pathogen research. IBRA Publishing, Treforest, UK 2013.
6. Flenniken M. L.: Honey bee-infecting plant virus with implications on honey bee colony health. mBio 2014, 5: e00877-14; doi: 10.1128/mBio.00877-14
7. Highfield A. C., Nagar A. E., Mackinder L. C. M., Noël L. M.-L. J., Hall M. J., Martin S. J., Schroeder D. C.: Deformed Wing Virus Implicated in Overwintering Honeybee Colony Losses. Appl. Environ. Microbiol. 2009, 75, 7212-7220.

8. Li J. L., Cornman R. S., Evans J. D., Pettis J. S., Zhao Y., Murphy C., Peng W. J., Wu J., Hamilton M., Boncristiani H. F., Zhou L., Hammond J., Chen Y. P.: Systemic spread and propagation of a plant-pathogenic virus in European honeybees, *Apis mellifera*. mBio 2014, 5: e00898-13; doi: 10.1128/mBio.00898-13.
9. Maslii I. G.: Biological nomenclature (taxonomy) and classification of bee viruses (review)/I. G. Maslii, B. T. Stegnii, S. G. Matkowska/Vietnamska medicina: mizwid. temat. nauk. zb. 2011, 97, 111-116, (in Russian).
10. Miranda J. R., Bailey L., Ball B. V., Blanchard P., Budge G. E., Chejanovsky N., Yan-Ping Chen, Gauthier L., Genersch E., de Graaf D. C., Ribiere M., Ryabov E., De Smet L., van der Steen J. M.: Standard methods for virus research in *Apis mellifera*, [w:] V. Dietemann, J. D. Ellis, P. Neumann (Eds): The Coloss Beebook, Vol. II. J. Apic. Res. 2013, 52, 1-56; doi: 10.3896/IBRA.1.52.4.22.
11. Moore J., Jironkin A., Chandler D., Burroughs N., Evans D. J., Ryabov E. V.: Recombinants between deformed wing virus and Varroa destructor virus-1 may prevail in Varroa destructor-infested honeybee colonies. J. Gen. Virol. 2011, 92, 156-161; doi: 10.1099/vir.0.025965-0.
12. Pohorecka K., Bober A., Skubida M., Zdańska D.: Epizootic status of apiaries with massive losses of bee colonies (2008-2009). J. Apic. Sci. 2011, 55, 137-150.
13. Ravoet J., De Smet L., Wenseleers T., Graaf de D. C.: Genome sequence heterogeneity of Lake Sinai Virus found in honey bees and Orf1/RdRP-based polymorphisms in a single host. Virus Res. 2015, 25, 67-72; doi: 10.1016/j.virusres.2015.02.019.
14. Runckel C., Flenniken M. L., Engel J. C., Ruby J. G., Ganem D.: Temporal Analysis of the Honey Bee Microbiome Reveals Four Novel Viruses and Seasonal Prevalence of Known Viruses, Nosema, and Crithidia. PLoS One 2011, 6, e20656. doi:10.1371/journal.pone.0020656.
15. Runckel C., Flenniken M. L., Engel J. C., Ruby J. G., Ganem D., Andino R., DeRisi J. L.: Temporal Analysis of the Honey Bee Microbiome Reveals Four Novel Viruses and Seasonal Prevalence of Known Viruses, Nosema, and Crithidia. PLoS One 2011, 6, e20656. doi: 10.1371/journal.pone.0020656.
16. Ryabov E. V., Wood G. R., Fannon J. M., Moore J. D., Bull J. C.: A Virulent Strain of Deformed Wing Virus (DWV) of Honeybees (*Apis mellifera*) Prevails after Varroa destructor-Mediated, or In Vitro, Transmission. PLoS Pathog. 2014, 10, e1004230. doi:10.1371/journal.ppat.1004230.
17. Santillán-Galicia M. T., Brenda V., Ball B. V., Clark S. J., Peter G., Alderson P. G.: Slow bee paralysis virus and its transmission in honey bee pupae by Varroa destructor. J. Apic. Res. 2014, 53, 146-154. Doi: 10.3896/IBRA.1.53.1.16.
18. Singh R., Levitt A. L., Rajotte E. G., Holmes E. C., Ostiguy N.: RNA Viruses in Hymenopteran Pollinators: Evidence of Inter-Taxa Virus Transmission via Pollen and Potential Impact on Non-*Apis* Hymenopteran Species. PLoS One 2010, 5, e14357. doi:10.1371/journal.pone.0014357.
19. Staveley J. P., Law S. A., Fairbrother A., Menzie C. A.: A Causal Analysis of Observed Declines in Managed Honey Bees (*Apis mellifera*). Hum. Ecol. Risk Assess. Int. J. 2014, 20, 566-591; doi: 10.1080/10807039.2013.831263.
20. Strachecka A., Gryzińska M., Krauze M.: The influence of environmental pollution on the protective proteolytic barrier of the honey bee *Apis mellifera*. Pol. J. Environ. Stud. 2010, 19, 855-859.
21. Strachecka A., Gryzińska M., Krauze M., Grzywnowicz K.: Profile of the body surface proteolytic system in *Apis mellifera* queens. Czech J. Anim. Sci. 2011, 56, 15-22.
22. Strachecka A., Krauze M., Olszewski K., Borsuk G., Paleolog J., Merska M., Chobotow J., Bajda M., Grzywnowicz K.: Unexpectedly strong effect of caffeine on the vitality of western honeybees (*Apis mellifera*). Biochem. (Moscow) 2014, 79, 1192-1201; doi: 10.1134/S0006297914110066.
23. Topolska G., Gajda A., Hartwig A.: Polish bee colony-loss during the winter 2008-2009. J. Apic. Sci. 2008, 52, 95-103.

Adres autora: dr n. Maslii Iryna Grigoriewa, National Scientific Center, Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine, 83 Pushkinskaya, Kharkiv, Ukraine