الفيروسات الممرضة للحشرات: دراسة مرجعية

عبد النبي بشير، غنوة محمد، أمل خدام ومروة الصلاحي

قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية، البريد الالكتروني: basherofecky@yahoo.com

الملخص

بشير، عبد النبي، غنوة محمد، أمل خدام ومروة الصلاحي. 2016. الفيروسات الممرضة للحشرات: دراسة مرجعية. مجلة وقاية النبات العربية، 34(2): 114–125.

تعد الفيروسات الممرضة للحشرات من عوامل المكافحة الحيوية للكثير من الحشرات الضارة وبخاصة تلك التي تنتمي لرتبة حرشفيات الأجنحة. توجد الفيروسات الممرضة للحشرات في 15 فصيلة فيروسية (*Parvoviridae*، *Iridoviridae*، *Baculoviridae*، *Poxviridae*، *Polydnaviridae*، *Ascoviridae*، *Nodaviridae*، *Picornaviridae*، *Tetraviridae*، *Reoviridae*، *Birnaviridae*، *Rhabdoviridae*، *Togaviridae*، *Flaviviridae* و *Bunyaviridae*) تختلف فيما بينها من حيث الخصائص الشكلية والفيزيوكيميائية. يتكون المجين لهذه الفيروسلت من حمض نووي ريبي منزوع الأوكسيجين (DNA) وتسمى Deoxyvira، أو حمض نووي ريبي (RNA) وتسمى Ribovira، وهي أحادية أو ثنائية السلسلة. من حيث الشكل، فمنها العصوي والبيضوي والعشريني السطح المتناظر، وتختلف أيضاً من حيث الحجم ووجود الغلاف أو عدم وجوده. كما تختلف من حيث تشكيل الأجسام المحتواة في خلايا العائل وشكلها، ففصائل الفيروسات *Baculoviridae*، *Poxviridae* و *Reoviridae* تتميز بتشكيل الأجسام المحتواة التي تختلف في مكوناتها، فمنها ما يكون بروتيناً متعدد الوجوه، ومنها ما يكون بروتيناً حبيبياً. هدفت هذه المراجعة العلمية إلى اعطاء فكرة عن أهم الفيروسات التي تصيب الحشرات الضارة من حيث الخواص المورفولوجية والفيزيوكيميائية والبيولوجية والمدى العوائلي واستعمالاتها كمبيد حيوي لمكافحة الحشرات الضارة في المنطقة العربية.

كلمات مفتاحية: فيروسات، حشرات، الأجسام المحتواة، مبيدات حيوية.

المقدمة

تعد الفيروسات عوامل ممرضة حية، وهي تشارك الكائنات الحية الأخرى في كثير من الخصائص مثل التركيب الكيميائي المعقد، والحاجة الى التكاثر وقابلية التطور، وهي مرتبطة وبشكل كلي بالكائنات الحية، كونها متطفلات اجبارية عليها، حيث أن الفيروسات تسبب المرض وفي بعض الأحيان الموت لجميع أنواع الكائنات الحية عندما تتطفل عليها، من الكائنات الحية الدقيقة إلى النبات والحيوان ومنها الإنسان (41). ومع ذلك هناك بعض الفيروسات التي تعد مفيدة للإنسان في بعض الحالات، وعلى سبيل المثال الفيروسات الممرضة للحشرات. هناك الكثير من الآفات الحشرية التي تسبب أضراراً كبيرة للمحاصيل الزراعية، وهي معرضة للإصابة بالعديد من الفيروسات الممرضة للحشرات، وهذه الفيروسات يمكن أن تستخدم في برامج المكافحة الحيوية للحشرات الضارة. والتوجه العام في برامج المكافحة الحيوية للحشرات الضارة هو نحو استخدام الفيروسات التي ليس لها أي تأثير ضار في الثدييات. توجد هذه الفيروسات الممرضة للحشرات ضمن ثلاث فصائل هي: *Baculoviridae*، *Polydnaviridae* و*Ascovirdae*، حيث بينت الأبحاث أن الفيروسات العصوية *Baculoviruses* والفيروسات البوليدينية *Polydnaviruses* والفيروسات الأسكية *Ascoviruses* لم يسجل ضمن عوائلها أي عائل من الثدييات. وأشارت الدراسات أيضاً إلى أن المكافحة الحيوية للحشرات باستخدام الفيروسات الممرضة للحشرات اعتمدت بشكل رئيس على الفيروسات العصوية *Baculoviruses* وذلك لأن الفيروسات الأسكية *Ascoviruses* ذات فعالية ضعيفة في برامج المكافحة الحيوية، والفيروسات البوليدينية *Polydnaviruses* تتكاثر فقط في مبايض المتطفلات الحشرية من فصيلة *Ichneumonidae* وفصيلة *Braconidae*، بينما سجلت فعالية كبيرة للفيروسات العصوية *Baculoviruses* في برامج المكافحة الحيوية وبخاصة ضد الحشرات من رتبة حرشفيات الأجنحة Lepidoptera وغيرها من الحشرات الضارة. أشار Murphy وآخرون (58) إلى أن عدد العوائل التي تتطفل عليها الفيروسات العصوية *BAculoviruses* هي نحو 600 نوعاً تنتمي إلى رتب حرشفيات الأجنحة (Lepidoptera) وثنائيات الأجنحة (Diptera) وغشائيات الأجنحة (Hymenoptera) وغمديات الأجنحة (Coleoptera) وشبكيات الأجنحة (Neuroptera) وشعريات الأجنحة

http://dx.doi.org/10.22268/AJPP-034.2.114125
© 2016 الجمعية العربية لوقاية النبات Arab Society for Plant Protection

(Trichoptera) وهدبيات الأجنحة (Thysanoptera)، وكذلك عشاريات الأرجل (Decapoda) مثل الجمبري (Shrimps)، وأشير أخيراً إلى أن أنواع الفيروسات العصوية التي تتطفل على حشرات من رتب حرشفيات الأجنحة وثنائيات الأجنحة وغشائيات الأجنحة هي فقط من فصيلة الفيروسات العصوية (*Baculoviridae*) (46).

الخواص المورفولوجية والفيزيوكيميائية للفيروسات الممرضة للحشرات

توجد الفيروسات الممرضة للحشرات في 15 فصيلة فيروسية، ويلخص الجدول 1 الفصائل الفيروسية الممرضة للحشرات وخصائصها (31).

فصيلة *Parvoviridae*: يبين الجدول 1 أن فصيلة *Parvoviridae* هي فيروسات غير مغلفة ولا تحوي جسماً ضمنياً، وهي تحوي حمضاً نووياً ريبياً منزوع الأوكسيجين (DNA) أحادي السلسلة. يتشكل الفيروس من جزيئات صغيرة قطرها 18–26 نانومتراً، متعددة السطوح، حجم المجين 4–6 kilobases (78).

فصيلة *Iridoviridae*: فيروسات غير مغلفة ولا تكون أجساماً محتواة (Inclusion bodies) في خلايا العائل المصاب، وهي تحوي الحمض النووي الريبي المنزوع الأوكسيجين ثنائي السلسلة (ds DNA)، عشرونية السطوح ومتناظرة (Icosahedral)، يتراوح قطر الفيروس بين 125 و 300 نانومتراً (18).

فصيلة *Baculoviridae*: تتميز هذه الفصيلة بفيروسات متنوعة وهي مغلفة وتكون أجساماً محتواة في خلايا العائل المصاب، وهي تحوي حمضاً نووياً ريبياً منزوع الأوكسجين ثنائي السلسلة، يختلف قياسه من 80 إلى 180 kb ويحوي عدداً من المورثات تتراوح بين 140 و160 (47، 63)، ويوجد بين هذه المورثات حوالي 31 مورثة متماثلة تم تحديدها ويعتقد بوجود مورثات أخرى متماثلة أيضا لم يتم الكشف عنها بسبب التغيرات الناتجة عن اختلاف أنواع الإدخال والاندماج عبر الزمن لمورثات مختلفة. يتوضع هذا المجين ضمن فيروس عصوي الشكل قطره 30–55 نانومتراً وطوله 250–300 نانومتراً. تم تقسيم فصيلة *Baculoviridae* حسب شكل الأجسام المحتواة التي تشكلها داخل خلايا العائل إلى فيروسات متعددة الوجوه *Nucleopolyhedroviruses* (NPV) وفيروسات حبيبية *Granuloviruses* (GV). من أهم مكونات هذه الأجسام عند *Nucleopolyhedroviruses* بروتين متعدد الوجوه، وعند *Granuloviruses* بروتين حبيبي (58). من الصفات المهمة التي تفرق *Nucleopolyhedroviruses* عن *Granuloviruses* هو الاختلاف في عدد جزيئات الفيروس nucleocapsid ضمن الغلاف، ففي *Nucleopolyhedroviruses* قد يوجد جزئ فيروس واحد أو أكثر ويطلق على الحالة الأولى single nucleocapsid (SNPV) وعلى الحالة الثانية multiple nucleocapsids (MNPV)، أما لدى *Granuloviruses* فيوجد جزئ فيروس واحد (SNPV). يتراوح قياس الأجسام المحتواة عند *Nucleopolyhedroviruses* من 0.15 إلى 15 ميكرومتر ويكون عرض الأجسام المحتواة الاسطوانية البيضاوية (ovicylindrical) عند الفيروسات الحبيبية (*Granuloviruses*) 120–300 نانومتراً وطولها 300–500 نانومتراً (23).

فصيلة *Poxviridae*: فيروسات هذه العائلة مغلفة وتكون في خلايا العائل أجساماً محتواة شبه كروية، وتحوي جزيئات الفيروس على حمض نووي ريبي منزوع الاوكسيجين ثنائي السلسلة (42)، أبعاد جزيئات الفيروس 150×350 نانومتراً، مغزلية الشكل (ellipsoid) (28).

فصيلة *Polydnaviridae*: يتكون مجين الفيروس من حمض نووي ريبي منزوع الاوكسيجين ثنائي السلسلة دائري الشكل، أبعاد جزيئات الفيروس 85×330 نانومتراً (75).

فصيلة *Ascoviridae*: لا تزال فيروسات هذه الفصيلة غير مصنفة (55) لكن من المحتمل ان تمثل فصيلة مميزة، وهي فيروسات تحتوي على حمض نووي ريبي منزوع الاوكسيجين ثنائي السلسلة، كبير الحجم وغلاف سداسي الشكل. أبعاد جزيئات الفيروس 130×400 نانومتراً. ومع أن فيروسات هذه الفصيلة غير مغلفة في قالب بروتيني لكن جزيئات الفيروس تمتزج ببروتينات وحويصلات ميكرونية (microvesicles) لتشكل جسماً ضمنياً حويصلي (vesiculate inclusion body) (75).

فصيلة *Nodaviridae*: هي فيروسات تحوي على حمض نووي ريبي وحيد السلسلة (45)، وهي غير مغلفة، ذات هندسة بناء متناظرة، عشرونية السطوح، قطر جزيئات الفيروس 29 نانومتراً.

فصيلة *Tetraviridae*: تشمل هذه الفصيلة فيروسات تحوي حمضاً نووياً ريبياً وحيد السلسلة وجزيئات الفيروس غير مغلفة ذو هندسة بناء متناظرة بقطر 35–41 نانومتراً، متعدد السطوح (34).

فصيلة *Picornaviridae* : تشمل فيروسات تحوي حمضاً نووياً ريبياً وحيد السلسلة، وهي غير مغلفة ذو هندسة بناء شبه كروي بقطر 22–30 نانومتراً (19).

فصيلة *Reoviridae*: هي فيروسات تحوي حمضاً نووياً ريبياً ثنائي السلسلة وجزيئات الفيروس غير مغلفة وتكون في خلايا العائل أجساماً محتواة. شكل جزيئات الفيروس عشروني السطوح متناظر له 12 بروز (projections)، قطر جزئ الفيروس 55–69 نانومتراً (88).

جدول 1. العائلات الفيروسية الممرضة للحشرات وخصائصها.

Table 1. Entomopathogenic viruses families and their characterizations.

الأجسام الضمينة Inclusion bodies	وجود الغلاف Presence of Envelope	Morphology الصفات الشكلية			الحمض النووي nucleic acid	العائلة Family
		Shape	الشكل	الحجم (نانومتر) Size (nm)		
-	-	Isometric	متناظر	18-26	ss DNA	*Parvoviridae*
-	-	Icosahedral	عشروني السطوح	125-300	ds DNA	*Iridoviridae*
+	+	Bacilliform	عصوي	200-400×40-60	ds DNA	*Baculoviridae*
+	+	Ovoid	بيضوي	156-300x150-470	ds DNA	*Poxviridae*
-	+	Ovoid	بيضوي	150-350	ds DNA	*Polydnaviridae*
-	+	Bacilliform	عصوي	130×400	ds DNA	*Ascoviridae*
-	-	Icosahedral	عشروني السطوح	29	ss RNA	*Nodaviridae*
-	-	Spherical	كروي	22-30	ss RNA	*Picornaviridae*
-	-	Icosahedral	عشروني السطوح	35-39	ss RNA	*Tetraviridae*
+	-	Icosahedral	عشروني السطوح	55-69	ds RNA	*Reoviridae*
-	-	Icosahedral	عشروني السطوح	60	ds RNA	*Birnaviridae*
-	+	Bullet shaped	رصاصية الشكل	130-380×50-95	ss RNA	*Rhabdoviridae*
-	+	Spherical	كروي	60-65	ss RNA	*Togaviridae*
-	+	Spherical	كروي	35-45	ss RNA	*Flaviviridae*
-	+	Spherical	كروي	90-100	ss RNA	*Bunyaviridae*

فصيلة *Birnavitidae*: هي فيروسات تحوي حمضاً نووياً ريبياً ثنائي السلسلة وجزيئات الفيروس غير مغلفة متعددة السطوح، قطرها 60 نانومتراً، وتحوي 260 جزيئ بروتيني مرتبة بشكل بروزات شعاعية وتظل الببتيدات المشتقة منها مرتبطة داخل جزيئات الفيروس، كما يشكل بروتين آخر مع الحمض النووي للفيروس مجمع بروتين نووي ريبي، وتوجد كميات ضئيلة من بروتين ثالث في جزيئات الفيروس (70).

فصيلة *Rhabdoviridae*: هي فيروسات تحوي حمضاً نووياً ريبياً وحيد السلسلة، وجزيئات الفيروس مغلفة، شكله رصاصي أوعصوي، طوله 180 نانومتراً وعرضه 75 نانومتراً (48).

فصيلة *Togaviridae*: هي فيروسات تحوي حمضاً نووياً ريبياً وحيد السلسلة وجزيئات الفيروس مغلفة، شكلها كروي، قطرها 65–70 نانومتر. يحتوي الغلاف البروتيني على 80 بروز مرتبة بشكل سنابل (13).

فصيلة *Flaviviridae*: هي فيروسات تحوي حمضاً نووياً ريبياً وحيد السلسلة، وجزيئات الفيروس مغلفة، شكلها كروي، قطرها 33–45 نانومتراً (62) .

فصيلة *Bunyaviridae*: هي فيروسات تحوي حمضاً نووياً ريبياً وحيد السلسلة، وجزيئات الفيروس مغلفة، شكلها كروي، قطرها 90–100 نانومتراً (8).

الخواص البيولوجية للفيروسات الممرضة للحشرات

المدى العوائلي

تختلف عوائل الفيروسات الممرضة للحشرات باختلاف الفصيلة التي ينتمي إليها الفيروس، وباختلاف المجموعة ضمن الفصيلة الواحدة (42). بينت الدراسات أن الفيروسات الأسكية من فصيلة *Ascoviridae* من الفيروسات التي تم عزلها حديثاً من بعض يرقات الحشرات المصابة (26)، حيث تم عزل أول فيروس من هذه الفصيلة من يرقات حشرة *Heliothis zea* (6)، ثم عزلت هذه الفيروسات من يرقات حشرات أخرى من رتبة حرشفيات الأجنحة فصيلة الفراشات الليلية Noctuidae ومنها *Heliothis* spp. (16، 39) ومن فراشة الناي الفضية (*Trichoplusia ni* 17)، ومن دودة البرسيم القارضة (*Scotogramma trifolii* 30) ومن *Autographa precationis* (33)، وأشار Renault وآخرون (64) الى أن الـــفيروسات الأسكية تتطفل على الطفيل الحشري *Diadromus pulchellus* (Hymenoptera: Ichneumonidae) الذي يتطفل على حشرة *Acrolepiopsis assectella*، حيث تنقل أنثى المتطفل فيروس

DpAV-4 (*Diadromus pulchellus ascovirus*) إلى عذراء عثة الكراث *Acrolepiopsis assectella* (64).

كما سجل فيروس غوناد (GSV) *Gonad-specific virus* الذي يصيب الغدد التناسلية لبالغات حشرة *H. zea*، وأشارت بعض الدراسات إلى احتمال إصابة هذا الفيروس لبالغات حشرة *Heliothis virescens*، بالإضافة إلى ذلك سجل وجود أنواع من جنس *Densovirus* (DNV) من فصيلة الفيروسات المكثفة *Parvoviridae* على عوائل من رتبة حرشفية الأجنحة وبصفة خاصة يرقات دودة الشمع الكبرى *Galleria mellonella*. وأشار Tijssen وBergoin (78) أن من عوائل الفيروسات المكثفة الفقاريات، فقد اكتشف الفيروس (B 19) B19 *Parvovirus* لأول مرة عام 1974 وهو الفيروس الوحيد ضمن فصيلة *Parvoviridae* الذي يصيب الخلايا المشكلة للكريات الحمراء لدى الإنسان (53)، وهناك أيضاً فيروس *Porcine parvovirus* الذي يسبب موت الاجنة في الخنازير (53).

كما سجلت أنواع فيروسية من فصيلة *Poxviridae* متطفلة على الفقاريات واللافقاريات، حيث صنفت الفيروسات التي تصيب الفقاريات تحت فصيلة *Chordopoxvirinae* والتي تضم فيروس الجدري smallpox، وفيروس جدري البقر cowpox، وفيروس جدري الدجاج fowlpox وغيرها، أما الأنواع التي تصيب اللافقاريات تحت فصيلة *Entomopoxvirinae* وتضم الفيروسات المتطفلة على الحشرات في ثلاثة أجناس: A *Entomopoxvirus* تتضمن الـــ *Poxviruses* التي تصيب الحشرات التابعة لرتبة الـــ Coleoptera، *Entomopoxvirus* B تتضمن الـــ *Poxviruses* التي تصيب الحشرات التابعة لرتبتي الـــ Lepidoptera، Orthoptera و *Entomopoxvirus* C وتتضمن الـــ *poxviruses* التي تصيب الحشرات التابعة لرتبة الـــ Diptera (58). وتتشابه تحت الفصيلتين وراثياً ومورفولوجياً، كما أن أنواع الفيروسات

الـــ *Entomopoxviruses* التي تتطفل على الحشرات تتشابه بشدة مع مجموعة *pox viruses* التي تتطفل على الحيوانات الفقارية، لذلك لا تعتبر هذه المجموعة مرشحة جيدة لمكافحة الحشرات، بالرغم انه لم يسبب أي نوع من هذه المجموعة مرضاً للفقاريات.

سجلت الأنواع الفيروسية لفصيلة *Iridoviridae* لأول مرة من قبل Ishimori عام 1934، حيث لوحظ وجود أجسام محتواة متعددة الأوجه polyhedral في سيتوبلاسما معدة يرقات دودة الحرير المصابة (8)، ثم أصبحت هذه الفيروسات من أهم ممرضات دودة الحرير في اليابان (8). تضم هذه الفصيلة خمسة أجناس هي *Lymphocystivirus*، *Ranavirs*، *Chloriridovirus*، *Iridoviruses* والـــ *Megalocytivirus* (18). بينت دراسة Tonka و Weiser (79) ودراسة Williams (84) أن أنواع الأجناس *Ranavirs*، *Lympuhocystivirus* والـــ *Megalocytivirus* تتطفل على الفقاريات ذات الدم البارد خصوصاً الأسماك، البرمائيات والزواحف، بينما أنواع الـــ *Iridovirus* والـــ *Chloriridovirus* تتطفل على اللافقاريات، وبشكل رئيس الحشرات ومتساويات الأرجل الأرضية terrestrial isopods في البيئات الرطبة والمائية، وكلاهما يعرف بالفيروسات القزحية على اللافقاريات Invertebrate iridescent viruses (IIVs). سجل أول نوع من فصيلة الفيروسات القزحية *Iridovirus* على ذبابة *Tipula paludosa* (87)، وسجلت بعض الأنواع على يرقات من رتبة حرشفيات الأجنحة مثل *Heliothis iridescent virus* (HIV) التي عزلت من يرقات دودة لوز القطن الأمريكية *H. armigera* ومن يرقات *H. zea* (77). بصورة عامة تتطفل الفيروسات القزحية على يرقات حشرات من رتب حرشفيات وغمديات وثنائيات الأجنحة (32) ورتبة مستقيمات الأجنحة Orthoptera (12)، وعلى بعض أنواع غير حشرية من مفصليات الأرجل. وتشكل فصيلة *Hytrosaviridae* مجموعة متميزة من الفيروسات الممرضة للحشرات وهي فصيلة جديدة معتمدة من ICTV (5)، حيث سجلت أنواع هذه الفصيلة كمتطفلات على حشرات من رتبة ثنائيات الأجنحة، وتحتوي على جنسين الأول *Glossinavirus* الذي يضم النوع *Glossina hytrosavirus* والمسجل على ذبابة النوم *Glossina pallidipes* (Diptera: Glossinidae) (14، 83)، والجنس الثاني *Muscavirus* الذي يضم النوع *Musca hytrosavirus* المسجل على الذبابة المنزلية *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) (20)، كما تحوي هذه الفصيلة النوع *Merodon equestris hytrosavirus* المسجل على بالغات ذبابة أبصال النرجس *Merodon equestris* (Diptera: Syrphidae) (7، 50).

تضم فصيلة الفيروسات البوليدنية *Polydnaviridae* الجنس *Polydnaviruses* والذي يتألف من مجموعتين كبيرتين تم تعريفهما تبعاً للاختلافات في التركيب المورفولوجي والمدى العوائلي، وهما مجموعة البراكوفيروسات *Bracoviruses* (مرتبطة بطفيليات Braconidae)، ومجموعة الإيكنوفيروسات *Ichnoviruses* (مرتبطة بطفيليات Ichneuomonidae). توجد هذه الفيروسات في مبيض هذه المتطفلات الحشرية، وسجلت هذه الفيروسات متطفلة بصفة خاصة على عوائل من رتبة حرشفيات الأجنحة والدبابير المنشارية من رتبة غشائيات الأجنحة (73، 76).

تضم فصيلة *Nodaviridae* الجنسين *Alphanodavirus* و*Betanodavirus*، حيث أن أنواع *Alphanodavirus* عزلت من الحشرات، وأهم الأنواع *Black beetle virus* (BBV) المسجل على حشرات من رتبتي غمديات وحرشفيات الأجنحة أهمها في نيوزيلاندا

Heteronychus arator (Coleoptera: Scarabaeidae) (9)، وسجل فيروس *Boolarra virus* (BoV) على حشرات من رتبة حرشفيات الأجنحة، ومن أهم عوائله في أستراليا *Oncopera intricoides* (Lepidoptera: Hepialidae) (27)، وسجل فيروس *Flock house virus* (FHV) على حشرات من رتبتي غمديات وحرشفيات الأجنحة ومن أهم عوائله *Costelytra zealandica* (Coleoptera: Scarabaeidae) في نيوزيلاندا (11)، وفيروس *Nodamura virus* (NoV) المسجل على *Culex tritaeniorhynchus* في اليابان (68). كما عزل فيروس *Manawatu virus* (MwV) من *Costelytra zealandica* (White) (66)، وفيروس *Gypsy moth virus* (GMV) المسجل على *Lymantria ninayi* (66)، وفيروس *Manawatu virus* (MwV) المسجل في نيوزيلاندا على *Costelytra zealandica* (66). وعزلت أنواع *Betanodavirus* من الأسماك، حيث تتطفل على أكثر من 20 نوع من الأسماك في أسيا وأوروبا واستراليا (49). كما تضم فصيلة الفيروسات المعادة *Reoviridae* الجنس *Cypovirus*، وقد تم عزل أنواع هذا الجنس من رتب مختلفة من الحشرات؛ رتبة حرشفيات الأجنحة (80%)، رتبة ثنائيات الأجنحة (16%)، ورتبة غشائيات الأجنحة (3%)، ورتبة غمديات الأجنحة (1%) ورتبة شبكيات الأجنحة (1%) (40). تنتمي فيروسات *Picornaviruses* إلى فصيلة *Picornaviridae* التي تحتوي العديد من الأجناس المتطفلة على الانسان والحيوان، بالإضافة إلى مجموعة الفيروسات النباتية والتي تتميز بخصائص تختلف عن الــفيروسات الحيوانية، وقد تم تصنيفها ضمن فصيلة *Secoviridae* والتي تضم أجناس *Comovirus*، *Fabavirus*، *Nepovirus*، *Sequivirus*، *Waikavirus*، *Cheravirus*، *Sadwavirus*، *Torradovirus* (46). وهنك الفيروسات المتطفلة على الحشرات وهي *Perina nuda picorna-like virus* المسجل على حشرة *Orgyia detrita* (tussock moth) (Lepidoptera: Lymantriidae) Guérin-Méneville (86)، وفيروس *flacherie virus* على دودة الحرير، وفيروس تكيس حضنة نحل العسل *Sacbrood virus* (SBV) (86)، وفيروس *kelp fly virus* (KFV) على ذبابة *Fucellia rufitibia* (Diptera: Anthomyiidae) (35)، وفيروس *Ectropis obliqua picorna-like virus* على يرقات فراشة Suppresses *Ectropis obliqua* (80)، وفيروس *deformed wing virus* (تشوه الأجنحة) (56)، وفيروس الشلل الحاد للنحل *acute bee paralysis virus*، وفيروس ذبابة الدوروسوفيلا *Drosophila C virus*، وفيروس من الذرة *Rhopalosiphum padi virus*. عزلت فيروسات فصيلة *Tetraviridae* من الحشرات وبالتحديد من رتبة حرشفيات الأجنحة (34).

تحتوي فصيلة *Dicistroviridae* الأنواع المتطفلة على مفصليات الأرجل وخصوصا الحشرات (11، 20)، حيث تصيب بعض الأنواع الحشرات المفيدة كالنحل وبعضها يصيب حشرات ضارة، وتوجد أنواع هذه الفصيلة في جنسين: الجنس الأول *Cripavirus*، والذي يحتوي الأنواع: فيروس شلل المنّ القاتل *Aphid lethal paralysis virus*، وفيروس *Black queen cell virus* وفيروس *Drosophila C virus*، وفيروس *Himetobi P virus* المسجل على حشرة *Laodelphax striatellus* (Homoptera: Cicadellidae) وفيروس *Homalodisca coagulata virus*-1 المسجل على حشرة *Homalodisca vitripennis* (Homoptera: Cicadellidae)، وفيروس *Plautia stali intestine virus* وفيروس *Rhopalosiphum padi virus* المسجلان على حشرات المنّ و فيروس *Triatoma virus* المسجل على حشرة *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae) (17). ويضم الجنس الثاني *Aparavirus* فيروس *Acute bee paralysis virus* المسبب لشلل النحل الحاد وفيروس *Israeli acute paralysis virus* المسبب لشلل النحل الحاد الاسرائيلي وفيروس *Kashmir bee virus* وفيروس *Mud crab virus* المتطفل على سرطان البحر Mud carb، وفيروس *Solenopsis invicta virus-1* المسجل على النمل الناري (*Solenopsis invicta*) وفيروس *Taura syndrome virus* المتطفل على *Taura syndrome* (الجمبري) (22).

تضم فصيلة *Birnavitidae* الأجناس *Aquabirnavirus* الذي يصيب الأسماك، منها فيروس *Infectious pancreatic necrosis virus* الذي يصيب أسماك السلمون، وجنس *Avibirnavirus* الذي يصيب الدواجن وفيروس التهاب الأمعاء *Infectious bursal disease virus* (13)، وجنس *Entomobirnavirus* الذي يحوي فيروس *Drosophila V virus* المتطفل على ذبابة الدورسوفيلا (89)، كما تم مؤخراً تسجيل النوعين *Espirito Santo virus* و *Culex* Y *virus* المتطفلين على ذبابة الدورسوفيلا في الصين (38).

تضم فصيلة *Togaviridae* الجنسين *Alphavirus* اللذين ينتقلا بواسطة مفصليات الأرجل (الحشرات الماصة للدماء) والتي تسبب التهاب الدماغ الشرقي والغربي والفنزويلي (74)، وفيروس *Rubivirus* الذي يسبب مرض الحصبة للإنسان ولا ينتقل هذا الفيروس بوساطة مفصليات الأرجل (10).

تضم فصيلة *Flaviviridae* مجموعة من الفيروسات التي يتم نقلها بواسطة مفصليات الأرجل (81)، كما تعد أنواع فصيلة *Baculoviridae* من أهم الفيروسات المتطفلة على الحشرات، حيث تضم عوائل هذه الفصيلة أكثر من 600 نوع حشري مصنفة في سبع رتب من مفصليات الأرجل هي: Lepidoptera،

Hymenoptera، Diptera، Coleoptera، Thysanura، Trichoptera، Decapoda (58).

أعراض الاصابة بالفيروسات الممرضة للحشرات

فيروسات فصيلة *Iridoviridae*: تتضاعف هذه الفيروسات في سيتوبلازما خلايا الجسم الدهني، وخلايا البشرة الداخلية لجدار جسم الحشرة المصابة، وخلايا أقراص النمو imaginal discs للعائل، وتنتشر عارية في اليرقات المصابة لتشكل 25% من وزنها الجاف. تتبلور هذه الفيروسات تلقائياً بداخل الحشرة لتكسبها الخاصية القزحية اللون. أشار Sikoroswki و Tyson (71) أن يرقات الـ *H. zea* المصابة بـ virus *Heliothis iridescent* HIV يظهر عليها بقع على مناطق مختلفة من جسمها، ويصبح لونها أزرق مخضر، وتكون أصغر حجماً من اليرقات السليمة، وتأخذ اللون القزحي مع تقدم الإصابة.

فصيلة *Parvoviridae*: تتضاعف هذه الفيروسات في أنوية أنسجة العائل كالجسم الدهني والجهاز العصبي وغدتي الحرير وأنابيب مالبيجي والقصبات الهوائية وخلايا الدم وغدد الانسلاخ والغدد التناسلية الأولية، وتتضخم أنوية الخلايا نتيجة امتلائها بجزيئات الفيروس. قد لا تؤدي الإصابة إلى موت العائل المصاب وتسبب ما يسمى بالإصابة الكامنة تحت القاتلة (79، 84)، ويمكن لليرقات المصابة أن تتابع نموها وتتحول إلى حشرة كاملة قادرة على التكاثر ولكنها ضعيفة الخصوبة، كما أن مدة حياة الحشرة المصابة قصيرة بالمقارنة مع الحشرات السليمة (52). وعلى الرغم من أن الفيروسات القزحية التي تصيب اللافقاريات مسجلة على حشرات ضارة زراعياً وبيطرياً إلا أن استخدامها في برامج المكافحة الميكروبية للآفات الزراعية لم يلق رواجاً بسبب الانتشار البطيء لهذه الفيروسات وبسبب المدى العوائلي الواسع، حيث تعد ظاهرة الافتراس الذاتي والمنافسة بين الحشرات من أهم العوامل التي تساعد في نقل وانتشار هذه الفيروسات من العوائل المصابة إلى مثيلتها السليمة (36، 44، 59).

تظهر أعراض الإصابة بفيروس غوناد المتخصص بالغدد التناسلية *Gonad-specific Virus* (GSV) لبالغات *H. zea* واضحة مسبباً ضموراً في الخصية والمبيضين، ولا تبدو أعراض إصابة خارجية على الذكور المصابة، بينما تظهر هذه الأعراض على الإناث المصابة حيث يلاحظ إفرازات شمعية من الناحية البطنية للإناث المصابة (33). كما تنخفض خصوبة الإناث المصابة بشدة وتكاد تكون معدومة بسبب الضمور التام للأعضاء التناسلية للذكور والإناث (33، 37).

فصيلة *Picornaviridae*: تتضاعف فيروسات هذه الفصيلة في سيتوبلازم الخلايا الطلائية لمعدة الحشرة، وأحياناً في سيتوبلازم الجسم الدهني، وتسبب تحلل جدار الخلية ومحتوياتها من الميتوكوندريا (52).

فصيلة *Poxviridae*: الفيروسات النقطية بطيئة النمو بحيث لا توجد إلا في جانب من الجسم الدهني للعائل، ثم تنتشر في بقية أجزاء الجسم حيث تصيب السيتوبلازم ويصبح جسم العائل باهت اللون ومنتفخاً وأكثر ليونة من الوضع الطبيعي (45).

فصيلة *Reoviridae*: تتكاثر هذه الفيروسات في سيتوبلازم الخلايا الطلائية لمعدة العائل وقد لا تتسبب الإصابة موت العائل ولكنها تثبط نموه وتنقص من عمره وخصوبته. أشار Sikorowski و Simmons (71) أن يرقات حشرة *H. virescenes* المصابة بفيروس CPV *cytoplasmic polyhedrosis virus* وزنها أقل بـ 5% من اليرقات السليمة، ومدة حياة اليرقات المصابة أطول بنحو 4 أيام من اليرقات المصابة، ووزن العذراء المصابة أقل بـ 60 مغ من العذارى السليمة. وتعيش الفراشات المنبثقة من عذارى مصابة أيام أقل من الفراشات المنبثقة من عذارى سليمة، وانتاج البيض في الفراشات المريضة يقل بنحو 60% بالمقارنة مع الفراشات السليمة. تحتفظ اليرقة المصابة بصلابة جلدها لعدم إصابة طبقة البشرة الداخلية ويصبح لون القناة الهضمية الوسطى متضخماً وباهتة اللون نتيجة امتلائها بسائل لبني قوامه ملايين البوليهيدرا، وتظهر هذه القناة من خلال جدار الجسم كمساحة صفراء باهتة، تخرج البوليهيدرا مع براز العائل أو من فمه عند المراحل الأخيرة للإصابة (54).

فصيلة *Ascoviridae*: تنتقل هذه الفيروسات بوساطة المتطفلات الحشرية ليرقات حرشفيات الأجنحة، مسببة أمراضاً تؤدي إلى موت الأفراد المصابة. تؤدي الإصابة إلى ما يسمى الموت المبرمج Apoptosis حيث يتم إفراز أنزيمات تأييض الدهون، مؤدية إلى حدوث بعض التغيرات الكيميائية في الخلايا المصابة. وتشمل هذه التغييرات الانكماش الخلوي وتحلل الـمجين، وانقسام الخلايا وتجمعها على شكل حويصلات. يتم بعد ذلك تكاثر الفيروس وتمتلئ الحويصلات بملايين من الجزيئات الفيروسية، وتتحرر الجزيئات بعد 48–72 ساعة وتنتقل الى الهيموليمف الذي يصبح لونه أبيض حليبي وهي صفة مميزة لأعراض الإصابة بـ *Ascoviridae* (26). لا تتم العدوى عن طريق الفم، لذلك من الصعب استخدام أنواع هذه الفصيلة في برامج المكافحة الحيوية للعوائل التي تتطفل عليها لأنها تنتقل فقط إلى عوائلها عن طريق المتطفلات الحشرية (26).

فصيلة *Hytrosaviridae*: تصيب أنواع هذه الفصيلة الحشرات الكاملة، وأهم أعراض الإصابة بها هو تضخم الغدد اللعابية salivary gland hypertrophy" (SGH) للحشرات البالغة حيث يصبح قطر الغدة المصابة أربعة أضعاف مقارنة بالغدد غير المصابة (15). يصيب هذا الفيروس ذبابة النوم *Glossina pallidipes* (15، 83)، كما سجل على العديد من أنواع الذباب في مناطق مختلفة من افريقيا (5). تعد فيروسات *Hytrosaviridae* من الفيروسات الواعدة في المكافحة الميكروبية لذبابة النوم في مناطق انتشارها من العالم وخاصة أفريقيا. وبينت الدراسات السابقة إن الإصابة بفيروس *Hytrosavirus* تخفض خصوبة الإناث وتؤثر في فعالية الذكور المصابة مما ينعكس على دورة الحياة وخصوبة الأفراد الناتجة (43، 49، 65).

فصيلة *Tetraviridae*: إن مدى تأثير فيروسات هذه الفصيلة غير واضح على العائل، حيث يرتبط ذلك إلى حد كبير بالجرعة وبالحالة الفيزيولوجية للعائل. تتجه يرقات حرشفيات الأجنحة المصابة بالفيروس نحو قمم النباتات وتعلق أرجلها البطنية الخلفية، وتتوقف عن التغذية وتدخل في حالة ثبات، وتبدو اليرقة المصابة مترهلة وبدون لون وفي النهاية تؤدي إلى موت العائل الحشري (34).

فصيلة *Polydnaviridae*: تقوم فيروسات *Polydnaviruses* بحماية الطفيل الحشري (Parasitoid) من النظام المناعي للعائل الحشري، وهكذا فان تعبير المورثات الفيروسية المبكر يضعف الجهاز المناعي للعائل والذي وجدت في عدة عوائل ليرقات الطفيل braconid والـــ ichneumonid (67، 81)، ولا توجد دراسات كافية حول ذلك وتنحصر فقط بالفيروس وتوزع الـــمجين الفيروسي في أنسجة العائل، حيث لوحظت فيروسات *Ichnoviruses* على السطح الخارجي للأغشية القاعدية بعد ساعتين من التطفل خصوصاً قرب العضلات. كما وجد مجين الفيروس في سيتوبلاسما وأنوية الجسم الدهني، العضلات، الدم والأنسجة الداخلية للقصبات بعد 24 ساعة من التطفل. ولم تظهر في نوايا الخلايا المصابة ما يشير لوجود تركيبات فيروسية المنشأ (72)، في حين ارتبط فيروس *Bracoviruses* بالأغشية القاعدية أو السيتوبلازم بعد 45 دقيقة الى 2 ساعة من التطفل، حيث لوحظ وجود جزيئات فيروسية بقرب فتحات النواة وضمن الجسم الدهني، الـــــperineurium، الأمعاء الوسطى، الدم، البشرة، أنابيب مالبيجي وخلايا العضلات (24، 72). أشارت الدراسة أن مجين الفيروس يتحد مع مجين الطفيل الحشري (82)، وبالتالي يمكن لمجين *Polydnaviruses* أن يستأصل من مجين العائل ويتضاعف فقط في مبيض العائل الحشري، ويتم إفراز جزيئات الفيروس عندما تضع أنثى الطفيل البيض على أو داخل العائل الحشري. يدخل الفيروس إلى خلايا الدم والقصبات والجسم الدهني والعضلات، وهو لا يتضاعف داخل هذه الأنسجة وإنما يضعف الجهاز المناعي للعائل الحشري. تسبب الإعاقة المناعية وتأخير نمو العائل الدعم لبقاء بيض ويرقات المتطفلات على قيد الحياة (76) وهذا يسهم في دعم المكافحة الحيوية لهذه الحشرات من خلال تسهيل بقاء الطفيليات التي تفتك بها.

فصيلة *Baculoviridae*: تصيب هذه المجموعة من الفيروسات يرقات حرشفيات الأجنحة بصورة رئيسية، ولا تنمو إلا داخل أنوية خلايا اليرقة المصابة، حيث ترتبط بأنسجة العائل وتتضاعف بأنوية خلايا الجسم الدهني والبشرة والخلايا الطلائية للقصيبات الهوائية وأنوية خلايا الدم، وتستمر فترة حضانة الفيروس من العدوى وحتى الموت، 5–12 يوماً وسطياً، وتعتمد هذه الفترة على عمر اليرقة المصابة وجرعة العدوى والوضع الفيزيولوجي لليرقة ودرجة حرارة الوسط المحيط وغيرها. تتشابه أعراض الإصابة بهذه المجموعة من الفيروسات مع مجموعات أخرى إذ تتجه يرقات حرشفيات الأجنحة المصابة بالفيروس نحو قمم النباتات وتعلق أرجلها البطنية الخلفية وتتوقف عن التغذية، وتنتفخ ويتغير لونها ويصبح قوامها هشاً، وينتهي بموتها. ومن أعراض الإصابة توسع أنوية الخلايا التي تمتلئ ببطء بالأجسام المحتواة وهذا يعطي الـــهيموليمف لوناً أصفر أو مائلاً للبياض حيث تتلون اليرقة بأكملها بنفس اللون فيما بعد. لذا كان الاسم القديم للمرض هو"jaundice" (25، 29) أو اليرقان (85). تؤثر عدوى الـــ*Baculovirus* أيضاً في معدل تطور اليرقة (60)، حيث تطول مدة التطور اليرقي بسبب تثبيط هرمون النمو الحشري، نتيجة نقص كمية ecdysteroids مؤدياً إلى تأخير التعذر (21). ويكون إنتاج الفيروسات أعظمياً خلال هذه المرحلة (61) وتتوقف اليرقة عن التغذية في المرحلة المتأخرة من العدوى. وتتميز هذه المرحلة بإنتاج كمية مضاعفة من الأجسام المحتواة التي تملأ أخيراً كل جسم اليرقة، والتي تشكل حتى 25% من كامل الكتلة الحية لليرقة، ويسبب وجود الفيروس تشكيل أنزيمي الـــcathepsin والـــ chitinase اللذين يعملان على تحلل أنسجة اليرقة المصابة تحللاً كاملاً وتنطلق الأجسام المحتواة في سائل الدم، وتصبح اليرقة المصابة هشةً للغاية و بيضاء إلى بنية اللون، وذلك لامتلاء خلايا بشرة الجسم الدهني والخلايا الأخرى بالأجسام المتبلورة المتعددة الوجوه. تعد اليرقات الفتية أكثر حساسية للإصابة بهذه الفيروسات، فالجرعة نصف القاتلة LD_{50} ليرقات العمر الأول للفراشة الأمريكية البيضاء 5×10^2 جسم محتوي للفرد الواحد، ولليرقة من العمر الخامس 2×10^4 جسم محتوي. وتكون الحشرات في مرحلة ما قبل العذراء والعذراء والحشرة الكاملة مقاومة لهذه الفيروسات، تؤدي الجرعة غير المميتة لليرقات البالغة إلى تحول اليرقة إلى عذراء تعطي حشرة مشوهة تموت غالباً قبل وضع البيض (30).

البحوث المنجزة حول الفيروسات الممرضة للحشرات في المنطقة العربية

أجريت في سورية دراسة حول عزل الأجسام المحتواة من يرقات خمسة أنواع حشرية من رتبة حرشفيات الأجنحة Lepidoptera وهي: فراشة الواي الفضية *Autographa gamma* Linnaeus, 1758 (Noctuidae)، أبو دقيق الملفوف الصغير *Pieris rapae* Linnaeus, 1758 (Pieridae)، دودة ورق العنب *Hyles lineata* Fabricius, 1775 (Sphingidae)، دودة اللوز الأمريكية *Helicoverpa armigera* Hübner,1809 (Noctuidae)، أبو دقيق الخبازي *Vanessa cardui* (Nymphalidae). جمعت الحشرات من مناطق مختلفة في سورية خلال مواسم 2009–2011. بينت الدراسة أن جميع اليرقات كانت مصابة بـــ Nucleopolyhedroviruses، ودلت الاختبارات الحيوية على شراسة هذه الفيروسات وقدرتها على إحداث العدوى على يرقات سليمة تابعة للأنواع الحشرية نفسها التي عزلت منها (4). كما بينت الدراسة المجهرية وجود الأجسام المحتواة بكثافة عالية في جميع اليرقات المجموعة حقلياً واليرقات المعداة مخبرياً.

وفي دراسة أجريت على الأجسام المحتواة المنتجة من قبل العزلات الفيروسية المستخلصة من يرقات الخمسة أنواع حشرية المذكورة أعلاه تبين وجود بروتين البوليهيدرين المكون الأساسي للأجسام المحتواة ذو الوزن الجزيئي 30 كيلو دالتون. كما تم تضخيم المنطقة ذات الوزن الجزيئي 750–bp ذلك للكشف عن مورثة البوليهيدرين باختبار الـــ PCR و تقطيع الـــمجين الفيروسي بثلاثة انزيمات هي HinDIII و EcoRI و PstI أظهرت وجود مجموعتين مختلفتين من الفيروسات: المجموعة الأولى الفيروسات المعزولة من يرقات فراشة الواي الفضية ودودة اللوز الأمريكية، أما المجموعة الثانية فشملت الفيروسات المعزولة من أبو دقيق الخبازي، ودودة ورق العنب وأبو دقيق الملفوف (4).

تم تقويم دور الفيروسات الممرضة للحشرات ومساهمتها في تنظيم أعداد دودة لوز القطن الأمريكية في بعض حقول القطن في المالكية والقامشلي والحسكة من محافظة الحسكة في سورية خلال موسم 2011. بينت الدراسة أن النسبة المئوية لموت يرقات دودة اللوز الأمريكية المصابة بالفيروسات في منطقة المالكية 9.9% وفي منطقة القامشلي 11.6%، واختلفت هذه النسبة خلال أشهر الدراسة في منطقتي الدراسة، وتراوحت النسبة في منطقة المالكية بين 1.5% و14.3%، وبين 2.9% و14.7% في منطقة القامشلي، وكانت أعلى نسبة للموت في شهر أب/أغسطس في المنطقتين (14.3 في منطقة المالكية و14.7% في منطقة القامشلي) (57).

أجريت في مصر دراسة لاختبار فاعلية ثلاث عزلات من الفيروسات العصوية الممرضة للحشرات وهي NPV_{Giza}، NPV_{Cairo} و NPV_{Alex} في مكافحة يرقات دودة القطن *Spodoptera littoralis* وتأثيرها في بعض الخصائص الحياتية للأفراد البالغة، حيث أظهرت النتائج أن يرقات الحشرة من العمر الثاني هي الأكثر حساسية للإصابة بالعزلات المختلفة، وتميزت العزلة NPV_{Giza} بشراسة عالية أكثر من العزلتين NPV_{Cairo} وNPV_{Alex}، وكان هناك تأثير للعزلات الثلاث في النسبة الجنسية وطول فترة حياة الحشرة الكاملة والخصوبة والنسبة المئوية لفقس البيض (51).

كما أجريت دراسة في مصر لاختبار عزلتين من الفيروسات *Spodoptera littorali nucleopolyhedrovirus* (SpliNPV) و *Autographa californica multiple nucleopolyhedrovirus* (AcMNPV) كوسيلة للمكافحة الحيوية ليرقات العمر الثاني لحشرة دودة ورق القطن *Spodoptera littoralis*، وبينت النتائج أن قيمة LT50s المحسوبة بدلالة LC_{50} ليرقات الحشرة من العمر الثاني كانت 2.4 يوم و5.8 يوم لكل من SpliNPV و AcMNPV، على التوالي (69).

أختبرت في مصر إمراضية أربعة فيروسات بوليهيدرونووية تم عزلها من ثلاث مناطق هي: الجيزة (عزلتين 1 و 2)، الإسكندرية والفيوم ضد اليرقات حديثة الفقس لدودة ورق القطن *Spodoptera littoralis* مرباة في المختبر على بيئة نصف صناعية. أوضحت نتائج الاختبارات الحيوية أنه لا يوجد اختلاف كبير بين التركيز المميت النصفي لهذه العزلات. تم في الوقت نفسه استخدام عزلة الفيوم الفيروسية لمقارنة حساسية يرقات ثلاث سلالات حشرية من دودة ورق القطن تم جمعها من الواحات البحرية وواحة الفيوم ومنطقة الجيزة. أيضا لم تظهر أى فروق كبيرة بين قيم التركيز المميت النصفى LC_{50} للسلالات المختبرة (1).

أجريت في مصر دراسة لاكثار الفيروس النووي المتعدد الوجوه والحبيبي المتخصص على دودة ورق القطن *Spodoptera littoralis* والفيروس الحبيبي المتخصص على عثة درنات البطاطا/البطاطس *Phthorimaea operculella* تم اكثار الفيروسات الثلاثة بكل من العدوى الفيروسية والعدوى بالحامض النووي وذلك في مزرعة خلايا دودة ورق القطن رقم 96 والتي تم الحصول عليها من خلايا المبيض. تكاثر الفيروس النووي متالعدد الوجوه *Spodoptera littorali nucleopolyhedrovirus* (SpliNPV) والفيروس الحبيبي *Spodoptera littorali granulusvirus* (SpliGV) والفيروس الحبيبي *Phthorimaea operculella granulusvirus* (PhopGV) بشكل معنوي خلال عدة تمريرات خلوية في مزارع الخلايا S196 عند

19°س. تم إعداء الخلايا وحفظها عند 19°س خلال الساعات الأربعة الأولى، ثم تم تحضين جميع الخلايا الملقحة عند 27°س وحتى نهاية التجربة (20 يوم). وقد وجد أن التضاعف الفيروسي قد تم بالمعدل نفسه. وبمقارنة النسل الناتج عن SpliGV والتي تكاثرت في مزارع الخلايا أو في العائل. كما تم تحديد هوية هذه الفيروسات باستخدام المجهر الإلكتروني وتركيب الحمض النووي للفيروس باستخدام إنزيمات القطع المتخصصة. كما تم التعرف على العدوى الفيروسية بواسطة مجسات (probes) نووية متخصصة (2).

تم في سلطنة عمان تحديد الفيروس *Rhabdionvirus oryctes* Hüger الممرض لجعل نخيل الزيت *Oryctes Rhinoceros* L. بواسطة إطلاق حشرات كاملة تم إعداؤها سابقاً بالفيروس لتعمل كناقلات لمسبب المرض ونشره في أماكن التكاثر. تم إطلاق 900 حشرة كاملة حاملة للمرض في ستة مواقع بإقليم دوفار. وأمكن إثبات إنتقال المرض إلى الحشرات الحقلية بعد شهرين من إطلاق الحشرات المريضة، وباستخدام تقنية عمل مسحة Smear من أنسجة الحشرة وفحصها مجهرياً كوسيلة سريعة للتعرف على وجود المرض، حيث بلغت نسبة الإصابة به 40.7%. وبعد 16 شهر من الإطلاق، تم رصد انخفاض شديد في مظاهر الإصابة بالنخيل، واستمرت في الانخفاض في الأعوام التالية، حيث بلغت في العام الثالث ضعف انخفاضها سابقاً، مما انعكس على نسبة الضرر بالنخيل والتي انخفضت بدورها إلى 5.7 و 3.5% في العامين الخامس والسادس، على التوالي، من بدء الإطلاق (3).

Abstract

Basheer, A., G. Mouhammad, A. Khadam and M. Al-Salahi. 2016. Entomopathogenic viruses: a general review. Arab Journal of Plant Protection, 34(2): 114-125.

The entomopathogenic viruses are considered biological control agents that can attack many harmful insect pests that belong to the order Lepidoptera, and they are classified in 15 families; *Parvoviridae, Iridoviridae, Baculoviridae, Poxviridae, Polydnaviridae, Ascoviridae, Nodaviridae, Picornaviridae, Tetraviridae, Reoviridae, Birnaviridae, Rhabdoviridae, Togaviridae, Flaviviridae* and *Bunyaviridae.* These viruses are classified based on differences in structural, physico-chemical properties and morphological characteristics, in addition to genome organization. The genome of these viruses is composed of either DNA (Deoxyvira), or RNA (Ribovira), with either single or double strands. The shape of the virus particles can be isometric (e.g. icosahedral), bacilliform or ovoid. Having an envelope is a distinctive feature of some groups of these viruses. In addition, many of these viruses can produce inclusion bodies, which differ in composition and shape, some are polyhedra, and others are granulin. This review is intended to summarize the features of important families which include viruses that infect insect pests, and give an idea about their classification. It also reflects on their potential uses as biological agents to control insect pests in the Arab region.

Keywords: Viruses, insects, DNA, RNA, *Baculoviridae,* inclusion bodies.

Corresponding author: Abdulnabi Basheer, Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, Damascus University, Syria, email: basherofecky@yahoo.com

المراجع

1. **بران، لوك، وائل كمال، وسعيد أبو العلا.** 2004. إختلافات طفيفة بين مرضية أربع عزلات مصرية من فيروس البوليهيدرو النووى لدودة ورق القطن (Boisd) *Spodoptera Littoralis*. ملخص. المؤتمر العربى الأول لتطبيقات المكافحة البيولوجية للآفات، 5-7 نيسان/أبريل، 2004، جامعة القاهرة، مصر.
2. **خميس، أميمة.** 2004. إنتاج للفيروسات الممرضة للحشرات وكلونتها في خط انتاج مكلون لمزارع خلوية أولية مختارة من أنسجة دودة ورق القطن. ملخص. المؤتمر العربى الأول لتطبيقات المكافحة البيولوجية للآفات، 5-7 نيسان/أبريل، 2004، جامعة القاهرة، مصر.
3. **قناوي، محمد مجدي.** 2004. المكافحة البيولوجية لجعل نخيل الجوز *Oryctes Rhinoceros* L. باستخدام الفيروس *Rhabdionvirus Oryctes* Hüger فى سلطنة عمان. ملخص. المؤتمر العربى الأول لتطبيقات المكافحة البيولوجية للآفات، 5-7 نيسان/أبريل، 2004، جامعة القاهرة، مصر.
4. **محمد، غنوة.** 2015. كشف ودراسة فيروسات تابعة لعائلة *Baculoviridae* لأول مرة في سورية من مجموعة حشرات تابعة لرتبة Lepidoptera مصابة حقلياً. رسالة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية، 111 صفحة.
5. **Abd-Alla, A., J.M. Vlak, M. Bergoin, J.E. Maruniak and A. Parker**. 2009. Hytrosaviridae: a proposal for classification and nomenclature of a new insect virus family. Archives of Virology, 154: 909-918.
6. **Adams, J.R., E.A. Stadelbacher and G.J. Tompkins.** 1979. A new virus-like particle isolated from the cotton bollworm, Heliothis zea. Pages 52-53. In: 37th Annual Proceedings of the Electron Microscopy Society of America. R.G.W. Bailey (ed.). San Antonio, Texas.
7. **Amargier, A., J.P. Lyon, C. Vago, G. Meynadier, J.C. Veyrunes.** 1979. Mise en evidence et purification d'un virus dans la proliferation monstrueuse glandulaire d'insectes. Etude sur Merodon equestris F. (Diptere, Syrphidae). Comptes Rendus des Seances de l Academie des Sciences. Serie D, Sciences Naturelles, 289: 481–484.
8. **Aruga, H.** 1971. Cytoplasmic polyhedrosis of the silkworm historical, economical, and epizootiological aspects. In: *Heliothis cytoplasmic polyhedrosis virus* and its effect upon microbial contaminant-free *Heliothis virescens*. P.P. Sikorowski and A.M. Lawrence (eds.). Journal Invertebrate Pathology, 63: 56-62.

References

brassicae nuclear polyhedrosis virus. Journal of General Virology, 77: 2865-2871.

22. **Cox-Foster, D.L., S. Conlan, E.C. Holmes, G. Palacios, J.D. Evans, N.A. Moran, P.L. Quan, T. Briese, M. Hornig, D.M. Geiser, V. Martinson, D. van Engelsdorp, A.L. Kalkstein, A. Drysdale, J. Hui, J. Zhai, L. Cui, S.K. Hutchison, J.F. Simons, M. Egholm, J.S. Pettis and W.I. Lipkin.** 2007. A metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder. Science, 318:283-287.
23. **Crook, N.E.** 1991. *Baculoviridae*: subgroup B. Comparative aspects of granulosis viruses. Pages 73-110. In: Viruses of Invertebrates. E. Kurstak (ed.). Marcel Dekker Inc., New York.
24. **De Buron, I. and N.E. Beckage.** 1992. Characterization of a polydnavirus and virus-like filamentous particle (VLFP) in the braconid wasp *Cotesia congregata* (Hymenoptera: Braconidae). Journal of Invertebrate Pathology, 59: 315–327.
25. **Federici, B.A.** 1997. Baculovirus Pathogenesis. Pages 33-59. In: The Baculoviruses. L.K. Miller (ed.). Plenum Press, New York.
26. **Federici, B.A., J.J. Hamm and E.L. Styer.** 1991. Ascoviridae. Pages 339-349. In*:* Atlas of Invertebrate Viruses. J.R. Adams and J.R. Bonami (eds). CRC Press, Boca Raton, Florida.
27. **Garzon, S. and G. Charpentier.** 1991. Nodaviridae. Pages 351-370. In: Atlas of Invertebrate Viruses. J.R. Adams and J.R. Bonami (eds.). CRC Press.
28. **Goodwin, R.H., R.J. Milner and C.D. Beaton.** 1991. Entomopoxvirinae. Pages 259-285. In: Atlas of invertebrate viruses. J.R. Adams and J.R. Bonami (eds). CRC Press, Boca Raton, Florida.
29. **Goulson, D.** 1997. Wipfelkrankheit: modification of host behavior during baculoviral infection. Oecologia (Berlin), 109: 219-228.
30. **Granados, R.R. and K.A. Lawler.** 1981. In vivo pathway of *Autographa californica baculovirus* invasion and infection. Virology, 108: 297-308.
31. **Grzywacz, D., R.J. Rabindra, M. Brown, K.A. Jones and M. Parnell.** 2004. The *Helicoverpa Armigera* NPV Production Manual, Part 1. 104 pp.
32. **Hall, D.W. and D.W. Anthony.** 1971. Pathology of a mosquito iridescent virus (MIV) infecting Aedes taeniorhynchus. Journal of Invertebrate Pathology, 18: 61- 69.
33. **Hamm, J.J., S.D. Pair and O.G. Marti.** 1986. Incidence and host range of a new ascovirus isolated from fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Florida Entomologist, 69: 524-541.
34. **Hanzlik, T.N. and K.H.J. Gordon.** 1997. The Tetraviridae. Advances in Virus Research, 48: 101–168.
35. **Hartley, C.J., D.R. Greenwood, R.J. Gilbert, A. Masoumi, K.H. Gordon, T.N. Hanzlik, E.E. Fry, D.I. Stuart and P.D. Scotti.** 2005. Kelp fly virus: a novel group of insect picorna-like viruses as defined by genome sequence analysis and a distinctive virion structure. Journal of Virology, 79: 13385-13398.
9. **Ball, L.A. and K.L. Johnson.** 1998. Nodaviruses of insects. Pages 225-267. In: The insect viruses. L.K. Miller and L.A. Ball (eds). New York, N.Y: Plenum Publishing Corporation, New York, N. Y.
10. **Bardeletti G., N. Kessler and M. Aymard-Henry.** 1975. Morphology, biochemical analysis and neuraminidase activity of rubella virus. Archives of Virology, 49: 175–186.
11. **Bonning, B.C.** 2009. The Dicistroviridae: an emerging family of invertebrate viruses. Virologica Sinica, 24: 415–427.
12. **Boucias, D.G., J.E. Maruniak and J.C. Pendland.** 1987. Characterization of an iridovirus isolated from the southern mole cricket, Scapteriscus vicinus. Journal of Invertebrate Pathology, 50: 238-245.
13. **Brown, C.R., M.B. Brown, A. Padhi, J.E. Foster, A.T. Moore, M. Pfeffer and N. Komar.** 2008. Host and vector movement affects genetic diversity and spatial structure of Buggy Creek virus (Togaviridae). Molecular Ecology, 17: 2164–2173.
14. **Browning, H.W., B.A. Federici and E.R. Oatman.** 1982. Occurrence of a disease caused by a rickettsia-like organism in a larval population of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*, in southern California. Environmental Entomology, 11: 550-554.
15. **Burtt, E**. 1945. Hypertrophied salivary glands in Glossina: evidence that G. pallidipes with this abnormality is particularly suited to trypanosome infection. Annals of Tropical Medicine and Parasitology, 39: 11–13.
16. **Carner, G.R. and J.S. Hudson.** 1983. Histopathology of virus-like particles in *Heliothis* spp. Journal of Invertebrate Pathology, 41: 238-249.
17. **Castón, J.R., J.F. Rodríguez and J.L. Carrascosa.** 2008. Infectious Bursal Disease Virus (IBDV): A Segmented Double-Stranded RNA Virus With a T=13 Capsid That Lacks a T=1 Core. Pages 133-144. In: Segmented Double-stranded RNA Viruses: Structure and Molecular Biology. J.T. Patton (ed.). Caister Academic Press, Norfolk. UK.
18. **Chinchar, V.G., S. Essbauer, J.G. He, A. Hyatt, T. Miyazaki, V. Seligy and T. Williams.** 2005. Iridoviridae. Pages 163-175. In: Virus Taxonomy: 8th Report of the International Committee on the Taxonomy of Viruses. C.M. Fauquet, M.A. Mayo, J. Maniloff, U. Desselberger and L.A. Ball (eds.). London, Elsevier, 1259 pp.
19. **Christian, P.D. and P.D. Scotti.** 2006. The invertebrate small RNA viruses; changing perceptions and 40 years of evolving taxonomy. Pages 11-43. In: Bee Research and Virus in Europe (BRAVE) Symposium proceedings. France: Sophia-Antipolis.
20. **Christian, P., E. Carstens, L. Domier, J. Johnson, K. Johnson, N. Nakashima, P. Scotti and F. van der Wilk.** 2005. *Dicistroviridae.* Pages 783-788. In: Virus Taxonomy VIII. C.M. Fauquet, M.A. Mayo, J. Maniloff, U. Desselberger and L.A. Ball (eds). Elsevier Academic Press, San Diego.
21. **Clarke, E.E., M. Tristem, J.S. Cory and D.R. O'Reilly.** 1996. Characterization of the ecdysteroid UDPglucosyltransferase gene from the *Mamestra*

l'insecte et de ses degats et biologie dans le sud-est de la France. Revue de zoologie Agricole et pathologie Vegetale, 72: 65–92.

51. **Mahmoud, D.M., R.K.A. Hamed, A.E.M. Seufi, M.S. Salama, N.M.L. Diwan and A.M. El Shafei.** 2009. Toxicity and biological effects of three Egyptian isolates of baculovirus on the cotton leaf worm, *Spodoptera littoralis* (boisd). Egyptian Journal of Biological Sciences, 2: 219- 226.
52. **Marina, C.F., J. Arredondo-Jiménez, A. Castillo and T. Williams.** 1999. Sub-lethal effects of iridovirus disease in a mosquito. Oecologia, 119: 383-388.
53. **Mengeling, W.L. and R.C. Cutlip.** 1975. Pathogenesis of in utero infection: experimental infection of five-week-old porcine fetuses with porcine parvovirus. American Journal of Veterinary Research, 36: 1173–1177.
54. **Mertens, P.P.C., S. Rao and H. Zhou.** 2004. Cypovirus. Pages 522-533. In: Virus Taxonomy, 8th Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. C.M. Fauquet, M.A. Mayo, J. Maniloff, U. Desselberger and L.A. Ball (eds.). Elsevier/Academic Press, London.
55. **Miller, L.K.** 1998. Ascoviruses. Pages 91-103. In: The Insect Viruses. L.K. Miller and L.A. Ball (eds.). Plenum Press, New York.
56. **Mingxiao, M., L. Jian, Y. Song, W. Shude and L. Pengfei.** 2011. Molecular and biological characterization of Chinese sacbrood virus LN isolate. Comparative and Functional Genomics, Article ID 409386, 10 pp.
57. **Mohammad, G., A. Khadam and A.M. Basheer.** 2013. Contribution of entomopathogenic viruses in regulating the population of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) in cotton fields at AL-Hasaka governorate, Syria. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 23: 291-295
58. **Murphy, F.A., C.M. Fauquet, D.H.L Bishop, S.A. Ghabrial, A.W. Jarvis, G.P. Martelli, M.A. Mayo and M. D. Summers (eds.).** 1995. Virus Taxonomy - The Classification and Nomenclature of viruses: Sixth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Springer-Verlag, New York. 586 pp.
59. **Ohba, M.** 1975. Studies on the parthogenesis of Chilo iridescent virus. 3. Multiplication of CIV in the silkworm *Bombyx mori* L. and field insects. Science Bulletin of the Faculty of Agriculture, Kyushu University, 30: 71-81.
60. **O'Reilly, D.R**. 1995. Baculovirus-encoded UDP-glucosyltransferases. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 25: 541-550.
61. **O'Reilly, D.R. and L.K. Miller.** 1991. Improvement of a baculovirus pesticide by deletion of the egt gene. Biotechnology, 9: 1086–1089.
62. **Paula, T., R. Pablo, V. Eugenia, B. Pablo, P. Sabino, M. José, M. Antonio, H.M. Dolores, L. Pablo, G.S. Javier and S. Vincente.** 2009. New drug targets for hepatitis C and other Flaviviridae viruses. Infect Disord Drug Targets, 9:133-147.
63. **Possee, R.D. and G.F. Rohrmann.** 1997. Baculovirus genome organization and evolution. Pages 109-140. In:
36. **Henderson, C.W., C.L. Johnson, S.A. Lodhi and S.L. Bilimoria**. 2001. Replication of Chilo iridescent virus in the cotton boll weevil, *Anthonomus grandis*, and development of an infectivity assay. Archives of Virology, 146: 767-775.
37. **Herzog, G.A. and J.R. Phillips.** 1982. Manifestation of an abnormal reproductive system in a laboratory strain of the bollworm *Heliothis zea*. Journal of the Georgia Entomological Society, 17: 506-513.
38. **Huang, Y., Z. Mi, L. Zhuang, M. Ma, X. An, W. Liu, W. Cao and Yigang Tong.** 2013. Presence of entomobirnaviruses in Chinese mosquitoes in the absence of Dengue virus co-infection. Journal of General Virology, 94: 663–667.
39. **Hudson, J.S. and G.R. Carner.** 1981. Histopathology of an unidenti®ed virus of *Heliothis zea* and *Heliothis virescens*. Proceedings of the Southeast Electron Microscopy Society, 4: 27.
40. **Hukuhara, T. and J.R. Bonami.** 1991. Reoviridae. Pages 394-430. In: Atlas of Invertebrates. J.R. Adams and J.R. Bonami (eds.). Boca Raton, FL: CRC Press.
41. **Hull, R., F. Brown and C. Payne.** 1989. Pages 266-271. In: Virology: Directory and Dictionary of Animal, Bacterial, and Plant Viruses. Macmillan, London.
42. **Ibarra, J.E. and M.C.D. Rincon-Castro.** 2008. Insect viruses: diversity, biology, and use as bioinsecticides. Pages 1-31. In: Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK.
43. **Jaenson, T.G.T.** 1986. Sex ratio distortion and reduced lifespan of *Glossina pallidipes* infected with the virus causing salivary gland hyperplasia. Entomologia Experimentalis et Applicata, 41: 256–271.
44. **Jakob, N.J., R.G. Kleespies, C.A. Tidona, K. Müller, H.R. Gelderblom and G. Darai.** 2002. Comparative analysis of the genome and host range characteristics of two insect iridoviruses: Chilo iridescent virus and a cricket iridovirus isolate. Journal of General Virology, 83: 463-470.
45. **Johnson, J.E. and V. Reddy.** 1998. Structural studies of nodaviruses and tetraviruses. Pages 171-224. In: The Insect viruses. Lois K. Miller and Laurence Andrew Ball (eds.). Plenum Press, New Yorq.
46. **King, A.M.Q., M.J. Adams, E.R. Carstens and E.J. Lefkowitz.** 2009. Virus Taxonomy: the nineth ICTV report. 210 pp.
47. **Kool, M. and J.M. Vlak.** 1993. The structural and functional organization of the *Autographa californica* nuclear polyhedrosis virus genome. Archives of Virology, 130: 1-16.
48. **Levy, J.A., H. Fraenkel–Conrat and R.A. Owens (eds.).** 1994. Virology (3rd ed.). Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 447 pp.
49. **Lietze, V.U., C.J. Geden, P. Blackburn and D.G. Boucias.** 2007. Effects of salivary gland hypertrophy virus on the reproductive behavior of the housefly, Musca domestica. Applied and Environmental Microbiology, 73: 6811–6818.
50. **Lyon, J.P.** 1973. La mouche des Narcisses (Merodon equestris F., Diptere, Syrphidae). I. Identification de

DNA in the lepidopteran host *Heliothis virescens*. Journal of General Virology, 67: 1961–1969.

77. **Thompson, A.C. and P.P. Sikorowski.** 1981. Energy difference in lipid and glycogen metabolism of healthy and iridescent virus infected *Heliothis zea* (Boddie). Comparative Biochemistry and Physiology, 70B: 179-183.
78. **Tijssen, P. and M. Bergoin.** 1995. Densonucleosis viruses constitute an increasingly diversified subfamily among the parvoviruses. Seminars in Virology, 6: 347-355.
79. **Tonka, T. and J. Weiser.** 2000. Iridovirus infection in mayfly larvae. Journal of Invertebrate Pathology, 76: 229-231.
80. **Wang, X., J. Zhang, J. Lu, F. Yi, C. Liu and Y. Hu.** 2004. Sequence analysis and genomic organization of a new insect picorna-like virus, isolated from *Ectropis oblique.* Journal of General Virology, 85:1145–1151.
81. **Webb, B.A.** 1998. Polydnavirus biology, genome structure, and evolution. Pages 105-139. In: The Insect Viruses. L.K. Miller and L.A. Ball (eds.). Plenum Press, New York.
82. **Whitfield, J.B.** 1997. Molecular and morphological data suggest a single origin of the polydnaviruses among braconid wasps. Naturwissenschaften, 84: 502–507.
83. **Whitnall, A.B.M.** 1934. The trypanosome infections of Glossina pallidipes in the Umfolosi Game Reserve, Zululand. The Onderstepoort Journal of Veterinary Science and Animal, 2: 7–21.
84. **Williams, T.** 1993. Covert iridovirus infection of blackfly larvae. Proceedings of the Royal Society B: Biological, 251: 225-230.
85. **Wood, H.A. and R.R. Granados.** 1991. Genetically engineered baculoviruses as agents for pest control. Annual Review of Microbiology, 45: 69-87.
86. **Wu, C.Y., C.F. Lo, C.J. Huang, H.T. Yu and C.H. Wang.** 2002. The complete genome sequence of Perina nuda picorna-like virus, an insect-infecting RNA virus with a genome organization similar to that of the mammalian picornaviruses. Virology, 294: 312–323.
87. **Xeros, N.** 1954. A second virus disease of the leather-jacket, *Tipula paludosa*. Nature, 174: 562 563.
88. **Yang, C., G. Ji, H. Liu, K. Zhang, G. Liu, F. Sun, P. Zhu and L. Cheng.** 2012. Cryo-EM structure of a transcribing cypovirus. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109: 6118.
89. **Zambon, R.A., M. Nandakumar, V.N. Vakharia and L.P. Wu.** 2005. The Toll pathway is important for an antiviral response in Drosophila. Proceedings of the National Academy of Sciences, 102: 7257–7262.

The baculoviruses. L.K. Miller (ed.). New York, N.Y: Plenum Press.

64. **Renault, S., A. Petit, F. Bénédet, S. Bigot and Y. Bigot.** 2002. Effects of the *Diadromus pulchellus* ascovirus, DpAV-4, on the hemocytic encapsulation response and capsule-melanization of the leek-moth pupa, *Acrolepiopsis assectella*. Journal of Insect Physiology, 48: 297–302.
65. **Sang, R.C., W.G.Z.O. Jura, L.H. Otieno, P.M. Tukei and R.W. Mwangi.** 1997. Effects of tsetse DNA virus infection on the survival of a host fly *Glossina morsitans* centralis (Diptera: Glossinidae). Journal of Invertebrate Pathology, 69: 253–260.
66. **Scherer, W.F. and H.S. Hurlbut.** 1967. Nodamura virus from Japan: A new and unusual arbovirus resistant to diethyl ether and chlororm. American Journal of Epidemiology, 86:271-285.
67. **Schmidt, O., M. Theopold and M.R. Strand.** 2001. Innate immunity and its evasion and suppression by hymenopteran endoparasitoids. Bioessays, 23: 344–351.
68. **Scotti, P.D. and S. Fredericksen.** 1987. Manawatu virus: a nodavirus isolated from *Costelytra zealandica* (White) (Coleoptera: Scarbaeidae). Archives of Virology, 97: 85-92.
69. **Seufi, A.M.** 2008. Characterization of an Egyptian *Spodoptera littoralis* nucleopolyhedrovirus and a possible use of a highly conserved region from polyhedrin gene for nucleopolyhedrovirus detection. Virology Journal, 5:13.
70. **Shwed, P.S., P. Dobos, L.A. Cameron, V.N. Vakharia and R. Duncan.** 2002. Birnavirus VP1 proteins form a distinct subgroup of RNA-dependent RNA polymerases lacking a GDD motif. Virology, 296: 241-250.
71. **Sikoroswki, P.P. and G.E. Tyson.** 1984. Per os transmission of iridescent virus of *Heliothis zea* (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Invertebrate Pathology, 44: 97-102.
72. **Stoltz, D.B. and S.B. Vinson.** 1979. Viruses and parasitism in insects. Advances in Virus Research, 24:125–171.
73. **Strand, M.R., D.I. McKenzie, V. Grassl, B.A. Dover and J.M. Aiken.** 1992. Persistence and expression of Microplitis demolitor polydnavirus in Pseudoplusia includens. Journal of General Virology, 73: 1627–1635.
74. **Strauss, J.H. and E.G. Strauss.** 1994. The alphaviruses: gene expression, replication, and evolution. Microbiological Reviews, 58:491–562.
75. **Tanada, Y. and H.K. Kaya**. 1993. Insect Pathology. Academic Press, San Diego. 666 pp.
76. **Theilmann, D.A. and M.D. Summers**. 1986. Molecular analysis of Campoletis sonorensis virus

Received: July 24, 2015; Accepted: February 4, 2016

تاريخ الاستلام: 2015/7/24؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2016/2/4