



Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών(ΠΜΣ)

«Καινοτόμα Συστήματα Αειφόρου Αγροτικής Παραγωγής»

Κατεύθυνση: Ορθολογική Διαχείριση Φυτικού Κεφαλαίου
και Εδαφοδατικών Πόρων

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Φυσικό εύρος ξενιστών του ιού του ίκτερου των
νεύρων της πιπεριάς

(Pepper vein yellow virus-PeVYV)

ΤΗΣ

ΕΙΡΗΝΗΣ ΒΑΖΑΝΕΛΛΗΣ

Επιβλέπων Καθηγητής: Νικόλαος Κατής

Ιολόγος- Φυτοπαθολόγος

Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος, 2019

Στους αδερφούς μου,
Θεολόγο, Σάββα και Μιχάλη!

Πρόλογος- Ευχαριστίες

Η παρούσα διατριβή εκπονήθηκε κατά το έτος 2017 στο εργαστήριο Φυτοπαθολογίας της Γεωπονικής Σχολής του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ) στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Καινοτόμα Συστήματα Αειφόρου Αγροτικής Παραγωγής» του ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

Ολοκληρώνοντας την προσπάθεια αυτή αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην πραγματοποίησή της. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Νικόλαο Ι. Κατή για την συνεχή καθοδήγηση, την άριστη συνεργασία, την υπομονή αλλά και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος.

Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον διδάκτορα Λεωνίδα Λωτό, στις υποψήφιες διδάκτορες Χρύσα Ορφανίδου και Λητώ Σασσάλου, καθώς και τον κ. Κωνσταντίνο Ευθυμίου για τη συνεχή βοήθεια τους και τις πολύτιμες υποδείξεις τους.

Ευχαριστώ όλους τους διδάσκοντες του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών για τη συνεργασία μας και τις γνώσεις που μου μετέδωσαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Ηλία Ελευθεροχωρινό για την βοήθεια του στην αναγνώριση/ ταυτοποίηση πολλών αυτοφυών φυτών.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ αρμόζει στους γονείς μου Νικόλαο και Καλλιόπη και στον Αθανάσιο Μάντζο που ήταν πάντα δίπλα μου και με ενθάρρυναν κάθε στιγμή.

Περίληψη

Οι πιπεριές αποτελούν μια οικονομικά σημαντική καλλιέργεια της οικογένειας Solonaceae. Οι ιολογικές ασθένειες συνιστούν σοβαρή απειλή για την παραγωγή των πιπεριών, καθώς τουλάχιστον 68 διαφορετικοί ιοί έχουν αναφερθεί ότι μολύνουν την πιπεριά, με αποτέλεσμα τη μείωση της συνολικής απόδοσης (Perenzy κ.α., 2003). Ο ιός του ικτέρου των νεύρων της πιπεριάς (*Pepper vein yellow virus- PeVYV*) αποτελεί ένα αναδυόμενο ιό της πιπεριάς τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς. Στην Ελλάδα, για πρώτη φορά ο ιός κάνει την εμφάνιση του στην Ιεράπετρα Κρήτης (Λωτός, 2016). Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκε το εύρος των φυσικών ξενιστών του ιού για την καλύτερη κατανόηση και τη μελέτη της επιδημιολογίας τους. Για τον σκοπό αυτό, κατά το έτος 2017, πραγματοποιήθηκαν εκτεταμένες δειγματοληψίες συμπτωματικών αυτοφυών φυτών, που γειτνιάζαν με τις καλλιέργειες πιπεριάς, από την Ιεράπετρα Κρήτης. Από τα φυτικά δείγματα πραγματοποιήθηκε εξαγωγή ολικού RNA και εφαρμόστηκε αντίστροφη μεταγραφή - αλυσιδωτής αντίδρασης της πολυμεράσης (Reverse transcription - Polymerase chain reaction, RT-PCR). Συνολικά ελέγχθηκαν 310 αυτοφυή φυτά και ήταν τα εξής: *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Cladanthus murtus*, *Conyza spp*, *Cynara cardunculus*, *Sonchus kirkii*, *Sonchus oleraceus*, *Sinapis L.* *Heliotropium europaeum*, *Stellaria media*, *Calystegia sepium*, *Lactuca serriola L.*, *Euphorbia helioscopia*, *Medicago sativa*, *Melilotus sp.*, *Trifolium spp*, *Malva spp*, *Papaver rhoeas*, *Oxalis perscapae*, *Solanum nigrum*, *Bifora radians M. Bieb* και *Parietaria judaica*. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε κανένα δεν ανιχνεύτηκε ο PeVYV, ενώ σε ένα μόνο δείγμα του φυτικού είδους Polerovirus ανιχνεύτηκε ο ιός του ήπιου ικτέρου των τεύτλων (*Beet mild yellowig virus-BMYV*). Η παρουσία του BMYV ανιχνεύθηκε στο είδος *Solanum nigrum*.

Λέξεις κλειδιά: Πιπεριά, *Pepper vein yellow virus- PeVYV*, Polerovirus, ξενιστές, μεσονεύριος ίκτερος, καρούλιασμα των φύλλων

Abstract

Bell pepper (*Capsicum annum* L.) is an economically important crop plant of the nightshade family (Solanaceae). Viral diseases pose a major threat to pepper production, as at least 68 different viruses have been reported to infect pepper plants, resulting in a global yield reduction (Pernezny et al., 2003). *Pepper vein yellow virus* (PeVYV) is an emergent virus of pepper in Greece and worldwide. This is the first time that PeVYV has appeared in the Ierapetra of Crete in Greece (Lotos, 2016). In the present study the natural host range of the virus inducing yellowing in pepper crops was investigated. During 2017, symptomatic weeds samples of infected crops were collected from Ierapetra of Crete. Total RNA was isolated from all plant samples and reverse transcription - polymerase chain reaction (RT-PCR) assay was applied to detect and differentiate the virus. In total, 310 weed samples were tested and were the following: *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Cladanthus murtus*, *Conyza* spp, *Cynara cardunculus*, *Sonchus kirkii*, *Sonchus oleraceus*, *Sinapis* L. *Heliotropium europaeum*, *Stellaria media*, *Calystegia sepium*, *Lactuca serriola* L., *Euphorbia helioscopia*, *Medicago sativa*, *Melilotus* sp., *Trifolium* spp, *Malva* spp, *Papaver rhoeas*, *Oxalis perscapae*, *Solanum nigrum*, *Bifora radians* M. Bieb and *Parietaria judaica*. The results showed that none of samples were detected of PeVYV, except from one sample which was detected of *Beet mild yellowing virus* (BMYV). The BMYV belongs to the family of Polerovirus and the positive sample of this virus was *Solanum nigrum*.

Linking words: Pepper, *Pepper vein yellow virus*- PeVYV, Polerovirus, Host plants, Interveinal yellowing, Leafroll

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος- Ευχαριστίες.....	ii
Περίληψη	iii
Abstract.....	iv
Κατάλογος Πινάκων	viii
Κατάλογος Εικόνων	viii
Συνομογραφίες ιών	ix
Άλλες Συνομογραφίες.....	xv
ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	1
1.1 Εισαγωγή	2
1.2 Η Οικογένεια Luteoviridae	8
1.2.1. Ιστορική Αναδρομή	8
1.2.2. Ιδιότητες της οικογένεια Luteoviridae.....	10
1.3 Τα μέλη της οικογένειας Luteoviridae.....	15
1.3.1 Γένος Luteovirus.....	15
1.3.2 Γένος Polerovirus.....	20
1.3.3 Γένος Enamovirus.....	25
1.4. Μέλη του γένους Polerovirus.....	32
1.5 Ιοί που προκαλούν συμπτώματα ικτέρου στην πιπεριά.....	35
1.5.1 Ιός του κίτρινου κατσαρώματος των φύλλων της πιπεριάς (<i>Pepper yellow leafroll chlorosis virus -PYLCV</i>)	35
1.5.2 Ιός του χλωρωτικού καρουλιάσματος των φύλλων της πιπεριάς (<i>Pepper leafroll chlorosis virus-PeLRCV</i>)	38
1.5.3 Ιός του ίκτερου των νεύρων της πιπεριάς (<i>Pepper vein yellows virus-PeVYV</i>)	41
1.5.4 Μέθοδοι ανίχνευσης του PeVYV.....	48
1.6 Σκοπός της εργασίας.....	50
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: Μελέτη του εύρους ξενιστών του PeVYV	51
2. Ταυτοποίηση των αυτοφυών-φυτών ξενιστών του ιού PeVYV.....	52

2.1 Εισαγωγή.....	52
2.2 Υλικά και Μέθοδοι.....	54
2.3 Αποτελέσματα.....	59
2.4 Συζήτηση.....	62
Βιβλιογραφία	64
Παράρτημα	75

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1: Ιοί που προσβάλλουν την πιπεριά.....	2
Πίνακας 1.2: Οι πρωτεΐνες των διαφόρων ORF σε μεγέθη (kDa) και οι πιθανές λειτουργίες τους.	13
Πίνακας 1.3: Μέλη του γένους Luteovirus.	17
Πίνακας 1.4: Μέλη άλλων σχετικών ιών που ίσως ανήκουν στο γένος Luteovirus, αλλά δεν έχουν εγκριθεί ως είδη.	19
Πίνακας 1.5: Μέλη του γένους Polerovirus.	21
Πίνακας 1.6: Μέλη άλλων σχετικών ιών που ίσως ανήκουν στο γένος Polerovirus, αλλά δεν έχουν εγκριθεί ως είδη.	23
Πίνακας 1.7: Μέλη του γένους Enamovirus.	26
Πίνακας 1.8: Μέλη που δεν έχουν ακόμη συμπεριληφθεί στην οικογένεια Luteoviridae.	27
Πίνακας 1.9: Μέλη άλλων σχετικών ιών που ίσως ανήκουν στο γένος Enamovirus, αλλά δεν έχουν εγκριθεί ως είδη.	28
Πίνακας 1.10: Επίσημοι αναγνωρισμένοι ιοί του γένους Polerovirus.....	32
Πίνακας 1.11: Δυνητικά νέοι ιοί του γένους Polerovirus.	33
Πίνακας 1.12: Φυτικά είδη που προσβάλλονται από τον PYLCV.....	37
Πίνακας 1.13: Καλλιεργούμενα φυτά και ζιζάνια που προσβάλλονται από τον ιό του PeLRCV.	39
Πίνακας 1.14: Φυτικά είδη που προσβάλλονται από τον PeVYV.....	44
Πίνακας 2.1: Είδη αυτοφυών φυτικών ειδών που συλλέχθηκαν από την περιοχή της Ιεράπετρας.	51
Πίνακας 2.2: Εκκινητές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανίχνευση του PeVYV.	57

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Σφαιρικά σωματίδια περίπου 25-30 nm με διάμετρο με $T = 3$ εικοσαεδρική συμμετρία αποτελούμενη από 180 πρωτεΐνες CP.	10
Εικόνα 2: Γραμμικό, ssRNA (+) γονιδίωμα 5,3-5,7 kb. Οι Polero-ιοί και οι Enamo-ιοί έχουν μια πρωτεΐνη VPg συνδεδεμένη στο 5' άκρο. Δεν υπάρχει πολύ (A) ουρά "poly(A) tail" ή παρόμοια tRNA της δομής στο 3' άκρο.	16
Εικόνα 3: Γραμμικό θετικής πολικότητας RNA (ssRNA (+)) γονιδίωμα μεγέθους 5,3-5,7 kb με VPg δεσμευμένο στο 5' άκρο. Δεν υπάρχει δομή τύπου πολύ (A) ουρά "poly(A) tail" ή tRNA στο 3' άκρο.	20
Εικόνα 4: Γραμμικό, ssRNA (+) γονιδίωμα 5,7 kb με VPg δεσμευμένο στο 5' άκρο. Δεν υπάρχει δομή τύπου πολυ(A)ουράς "poly(A) tail" ή tRNA στο 3' άκρο. Δεδομένου ότι το γονιδίωμα PEMV-1 δεν κωδικοποιεί οποιαδήποτε πρωτεΐνη κίνησης, ο ιός απαιτεί από το κύτταρο ξενιστή να μολυνθεί ταυτόχρονα με έναν ιό του γένους Umbravirus για συστηματική μετακίνηση.	25
Εικόνα 5: Οι φυλογενετικές αναλύσεις των αλληλουχιών των (αριστερά) πρωτεϊνών ανάγνωσης (ORFs 3 & 5) και (δεξιά) της πολυμεράσης (ORF 2) εκπροσωπούν τα είδη στην οικογένεια Luteoviridae.	30
Εικόνα 6: Το διάγραμμα απεικονίζει την οργάνωση του γονιδιώματος και τον χάρτη των προϊόντων μετάφρασης για τους ιούς της οικογένειας Luteoviridae. Οι στερεές γραμμές αντιπροσωπεύουν το RNA, τα πλαίσια αντιπροσωπεύουν τα ORFs και τα λεπτότερα πλαίσια αντιπροσωπεύουν τα προϊόντα μετάφρασης. Τέλος τα γκρι οβάλ αντιπροσωπεύουν τα VPgs.	31
Εικόνα 7: Συμπτώματα που προκλήθηκαν από τον PYLCV, (a) Συχνότητα εμφάνισης ασθένειας στην πιπεριά που καλλιεργείται σε ένα θερμοκήπιο στην κοιλάδα της Αβάνας στο Ισραήλ, (b και d) μεσονεύριος ίκτερος και μείωση των μεσογονάτιων διαστημάτων, (a και c) σημαντική μείωση των μεσογονάτιων διαστημάτων που οδηγεί σε στασιμότητα ανάπτυξης των φυτών, (e) αποχρωματισμός καρπών και μείωση του μεγέθους τους.	36
Εικόνα 8: Συμπτώματα Polero-ιού σε φυτά πιπεριάς. Τα συμπτωματικά φυτά εμφάνιζαν συστροφή των φύλλων προς τα επάνω και μεσονεύριο ίκτερο (A και B), καθώς και παραμορφωμένους καρπούς (C), σε αντίθεση με τους υγιείς (D).	39
Εικόνα 9: Φύλλα και καρποί με και χωρίς τον PeVYV.	42
Εικόνα 10: Μεσονεύριος ίκτερος που μολύνθηκε από τον ιό του PeVYV στην ποικιλία <i>Capsicum frutescens</i> PeVYV.	42
Εικόνα 11: Συμπτώματα του PeVYV σε φυτό πιπεριάς.	43
Εικόνα 12: Μετάδοση του PeVYV με την βοήθεια των φορέων <i>A. gossypii</i> και <i>M. persicae</i> .	44

Εικόνα 13: Τα ανοιχτά πλαίσια ανάγνωσης του PeVYV.	46
Εικόνα 14: Ηλεκτοφόρηση σε πηκτή αγαρόζης των προϊόντων της μεθόδου γενικής ανίχνευσης rolero-ιών. Θετική ανίχνευση του ιού BMYV.	59
Εικόνα 15: Ιός του ήπιου ίκτερου των τεύτλων (<i>Beet mild yellowing virus</i> - BMYV).	61
Εικόνα 16: Τα συμπτώματα του BMYV είναι κίτρινο-πορτοκαλί αποχρωματισμός στα άκρα των φύλλων, καρούλιασμα και κιτρίνισμα των παλαιότερων φύλλων.	61

Συντομογραφίες ιών

BChV	Ιός της χλώρωσης των τεύτλων (<i>Beet chlorosis virus</i>)
BChV-2a	Ιός της χλώρωσης των τεύτλων- 2a (<i>Beet chlorosis virus - 2a</i>)
BLRV	Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων του φασολιού (<i>Bean leafroll virus</i>)
BLRV-Michigan	Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων του φασολιού- Michigan (<i>Bean leafroll virus – Michigan</i>)
BMYV	Ιός του ήπιου ίκτερου των τεύτλων (<i>Beet mild yellowing virus</i>)
BMYV-2ITB	Ιός του ίκτερου των τεύτλων- 2ITB (<i>Beet mild yellowing virus - 2ITB</i>)
BrYV	Ιός του ίκτερου των σταυρανθών (<i>Brassica yellows virus</i>)
BVG	Ιός G του κριθαριού (<i>Barley virus G</i>)
BWYV	Ιός του δυτικού ίκτερου των τεύτλων (<i>Beet western yellows virus</i>)
BWYV-USA	Ιός του δυτικού ίκτερου των τεύτλων- USA (<i>Beet western yellows virus – USA</i>)
BYDV-by	Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-by (<i>Barley yellow dwarf virus-by</i>)
BYDV-GAV	Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού- GAV (<i>Barley yellow dwarf virus-GAV</i>)

BYDV-GPV	Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού -GPV (<i>Barley yellow dwarf virus-GPV</i>)
BYDV-GPV-04FX6	Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού (<i>Barley yellow dwarf virus-GPV - 04FX6</i>)
BYDV-MAV- PSI	Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-MAV-PSI (<i>Barley yellow dwarf virus-MAV - PSI</i>)
BYDV-MAV	Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-MAV (<i>Barley yellow dwarf virus-MAV</i>)
BYDV-PAS	Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-PAS (<i>Barley yellow dwarf virus-PAS</i>)
BYDV-PAS-129	Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-PAS-129 (<i>Barley yellow dwarf virus-PAS – 129</i>)
BYDV-PAV- Australia	Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-PAV- Αυστραλίας (<i>Barley yellow dwarf virus-PAV – Australia</i>)
BYDV-PAV	Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-PAV (<i>Barley yellow dwarf virus-PAV</i>)
BYDV-RGV	Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-RGV (<i>Barley yellow dwarf virus-rgv=rice giallume</i>)
BYDV-RMV	Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-RMV (<i>Barley yellow dwarf virus-RMV</i>)
BYDV-RMV-Illinois	Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού- RMV – Illinois (<i>Barley yellow dwarf virus-RMV – Illinois</i>)
BYDV-SGV– NY	Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-SGV– NY (<i>Barley yellow dwarf virus-SGV– NY</i>)
CABYV	Ιός του αφιδομεταδιδόμενου ίκτερου των κολυκυθοειδών (<i>Cucurbit aphid-borne yellows virus</i>)
CABYV-N	Ιός του αφιδομεταδιδόμενου ίκτερου των κολυκυθοειδών- N (<i>Cucurbit aphid-borne yellows virus – N</i>)
CBTV	Ιός της φουντωτής κορυφής του βαμβακιού (<i>Cotton bunchy top virus</i>)
CLRDV	Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων με νανισμό του βαμβακιού (<i>Cotton leafroll dwarf virus</i>)
CMV	Ιός της ποικιλόχρωσης της πιπεριάς (<i>Chilli mottle virus</i>)

CpCSV- Et-fb-am1	Ιός του χλωρωτικού νανισμού του ρεβιθιού Et-fb-am1 (<i>Chickpea chlorotic stunt virus - Et-fb-am1</i>)
CpCSV	Ιός του χλωρωτικού νανισμού της ρεβιθιάς (<i>Chickpea chlorotic stunt virus</i>)
CpSDaV	Ιός που συσχετίζεται με τον νανισμό του ρεβιθιού (<i>Chickpea stunt disease associated virus</i>)
CpYV	Ιός του κίτρινου ρεβιθιού (<i>Chickpea yellows virus</i>)
CsPLV	Ιός της κασάβας (<i>Cassava polero-like virus</i>)
CtRLV	Ιός των κόκκινων φύλλων του καρότου (<i>Carrot red leaf virus</i>)
CtRLV-UK1	Ιός των κόκκινων φύλλων του καρότου- UK1 (<i>Carrot red leaf virus - UK1</i>)
CYDV- RPV - NY	Ιός του κίτρινου νανισμού των δημητριακών- RPV – NY (<i>Cereal yellow dwarf virus-RPV – NY</i>)
CYDV-RPS- Mex1	Ιός του κίτρινου νανισμού των δημητριακών-RPS- Mex1 (<i>Cereal yellow dwarf virus-RPS - Mex1</i>)
CYDV-RPS	Ιός του κίτρινου νανισμού των δημητριακών-RPS (<i>Cereal yellow dwarf virus-RPS</i>)
CYDV-RPV	Ιός του κίτρινου νανισμού των δημητριακών-RPS (<i>Cereal yellow dwarf virus-RPV</i>)
GRAV- M16GCP	Ιός της ροζέτας της αραχίδας- M16GCP (<i>Groundnut rosette assistor virus - M16GCP</i>)
GRAV	Ιός της ροζέτας της αραχίδας (<i>Groundnut rosette assistor virus</i>)
ISDV	Ιός του νανισμού της σόγιας στην Ινδονησία (<i>Indonesian soybean dwarf virus</i>)
LABYV	Ιός του αφιδομεταδιδόμενου ίκτερου του <i>Luffa acutangula</i> (<i>Luffa aphid-borne yellows virus</i>)
LST	Ιός του νανισμού της φακής (<i>Lentil stunt virus</i>)
LYV	Ιός του κίτρινου οσπρίου (<i>Legume yellows virus</i>)
MABYV– Beijing	Ιός του αφιδομεταδιδόμενου ίκτερου του πεπονιού – Beijing (<i>Melon aphid-borne yellows virus – Beijing</i>)
MABYV	Ιός του αφιδομεταδιδόμενου ίκτερου του πεπονιού (<i>Melon aphid-borne yellows virus</i>)

MAV	Ιός της μηδικής του Michigan (<i>Michigan alfalfa virus</i>)
MaYMV	Ιός του κίτρινου μωσαϊκού του αραβόσιτου (<i>Maize yellow mosaic virus</i>)
MYDV-RMV 2	Ιός 2 του κίτρινου νανισμού του αραβόσιτου-RMV(<i>Maize yellow dwarf virus-RMV 2</i>)
MYV	Ιός του ίκτερου της μολόχας (<i>Malva yellows virus</i>)
PABYV	Ιός του αφιδομεταδιδόμενου ίκτερου της κολοκυθιάς (<i>Pepo aphid-borne yellows virus</i>)
PBMYV	Ιός του ίκτερου του είδους <i>Macroptilium lathyroides</i> (<i>Phasey bean mild yellows virus</i>)
PCFVd	Ιοειδή στους καρπούς της πιπεριάς (<i>Pepper chat fruit viroid</i>)
PCV1	Κρυπτικός ιός της πιπεριάς 1 (<i>Pepper cryptic virus 1</i>)
PCV2	Κρυπτικός ιός της πιπεριάς 2 (<i>Pepper cryptic virus 2</i>)
PeLRCV	Ιός του χλωρωτικού καρουλιάσματος των φύλλων της πιπεριάς (<i>Pepper leafroll chlorosis virus</i>)
PeLRV	Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων του αρακά (<i>Pea leafroll virus</i>)
PEMV-1	Ιός του μωσαϊκού με γλωσσίδα του αρακά (<i>Pea enation mosaic virus-1</i>)
PEMV1-WSG	Ιός του μωσαϊκού με γλωσσίδα του αρακά -1 – WSG (<i>Pea enation mosaic virus-1 – WSG</i>)
PEPCSV	Ιός της κηλιδωτής χλόρωσης της πιπεριάς (<i>Pepper chlorotic spot virus</i>)
PepGMV	Ιός του χρυσού μωσαϊκού της πιπεριάς (<i>Pepper golden mosaic virus</i>)
PepLCBV	Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της πιπεριάς στο Μπαγκλαντές (<i>Pepper leaf curl Bangladesh virus</i>)
PepLCIV	Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της πιπεριάς στην Ινδονησία (<i>Pepper yellow leaf curl Indonesia virus</i>)
PepLCLaV	Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της πιπεριάς στη Λαχώρα (<i>Pepper leaf curl Lahore virus</i>)
PEPLCV	Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της πιπεριάς (<i>Pepper leaf curl virus</i>)

PepLCYuV	Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων στο Γιουνάν (<i>Pepper leaf curl Yunnan virus</i>)
PepMJV	Ιός του μωσαϊκού της πιπεριάς στο Χαλίσκο (<i>Pepper mosaic Jalisco virus</i>)
PepMoV	Ιός της ποικιλόχρωσης της πιπεριάς (<i>Pepper mottle virus</i>)
PepRSV	Ιός της δακτυλοειδής πιπεριάς (<i>Pepper ringspot virus</i>)
PepSMV	Ιός του σοβαρού μωσαϊκού της πιπεριάς (<i>Pepper severe mosaic virus</i>)
PepYLCV	Ιός του ικτέρου του κατσαρώματος των φύλλων της πιπεριάς (<i>Pepper yellow leaf curl virus</i>)
PepYMV	Ιός του μωσαϊκού ικτέρου της πιπεριάς (<i>Pepper yellow mosaic virus</i>)
PepYVMLV	Ιός του ικτέρου των νεύρων της πιπεριάς στο Μάλι (<i>Pepper yellow vein Mali virus</i>)
PepYVV	Ιός του κιτρινίσματος των νεύρων της πιπεριάς (<i>Pepper yellow vein virus</i>)
PeVYV	Ιός του ίκτερου των νεύρων της πιπεριάς (<i>Pepper vein yellows virus</i>)
PHV	Ιός huasteco της πιπεριάς (<i>Pepper huasteco virus</i>)
PHYVV	Ιός huasteco του ικτέρου του νεύρου της πιπεριάς (<i>Pepper huasteco yellow vein virus</i>)
PLRV	Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της πατάτας (<i>Potato leafroll virus</i>)
PMCV	Ιός της ήπιας χλώρωσης του αρακά (<i>Pea mild chlorosis virus</i>)
PMMV	Ιός της ήπιας ποικιλόχρωσης της πιπεριάς (<i>Pepper mild mottle virus</i>)
PMMoV	Ιός του ήπιου μωσαϊκού της πιπεριάς (<i>Pepper mild mosaic virus</i>)
PMTV	Ιός της ήπιας τιγρέ πιπεριάς (<i>Pepper mild tigre virus</i>)
PMV	Ιός του μωσαϊκού της πιπεριάς (<i>Pepper mosaic virus</i>)
PNSV	Ιός της κηλιδωτής νέκρωσης της πιπεριάς (<i>Pepper necrotic spot virus</i>)

PRLV-UK: Scotland	Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της πατάτας - UK:Scotland (<i>Potato leafroll virus -UK:Scotland</i>)
PVBMV	Ιός του μεταχρωματισμού της περιφέρειας των νεύρων της πιπεριάς (<i>Pepper vein banding mosaic virus</i>)
PVBV	Ιός στην περιφέρεια των νεύρων της πιπεριάς (<i>Pepper vein banding virus</i>)
PVMV	Ιός της ποικιλόχρωσης των νεύρων της πιπεριάς (<i>Pepper veinal mottle virus</i>)
PYLCTV	Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της πιπεριάς στην Ταϊλάνδη (<i>Pepper yellow leaf curl Thailand virus</i>)
PYLCV	Ιός του κίτρινου καρουλιάσματος των φύλλων της πιπεριάς (<i>Pepper yellow leafroll chlorosis virus</i>)
PYV	Ιός του ικτέρου της πιπεριάς (<i>Pepper yellows virus</i>)
RPCV-1	Κόκκινος κρυπτικός ιός της πιπεριάς 1 (<i>Pepper red cryptic virus 1</i>)
RPCV-2	Κόκκινος κρυπτικός ιός της πιπεριάς 2 (<i>Pepper red cryptic virus 2</i>)
RSDaV	Ανοιξιάτικη νόσος τριαντάφυλλου που συσχετίζεται με τον ιό (<i>Rose spring dwarf-associated virus</i>)
RSDaV-California	Ανοιξιάτικη νόσος τριαντάφυλλου που συσχετίζεται με τον ιό- της Καλιφόρνιας (<i>Rose spring dwarf-associated virus – California</i>)
SABYV	Ιός του αφιδομεταδιδόμενου ίκτερου του <i>Luffa cylindrica</i> (<i>Suakwa aphid-borne yellows virus</i>)
SaYV	Ιός του ίκτερου του είδους <i>Sauropus androgynus</i> (<i>Sauropus yellowing virus</i>)
SbDV- Tas-1	Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων του φασολιού -Tas-1 (<i>Soybean dwarf virus - Tas-1</i>)
SCRLV	Ιός της ποικιλοχλώρωσης του υπόγειου τριφυλλιού (<i>Subterranean clover red leaf virus</i>)
ScYLV	Ιός των κίτρινων φύλλων του ζαχαροκάλαμου (<i>Sugarcane yellow leaf virus</i>)
ScYLV-Florida	Ιός των κίτρινων φύλλων του ζαχαροκάλαμου -Florida (<i>Sugarcane yellow leaf virus – Florida</i>)

SGMV	Ιός του χρυσού μωσαϊκού της Serrano πιπεριάς (<i>Serrano golden mosaic virus</i>)
SPLSV– Peru	Ιός των στιγμάτων στα φύλλα γλυκοπατάτας- Περού (<i>Sweet potato leaf speckling virus – Peru</i>)
SPV1	Polero-ιός 1 της φράουλας (<i>Strawberry polerovirus 1</i>)
SYV	Ιός του ίκτερου της τομάτας (<i>Solanum yellows virus</i>)
TDV	Ιός της νόσου τιγρέ (<i>Tigre disease virus</i>)
TMYV	Ιός του ήπιου ικτέρου του γογγυλιού (<i>Turnip mild yellow virus</i>)
TNDV– Japan	Ιός του νεκρωτικού νανισμού του καπνού- Ιαπωνία (<i>Tobacco necrotic dwarf virus – Japan</i>)
TPV	Ιός της πιπεριάς του Τέξας (<i>Texas pepper virus</i>)
TuYV	Ιός του ίκτερου του γογγυλιού (<i>Turnip yellows virus</i>)
TuYV-FL-1	Ιός του ίκτερου του γογγυλιού - FL-1 (<i>Turnip yellows virus - FL-1</i>)
TVDV	Ιός της παραμόρφωσης των νεύρων του καπνού (<i>Tobacco vein distorting virus</i>)
TVDV-China:Longlin	Ιός της παραμόρφωσης των νεύρων του καπνού - China:Longlin (<i>Tobacco vein distorting virus - China: Longlin</i>)
TYTV	Ιός της κίτρινης κορυφής της ντομάτας (<i>Tomato yellow top virus</i>)
WYDV-GPV	Ιός του κίτρινου νανισμού του σιταριού-GPV (<i>Wheat yellow dwarf virus-GPV</i>)

Άλλες Συντομογραφίες

CP	Καψιδιακή πρωτεΐνη
DEPC	Διαθυλοπυροανθρακικός εστέρας
dNTP	5´ τριφωσφορικά δεοξυριβονουκλεοτίδια
dsRNA	Δίκλωνο RNA (double stranded RNA)
DTT	Διθειοθρεϊτόλη

EDTA	Αιθύλενο-διάμινο-τετραοξικό οξύ
ELISA	Ανοσοενζυμική δοκιμή (Enzyme-linked immunosorbent assay)
Enamo-ιοί	Ιοί του γένους Enamovirus
gRNA	Γενωμικό RNA (genomic RNA)
ICTV	Διεθνής Επιτροπή της Συστηματικής Ταξινόμησης των Ιών (International Committee on Taxonomy of Viruses)
kb	Χιλιάδες βάσεις
kDa	Χιλιάδες Dalton
Luteo-ιοί	Ιοί του γένους Luteovirus
MAbs	Μονοκλωνικά αντισώματα (Monoclonal antibodies)
ml	Χιλιοστά του λίτρου, κυβικά εκατοστά
mM	Χιλιοστομοριακότητα (Millimolar)
MP	Πρωτεΐνη διακυτταρικής μετακίνησης (Movement Protein)
NCR	Αμετάφραστη περιοχή (Non Coding Region)
nm	Νανόμετρα
nt	Νουκλεοτίδια (nucleotides)
ORF	Ανοιχτό πλαίσιο ανάγνωσης (Open Reading Frame)
PAbs	Πολυκλωνικά αντισώματα (Polyclonal Antibodies)
PCR	Αλυσιδωτή αντίδραση της πολυμεράσης
Polero-ιοί	Ιοί του γένους Ploverovirus
RdRp	RNA εξαρτώμενη-RNA πολυμεράση (RNA dependant-RNA polymerase)
RNA	Ριβονουκλεϊκό οξύ (Ribonucleic acid)
RT-PCR	Αντίστροφη μεταγραφή PCR
satRNA	Δορυφορικό RNA (satellite RNA)
sgRNA	Υπογενωμικό RNA (sub genomic RNA)
ssRNA	Μονόκλωνο RNA (single stranded RNA)

TRIS	2-άμινο-2-υδροξυμέθυλο-1,3-προπανοδιόλη [2-Amino-2-(hydroxymethyl)-1,3- propanediol]
U	Ενεργότητα ενζύμου (Enzyme unit)
Vpg	Ιική πρωτεΐνη συνδεδεμένη με το γονιδιώμα (Viral Protein genome- linked)
ζβ	Ζεύγη βάσεων
λουτεοϊοί	Ιοί της οικογένειας Luteoviridae
μl	Μικρόλιτρα

Μέρος Πρώτο: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Εισαγωγή

Η πιπεριά είναι ένα από τα σημαντικότερα λαχανικά παγκοσμίως με μια παραγωγή της τάξης του 75% να προέρχεται από την Κίνα, το Μεξικό, την Τουρκία, την Ινδονησία και την Ισπανία (FAO, 2014). Οι καυτερές πιπεριές είναι το βασικότερο μπαχαρικό της ινδονησιακής κουζίνας, καθώς παράγει 1875 χιλιάδες τόνους φρέσκων πιπεριών το έτος 2014 (Koeda et al., 2017).

Στην Ελλάδα σύμφωνα με το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (2003), η θερμοκηπιακή καλλιέργεια πιπεριάς κατέλαβε έκταση 6.392 στρέμματα και μέση απόδοση 7.786 χγρ/στρ. Την ίδια χρονιά, η υπαίθρια καλλιέργεια κατέλαβε έκταση 32.239 στρέμματα και μέση απόδοση 1.894 χγρ/στρ. (Περιοδικό Γεωργία-κτηνοτροφία 2005). Η πιπεριά είναι ιδιαίτερα ευπαθής σε ένα μεγάλο αριθμό ιών και ιοειδών. Στη συνέχεια περιγράφονται οι πιο σημαντικές οικογένειες ιών που προσβάλλουν την πιπεριά.

Πίνακας 1.1: Ιοί που προσβάλλουν την πιπεριά

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ	ΓΕΝΟΣ	ΕΙΔΟΣ	
Geminiviridae	Begomovirus	<i>Pepper golden mosaic virus</i> (PepGMV)	Ιός του χρυσού μωσαϊκού της πιπεριάς
		<i>Pepper mild tigre virus</i> (PMTV)	Ιός της ήπιας τιγρέ πιπεριάς
		<i>Pepper huasteco virus</i> (PHV)	Ιός huasteco της πιπεριάς
		<i>Pepper huasteco yellow vein virus</i> (PHYVV)	Ιός huasteco του ικτέρου των νεύρων της πιπεριάς

		<i>Serrano golden mosaic virus (SGMV)</i>	Ιός του χρυσού μωσαϊκού της Serrano πιπεριάς
		<i>Texas pepper virus (TPV)</i>	Ιός της πιπεριάς του Τέξας
		<i>Tigre disease virus (TDV)</i>	Ιός της νόσου τιγρέ
		<i>Pepper leaf curl virus (PEPLCV)</i>	Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της πιπεριάς
		<i>Pepper leaf curl Bangladesh virus (PepLCBV)</i>	Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της πιπεριάς στο Μπαγκλαντές
		<i>Pepper leaf curl Lahore virus (PepLCLaV)</i>	Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της πιπεριάς στη Λαχώρα
		<i>Pepper mosaic Jalisco virus (PepMJV)</i>	Ιός του μωσαϊκού της πιπεριάς στο Χαλίσκο
		<i>Pepper yellow leaf curl Indonesia virus (PepLCIV)</i>	Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της πιπεριάς στην Ινδονησία

		<i>Pepper yellow leaf curl Thailand virus</i> (PYLCTV)	Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της πιπεριάς στην Ταϊλάνδη
	Curtovirus	<i>Pepper yellow vein Mali virus</i> (PepYVMLV)	Ιός του ικτέρου των νεύρων της πιπεριάς στο Μάλι
		<i>Pepper leaf curl Yunnan virus</i> (PepLCYuV)	Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων στο Γιουνάν
Luteoviridae-	Polerovirus	<i>Pepper leafroll chlorosis virus</i> (PeLRCV)	Ιός του κίτρινου κατσαρώματος των φύλλων της πιπεριάς
		<i>Pepper vein yellows virus</i> (PeVYV)	Ιός του ικτέρου των νεύρων της πιπεριάς
		<i>Pepper yellows virus</i> (PYV)	Ιός του ικτέρου της πιπεριάς
		<i>Pepper yellow leaf curl virus</i> (PepYLCV)	Ιός του ικτέρου του κατσαρώματος των φύλλων της πιπεριάς
		<i>Pepper yellow leafroll virus</i> (PYLCV)	Ιός του χλωρωτικού καρουλιάσματος των φύλλων της πιπεριάς

Partitiviridae-	Alphacryptovirus	<i>Pepper cryptic virus 1</i> (PCV1)	Κρυπτικός ιός της πιπεριάς 1
		<i>Pepper cryptic virus 2</i> (PCV2)	Κρυπτικός ιός της πιπεριάς 2
		<i>Pepper red cryptic virus 1</i> (RPCV-1)	Κόκκινος κρυπτικός ιός της πιπεριάς 1
		<i>Pepper red cryptic virus 2</i> (RPCV-2)	Κόκκινος κρυπτικός ιός της πιπεριάς 2
Peribunyaviridae	Tospovirus	<i>Pepper chlorotic spot virus</i> (PEPCSV)	Ιός της κηλιδωτής χλώρωσης της πιπεριάς
		<i>Pepper necrotic spot virus</i> (PPNSV0)	Ιός της κηλιδωτής νέκρωσης της πιπεριάς
Potyviridae	Potyvirus	<i>Pepper mild mosaic virus</i> (PMMoV)	Ιός του ήπιου μωσαϊκού της πιπεριάς
		<i>Pepper mottle virus</i> (PMV)	Ιός της κηλιδωτής πιπεριάς
3+3+3		<i>Pepper severe mosaic virus</i> (PepSMV)	Ιός του σοβαρού μωσαϊκού της πιπεριάς
		<i>Pepper vein banding virus</i> (PVBV)	Ιός στην περιφέρεια των νεύρων της πιπεριάς

		<i>Pepper vein banding mosaic virus</i> (PVBMV)	Ιός του μεταχρωματισμού της περιφέρειας των νεύρων της πιπεριάς
		<i>Pepper veinal mosaic virus</i> (PVMV)	Ιός του μωσαϊκού των νεύρων πιπεριάς
		<i>Pepper veinal mottle virus</i> (PVMV)	Ιός των κηλιδωτών νεύρων της πιπεριάς
		<i>Pepper yellow mosaic virus</i> (PepYMV)	Ιός του μωσαϊκού ικτέρου της πιπεριάς
Pospiviroidae	Pospiviroid	<i>Pepper chat fruit viroid</i> (PCFVd)	Ιοειδή στους καρπούς της πιπεριάς
		<i>Pepper mottle virus</i> (PepMoV) <i>Chilli mottle virus</i>	Ιός της ποικιλόχρωσης της πιπεριάς
		<i>Pepper veinal mottle virus</i> (PVMV)	Ιός της ποικιλόχρωσης των νεύρων της πιπεριάς
Unallocated ssRNA- viruses:	Varicosavirus	<i>Pepper yellow vein virus</i> (PepYVV)	Ιός του ικτέρου των νεύρων της πιπεριάς

Virgaviridae	Tobamovirus	<i>Pepper mild mottle virus</i> (PMMoV)	Ιός της ήπιας ποικιλόχρωσης της πιπεριάς
		<i>Capsicum mosaic virus</i> (CMV)	Ιός του μωσαϊκού της πιπεριάς
		<i>Pepper mosaic virus</i> (PMV)	Ιός του μωσαϊκού της πιπεριάς
		<i>Pepper ringspot virus</i> (PepRSV)	Ιός της δακτυλοειδής πιπεριάς

1.2 Η Οικογένεια Luteoviridae

1.2.1. Ιστορική Αναδρομή

Η συμμετοχή των αφίδων στην μετάδοση ορισμένων ασθενειών προκλήθηκε από ορισμένους ιούς στις αρχές της δεκαετίας του 1900 (Rand et al., 1920) και η γνώση για την διαρκή μετάδοση των Luteoviridae ακολούθησε στην πορεία (Elza et al., 1931; Smith et al., 1929). Λίγο αργότερα, αποκαλύφθηκε η μεταφορά του ιού καρουλιάσματος των φύλλων της πατάτας PLRV από την αφίδα *Myzus persicae* (Day, 1955). Ο εκφυλισμός της πατάτας οφείλονταν σε ταυτόχρονη μόλυνση του ιού καρουλιάσματος των φύλλων της πατάτας (*Potato leaf roll virus*-PLRV) και του ιού Y της πατάτας (*Potato virus Y*-PVY), των οποίων ο συνδυασμός της προσβολής τους προξένησε 75% απώλεια στην παραγωγή των φυτών. Στην πορεία, εξακριβώθηκε το αποτέλεσμα της ασθένειας PLRV από τον PVY (Orton, 1913). Στην συνέχεια, οι Quanjier et al. (1916) αποσαφήνισαν την μολυσματική φύση του PLRV και ο Boijes (1920) χρησιμοποιώντας τις αφίδες μετέφερε τον μολυσματικό παράγοντα. Το 1982 αναφορές από μελέτες πρότειναν ως φορείς για την μόλυνση και την αναπαραγωγή του PLRV τις αφίδες (Weidemann, 1982). Ο PLRV μεταδίδεται κυρίως από το είδος *M. persicae* (Loebenstein et al., 2001) και αποτελεί ένας από τους σημαντικότερους ιούς της πατάτας παγκοσμίως. Σύμφωνα με τους Wales et al. (2008), ο PLRV είναι υπεύθυνος για την απώλεια 20 εκατομμυρίων τόνων πατάτας σε παγκόσμιο επίπεδο.

Ο ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού (*Barley yellow dwarf virus*, BYDV) έγινε γνωστός το 1951, ύστερα από τις ιστορικές επιδημίες που προκάλεσε. Ο BYDV εμφανίστηκε για πρώτη φορά στην Καλιφόρνια ως παθογόνο των δημητριακών και μεταδίδονταν μέσω διάφορων είδη αφίδων (Oswald et al., 1953). Πιθανόν, το προϊόν απομόνωσης του BYDV στην Καλιφόρνια ήταν ο BYDV-PAV και είχε μεταδοθεί από κοινά είδη αφίδας στην περιοχή (Gray, 2003). Επιπλέον, ο βασικός πληθυσμός του BYDV της Καλιφόρνιας για εκείνη την χρονική περίοδο, πιθανόν να αποτελούσε μια γκάμα ιών που απομονώθηκαν από διάφορα είδη αφίδων (Allen, 1957; Gildow et al., 1983). Το 1957, ανακάλυψαν τη μετάδοση των διαφόρων στελεχών του BYDV από τα είδη των αφίδων *Rhopalosiphum padi* και *Sitobion avenae* (Bruehl & Toko, 1957). Ο Rochow και ο Bruehl (1958) παρατήρησαν τις διαφορές στην εξειδίκευση του φορέα, οι οποίες προσδιορίστηκαν από τα προϊόντα απομόνωσης του ιού. Ο Rochow (1970) ανακάλυψε ότι ο BYDV χρησιμοποιεί το νουκλεϊκό οξύ ενός ιού, το οποίο ήταν εγκλεισμένο την πρωτεϊνική κάψα ενός άλλου ιού.

Μέχρι σήμερα, το μόνος είδος του γένους *Luteovirus*, το οποίο εκτιμάται ότι έχει παρουσιάσει ρυθμούς εξελικτικής αλλαγής είναι ο BYDV (Pagan and Holmes, 2010). Ο BYDV έχει παγκόσμια διάδοση, προσβάλλει ένα σημαντικό αριθμό ειδών της οικογένειας των αγρωστωδών (Poaceae, πρώην Graminae), συμπεριλαμβανομένων της βρώμης, του σιταριού και πολλών άλλων καλλιεργούμενων και μη ειδών (D'Arcy, 1995). Σε ορισμένες περιοχές τα μέλη των Luteo-ιών είναι τόσο διαδεδομένα, με αποτέλεσμα να χαρακτηριστούν από τον Duffus (1977) ως η «κίτρινη πανώλη». Οι Luteo-ιοί προκαλούν σημαντικές απώλειες της παραγωγής σε όλον τον κόσμο, σε οικονομικά σημαντικές καλλιέργειες όπως τεύτλα, δημητριακά, πατάτες, ζαχαροκάλαμο και διάφορα όσπρια. Οι ιοί είναι αποτελεσματικά εκφρασμένοι μέσω των αφίδων (Gray & Gildow, 2003) και επομένως εξαπλώνονται γρήγορα σε αγρούς και σε ευρύτερες περιοχές. Όταν αυτοί οι ιοί είναι ενδημικοί, οι στρατηγικές ελέγχου βασίζονται στον αποκλεισμό του ιού επιλέγοντας υγιές φυτικό υλικό για τον πολλαπλασιασμό και χρήση ανθεκτικών φυτών σε ασθένειες ή χρήση εντομοκτόνων για τη μείωση της εξάπλωσης των αφίδων (Cromic et al., 2010). Για την πρόληψη των διεθνών κρουσμάτων είναι απαραίτητη η δραστηριότητα καραντίνας και απομόνωσης των ιών. Όλες αυτές οι στρατηγικές εξαρτώνται από την πρόσβαση τους σε αξιόπιστες, ευαίσθητες και ειδικές μεθόδους ανίχνευσης (Cromic et al., 2010).

Για πρώτη φορά, ο Fenner (1976) αναγνώρισε επίσημα τους Luteo-ιούς ως μια διακριτή ομάδα ιών. Τα στελέχη αυτής της ομάδας περιλαμβάνουν RPV, RMV & SGV του BYDV και τον ιό του νανισμού της σόγιας (*Soybean dwarf virus*, Bdy). Η κατάταξη της ομάδας βασίστηκε σε ορολογικές σχέσεις, φυσικοχημικές ιδιότητες των ιοσωματίων και βιολογικά χαρακτηριστικά, όπως η αλληλεπίδραση με τους φορείς και ο εντοπισμός τους στους ιστούς των ξενιστών. Με βάση την διάταξη γονιδιώματος τους καθορίζεται η ταξινόμηση τους μέσα στην οικογένεια. Υπάρχουν 26 μέλη (Fauquet et al., 2005), 15 από τα οποία ταξινομούνται σε 3 γένη *Luteovirus* (πέντε είδη), *Polerovirus* (εννέα είδη) και *Enamovirus* (ένα είδος). Τα 11 γονιδιώματα δεν έχουν χαρακτηριστεί πλήρως, αλλά μοιάζουν με τους Luteo-ιούς στις βιολογικές τους ιδιότητες και στην αλληλουχία της καψιδιακής πρωτεΐνης (Fauquet et al., 2005). Αυτά τα είδη επί του παρόντος δεν έχουν ταξινομηθεί στο γένος *Luteoviridae* (Pagan and Holmes, 2010). Οι *Luteoviridae* έχουν το θετικής πολικότητας μονόκλωνο RNA γονιδιώματα από 5600-6000 νουκλεοτίδια (Pagan and Holmes, 2010). Πλέον, η οικογένεια *Luteoviridae* θεωρείται μια από τις σημαντικότερες οικονομικές καλλιέργειες των φυτικών ιστών.

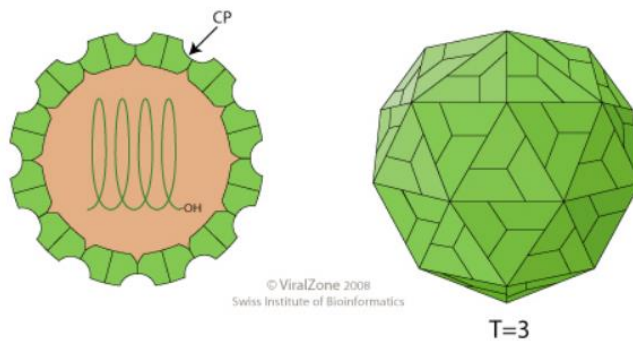
1.2.2. Ιδιότητες της οικογένεια Luteoviridae

Μορφολογία

Τα ιοσωμάτια έχουν διάμετρο 25 έως 30 nm και εξαγωνικό περίγραμμα. Η μοντελοποίηση της ομόλογης αλληλουχίας των αμινικών οξέων χρησιμοποιήθηκε από τη κρυσταλλική δομή ακτίνων X του ιού κίτρινης ποικιλόχρωσης του ρυζιού (*Rice yellow mottle virus*, RYMV: γένος Sobemovirus) ως οδηγός, υποδηλώνοντας ότι τα σωματίδια έχουν 180 διατεταγμένες υπομονάδες σε $T = 3$ (εικοσαεδρική συμμετρία). Τα σωματίδια αποτελούνται από δύο CP που ενθυλακώνουν ένα γονιδιωματικό μονόκλωνο RNA (Cuan Zhu Han, 2011).

Luteoviridae

VIRION



Non-enveloped, spherical virion about 25-30 nm in diameter with $T=3$ icosahedral symmetry composed of 180 CP proteins.

Εικόνα 1: Σφαιρικά σωματίδια περίπου 25-30 nm με διάμετρο με $T = 3$ εικοσαεδρική συμμετρία αποτελούμενη από 180 πρωτεΐνες CP ([https://viralzone.expasy.org/45?outline=all by species](https://viralzone.expasy.org/45?outline=all%20by%20species)).

Φυσικοχημικές και φυσικές ιδιότητες (Guan-Zhu Han, 2011)

Τα ιοσωμάτια έχουν μέγεθος $5.6-6.0 \times 10^6$ και η ανωστική πυκνότητα (buoyant density) στο χλωριούχο καίσιο (CsCl) είναι $1.39-1.42 \text{ g cm}^{-3}$ και $S_{20,w}$ είναι 106–127S. Τα ιοσωμάτια είναι μετρίως σταθερά και όχι ευαίσθητα σε μεταχειρίσεις με χλωροφόρμιο ή μη ιονικά απορρυπαντικά, όμως διασπώνται με παρατεταμένη επεξεργασία σε υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων. Τα σωματίδια των ιών των γενών Polerovirus και Luteovirus είναι ανθεκτικά στο πάγωμα.

Νουκλεϊκό οξύ (Guan-Zhu Han, 2011)

Τα ισομάτια περιέχουν ένα μόριο μολυσματικού, γραμμικού, ssRNA θετικής πολικότητας. Το μέγεθος του γονιδιώματος είναι αρκετά ομοιόμορφο και κυμαίνεται από 5,6 kb έως 6,0 kb. Τα RNAs δεν έχουν 3' άκρο. Μια μικρή πρωτεΐνη (VPg) συνδέεται ομοιοπολικά με το 5' άκρο των RNAs γονιδιωμάτων των Poloroviruses και ένα του Enamovirus. Τα 5' άκρα των RNA γονιδιωμάτων του (BYDV-PAV) μπορούν να φωσφορυλιωθούν μετά από επεξεργασία με αλκαλική φωσφατάση, υποδεικνύοντας ότι τα 5' άκρα των RNAs γονιδιωμάτων του ιού Luteovirus φωσφορυλιώνονται.

Πρωτεΐνη

Υπάρχει μια μοναδική κύρια πρωτεϊνική κάψα (CP) μεγέθους 21-23 kDa που κωδικοποιείται από το ORF3 (Guan-Zhu Han, 2011).

Οργάνωση και αναπαραγωγή του γονιδιώματος (Guan-Zhu Han, 2011)

Τα μέλη της οικογένειας Luteoviridae περιέχουν στα RNAs γονιδιώματα τους πέντε ή έξι ORF, τα οποία κωδικοποιούν πρωτεΐνες μεταξύ 4 έως 132 kDa. Στα γένη Polorovirus και Enamovirus, το ORF0 (που δεν υπάρχει στα μέλη του γένους Luteovirus) κωδικοποιεί ένα καθοριστικό παράγοντα για το σύμπτωμα και τον ξενιστή που λειτουργεί ως καταστολέας του RNA σίγασης. Όταν υπάρχει, το ORF0 επικαλύπτεται με το ORF1. Τα ORFs 1 και 2 επικαλύπτονται και κωδικοποιούν τις πρωτεΐνες που σχετίζονται με την αντιγραφή. Η κύρια καψιδιακή πρωτεΐνη (CP) κωδικοποιείται από το ORF3, το οποίο ακολουθείται από το πλαίσιο του ORF5. Το προϊόν του ORF4 (αλληλεπικαλύπτεται εντελώς από το ORF3, το οποίο ωστόσο απουσιάζει από το γονιδιωματικό RNA του Enamovirus) έχει αποδειχθεί ότι είναι απαραίτητο για τη μετακίνηση ορισμένων Luteovirion και Polorovirion σε μεγάλες αποστάσεις. Ορισμένα γονιδιώματα Luteovirion και Polorovirion περιέχουν το ORF6, το οποίο προβλέπεται ότι κωδικοποιεί μια μικρή (≤ 6 kDa) πρωτεΐνη, παρόλα αυτά δεν του έχουν ανατεθεί λειτουργίες. Τα γένη μπορούν να διακριθούν με βάση τη θέση και τα μεγέθη των ORF. Οι πρωτεΐνες που συσχετίζονται με την αντιγραφή, κωδικοποιούνται από τα ORF 1 και 2 των Luteovirion, οι οποίες δεν είναι ομόλογες με τα προϊόντα αντίστοιχων ORFs του γένους Polorovirus και Enamovirus. Τα προϊόντα είναι αρκετά παρόμοια με εκείνα των ιών της οικογένεια Tombusviridae, ενώ τα προϊόντα των ORFs 1 και 2 του γένους Polorovirus και Enamovirus σχετίζονται με εκείνα των ιών του Tombusviridae. Η διαφορά ανάμεσα στους Luteoviruses, Poloroviruses και Enamovirus είναι κυρίως στο 5' άκρο του γονιδιώματος.

Τα ORFs 0, 1 και 2 μεταφράζονται από το γονιδίωμα του RNA. Το ORF2 μεταφράζεται από την μετατόπιση του πλαισίου ORF1 και έτσι μοιράζεται ένα αμινοτελικό άκρο με το προϊόν του ORF1. Οι Polero-ιοί και Enamo-ιοί VPgs διασπώνται από τα προϊόντα του ORF1 στις ανοδικές περιοχές της πρωτεάσης και της σερίνης. Τα ORFs 3, 4 (Luteo-ιοί και Polero-ιοί) και 5 εκφράζονται από ένα υπογενωματικό RNA (sgRNA). Το ORF1 (Polero-ιοί και Enamo-ιοί) και ORF4 (Luteo-ιοί και Polero-ιοί) εκφράζονται από το μηχανισμό της διαρρέουσας σάρωσης (leaky scanning). Στο τέλος του ORF3 υπάρχει ένα κωδικόνιο τερματισμού, το οποίο μεταφράζει με την βοήθεια μιας πρωτεΐνης «ανάγνωσης» το ORF5. Οι Luteo-ιοί παράγουν ένα ή δύο πρόσθετα sgRNA, το μεγαλύτερο από τα οποία του BYDV-PAV περιέχουν το ORF6. Μερικοί Polero-ιοί παράγουν επιπρόσθετα sgRNAs.

Δεν υπάρχουν δεδομένα για την μετά-μεταγραφή της τροποποίησης (post-translational modification). Τα σωματίδια κάποιων στελεχών του ιού του κίτρινου νανισμού των δημητριακών (CYDV-RPV) περιέχουν 322 nt δορυφορικά RNAs. Τα ισοβάτια ορισμένων απομονώσεων αποτελούνται από τον ιό του μωσαϊκού με γλωσσίδα του αρακά-1 (PEMV-1), μαζί με τον ιό του μωσαϊκού με γλωσσίδα του αρακά-2 (PEMV-2). Επιπρόσθετα, περιέχουν στα RNAs γονιδιώματα τους 717-nt δορυφορικά RNAs.

Πίνακας 1.2: Οι πρωτεΐνες των διαφόρων ORF σε μεγέθη (kDa) και οι πιθανές λειτουργίες τους.

ORF	Luteovirus	Polerovirus	Enamovirus	Λειτουργία του γονιδιακού προϊόντος
0	Νουκλεϊκά οξέα (NO)	28–30	34	Καταστολές του RNA σίγησης.
1	39–42	66–72	84	Μοτίβα ελικασών στους Luteo-ιούς, πρωτεασών και VPg στους Polero-ιούς
1+2	99–103	116–121	132	RNA εξαρτώμενη-RNA πολυμεράση (RNA dependent- RNA polymerase)
3	22	22–23	21	Πρωτεύουσα καψιδιακή πρωτεΐνη

ORF	Luteovirus	Polerovirus	Enamovirus	Λειτουργία του γονιδιακού προϊόντος
				(Major coat protein)
4	16–21	17–21	NO	Πιθανή πρωτεΐνη διακυτταρικής μετακίνησης (Movement Protein)
3+5	72–80	67–80	55	Πιθανώς παράγοντας που σχετίζεται με την αφιδομετάδοση ή την σταθερότητα των ισωματίων
6	4–7	7–9	NO	Άγνωστη λειτουργία

Αντιγονικές ιδιότητες (Guan-Zhu Han, 2011)

Τα σωματίδια των Luteo-ιών και των Polero-ιών είναι ισχυρά ανοσογόνα. Τα είδη που ανήκουν σε ένα γένος σχετίζονται περισσότερο ορολογικά σε σχέση με τα είδη που ανήκουν σε διαφορετικά γένη. Οι ορολογικές σχέσεις μπορούν να ανιχνευθούν, όταν συγκρίνονται με διαταραγμένα σωματίδια του ιού. Σε αντίθεση, τα σωματίδια δεν ανιχνεύονται σε ακέραιη κατάσταση. Σε δοκιμασίες πηκτής διάχυσης (gel diffusion), μερικές φορές οι αφιδο-μεταδιδόμενες απομονώσεις παρουσιάζουν αντιγονικούς καταλύτες, οι οποίοι απουσιάζουν από μη αφιδο-μεταδιδόμενες απομονώσεις. Δεν έχουν αναφερθεί ορολογικές σχέσεις μεταξύ των Enamo-ιών, είτε των Luteo-ιών ή των Polero-ιών.

Βιολογικές ιδιότητες

Εύρος ξενιστών:

Αρκετά μέλη της οικογένειας Luteoviridae έχουν εύρος ξενιστών που περιορίζονται σε μεγάλο βαθμό σε μια οικογένεια φυτών. Για παράδειγμα, ο ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού (BYDV) και ο ιός του κίτρινου νανισμού των δημητριακών (CYDV) μολύνουν διάφορα είδη της οικογένεια Poaceae, ο ιός του καρουλιάσματος των φύλλων του φασολιού (BLRV) και ο ιός του νανισμού της σόγιας (SbDV) μολύνουν κυρίως τα όσπρια και ο ιός των κόκκινων φύλλων του καρότου

(CRLV) μολύνει κυρίως φυτά της οικογένειας Umbelliferae. Άλλα μέλη της οικογένειας Luteoviridae μολύνουν τα φυτά σε αρκετές ή πολλές διαφορετικές οικογένειες.

Γεωγραφική κατανομή (Guan-Zhu Han, 2011)

Τα μέλη της οικογένειας Luteoviridae έχουν αναφερθεί από αρκτικές, εύκρατες, υποτροπικές και τροπικές περιοχές. Μερικοί από τους ιούς βρίσκονται παγκοσμίως, όπως ο BYDV, ο BWYV και ο ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της πατάτας (PLRV). Άλλοι ιοί έχουν περιορισμένη κατανομή, όπως ο ιός του νεκρωτικού νανισμού του καπνού (tobacco necrotic dwarf virus, TNDV) και έχει αναφερθεί μόνο στην Ιαπωνία. Ο ιός της ροζέτας της αραχίδας (Groundnut rosette virus- GRV) έχει αναφερθεί στις νότιες χώρες της Σαχάρας στην Αφρική.

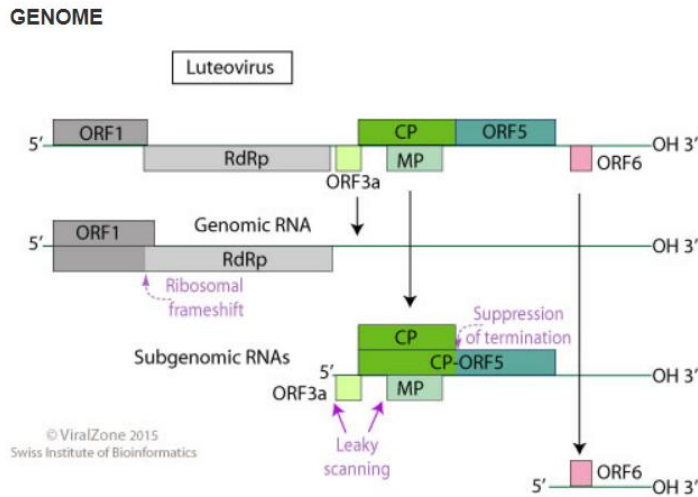
1.3 Τα μέλη της οικογένειας *Luteoviridae*

1.3.1 Γένος *Luteovirus* (Guan-Zhu Han, 2011)

Οι ιδιότητες του γονιδιώματος είναι τα βασικά χαρακτηριστικά. Δεν υπάρχει ORF0 και η μετατόπιση πλαισίου από ORF1 στο ORF2 εμφανίζεται ως κωδικόνιο τερματισμού του ORF1. Τα ORFs 1& 2 αλληλεπικαλύπτονται κατά λιγότερο από 20 nt. Τα ORFs 1& 2 κωδικοποιούν πρωτεΐνες που σχετίζονται με τον αναδιπλασιασμό και είναι αρκετά παρόμοιες με εκείνες που ανήκουν στους ιούς της οικογένεια *Tombusviridae*.

Το μήκος της μη κωδικοποιημένης αλληλουχίας μεταξύ ORF2 και ORF3 είναι περίπου 100 nt. Δεν υπάρχουν ενδείξεις για την παρουσία πρωτεΐνης, η οποία είναι συνδεδεμένη με το 5' γονιδίωμα. Το ORF4 περιέχεται εντός του ORF3. Το μήκος του ORF5 είναι μεγαλύτερο από 1350 nt. Τα μεγέθη των γονιδιωμάτων θετικής πολικότητας ssRNA είναι μεταξύ 5.677 nt για το BYDV-PAV και 5.964 nt για το BLRV.

Στην ανωστική πυκνότητα, τα ισωμάτια σε CsCl είναι 1,39-1,40 g cm⁻³, S_{20,w} είναι 106-118S. Επιπλέον, τα μεγέθη των γονιδιωμάτων ssRNA θετικής πολικότητας είναι μεταξύ 5.677 nt για το BYDV-PAV και 5.964 nt για το BLRV. Στην οργάνωση και η αναπαραγωγή του γονιδιώματος, εκτός από τα διακριτά χαρακτηριστικά οι ιοί εντός του γένους παράγουν δύο ή τρία υπογενωματικά RNAs (ssRNAs) από πρότυπα μείγματα-κλώνου, το μεγαλύτερο εκ των οποίων εκφράζει τα ORF 3-5. Η 3'-μη κωδικοποιημένη περιοχή περιέχει ένα ενισχυτή μεταγραφής (transcription enhancer), ο οποίος αλληλοεπιδρά με τις 5'-μη μεταφραζόμενες περιοχές γονιδιωμάτων και μεγάλων υπογενωματικών RNAs, με σκοπό την έναρξη της μεταγραφής.



Monopartite, linear, ssRNA(+) genome of 5.3-5.7 kb. Poleroviruses and enamoviruses have a VPg bound at the 5' end. There is no poly(A) tail or tRNA-like structure at the 3' end.

Εικόνα 2: Γραμμικό, ssRNA (+) γονιδίωμα 5,3-5,7 kb. Οι Polero-ιοί και οι Enamo-ιοί έχουν μια πρωτεΐνη VPg συνδεδεμένη στο 5' άκρο. Δεν υπάρχει πολύ (A) ουρά “poly(A) tail” ή παρόμοια tRNA της δομής στο 3' άκρο (https://viralzone.expasy.org/45?outline=all_by_species).

Γονιδιακή έκφραση: (https://viralzone.expasy.org/45?outline=all_by_species)

Το σωματίδιο RNA είναι μολυσματικό και χρησιμεύει τόσο ως γένωμα όσο και ως ικό αγγελιαφόρο RNA. Η ιϊκή πολυμεράση εκφράζεται με τη ριβοσωμική μετατόπιση του πλαισίου στο τέλος του ORF1. Ανάλογα με το γένος, αρκετές πρωτεΐνες μπορούν να παραχθούν με την διαδικασία σάρωσης. Η καταστολή του κωδικονίου λήξης στον τερματισμό της πρωτεϊνικής κάψας παράγει CP-RTD (CP εκτεταμένη), όπου η καψιδιακή υπομονάδα είναι απαραίτητη για την μετάδοση με τις αφίδες. Συγκεκριμένα:

- 1) Ο ιός εισχωρεί στο κύτταρο ξενιστή.
- 2) Απόδυση και απελευθέρωση του ικού RNA γονιδιώματος στο κυτταρόπλασμα.
- 3) Το ικό RNA των ORF1 και ORF2 μεταφράζονται, για να παράξουν την πρωτεΐνη σύντηξης RdRp.
- 4) Η αναπαραγωγή λαμβάνει χώρα σε κυτταροπλασματικά ικά εργοστάσια. Σύνθεση δίκλωνου RNA (dsRNA) από το γονιδιωματικό ssRNA (+).
- 5) Το dsRNA μεταγράφεται /αναδιπλασιάζεται παρέχοντας ικά mRNA / νέα γονιδιώματα ssRNA (+).

- 6) Έκφραση των 3 'συνεκτικών sgRNAs. Η μετάφραση αυτών των υπογενωμικών RNA (sgRNAs) δίδει την καψιδιακή πρωτεΐνη, CP και τις πρωτεΐνες διακυτταρικής μετακίνησης.
- 7) Συγκρότηση των ισωματίων
- 8) Η ιική διακυτταρικής μετακίνησης, μεσολαβεί στη μετακίνηση του ιού από κύτταρο σε κύτταρο.

Κριτήρια οριοθέτησης των ειδών στο γένος (Guan-Zhu Han, 2011)

Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την οριοθέτηση ειδών του γένους περιλαμβάνουν:

- ✓ Διαφορές στο εύρος και στην εξειδίκευση του εύρους ξενιστών.
- ✓ Έλλειψη σταυροειδούς (διασταυρούμενης) προστασίας.
- ✓ Διαφοροποίηση στην ορολογική εξειδίκευση με μονοκλωνικά ή πολυκλωνικά αντισώματα.
- ✓ Διαφορές στην ταυτότητα αλληλουχίας των αμινοξέων οποιουδήποτε γονιδιακού προϊόντος μεγαλύτερο του 10% (D'Arcy και Domier, 2005).

Πίνακας 1.3: Μέλη του γένους Luteovirus (Guan-Zhu Han, 2011)

Επιστημονικά ονόματα ασθενειών	Λατινικές ονομασίες	Αύξοντες αριθμοί αλληλουχίας (Sequence accession numbers)	Συντομογραφίες
Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-MAV	<i>Barley yellow dwarf virus-MAV</i> (BYDV-MAV)	-	-
Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-MAV-PSI	<i>Barley yellow dwarf virus-MAV - PSI</i> (BYDV-MAV- PSI)	[D01213=NC_003680]	(BYDV-MAV-PS1)
Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-PAS	<i>Barley yellow dwarf virus-PAS</i> (BYDV-PAS)		

Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-PAS-129	<i>Barley yellow dwarf virus-PAS – 129</i> (BYDV-PAS-129)	[AF218798=NC_002160]	(BYDV-PAS-129)
Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-PAV	<i>Barley yellow dwarf virus-PAV</i> (BYDV-PAV)	-	-
Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-RGV	<i>Barley yellow dwarf virus-rgv=rice giallume</i> (BYDV-rgv)	-	-
Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-PAV-Αυστραλίας	<i>Barley yellow dwarf virus-PAV – Australia</i> (BYDV-PAV-Australia)	[X07653=NC_004750]	(BYDV-PAV-AUS)
Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων του φασιολιού	<i>Bean leafroll virus</i> (BLRV)	-	-
Ιός του κίτρινου οσπρίου	<i>Legume yellows virus</i> (LYV)	-	-
Ιός της μηδικής του Michigan	<i>Michigan alfalfa virus</i> (MAV)	-	-
Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων του αρακά	<i>Pea leafroll virus</i> (PeLRV)	-	-
Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων του φασιολιού- Michigan	<i>Bean leafroll virus – Michigan</i> (BLRV-Michigan)	[AF441393=NC_003369]	(BLRV-MI)
Ανοιξιότικη νόσος τριαντάφυλλου που συσχετίζεται με τον ιό	<i>Rose spring dwarf-associated virus</i> (RSDaV)	-	-
Ανοιξιότικη νόσος τριαντάφυλλου που συσχετίζεται με τον ιό (;)- της Καλιφόρνιας	<i>Rose spring dwarf-associated virus – California</i> (RSDaV-California)	[EU024678=NC_010806]	(RSDaV-CA)

Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της σόγιας	<i>Soybean dwarf virus</i> (SbDV)	-	-
(Ιός της ποικιλοχλωρώσεως του υπόγειου τριφυλλιού) Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων του φασολιού -Tas-1	(<i>Subterranean clover red leaf virus</i>) <i>Soybean dwarf virus - Tas-1</i> (SbDV- Tas-1)	[L24049=NC_003056]	(SbDV-Tas-1)

Πίνακας 1.4: Μέλη άλλων σχετικών ιών που ίσως ανήκουν στο γένος Luteovirus, αλλά δεν έχουν εγκριθεί ως είδη.

Επιστημονικά ονόματα ασθενειών	Λατινικές ονομασίες	Αύξοντες αριθμοί αλληλουχίας (Sequence accession numbers)	Συντομογραφίες
Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-GAV	Barley yellow dwarf virus-GAV	[AY220739=NC_004666]	(BYDV-GAV)

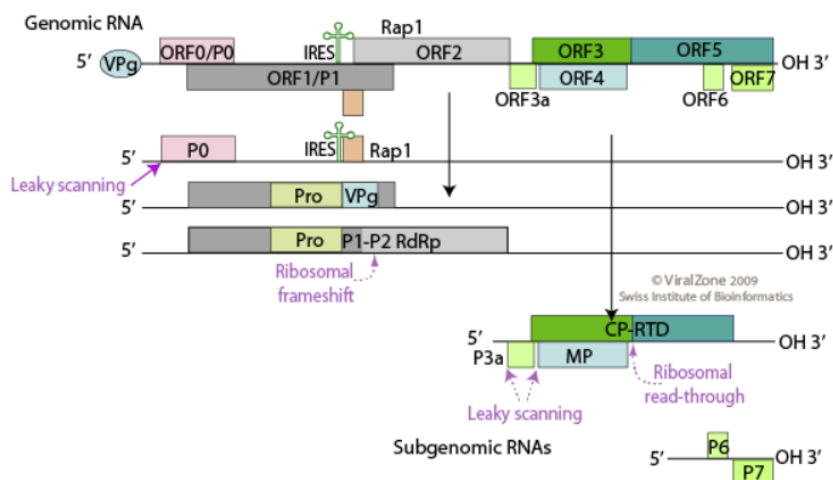
1.3.2 Γένος Polerovirus (Guan-Zhu Han, 2011).

Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της πατάτας (*Potato leafroll virus-π*)

Διακριτά γνωρίσματα: (Guan-Zhu Han, 2011)

Τα RNAs γονιδιώματα των ιών του γένους Polerovirus έχουν ειδικές πρωτεΐνες τις VPgs, οι οποίες είναι συνδεδεμένες με τα 5' άκρα τους. Διαθέτουν ORF0 και μια μη κωδικοποιημένη περιοχή μεταξύ του ORF2 και ORF3 περίπου 200 nt. Τα ORF1 και ORF2 κωδικοποιούν πρωτεΐνες που σχετίζονται με τον αναδιπλασιασμό, οι οποίες είναι περισσότερο παρόμοιες με εκείνες των Sobemoniviruses. Η μετατόπιση του πλαισίου από το ORF1 στο ORF2 λαμβάνει χώρα πριν από τον τερματισμό του ORF1, και τα ORFs 1 & 2 αλληλεπικαλύπτονται κατά περισσότερο από 400 nt.

Η ανωστική πυκνότητα των ισοματιών σε CsCl είναι 1,39-1,42 g cm⁻³. S_{20,w} είναι 115-127S. Τα μεγέθη των ssRNA γονιδιωμάτων είναι μεταξύ 5.641 nt για τον ιό του ίκτερου του γογγυλιού (*Turpin yellows virus-TuYV*) και 5.987 nt για το PLRV.



Monopartite, linear, **ssRNA(+)** genome of 5.3-5.7 kb in size with a VPg bound at the 5' end. There is no poly(A) tail or tRNA-like structure at the 3' end.

Εικόνα 3: Γραμμικό θετικής πολικότητας RNA (ssRNA (+)) γονιδίωμα μεγέθους 5,3-5,7 kb με VPg δεσμευμένο στο 5 άκρο. Δεν υπάρχει δομή τύπου πολύ (A) ουρά “poly(A) tail” ή tRNA στο 3' άκρο (https://viralzone.expasy.org/610?outline=all_by_species).

Γονιδιακή έκφραση: (https://viralzone.expasy.org/610?outline=all_by_species).

Το σωματίδιο RNA είναι μολυσματικό και χρησιμεύει τόσο ως γένομα όσο και ως ιικό αγγελιαφόρο RNA. Η πολυμεράση εκφράζεται με ριβοσωμική μετατόπιση του πλαισίου στο τέλος του ORF1. Η μετάφραση του Rap1 ξεκινά περίπου 1500 nt, κατάντη

του 5' άκρου του gRNA από μία ασυνήθιστη εσωτερική θέση εισόδου του ριβοσώματος (IRES). Η πρωτεΐνη διακυτταρικής μετακίνησης (MP) και η P3a εκφράζονται με διαρρέουσα σάρωση του γονιδιωματικού mRNA. Η καταστολή του κωδικονίου λήξης στον τερματισμό της καψιδιακής πρωτεΐνης CP-RTD (CP εκτεταμένη), όπου η καψιδιακή υπομονάδα είναι απαραίτητη για την μετάδοση του ιού με αφίδες. Συγκεκριμένα επαναλαμβάνονται τα βήματα όπως αναφέρθηκαν παραπάνω στο γένος Luteovirus.

Πίνακας 1.5: Μέλη του γένου Polerovirus (Guan-Zhu Han, 2011)

Επιστημονικά ονόματα ασθενειών	Λατινικές ονομασίες	Αύξοντες αριθμοί αλληλουχίας (Sequence accession numbers)	Συντομογραφίες
Ιός της χλώρωσης των τεύτλων	<i>Beet chlorosis virus</i>	-	BChV
Ιός της χλώρωσης των τεύτλων- 2a	<i>Beet chlorosis virus - 2a</i>	[AF352024=NC_002766]	BChV-2a
Ιός του ήπιου ίκτερου των τεύτλων	<i>Beet mild yellowing virus</i>	-	BMYV
Ιός του ήπιου ίκτερου των τεύτλων- 2ITB	<i>Beet mild yellowing virus - 2ITB</i>	[X83110=NC_003491]	(BMYV-2ITB)
Ιός του δυτικού ίκτερου των τεύτλων	<i>Beet western yellows virus</i>	-	BWYV
Ιός του ίκτερου της μολόχας	<i>Malva yellows virus</i>	-	MYV
Ιός του ήπιου ίκτερου του γογγυλιού	<i>Turnip mild yellows virus</i>	-	TMYV
Ιός του δυτικού ίκτερου των τεύτλων- USA	<i>Beet western yellows virus - USA</i>	[AF473561=NC_004756]	(BWYV-US)
Ιός των κόκκινων φύλλων του καρότου	<i>Carrot red leaf virus</i>	-	CtLRV
Ιός των κόκκινων φύλλων του καρότου- UK1	<i>Carrot red leaf virus - UK1</i>	AY695933=NC_006265	CtLRV-UK1

Ιός του κίτρινου νανισμού των δημητριακών-RPS	<i>Cereal yellow dwarf virus-RPS</i>	-	CYDV
Ιός του κίτρινου νανισμού των δημητριακών-RPS-Mex1	<i>Cereal yellow dwarf virus-RPS - Mex1</i>	AF235168=NC_002198	CYDV-RPS-Mex1
Ιός του κίτρινου νανισμού των δημητριακών--RPV	<i>Cereal yellow dwarf virus-RPV</i>	-	CYDV-RPV
Ιός του κίτρινου νανισμού των δημητριακών- RPV – NY	<i>Cereal yellow dwarf virus-RPV - NY</i>	L25299=NC_004751	CYDV-RPV-NY
Ιός του χλωρωτικού νανισμού του ρεβιθιού	<i>Chickpea chlorotic stunt virus</i>	-	CpCSV
Ιός του χλωρωτικού νανισμού του ρεβιθιού Et-fb-am1	<i>Chickpea chlorotic stunt virus - Et-fb-am1</i>	AY956384=NC_008249	CpCSV-Et-fb-am1
Ιός του αφιδομεταδιδόμενου ίκτερου των κολυκυθοειδών	<i>Cucurbit aphid-borne yellows virus</i>	-	CABYV
Ιός του αφιδομεταδιδόμενου ίκτερου των κολυκυθοειδών- N	<i>Cucurbit aphid-borne yellows virus - N</i>	X76931=NC_003688	CABYV-N
Ιός του αφιδομεταδιδόμενου ίκτερου του πεπονιού	<i>Melon aphid-borne yellows virus</i>	-	MABYV
Ιός του αφιδομεταδιδόμενου ίκτερου του πεπονιού – Beijing	<i>Melon aphid-borne yellows virus - Beijing</i>	EU000534=NC_010809	MABYV-BJ
Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της πατάτας	<i>Potato leafroll virus</i>	-	PLRV

Ιός του ίκτερου της τομάτας	<i>Solanum yellows virus</i>	-	SYV
Ιός της κίτρινης κορυφής της ντομάτας	<i>Tomato yellow top virus</i>	-	TYTV
Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της πατάτας - UK:Scotland	<i>Potato leafroll virus - UK:Scotland</i>	D00530=NC_001747	PLRV-UK
Ιός των κίτρινων φύλλων του ζαχαροκάλαμου	<i>Sugarcane yellow leaf virus</i>	-	ScYLV
Ιός των κίτρινων φύλλων του ζαχαροκάλαμου – Florida	<i>Sugarcane yellow leaf virus - Florida</i>	AF157029=NC_000874	ScYLV-FL
Ιός της παραμόρφωσης των νεύρων του καπνού	<i>Tobacco vein distorting virus</i>	-	TVDV
Ιός της παραμόρφωσης των νεύρων του καπνού- China:Longlin	<i>Tobacco vein distorting virus - China:Longlin</i>	EF529624=NC_010732	TVDV-CN
Ιός του ίκτερου του γογγυλιού	<i>Turnip yellows virus</i>	-	TuYV
Ιός του ίκτερου του γογγυλιού - FL-1	<i>Turnip yellows virus - FL-1</i>	X13063=NC_003743	TuYV-FL1

Πίνακας 1.6: Μέλη άλλων σχετικών ιών που ίσως ανήκουν στο γένος Polerovirus, αλλά δεν έχουν εγκριθεί ως είδη (Guan-Zhu Han, 2011).

Επιστημονικά ονόματα ασθενειών	Λατινικές ονομασίες	Αύξοντες αριθμοί αλληλουχίας (Sequence accession numbers)	Συντομογραφίες
Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων με νανισμό στο βαμβάκι	Cotton leafroll dwarf virus	GQ379224*	CLRDV

Ιός του αφιδομεταδιδόμενου ίκτηρου του Suakwa	Suakwa aphid- borne yellows virus	FJ425878*	SABYV
---	---	-----------	-------

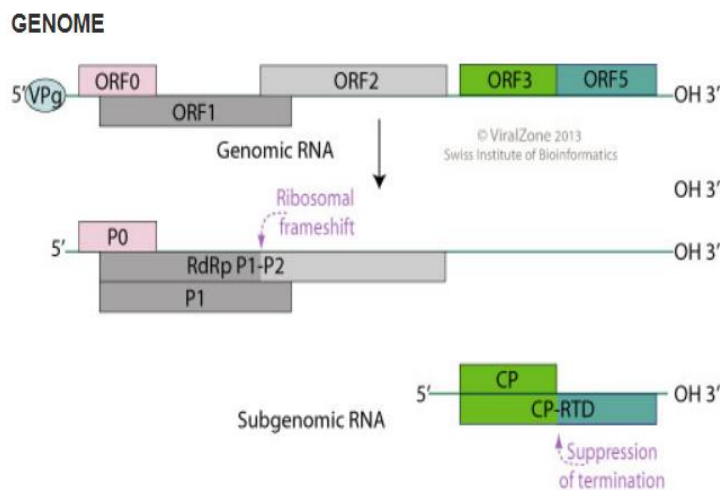
*Οι αλληλουχίες δεν περιλαμβάνουν το πλήρες γονιδίωμα.

1.3.3 Γένος Enamovirus (Guan -Zhu Han, 2011).

Είδος ποικιλίας: Ιός του μωσαϊκού με γλωσσίδα του αρακά (*Pea enation mosaic virus*)

Διακριτά γνωρίσματα (Guan-Zhu Han, 2011)

Το RNA γονιδίωμα των Enamo-ιών (PEMV-1) περιέχει ένα ORF0, αλλά δεν περιέχει ORF4 (το οποίο απαντάται στα γένη Luteovirus και Polerovirus). Το μήκος της μη κωδικοποιημένη διαγονιδιακή περιοχή μεταξύ των ORF2 και ORF3 είναι περίπου 200 nt. Τα ORF1 και ORF2 κωδικοποιούν πρωτεΐνες που σχετίζονται με τον αναδιπλασιασμό, οι οποίες είναι αρκετά παρόμοιες με εκείνες των ιών του γένους Sobemovirus. Η μετατόπιση των πλαισίων από το ORF1 στο ORF2 εμφανίζεται πριν από τον τερματισμό του ORF1 και τα ORF1 & ORF2 αλληλεπικαλύπτονται κατά περισσότερο από 400 nt. Το γονιδίωμα PEMV-1 περιέχει ένα ORF5 περίπου 900 nt. Επιπλέον τα ισωμάτια των Enamo-ιών έχουν μοριακή μάζα 5.6×10^6 , ανωστική πυκνότητα σε CsCl 1.42 g cm^{-3} και $S_{20,w}$ 107-122S. Το RNA γονιδίωμα του PEMV-1 είναι 5,706 nt και έχει 5' VPg. Τα ισωμάτια που παράγονται στα μολυσμένα φυτά με PEMV-1 & PEMV-2 (Umbrovirus) είναι μετρίως αντιγονικά.



Monopartite, linear, **ssRNA(+)** genome of 5.7 kb with a VPg bound at the 5' end. There is no poly(A) tail or tRNA-like structure at the 3' end. Since PEMV-1 genome does not encode any movement protein, the virus requires thenhost cell to be co-infected with an **umbrovirus** for systemic **movement**.

Εικόνα 4: Γραμμικό, ssRNA (+) γονιδίωμα 5,7 kb με VPg δεσμευμένο στο 5' άκρο. Δεν υπάρχει δομή τύπου πολυ(A)ουράς “poly(A) tail” ή tRNA στο 3' άκρο. Δεδομένου ότι το γονιδίωμα PEMV-1 δεν κωδικοποιεί οποιαδήποτε πρωτεΐνη κίνησης, ο ιός απαιτεί από

το κύτταρο ξενιστή να μολυνθεί ταυτόχρονα με έναν ιό του γένους *Umbravirus* για συστηματική μετακίνηση.

Γονιδιακή έκφραση: (https://viralzone.expasy.org/610?outline=all_by_species).

Το σωματίδιο RNA είναι μολυσματικό και χρησιμεύει τόσο ως γονιδίωμα όσο και ως ιικό αγγελιαφόρο RNA. Η πρωτεΐνη P1 παράγεται με διαρρέουσα σάρωση στο RNA. Η ιική πολυμεράση εκφράζεται με τη ριβοσωμική μετατόπιση του πλαισίου στο τέλος του ORF1. Η καταστολή του κωδικονίου λήξης στον τερματισμό της καψιδιακής πρωτεΐνης παράγει CP-RTD (CP εκτεταμένη), όπου η καψιδιακή υπομονάδα είναι απαραίτητη για την μετάδοση του ιού με αφίδες. Συγκεκριμένα επαναλαμβάνονται τα βήματα όπως αναφέρθηκαν παραπάνω στα γένη *Luteovirus* και *Poleovirus*.

Βιολογικές ιδιότητες (Guan-Zhu Han, 2011)

Ο PEMV-1 εμφανίζεται ως μέρος ενός συμπλέγματος με το PEMV-2 (*Umbravirus*) και επάγει συμπτώματα μωσαϊκού. Αντίθετα, με άλλα μέλη της οικογένειας *Luteoviridae*, το PEMV-1 μεταδίδεται μηχανικά χωρίς δυσκολία. Αυτή η ιδιότητα εξαρτάται από τον πολλαπλασιασμό του PEMV-1 στα κύτταρα, τα οποία ταυτόχρονα είναι μολυσμένα από το PEMV-2. Ο PEMV-1 μεταδίδεται μέσω των αφιδών, ωστόσο η μεταδοτικότητα μπορεί να χάσει την μολυσματική της φύση ύστερα από αρκετές μηχανικές διόδους/ περάσματα (mechanical passages). Τα ισωμάτια απαντώνται στους ιστού του μεσόφυλλου και στο φλοίομα. Το γονιδίωμα του PEMV-1 είναι ικανό να αντιγράφεται αυτόνομα στους πρωτοπλάστες, παρόλα αυτά εξαρτάται από το PEMV-2 προκειμένου να υποστηρίξει την διασυστηματική μετακίνηση στα φυτά-ξενιστές του.

Πίνακας 1.7: Μέλη του γένους *Enamovirus* (Guan-Zhu Han, 2011)

Επιστημονικά ονόματα ασθενειών	Λατινικές ονομασίες	Αύξοντες αριθμοί αλληλουχίας (Sequence accession numbers)	Συντομογραφίες
Ιός του μωσαϊκού με γλωσσίδια του αρακά	<i>Pea enation mosaic virus-1</i>	-	PEMV-1

Ιός του μωσαϊκού με γλωσσίδα του αρακά -1 - WSG	<i>Pea enation mosaic virus-1 - WSG</i>	L04573=NC_003629	PEMV-1-WSG
---	---	------------------	------------

Πίνακας 1.8: Μέλη που δεν έχουν ακόμη συμπεριληφθεί στην οικογένεια Luteoviridae (Guan-Zhu Han, 2011).

Επιστημονικά ονόματα ασθενειών	Λατινικές ονομασίες	Αύξοντες αριθμοί αλληλουχίας (Sequence accession numbers)	Συντομογραφίες
Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού -GPV	<i>Barley yellow dwarf virus-GPV</i>	-	BYDV-GPV
Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού	<i>Barley yellow dwarf virus-GPV - 04FX6</i>	EF174408	BYDV-GPV-04FX6
Ιός του κίτρινου νανισμού του σιταριού -RPV	<i>Wheat yellow dwarf virus-RPV</i>	FM865413=NC_012931	WYDV-RPV
Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-RMV	<i>Barley yellow dwarf virus-RMV</i>	-	BYDV-RMV
Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού- RMV - Illinois	<i>Barley yellow dwarf virus-RMV - Illinois</i>	Z14123	BYDV-RMV-IL
Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-bv	<i>Barley yellow dwarf virus-bv</i>	-	BYDV-bv
Ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού-SGV - NY	<i>Barley yellow dwarf virus-SGV - NY</i>	AY541038	BYDV-SGV-NY
Ιός που συσχετίζεται με τον νανισμό του ρεβιθιού	<i>Chickpea stunt disease associated virus</i>	-	CpSDaV
Ιός που συσχετίζεται με	<i>Chickpea stunt disease</i>	Y11530	CpSDaV-IC

τον νανισμό του ρεβιθιού- IC	<i>associated virus - IC</i>		
Ιός της ροζέτας της αραχίδας	<i>Groundnut rosette assistor virus</i>	-	GRAV
Ιός της ροζέτας της αραχίδας- M16GCP	<i>Groundnut rosette assistor virus - M16GCP</i>	AF195824	GRAV-M16GCP
Ιός του νανισμού της σόγιας στην Ινδονησία	<i>Indonesian soybean dwarf virus</i>	-	ISDV
Ιός του νανισμού της σόγιας στην Ινδονησία-IND	<i>Indonesian soybean dwarf virus - IND</i>	-	ISDV-IND
Ιός των στιγμάτων στα φύλλα γλυκοπατάτας	<i>Sweet potato leaf speckling virus</i>	-	SPLSV
Ιός των στιγμάτων στα φύλλα γλυκοπατάτας- Περου	<i>Sweet potato leaf speckling virus - Peru</i>	DQ655700	SPLSV-Peru
Ιός του νεκρωτικού νανισμού του καπνού	<i>Tobacco necrotic dwarf virus</i>	-	TNDV
Ιός του νεκρωτικού νανισμού του καπνού- Ιαπωνία	<i>Tobacco necrotic dwarf virus - Japan</i>	-	TNDV-JA

Πίνακας 1.9: Μέλη άλλων σχετικών ιών που ίσως ανήκουν στο γένος Enamovirus, αλλά δεν έχουν εγκριθεί ως είδη (Guan-Zhu Han, 2011).

Επιστημονικά ονόματα ασθενειών	Λατινικές ονομασίες	Αύξοντες αριθμοί αλληλουχίας (Sequence accession numbers)	Συντομογραφίες
--------------------------------	---------------------	---	----------------

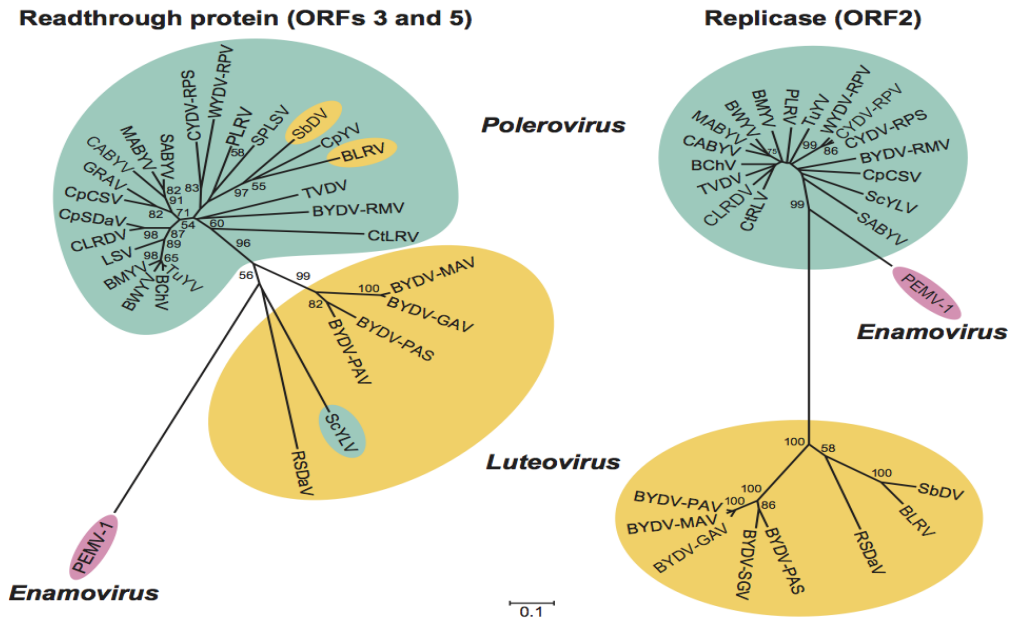
Ιός του κίτρινου ρεβιθιού	<i>Chickpea yellows virus</i>	GQ118150*	CpYV
Ιός του νανισμού της φακής	<i>Lentil stunt virus</i>	GQ118152*	LSV

*Οι αλληλουχίες δεν περιλαμβάνουν το πλήρες γονιδιόμα.

Φυλογενετικές σχέσεις μέσα στην οικογένεια (Guan-Zhu Han, 2011)

Τα τρία γένη της οικογένειας Luteoviridae μοιράζονται παρόμοια δομικά γονίδια πρωτεΐνης (ORFs 3 και 5), τα προϊόντα των οποίων παρουσιάζουν διαφορετικά επίπεδα ορολογικής συγγένειας. Η φυλογενετική ανάλυση των προβλεπόμενων αλληλουχιών των αμινοξέων των πολυμεράσεων (ORF2) διαχωρίζουν με ακρίβεια τα μέλη της οικογένειας Luteoviridae σε τρία γένη.

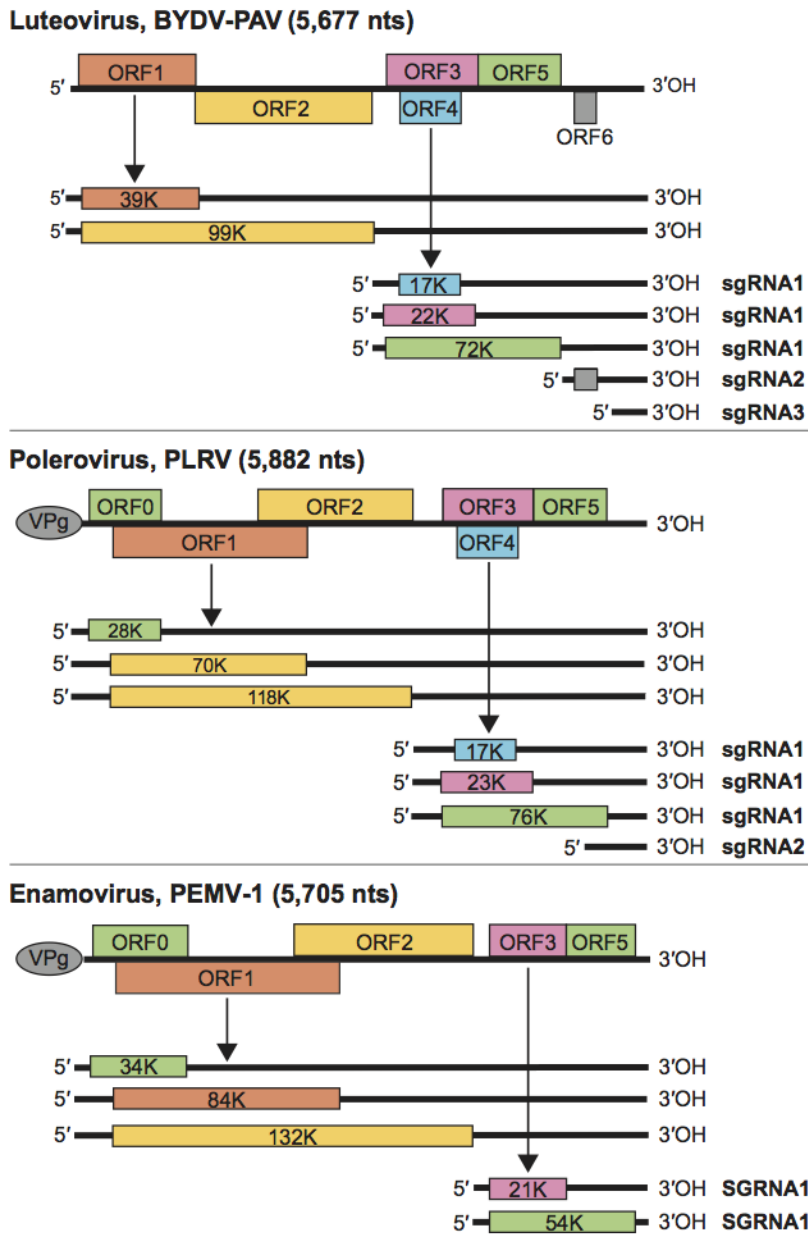
Οι αλληλουχίες των νουκλεοτιδίων των ιών BLRV και SbDV (γένος Luteovirus) στερούνται το ORF0, όπως αυτές των Luteo-ιών και οι προβλεπόμενες αλληλουχίες των αμινοξέων των πρωτεϊνών αναδιπλασιασμού είναι παρόμοιες με εκείνες των Luteo-ιών. Ωστόσο, οι δομικές πρωτεΐνες των Luteo-ιών συνδέονται στενότερα με αυτές των Polero-ιών. Αντιστρόφως, ο ιός των κίτρινων φύλλων του ζαχαροκάλαμου (γένος Polerovirus) περιέχει ένα ORF0 και τα ORF 1 και 2 που σχετίζονται αρκετά με εκείνα άλλων Polero-ιών, ενώ τα ORFs 3 και 4 συνδέονται στενότερα με εκείνα των Luteo-ιών και το ORF5 σχετίζεται περισσότερο με το γονίδιο πρωτεΐνης «ανάγνωσης» του γένους Enamovirus. Πιθανόν, οι ιοί και των τριών γενών ανασυνδυάζονται μεταξύ τους.



Εικόνα 5: Οι φυλογενετικές αναλύσεις των αλληλουχιών των (αριστερά) πρωτεϊνών ανάγνωσης (ORFs 3 &5) και (δεξιά) της πολυμεράσης (ORF 2) εκπροσωπούν τα είδη στην οικογένεια Luteoviridae (Guan-Zhu Han, 2011).

Ομοιότητα με άλλα είδη (Guan-Zhu Han, 2011)

Οι ιοί-μέλη της οικογένειας Luteoviridae έχουν παρόμοια στρατηγική αναπαραγωγής και οι δομικές πρωτεΐνες είναι παρόμοιες με εκείνες των άλλων γενών. Οι πολυμεράσες των Luteo-ίων μοιάζουν με εκείνες των μελών της οικογένειας Tombusviridae. Αντίθετα, οι πολυμεράσες των Polero-ίων και των Enamo-ίων μοιάζουν με εκείνες των ιών του γένους Sobemovirus. Οι συγκεκριμένοι τύποι πολυμεράσης θεωρούνται πολύ απομακρυσμένοι από εξελικτικούς όρους. Οι αλληλουχίες των αμινοξέων της καψιδιακής πρωτεΐνης και ο ιός της κίτρινης ποικιλόχρωσης του ρυζιού, έχουν ομοιότητα 33%. Έχει προταθεί ότι τα γονιδιώματα των Luteoviridae προέρχονται από ανασυνδυασμό μεταξύ προγονικών γονιδίων, τα οποία περιέχουν δομικά γονίδια πρωτεΐνης που είναι χαρακτηριστικά της οικογένειας των Luteoviridae και τα γονιδιώματα που περιέχουν οποιονδήποτε από τους δύο τύπους πολυμεράσης.



Εικόνα 6: Το διάγραμμα απεικονίζει την οργάνωση του γονιδιώματος και τον χάρτη των προϊόντων μετάφρασης για τους ιούς της οικογένειας Luteoviridae. Οι στερές γραμμές αντιπροσωπεύουν το RNA, τα πλαίσια αντιπροσωπεύουν τα ORFs και τα λεπτότερα πλαίσια αντιπροσωπεύουν τα προϊόντα μετάφρασης. Τέλος τα γκρι οβάλ αντιπροσωπεύουν τα VPgs (<https://talk.ictvonline.org/Taxonomy/>).

1.4. Μέλη του γένους Polerovirus

Πίνακας 1.10: Επίσημοι αναγνωρισμένοι ιοί του γένους Polerovirus

Όνομα ιού		Συντομογράφιας	Αναφορές
Ιός της χλώρωσης των τεύτλων	<i>Beet chlorosis virus</i>	BChV	Domier (2011)
Ιός του ήπιου ίκτερου των τεύτλων	<i>Beet mild yellowing virus</i>	BMVYV	
Ιός του δυτικού ίκτερου των Τεύτλων	<i>Beet western yellows virus</i>	BWVYV	
Ιός των κόκκινων φύλλων του καρότου	<i>Carrot red leaf virus</i>	CtRLV	Huang et al., (2005)
Ιός του κίτρινου νανισμού των δημητριακών-RPV	<i>Cereal yellow dwarf virus-RPS</i>	CYDV-RPS	
Ιός του κίτρινου νανισμού των δημητριακών-RPS	<i>Cereal yellow dwarf virus-RPV</i>	CYDV-RPV	
Ιός του χλωρωτικού νανισμού της ρεβιθιάς	<i>Chickpea chlorotic stunt virus</i>	CpCSV	Zhang et al., (2009)
Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων με νανισμό του βαμβακιού	<i>Cotton leafroll dwarf virus</i>	CLRDV	Correa et al., (2005)
Ιός του αφιδομεταδιδόμενου ίκτερου των κολοκυνθοειδών	<i>Cucurbit aphid-borne yellows virus</i>	CABYV	Knierim et al. (2010)
Ιός του κίτρινου νανισμού του αραβόσιτου-RMV	<i>Maize yellow dwarf virus-RMV</i>	MYDV-RMV	
Ιός του αφιδομεταδιδόμενου ίκτερου του πεπονιού	<i>Melon aphid-borne yellows virus</i>	MABYV	Xiang et al., (2008a)
Ιός του ίκτερου των νεύρων της πιπεριάς	<i>Pepper vein yellows virus</i>	PeVYV	Murakami et al. (2011)
Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της πατάτας	<i>Potato leafroll virus</i>	PLRV	
Ιός του αφιδομεταδιδόμενου ίκτερου του <i>Luffa cylindrica</i>	<i>Suakwa aphid-borne yellows virus</i>	SABYV	Shang et al. (2009)
Ιός των κίτρινων φύλλων του ζαχαροκάλαμου	<i>Sugarcane yellow leaf virus</i>	ScYLV	
Ιός της παραμόρφωσης των νεύρων του καπνού	<i>Tobacco vein distorting virus</i>	TVDV	

Ιός του ίκτερου του γογγυλιού	<i>Turnip yellows virus</i>	TuYV	
-------------------------------	-----------------------------	------	--

Πίνακας 1.11: Δυνητικά νέοι ιοί του γένους Polerovirus

Όνομα ιού		Συντομογραφίες	Αναφορές
Ιός G του κριθαριού	<i>Barley virus G</i>	BVG	Zhao et al, (2016)
Ιός του ίκτερου των σταυρανθών	<i>Brassica yellows virus</i>	BrYV	Xiang et al. (2011)
Ιός της κασάβας	<i>Cassava polerolike virus</i>	CsPLV	Carvajal-Yepes et al., (2014)
Ιός της φουντωτής κορυφής του βαμβακιού	<i>Cotton bunchy top virus</i>	CBTV	Ellis et al., (2013)
Ιός του αφιδομεταδιδόμενου ίκτερου του <i>Luffa acutangula</i>	<i>Luffa aphid-borne yellows virus</i>	LABYV	Knierim et al, 2014
Ιός 2 του κίτρινου νανισμού του αραβόσιτου-RMV	<i>Maize yellow dwarf virus-RMV 2</i>	MYDV-RMV 2	Wang et al., (2016)
Ιός του κίτρινου μωσαϊκού του αραβόσιτου	<i>Maize yellow mosaic virus</i>	MaYMV	Chen et al., (2016)
Ιός της ήπιας χλώρωσης του αρακά	<i>Pea mild chlorosis virus</i>	PMCV	Zhou et al., (2012)
Ιός του αφιδομεταδιδόμενου ίκτερου της κολοκυθιάς	<i>Pepo aphid-borne yellows virus</i>	PABYV	Knierim et al, 2014
Ιός του χλωρωτικού καρουλιάσματος των φύλλων της πιπεριάς	<i>Pepper leafroll chlorosis virus</i>	PeLRCV	(Kamran et al., 2018)
Ιός του κίτρινου καρουλιάσματος των φύλλων της πιπεριάς	<i>Pepper yellow leafroll chlorosis virus</i>	PYLCV	(Dombrovsky et al., 2010)
Ιός του ίκτερου του είδους <i>Macroptilium lathyroides</i>	<i>Phasey bean mild yellows virus</i>	PBMYV	Sharman et al., (2016)
Ιός του ίκτερου του είδους <i>Sauropus androgynus</i>	<i>Sauropus yellowing virus</i>	SaYV	Knierim et al., (2015α)

Polero-ίός 1 της φράουλας	<i>Strawberry polerovirus 1</i>	SPV1	Xiang et al., (2015)
Ιός του κίτρινου νανισμού του σιταριού-GPV	<i>Wheat yellow dwarf virus-GPV</i>	WYDV-GPV	Zhang et al (2009)

1.5 Ιοί που προκαλούν συμπτώματα ικτέρου στην πιπεριά

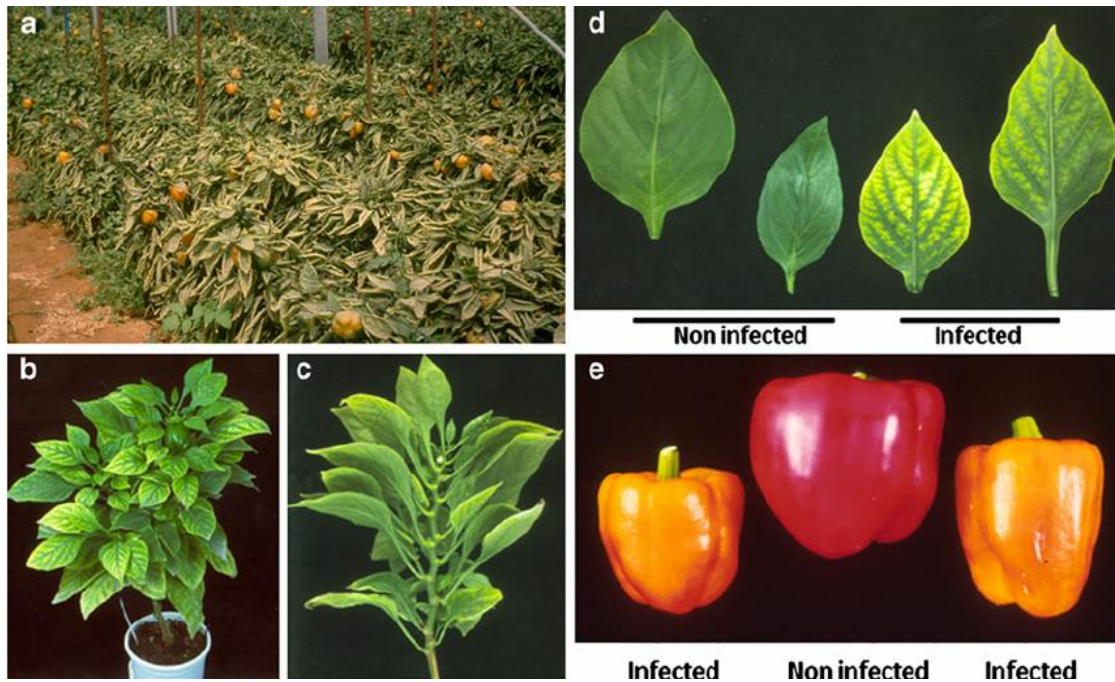
1.5.1 Ιός του κίτρινου κατασάρωματος των φύλλων της πιπεριάς-*Pepper yellow leafroll chlorosis virus (PYLCV)*

Για πρώτη φορά το 1998, στην κοιλάδα Αβάνα του Ισραήλ παρατηρήθηκε σε υψηλή συχνότητα η εμφάνιση νανισμού σε φυτά πιπεριάς (Dombrovsky et al., 2010). Τα μολυσμένα φυτά βρέθηκαν σε θερμοκήπια, καθώς και σε υπαίθριες καλλιέργειες (Dombrovsky et al., 2010). Για πάνω από δύο δεκαετίες, η ασθένεια *Pepper yellow leaf curl disease (PYLCD)* είχε εμφανιστεί σε όλες τις καλλιέργειες πιπεριάς στην Ινδονησία (Trisno et al., 2009, Koeda et al., 2018). Σύμφωνα με τους Antignus et al. (2001 & 2003), τα συμπτώματα των μολυσμένων φυτών πιπεριάς παρουσίαζαν μορφολογικές, βιολογικές και μοριακές ομοιότητες με τους Luteo-ιούς. Η ορολογική ανάλυση, η μορφολογία των ιοσωματίων, τα συμπτώματα της ασθένειας, οι μερικές αλληλουχίες της καψιδιακής πρωτεΐνης και της πρωτεΐνης διακυτταρικής μετακίνησης υποδεικνύουν ότι ο PYLCV είναι υποτιθέμενο μέλος του γένους *Poleovirus* (οικογένεια: *Luteoviridae*) (Antignus et al., 2001 & 2003; Dombrovsky et al., 2010).

Συμπτωματολογία και εύρος ξενιστών

Τα συμπτώματα που προκαλεί ο PYLCV είναι τα παρακάτω (Dombrovsky et al., 2013):

- σημαντική μείωση των μεσογονατίων διαστημάτων το οποίο έχει ως αποτέλεσμα τον νανισμό (shortening of stem internodes)
- μεσονεύριο ίκτερο των φύλλων (inter-veinal yellowing)
- συστροφή του ελάσματος του φύλλου προς τα επάνω
- αποχρωματισμός και η μείωση του μεγέθους των καρπών.



Εικόνα 7: Συμπτώματα που προκλήθηκαν από τον PYLCV, (a) Συχνότητα εμφάνισης ασθένειας στην πιπεριά που καλλιεργείται σε ένα θερμοκήπιο στην κοιλάδα της Αβάνας στο Ισραήλ, (b και d) μεσονεύριος ίκτερος και μείωση των μεσογονάτιων διαστημάτων, (a και c) σημαντική μείωση των μεσογονάτιων διαστημάτων που οδηγεί σε στασιμότητα ανάπτυξης των φυτών, (e) αποχρωματισμός καρπών και μείωση του μεγέθους τους (Dombrovsky et al., 2010).

Εύρος ξενιστών

Ο ιός μεταδίδεται με τα είδη αφίδων *Aphis gossypii* και *Myzus persicae* και με εμβολιασμό (Antignus et al., 2001 & 2003; Dombrovsky et al., 2010). Οι ιοί του Polerovirus μεταδίδονται αποκλειστικά από τις αφίδες με έμμονο (κυκλοφοριακό), αλλά δεν πολλαπλασιάζονται στο σώμα των αφίδων (Racah et al., 2009; Gunn et al., 1990). Σύμφωνα με τον Dombrovsky (2010), ο PYLCV μολύνει ένα μεγάλο αριθμό φυτικών ειδών που ανήκουν σε διάφορες οικογένειες (Πίν.12). Το εύρος των φυσικών ξενιστών περιλαμβάνει πολλά σημαντικά καλλιεργούμενα φυτά όπως: πιπεριά (*Capsicum annuum*), πεπόνι (*Cucurbita pepo*) και πετούνια (*Petunia hybrida*) καθώς και διάφορα ζιζάνια όπως τη φυσαλίδα (*Physalis floridana*), τη λουβουδιά (*Chenopodium amaranticolor*), τον τάτουλα (*Datura stramonium*) και το αμαράνθιο (*Gomphrena globosa*).

Πίνακας 1.12: Φυτικά είδη που προσβάλλονται από τον PYLCV

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ	ΕΙΔΟΣ
Solanaceae	<i>Capsicum annuum</i> cv. Maor
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium amaranticolor</i>
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita pepo</i> cv. Mayan
Solanaceae	<i>Datura stramonium</i>
Amaranthaceae	<i>Gomphrena globosa</i>
Solanaceae	<i>Nicotiana clevelandii</i>
Solanaceae	<i>Nicotiana benthamiana</i>
Solanaceae	<i>Petunia hybrida</i>
Solanaceae	<i>Physalis floridana</i>

1.5.2 Ιός του χλωρωτικού καρουλιάσματος των φύλλων της πιπεριάς (*Pepper leafroll chlorosis virus, PeLRCV*)

Για πρώτη φορά το 2018, ο ιός του χλωρωτικού καρουλιάσματος των φύλλων της πιπεριάς (PeLRCV) εμφανίζεται στη Σαουδική Αραβία. Πρόκειται για έναν καινούργιο Polero-ιό. Οι Polero-ιοί είναι μια γενετικά διαφοροποιημένη ομάδα ιών, οι οποίοι μοιράζονται αρκετά διαφορετικά χαρακτηριστικά μεταξύ τους. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, οι ιοί που συσχετίζονται με την μόλυνση της καλλιέργειας της πιπεριάς είναι οι PeVYV, PYLCV και PeYV. Τα συμπτώματα αυτών των ιών είναι μεσονεύριος ίκτερος, νανισμός και συστροφή φύλλων (ασθένεια του ικτέρου της πιπεριάς -*Pepper Yellow Disease- PYD*) έχουν εμφανιστεί παγκοσμίως, όπως στην Αυστραλία, στη Κίνα, στην Ελλάδα, στην Ινδία, στην Ινδονησία, στην Ιταλία, στην Ιαπωνία, στο Μάλι, στις Φιλιππίνες, στο Σουδάν, στο Ταϊβάν, στη Ταϊλάνδη, στη Τυνησία, στη Τουρκία και στις ΗΠΑ (Alabi et al. 2015; Alfaro-Fernández et al. 2014; Buzkan et al. 2013; Dombrovsky et. al., 2010; Knierim et al. 2013; Knierim et al. 2015; Lotos et al. 2017; Maina et al. 2016; Tan et al. 2015; Tomassoli et al. 2016; Yonaha et al. 1995).

Συμπτωματολογία και εύρος ξενιστών

Τα συμπτώματα της νόσου PeLRCV περιλαμβάνουν:

- Συστροφή των φύλλων
- Μεσονεύριος ίκτερος των φύλλων (inter-veinal yellowing)
- Μικροφυλλία
- Παραμόρφωση καρπών



Εικόνα 8: Συμπτώματα Πολερο-ιού σε φυτά πιπεριάς. Τα συμπτωματικά φυτά εμφάνιζαν συστρόφη των φύλλων προς τα επάνω και μεσονεύριο ίκτερο (Α και Β), καθώς και παραμορφωμένους καρπούς (C), σε αντίθεση με τους υγιείς (D) (Kamran et al., 2018).

Εύρος ξενιστών

Ο ιός μεταδίδεται με την αφίδα *Aphis gossypii*. Σύμφωνα με παρατηρήσεις των Kamran κ.ά., (2018), τα μολυσμένα φυτά του PeLRCV που καλλιεργούνται σε σκιασμένες θέσεις στο θερμοκήπιο δεν εκδήλωσαν συμπτώματα, όπως ίκτερο και συστρόφη φύλλων. Σε αντίθεση, η υψηλή ένταση φωτός παίζει σημαντικό ρόλο στην έκφραση των συμπτωμάτων για τους Πολερο-ιούς και τους Λυτεο-ιούς (Rochow and Duffus 1981).

Ο PeLRCV προσβάλλει φυτικά είδη που ανήκουν στις οικογένειες Cucurbitaceae, Chenopodiaceae και Solanaceae. Τα καλλιεργούμενα φυτά που προσβάλλει ο ιός είναι τα εξής: η πιπεριά (*Capsicum annuum*) και το πεπόνι (*Cucumis melo*). Τέλος, ο ιός προσβάλλει τα ζιζάνια, όπως η λουβουδιά (*Chenopodium amaranticolor*), η αγριοντοματιά (*Solanum lycopersicum*) και ο τάτουλας (*Datura stramonium*).

Πίνακας 1.13: Καλλιεργούμενα φυτά και ζιζάνια που προσβάλλονται από τον ιό του PeLRCV.

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΕΣ	ΕΙΔΗ	ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ
Solanaceae	<i>Capsicum annuum</i>	Ίκτερος στα νεύρα του φύλλου & περιστροφή του φύλλου
Cucurbitaceae	<i>Cucumis melo</i>	Μωσαϊκό, μικρά φύλλα

Chenopodiaceae	<i>Chenopodium amaranticolor</i>	-
Solanaceae	<i>Datura stramonium</i>	Χλώρωση του κεντρικού νεύρου στην επιφάνεια των φύλλων (Interveinal chlorotic patches)
Solanaceae	<i>Solanum lycopersicum</i>	-

1.5.3 Ιός του ίκτερου των νεύρων της πιπεριάς- *Pepper vein yellows virus (PeVYV)*

Το 1981, για πρώτη φορά, στο νομό Οκινάουα της Ιαπωνίας παρατηρήθηκαν συμπτώματα σε φυτά πιπεριάς, όπως μεσονεύριος ίκτερος και συστροφή των φύλλων. Από τότε, κάθε χρόνο στην Οκινάουα παρατηρούνταν παρόμοια συμπτώματα με αυτά του ιού του κίτρινου κατσαρώματος των φύλλων της πιπεριάς (PYLCV) (Dombrowsky, et. al., 2010). Ο ιός ονομάστηκε ιός του ίκτερου των νεύρων της πιπεριάς (PeVYV) (Yonaha, et. al., 1995).

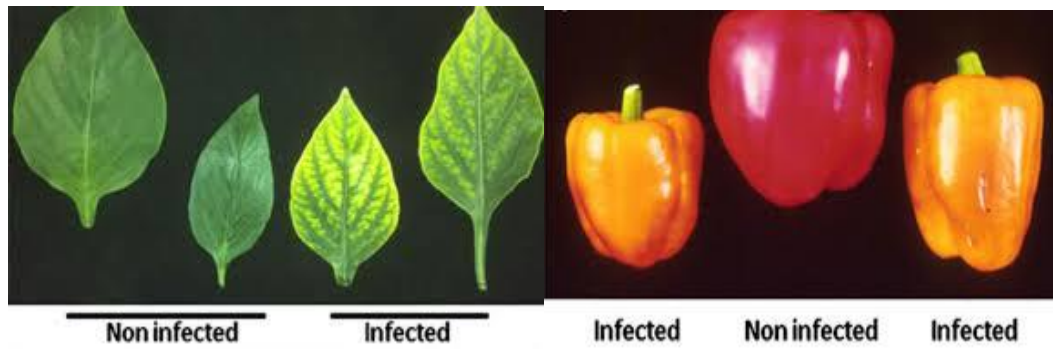
Πιθανόν ο ιός έχει ευρεία γεωγραφική κατανομή, καθώς η παρουσία του έχει αναφερθεί στο Πακιστάν (Ahmad et al., 2017), στην Ιαπωνία (Yonaha et. al., 1995), στην Αυστραλία (Maina et al., 2016), στην Ινδία, στην Ινδονησία, στις Φιλιππίνες, στην Ταϊλάνδη και στην Ταϊβάν (Knierim et al., 2013), στο Σουδάν (Fernández, 2014), στην Αφρική (Μάλι, Μπένιν και Ακτή Ελεφαντοστού) (Knierim et al., 2013; Afouda et al., 2017; Bolou et al., 2015) στην Ευρώπη (Ελλάδα, Ισπανία, Ιταλία και Ολλανδία) (Lotos et al. 2017, Villanueva et al. 2013; Tomassoli et al. 2016; Rast 1988), στην Κίνα (στην επαρχία Σανντόνγκ και σε άλλες ηπειρωτικές περιοχές) (Zhang et al., 2015; Tan et al., 2015), στην Νότια Αμερική (Alabi et al., 2015), στη Τυνησία και στη Τουρκία (Buzkan et al., 2013), στο Ισραήλ και στην Ιορδανία (Dombrowsky et al., 2010) και στη Σαουδική Αραβική (Kamran et al., 2017)

Στην Ελλάδα για πρώτη φορά ο ιός κάνει την εμφάνιση του στην Κρήτη. Σύμφωνα με τον Λώτο (2016), ο PeVYV έχει εξελικτική πορεία, καθώς δημιουργήθηκαν διαφοροποιημένα είδη του ιού όπως ο ιός του ίκτερου της πιπεριάς (pepper yellows virus-PeYV).

Συμπτωματολογία και εύρος ξενιστών

Τα συμπτώματα της νόσου PeVYV περιλαμβάνουν (Ahmad et al., 2017) :

- Μεσονεύριος ίκτερος
- Συστροφή των φύλλων προς τα επάνω
- Μείωση των μεσογονατίων διαστημάτων (internode shortening) (Villanueva et al., 2013)
- Καρούλιασμα και παραμόρφωση των φύλλων (Maoyan et al., 2015).



Εικόνα 9: Φύλλα και καρποί προσβεβλημένοι και μη από τον ιό του PeVYV (Fox and Loyd, 2018).



Εικόνα 10: Μευσονεύριος ίκτερος που μολύνθηκε από τον ιό του PeVYV στην ποικιλία *Capsicum frutescens* PeVYV (Fox and Loyd, 2018).



Εικόνα 11: Συμπτώματα του PeVYV σε φυτό πιπεριάς (Elhocino-adra.blogspot.com, 2013).

Εύρος ξενιστών

Ο PeVYV αναπαράγεται σε ιστούς του φλοιώματος. Επιπλέον, μεταδίδεται με εμβολιασμό και με έμμονο τρόπο μέσω των αφιδών *Aphis gossypii* Glover και *Myzus persicae* (Yonaha et al., 1995; Dombrovsky et al., 2010). Οι ξενιστές του PeVYV είναι διάφορες ποικιλίες πιπεριάς (*Capsicum annuum*) (Yonaha et al., 1995), *Capsicum chinense* (Tomassoli et al., 2016), *Capsicum frutescens* (Zhang et al., 2015), *Capsicum spp* (Alabi et al., 2015; Knierim et al., 2013; Tomassoli et al., 2016)» και η αγριοντοματιά (*Solanum nigrum*) (Knierim et al., 2013). Μάλιστα, σε πειράματα ο ιός μεταδόθηκε με επιτυχία με την αφίδα *M. persicae* στη λουβουδιά (*Chenopodium amaranticolor*), στο κολοκύθι (*Curcubita pepo*), στο τάτουλα (*Datura stramonium*), στο αμαράνθιο (*Gomphrena globosa*), στη πετούνια (*Petunia hybrida*) και στη φουσαλίδα (*Physalis floridana*) (Dombrovsky et al., 2010).

Πίνακας 1.14: Φυτικά είδη που προσβάλλονται από τον PeVYV

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΕΣ	ΕΙΔΟΣ
Solanaceae	<i>Capsicum annuum</i> <i>Capsicum chinense</i> <i>Capsicum frutescens</i> <i>Capsicum spp</i>
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium amaranticolor</i>
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita pepo</i>
Solanaceae	<i>Datura stramonium</i>
Amaranthaceae	<i>Gomphrena globosa</i>
Solanaceae	<i>Nicotiana clevelandii</i>
Solanaceae	<i>Nicotiana benthamiana</i>
Solanaceae	<i>Petunia hybrida</i>
Solanaceae	<i>Physalis floridana</i>
Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i>



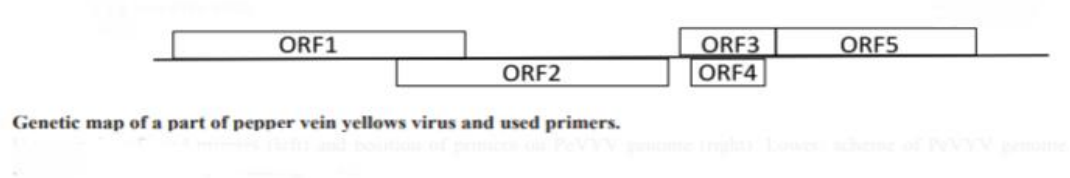
Εικόνα 12: Μετάδοση του PeVYV με την βοήθεια των φορέων *A. gossypii* και *M. persicae* (Hortoinfo.es, 2017).

Χαρακτηριστικά του ιού

Το γονιδίωμα του PeVYV συνιστάται από ένα γραμμικό θετικής πολικότητας μονόκλωνο μόριο RNA (ssRNA) και αποτελείται από 6244 νουκλεοτίδια με μια συγκεκριμένη ική πρωτεΐνη (Vpg) στο 5' άκρο (Maoyan et al., 2015). Έχει μια χαρακτηριστική γονιδιωματική οργάνωση με τα μέλη του γένους Polerovirus (Murakami R. et al., 2011). Ο PeVYV έχει τις υψηλότερες αλληλουχίες αμινοξέων που ταυτίζονται με το ORF0-ORF3 (75.9-91.9 %) με τον ιό της παραμόρφωσης των νεύρων του καπνού (*Tobacco vein distorting virus*- TYDY), με το οποίο μόνο το 25,1 % ήταν ταυτόσημο με το ORF5. Το RNA γονιδίωμα του PeVYV περιέχει έξι μεγάλα ανοιχτά πλαίσια ανάγνωσης (ORF) που μοιάζουν με την αλληλουχία και την διάταξη των Polero-ιών. Οι ιδιότητες της για κάθε ORF ήταν οι ακόλουθες:

- Το ORF0 κωδικοποιεί 52-801 νουκλεοτίδια και περιέχει μια αλληλουχία F-box στα 217-231 νουκλεοτίδια (Kozłowska-Makulska et al., 2010).
- Το ORF1 κωδικοποιεί 176-2140 νουκλεοτίδια και έχει ένα μοτίβο πρωτεάσης-σερίνης στα 893-1270 νουκλεοτίδια και το N-τελικό άκρο μιας γονιδιακά συνδεδεμένης πρωτεΐνης αντιστοιχεί στη θέση του αμινοξέος 403 (Mo X et al., 2010). Το ORF0 & το ORF2 επικαλύπτεται από το ORF1 (Maoyan et al., 2015).
- Το ORF2 κωδικοποιείται από 1621-3432 νουκλεοτίδια, είναι η RNA εξαρτώμενη-RNA πολυμεράση (RdRp) και εμφανίζεται να μεταφράζεται μέσω του πλαισίου μετατόπισης-1 από ένα μεταβλητό επτά-νουκλεοτίδιο στα 1654-1660 νουκλεοτίδια.
- Το ORF3 κωδικοποιείται από 3632-4252 νουκλεοτίδια, είναι η πρωτεΐνη του περιβλήματος (CP).
- Το ORF4 κωδικοποιείται από τα 3663-4133 νουκλεοτίδια, είναι η πρωτεΐνη κίνησης σε ένα ανοιχτό πλαίσιο ανάγνωσης του ORF3. Το ORF4 είναι πλήρως περιλαμβανόμενο στο ORF3 (Maoyan et al., 2015).

- Το ORF5 κωδικοποιείται από 4253-5842 νουκλεοτίδια, είναι μια περιοχή ανάγνωσης του ORF3 και έχει μια εξαρτώμενη προλίνη στα 4253-4339 νουκλεοτίδια (Guilley et al., 1994). Το ORF5 κωδικοποιεί μια πρωτεΐνη ανάγνωσης 76 kDa, η οποία είναι απαραίτητη για την αφιδομετάδοση και επιπλέον δρα ως παράγοντας σταθερότητας στα σωματίδια του ιού (Maoyan et al., 2015).



Εικόνα 13: Τα ανοιχτά πλαίσια ανάγνωσης του PeVYV (Murakimi and Kawano, 2017).

Ο PeVYV έχει μια διαγονιδιακή μη μεταφρασμένη περιοχή από 199 νουκλεοτίδια μεταξύ του ORF1 και του ORF3, παρόμοια με άλλους Polero-ιούς, ενώ οι Luteo-ιοί και οι Enamo-ιοί έχουν μια διαγονιδιακή μη μεταφρασμένη περιοχή από 100 νουκλεοτίδια. Η 3' αμετάφραστη περιοχή του PeVYV έχει μήκος 402 νουκλεοτίδια, καθιστώντας το μεγαλύτερο μήκος απ' όλους τους Polero-ιούς, αλλά σημαντικά μικρότερη από την 3' αμετάφραστη περιοχή των Luteovirus (>600 νουκλεοτίδια). Η πρόβλεψη της δευτερογενούς δομής της 3' αμετάφραστη περιοχής ανίχνευσε 11 βρόχους στελεχών (stem loops). Η αλληλουχία στους πρώτους και δεύτερους βρόχους στελεχών είναι 5923-5977 νουκλεοτίδια, και εκείνη που περιέχει τον τρίτο και τον τέταρτο βρόχο των στελεχών έχει 5992-6046 νουκλεοτίδια ήταν σχεδόν πανομοιότυπα. Υποδηλώνοντας ότι η επικάλυψη αυτού του τμήματος αλληλουχίας είχε συμβεί στην 3' αμετάφραστη περιοχή, όπως είχε παρατηρηθεί στους Flaviviruses (Gritsun & Gould, 2007).

Με βάση τις ταυτόσημες αλληλουχίες των αμινοξέων του ORF 0-3, ο πλησιέστερος συγγενής του PeVYV είναι ο TVDV (75,9-91,9%), αλλά το ORF5 του TVDV έχει μόνο 25,1% ομοιότητα με τα αμινοξέα του PeVYV (Murakami et al., 2011). Ένα από τα κριτήρια διάκρισης των ιών της οικογένειας Luteoviridae είναι ότι οι διαφορές στις αλληλουχίες των αμινοξέων οποιουδήποτε γονιδιακού προϊόντος πρέπει να είναι μεγαλύτερες από 10% (D'Arcy & Domier, 2005). Επιπλέον, ο PeVYV δεν έχει την ικανότητα να μολύνει τα φυτά του καπνού, δείχνοντας ότι ο PeVYV ανήκει σε ξεχωριστό είδος του γένους Polerovirus (Yonaha et al., 1995). Η αλληλουχία των νουκλεοτιδίων του PYLCV έχει ομοιότητα 93,4% με τα 3815-4252 νουκλεοτίδια του

PeVYV. Ο ιός του ικτέρου της πιπεριάς (Pepper yellow disease-PYD) έχει 94,7% ομοιότητα με τα 2613-4242 νουκλεοτίδια του PeVYV (Murakami R. et al., 2011). Μερικά ORFs (2, 3 και 4) των PYLCV και PYV έδειξαν 93-98% ταυτόσημες αλληλουχίες των αμινοξέων με εκείνα του PeVYV. Επομένως, αυτοί οι δύο ιοί φαίνεται να είναι οι παραλλαγές του PeVYV, οι οποίες θα μπορούσαν να αποτελέσουν ένα νέο είδος του γένους Polerovirus (Murakami R. et al., 2011).

Ο PeVYV της Ιαπωνία βρέθηκε να μην διαφέρει από τον PeVYV άλλων χωρών (Murakami and Kawano, 2017). Η αλληλουχία ανάλυσης του PeVYV-HN ήταν κατά 92% ταυτόσημη με την αλληλουχία του ιαπωνικού γονιδιώματος και στα δύο επίπεδα των νουκλεοτιδίων και των αμινοξέων. Η εξελικτική ανάλυση με βάση την καψιδιακή πρωτεΐνη, την πρωτεΐνη διακυτταρικής μετακίνησης και την RNA εξαρτώμενη- RNA πολυμεράση έδειξε ότι ο PeVYV μπορεί να χωριστεί σε δύο μεγάλες γενεές αντίστοιχα με την γεωγραφική τους προέλευση. Ωστόσο, λίγα είναι γνωστά για την εξελικτική ιστορία των διαφορετικών απομονώσεων του PeVYV (Gibbs & Ohshima, 2010). Η αλληλουχία των νουκλεοτιδίων των προϊόντων απομόνωσης στην Ιαπωνία είναι η μόνη αλληλουχία με το πλήρες μήκος που κατατέθηκε στην GenBank (accession no. AB594828) με έναν αριθμό μερικών αλληλουχιών επίσης διαθέσιμων, συμπεριλαμβανομένων των CP, MP & RdRp γονιδίων από το Ταϊβάν, την Ταϊλάνδη, την Ινδία, την Ινδονησία, τις Φιλιππίνες στην Ασία, το Σουδάν, το Μάλι και την Τυνησία, την Αφρική, την Τουρκία και την Ισπανία στην Ευρώπη (Maoyan et al., 2015).

Ο PeVYV έχει 30 αμετάφραστες περιοχές στα 402 νουκλεοτίδια και μια διαγονιδιακή αμετάφραστη περιοχή στα 199 νουκλεοτίδια μεταξύ του ORF 2 & 3 (Maoyan et al., 2015). Στη διαγονιδιακή περιοχή πραγματοποιείται ο ανασυνδυασμός στα μέλη της οικογένειας Luteoviridae (Miller et al., 1995; Moonan et al., 2000). Σε αντίθεση, ο ανασυνδυασμός δεν καθορίζει την μοριακή εξέλιξη του PeVYV, αφού ο ιός εξαρτάται από την αρνητική επιλογή και τη γενετική μετατόπιση (Maoyan et al., 2015). Επιπρόσθετα, οι πληθυσμοί του PeVYV επηρεάζονται από την γενετική απόκλιση (generic drift) (Yin et al., 2013; Wei et al., 2009). Τα προϊόντα απομόνωσης του PeVYV μπορούν εξελιχθούν ξεχωριστά, ανεξάρτητα από την γεωγραφική τους προέλευση. Ο PeVYV απαντάται συχνά σε μικτές μολύνσεις με άλλους ιούς και μπορεί να διακριθεί εύκολα με βάση τις ακολουθίες της καψιδιακής πρωτεΐνης (Knierim et al., 2010; Shang et al., 2009; Xiang et al., 2008).

1.5.4 Μέθοδοι ανίχνευσης του PeYVV

Η διάγνωση του PeYVV με βάση τη συμπτωματολογία δεν είναι αξιόπιστη, καθώς τα συμπτώματα είναι παρόμοια με αυτά που προκαλούν και οι PYLCV και PeLRCV. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι εργαστηριακής ανίχνευσης, όπως:

A. Μετάδοση με αφίδες

Η μετάδοση με αφίδες ήταν από τις πρώτες τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανίχνευση και τη διάγνωση του PeYVV (Yonaha et al., 1995; Dombrovsky et al., 2010). Η πρόσληψη του ιού πραγματοποιείται από την τοποθέτηση μη ιοφόρων ατόμων αφίδων σε φυτά που εκδηλώνουν συμπτώματα και στη συνέχεια μεταφέρονται σε υγιείς φυτοδείκτες. Ο ιός προσλαμβάνεται και μεταδίδεται από λίγες ώρες έως και μερικές ημέρες. Στην συνέχεια, η εκδήλωση των συμπτωμάτων του ιού χρειάζεται λίγες εβδομάδες μετά την μόλυνση.

Παρόλο που οι αφιδομεταδόσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανίχνευση νέων ιών και νέων στελεχών αυτών φέρουν πολλά μειονεκτήματα. Είναι απαραίτητη η γνώση της βιολογίας του ιού και δοκιμές με πολλά είδη αφίδων πράγμα που την καθιστούν ακατάλληλη για το μαζικό έλεγχο δειγμάτων (χρονοβόρος διαδικασία) (D' Arcy et al., 1999).

B. Ορολογικές Δοκιμές:

Την δεκαετία του 1970, για πρώτη φορά παρήχθησαν τα πολυκλωνικά αντισώματα για ιούς-μέλη της οικογένειας Luteoviridae (Paliwal, 1977). Για την ανίχνευση και τη διάγνωση των Polero-ιών σε διάφορα ιολογικά εργαστήρια είχε χρησιμοποιηθεί η DAS ELISA, ενώ έχουν αναφερθεί και εφαρμογές της μεθόδου στην ανίχνευση του PeYVV (Ahmad et al., 2017). Οι ορολογικές δοκιμές με την χρήση των πολυκλωνικών αντισωμάτων πρέπει να αξιολογείται προσεκτικά, καθώς έχουν υπάρξει αναφορές για σταυροειδείς αντιδράσεις μεταξύ των αντισωμάτων του *Cucurbit aphid-borne yellows virus* (CABYV) με του *Pepper vein yellows virus* (PeVYV) (Ahmad et al., 2017).

Για πρώτη φορά στα μέσα της δεκαετίας του 1980, παρήχθησαν μονοκλωνικά αντισώματα (MAbs) ενάντια στους ιούς της οικογένειας Luteoviridae (Hsu et al., 1984). Με την μέθοδο της TAS ELISA, έχουν ανιχνευθεί, προσδιοριστεί και χωρισθεί τα

στελέχη των BWYV, BMYV και PLRV (D' Arcy et al., 1999). Η TAS ELISA έχει χαμηλότερο υπόβαθρο σε σύγκριση με την DAS ELISA, παρόλο που είναι πιο εξειδικευμένη και δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα. Σύμφωνα με τον D' Arcy et al. (1989), διαφορετικά είδη τόσο του γένους όσο και των διαφορετικών γενών της οικογένειας Luteoviridae έχουν αναφερθεί περιπτώσεις που δίνουν ισχυρές σταυροειδείς αντιδράσεις.

Μοριακές τεχνικές

Η αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης (Polymerase chain reaction, PCR) είναι ίσως η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη μοριακή μέθοδος διάγνωσης, με αναρίθμητες εφαρμογές τόσο σε ερευνητικό όσο και σε διαγνωστικό επίπεδο. Η εφαρμογή της για την ανίχνευση των ιών-μελών της οικογένειας Luteoviridae έγινε για πρώτη φορά από τους Robertson et al. (1991). Ένα από τα κριτήρια διάκρισης των ιών της οικογένειας Luteoviridae είναι ότι οι διαφορές στις αλληλουχίες των αμινοξέων οποιουδήποτε γονιδιακού προϊόντος πρέπει να είναι μεγαλύτερες από το 10% (D' Arcy και Domier, 2005). Η καψιδιακή πρωτεΐνη, η πρωτεΐνη διακυτταρικής μετακίνησης και η RNA εξαρτώμενη- RNA πολυμεράση δείχνει την διαφορά ανάλυσης των νουκλεοτιδίων και των αμινοξέων του PeVYV. Παρόμοια παρατήρηση έχει γίνει για τους μολυσματικούς Polero-ιούς, οι οποίες είχαν παραβλεφθεί ή αποδείχθηκαν εσφαλμένοι ως έλλειψη θρεπτικών ουσιών ή και άλλα προβλήματα έως ότου ο ιός του αφιδομεταδιδόμενου ίκτερου των κολοκυνθοειδών (CABYV) (Lecoq et al., 1992) και, στη συνέχεια, εντοπίστηκαν αρκετοί άλλοι διαφορετικοί μολυσματικοί Polero-ιοί και αναπτύχθηκαν νέα, περισσότερο ευαίσθητα και πιο συγκεκριμένα διαγνωστικά εργαλεία (Knierim et al., 2013).

1.6 Σκοπός της εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη του εύρους των φυσικών ξενιστών του ιού του ίκτερου των νεύρων της πιπεριάς (*Pepper yellow vein virus*, PeYVV). Για τον σκοπό αυτό κατά το έτος 2017 πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες αυτοφυών φυτών από την Ιεράπετρα όπου ο ιός ενδημεί.

**ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: Μελέτη του εύρους ξενιστών του
PeVYV**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. Πειραματικό Μέρος: Ταυτοποίηση των αυτοφυών-φυτών ξενιστών του ιού PeVYV

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο PeVYV αποτελεί έναν αναδυόμενο φυτικό ιό που προκαλεί σημαντικές ζημιές στις καλλιέργειες της πιπεριάς διεθνώς (Knierim et al., 2013; Kamran et al., 2017). Προσβάλλει ένα μεγάλο αριθμό καλλιεργούμενων φυτικών ειδών που ανήκουν σε διάφορες οικογένειες, όπως είναι διάφορες ποικιλίες πιπεριάς *Capsicum annuum* (Yonaha et al., 1995), *Capsicum chinense* (Tomassoli et al., 2016), *Capsicum frutescens* (Zhang et al., 2015), *Capsicum* spp (Alabi et al., 2015; Knierim et al., 2013; Tomassoli et al., 2016)», την κολοκυθιά (*Cucurbita pepo*), διάφορα είδη του γένους *Nicotiana* (*Nicotiana clevelandii*, *Nicotiana benthamiana*) και την πετούνια (*Petunia hybrida*). Επιπλέον προσβάλλει και αυτοφυή, όπως η αγριοντοματιά (*Solanum nigrum*) (Knierim et al., 2013), η λουβουδιά (*Chenopodium amaranticolor*), ο τάτουλας (*Datura stramonium*), το αμαράνθιο (*Gomphrena globosa*) και η φυσαλίδα (*Physalis floridana*) (Dombrovsky et al., 2010).

Ο PeVYV αναπαράγεται σε ιστούς του φλοιώματος (Yonaha et al., 1995). μεταδίδεται με εμβολιασμό και στον αγρό με τα είδη των αφίδων *Aphis gossypii* Glover και *Myzus persicae* με έμμονο τρόπο (Yonaha et al., 1995; Dombrovsky et al., 2010). Δε μεταδίδεται με το σπόρο των ξενιστών του. Όπως και οι άλλοι ιοί μέρη της οικογένειας Luteoviridae, ο PeVYV δεν μεταδίδεται μηχανικά με φυτικό εκχύλισμα (Waterhouse et al., 1988). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι Luteo-ιοί αδυνατούν να πολλαπλασιαστούν στα κύτταρα του μεσόφυλλου ή σε πρωτοπλάστες που προέρχονται από κύτταρα του μεσόφυλλου και δεν είναι δυνατή η μετακίνησή τους από τα κύτταρα στο φλοιώμα (Talianky και Barker, 1999). Παρόλα αυτά, οι ιοί PLRV, BMYV του γένους Polero μεταδίδονται μηχανικά με τη βοήθεια δύο Umbraviridae (Mayo et al., 2000). Σε περιπτώσεις μικτής μόλυνσης από τον BWYV και τον ιό της κηλιδωτής ποικιλοχλώρωσης του μαρουλιού (*Lettuce speckles mottle virus*- LSMV, γένος Umbravirus), ήταν μερικές φορές δυνατή η μηχανική μετάδοση του BWYV με τη χρησιμοποίηση φυτικού εκχυλίσματος (Falk et al., 1979).

Στην Ελλάδα, η εμφάνιση της ασθένειας PYD για 5 συνεχόμενα έτη, καθώς και η

εξάπλωση του PeYV από το Λασιίθι έως τα Χανιά τον καθιστά ενδημικό στην Κρήτη και θεωρείται πλέον ως ένας περιοριστικός παράγοντας της καλλιέργειας της πιπεριάς (Lotos, 2016).

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε το εύρος των φυσικών ξενιστών του PeVYV, ενώ παράλληλα διερευνήθηκε η δυνατότητα χρήσης φυτικού εκχυλίσματος για την μοριακή (RT-PCR) ανίχνευσή του σε αυτοφυή φυτικά είδη.

2.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Δειγματοληψία αυτοφυών-φυτών

Κατά το έτος 2017 συλλέχθηκαν δείγματα αυτοφυών φυτών από την Κρήτη (Ιεράπετρα) όπου όπως ήδη αναφέρθηκε ο ιός ενδημεί. Συνολικά συλλέχθηκαν 310 αυτοφυή φυτά που ανήκουν σε 16 οικογένειες (Πίνακα 15). Τα αυτοφυή φυτά συλλέχθηκαν από τον περίγυρο θερμοκηπιακών καλλιεργειών πιπεριάς που ήταν προσβεβλημένες από τον ιό. Αν και η δειγματοληψία των αυτοφυών ήταν τυχαία, σε ένα περιορισμένο αριθμό φυτών παρατηρήθηκαν συμπτώματα ικτέρου και καρουλιάσματος. Η αναγνώριση των φυτικών ειδών έγινε από τον καθηγητή Ηλία Γ. Ελευθεροχωρινό (Εργαστήριο Γεωργίας), του Τμήματος Γεωπονίας της Γεωπονικής Σχολής Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος του Α.Π.Θ.

Πίνακας 2.1: Είδη αυτοφυών φυτικών ειδών που συλλέχθηκαν από την περιοχή της Ιεράπετρας

Οικογένεια	Είδος	Αριθμός φυτών που συλλέχθηκαν
Amaranthaceae	<i>Amaranthus retroflexus</i>	45
Asteraceae	<i>Cladanthus muxtus</i>	8
	<i>Conyza spp</i>	10
	<i>Cynara cardunculus</i>	5
	<i>Sonchus kirkii</i>	6
	<i>Sonchus oleraceus</i>	25
Brassicaceae	<i>Sinapis L.</i>	9
Boraginaceae	<i>Heliotropium europaeum</i>	6
Caryophyllaceae	<i>Stellaria media</i>	8
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium album</i>	43
Convolvulaceae	<i>Calystegia sepium</i>	5
Compositae	<i>Lactuca serriola L.</i>	6
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia helioscopia</i>	10

Fabaceae	<i>Medicago sativa</i>	6
	<i>Melilotus sp.</i>	8
	Trifolium spp	4
Malvaceae	<i>Malva spp</i>	47
Papavaraceae	<i>Papaver rhoeas</i>	5
Oxalidaceae	<i>Oxalis perscapae</i>	18
Solonaceae	<i>Solanum nigrum</i>	23
Umbelliferae	<i>Bifora radians M. Bieb</i>	7
Urticaceae	<i>Parietaria judaica</i>	6
ΣΥΝΟΛΟ		310

Προετοιμασία δειγμάτων:

Μετά την άφιξη των δειγμάτων στο εργαστήριο, τα δείγματα διαχωρίζονταν και αναγνωρίστηκαν. Στη συνέχεια, ποσότητα φυτικού ιστού βάρους 0,2 γρ. διαχωρίζονταν σε σακουλάκια και τοποθετούνταν στην κατάψυξη στους -20°C. Επίσης, ποσότητα 0,5-2 γρ. φυτικού υλικού διατηρούνταν σε μικροσωλήνες erpendorf σε θερμοκρασία δωματίου μετά από λυοφιλοποίηση.

RNA εξαγωγή

Φυτικό δείγμα βάρους 0,2 γρ. ομογενοποιείται σε 2 ml διαλύματος lysis (8M GuHCl - 25mM EDTA - 1% Sarcosyl - 2% Triton X100 - 25mM sodium citrate - 0,2M sodium acetate - ρύθμιση pH στο 5,2 με acetic acid). Ακολουθεί φυγοκέντρηση στις 10.000 rcf για 1 λεπτό. Στη συνέχεια, 700 μl από το υπερκείμενο μεταφέρονται σε νέο μικροσωλήνα και θερμαίνονται στους 65°C για 10 λεπτά. Ακολουθεί φυγοκέντρηση σε 16.000 × g για 10 λεπτά και 500 μl από το υπερκείμενο μεταφέρονται σε νέο μικροσωλήνα που περιέχει 500 μl αιθανόλης (100%) και όλο μαζί μεταφέρεται σε στήλη silica (Glass microfibers filters, GF/F-Whatman) για δέσμευση του RNA, με φυγοκέντρηση για 3 λεπτά σε 4000 × g. Στη συνέχεια, γίνεται μια πρώτη πλύση με 700 μl διαλύματος “wash buffer 1” (4M GuHCl - 50mM Tris HCl pH 6,6 - 60% ethanol) και φυγοκέντρηση σε 8000 × g για 1 λεπτό. Ακολουθούν δύο πλύσεις με 700 μl και 400 μl διαλύματος “wash buffer 2” (2mM Tris HCl pH 7 - 20mM NaCl - 80% ethanol) και

φυγοκέντρωση σε $8000 \times g$ για 1 λεπτό και $12000 \times g$ για 2 λεπτά, αντίστοιχα. Η παραλαβή του RNA πραγματοποιείται με 80 μ l διαλύματος 10mM Tris HCl, pH 8, θερμοκρασίας 95°C και ακολουθεί φυγοκέντρωση στις 5000 rcf για 3 λεπτά. Τέλος αποθηκεύεται το RNA total σε θερμοκρασία -20°C . Ποσότητα 2 μ l προστίθεται στο διάλυμα αντίδρασης κατά το στάδιο της RT-PCR.

Μοριακή ανίχνευση RT-PCR

Εφαρμόστηκε η αντίστροφη μεταγραφή-αλυσιδωτή αντίδραση της πολυμεράσης (RT-PCR). Η RT-PCR επιλέχθηκε να αναπτυχθεί σε δυο χωριστά στάδια, αρχικά πραγματοποιώντας την RT και στην συνέχεια την PCR. Ο εκκινητής που χρησιμοποιήθηκε στην RT ήταν ο PolGenRT (καθοδικός εκκινητής), ο οποίος στην συνέχεια χρησιμοποιήθηκε στην PCR. Οι εκκινητές της PCR περιλάμβαναν ένα ανοδικό (PolGenUp 2) και ένα καθοδικό εκκινητή (PolGenDown 2).

Η RT πραγματοποιήθηκε με την προσθήκη 2 μ l εκχυλίσματος ολικού RNA (μέθοδος A, Chatzinasiou κ.ά., 2010 με τις τροποποιήσεις που περιγράφονται από τους Maliogka κ.ά., 2015 σε διάλυμα αντίδρασης τελικού όγκου 20 μ l που περιείχε 50 mM Tris-HCl (pH 8,3 στους 25°C), 75 mM KCl, 3 mM MgCl_2 , 10 mM DTT, 0,25 mM από κάθε dNTP, 1 μ M RT PolGen και 50 U αντίστροφης μεταγραφάσης M-MLV (Invitrogen, The Netherlands). Τα δείγματα επωάστηκαν για 1 h στους 45°C και για 15 min στους 70°C .

Η PCR πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας 2 μ l cDNA από την RT σε διάλυμα αντίδρασης τελικού όγκου 20 μ l που περιείχε 10 mM Tris-HCl (pH 8,8 στους 25°C), 50 mM KCl, 0,1% Triton X100, 0,48 mM MgCl_2 , 0,2 mM από κάθε dNTP, 2 μ M PolGenUp2, 2 μ M PolGenDown2 και 1,5 U της QIAGEN Hot Star Taq DNA πολυμεράσης και απεσταγμένο νερό που είχε υποστεί μεταχείριση με DEPC μέχρι τελικού όγκου. Το πρωτόκολλο θερμοκυκλοποίησης περιελάμβανε ένα αρχικό βήμα θερμικής αποδιάταξης στους 95°C για 5 min, 40 κύκλους των εξής 5 βημάτων:

1. 94°C για 30 s,
2. 58°C για 15 s,
3. 54°C για 10 s,
4. 52°C για 10 s και
5. 72°C για 30s και ένα τελικό βήμα επέκτασης στους 72°C για 5 min.

Nested-PCR:

Η εστιασμένη PCR πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας 2 μl του προϊόντος της PCR σε διάλυμα αντίδρασης ίδιας σύστασης με αυτό της PCR με εκκινητές τους TVDV up Nest (0,4 μM) και TVDV Do Nest (0,4 μM). Το πρωτόκολλο θερμοκυκλοποίησης περιελάμβανε ένα αρχικό βήμα θερμικής αποδιάταξης στους 95°C για 15 min, 40 κύκλους των εξής 5 βημάτων:

- i. 94°C για 20 s,
- ii. 60°C για 10 s,
- iii. 53°C για 10 s,
- iv. 51°C για 10 s και
- v. 72°C για 20 s και ένα τελικό βήμα επέκτασης στους 72°C για 5 min.

Πίνακας 2.2: Εκκινητές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανίχνευση του PeVYV

Εκκινητής	Αλληλουχία	Ιός που ανιχνεύεται	Μέγεθος προϊόντος
PolGen Up 2	5'- GAT GAR GGT CGY TAC CG -3'	PeVYV	593 ζβ
PolGen Down 2	5'- ACC TCG ACT TTR AAR CC- 3'	PeVYV	
TVDV Up Nest	5'-CAG AAC AAG CGA GAA ATC GCT C -3'	PeVYV	240 ζβ
TVDV Do Nest	5'-TGC GAG TTT GTT GCG GAC GAC C-3'	PeVYV	

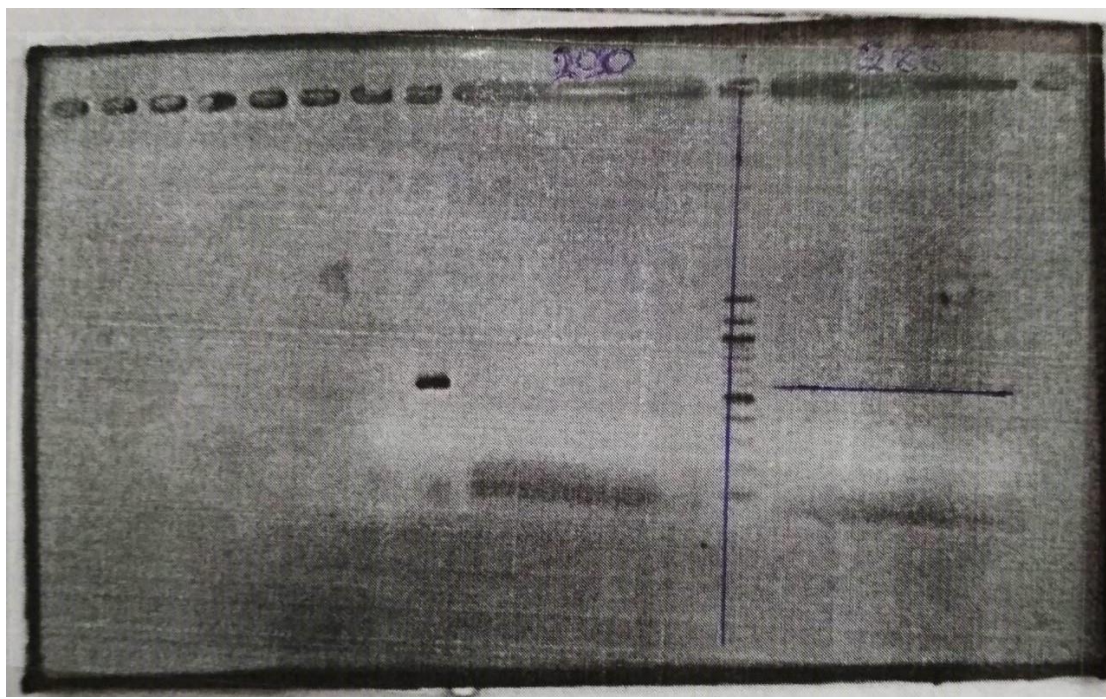
Ανάλυση των Προϊόντων της (γενικής ή εστιασμένης) PCR με ηλεκτροφόρηση

Η ανάλυση των προϊόντων της εστιασμένης PCR πραγματοποιήθηκε με ηλεκτροφόρηση σε πηκτική αгарόζη. Για την παρασκευή της πηκτικής χρησιμοποιήθηκε 1,5% β/ο αгарόζη (UltraPure™ -Invitrogen, The Netherlands) σε διάλυμα ηλεκτροφόρησης TAE 1x (Tris Acetate EDTA: 0,04M Tris-Acetate, 0,001M EDTA).

Ακολούθησε θέρμανση μέχρι βρασμού και το διάλυμα τοποθετήθηκε σε συσκευή ηλεκτροφόρησης. Ποσότητα 10 μl προϊόντος της PCR αναμείχθηκε με 1 μl χρωστικής (50% γλυκερόλη - 0,01M NaH₂PO₄ - pH 7 - 0,4% κυανού της βρωμοφαινόλης). Για τον προσδιορισμό του μεγέθους των προϊόντων της PCR χρησιμοποιήθηκε ένας δείκτης μοριακού βάρους (100 ζβ DNA Ladder, New England Biolabs). Η ηλεκτροφόρηση πραγματοποιήθηκε σε τάση 110Volt για 1 ώρα και 45 λεπτά και στη συνέχεια η πηκτή τοποθετήθηκε σε υδατικό διάλυμα βρωμιούχου αιθιδίου (0,5mg/ml) για 20 λεπτά. Τέλος, η πηκτή μεταφέρθηκε σε τράπεζα φθορισμού υπεριώδους (UV light) για την απεικόνιση των προϊόντων της PCR.

2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από τα 310 δείγματα αυτοφυών φυτών που ελέγχθηκαν, σε κανένα δεν ανιχνεύτηκε ο PeVYV, ενώ σε ένα μόνο δείγμα του φυτικού είδους *Polerovirus* ανιχνεύτηκε ο ιός του ήπιου ικτέρου των τεύτλων (*Beet mild yellowing virus*- BMYV). Η παρουσία του BMYV ανιχνεύθηκε στο είδος *Solanum nigrum*.



Εικόνα 14: Ηλεκτροφόρηση σε πηκτή αгарόζης των προϊόντων της μεθόδου γενικής ανίχνευσης πολερο-ιών. Θετική ανίχνευση του ιού BMYV.

Για πρώτη φορά ο ιός του ήπιου ικτέρου των τεύτλων (*Beet mild yellowing virus*- BMYV) χαρακτηρίστηκε από τον Russell (1958, 1962). Βρέθηκε στην Αγγλία και αναγνωρίστηκε ως ξεχωριστός ιός και δεν συσχετίζεται με τον ιό *Beet yellows virus* (BYV). Ανήκει στην οικογένεια Luteoviridae, στο γένος *Polerovirus* και μεταδίδεται μέσω των αφιδών (*Myzus persicae* και *Aphis fabae*) με έμμονο τρόπο (Gray and Gildow, 2003). Όπως όλοι οι Πολερο-ιοί, ο BMYV περιορίζεται στον αγγειακό ιστό των ξενιστών και ο μηχανικός εμβολιασμός είναι δυνατός μόνο σε μικτές μολύνσεις με τους *Umbra*-ιούς (Mayo et al., 2000). Ο ιός μολύνει όλους τους ιστούς των φυτών ακόμη και τα αγγεία. Επομένως, ο προσδιορισμός του εύρους των ξενιστών του BMYV απαιτεί τη χρήση φορέων αφίδας, όπως του *Myzus persicae*. Η ταξινόμηση του εύρους των ξενιστών του BMYV χαρακτηρίζεται από την συστηματική ική μετάδοση από τα πρωτογενώς μολυσμένα κύτταρα, έπειτα από εμβολιασμό των αφιδών. Εν τούτοις σε τοπικούς

ξενιστές, η αναπαραγωγή του BMVYV είναι δυνατή σε ιστούς που έχουν εμβολιαστεί με αφίδες, αλλά η συστηματική εξάπλωση του παρεμποδίζεται από την ασυμβίβαστη αλληλεπίδραση ιού-φυτού.

Σύμφωνα με τον Stephan (2006) ως ξενιστές του BMVYV έχουν αναφερθεί τα εξής: μη συγκομισθέντα ή τεμαχισμένα τεύτλα, σπόροι από την καλλιέργεια τεύτλων, σπανάκι (*Spinacia oleracea*), παντζάρι (*Beta vulgaris*), καπνός (*Nicotiana benthamiana*, *Nicotiana clevelandii*, *Nicotiana glauca*) και διάφορα ζιζάνια (*Anagallis arvensis*, *Capsella Bursa-pastoris*, *Chenopodium sp.*, *Papaver Rhaeas*, *Veronica sp.*, *Polygonum persicaria*, *Raphanus raphanistrum L* (Polák & Chod, 1975), *Senecio vulgaris L*, *Stellaria media*). Τα συμπτώματα που προκαλεί ο BMVYV είναι κίτρινο-πορτοκαλί αποχρωματισμός που αρχίζει συνήθως από τα άκρα των φύλλων (<https://www7.inra.fr/hyp3/pathogene/6bemiye.htm#des>), ο μεσονεύριος ίκτερος στα φύλλα (Stephan, 2006) και καρούλιασμα και κιτρίνισμα παλαιότερων φύλλων (Stephan, 2006). Ως θεραπεία συνιστάται η αποφυγή παρουσίας των ξενιστών και η διατήρηση των αφιδών σε χαμηλό επίπεδο υπό των έλεγχο χημικών μέσων.

Ο συνδυασμός των ιών BMVYV, BWYV-USA και BChV αποτελούν την κύρια αιτία ικτέρου των ζαχαρότευτλων (Smith, 2001; Stevens et al., 2005). Ο BMVYV σχετίζεται ορολογικά με τον BWYV (D'Arcy et al., 1989; Duffus et al., 1970), ο οποίος εμφανίζεται σε ένα ευρύ φάσμα ζιζανίων και καλλιεργειών τόσο στη Βόρεια Αμερική όσο και στην Ευρώπη, αλλά δεν αποτελεί μείζον πρόβλημα ασθένειας στα ζαχαρότευτλα στην Ευρώπη (Duffus et al., 1970; Lecoq et al., 1977; Lot et al., 1985; Russell et al., 1970). Η πλήρης νουκλεοτιδική αλληλουχία του RNA γονιδιώματος του BMVYV αποτελείται από 5722 νουκλεοτίδια και σχηματίζει μη επικαλυμμένα σωματίδια (T=3) που περιέχουν έξι μεγάλα ανοιχτά πλαίσια ανάγνωσης, τα οποία είναι τοποθετημένα σε γραμμικό κλώνο RNA θετικής πολικότητας και συνδέονται στο άκρο 5' με μια πρωτεΐνη ιικού γονιδιώματος (VPg) (Guilley et al., 1994). Τα δεδομένα αλληλουχίας υποδεικνύουν ότι BMVYV θα πρέπει να θεωρείται ξεχωριστός ιός και όχι ένα στέλεχος του BWYV (Duffus et al., 1975).



Εικόνα 15: Ιός του ήπιου ικτέρου των τεύτλων (*Beet mild yellowing virus- BMVYV*) (http://www.zor.zut.edu.pl/Skrypt-web/pages/Beet-mild-yellowing-virus-Luteovirus-VI-2-r_jpg.htm).



Εικόνα 16: Τα συμπτώματα του ΒΜΥVείναι κίτρινο-πορτοκαλί αποχρωματισμός στα άκρα των φύλλων, καρούλιασμα και κιτρίνισμα των παλαιότερων φύλλων ([http://www.zor.zut.edu.pl/Skrypt-web/pages/Beet-mild-yellowing-virus-\(Luteovirus\)-71-1-r_jpg.htm](http://www.zor.zut.edu.pl/Skrypt-web/pages/Beet-mild-yellowing-virus-(Luteovirus)-71-1-r_jpg.htm)).

2.4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι ιοί PeVYV, PYLCV και PeYV ανήκουν σε μια ομάδα ιών που προκαλούν παρόμοια συμπτώματα όπως ίκτερος και έντονη συστροφή των φύλλων στην πιπεριά μια ασθένεια που είναι γνωστή ως ασθένεια του ικτέρου της πιπεριάς (*Pepper Yellow Disease*) και μεταδίδονται με έμμοιο τρόπο με τα ίδια είδη αφίδων που έχουν ως ξενιστή την πιπεριά. Μελέτες επάνω σε βιολογικά χαρακτηριστικά, όπως το εύρος ξενιστών μπορούν να αποδείξουν αν αυτά τα είδη αποτελούν ξεχωριστές ταξινομικές μονάδες ή θα πρέπει να χαρακτηριστούν ως στελέχη του PeVYV (Lotos, 2016).

Στην Ελλάδα, η εμφάνιση της ασθένειας PYD για 5 συνεχόμενα έτη, καθώς και η εξάπλωση του PeYV από το Λασιθί έως τα Χανιά τον καθιστά ενδημικό στην Κρήτη και θεωρείται πλέον ως ένας περιοριστικός παράγοντας της καλλιέργειας της πιπεριάς (Lotos, 2016).

Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια καταγραφής των αυτοφυών φυτών της Ελλάδας που είναι ξενιστές του PeVYV. Για το σκοπό αυτό συλλέχθηκαν συνολικά 310 δείγματα αυτοφυών φυτών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κανένα από τα αυτοφυή δεν ήταν προσβεβλημένο από τον ιό του PeVYV, εκτός από το είδος *Solanum nigrum* στο οποίο ανιχνεύτηκε ο BMYV.

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία ως ξενιστές του PeVYV έχουν καταγραφεί είδη: *Capsicum annuum* (Yonaha et al., 1995), *Capsicum chinense* (Tomassoli et al., 2016), *Capsicum frutescens* (Zhang et al., 2015), *Capsicum spp* (Alabi et al., 2015; Knierim et al., 2013; Tomassoli et al., 2016), *Chenopodium amaranticolor*, *Cucurbita pepo*, *Datura stramonium*, *Gomphrena globosa*, *Nicotiana clevelandii*, *Nicotiana benthamiana*, *Petunia hybrida*, *Physalis floridana* (Dombrovsky et al., 2010) και το *Solanum nigrum* (Knierim et al., 2013).

Στη μελέτη αυτή ο ιός PeVYV δεν ανιχνεύθηκε σε κανένα από τα 22 είδη αυτοφυών φυτών που ανήκουν σε 15 οικογένειες. Είναι ενδιαφέρον ότι ο ιός δεν ανιχνεύτηκε σε κανένα από τα 23 δείγματα του είδους *Solanum nigrum* που έχει καταγραφεί ως ξενιστής του ιού (Knierim et al., 2013). Η αδυναμία ανίχνευσης του ιού στα δείγματα των αυτοφυών φυτών που συλλέχθηκαν πιθανώς να οφείλεται στη μικρή συγκέντρωση του ιού στους ιστούς των φυτών αυτών.

Τα περισσότερα είδη των μολυσμένων φυτών δεν εκδηλώνουν συμπτώματα. Τα αυτοφυή φυτά, τα οποία δεν φέρουν συμπτώματα έχουν αναφερθεί για διάφορους ιούς (Powell et al., 1984; Khan et al., 1991; Hatzivassiliou et al., 2001) και ενδεχομένως

συνδέονται με την υπερίσχυση μέσω της φυσικής επιλογής των βιοτύπων που δεν εκδηλώνουν συμπτώματα (Dufus, 1971). Τέλος, η μη εμφάνιση των συμπτωμάτων μπορεί να οφείλεται σε παράγοντες που επιδρούν στην εκδήλωση των συμπτωμάτων, όπως η θερμοκρασία (Roggero και Pennazio, 1997).

Παρόλο που τα αυτοφυή φυτά παίζουν σημαντικό ρόλο ως ενδεχόμενη πηγή μόλυνσης του ιού PeVYV, ο ρόλος της ενδημικότητας του ιού συμβάλλει στην ικανότητα πρόσληψης και μετάδοσης από τα αυτοφυή προς τα καλλιεργούμενα είδη. Η ικανότητα μετάδοσης του από τα αυτοφυή στα καλλιεργούμενα φυτά απαιτεί την υψηλή συγκέντρωση του ιού (Wisler et al., 1998). Γενικότερα απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την ανίχνευση του PeVYV στα αυτοφυή. Πολλά ερωτήματα μένουν αναπάντητα για τα αρνητικά δείγματα της εργασίας. Το εύρος των ξενιστών του αφιδομεταδιδόμενου ιού που μελετήθηκε διευρύνεται συνεχώς σύμφωνα με την βιβλιογραφία τόσο στα αυτοφυή όσο και στα καλλιεργούμενα.

Βιβλιογραφία

A. Ελληνική

Θανόπουλος, Χ.,(2008). Τεχνικές Βιολογικής Καλλιέργειας Σολανωδών Λαχανικών: 2 Πιπεριά. eContetplus Project Organic Edunet. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών– Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών.

B. Ξενόγλωσση

Afouda, L., Kone, D., Zinsou, V., Dossou, L., Kenyon, L., Winter, S., Knierim, D., (2017). Virus surveys of *Capsicum* spp. in the Republic of Benin reveal the prevalence of pepper vein yellows virus and the identification of a previously uncharacterised polerovirus species. *Archives of Virology*. Article in Press. 1-9.

Ahmad, A., Ashfaq, M., Riaz, T., Ahsan, M., Hyder, S., Manglli, A. and Tomassoli, L. (2017). First report of Pepper vein yellows virus infecting hot pepper in Pakistan. *Plant Disease*. (<https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-07-17-1115-PDN>).

Alabi, O.J., Al Rwahnih, M., Jifon, J.L., Gregg, L., Crosby, K.M., and Mirkov, T.E. (2015). First Report of Pepper vein yellows virus Infecting Pepper (*Capsicum* spp.) in the United States. *Plant Dis*. 99: 1656

Alfaro-Fernández A., (2014). First Report of Pepper vein yellows virus Infecting Hot Pepper in Sudan. *Plant Disease*. 98 (10):1446-1446

Alfaro-Fernández, A., ElShafie, E.E., Ali, M.A., El Bashir, O.O.A., Córdoba-Sellés, M.C. and Ambrosio, M.I.F.S. (2014). First Report of Pepper vein yellows virus Infecting Hot Pepper in Sudan. *Plant Dis*. 98: 1446

Allen TC. (1957). Strains of the Barley yellow dwarf virus. *Phytopathology* 47:481– 90

Antignus Y, Lachman O, Pearlsman M, Ucko O (2001) A new pepper yellowing disease of pepper caused by an unidentified Luteovirus (abstr.). *Phytoparasitica*. 29: 255.

Antignus Y, Lachman O, Pearlsman M, Ucko O (2003) A new virus disease of pepper crops in Israel caused by a luteovirus (abstr.) *Z Pflanzenkrankh* 110: 89.

Armstro K. F., (2010). A generic RT-PCR assay for the detection of Luteoviridae. *Plant Pathology* 18.

Blackman R.L & Eastop V.F. (2000) *Aphids on the World's Crops. An Identification And Formation Guide*. Second Edition. John Wiley & Sons, London.

- Bolou BA, Moury B, Abo K, Kalou DJ, Girardot G, Kouassi NP, Kouadio EJM, Kouakou BSM, Kone D, (2015). First report of pepper vein yellows virus in field-grown-pepper in Ivory Coast. *Journal of Plant Pathology* 97 S75
- Bruehl GW, Toko HV. (1957). Host range of two strains of the cereal yellow-dwarf virus. *Plant Dis. Report.* 41:730–34
- Buzkan, N., Arpacı, B.B., Simon, V., Fakhfakh, H., and Moury, B. (2013). High prevalence of poleroviruses in field-grown pepper in Turkey and Tunisia. *Arch. Virol.* 158: 881-885
- Carvajal-Yepes, M., Olaya, C., Lozano, I., Cuervo, M., Castano, M., & Cuellar, W. J. (2014). Unraveling complex viral infections in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) from Colombia. *Virus Research*, 186, 76-86
- Chen, S., Jiang, G., Wu, J., Liu, Y., Qian, Y., & Zhou, X. (2016). Characterization of a novel polerovirus infecting maize in China. *Viruses*, 8, 120.
- Chomič A., Pearson M. N., Clover G. R. G., Farreyrol K., Saul D., Hampton J. G., Correa, R. L., Silva, T. F., Simoes-raujo, J. L., Barroso, P. A., Vidal, M. S. and Vaslin, M. F. (2005) Molecular characterization of a virus from the family Luteoviridae associated with cotton blue disease. *Archives of Virology* 150:1357-1367.
- D’Arcy CJ, Domier LL., (2005). Family Luteoviridae. In: Fauquet CM, Mayo MA, Maniloff J, Desselberger U, Ball LA (eds) *Virus taxonomy VIII*. Elsevier, San Diego, pp 891–900 3.
- D’Arcy, C. J. (1995) Symptomatology and host range of Barley yellow In: *Barley Yellow Dwarf 40 Years Years of Progress*, 9-28.
 Edited by D’Arcy, C. J. and Burnett, St. Paul, Minnesota: APS Press.
- Day MF. (1955). The mechanisms of the transmission of potato leafroll virus by aphids. *Aust. J. Biol. Sci.* 8:498–513
- Dixon, A.F.G. (1998) *Aphid Ecology*. Second Edition. London, U.K., Chapman and for certain host cultivars. *Environmental Entomology*, 8, 1070-1072
- Dombrovsky, A., Glanz, E., Lachman, O., Sela, N., Doron-Faigenboim, A., & Antignus, Y. 315, (2013). The complete genomic sequence of Pepper yellow leaf curl virus (PYLCV) and its 316 implications for our understanding of evolution dynamics in the genus Polerovirus. *PloS one*, 317, 8(7), e70722

- Dombrovsky, A., Glanz, E., Pearlsman, M., Lachman, O., & Antignus, Y. (2010). Characterization of Pepper yellow leaf curl virus, a tentative new polerovirus species causing a yellowing disease of pepper. *Phytoparasitica*, 38, 477-486.
- Domier, L. L., McCoppin, N. K., Larsen, R. C. and D'Arcy, C. J. (2002) Nucleotide sequence shows that Bean leafroll virus has a Luteovirus-like genome organization. *Journal of General Virology* 83:1791-1798.
- Duffus, J. E. (1971). Role of Weeds in the Incidence of Virus Diseases. *Annual Review of Phytopathology*, 9(1), 319–340. doi:10.1146/annurev.py.09.090171.00153
- Duffus JE, Russell GE (1970) Serological and host range evidence for the occurrence of beet western yellows virus in Europe. *Phytopathology* 60:1199-1202
- Duffus JE, Russell GE (1975) Serological relationship between beet western yellows and beet mild yellowing viruses. *Phytopathology* 68:811-815
- Duffus, J. E. (1977) Aphids, viruses and the yellow plague. In: *Aphids as Virus Vectors*, 361- 383. Edited by Harris, K. F. and Maramorosch, K. New York: Academic Press.
- Elhocino-adra.blogspot.com. (2013). Pepper Vein Yellows Virus (El síndrome ya tiene responsable). [online] Available at: <http://elhocino-adra.blogspot.com/2013/02/pepper-vein-yellows-virus-el-sindrome.html> [Accessed 21 Feb. 2013].
- Ellis, M. H., Silva, T. F., Stiller, W. N., Wilson, L. J., Vaslin, M. F. S., Sharman, M., & Llewellyn, D. J. (2013). Identification of a new Polerovirus (family Luteoviridae) associated with cotton bunchy top disease in Australia. *Australasian Plant Pathology*, 42, 261-269.
- Elza DL. (1931). The relation between insect and virus as shown in potato leaf roll, and a classification of viruses based on this relation. *Phytopathology* 21:675–86
- Falk, K.-E., Karlsson, K.-A., & Samuelsson, B. E. (1979). Proton nuclear magnetic resonance analysis of anomeric structure of glycosphingolipids. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 192(1), 164–176. doi:10.1016/0003-9861(79)90082-1
- FAO, (2014). *Production Yearbook. Agricultural Statistics*.
- Fauquet C, Mayo MA, Maniloff J, Desselberger U, Ball LA, (2005). *Virus Taxonomy: The Eighth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*. Oxford, UK: Elsevier.

- Fox Adrian (Fera) and Lloyd Simon (Defra)., 2018. Pepper vein yellows viruses (PeVYVs). Department for Environment Food & Rular Affairs
- GW Bruehl., (1958). Comparison of eastern and western aphids in the transmission of barley yellow dwarf virus. Sidalc.net
- Gibbs AJ, Ohshima K., (2010), Potyviruses and the digital revolution. *Ann Rev Phytopathol* 48:205–223
- Gildow FE, Rochow WF. (1983). Barley yellow dwarf in California. Vector competence and luteovirus identification. *Plant Dis.* 67:140–43
- Gray S, Gildow FE, (2003). Luteovirus–aphid interactions. *Annual Review of Phytopathology* 41, 539–66.
- Gray S. M., (2003). Luteovirus-Aphid Interactions. *Annual Review of Phytopathology* experimental study of evolution in natural and agricultural systems. *Annual*
- Gray, S. and Gildow, F.E., (2003). Luteovirus–aphid interactions. *Annu. Rev. Phytopathol.* 41, 539–566.
- Gritsun TS, Gould EA., (2007). Origin and evolution of 3'UTR of flaviviruses: long direct repeats as a basis for the formation of secondary structures and their significance for virus transmission. *Adv Virus Res* 69:203–310
- Guan-Zhu Han, (2011). Homologous Recombination in Negative Sense RNA Viruses. *Viruses*, 12; 3: 1358-1373 (https://talk.ictvonline.org/ictv-reports/ictv_9th_report/positive-sense-rna-viruses-011/w/posrna_viruses/265/luteoviridae)
- Guilley H, Wipf-Scheibel C, Richards K, Lecoq H, Jonard G., (1994). Nucleotide sequence of cucurbit aphid-borne yellows luteovirus. *Virology* 202:1012–1017 7.
- Guldemon J.A. & Dixon, A.F.G. (1994) Specificity and daily cycle of release of sex pheromones in aphids: a case of reinforcement? *Biological Journal of the Linnean Society*, 52, 287-303.
- Gunn LV, Pares RD (1990) Capsicum Yellows - a Disease Induced by a Luteovirus in Glasshouse Peppers (Capsicum-Annum) in Australia. *J PhytopatholPhytopathologische Z* 129: 210-216. doi:10.1111/j.1439-0434.1990.tb04587.x.
- Hatzivassiliou, G., Miller, I., Takizawa, J., Palanisamy, N., Rao, P. H., Iida, S., ... Dalla-Favera, R. (2001). IRTA1 and IRTA2, Novel Immunoglobulin Superfamily Receptors Expressed in B Cells and Involved in Chromosome 1q21 Abnormalities

in B Cell Malignancy. *Immunity*, 14(3), 277–289. doi:10.1016/s1074-7613(01)00109-1

Hortoinfo.es. (2017). RAIF alerta por aumento de pulgón en cultivo de pimiento en Almería, con peligro por virus PeVYV. [online] Available at: <https://www.hortoinfo.es/index.php/6288-raif-pulgon-161017> [Accessed 16 Oct. 2017].

Huang, L. F., Naylor, M., Pallett, D. W., Reeves, J., Cooper, J. I. and Wang, H. (2005) The complete genome sequence, organization and affinities of Carrot red leaf virus. *Archives of Virology* 150:1845-1855

HYPP Pathology. (n.d.). Beet mild yellowing virus (BMYV). [online] Available at: [https://www7.inra.fr/hyp3/pathogene/6bemiye.htm#des%20\(27/03/2019\)](https://www7.inra.fr/hyp3/pathogene/6bemiye.htm#des%20(27/03/2019)) [Accessed 29 Sep. 2019].

International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV). (2018). Taxonomy. [online] Available at: <https://talk.ictvonline.org/Taxonomy/> [Accessed 29 Mar. 2019].

Kamran A., Lotos L., Amer M. A., Al-Saleh M. A., Alshahwan I.M., Shakeel M.T., Ahmad M. H, Umar M., Katis N.I., (2018). Characterization of Pepper leafroll chlorosis virus, a new polerovirus causing yellowing disease of bell pepper in Saudi Arabia. *Plant disease*. 102: 318-326. (<https://doi.org/10.1094/PDIS-03-17-0418-RE>).

Khan, M. A., Kotani, A., & Parlebas, J. C. (1991). Electronic structure and core level photoemission spectra in TiO₂ compounds. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 3(12), 1763–1772. doi:10.1088/0953-8984/3/12/007

Knierim, D., Deng, T. C., Tsai, W. S., Green, S. K., & Kenyon, L. (2010). Molecular identification of three distinct Polerovirus species and a recombinant Cucurbit aphid-borne yellows virus strain infecting cucurbit crops in Taiwan. *Plant pathology*, 59, 991-1002.

Knierim, D., Maiss, E., Kenyon, L., Winter, S., and Menzel, W. (2015). First full-length genome sequence of the polerovirus luffa aphid-borne yellows virus (LABYV) reveals the presence of at least two consensus sequences in an isolate from Thailand. *Arch. Virol.* 160: 2633-2636.

Knierim, D., Maiss, E., Menzel, W., Winter, S., & Kenyon, L. (2015 α). Characterization of the complete genome of a novel polerovirus infecting *Sauropus androgynus* in Thailand. *Journal of Phytopathology*, 163, 695-702.

- Knierim, D., Tsai, W. S., and Kenyon, L. (2013). Analysis of sequences from field samples reveals the presence of the recently described pepper vein yellows virus (genus Polerovirus) in six additional countries. *Arch. Virol.* 158: 1337-1341
- Knierim, D., Tsai, W. S., Maiss, E., & Kenyon, L. (2014). Molecular diversity of poleroviruses infecting cucurbit crops in four countries reveals the presence of members of six distinct species. *Archives of Virology*, 159, 1459-1465.
- Kozłowska-Makulska A, Guilley H, Szyndel MS, Beuve M, Lemaire O, Herrbach E, Bouzoubaa S., (2010). P0 proteins of European beet-infecting poleroviruses display variable RNA silencing suppression activity. *J Gen Virol* 91:1082–1091
- 10.
- Lecoq H (1977) Caract6risation d'une nouvelle maladie de la laitue en France due ~t un virus du groupe du beet western yellows virus. *Ann Phytopathol* 9:98
- Lecoq H, Bourdin D, Wipf-Scheibel C, Bon M, Lot H, Lemaire O, Herrbach E (1992) A new yellowing disease of cucurbits caused by a Luteovirus, cucurbit aphid-borne yellows virus. *Plant Pathol* 41:749–761
- Loebenstein, G., Berger, P. H., Brunt, A. A., Lawson, R. H. (2001) *Virus and Virus-like Diseases of Potatoes and Production of Seed-Potatoes*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 69-72
- Lot H, Maury-Chevelon V (1985) New data on the two major virus diseases of lettuce in France: lettuce mosaic virus and beet western yellows virus. *Phytoparasitica* 13:277
- Lotos, L., Olmos, A., Orfanidou, C., Efthimiou, K., Avgelis, A., Katis N.I. and Maliogka V.I. (2017). Insights into the etiology of polerovirus-induced pepper yellows disease. *Phytopathology* <https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-16-0254-R>
- Maina S., Edwards O., Jones R., (2016). First Complete Genome Sequence of Pepper vein yellows virus from Australia. *Genome Announcements*. 4 (3):e00450-16
- Mayo, M. A., Ryabov, E., Fraser, G. & Taliansky, M. (2000). Mechanical transmission of Potato leafroll virus. *J Gen Virol* 81, 2791–2795.
- Maoyan Liu, Xiangning Liu, Xun Li, Deyong Zhang, Liangyin Dai., (2015). Complete genome sequence of a Chinese isolate of pepper vein yellows virus and evolutionary analysis based on the CP, MP and RdRp coding regions, *Archives of Virology*, 3, 161: 677-683

- Miller WA, Dinesh-Kumar SP, Paul CP (1995) Luteovirus gene expression. *Crit Rev Plant Sci* 14:179–211
- Mo X, Chen Z, Chen J., (2010). Complete nucleotide sequence and genome organization of a Chinese isolate of Tobacco vein distorting virus. *Virus Genes* 41:425–431 11.
- Moonan F, Molina J, Mirkov TE (2000) Sugarcane yellowleaf virus:an emerging virus that has evolved by recombination between luteoviral and poleroviral ancestors. *Virology* 269:156–171
- Murakami R., Nakashima N., Hinomoto N., Kawano S., Toyosato T., (2011). The genome sequence of pepper vein yellows virus (family Luteoviridae, genus Polerovirus). *Archives of Virology*, 5, 156: 921-923.
- Murakami R. and Kawano S., (2017). A Natural Host and Diversity of Pepper Vein Yellows Virus in Japan, *Crop Science- Agricultural Environment*, 51: 59-68
- Oortwijn Botjes, J. G. O. (1920) De bladrolziekte van de aardappelplant. Thesis, Landbouwhoogeschool, Wageningen.
- Orton, W. A. (1913) Leafroll, curly leaf and other new potato diseases. *Phytopathology* 3:69
- Oswald JW, Houston BR. (1953). The yellow-dwarf virus disease of cereal crops. *Phytopathology* 43:128–36
- Pagan I. and Holmes E.C., (2010). Long-Term Evolution of the Luteoviridae: Time Scale and Mode of Virus Speciation, *Journal of Virology* 12, 84: 6177-6187
- Paliwal, Y. C. (1977). Rapid Diagnosis of Barley Yellow Dwarf Virus in Plants using Serologically Specific Electron Microscopy). *Journal of Phytopathology*, 89(1), 25–36. doi:10.1111/j.1439-0434.1977.tb02836.x
- Perenzy, K., Roberts, P.D., Murphy, J. F., and Goldberg, N. P. 2003. *Compendium of Pepper Diseases*. APS Pres, St Paul, MN.
- Robertson, G. G., Mackinlay, J. D., & Card, S. K. (1991). Cone Trees. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems Reaching through Technology - CHI '91*. doi:10.1145/108844.108883
- Quanjer, H. M., van der Lek, H. A. A. and Oortwijn Botjes, J. G. (1916) Aard verspreidingswijze en bestrijding van phloem necrose en verwante ziekten. *Mededelingen van de Landbouwhoogeschool te Wageningen* 10:1-138.
- Racah B, Fereres A (2009) Insect transmission of plant viruses. *UK Encyclopedia of Life Science*, John Wiley & Sons, Ltd.. www.els.net. p. 1 .

- Rand FV, Pierce WD. (1920). A coordination of our knowledge of insect transmission in plant and animal diseases. *Phytopathology* 10:189–231
- Rast A. TH. B., (1988). Occurrence of pepper yellow vein in the Netherlands. *Netherlands Journal of Plant Pathology*. 94 (6):311-313
- Rochow WF. (1958). The role of aphids in vector-specificity of Barley yellow dwarf virus. *Plant Dis. Report*. 42:905–8
- Rochow WF. (1970). Barley yellow dwarf virus: phenotypic mixing and vector specificity. *Science* 167:875–78
- Roggero, P., & Pennazio, S. (1997). Thermal inactivation of tomato spotted wilt tospovirus in vivo. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 51(1), 35–40. doi:10.1006/pmpp.1997.0094
- Powell, P. L., Roy, R. R., Kanim, P., Bello, M. A., & Edgerton, V. R. (1984). Predictability of skeletal muscle tension from architectural determinations in guinea pig hindlimbs. *Journal of Applied Physiology*, 57(6), 1715–1721. doi:10.1152/jappl.1984.57.6.1715
- Russell GE, (1958). Sugar beet yellows: a preliminary study of the distribution and interrelationships of viruses and virus strains found in East Anglia, 1955-1957. *Ann Appl Biol* 46:393-398
- Russell GE, (1962). Sugar-beet mild yellowing virus. A persistent aphid-transmitted virus. *Nature* 195:1231
- Russell GE, Duffus JE (1970) An aphid-transmitted yellowing virus disease of lettuce in England. *Nant Pathol* 19:148-149
- Sakata, J., Y. Shibuya, P. Sharma and M. Ikegami. 2008. Strains of a new bipartite begomovirus, pepper yellow leaf curl Indonesia virus, in leaf-curl-diseased tomato and yellowvein-diseased ageratum in Indonesia. *Arch. Virol.* 153: 2307–2313
- Schweissig, F.C. & Wilde, G. (1979) Predisposition and non preference of greenbug Hall. *Review of Entomology* 35: 421-446
(<https://naldc.usda.gov/download/IND92013820/PDF>)
- Shang QV, Xiang HY, Han CG, Li DW, Yu JL., (2009). Distribution and molecular diversity of three cucurbit-infecting poleroviruses in China. *Virus Res* 145:341–346

- Sharman, M., Kehoe, M., Coutts, B., van Leur, J., Filardo, F., & Thomas, J. (2016). Two complete genome sequences of phasey bean mild yellows virus, a novel member of the Luteoviridae from Australia. *Genome announcements*, 4, e01569-15.
- Smith K. M., (1929). Studies on potato virus diseases. V. Insect transmission of potato leafroll. *Ann. Appl. Biol.* 16:209-29.
- Smith, H. G. (2001). Raymond Hull memorial lecture: virus yellows – the problem solved? *Br Sugar Beet Rev* 69, 1–9
- Sota Koeda, Kanami Homma , Yuri Tanaka , Daiki Onizaki , Elly Kesumawati⁴ , Sabaruddin Zakaria and Shinya Kanzaki, (2017). Inoculation of Capsicums with Pepper Yellow Leaf Curl Indonesia Virus by Combining Agroinoculation and Grafting. *The Japanese Society for Horticultural Science (JSHS)*, 10.2503-137
- Stephan, D., (2006). Biological properties of Beet mild yellowing virus derived from a full-length cDNA clone. *Journal of General Virology*, 87(2), 445–449. doi:10.1099/ vir.0.81565-0
- Stevens, M., Freeman, B., Liu, H.-Y., Herrbach, E. & Lemaire, O. (2005). Beet poleroviruses: close friends or distant relatives? *Mol Plant Pathol* 6, 1–9.
- Sulandari, S., S. H. Hidayat, R. Suseno, J. Harjosudarmo and S. Sosromarsono. (2007). Inoculation of Pepper yellow leaf curl virus on various plants and detection of the virus in its insect vector *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera:Aleyrodidae). *Proceedings of the third Asian conference on plant pathology*: 140–141
- Tan W. P., Dong Y. Z, Sun X. H., Liang Y. C., Liu H. X., and Zhu X. P., (2015). The First Identification of Pepper vein yellows virus in Shandong Province, China. *Plant Disease*: 99 (9): 1288
- M Taliany, H Barker., (1999). *The Luteoviridae*. CAB International Wallingford
- Tomassoli L., Manglli A., Ahmad A., Tiberini A. and Barba M., (2016). First report of Pepper vein yellows virus infecting chilli pepper (*Capsicum*spp.) in Italy. *New Disease Reports*. 33:22
- Tsai, W. S., S. L. Shih, S. K. Green, A. Rauf, S. H. Hidayat and F. J. Jan. 2006. Molecular characterization of Pepper yellow leaf curl Indonesia virus in leaf curl and yellowing diseased tomato and pepper in Indonesia. *Plant Dis.* 90: 247.
- Via, S., (1990) *Ecological genetics and host adaptation in herbivorous insects*. The

- Villanueva F., Castillo P., Font M. I., Alfaro-Fernández A., Moriones E. and Navas-Castillo J. (2013). First Report of Pepper vein yellows virus Infecting Sweet Pepper in Spain. *Plant Disease*. 97 (9): 1261-1261
- Viralzone.expasy.org. (n.d.). Luteoviridae ~ ViralZone page. [online] Available at: https://viralzone.expasy.org/45?outline=all_by_species [Accessed 29 Mar. 2019].
- Wales, S., Platt, H.W., Cattlin, N. (2008) *Diseases, Pests and Disorders of Potatoes*. Manson Publishing Ltd, London, 75-76
- Wang, F., Zhou, B. G., Gao, Z. L., & Xu, D. F. (2016). A new species of the genus Polerovirus causing symptoms similar to Maize yellow dwarf virus-RMV of maize in China. *Plant Disease*, 100, 1508.
- Waterhouse, P. M., Graham, M. W., & Wang, M.-B. (1998). Virus resistance and gene silencing in plants can be induced by simultaneous expression of sense and antisense RNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(23), 13959–13964. doi:10.1073/pnas.95.23.13959
- Wei TY, Yang JG, Liao FR, Liao FL, Gao FL, Lu LM, Zhang XT, Li F, Wu ZJ, Lin QY, Xie LH, Lin HX (2009) Genetic diversity and population structure of Rice stripe virus in China. *J Gen Virol* 90:1025–1034
- Weidemann HL. (1982). On the multiplication of Potato leafroll virus in the aphid *Myzus persicae* (Sulz). *Z. Angew. Entomol.* 94:321–30
- Wisler G.C., Duffus J.E., Liu H.-Y., Li R.H., Simone G.W., Hochmuth R.C. (1996β). A new, whitefly-transmitted virus infecting tomato from Florida. (Abstr.) *Phytopathology* 86:671-672
- Xiang, H. Y., Dong, S. W., Shang, Q. X., Zhou, C. J., Li, D. W., Yu, J. L., & Han, C. G. (2011). Molecular characterization of two genotypes of a new polerovirus infecting brassicas in China. *Archives of Virology*, 156(12), 2251-2255.
- Xiang, H. Y., Shang, Q. X., Han, C. G., Li, D. W., & Yu, J. L. (2008). Complete sequence analysis reveals two distinct poleroviruses infecting cucurbits in China. *Archives of Virology*, 153, 1155-1160.
- Xiang, Y., Bernardy, M., Bhagwat, B., Wiersma, P. A., DeYoung, R., & Bouthillier, M. (2015). The complete genome sequence of a new polerovirus in strawberry plants from eastern Canada showing strawberry decline symptoms. *Archives of Virology*, 160, 553-556.

- Yin X, Zheng FQ, Tang W, Zhu QQ, Li XD, Zhang GM, Liu HT, Liu BS (2013) Genetic structure of Rice black-streaked dwarf virus populations in China. *Arch Virol* 158:2505–2515
- Yonaha, T., Toyosato, T., Kawano, S., and Osaki, T. 1995. Pepper Vein Yellows Virus, a Novel Luteovirus from Bell Pepper Plants in Japan. *Jpn. J. Phytopathol.* 61: 178-184
- Zhang S. B., Zhang D. Y., Liu Y., Zhang S. B., Zhang D. Y., Liu, X. Y., Luo W., Liu J., Wu L. F., and Peng J., (2015). First Report of Pepper vein yellows virus Infecting Red Pepper in Mainland China. *Plant Disease.* 99 (8):1190-1190
- Zhang, W., Cheng, Z., Xu, L., Wu, M., Waterhouse, P., Zhou, G., & Li, S. (2009). The complete nucleotide sequence of the Barley yellow dwarf GPV isolate from China shows that it is a new member of the genus Polerovirus. *Archives of Virology*, 154, 1125-1128.
- Zhao, F., Lim, S., Yoo, R. H., Igori, D., Kim, S. M., Kwak, D. Y., Kim, S. L., Lee, B. C., & Moon, J. S. (2016). The complete genomic sequence of a tentative new polerovirus identified in barley in South Korea. *Archives of Virology*, 161, 2047-2050.
- Zhou, C. J., Xiang, H. Y., Zhuo, T., Li, D. W., Yu, J. L., & Han, C. G. (2012). Nucleotide sequence of a Chickpea chlorotic stunt virus relative that infects pea and faba bean in China. *Archives of Virology*, 157, 1393-1396.
- Zor.zut.edu.pl. (n.d.). Wirusy / Beet-mild-yellowing-virus-Luteovirus-VI-2-r.jpg. [online] Available at: http://www.zor.zut.edu.pl/Skrypt-web/pages/Beet-mild-yellowing-virus-Luteovirus-VI-2-r_jpg.htm [Accessed 26 Mar. 2019].
- Zor.zut.edu.pl. (n.d.). [online] Available at: [http://www.zor.zut.edu.pl/Skrypt-web/images/Beet-mild-yellowing-virus-\(Luteovirus\)-71-1-r_jpg.jpg](http://www.zor.zut.edu.pl/Skrypt-web/images/Beet-mild-yellowing-virus-(Luteovirus)-71-1-r_jpg.jpg) [Accessed 26 Mar. 2019].

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Νουκλεοτιδική αλληλουχία που προσδιορίστηκε:

- Από το είδος *Solanum nigrum*

BMVY

```
CTGGTGGCCCGGGTTCTGTTTCAAAATCAGAATAAGCGTGAAATCGCGCTCT  
GGAGGGCAATTCCCTCGAAACCCGGTTTCGGATTGTCCACGGACGGACAAG  
TCGTCGACTTCATACAAGTATTGTCGGCGCAGGTGGGAGTAAACACTGCTG  
AATTACTCCAAAATTGGAAATCCCACCTAATTCCTACAGATTGCTCCGGCTT  
TGACTGGAGCGTTTCGGACTGGCTTCTTGAAGATGAAATGGAAGTCCGAAA  
CAGGCTCACGTTAGATATAAACGATCTGACTAGGC
```