



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΟΙΝΟΥ, ΑΜΠΕΛΟΥ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ιοί και ιοειδή της αμπέλου - επιδημιολογία, διάγνωση και
διαχείριση**

Οικονομίδης Γεώργιος

ΑΜ: 18685046

**Επιβλέπων/-ουσα
Όνοματεπώνυμο:**

Καθ. Ηλίας Κόρκας

ΑΘΗΝΑ, 2023



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF FOOD SCIENCE
DEPARTMENT OF WINE, VINE AND BEVERAGE SCIENCES**

BACHELOR THESIS

**Grapevine Viruses and Viroids - Epidemiology, Diagnosis and
Management**

Oikonomidis Georgios

Registration Number: 18685046

**Supervisor
name and surname: Prof. Elias Korkas**

ATHENS, 2023



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΟΙΝΟΥ, ΑΜΠΕΛΟΥ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ**

ΔΗΛΩΣΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη διπλωματική εργασία με τίτλο:

«Ιοί και ιοειδή της αμπέλου - επιδημιολογία, διάγνωση και διαχείριση»
και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα Καθηγητή (1^ο Μέλους Επιτροπής)	
Ψηφιακή Υπογραφή Καθηγητή (2^ο Μέλους Επιτροπής)	
Ψηφιακή Υπογραφή Καθηγητή (3^ο Μέλους Επιτροπής)	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογράφων **Οικονομίδης Γεώργιος** του **Αθανασίου**, με αριθμό μητρώου **18685046**, φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστημών Οίνου, Αμπέλου και Ποτών δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματός.»

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο/Η Δηλών/ούσα

(Ονοματεπώνυμο & Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αμπέλι θεωρείται μία καλλιέργεια με ιδιαίτερο οικονομικό ενδιαφέρον, ενώ επιπλέον αποτελεί μία από τις σημαντικότερες καλλιέργειες, σε παγκόσμιο επίπεδο ήδη από την αρχαιότητα. Με την εξάπλωση του αμπελιού, αρχικά με την κλωνική επιλογή και στη συνέχεια με τον αγενή πολλαπλασιασμό, έκαναν την εμφάνιση τους αρκετοί ιοί και ιοειδή, προκαλώντας καταστροφές στις καλλιέργειες. Σύμφωνα με τις βιβλιογραφικές πηγές, οι ιοί αυτοί δεν ήταν άγνωστοι, καθώς είναι πολύ πιθανό να συνυπήρχαν από τη νεολιθική εποχή.

Σήμερα έχουν εντοπιστεί 70 ιοί, εκ των οποίων οι μισοί σχετίζονται με τα τέσσερα συμπλέγματα ασθενειών, δηλαδή τον μολυσματικό εκφυλισμό, τη συστροφή των φύλλων, τη βοθρίωση του ξύλου και τέλος τη κηλίδωση του φύλλου, καθώς και 7 ιοειδή εκ των οποίων 2 έχουν σοβαρά δυσμενή αποτελέσματα στον αμπελώνα.

Οι πιο συχνοί ιοί είναι ο GFLV, GLR, GVA και GFkV έχοντας αξιόλογες αρνητικές επιπτώσεις με τεράστια μείωση παραγωγής, επίδραση στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της ράγας και κατά συνέπεια στο τελικό προϊόν, τον οίνο. Σε περίπτωση που ο ιός δε βρίσκεται σε λανθάνουσα φάση, είναι δυνατός ο περιορισμός του σε σύντομο χρονικό διάστημα. Αξίζει να σημειωθεί πως είναι χρήσιμο να γνωρίζεται η επιδημιολογία του κάθε ιού, διότι η συμπτωματολογία μπορεί να έχει διαφορετική εκδήλωση σε διαφορετικούς αμπελώνες.

Η καλή υγιεινή, οι διεργασίες του εδάφους και η συστηματική παρακολούθηση των αμπελώνων αποτελούν προληπτικά μέτρα για την αντιμετώπιση των ιών. Ακόμη, βιολογικοί και χημικοί μέθοδοι καθώς και ο έλεγχος των φορέων που μεταφέρουν ιούς προστίθενται στη λίστα καταπολέμησης των μέτρων των ιών και ιοειδών του αμπελιού.

Λέξεις κλειδιά: Αμπελος, ιοί, ιοειδή, μολυσματικός εκφυλισμός, συστροφή των φύλλων, βοθρίωση του ξύλου, κηλίδωση του φύλλου.

ABSTRACT

The grapevine is considered to be a crop of particular economic interest, while in addition it is one of the most important crops, at a global level, since antiquity. With the spread of grapevine, first by clonal selection and then by asexual propagation, several viruses and viroids appeared, wreaking havoc on crops. According to the literature sources, these viruses were not unknown, as it is very likely that they coexisted since the Neolithic era.

Today, 70 viruses have been identified, of which half are associated with the four disease clusters, i.e. infectious degeneration, leafroll, rugose wood and finally fleck, as well as 7 viruses of which 2 have severe adverse results in the vineyard.

The most frequent viruses are GFLV, GLR, GVA and GFkV having remarkable negative effects with a huge reduction in production, impact on organoleptic characteristics of the berry and consequently on the final product, the wine. If the virus is not in a latent phase, it is possible to limit it in a short period of time. It is worth noting that it is useful to know the epidemiology of each virus, because the symptoms may have different manifestations in different vineyards.

Good hygiene, soil treatments and systematic monitoring of vineyards are preventive measures to avoid the occurrence of viruses. Furthermore, biological and chemical methods as well as the control of virus-carrying vectors are added to the list of measures to combat grapevine viruses and viroids.

Keywords: Grapevine, viruses, viroids, infectious degeneration and decline, leafroll, rugose wood, fleck

Αφιέρωση

Αφιερώνεται στην οικογένειά μου.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπωντα καθηγητή μου κ. Ηλία Κόρκα για την ανάθεση του θέματος, καθώς επίσης και για την καθοδήγηση που μου πρόσφερε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Ήταν ένα βήμα που με κάνει να φτάσω πιο κοντά στο όνειρό μου και στην εκπλήρωση των σπουδών μου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	I
ABSTRACT	II
ΑΦΙΕΡΩΣΗ.....	III
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	IV
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2 ΑΠΟ ΤΟ ΑΜΠΕΛΙ ΣΤΗΝ ΟΙΝΟΠΟΙΗΣΗ	2
3 ΔΙΑΔΟΣΗ ΑΜΠΕΛΙΟΥ ΚΑΙ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΙΩΝ	5
4 ΙΟΙ ΚΑΙ ΙΟΕΙΔΗ ΤΗΣ ΑΜΠΕΛΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ	6
4.1 Μολυσματικός εκφυλισμός - Νεποϊοί.....	9
4.2 Συστροφή των φύλλων - Grapevine Leafroll Viruses (GLR).....	10
4.3 Βοθρίωση του ξύλου - Rugose Wood	11
4.4 Κηλίδωση του φύλλου - Fleck.....	13
4.5 Ιοειδή	14
4.6 Νόσος κόκκινης κηλίδας	15
5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ, ΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΡΑΓΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΚΡΑΣΙΟΥ	16
5.1 Επιπτώσεις του μολυσματικού εκφυλισμού (GFLV)	16
5.2 Επιπτώσεις της συστροφής των φύλλων (GLR)	17
5.3 Επιπτώσεις της βοθρίωσης του ξύλου (Rugose Wood)	19
5.4 Επιπτώσεις της κηλίδωσης του φύλλου (Fleck)	19
5.5 Επιπτώσεις από GPGV	20
5.6 Επιπτώσεις από νόσο της κόκκινης κηλίδας	20
6 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΦΟΡΕΩΝ ΙΩΝ ΚΑΙ ΙΟΕΙΔΩΝ ΣΤΟΥΣ ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ	21
6.1 Επιδημιολογία	23
6.2 Μέτρα διαχείρισης	24
6.3 Πρωτογενής και δευτερογενής εξάπλωση σε φυτικό υλικό	26
6.4 Χημικός Έλεγχος.....	26
6.5 Βιολογικός Έλεγχος.....	27
7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	28
8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	30

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από το 6000 π.Χ. η καλλιέργεια της αμπέλου έχει αποκτήσει σημαντική θέση στην ανθρώπινη ιστορία και πολιτισμό, καθώς αποτελεί μία από τις σημαντικότερες καλλιέργειες με μεγάλη ιστορική πορεία. Με βάση τον Διεθνή Οργανισμό Αμπέλου και Οίνου, μόνο το 2014, το αμπέλι καλλιεργήθηκε σε 7,5 εκατομμύρια εκτάρια, παράγοντας 75 εκατομμύρια μετρικούς τόνους σταφυλιών. Η βιομηχανία σταφυλιών και οίνου αντιπροσωπεύει σημαντικό οικονομικό μέγεθος για πολλές χώρες αλλά και παράδοση ιδιαίτερα για τον ευρωπαϊκό χώρο, όπου η πλειονότητα των αμπελώνων εντοπίζονται στις περιοχές της Μεσογείου, με την έκτασή τους να αγγίζει τα 95.000.000 στρέμματα.

Η εξάπλωσή του αμπελιού βασίστηκε αρχικά στην επιλογή της ποικιλίας και αργότερα στην κλωνική επιλογή, ενώ αργότερα στον αγενή πολλαπλασιασμό. Αυτοί οι τρόποι εξάπλωσης και πολλαπλασιασμού του αμπελιού ευνόησαν την εξάπλωση των ιών και αύξησαν την πιθανότητα μόλυνσεων που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε μειωμένες παραγωγές με ταυτόχρονη αρνητική επίδραση πάνω στη ποιοτική σύνθεση τόσο των σταφυλιών όσο και των από αυτά παραγόμενων οίνων. Είναι γνωστό πως από το σύνολο των φυτών, το αμπέλι είναι αυτό με τον μεγαλύτερο αριθμό ιών. Περίπου 70 διαφορετικά είδη ιών έχουν κατηγοριοποιηθεί σε ένα ευρύ φάσμα ταξινομικών ομάδων (17 οικογένειες και 27 γένη).

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η παρουσία των ιών και ιοειδών έχει συνδεθεί σε πολλές περιπτώσεις με σημαντικά επιβλαβείς ασθένειες, που μπορεί να οδηγήσουν σε οικονομικές απώλειες. Η διαχείριση αυτών των παθογόνων βασίζεται στην ανάληψη προληπτικών μέτρων, όπως την επιλογή υγιούς φυτικού και πολλαπλασιαστικού υλικού σε συνδυασμό με χρήση σκευασμάτων για τον περιορισμό των φορέων που προκαλούν τις μολύνσεις (Fuchs, 2020). Από το συνολικό αριθμό των ιών και ιοειδών που έχουν εντοπιστεί, ένα μόνο μέρος αυτών έχει αναγνωριστεί.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι παρουσιάσει τους ιούς και τα ιοειδή της αμπέλου και τα συμπτώματα που προκαλούν, την επιδημιολογία τους και τις στρατηγικές αντιμετώπισης που υπάρχουν για τον έλεγχο και τη διαχείριση των ασθενειών αυτών.

2 ΑΠΟ ΤΟ ΑΜΠΕΛΙ ΣΤΗΝ ΟΙΝΟΠΟΙΗΣΗ

Το αμπέλι είναι ένα αναρριχώμενο φυτό και ανήκει στο γένος *Vitis*, της οικογένειας *Vitaceae*, στην οποία συγκαταλέγεται ένας πολύ μεγάλος πλήθος από επιτραπέζιες και οινοποιήσιμες ποικιλίες. Περιέχει 12 γένη και περισσότερα από 700 είδη (Galet 2000). Τα πιο γνωστά γένη της οικογένειας *Vitaceae* είναι τα εξής: *Ampelocissus*, *Parthenocissus*, *Cayratia*, *Cissus*, *Clematicissus*, *Parthenocissus*, *Tetrastigma* και *Vitis* (Galet, 2000).

ΒΑΣΙΛΕΙΟ (REGNUM)	Φυτά (Plantae)
ΣΥΝΟΜΟΤΑΞΙΑ (DIVISIO)	Αγγειόσπερμα (Magnoliophyta)
(ΚΛΑΣΗ, CLASSIS)	Δικοτυλήδονα (Magnoliopsida)
ΥΦΟΜΟΤΑΞΙΑ (SUBCLASSIS)	Ροδίδες (Rosidae)
ΤΑΞΗ (ORDO)	Ραμνώδη (Rhamnales)
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ (FAMILIA)	Αμπελίδες (Vitaceae)
ΓΕΝΟΣ (GENUS)	Άμπελος (<i>Vitis</i>)
ΥΠΟΓΕΝΟΣ	<i>Euvitis</i> & <i>Muscadinia</i>
ΕΙΔΟΣ	<i>Vitis vinifera</i> L.

Πίνακας 0.1 Βοτανική ταξινόμηση αμπέλου (Μαλησιώρης, 2020)

Το είδος *Vitis vinifera* διακρίνεται στην άγρια (*Vitis vinifera* L. subsp. *sylvestris*) και στην εξημερωμένη άμπελο (*Vitis vinifera* subsp. *sativa*). Η κατανομή της αγρίας αμπέλου λαμβάνει χώρα σε μία ευρεία έκταση, που εκτείνεται από την περιοχή της Κασπίας μέχρι τις ευρωπαϊκές ακτές του Ατλαντικού. Η παρουσία της εξημερωμένης αμπέλου, προέκυψε με την εξημέρωση του άγριου είδους και την εντατική της καλλιέργεια. Μετά την κρίση της φυλλοξήρας, που έπληξε τους αμπελώνες σε όλη την Ευρώπη, η παρουσία του άγριου είδους έχει περιοριστεί σημαντικά, σε αντίθεση με την εξημερωμένη εκδοχή (Arnold, et al., 2017).

Το *V. vinifera* L. μπορεί να χρονολογείται στο 8500–4000 π.Χ. στην Ευρασία. Οι μελέτες αρχαιοβοτανικής και γενετικής θεωρούν την εξημέρωση ως μια πολύπλοκη, μακροπρόθεσμη και συνεχώς δυναμική διαδικασία που περιλαμβάνει πολλαπλούς παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν το τελικό αποτέλεσμα (Bouby, et al., 2013).

Ο έμφυλος υβριδισμός έχει οδηγήσει την αμπελοκαλλιέργεια σε χιλιάδες ετερόζυγες καλλιεργούμενες ποικιλίες. Αυτή η ανάμειξη έχει κάνει τα σταφύλια να έχουν πιο γλυκιά γεύση, να μεγαλώνουν περισσότερο και πιο γρήγορα και να μπορούν να αναπτυχθούν σε διαφορετικά μέρη (Zhou et al., 2019). Οι αλλαγές στο μέγεθος των ραγών και των τσαμπιών από τα δίοικα άγρια σε ερμαφρόδιτα καλλιεργούμενα φυτά ήταν αρκετά σημαντική. Οι μελέτες γονέων κατέδειξαν τη σημασία των έμφυλων διασταυρώσεων για τη δημιουργία νέων φαινοτύπων, την εξάπλωση και την υιοθέτηση συγκεκριμένων γονότυπων με επιθυμητά χαρακτηριστικά. Το γενετικό υλικό του γένους *Vitis* είναι πολύ μεταβλητό και τα άγρια είδη

του γένους, φαίνεται να έχουν συμβάλει εξελικτικά, μέσω των διασταυρώσεων, για την προσαρμογή του αμπελιού και την εξάπλωσή. Διασταυρώσεις και γενετικές μεταλλάξεις, οδήγησαν ήτοι περαιτέρω στη βελτίωση οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και στην αύξηση της παραγωγικότητας (de Oliveira, et al., 2020).



Εικόνα 2.1 Αμπελος για την παραγωγή κρασιού (Lu, et al., 2020)

Οι αρχικές ενδείξεις της καλλιέργειας εντοπίζονται στην περιοχή του Καυκάσου, όπου πολιτισμοί όπως Πέρσες, Σημιτικοί λαοί και Ασύριοι είχαν συνδεθεί με την παραγωγή οίνου. Η τέχνη της αμπελοκαλλιέργειας και της οινοποιίας στη συνέχεια πέρασε στους Αιγυπτίους και μετέπειτα στους Έλληνες και τους Ρωμαίους. Η ευρεία διάδοση του είχε σχέση αρχικά με την ποικιλία και ύστερα με την κλωνική επιλογή και τον βλαστικό πολλαπλασιασμό. Οι πρώτες καταγραφές για εντατική καλλιέργεια και κατανάλωση οίνου ξεκινάει από τον Όμηρο, αν και υπάρχουν στοιχεία ήδη από τη Νεολιθική εποχή. Το ίδιο το φυτό έχει συνδεθεί με το δωδεκάθεο και αντικατοπτρίζεται μέσω του θεού Διονύσου, ενώ το εμπόριο κρασιού αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη εμπορικών σχέσεων μεταξύ πόλεων κρατών, όπως οι Μυκήνες.

Η καλλιέργεια σταφυλιών και η αμπελουργία έρχεται περίπου το 6000 π.Χ. Το κρασί, αναφέρεται ακόμη και στο Δωδεκάθεο, ήταν ευρέως διαδεδομένο στους γιατρούς, μεταξύ των οποίων και του Ιπποκράτη. Ταφικά κείμενα στην αρχαία Αίγυπτο αποδεικνύουν ότι το κρασί χρησιμοποιήθηκε γύρω στο 2700 π.Χ, ενώ οι Αιγύπτιοι παρατήρησαν διαφορές σε

χαρακτηριστικά του κρασιού, όπως γεύση, άρωμα και ανέπτυξαν τις πρώτες κληματαριές και μεθόδους κλαδέματος. Οι αρχαιολογικές ανασκαφές έφεραν στο φως πιθάκια, τα οποία χρησιμοποιούνταν για την αποθήκευση κρασιού. Το κρασί εξαπλώθηκε στην Ευρώπη γύρω στο 1600 π.Χ. ως εμπορικό προϊόν, ενισχύοντας την αμπελοκαλλιέργεια στη Δυτική Ευρώπη λόγω της ρωμαϊκής επιρροής. Τον πρώτο αιώνα, το κρασί εξήχθη από τη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία στη Δυτική Ευρώπη, όπου η περιοχή Languedoc πιθανότατα αποτελούσε κέντρο εξημέρωσης (Bouby, et al., 2020). Οι γύρω περιοχές άρχισαν σύντομα να φυτεύουν αμπέλια. Η ρωμαϊκή συνεισφορά ήταν πολύ σημαντική στην ταξινόμηση των χρωμάτων και των ποικιλιών σταφυλιών, στην παρατήρηση των χαρακτηριστικών ωρίμανσης, στον εντοπισμό ασθενειών και στην αναγνώριση των προτιμήσεων του εδάφους.

Μέσα από το πέρασμα της ιστορίας η θέση της αμπελουργίας παρέμεινε σημαντική, καθώς οι ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες επέτρεπαν τη συστηματική καλλιέργεια, ενώ επιπλέον, αποτέλεσε σημαντική πηγή πλούτου για πολλές περιοχές της Ελλάδος, οι οποίες έγιναν γνωστές μέσω των κρασιών που παρήγαγαν και της σταφίδας (Σεχρεμέλη, 2018).

Στις μέρες μας, το αμπέλι, εκτός από την παραγωγή κρασιού και σταφίδας, χρησιμοποιείται και για την καλλιέργεια φρέσκων φρούτων, χυμών, ξυδιού, σπορέλαιων κι άλλων προϊόντων. Ισπανία, Κίνα, Γαλλία, Ιταλία και Τουρκία καταλαμβάνουν αυτή τη στιγμή το μισό των παγκοσμίων αμπελώνων. Το κρασί καταλαμβάνει επί του παρόντος το 55% της χρήσης σταφυλιού και έπονται τα φρέσκα σταφύλια με 35%, 8% (σταφίδες) και 2% (χυμός κ.λπ.).

Με την εντατικοποίηση της καλλιέργειας και της διαχείρισης της, έκαναν την εμφάνισή τους μία πληθώρα παθογόνων, με κάποια από αυτά να επιφέρουν ακόμη και οικονομικές επιπτώσεις. Ήδη από τα ρωμαϊκά χρόνια υπάρχουν καταγραφές σχετιζόμενες με τις καλλιεργητικές τεχνικές της εποχής και τον πολλαπλασιασμό των φυτών. Η εξάπλωση των ιών, μέσω των εντομολογικών φορέων και του μολυσμένου φυτικού υλικού, είναι πολύ πιθανό να παρουσιάστηκε από τα αρχικά στάδια της αμπελοκαλλιέργειας. Επιπρόσθετα, ενδείξεις για την παρουσία ιών της αμπέλου εντοπίζονται ακόμη και σε απεικονίσεις σε τοίχους όπως στην Πομπηία, χωρίς όμως να είναι απόλυτα ξεκάθαρο αν πρόκειται για μία καταγραφή του φαινομένου ή αν πρόκειται για εικαστική παρέμβαση (Meng, et al., 2017).

3 ΔΙΑΔΟΣΗ ΑΜΠΕΛΙΟΥ ΚΑΙ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΙΩΝ

Δεδομένου πως η εξάπλωση του αμπελιού στηρίχθηκε στην ποικιλία, στην κλωνική επιλογή και τέλος στον αγενή πολλαπλασιασμό, είναι λογικό να έχει συνδεθεί αρκετά νωρίς με τη διάδοση ιών και μολύνσεων με αποτέλεσμα καταγραφής αρνητικών επιδράσεων. Πράγματι, υπάρχουν περιγραφές στα ρωμαϊκά γραπτά σχετικά με τον πολλαπλασιασμό των σταφυλιών με μοσχεύματα και εμβολιασμό (Mudge et al. 2009). Είναι επίσης πολύ πιθανό ότι οι ποικιλίες του *V. vinifera* να επιλέχθηκαν κάποια στιγμή κατά την Εποχή του Χαλκού, και έκτοτε ο αγενής πολλαπλασιασμός έγινε κοινός τρόπος για τη δημιουργία αμπελώνων. Συνεπώς, δεδομένου ότι οι ιοί είναι μέρος του οικοσυστήματος και επιπλέον οι φορείς είναι ικανοί να μεταφέρουν αυτούς τους ιούς, είναι πιθανό οι ιοί να διαδίδονταν με αγενή πολλαπλασιασμό κατά την επακόλουθη εγκατάσταση αμπελώνων. Ακόμη, ο εμβολιασμός των ευρωπαϊκών ποικιλιών σε υποκείμενα αμερικάνικων ειδών και υβριδίων της αμπέλου, η ανεξέλεγκτη διακίνηση πολλαπλασιαστικού υλικού και οι ελλειπείς γνώσεις για πολλούς ιούς συνέβαλαν στην μεταφορά αρκετών ιών παγκοσμίως.

Οι ιοί είναι πολύ πιθανό να βρισκόταν μαζί με τους ανθρώπους ήδη από την Νεολιθική εποχή. Για παράδειγμα, οι νεποϊοί υπήρχαν στα πρώτα αμπέλια στη σημερινή Συρία, Ιράκ και Τουρκία και πιθανότατα διαδόθηκαν με τον πολλαπλασιασμό και τη μεταφύτευση φυτικού υλικού (Hewitt, 1968). Έτσι, με την διάδοση του αμπελιού από τη Μεσοποταμία στην Αίγυπτο και σε ολόκληρο το Μεσογειακό κόλπο, στις ρίζες αυτών των αμπελιών πιθανότατα υπήρχαν τόσο οι νεποϊοί στο αγγειακό τους σύστημα όσο και οι φορείς (π.χ. νηματώδεις). Τέλος, αν αναλογιστούμε και τη ραγδαία εξάπλωση της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας με την ταυτόχρονη ύπαρξη των ιών, συνεπώς μπορούμε να καταλάβουμε πως θα είχαν επεκταθεί από την Αγγλία ως τα νότια της Μεσογείου. Παρόλα αυτά, δεν αποδεικνύεται πως αυτοί οι ιοί ήταν εξουθενωτικοί για τα αμπέλια (Hewitt 1968, Vuitennez 1962).

4 ΙΟΙ ΚΑΙ ΙΟΕΙΔΗ ΤΗΣ ΑΜΠΕΛΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ

Το αμπέλι απειλείται από πολλά παθογόνα, όπως μύκητες (περονόσπορος - *Plasmopara viticola*, το ωίδιο - *Uncinula necator*, ο βοτρυτής - *Botrytis cinerea*, η ευτυπίωση - *Eutypa lata*, το σύνδρομο της Ίσκας - *Phaemoniella chlamydospora*), βακτήρια (βακτηριακή νέκρωση - *Xanthomonas ampelina*, η ασθένεια του Pierce - *Xyllela fastidiosa*), ιούς και παράσιτα. Η ποικιλία που έχει εγκατασταθεί σε έναν αμπελώνα παίζει σημαντικό ρόλο στην ευαισθησία της καλλιέργειας απέναντι στα παθογόνα που μπορούν να εμφανιστούν. Η μη αντιμετώπιση των παθογόνων μπορεί να έχει σοβαρό αρνητικό αντίκτυπο στην εξέλιξη της καλλιέργειας. Η πλειοψηφία των αναφερομένων μολύνσεων επηρεάζουν τις ρώγες των βοστρύχων, έχοντας αντίκτυπο στην ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος (Mondello, et al., 2018). Ήδη από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα είχαν αναφερθεί συμπτώματα που έμοιαζαν με ιούς στα αμπέλια. Υπάρχουν αρκετές ανασκοπήσεις που περιγράφουν την ιστορία των ιών της αμπέλου με βασική λεπτομέρεια (Bovey 1958; Hewitt 1968; Martelli 2014; Martelli and Boudon-Padieu 2006).

Περίπου 70 ιοί έχουν καταγραφεί στους αμπελώνες (*Vitis* και *Muscadinia* είδη) και 7 ιοειδή εκ των οποίων 2 προκαλούν σοβαρά συμπτώματα. Οι μισοί από τους ιούς σχετίζονται είτε με μολυσματικό εκφυλισμό - *Infectious degeneration* (12 ευρασιατικοί – ευρωπαϊκοί – μεσογειακοί νεποϊοί) και παρακμή (4 αμερικάνικοι νεποϊοί), είτε με συστροφή των φύλλων-*leafroll* (5 ιοί), είτε με βοθρίωση του ξύλου-*rugose wood* (6 ιοί) και οι υπόλοιποι 4 με κηλίδωση του φύλλου-*fleck*.

Στα αμπέλια (υποείδη *Vitis* και *Muscadinia*) έχουν εντοπιστεί 70 διαφορετικοί ιοί, από τους οποίους περίπου οι μισοί (31 ιοί) σχετίζονται με τα **τέσσερα κύρια συμπλέγματα ασθενειών** που είναι γνωστά ως

- (1) **Μολυσματικός εκφυλισμός** (*Infectious degeneration*) - 12 ευρασιατικοί / ευρωπαϊκοί / μεσογειακοί νεποϊοί) και παρακμή (τέσσερις αμερικανικοί νεποϊοί) - Grapevine fanleaf virus (GFLV)
- (2) **Συστροφή των φύλλων** (*Leafroll*) (πέντε ιοί) - Grapevine leafroll virus (GLR),
- (3) **Βοθρίωση του ξύλου** (*Rugose Wood*) - (έξι ιοί) και
- (4) **Κηλίδωση του φύλλου** (*Fleck*) (τέσσερις ιοί).

Αντίθετα, είναι γνωστά επτά (7) ιοειδή που μολύνουν τα αμπέλια, εκ των οποίων μόνο δύο (2) προκαλούν ορατά συμπτώματα. Οι περισσότεροι από τους ιούς έχουν μονόκλιωνα γονιδιώματα RNA είτε θετικής είτε αρνητικής έννοιας που είναι ενθυλακωμένα σε

ισομετρικά ή νηματώδη σωματίδια. Μερικοί από αυτούς τους ιούς έχουν γονιδίωμα δίκλωνου RNA και, πολύ πρόσφατα, εμφανίστηκαν ιοί με γονιδίωμα DNA. Οι φορείς περιλαμβάνουν δορυλαίμεια νηματώδη (*Dorylaimea*), ψευδοκοκκοειδή, κοκκοειδή, ακάρεα κ.α..

Παρακάτω, είναι συγκεντρωμένοι συνοπτικά όλοι οι καταγεγραμμένοι ιοί έως σήμερα.

Πίνακας 4.1 Ιοί με ισομετρικά σωματίδια + γονιδίωμα ssRNA (Meng et al., (2017))

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ	ΓΕΝΟΣ	ΕΙΔΟΣ
<i>Secoviridae</i>	<i>Fabavirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Broadbean wilt virus 1</i> (BBWV-1) • <i>Grapevine fabavirus</i> (GFabV)
	<i>Nepovirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Artichoke Italian latent virus</i> (AILV); • <i>Arabis mosaic virus</i> (ArMV); • <i>Blueberry leaf mottle virus</i> (BBLMV); • <i>Cherry leafroll virus</i> (CLRV); • <i>Grapevine Bulgarian latent virus</i> (GBLV); • <i>Grapevine Anatolian ringspot virus</i> (GARSV); • <i>Grapevine deformation virus</i> (GDefV); • <i>Grapevine chrome mosaic virus</i> (GCMV); • <i>Grapevine fanleaf virus</i> (GFLV); • <i>Grapevine Tunisian ringspot virus</i> (GTRV); • <i>Peach rosette mosaic virus</i> (PRMV); • <i>Raspberry ringspot virus</i> (RpRSV); • <i>Tobacco ringspot virus</i> (TRSV); • <i>Tomato ringspot virus</i> (ToRSV); • <i>Tomato black ring virus</i> (TBRV)
	Unassigned in the family	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Strawberry latent ringspot virus</i> (SLRSV)
<i>Bromoviridae</i>	<i>Alfavirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Alfalfa mosaic virus</i> (AMV)
	<i>Cucumovirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cucumber mosaic virus</i> (CMV)
	<i>Ilarvirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Grapevine line pattern virus</i> (GLPV); • <i>Grapevine angular mosaic virus</i> (GAMoV)
<i>Tombusviridae</i>	<i>Carmovirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Carnation mottle virus</i> (CarMV)
	<i>Necrovirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Tobacco necrosis virus D</i> (TNV-D)
	<i>Tombusvirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Grapevine Algerian latent virus</i> (GALV), • <i>Petunia asteroid mosaic virus</i> (PAMV)
<i>Tymoviridae</i>	<i>Marafivirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Grapevine asteroid mosaic-associated virus</i> (GAMaV); • <i>Grapevine rupestris vein feathering virus</i> (GRVfV); • <i>Grapevine Syrah virus 1</i> (GSyV-1); • <i>Blackberry virus S</i> (BVS); • Unnamed putative marafi-like virus
	<i>Maculavirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Grapevine fleck virus</i> (GFkV) • <i>Grapevine redglobe virus</i> (GRGV)
<i>Luteoviridae</i>	<i>Enamovirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Summer grape enamovirus</i> (SGEV)
Viruses unassigned to families	<i>Idaeovirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Raspberry bushy dwarf virus</i> (RBDV)
	<i>Sobemovirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Sowbane mosaic virus</i> (SoMV)

Πίνακας 4.2 Ιοί με ισομετρικά σωματίδια + γονιδίωμα dsRNA

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ	ΓΕΝΟΣ	ΕΙΔΟΣ
<i>Reoviridae</i>	<i>Oryzavirus</i> (?)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Summer grape latent virus (SGLV) = Grapevine Cabernet Sauvignon reovirus (GCSV)</i>
<i>Endornaviridae</i>	<i>Endornavirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Grapevine endophyte endornavirus (GEEV) - three unnamed grapevine-associated endornaviruses</i>
<i>Partitiviridae</i>	<i>Deltapartitivirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Grapevine cryptic virus 1 (GCV-1) = Grapevine partitivirus 1 (GPV-1) An unnamed grapevine-associated partitivirus</i>
<i>Amalgaviridae</i>	<i>Amalgavirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>An unnamed amalgavirus</i>

Πίνακας 4.3 Ιοί με περικαλυμμένα σωματίδια + γονιδίωμα ssRNA

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ	ΓΕΝΟΣ	ΕΙΔΟΣ
<i>Bunyaviridae</i>	<i>Tospovirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Tomato spotted wilt virus (TSWV)</i>

Πίνακας 4.4 Ιοί με νηματώδη σωματίδια + γονιδίωμα ssRNA

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ	ΓΕΝΟΣ	ΕΙΔΟΣ
<i>Closteroviridae</i>	<i>Closterovirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Grapevine leafroll-associated virus 2 (GLRaV-2)</i>
	<i>Ampelovirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Grapevine leafroll-associated virus 1 (GLRaV-1)</i> • <i>Grapevine leafroll-associated virus 3 (GLRaV-3)</i> • <i>Grapevine leafroll associated virus 4 (GLRaV-4)</i>
	<i>Velarivirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Grapevine leafroll-associated virus 7 (GLRaV-7)</i>
<i>Alphaflexiviridae</i>	<i>Potexvirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Potato virus X (PVX)</i>
<i>Betaflexiviridae</i>	<i>Foreavirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Grapevine stem pitting-associated virus (GSPaV)</i>
	<i>Trichovirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Grapevine berry inner necrosis virus (GINV)</i> • <i>Grapevine pinot gris virus (GPGV)</i>
	<i>Vitivirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Grapevine virus A (GVA)</i> • <i>Grapevine virus B (GVB)</i> • <i>Grapevine virus D (GVD)</i> • <i>Grapevine virus E (GVE)</i> • <i>Grapevine virus F (GVF)</i>
<i>Potyviridae</i>	<i>Potyvirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bean common mosaic virus (BCMV) peanut Strain - an unidentified Potyvirus-like virus isolated in Japan from a Russian cultivar</i>

Πίνακας 4.5 Ιοί με σωματίδια σε σχήμα ράβδου + γονιδίωμα ssRNA

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ	ΓΕΝΟΣ	ΕΙΔΟΣ
<i>Virgaviridae</i>	<i>Tobamovirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Tobacco mosaic virus (TMV)</i> • <i>Tomato mosaic virus (ToMV)</i>

Πίνακας 4.6 Ιοί με γονιδίωμα DNA

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ	ΓΕΝΟΣ	ΕΙΔΟΣ
<i>Geminiviridae</i>	<i>Undetermined</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Grapevine red blotch-associated virus (GRBaV)</i>
<i>Caulimoviridae</i>	<i>Badnavirus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Grapevine vein clearing virus (GVCV)</i> • <i>Grapevine roditis leaf discoloration associated virus (GRLDaV)</i>
<i>Ill-defined, taxonomically unassigned viruses</i>		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Unnamed filamentous virus</i> • <i>Grapevine Ajnashika virus (GAgV)</i> • <i>Grapevine stunt virus (GSV)</i> • <i>Grapevine labile rod-shaped virus (GLRSV)</i>

4.1 Μολυσματικός εκφυλισμός - Νεποϊοί

Οι νεποϊοί αποτελούν ένα είδος της οικογένειας *Secoviridae* και περιλαμβάνουν ιούς ιδιαίτερης σημασίας, προκαλώντας τον μολυσματικό εκφυλισμό στο αμπέλι. Οι περισσότεροι περιορίζονται γεωγραφικά από τη φυσική κατανομή του φορέα νηματώδων τους εκτός από τον **Grapevine fanleaf virus (GFLV)** που έχει διαδοθεί παγκοσμίως μαζί με τον φορέα του. Ο GFLV θεωρείται ο πιο σημαντικός νεποϊός σε οικονομικό επίπεδο και είναι ικανός να μειώσει την απόδοση στα αμπέλια έως και 80%.

Οι περισσότεροι από τους νεποϊούς μεταδίδονται από νηματώδεις, ενώ ορισμένοι νεποϊοί μεταδίδονται μέσω των σπόρων και της γύρης (Murant, 1983). Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι νεποϊοί είναι υπεύθυνοι για τον μολυσματικό εκφυλισμό και την παρακμή. Συνήθως αποκαλούνται και ως νεποϊοί του Παλαιού κόσμου, εκτός από τον GFLV, ο οποίος διαδόθηκε κυρίως από τον άνθρωπο. Η ονομασία αυτή οφείλεται στο συγκεκριμένο σημείο εμφάνισης τους



Εικόνα 4.1

Φυλλική επιφάνεια που έχει προσβληθεί από GFLV (Oklahoma State University)

(Μεσόγειο), μερικές φορές φανερώνεται και στην ονομασία τους, ενώ οι ιοί που σχετίζονται με την παρακμή προέρχονται από την Βόρεια Αμερική. Έτσι, πιθανόν συμπεραίνουμε πως έκαναν την εμφάνισή τους πριν από την φυλλοξήρα λαμβάνοντας υπόψιν και τα παρακάτω στοιχεία, όπως ανακαλύψεις στη Σικελία από αποξηραμένα φύλλα αμπέλου με συμπτώματα παρόμοια με αυτά που βλέπουμε σε στελέχη GFLV (Martelli και Piro 1975), καθώς και παλαιές τοιχογραφίες.

Εστιάζοντας στον GFLV, πρόκειται για έναν νεποϊό με ευρήματα βρέθηκαν στην Γαλλία (Cazalis-Allut, 1865), Αυστρία (Rathay, 1882), Ιταλία (Ruggeri 1895 - παρατίθεται από τον Martelli, 2014), και τη Γερμανία (Cholin, 1896), και τη Σικελία στα τέλη του 19^{ου} αιώνα (Martelli και Piro, 1975). Τα αμερικανικά είδη δεν είναι ανθεκτικά στο GFLV (Martelli, 2014).

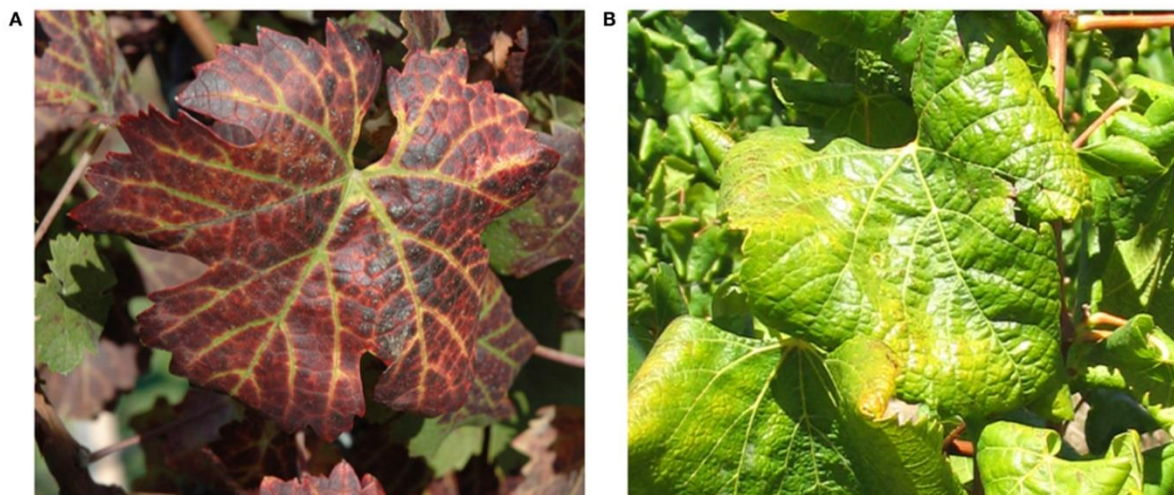
Αρχικά πολλές μελέτες υπέθεσαν ότι το GFLV ήταν ιογενούς προέλευσης (Petri 1929; Arnaud and Arnaud 1931) αλλά χωρίς την απαραίτητη τεχνολογία, αυτό παρέμεινε άγνωστο. Με την ηλεκτρονική μικροσκοπία υπήρχε πλέον η ικανότητα να παρατηρηθεί ο GFLV και

άλλοι φυτικοί ιοί. Οι Cadman et al. (1960) περιέγραψαν για πρώτη φορά τον GFLV καθώς και την μετάδοσή του από τα αμπέλια στους ποώδεις ξενιστές. Πριν από αυτό ο Hewitt (1951, 1954) είχε συμπεράνει ότι ο GFLV και αρκετοί άλλοι ιοί ήταν ευρέως διαδεδομένοι στους αμπελώνες της Καλιφόρνια. Αρχικά υπήρχε η πεποίθηση ότι ο GFLV μεταδόθηκε από τη φυλλοξήρα (Arnaud 1937; Branias et al. 1937) έως ότου οι Hewitt et al. (1958) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο νηματώδης *Xiphinema index* ήταν ο φορέας.

Ο GFLV προκαλεί παραμόρφωση των φύλλων και ασυνήθιστα χλωρωτικά (κίτρινα) σχέδια στα φύλλα. Γενικότερα, τα συμπτώματα που μπορούν να προκαλέσουν είναι η εμφάνιση χλωρωτικών κηλίδων στη φυλλική επιφάνεια και στην περιοχή των νεύρων, βραχεία μεσογονάτια διαστήματα, αποχρωματισμό, ξεφλούδισμα και παραμόρφωση των φύλλων (στριμμένο και κατσαρό φύλλωμα).

4.2 Συστροφή των φύλλων - Grapevine Leafroll Viruses (GLR)

Η συστροφή των φύλλων - Grapevine Leafroll Viruses (GLR) είναι ίσως η δεύτερη πιο κοινή ιογενής νόσος παγκοσμίως (Martelli, 2014). Οι συσχετιζόμενοι ιοί ανήκουν στο γένος *Closterovirus* και *Ampelovirus* και η πρώτη καταγραφή του έγινε από τον Fabre το 1853, ο οποίος σημείωσε ότι οι ποικιλίες κόκκινου κρασιού δεν κατάφεραν να αναπτύξουν χρώμα. Αργότερα, παρόμοια συμπτώματα με αυτά που ξέρουμε σήμερα σημειώθηκαν στην Καλιφόρνια (Butler 1905), Ιταλία (Sannino 1906), Γαλλία (Ravaz and Verge 1924), τη Γερμανία (Scheu 1935, 1936) και τη Σικελία (Martelli και Piro 1975).



Εικόνα 4.2 Αμπέλια με τυπική συστροφή των φύλλων - Grapevine Leafroll Viruses (GLR) – (A) μία ερυθρή ποικιλία *V. vinifera* cv Cabernet franc – (B) μία λευκή ποικιλία *V. vinifera* cv Chardonnay - (Maree et al. 2013)

Τα συμπτώματα της νόσου GLR είναι συχνά πιο εμφανή στις έγχρωμες ποικιλίες, σε σύγκριση με τις λευκές ποικιλίες. Πιο συγκεκριμένα, στις ποικιλίες με σκουρόχρωμους

βοστρύχους παρατηρείται η εμφάνιση ενός κοκκινωπού αποχρωματισμού στα ενδιάμεσα μέρη των φύλλων όπως αναφέρει και ο Fabre το 1853, με τα νεύρα της φυλλικής επιφάνειας να διατηρεί το πράσινο χρώμα. Σε κάποιες περιπτώσεις, μπορεί να παρατηρηθεί κύρτωση στα προσβεβλημένα άκρα της φυλλικής επιφάνειας, ενώ στις λευκές ποικιλίες παρατηρείται συνήθως η παρουσία χλωρωτικών περιοχών στις μεσονεύριες περιοχές. Ο πιο γνωστός και πιο διαδεδομένος είναι ο GLRaV-3 τόσο για τις οινοποιήσιμες, όσο και για τις επιτραπέζιες ποικιλίες.

Όλοι οι ιοί που σχετίζονται με τη συστροφή των φύλλων της αμπέλου έχουν πιθανώς διαδοθεί μέσω του πολλαπλασιαστικού υλικού, συμπεριλαμβανομένων ευρωπαϊκών ποικιλιών καθώς και αμερικανικών υποκειμένων. (Song, et al., 2021). Στον GLRaV-2 αποδίδεται επιπλέον και η εμφάνιση ασυμφωνίας εμβολίου-υποκειμένου στο υποκείμενο Kober 5BB. Ο GLRaV-4 προκαλεί γενικά ηπιότερα συμπτώματα του φύλλου, ενώ οι λοιμώξεις με GLRaV-7 προκαλούν ήπια συμπτώματα ενώ δεν προκαλεί συστροφή (Al Rwahnih et al. 2012; Martelli et al. 2012; Maliogka et al. 2015).

4.3 Βοθρίωση του ξύλου - Rugose Wood

Μια άλλη ιολογική ασθένεια είναι η Βοθρίωση του ξύλου (Rugose wood), η οποία μεταδίδεται με μοσχεύματα και που καταγράφηκε αρχικά στην Ιταλία (Graniti and Martelli 1965) και στην Ουγγαρία (Martelli et al. 1967). Πρόκειται για μια περίπλοκη ασθένεια η οποία χαρακτηρίζεται από παραμορφώσεις του κορμού των πρέμων, προκαλώντας μείωση στην ανάπτυξη και απόδοση των φυτών.



Εικόνα 4.3 Συμπτώματα «Βοθρίωση του ξύλου» σε έναν κορμό *Vitis labruscana* cvs. Pione και Kyoho: (A) και (B) βοθρίωση και αυλάκωση σε κορμό φυτών Pione που έχουν μολυνθεί με RSPaV – (C) βοθρίωση και αυλάκωση σε κορμό φυτού Kyoho μολυσμένο με RSPaV - (D) Υγιές Pione (Nakaune et al. 2008)

Φαίνεται επίσης να είναι μια ασθένεια του «Παλιού Κόσμου», δεδομένου ότι τα συμπτώματα ξύλου περιγράφονται στη γαλλική βιβλιογραφία στις αρχές του 20^{ου} αιώνα και η νόσος εμφανίζεται και σε εκείνες τις χώρες (Κύπρος, Αρμενία, Υεμένη, Τουρκία και ορισμένα ελληνικά νησιά του Αιγαίου) όπου δεν είχαν εισαχθεί ακόμη αμερικανικά υποκείμενα (Martelli et al.1994).

Η αιτιολογία της νόσου παρέμεινε άγνωστη μέχρι την εφαρμογή του μηχανικού ενοφθαλμισμού, δηλαδή ο εμβολιασμός ενός συμπτωματικού οφθαλμού με σωματίδια που μοιάζουν με εκείνα των Closterovirus (Conti et al. 1980). Αυτή η μέθοδος παρείχε υποστήριξη στην υποτιθέμενη ιογενή φύση του.

Τα συμπτώματα είναι βοθρίωση και αυλακώσεις στο ξύλο του υποκειμένου, του εμβολίου ή και των δύο και χαρακτηριστική διόγκωση πάνω από το σημείο εμβολιασμού, μειωμένη ζωηρότητα και καθυστερημένη έκπτυξη των οφθαλμών την άνοιξη. Τα ασθενή πρέμνα παράγουν λιγότερο, ενώ μικρότερη είναι και η παραγωγική τους ζωή. Συνήθως δεν προκαλεί συμπτώματα σε αυτόριζες ευρωπαϊκές ποικιλίες αλλά εμφανίζονται μετά από εμβολιασμό σε υποκείμενα αμερικανικών ειδών και υβριδίων.

Η χαρακτηριστική αλλοίωση είναι φανερή κατόπιν αφαίρεσης τμήματος φλοιού στην περιοχή του εμβολιασμού και πρόκειται για αυλακώσεις και βυθίσματα (βοθρία) επί του ξύλου του υποκειμένου ή του εμβολίου ή και των δύο, στα οποία αντιστοιχούν προεξοχές και εξογκώματα στην εσωτερική όψη του καμβίου του φλοιού. Έτσι, προκύπτει δυσλειτουργία στο αγγειακό σύστημα με αποτέλεσμα την ελλιπή θρέψη των ασθενών πρέμων. Επιπρόσθετα, τα συμπτώματα στο φύλλωμα δεν είναι τόσο έντονα, με κύρια παρατήρηση το κιτρίνισμα. Οι ιοί που σχετίζονται με την βοθρίωση του ξύλου ανήκουν στο γένος *Vitivirus* και είναι οι εξής: GVA, GVB, GVD, GVE, GV και στο γένος *Foveavirus* με ένα είδος GRSPaV.

Ειδικότερα, τα συμπτώματα που σχετίζονται με την GVA περιλαμβάνουν κοκκίνισμα των περιθωρίων και των μίσχων των φύλλων, φτωχό σφρίγος και κύλιση των φύλλων. Το φυτό μπορεί να παρουσιάσει πρήξιμο στην ένωση του μοσχεύματος και αυλάκωση του στελέχους Kober. Ακόμη κι αν ένα εμβολιασμένο αμπέλι μολυνθεί με GVA, είναι δυνατόν να μην παρουσιάζει οπτικά συμπτώματα, καθώς η εμφάνισή τους ποικίλει από ένα έως και δύο χρόνια. Οι ποικιλίες σταφυλιών LN33 και *Vitis rupestris* δεν παρουσιάζουν συμπτώματα αυλάκωσης του στελέχους Kober, αλλά μπορούν να μολυνθούν με αυτό εμφανίζοντας τα παραπάνω συμπτώματα που αναφέρθηκαν.

4.4 Κηλίδωση του φύλλου - Fleck

Ο κύριος ιός που ευθύνεται για την κηλίδωση του φύλλου (*Fleck*) είναι ο GFkV. Βρίσκεται σε λανθάνουσα κατάσταση στις ευρωπαϊκές ποικιλίες και στα περισσότερα αμερικάνικα υποκείμενα. Τα συμπτώματα περιλαμβάνουν το ξεθώριασμα των φλεβών στα νεαρά φύλλα, ενώ τα παλαιότερα φύλλα μπορεί επίσης να παραμορφωθούν και να κυρτώσουν προς τα πάνω.

Εκτός του GFkV, παρόμοια συμπτώματα μπορούν να δώσουν κι άλλοι ιοί της ίδιας οικογένειας. Συγκεκριμένα από το γένος *Maculavirus*, ο Grapevine Redglobe virus (GRGV) ο Grapevine rupestris vein feathering virus (GRVfV), ο Grapevine Syrah virus 1 (GSV-1) και ακόμη ένας του γένους *Marafivirus*, ο Grapevine asteroid mosaic associated virus (GAMaV). Τα συμπτώματα εξαφανίζονται με την έναρξη των θερμών θερμοκρασιών.



Εικόνα 4.4 Φυλλική επιφάνεια που έχει προσβληθεί από GFkV (Frison και Ikin, 1991.)

4.5 Ιοειδή

Τέλος, τα ιοειδή είναι τα μικρότερα γνωστά μολυσματικά μόρια RNA με αυτόνομη αναπαραγωγή στους ξενιστές τους. Τα εξής ιοειδή που μολύνουν τα αμπέλια είναι το GYSVd-1, GYSVd-2, AGVd, HSVd, CEVd, GLVd (Zhang et al. 2014). Μόνο τα GYSVd-1 και *GYSVd-2* είναι παθογόνα για τα αμπέλια που προκαλούν την ασθένεια κίτρινου στίγματος της αμπέλου (Taylor και Woodham 1972). Συχνά, τα ιοειδή είναι ασυμπτωματικά. Ως συμπτώματα της παραπάνω ασθένειας είναι ορισμένες αρχικά κουκκίδες κοντά στη μέση της πλευράς και στη συνέχεια προχωρούν σταδιακά προς τα απομακρυσμένα άκρα των φύλλων. Σε φυτά που έχουν προσβληθεί σοβαρά, ολόκληρη η λεπίδα του φύλλου μπορεί να γίνει έντονο κίτρινο. Σε ορισμένες χώρες, εμφανίζεται ένα σοβαρό σύμπτωμα που ονομάζεται φλεβική ζώνη, η οποία οφείλεται σε μικτή μόλυνση από αυτά τα ιοειδή και τον GFLV (Krake and Woodham 1983; Hajizaeh et al. 2015).



Εικόνα 4.5 Φυλλική επιφάνεια που έχει προσβληθεί από GYSVd-1 (Tony Hoare, 2014)

4.6 Νόσος κόκκινης κηλίδας

Η κόκκινη κηλίδα αμπέλου *GRBαV* αποτελεί μία ασθένεια που έχει κάνει την εμφάνισή της σχετικά πρόσφατα (2008). Η ασθένεια αρχικά κάνει την εμφάνιση της με ακανόνιστες κόκκινες κηλίδες , τόσο στη φυλλική επιφάνεια, στην περιοχή των νεύρων, καθώς και στις περιοχές των βλαστών. Ο χρωματισμός των νεύρων και όχι μόνο των μεσονεύριων περιοχών, αποτελεί ένα χαρακτηριστικό διάκρισης από την ασθένεια της συστροφής των φύλλων της αμπέλου (Meng, et al., 2017).



Εικόνα 4.6 Νόσος κόκκινης κηλίδας (EPPO Global Database, 2023)

5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ, ΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΡΑΓΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΚΡΑΣΙΟΥ

Όπως είναι λογικό, οι παραπάνω ιοί και ιοειδή προκαλούν μια σειρά από αρνητικές επιπτώσεις στο αμπέλι και στο τελικό προϊόν σε αρκετούς τομείς. Αυτές οι επιπτώσεις είναι δυνατόν να θεωρηθούν ως δυνητικά σοβαρές, αν και η ακριβής εκτίμηση είναι δύσκολη λόγω του γεγονότος της εξάρτησής τους από την παθογόνο δύναμη του κάθε ιού ή του στελέχους του, το γενότυπο του ξενιστή, τις συνθήκες του περιβάλλοντος, τη αλληλεπίδραση ή την πιθανή συνεργατική δράση των ιών σε μικτές μολύνσεις, την διαχείριση αμπελώνα κ.λπ. Γενικότερα, παρεμβαίνουν στις βασικές λειτουργίες του εκάστοτε φυτού όπως είναι η φωτοσύνθεση, η αναπνοή, οι ενζυμικές διεργασίες, η πρόσληψη νερού και θρεπτικών στοιχείων κ.λπ., με αποτέλεσμα τη μείωση παραγωγής και ως χειρότερη συνέπεια τη νέκρωση του φυτού.

5.1 Επιπτώσεις του μολυσματικού εκφυλισμού (GFLV)

Ασθένειες όπως ο μολυσματικός εκφυλισμός που προκαλούνται από τους νεποϊούς είναι σαφώς επιζήμιες και επηρεάζουν δραματικά την ευρωστία και την απόδοση των φυτών. Πιο συγκεκριμένα, ο GFLV μειώνει την παραγωγική διάρκεια ζωής των αμπελώνων σε 15-20 χρόνια αντί για 30-40 χρόνια ή και περισσότερο. Ακόμη, τα αμπέλια έχουν μικρότερη αντοχή σε αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες (Andret-Link et al.2004). Τα φυτά που έχουν μολυνθεί με GFLV μπορεί να είναι μειωμένα σε μέγεθος σε σύγκριση με υγιή φυτά και το μέγεθος των σταφυλιών μικρότερο κι ακανόνιστο. Η ποιότητα των καρπών αλλάζει δραστικά με μειωμένο αριθμό σταφυλιών, ανομοιόμορφη ωρίμανση, ανισορραγία, και μικρορραγία. Ακόμη, η ανθεκτικότητα στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα συχνά μειώνεται. Μολύνσεις αμπελιών με ArMV και AILV έχουν συνδεθεί με καθυστερημένη ανάπτυξη φυτών.

Η απώλεια των καρπών συνήθως είναι 50%, αλλά δύναται να φτάσει έως 80% σε ακραίες περιπτώσεις. Ανάλογα με τις παραμέτρους, οι μειώσεις απόδοσης κυμαίνονταν από 12 έως 26% στις ποικιλίες Thompson Seedless, White Muscat, και Nebbiolo (Auger et al.1992; Gay et al. 1981) και έως 80% στις ποικιλίες Muscat blanc, Chardonnay, Merlot και Pinot Noir (Boubals et al.1964; Legin1972; Rüdel 1985; Bovey 1970). Έως 77% αναφέρθηκαν επίσης στο μολυσμένο με ArMV στη Δυτική Γερμανία, το οποίο μπορεί να προκαλέσει νέκρωση (Stellmach και Berres 1986, Becker et al.1987).

Οι επιδράσεις στις ποιοτικές παραμέτρους (περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά, φαινόλες, ανθοκυανίνες, αρωματικές ουσίες, ολική οξύτητα) ποικίλουν και φαίνεται να

συσχετίζονται αντιστρόφως με το επίπεδο μείωσης της απόδοσης. Έτσι είναι πιθανό η μόλυνση με GFLV να έχει μερικές φορές θετικά αποτελέσματα στην ποιότητα του κρασιού όταν σχετίζεται με μια μείωση της απόδοσης (Gay et al.1981, Lenzi et al.1993, Mannini et al.1994, Legorburu et al. 2009). Όσον αφορά τις φαινόλες, φαίνεται πως δεν μεταβάλλονται η περιεκτικότητά τους στα σταφύλια. Αξίζει όμως να σημειωθεί πως ένας νεποϊός παρεμβαίνει στην οδό σύνθεσης ανθοκυανίνης επηρεάζοντας αρνητικά την ένταση και τη σταθερότητα του χρώματος του κρασιού για ποικιλίες όπως το Nebbiolo (Santini et al. 2011). Επιπρόσθετα, είναι δυνατή η αύξηση του πάχους των ραγών των μολυσμένων αμπελιών λόγω της μείωσης του δείκτη εκχυλισιμότητας, γεγονός που υποδηλώνει χαμηλότερη ικανότητα εκχύλισης φαινολικού τοιχώματος των κυττάρων. Τέλος, οι Auger et al. (1992) παρατήρησαν ότι τα μολυσμένα αμπέλια με GFLV παρήγαγαν ράγες με υψηλότερο Brix.

Κατόπιν ερευνών, αποδείχθηκε πως ο GFLV επηρεάζει και την ικανότητα ριζοβολίας των ριζών και την λήψη μοσχεύματος μοσχευμάτων. Στην Ιταλία, το βάρος του ξύλου κλαδέματος από υποκείμενα εμβολιασμένα με GFLV μειώθηκε περίπου στο μισό, ανάλογα με τον τύπο του υποκείμενου (Babini et al. 1981), ενώ στην Γερμανία, η επιτυχία της ριζοβολίας του υποκείμενου SO4 μειώθηκε κατά 2/3 από τον GFLV. Όλα τα παραπάνω, ίσως να επηρεάζονται από το γεγονός κιόλας πως οι ρίζες τους είναι λιγιστές.

Εν κατακλείδι, οι νεποϊοί τροποποιούν πολύ τη μορφολογία των φύλλων και αυτό μπορεί να έχει μεγάλες αρνητικές επιπτώσεις στην κλωνική ταυτοποίηση, καθώς ένας κλώνος μπορεί να αναγνωριστεί σωστά από τη μορφολογία των φύλλων του μόνο όταν είναι απαλλαγμένος από ιούς φύλλων (Mannini et al. 2000; Santos et al. 2003, 2006).

5.2 Επιπτώσεις της συστροφής των φύλλων (GLR)

Η συστροφή των φύλλων (GLR) αποτελεί μία άκρως σοβαρή απειλή για την αμπελουργία. Η παρουσία της οδηγεί σε καθυστέρηση στο άνοιγμα των οφθαλμών, σε μειωμένη παραγωγή που κυμαίνεται από 10 έως 70%, μείωση ευρωστίας και μεγέθους των πρεμνών. Οι σταφυλές των μολυσμένων πρεμνών συνήθως είναι μικρότερες σε μέγεθος και βάρος από τις υγιείς. Οι Alley et al. (1963) έδειξαν ότι το χρώμα του κρασιού, το αλκοόλ και η τανίνη σχετίζονται αντιστρόφως με τη σοβαρότητα των συμπτωμάτων του GLR.

Ακόμη, υπάρχουν αλλαγές στη σύνθεση των ραγών με μείωση της συγκέντρωσης των σακχάρων και στην ανάπτυξη του χρωματισμού στις ράγες. Ιδιαίτερα ο χρωματισμός των ρωγών σημειώθηκε στις ποικιλίες Red Globe και Crimson στην Ιταλία (Digiario et al.1997, 2006) και στην ποικιλία Emperor στην Αμερική και Αυστραλία (Harmon and Snyder 1946, Goheen et al. 1958, Krake 1993). Ως εκ τούτου, παρατηρείται ποιοτική υποβάθμιση των

οίνων προκαλώντας μείωση της περιεκτικότητας των σταφυλιών σε σάκχαρα, αύξηση της οξύτητας (έως 1,5 gr/L), μείωση του pH του γλεύκους και σημαντική αλλοίωση στα πολυφαινολικά και αρωματικά συστατικά ερυθρών ποικιλιών που επηρεάζονται δυσμενώς από τον GLRaV-3 (Mannini et al.1996, 1999, 2002, Borgo et al. 2003, Kim et al. 2003, Jungmin και Martin 2009; Alabi et al. 2012a). Τέλος, σχετίζεται με υψηλά ποσοστά αποτυχίας στους εμβολιασμούς και μειωμένη ριζοβολία των μοσχευμάτων.

Σε αυτό το σημείο, είναι σημαντικό να αναλυθούν οι επιπτώσεις ενός συσχετιζόμενου ιού της συστροφής των φύλλων και συγκεκριμένα του GLRaV-3, καθώς συναντάται περισσότερο στο τομέα της αμπελοκαλλιέργειας. Πιο αναλυτικά, αυτό το είδος του ιού έχει μειώσει την απόδοση των σταφυλιών στη Νέα Ζηλανδία έως και 60%. Ο GLRaV-3 βρίσκεται σε λανθάνουσα φάση στα γαλλοαμερικανικά υβρίδια, αλλά η απουσία συμπτωμάτων δεν σημαίνει απαραίτητα ότι η απόδοσή τους δεν επηρεάζεται από τον ιό.

Επίσης, σημαντικό ρόλο των επιπτώσεων του GLR στα αμπέλια διαδραματίζει η συνύπαρξη 2 ιών. Με βάση μια μελέτη στην Ελβετία διαπιστώθηκε πως τα αμπέλια που μολύνθηκαν μόνο από το GLRaV-1 είχαν ακόμη υψηλότερη περιεκτικότητα σε σάκχαρα, πιθανώς λόγω της χαμηλότερης απόδοσης (-20%) (Spring et al. 2012). Ο Schoefling (1980) ανέφερε τα πρώτα στοιχεία θετικών επιδράσεων στην ποιότητα του κρασιού που σχετίζονται με τη χρήση θερμικής επεξεργασίας. Η εξάλειψη μικτών λοιμώξεων του GLRaV-1 + GVA ή του GLRaV-3 + GVA από κλώνους του Nebbiolo είχε θετικά αποτελέσματα στην ποιότητα του κρασιού (Mannini et al.1998). Η εξάλειψη του GLRaV-3 + GVA έδωσε τα πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα, αφού το κρασί από υγιή αμπέλια είχε πιο περίπλοκο μπουκέτο και καλύτερη χρωματική ένταση.

Ωστόσο, έχουν καταγραφεί και ορισμένα αποτελέσματα του ιού που δε συνάδουν με τις παραπάνω επιπτώσεις. Στην Αυστραλία παρατηρήθηκε πως ο GLRaV αύξησε το βάρος και τον όγκο των ραγών των σταφυλιών Emperor (Anonymous 1985). Στην περιοχή του Πιεμόντε, τα μολυσμένα αμπέλια Dolcetto με GLRaV παρήγαγαν κρασιά που ήταν σχετικά διαφορετικά από τα αντίστοιχα χωρίς ιούς και είχαν χαμηλότερο άρωμα κόκκινων ραγών, αλλά υψηλότερο άρωμα δαμάσκηνου, στυπτικότητα, σώμα και βιολετί χρώμα (Mannini et al. 2012). Αυτές οι ιδιόμορφες επιπτώσεις ίσως να δικαιολογούνται από το γεγονός πως η απόδοση ενός αμπελιού μπορεί να είναι μέτρια σε θερμά κλίματα κάτι που επιβεβαιώνεται στην Πορτογαλία και στην Σαρδηνία (Ιταλία), όπου δεν καταγράφηκε σημαντική μείωση της απόδοσης και της ποιότητας σε πέντε τοπικές ποικιλίες (Garau et al. 1997). Το κρασί που λαμβάνεται από αμπέλια χωρίς GLRaV-3 είχε πιο πλούσια κι απαλή γεύση αλλά ταυτόχρονα

πιο αδύναμο σώμα και χρώμα. Συμπερασματικά, οι αμπελουργοί είναι καλό να γνωρίζουν ότι η χρήση φυτών χωρίς ιούς δεν οδηγεί de facto σε βελτίωση της ποιότητας του κρασιού.

5.3 Επιπτώσεις της βοθρίωσης του ξύλου (Rugose Wood)

Η βοθρίωση του ξύλου έχει πανομοιότυπες επιπτώσεις με τις προηγούμενες ιώσεις. Καθυστερημένη έκπτυξη των οφθαλμών καθώς και σημαντική διαφορά στη διάμετρο μεταξύ του υποκειμένου και του εμβολίου, δύσκολη ριζοβολία των υποκειμένων, μικρή επιτυχία του εμβολιασμού, μείωση της παραγωγής που συχνά είναι μεγαλύτερη από 50%, είναι μερικά από τα αρνητικά που προκαλεί. Αυτές οι απώλειες ποσοτικοποιήθηκαν σε 14–36% στη Νότια Αφρική (Engelbrecht 1973, 1976), Ιταλία (Garau et al. 1985), και τη Σλοβενία (Tomažic et al. 2005) 70% στο Μεξικό (Téliz και Valle 1980; Téliz et al. 1980) 75% στην Ισπανία (Padilla 1987) και έως 100% στην Ελλάδα (Ρούμπος και Αυγέλης 1993). Είναι πιθανό η παρουσία ιών που προκαλούν τη βοθρίωση του ξύλου σε συνδυασμό με άλλους ιούς να συμβάλλει στην επιδείνωση της φυσιολογικής και παθολογικής κατάστασης του φυτού, επηρεάζοντας έτσι την ποιότητα του κρασιού.

Ο ιός GRSPaV είναι από τους πιο διαδεδομένους ιούς, του οποίου παρουσία του έχει συνδεθεί με συμπλέγματα συμπτωμάτων όπως αυτό της βοθρίωσης του ξύλου του *Vitis rupestris*. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων, τα μολυσμένα φυτά δεν παρουσιάζουν κάποια ιδιαίτερα συμπτωματολογία, ούτε παρατηρείται κάποια αρνητική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών (Tobar, et al., 2020). Έπειτα από παρακολούθηση αμπελιών Marzemino χωρίς GVA και με GVA διαπιστώθηκε πως η φωτοσυνθετική δραστηριότητα και η περιεκτικότητα σε χρωστική ουσία των φύλλων δεν επηρεάστηκαν (Malossini et al. 2009b). Το GRSPaV, αντίθετα, μειώνει τον φωτοσυνθετικό ρυθμό και περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη όπως αναφέρθηκε στην Ιταλία (Gambino et al. 2012). Ο GVA σε συνδυασμό με τον GLRaV-1 έχει σημαντικό αντίκτυπο στην παραγωγή σταφυλιού με αύξηση της απόδοσης 24-30% κατόπιν απομάκρυνση τους.

Σε μια μελέτη, τα αμπέλια Marzemino που είχαν υποστεί θερμική επεξεργασία ήταν πιο ζωηρά και είχαν μεγαλύτερη γονιμότητα οφθαλμών (23%) από τα μολυσμένα με GVA αμπέλια του ίδιου κλώνου (Malossini et al. 2009b).

5.4 Επιπτώσεις της κηλίδωσης του φύλλου (Fleck)

Η μόλυνση με GFkV βρίσκεται πολύ συχνά σε μικτή μόλυνση με άλλους πιο επιβλαβείς ιούς (π.χ. GFLV, GLRaVs, GVA, κ.λπ.), πράγμα που καθιστά πολύ δύσκολη τη διάκριση της συγκεκριμένης επίδρασής του. Φαίνεται να έχει σημαντική επίδραση στα

υποκείμενα, μειώνοντας τις συμπεριφορές ανάπτυξης και πολλαπλασιασμού τους. Πιο συγκεκριμένα, οδηγεί σε μείωση της ανάπτυξης που μπορεί να φτάσει σε 51% στην αύξηση του 420 A και 37% στο Kober 5BB, επηρεάζοντας έτσι την ποιότητα του ξύλου που συλλέγεται για πολλαπλασιασμό. Αντίθετα, έχει πολύ μικρή επίδραση στην ανάπτυξη, την απόδοση και τη σύνθεση του χυμού γενικότερα του *V. vinifera* και πιο συγκεκριμένα της ποικιλίας Trebbiano Romagnolo (Credi και Babini 1997). Μια μικτή μόλυνση της κηλίδωσης του φύλλου και της βοθρίωσης του ξύλου είναι ικανή να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του χρώματος των ραγών. Ακόμα, και ο GSV-1 είναι ένας ιός που επηρεάζει την αμπελοκαλλιέργεια και μπορεί να προκαλέσει σοβαρές απώλειες στο τελικό προϊόν.

5.5 Επιπτώσεις από GPGV

Στο Trentino της Βόρειας Ιταλίας, εντοπίστηκε για πρώτη φορά ο ιός της ποικιλίας αμπέλου Pinot gris (Grapevine Pinot Gris Virus - GPGV), ένας *Trichovirus* του γένους *Betaflexiviridae*, ο οποίος προκαλούσε παραμόρφωση στα φύλλα, καρούλιασμα, χλώρωση, μείωση στην παραγωγή (έως 80%), χαμηλής ποιότητας καρπούς και πιο όξινες ράγες. Πολλές ποικιλίες, ιδίως το Gewürztraminer, έχουν παρουσιάσει καθυστέρηση και σημαντικές απώλειες λόγω του ιού GPGV τα τελευταία χρόνια.

Γενικά, ο GPGV είναι ένας ιός που μπορεί να προκαλέσει σημαντικές απώλειες, ακόμα και νεκρώσεις οδηγώντας σε απώλεια της παραγωγής. Επιπρόσθετα, η μολυσματικότητα του ιού φαίνεται να επηρεάζεται από την αντοχή των ποικιλιών αμπέλου στον ιό, η οποία μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους παράγοντες, όπως οι κλιματικές και οι εδαφικές συνθήκες.

5.6 Επιπτώσεις από νόσο της κόκκινης κηλίδας

Όσον αφορά για τη νόσο της κόκκινης κηλίδας, η οποία είναι μία από τις πιο πρόσφατες καταγεγραμμένες ασθένειες, εμποδίζει εξίσου τη φωτοσύνθεση στα αμπέλια, επηρεάζοντας τον καρπό. Σύμφωνα με αναφορές, υφίσταται έλλειμα σακχάρων στο σταφύλι και καθυστέρηση ωρίμανσης τους, φτωχό χρώμα και γενικότερες επιπτώσεις στο γευστικό προφίλ (τανίνες, φαινολικά κ.λπ.). Έτσι, μειώνεται ταυτόχρονα η αξία του οίνου και αρκετές φορές κρίνεται αναγκαία η εκρίζωση.

6 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΦΟΡΕΩΝ ΙΩΝ ΚΑΙ ΙΟΕΙΔΩΝ ΣΤΟΥΣ ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ

Η ιδιαίτερη οικονομική σημασία της αμπελοκαλλιέργειας, καθιστούν τον έλεγχο και την αντιμετώπιση των παθογόνων σημαντική, για τη διασφάλιση της ποιότητας, της απόδοσης και της βιωσιμότητας των αμπελώνων. Είναι επομένως απαραίτητο να διαγνωστεί και να ελεγχθεί η εξάπλωση τους μέσω ορισμένων μέτρων ούτως ώστε να υπάρχει μια ενιαία διαχείριση από όλους τους αμπελουργούς. Ο έλεγχος των ιών απαιτεί ενέργειες που στοχεύουν σε διάφορες πτυχές της εξάπλωσης της νόσου. Οι ιογενείς ασθένειες μπορούν να εκδηλωθούν με διαφορετική συμπτωματολογία, η οποία εξαρτάται από το παθογόνο, το γονιδιώμα του, το υποκείμενο, την ποικιλία που καλλιεργείται, τις κλιματικές και εδαφολογικές συνθήκες (Basso, et al., 2017). Οι αμπελώνες που έχουν μολυνθεί παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις στην έκφραση κάποιων γονιδίων, καθώς και σε κύριες λειτουργίες, όπως αυτή της φωτοσύνθεσης, της αναπνοής, ακόμη και της βιοσύνθεσης μεταβολιτών. Η καταπόνηση που υπόκειται το φυτό έχει αντίκτυπο στην ποιότητα των καρπών, μείωση της ανθεκτικότητας απέναντι σε στρεσογόνες συνθήκες, ακόμη και θάνατο του αμπελιού (Basso, et al., 2017). Επομένως, απαιτείται μια ουσιαστική γνώση της επιδημιολογίας του ιού και ιδιαίτερα της εξάπλωσής του.

Σε κάποιες περιπτώσεις μόλυνσης, ο ιός μπορεί να βρίσκεται σε λανθάνουσα κατάσταση, με αποτέλεσμα το αμπέλι να μην παρουσιάζει κάποια εμφανή συμπτωματολογία του παθογόνου. Η χρήση και εγκατάσταση μολυσμένων μοσχευμάτων και υποκειμένων αποτελεί έναν από τους κύριους τρόπους εισαγωγής του παθογόνου στην καλλιέργεια. Επιπρόσθετα, η μόλυνση μπορεί να γίνει μέσω εντομολογικών εχθρών ή νηματωδών. Η είσοδος του παθογόνου, μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ποιότητα και στην ευημερία της ίδιας της καλλιέργειας. Οι ιογενείς ασθένειες μπορούν να εισέλθουν σε έναν αμπελώνα με τη φύτευση μολυσμένων μοσχευμάτων και υποκειμένων. Ανάλογα με τον συγκεκριμένο ιό, μπορεί στη συνέχεια να εξαπλωθεί σε άλλα φυτά του αμπελώνα μέσω ζουφίων ή μικροσκοπικών σκουληκιών που ζουν στα φυτά. Μόλις ένα φυτό μολυνθεί, ο ιός δύναται να εξαπλωθεί σε ολόκληρη την έκταση του. Μόλις αρρωστήσει, η μόλυνση προκαλεί χρόνια εξασθένηση και μπορεί να επιμείνει σε όλη την υπόλοιπη ζωή του αμπελιού (Wilcox, et al., 2015).

Αρχικά, είναι αναγκαία η απολύμανση των εργαλείων κλαδέματος με διάλυμα χλωρίνης και η γενικότερη υγιεινή όχι μόνο του αμπελώνα αλλά και του προσωπικού και των εγκαταστάσεων που σχετίζονται με το αμπέλι. Τα μολυσμένα φυτά οφείλονται να

αφαιρούνται και να απορρίπτονται. Τα υπολείμματα που προκύπτουν από καλλιεργητικές τεχνικές, όπως το κλάδεμα, μπορεί να λειτουργήσουν ως εστίες επιμόλυνσης, με τις κατάλληλες συνθήκες, αυξάνοντας τον κίνδυνο για μείωση της παραγωγής. Για τον μετριασμό του κινδύνου, τα υπολείμματα συλλέγονται, απομακρύνονται και καίγονται (OKSAL, et al., 2018). Η κατεργασία του εδάφους την άνοιξη αποτελεί σημαντική καλλιεργητική διεργασία καθώς οδηγεί στην καταστροφή και στην ταφή μολυσμάτων. Επιπρόσθετα, η κατεργασία του εδάφους επικουρεί στη μείωση των παθογόνων, που μπορεί να υπάρχουν στα ζιζάνια ή σε υπολείμματα καλλιεργειών και συνεπώς να μειώσει τον κίνδυνο εμφάνισης ασθενειών. Πριν από την αναφύτευση με ευαίσθητες ποικιλίες-ξενιστές, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί μια δοκιμή εδάφους για τον προσδιορισμό της παρουσίας παθογόνων νηματωδών φυτών (που είναι πιθανόν να φιλοξενούν και να μεταδίδουν τον ιό). Εάν βρεθούν νηματώδεις μπορούν να απομακρυνθούν βιολογικά, καλλιεργητικά ή χημικά. Διεργασίες όπως το κλάδεμα, το αραίωμα, που διευκολύνουν την κυκλοφορία του αέρα, η οποία προάγει την απομάκρυνση της υγρασίας και την αυξημένη διείσδυση μυκητοκτόνων. Συνιστάται επίσης η συστηματική επιθεώρηση των αμπελώνων καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Με τον τρόπο αυτό δίνεται η δυνατότητα εντοπισμού της εμφάνισης και της ανάπτυξης ασθενειών (OKSAL, et al., 2018).

Γενικότερα ο μολυσματικός εκφυλισμός, ιδίως σε προχωρημένο στάδιο, διαπιστώνεται μάλλον εύκολα στον αμπελώνα. Παρόλα αυτά, σε περίπτωση που είναι δύσκολη η ανίχνευση του υφίστανται οι μέθοδοι ELISA και RTPCR δίνουν μια πιο ακριβέστερη απάντηση. Ουσιώδες μέτρο είναι η χρήση πιστοποιημένου πολλαπλασιαστικού υλικού. Στις περιπτώσεις γενικευμένης μόλυνσης ορισμένων ποικιλιών έρχεται αρωγός η διαδικασία της εξυγίανσης με την εφαρμογή μεθοδολογιών θερμοθεραπείας, χημειοθεραπείας, *in vitro* πολλαπλασιασμού μεριστωματικών κορυφών και μικροεμβολιασμού – τεχνικές εξυγίανσης που εφαρμόζονται και για τα άλλα εκφυλιστικά παθογόνα. Για παράδειγμα, στη Βόρεια Ιταλία, παρατηρήθηκε μια θετική αντίδραση ανάμεσα δύο κλώνων Gewürztraminer που είχαν υποστεί θερμική επεξεργασία με μολυσμένα αμπέλια με GLFV. Η εξάλειψη του είχε ως αποτέλεσμα μακρύτερους βλαστούς, μεγαλύτερα φύλλα και αυξημένη γονιμότητα οφθαλμών (14,7%), απόδοση (50%), βάρος τσαμπιού (35,6%) και βάρος ραγών (11%). Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του γλεύκους δεν άλλαξαν καθόλου (Malossini et al. 2006).

Αντιθέτως, η ασθένεια της συστροφής των φύλλων παρουσιάζει ορισμένα προβλήματα, ακόμη και στην περίπτωση της δημιουργίας πιστοποιημένου πολλαπλασιαστικού υλικού. Οι αμπελοϊοί GLRaV-1, GLRaV-3 και GLRaV-4 μεταδίδονται από μέλη των *Coccidae* (κοκκοειδή), *Pseudococcidae* (ψευδοκοκκοειδή) και αλευρώδεις (Herrbach et al. 2013; Naidu

et al. 2014; Wistrom et al.2016), για το GLRaV-2 ή το GLRaV-7 δεν υπάρχουν γνωστοί φορείς. Ο βιολογικός έλεγχος, εκτός του ότι παραμένει μια χρονοβόρα διαδικασία, δεν είναι εξειδικευμένος (δεν δίνει καμιά πληροφορία για τον αριθμό και το είδος του ιού, αλλά μπορεί μόνο να κάνει διάκριση μεταξύ υγιούς και μολυσμένου), και εμφανίστηκε μάλλον αναξιόπιστος σε σύγκριση με τις ορολογικές και μοριακές τεχνικές ανίχνευσης. Επιπλέον, η ανομοιόμορφη κατανομή των ιών *Closteroviridae* της αμπέλου, τόσο στους πώδεις βλαστούς κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου όσο και στις κληματίδες του χειμώνα, δεν διευκολύνει την ανίχνευσή τους. Η *in vitro* καλλιέργεια μεριστωμάτων ή βλαστικών κορυφών σε συνδυασμό με τη θερμοθεραπεία επιτρέπει την εξυγίανση του μητρικού υλικού από ιούς *Closteroviridae* της αμπέλου. Ο περιορισμός των αρνητικών επιπτώσεων της ασθένειας «καρούλιασμα των φύλλων» στους υγιείς αμπελώνες επικεντρώνεται στην αποφυγή της διείσδυσης και διάδοσης της ασθένειας από τα έντομα φορείς με διαρκή επιμελή επισήμανση πρεμνών που εκδηλώνουν συμπτώματα της ασθένειας και τα οποία άμεσα εκριζώνονται και καταστρέφονται. Τέλος, στη περίπτωση της βοθρίωσης του ξύλου η καλύτερη αντιμετώπιση γίνεται μέσω τα θερμοθεραπείας και χημειοθεραπείας ή και συνδυαστικά. Ο πιο ανθεκτικός στις διαδικασίες εξάλειψης είναι ο GRSPaV και ακολουθεί ο GVA.

6.1 Επιδημιολογία

Ως επιδημιολογία, ορίζεται η μελέτη της κατανομής και της εξέλιξης διαφόρων νοσημάτων και των παραγόντων που τις διαμορφώνουν ή τις επηρεάζουν. Έτσι γίνεται κατανοητό πως οι πολλαπλοί συσχετισμοί ιού-φορέα της νόσου του φύλλου κάνουν πολύπλοκη την επιδημιολογία της. Οι διαφορές στις αλληλεπιδράσεις ιού-φορέα είναι πιθανόν να αλλάξουν την επιδημιολογία της νόσου. Όσον αφορά τους φορείς, αυτό μπορεί να περιλαμβάνει διαφορές στο ιστορικό ζωής, εποχιακή ανάπτυξη και κλιματικές προτιμήσεις, προσαρμογές γονιμότητας και διασποράς, μεταβλητότητα συμπεριφοράς, εύρος ξενιστών φυτού, αποτελεσματικότητα μετάδοσης του ιού κ.λπ. Αυτές οι διαφορές μπορεί να οδηγήσουν σε μια μοναδική επιδημιολογία και εξάπλωση της νόσου σε ένα συγκεκριμένο μέρος, και ως εκ τούτου απαιτούν συγκεκριμένες στρατηγικές διαχείρισης του ιού. Για παράδειγμα, ο *Pseudococcus calceolariae* έχει μια υπόγεια φάση στον εποχιακό τους κύκλο (Walton and Pringle 2004; Bell et al. 2009). Δηλαδή, αυτοί οι φορείς μπορούν να τραφούν και να αποκτήσουν τον ιό από λανθάνουσες υπολειμματικές ρίζες από έναν προηγούμενο μολυσμένο αμπελώνα και να μεταδώσουν τον ιό σε έναν νέο αμπελώνα στην ίδια τοποθεσία (Pietersen 2006; Bell et al. 2009). Για άλλα είδη αλευρωδών που δεν έχουν υπόγεια φάση,

αυτή η εξάπλωση του ιού δεν μπορεί να συμβεί. Ως δεύτερο παράδειγμα, οι Gangl et al. (2011), μελετώντας μεγάλο αριθμό αμπελώνων στην Αυστρία, παρατήρησαν πως ο GLRaV-1 είχε ομοιόμορφη κατανομή στα μολυσμένα φυτά, ενώ ο GLRaV-3 ήταν διασκορπισμένος, παρόλο που είχαν το ίδιο εύρος φορέων, τονίζοντας μια εγγενής διαφορά στην επιδημιολογία αυτών των δύο ιών. Αυτό το παράδειγμα έχει εμφανιστεί σε αρκετές μελέτες και έτσι έχει παρουσιαστεί ένα τυχαίο μοτίβο νοσημάτων. Αυτό το μοτίβο αποδόθηκε στη φύτευση πολλαπλασιαστικού υλικού, τουλάχιστον μερικά από τα οποία ήταν μολυσμένα. Ωστόσο, δεν ευθύνεται μόνο το μολυσμένο πολλαπλασιαστικό υλικό σε αυτό το μοτίβο αλλά και η πρωτογενής εξάπλωση ενός ιού. Ακόμα, όταν νέοι αμπελώνες εγκαθίστανται στον ίδιο χώρο με έναν αντικατασταθέντα αμπελώνα με υψηλή μόλυνση λόγω της επαφής του αλευρώδους με φυτά που έρχονται στο νέο αμπελώνα και επίσης από λανθάνουσες υπολειμματικές ρίζες που έχουν μείνει πίσω στην περίπτωση φορέων με υπόγειο κύκλο ζωής είναι άλλοι δύο λόγοι απόδοσης εμφάνισης τυχαίων μολυσμένων μοτίβων.

6.2 Μέτρα διαχείρισης

Ορισμένα προληπτικά μέτρα που θα βοηθούσαν θεωρούνται οι κανονισμοί εισαγωγής, η καραντίνα και ο τοπικός περιορισμός της κυκλοφορίας του μολυσμένου φυτικού υλικού. Με επιτυχία στέφθηκε και η επιλογή και η αναπαραγωγή για αντοχή είτε στον ιό είτε στον φορέα, περιλαμβάνοντας τα εξής στάδια. Αρχικά, μια προσπάθεια πρόληψης της πρωτογενούς εξάπλωσης του ιού από μολυσμένο φυτευτικό υλικό, κατόπιν πρόληψη της πρωτογενούς εξάπλωσης από άλλους μολυσμένους αμπελώνες και τέλος πρόληψη της δευτερογενούς εξάπλωσης της νόσου.

Είναι προφανές πως θα πρέπει να χρησιμοποιείται υγιές πολλαπλασιαστικό υλικό καθώς αποτελεί σοβαρή πηγή μετάδοσης ιών. Η χρήση μέτρων ελέγχου του φυτικού υλικού και εξυγίανσης (θερμοθεραπεία, χημειοθεραπεία) διασφαλίζει την διάθεση υγιών φυτών, απαλλαγμένων από ιούς. Η εφαρμογή επιπλέον μέτρων προφύλαξης, όπως η εγκατάσταση αμπελώνων σε περιοχές χωρίς προηγούμενη μόλυνση, η εφαρμογή εντομοκτόνων και νηματοδοκτόνων σκευασμάτων, η απομάκρυνση αμπελιών με ιολογική μόλυνση μαζί με το ριζικό τους σύστημα, είναι κάποιες από τις επιπλέον στρατηγικές διαχείρισης. Συνδυαζόμενες, οι μέθοδοι αυτοί μπορούν να αποτελέσουν ένα ισχυρό τείχος προστασίας απέναντι στην εμφάνισηλώσεων. Σε διαφορετική περίπτωση, η ασυνέχεια στην εφαρμογή των προληπτικών μέσων, μπορεί να καταστήσει τη στρατηγική διαχείρισης μη αποτελεσματική. Λόγω του σοβαρού οικονομικού κόστους που μπορεί να έχει η μόλυνση και

η εξάπλωση μίας ιογενούς νόσου, η ανάπτυξη ποικιλιών με ανθεκτικότητα στους ιούς, αποτελεί κύρια ανάγκη (Meng, et al., 2017).

Η ολοκληρωμένη προσέγγιση διαχείρισης για ιογενείς λοιμώξεις περιλαμβάνει επίσης τον έλεγχο πιθανών φορέων ιών, όπως είναι τα έντομα και τα παράσιτα. Σε ιστορικό και πρακτικό επίπεδο, η διάγνωση γίνεται μακροσκοπικά, δια του γυμνού οφθαλμού. Πρόκειται για μία μέθοδο, που δεν έχει οικονομικές απαιτήσεις, ούτε είναι απαραίτητη η χρήση εξοπλισμού, αλλά βασίζεται στην εμπειρία του παρατηρητή και στην συμπτωματολογία. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι αυθαίρετα και τα συμπτώματά μερικές φορές είναι δύσκολο να ανιχνευθούν δύσκολη λόγω του κρυπτικού τρόπου ζωής τους. Οι πιο αποτελεσματικοί μέθοδοι, για τον έλεγχο των φορέων, είναι ο χημικός και ο βιολογικός έλεγχος. Ακόμη, η ανάπτυξη και η χρήση φυτών με ανθεκτικότητα, μπορούν να αποτελέσουν προληπτική μέθοδο, έναντι των μολύνσεων. Για παράδειγμα, λόγω της ανοχής τους στους νηματώδεις, οι ποικιλίες ή τα ριζώματα που αναπτύχθηκαν από *Vitis labrusca* και *Vitis riparia* είναι ανθεκτικά στους νεποϊούς (Zerdeven et al, 2018). Ένας επιπλέον ανοσολογικός τρόπος για τον εντοπισμό των αντιγόνων, είναι η χρήση ανοσοδοκιμών, των οποίων η λειτουργία τους βασίζεται στη σύνδεση του ιικού σωματιδίου με ειδικά αντισώματα. Οι ιοί μπορούν να αναγνωριστούν από διαγνωστικά εργαστήρια φυτικών ασθενειών χρησιμοποιώντας είτε ορολογική (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay, ELISA) είτε μοριακή (συμβατική ή αντίστροφη μεταγραφή αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης, RT-PCR). Η προετοιμασία και η αποστολή των κατάλληλων δειγμάτων στο εργαστήριο σε άριστη κατάσταση είναι ζωτικής σημασίας για την ακρίβεια και την εγκυρότητα των δοκιμών. Τέλος, οι παγίδες φερομόνης χρησιμοποιούνται συχνά για τον προσδιορισμό της παρουσίας ή απουσίας ειδών αλευροδών στους αμπελώνες (Almeida et al. 2013).

Επίσης, καλό θα ήταν να γίνονται και χωροχρονικές μελέτες ασθενειών που προκαλούνται από φυτικούς ιούς, καθώς παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες για χρήση στη διαχείριση της νόσου. Αυτά περιλαμβάνουν τον προσδιορισμό των πηγών και της κατεύθυνσης του ιικού εμβολίου, την πίεση μόλυνσης, τον τύπο διασποράς (εναέρια, εδαφολογικά, αιολικά, γεωργικά εργαλεία), τις αποστάσεις και τον ρυθμό διασποράς των φορέων (ιπτάμενοι φορείς κ.λπ.).

6.3 Πρωτογενής και δευτερογενής εξάπλωση σε φυτικό υλικό

Η δημιουργία νέων αμπελώνων με πιστοποιημένο φυτευτικό υλικό που έχει ελεγχθεί για πιθανές μολύνσεις από ιούς αποτελεί ουσιαστικό συστατικό του ελέγχου του φυλλώματος. Τα πρόσφατα φυτεμένα αμπέλια μπορούν να αντιμετωπιστούν με ένα συστηματικό εντομοκτόνο λίγο μετά τη φύτευση, να παρακολουθούνται οπτικά για συμπτώματα φυλλώματος (σε κόκκινες ποικιλίες) ή να ελεγχθούν για GLRaV-1, GLRaV-2 και GLRaV-3 (με ELISA ή PCR) στην περίπτωση ασυμπτωματικών λευκών ποικιλιών, με όλα τα μολυσμένα αμπέλια να έχουν αφαιρεθεί (κατεστραμμένα) (Pietersen et al. 2013). Έτσι προστατεύεται το αμπέλι από τον αποικισμό, τη σίτιση ή τη διασπορά των αλευροδών κατά τη διάρκεια της λανθάνουσας φάσης της μόλυνσης από τον ιό και αποτρέπεται να χρησιμεύεται ως πηγή από την οποία μπορεί να εμφανιστεί δευτερογενής μόλυνση.

Η δευτερογενής εξάπλωση είναι το αποτέλεσμα της ύπαρξης μιας αρχικής μολυσμένης αμπέλου σε μια συγκεκριμένη θέση στον αμπελώνα. Στη συνέχεια, τα έντομα επηρεάζουν τη μετάδοση του ιού από αμπέλι σε αμπέλι σε σχετικά μικρές αποστάσεις ή σε μεγαλύτερες αποστάσεις μέσα στον αμπελώνα.

6.4 Χημικός Έλεγχος

Η χημική καταπολέμηση, είναι η πιο γνωστή μέθοδος καταπολέμησης. Οι παράγοντες που καθορίζουν την αποτελεσματικότητα των χημικών επεμβάσεων διακρίνονται σε αυτούς που αφορούν το έντομο και σε αυτούς που αφορούν το εντομοκτόνο. Οι πρώτοι συνδέονται με τη δραστηριότητα του εντόμου, τη δυναμική των πληθυσμών, τα χαρακτηριστικά των ποικιλιών του ξενιστή και κίνδυνο δευτερογενών προσβολών, ενώ οι δεύτεροι αναφέρονται στο σκεύασμα, τον τρόπο και τα μέσα εφαρμογής. Τα εντομοκτόνα που έχουν ειδική δράση στα αλευρώδη έντομα κατηγοριοποιούνται ως επαφής ή διασυστηματικά. Τα διασυστηματικά διεισδύουν γρήγορα μέσα στο φυτό, ενώ τα επαφής εισέρχονται μέσα στο έντομο μέσω επαφής με την επιφάνειά τους. Μάλιστα, η διαχείριση της αντοχής στα εντομοκτόνα είναι πιο αποτελεσματική όταν η χρήση των δραστικών ουσιών των εντομοκτόνων εναλλάσσονται ούτως ώστε να μην αποκτηθεί ανθεκτικότητα από το έντομο (Brück et al. 2009).

Ανάλογα με το σκοπό που επιδιώκεται, η στρατηγική καταπολέμησης διακρίνεται σε προληπτική, μικτή ή θεραπευτική. Με βάση τα παραπάνω, επιλέγεται η στρατηγική καταπολέμησης που θα εξασφαλίσει την επιθυμητή προστασία της παραγωγής. Οι τρόποι και τα μέσα εφαρμογής, επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την αποτελεσματικότητα της χημικής επέμβασης. Καλό θα ήταν να γίνεται μια ελαφριά αποφύλλωση που θα αποκαλύπτει τα

σταφύλια και θα εξασφαλίζει την άμεση έκθεσή τους στο εντομοκτόνο. Γενικά, η εφαρμογή οφείλει να είναι αμφίπλευρη σε κάθε σειρά, τα ακροφύσια κατάλληλα ρυθμισμένα και η ποσότητα του ψεκαζόμενου υγρού ή της σκόνης επαρκής για την προστασία όλων των σταφυλιών.

6.5 Βιολογικός Έλεγχος

Ο βιολογικός έλεγχος έχει ένα σημαντικό θετικό και αυτό είναι η εξειδικευμένη δράση του. Είναι λιγότερο επικίνδυνος για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα μικροβιακά εντομοκτόνα, τα εντομοκτόνα ειδικής βιολογικής δράσης, οι φερομόνες φύλου και τα παράσιτα. Πιο συγκεκριμένα, το *Bacillus thuringiensis* (Bt) είναι ένα gram-θετικό βακτήριο που κατοικεί στο έδαφος, το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο βιολογικό φυτοφάρμακο παγκοσμίως. Η αποτελεσματικότητά του μπορεί να φθάσει στο 98%. Στη συνέχεια, η χρήση των ρυθμιστών ανάπτυξης βασίζεται στην ιδέα της αντιμετώπισης των εντόμων εχθρών με ορμόνες νεότητας που παράγουν τα ίδια τα έντομα. Πλεονέκτημα της χρήσης τους είναι η εκλεκτική επί των εντόμων δράση τους. Μια ακόμη μέθοδος θεωρείται η διαταραχή ζευγαρώματος όπου σκοπός είναι να εμποδιστούν τα αρσενικά άτομα να εντοπίσουν τα θηλυκά και κατά συνέπεια να μη γίνει σύζευξη, γεγονός που επιτυγχάνεται με τη διασπορά συνθετικής φερομόνης φύλου στην υπό προστασία έκταση. Πρόκειται να διακοπεί ο βιολογικός κύκλος πριν από το επιζήμιο στάδιο. Η διαταραχή ζευγαρώματος λειτουργεί καλύτερα σε χαμηλές πυκνότητες αλευροδών και είναι καλό να χρησιμοποιείται μαζί με εφαρμογές εντομοκτόνων νωρίς την εποχή, όπου οι πληθυσμοί είναι χαμηλοί (Walton et al. 2006).

Τέλος, όπως αποδείχθηκε η διαχείριση της ιογενούς ασθένειας, με την προσθήκη θρεπτικών συστατικών στο έδαφος ή τον ψεκασμό τους στα φύλλα ήταν αναποτελεσματική. Ακόμα κι αν η θεραπεία μπορεί να ανακουφίσει τα συμπτώματα της αμπέλου, δεν εξαλείφει την ιογενή λοίμωξη και τα άρρωστα αμπέλια μπορεί να εξακολουθούν να διαδίδουν τον ιό σε υγιή. Δεν υπάρχει καμία απόδειξη ότι αυτή η θεραπεία μπορεί να αναιρέσει τα αποτελέσματα μιας ιογενούς λοίμωξης (Zerdev et al, 2018).

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αμπελοκαλλιέργεια είναι ένας από τους παλαιότερους τομείς της γεωργίας και έχει μεγάλη οικονομική, πολιτιστική και κοινωνική αξία σε παγκόσμιο επίπεδο. Στις μέρες μας, υπάρχουν παραπάνω από 70 ιοί που επηρεάζουν τα σταφύλια και η έρευνα έχει επικεντρωθεί σε μοριακές μεθόδους για την ανίχνευση του ιού, την κατανόηση της φύσης της αντίστασης, την διασαφήνιση του ιικού γονιδιώματος και τον χαρακτηρισμό του ιικού παράγοντα. Η επιτυχής καλλιέργεια αμπέλου απαιτεί υγιή φυτά και τη διαχείριση των παθογόνων, όπως ιοί και ιοειδή, που μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές απώλειες στην ποιότητα και την παραγωγή. Μέσα από τη συστηματική βιβλιογραφική αναζήτηση μελετήθηκε η παρουσία ιών και ιοειδών, με οικονομικό ενδιαφέρον και η εξάπλωση τους σε αμπελοκαλλιέργειες όλου του κόσμου. Ο μολυσματικός εκφυλισμός, η συστροφή των φύλλων, η βοθρίωση του ξύλου και η κηλίδωση των φύλλων θεωρούνται οι κυριότερες ασθένειες που προκαλούνται από τους αντίστοιχους ιούς που αναφέρθηκαν διεξοδικά στη παρούσα πτυχιακή και κρίνεται αναγκαίο να περιορίζονται σε άμεσο χρόνο.

Η επιδημιολογία των ιών και ιοειδών της αμπέλου περιλαμβάνει τη μελέτη της εξάπλωσης, της πυκνότητας και των παραγόντων που ευνοούν την επιβίωση και τη μετάδοση των παθογόνων. Τα κύρια μέσα μετάδοσης των ιών της αμπέλου είναι οι εντομομεταφερόμενες λοιμώξεις, η μεταφύτευση μολυσμένων φυτών και η μηχανική μετάδοση κατά τη διάρκεια των καλλιεργητικών εργασιών. Η ανάπτυξη και η εργαλειοποίηση μεθόδων για τον ακριβή εντοπισμό των παθογόνων σε δείγματα, αποτέλεσε χρήσιμο εργαλείο για τη μελέτη των ιών και την καλύτερη κατανόηση των τρόπων εξάπλωσης τους. Παράλληλα η μελέτη των φυλλογενετικών σχέσεων και της παραλλακτικότητας των απομονώσεων, βοηθάει στην καλύτερη κατανόηση των ιών που πλήττουν την αμπελοκαλλιέργεια και στην ανάπτυξη εργαλείων για τον εντοπισμό και τον περιορισμό της εξάπλωσης τους. Η κατανόηση των μεθόδων εξάπλωσης τους, θα ενισχύσει περαιτέρω και θα βελτιώσει τις στρατηγικές περιορισμού των μολυσμάτων, ενώ θα περιοριστεί το οικονομικό αντίκτυπο στην παραγωγή. Η χρήση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού αποτελεί από τα πιο ισχυρά αποτρεπτικά εργαλεία. Η ανάπτυξη μεθόδων ελέγχου του παραγόμενου πολλαπλασιαστικού υλικού και η εφαρμογή μεθόδων εξυγίανσης, μπορεί να διασφαλίσουν την εγκατάσταση και την ανάπτυξη υγιών αμπελώνων. Η εφαρμογή ολοκληρωμένων προσεγγίσεων για τη διαχείριση των ιών και ιοειδών, όπως είναι η χρήση ανθεκτικών ποικιλιών και η έγκαιρη αντιμετώπιση των εντομολογικών φορέων, αποτελούν σημαντικά εργαλεία για την αποτροπή της εμφάνισης και της εξάπλωσης σε ήδη

εγκαταστημένα και υγιή αμπέλια.

Η αμπελοκαλλιέργεια είναι μία από τις οικονομικά σημαντικότερες καλλιέργειες , η οποία όμως μπορεί να προσβληθεί από σημαντικό αριθμό ιών. Η μόλυνση των φυτών από τα παθογόνα μπορεί να επιφέρει επιπτώσεις στην ανάπτυξη, την ποιότητα της καλλιέργειας, ενώ επίσης μπορεί αν έχει σοβαρό οικονομικό αντίκτυπο. Η μολυσματικότητα των ιών μελετάται ακόμη, ενώ επίσης διεξάγονται έρευνες για τη φυλογενετική ανάλυση ιών που εντοπίζονται, και τους μηχανισμούς εξάπλωσης τους. Οι περισσότεροι, από τους πιο διαδεδομένους ιούς, εξετάζονται στο πλαίσιο της πιστοποίησης της υγείας του πολλαπλασιαστικού υλικού, καθώς μπορούν να προκαλέσουν συστηματικές μολύνσεις στους αμπελώνες, επιφέροντας μείωση στην απόδοση της καλλιέργειας. Ιδιαίτερη επίσης σημασία, έχουν οι ιοί που είναι ασυμπτωματικοί και δεν επηρεάζουν έντονα την απόδοση. Ο εντοπισμός τους είναι σημαντικός για το στάδιο του εμβολιασμού, καθώς η χρήση μολυσμένου υποκειμένου θα μπορούσε να έχει αρνητικές συνέπειες για την πορεία του φυτού, ενώ δεν αποκλείεται η αλληλεπίδραση με άλλους ιούς. Εν κατακλείδι, ο έλεγχος της εξάπλωσης των ιών στους αμπελώνες οφείλει να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας μια ολοκληρωμένη στρατηγική ελέγχου.

8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alabi, O.J., L.R. Gutha, L.F. Casassa, J. Harbertson, M. Mirales, C.W. Beaver, and R.A. Naidu. 2012a. Impacts of grapevine leafroll disease on own-rooted wine grape cultivar in cool climate viticulture. In Proceedings 17th ICVG meeting, Davis, CA, USA, 2012, 170–171.
- Alley, C.J., A.C. Goheen, H.P. Olmo, and A.T. Koyama. 1963. The effect of virus infections on vines, fruit, and wines of Ruby Cabernet. *American Journal of Enology and Viticulture* 14: 164–170.
- Almeida, R.P.P., K. Daane, V. Bell, K. Blaisdell, M. Cooper, E. Herrbach, and G. Pietersen. 2013. Ecology and management of grapevine leafroll disease. *Frontiers in Microbiology* 4: 94. doi:10.3389/fmicb.2013.00094.
- Al Rwahnih, M., M.R. Sudarshana, J.K. Uyemoto, and A. Rowhani. 2012. Complete genome of a novel vitivirus isolated from grapevine. *Journal of Virology* 86: 9545.
- Anonymous. 1985. A virus with grape benefits. *Australian Grapegrower and Winemaker* (258):22.
- Andret-Link, P., C. Laporte, L. Valat, V. Laval, C. Ritzenthaler, G. Demangeat, E. Vigne, P. Pfeiffer, C. Stussi-Garaud, and M. Fuchs. 2004. Grapevine fanleaf virus: Still a major threat to the grapevine industry. *Journal of Plant Pathology* 86: 183–195.
- Arnaud, G. 1937. Les maladies à virus des plantes. VI. Maladies à virus de la vigne et court-noué. *Progrès Agricole et Viticole* 58 (113): 138–141.
- Arnaud, G., and M. Arnaud. 1931. *Traite de Pathologie Vegetale. Court-noué et Roncet*, Tome 1, vol. 1, 903 pp. Paris: Paul Lechevalier et Fils.
- Arnold, C., Bachmann, O. & Schnitzler, A., 2017. Insights into the Vitis complex in the Danube floodplain (Austria). *Ecology and Evolution Volume 7*, pp. 1507-1523.
- Auger, J., E. Aballay, E.M. Pinto, and C. Pastenes. 1992. Efecto del virus de la hoja en abanico (VHA) en el desarrollo y productividad de plantas de vid cv. Thompson seedless [Effect of grapevine fanleaf virus on the growth and productivity of grapevine plants cv. Thompson seed-less]. *Fitopatologia* 27: 85–89.
- Babini, A.R., R. Credi, L. Giunchedi, and A. Canova. 1981. Effetto di infezioni virali su alcuni portainnesti della vite [Effect of virus infections on some grapevine rootstocks]. In Proceedings 3rd international symposium on the clonal selection of grapevine, Venice, Italy, 1981, 310–318.
- Basso, M. F., Fajardo, T. V. M. & Saldarelli, P., 2017. Grapevine virus diseases: economic impact and current advances in viral prospection and management. *Revista Brasileira de Fruticultura* 39 (1).

- Becker, A., J. Jäger, and B. Altmayer. 1987. Association of Arabis mosaic virus-infected rootstocks with the dieback of the *Vitis vinifera* cv. “Kerner” in Germany. In Proceedings 9th ICVG meet-ing, Kiryat Anavim, Israel, 57–61.
- Bell, V.A., R.G.E. Bonfiglioli, J.T.S. Walker, P.L. Lo, J.F. Mackay, and S.E. McGregor. 2009. Grapevine leafroll-associated virus 3 persistence in *Vitis vinifera* remnant roots. *Journal of Plant Pathology* 91: 527–533.
- Borgo, M., E. Angelini, and R. Flamini. 2003. Effects of grapevine leafroll associated 3 on main characteristics of three vineyards. *L’Enologo* 3: 99–110.
- Boubals, D., C. Caillaud, and R. Pistre. 1964. La lutte contre le court-noué de la vigne. Note sur les techniques de sélection sanitaire permettant l’obtention de bois et plants de vigne exempts de dégénérescence infectieuse. [Control of grapevine fanleaf. Note on the methods of sanitary selection for obtaining grapevine plants free of fanleaf]. *Progrès Agricole et Viticole* 81e ann., 217–221–250–261.
- Bouby, et al, 2013. Bioarchaeological Insights into the Process of Domestication of Grapevine (*Vitis vinifera* L.) during Roman Times in Southern France. *PLOS ONE*.
- Bouby, et al, 2020. *Investigating the grape varieties cultivated by the Romans in Southern Gaul through geometric morphometrics and palaeogenomics*. s.l., s.n., pp. 443-55.
- Bovey, R. 1958. État actuel des connaissances sur les maladies à virus de la vigne. *Vitis* 1: 237–256.
- Bovey, R. 1970. Importance économique des viroses de la vigne [Economic importance of grape-vine virus diseases]. *Bulletin de l’OIV* 43: 124–138.
- Branas, J., G. Bernon, and L. Levadoux. 1937. Sur les circonstances qui favorisent le développement du court-noué. *Progrès Agricole et Viticole* 58: 161–165.
- Brück, E., A. Elbert, R. Fischer, S. Krueger, J. Kühnhold, A.M. Klueken, R. Nauen, J.-F. Niebes, U. Reckmann, H.-J. Schnorbach, R. Steffens, and X. van Waetermeulen. 2009. Movento®, an innovative ambimobile insecticide for sucking insect pest control in agriculture: Biological profile and field performance. *Crop Protection* 28: 838–844.
- Butler, O. 1905. Observations on some vine diseases in Sonoma County, California. California University Agricultural Experiment Station, Bulletin No. 168, 29 pp.
- Cadman, C.H., H.F. Dias, and B.D. Harrison. 1960. Sap-transmissible viruses associated with diseases of grape vines in Europe and North America. *Nature (London)* 187: 577–579.
- Cazalis-Allut, L.C. 1865. De la dégénération des vignes. *Ouvres Agricoles*: 57–61.
- Cholin, J.J. 1896. Beobachtungen über die “Reisigkrankheit” der Reben an Ahr. Mitteilung über Weinbau und Kellerwirtschaft 8: 63–64.

- Conti, M., R.G. Milne, E. Luisoni, and G. Boccardo. 1980. A closterovirus from a stem pitting-- diseased grapevine. *Phytopathology* 70: 394–399.
- Credi, R., and A.R. Babini. 1997. Effects of virus and virus-like infection on growth, yield, and fruit quality of Albana and Trebbiano romagnolo grapes. *American Journal of Enology and Viticulture* 48: 7–12.
- Digiario, M., D. Boscia, V. Simeone, and V. Savino. 1997. Detrimental effects of filamentous viruses to table grape varieties newly introduced in southern Italy. In *Extended abstracts 12th ICVG meeting, Lisbon, Portugal, 1997*, 169–170.
- Digiario, M., N. Fiore, L. Tarricone, S. Prodan, and T. Elbeaino. 2006. Influence of viruses on the performance and quality of cv. Crimson seedless. In *Extended abstracts 15th ICVG meeting, Stellenbosch, South Africa, 2006*, 186–188.
- Engelbrecht, D.J. 1973. Effect of stem-grooving on yield of young “Queen of the Vineyard” table grapes (*Vitis vinifera* L.) grafted on tolerant rootstock. *Rivista di Patologia Vegetale, Ser IV* 9: 235–242.
- Engelbrecht, D.J. 1976. Nature and effect of the breakdown in tolerance of Jacquez rootstock to grapevine stem-grooving in grafted *Vitis vinifera* L. CV. Queen of the Vineyard vines. In *Proceedings 6th ICVG meeting, Cordoba, Spain, Monografias INIA 1979*, 18: 171–178.
- EPPO Global Database, 2023. *Grapevine red blotch virus (GRBAV0)*.
- Fabre, E. 1853. Les maladies regnantes de la vigne. *Bulletin Societie Centrale Agricole Herault* 40: 11–75.
- Frison, E.A. and Ikin, R. (eds.). 1991. *FAO/IBPGR Technical Guidelines for the Safe Movement of Grapevine Germplasm*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome/International Board for Plant Genetic Resources, Rome.
- Fuchs, M., 2020. Grapevine viruses: a multitude of diverse species with simple but overall poorly adopted management solutions in the vineyard. *Journal of Plant Pathology* 102, p. 643–653 (2020).
- Galet, P. 2000. *General Viticulture*. (J. Towey, translator). Collection Avenir Oenologie. Oenoplurimedia, Chaintré, France.
- Gambino, G., D. Cuzzo, M. Fasoli, C. Pagliarani, M. Vitali, P. Boccacci, M. Pezzotti, and F. Mannini. 2012. Co-evolution between Grapevine rupestris stem pitting-associated virus and *Vitis vinifera* L. leads to decreased defence responses and increased transcription of genes related to photosynthesis. *Journal of Experimental Botany* 63: 5319–5333.
- Gay, G., F. Mannini, L. Giunchedi, R. Credi, and V. Gerbi. 1981. Relazioni fra attitudini agro-nomiche ed enologiche e condizioni sanitarie rilevate nelle prime fasi della

- selezione clonale della vite [Correlation between agronomical and enological aptitudes and the sanitary status of grapevine detected in the early steps of clonal selection]. In Proceedings 3rd International symposium on clonal selection in Vines, Venice, Italy, 1981, 392–396.
- Goheen, A.C., F.N. Harmon, and J.H. Weinberger. 1958. Leafroll (White Emperor Disease) of grapes in California. *Phytopathology* 48: 51–54.
- Gangl, H., G. Leitner, C. Hack, A. Tiefenbrunner, M. Tiefenbrunner, and W. Tiefenbrunner. 2011. Comparison of virus infection patterns in Austrian vineyards with simulated ones and some conclusions about transmission. *Mitteilungen Klosterneuburg* 61: 11–22.
- Garau, R., M. Cugusi, M. Dore, and U. Prota. 1985. Investigations on the yields of “Monica” and “Italia” vines affected by legno riccio (stem pitting). *Phytopathologia Mediterranea* 24: 64–67.
- Garau, R., P.P. Fiori, V.A. Prota, G. Tolu, M. Fiori, and U. Prota. 1997. Effect of virus infection on own-rooted clones of different wine grape cultivars from Sardinia. In Extended abstracts 12th ICVG meeting, Lisbon, Portugal, 1997, 171–172.
- Graniti, A., and G.P. Martelli. 1965. Further investigations on legno riccio (rugose wood), a graft-- transmissible stem-pitting of grapevine. In Proceedings international conference on virus and vector on perennial hosts with special reference to vitis, Davis, USA, 168–179.
- Hajizaeh, M., E.M. Torchetti, N.S. Bashir, B. Navarro, H. Doulati-baneh, G.P. Martelli, and F. Di Serio. 2015. Grapevine vein banding in North-West Iran. In Proceedings 18th congress of ICVG, Ankara, Turkey, 86–87.
- Harmon, F.N., and E. Snyder. 1946. Investigations of the occurrence, transmission, spread, and effect of “white” fruit color in the Emperor grape. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 47: 190–194.
- Herrbach, E., J. Le Maguet, and G. Hommay. 2013. Virus transmission by mealybugs and soft scales (Hemiptera, Coccoidea). In *Vector-mediated transmission of plant pathogens*, ed. J.K. Brown, 147–161. St Paul: APS Press.
- Hewitt, W.B. 1951. Virus and virus-like grape diseases. *Wines & Vines* 32: 14–15.
- Hewitt, W.B. 1954. Some virus and virus-like diseases of grapevines. *Bulletin of the Department of Agriculture, State of California XLIII*: 47–64.
- Hewitt, W.B., D.J. Raski, and A.C. Goheen. 1958. Nematode vector of soil-borne fanleaf virus of grapevines. *Phytopathology* 48: 586–595.
- Hewitt, W.B. 1968. Viruses and virus diseases of the grapevine. *Review of Applied Mycology* 47: 433–455.

- Jungmin, L., and R.R. Martin. 2009. Influence of grapevine leafroll associated viruses (GLRaV-2 and -3) on the fruit composition of Oregon *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir: Phenolics. *Food Chemistry* 112: 889–896.
- Kim, H.R., J.D. Chung, K.R. Kim, Y.M. Choi, M.S. Yiem, and J.W. Park. 2003. Effects of grape-vine leafroll-associated virus 3 infection on vine growth and fruit quality in Kyoho grapevines. *Korean Journal of Horticultural Science* 44: 335–339.
- Krake, L.R., and R.C. Woodham. 1983. Grapevine yellow speckle agent implicated in the aetiology of vein banding disease. *Vitis* 22: 40–50.
- Krake, L.R. 1993. Characterization of grapevine leafroll disease by symptomatology. *Australian & New Zealand Wine Industry Journal* 2: 40–44.
- Legorburu, F.J., E. Recio, E. López, J. Baigorri, M. Larreina, A. Remesal, J.F. Cibriáin, L. Caminero, J. Suberviola, and F. Aguirrezábal. 2009. Effect of grapevine fanleaf virus (GFLV) and grapevine leafroll-associated virus 3 (GLRaV-3) on red wine quality. In *Progrès Agricole et Viticole, Horse Série. Extended abstracts 16th ICGV meeting, Dijon, France, 2009*, 251.
- Legin, R. 1972. Expérimentation pour étudier l'effet des principales viroses sur la végétation et la production de la vigne [Experimentation to study the effect of the major virus diseases on veg-etation and production of the vine]. In *Proceedings 4th ICVG meeting, Colmar, France, 1970, Annales de Phytopathologie, 1972, H.S.*, 49–57.
- Lenzi, R., P. Roggero, F. Mannini, and M. Conti. 1993. ELISA detection of viruses in “Moscato bianco” grapevine showing differing cluster morphology. In *Extended abstracts 11th ICVG meeting, Montreaux, Switzerland, 1993*, 66–67.
- Maliogka, V.I., A. Olmos, P.G. Pappi, L. Lotos, K. Efthimiou, G. Grammatikaki, T. Candresse, N.I. Katis, and A.D. Avgelis. 2015. A novel grapevine badnavirus is associated with Roditis leaf discoloration disease. *Virus Research* 203: 47–55.
- Malossini, U., L. Zulini, S. Moser, G. Versini, S. Carlin, G. Nicolini, P.L. Bianchedi, and A.D. Serra. 2006. Agronomical and enological performances of heat-treated vs. GFLV-infected “Gewürztraminer” clones in Trentino (North East Italy). In *Extended abstracts 15th ICVG meeting, Stellenbosch, South Africa, 2006*, 226–227.
- Malossini, U., L. Zulini, A. Vecchione, E. Decarli, P.L. Bianchedi, R. Moscon, and G. Nicolini. 2009b. Effects of GVA elimination on physiological, agronomic and oenological characteristics of a *V. vinifera* Marzemino clone. In *Progrès Agricole et Viticole, Horse Série – Extended abstracts 16th ICVG meeting, Dijon, France, 2009*, 254–255.
- Mannini, F., R. Credi, V. Gerbi, J.L. Minati, N. Argamante, and A. Lisa. 1994. Ruolo delle infezioni virali sul comportamento in campo e sulle attitudini enologiche di cloni delle cultivar Ruchè e Dolcetto. [Role of viral infections on behavior in the field and

- on the oenological attitudes of clones of cultivars Ruchè and Dolcetto]. *Quaderno di Viticoltura ed Enologia, Università di Torino* 18: 55–71.
- Mannini, F., N. Argamante, and R. Credi. 1996. Improvements in quality grapevine ‘Nebbiolo’ clones obtained by sanitation. In *Proceedings workshop ‘Strategies to optimize wine grape quality’*. Conegliano, Italy, 1995, *Acta Horticulture* 427, ISHS 1996, 319–324.
- Mannini, F., V. Gerbi, and R. Credi. 1998. Heat-treated v. virus-infected grapevine clones: Agronomic and enological modifications. In *Proceedings international symposium “The importance of varieties and clones in the production of quality wine”*, Kecskemét, Hungary, 1997. *Acta Horticulture* 473, ISHS 1998, 155–163.
- Mannini, F., N. Argamante, and R. Credi. 1999. Contribution of virus infection to clonal variability of some *Vitis vinifera* L. cultivars. *Bulletin de l’OIV* 72 (817–818): 144–160.
- Mannini, F., N. Argamante, and R. Credi. 2000. Leaf morphological modifications induced by different viruses in clones of *Vitis vinifera* cultivars. *ISHS Acta Horticulture* 528: 765–768.
- Mannini, F., N. Argamante, and S. Guidoni. 2002. Effetto delle virosi della vite sull’accumulo di antociani delle bacche. [Effect of viruses of the grapevine on the accumulation of anthocyanins in the berries]. *Quaderno di Viticoltura ed Enologia, Università di Torino* 26: 43–59.
- Mannini, F., A. Mollo, and R. Credi. 2012. Field performances and wine quality modification in a clone of Dolcetto (*Vitis vinifera* L.) after GLRaV-3 elimination. *American Journal of Enology and Viticulture* 63: 144–147.
- Maree HJ, Almeida RPP, Bester R, Chooi KM, Cohen D, Dolja VV, Fuchs MF, Golino DA, Jooste AEC, Martelli GP, Naidu RA, Rowhani A, Saldarelli P and Burger JT (2013) Grapevine leafroll-associated virus 3. *Front. Microbiol.* 4:82. doi: 10.3389/fmicb.2013.00082
- Martelli, G.P., J. Lehoczky, A. Quacquarelli, and G. Sarospataki. 1967. A disorder resembling “legno riccio” (rugose wood) of grapevine in Hungary. *Phytopathologia Mediterranea* 6: 110–112.
- Martelli, G.P., and G. Piro. 1975. Virus diseases of the grapevine in a Sicilian herbarium of the past century. *Vitis* 13: 329–335.
- Martelli, G.P., D. Boscia, E. Choueiri, M. Digiario, M.A. Castellano, and V. Savino. 1994. Occurrence of filamentous viruses and rugose wood of grapevine in Yemen. *Phytopathologia Mediterranea* 33: 146–151.
- Martelli, G.P., and E. Boudon-Padieu (eds.). 2006. *Directory of infectious diseases of grapevines and viruses and virus-like diseases of the grapevine: Bibliographic report*

- 1998–2004, Options Méditerranéennes: Série B. Etudes et Recherches; no. 55, 280 pp. Bari: CIHEAM.Mondello, V. et al, 2018. Grapevine Trunk Diseases: A Review of Fifteen Years of Trials for Their Control with Chemicals and Biocontrol Agents. *Plant Disease*.
- Martelli, G.P., A.A. Agranovsky, M. Bar-Joseph, D. Boscia, T. Candresse, R.H.A. Coutts, V.V. Dolja, B.W. Falk, D. Gonsalves, W. Jelkmann, A.V. Karasev, A. Minafra, S. Namba, H.J. Vetten, G.C. Wisler, and N. Yoshikawa. 2012. The family Closteroviridae revised. *Archives of Virology* 147: 2039–2043.
- Martelli, G.P. 2014. Directory of virus and virus-like diseases of the grapevine and their agents. *Journal of Plant Pathology* 96 (1S): 1–136.
- Mudge, K., J. Janick, S. Scofield, and E.E. Goldschmidt. 2009. A history of grafting. *Horticultural Reviews* 35: 437–493
- Murant 1983. *The Plant Viruses* 211-228
- Naidu, R., A. Rowhani, M. Fuchs, D. Golino, and G.P. Martelli. 2014. Grapevine leafroll: A complex viral disease affecting a high-value fruit crop. *Plant Disease* 98: 1172–1185.
- Nakaune, R., Inoue, K., Nasu, H. et al. Detection of viruses associated with rugose wood in Japanese grapevines and analysis of genomic variability of Rupestris stem pitting-associated virus . *J Gen Plant Pathol* 74, 156–163 (2008).
<https://doi.org/10.1007/s10327-008-0079-3>
- OKSAL, H. D., AYDIN, S. & SİPAHİOĞLU, H. M., 2018. Survey for Grapevine leafroll viruses (GLRaVs) in Malatya region. *Plant Protection Bulletin*.
- Padilla, V. 1987. Considérations au sujet de la sélection clonale-sanitaire du cv. de raisin de table D. Mariano (Napoléon noir) dans le sud-est de l'Espagne [Considerations on clonal and sani-tary selection of table grape cv. D. Mariano (Napoléon noir) in south-eastern Spain]. *Schw. landw Forschung/La Recherche agronomique en Suisse* 26: 326–327.
- Petri, L. 1929. Sulle cause dell'arricciamento della vite. *Boll. della Regia Stazione di Patologia Vegetale, Roma, N.S.* 9: 101–130.
- Pietersen, G. 2006. Spatio-temporal distribution dynamics of grapevine leafroll disease in Western Cape vineyards. *Proceedings 15th meeting of ICVG, Stellenbosch, South Africa*, 126–127.
- Pietersen, G., N. Spreeth, T. Oosthuizen, A. van Rensburg, D. Lottering, D. Tooth, and N. Rossouw. 2009. A case study of grapevine leafroll spread on Vergelegen wine estate, South Africa, 2002–2008. In *Extended abstracts 16th congress of ICVG, Dijon, France*, 230–231.

- Pietersen, G., N. Spreeth, T. Oosthuizen, A. van Rensburg, M. van Rensburg, D. Lottering, N. Rossouw, and D. Tooth. 2013. Technical brief. Control of grapevine leafroll disease spread at a commercial wine estate in South Africa: A case study. *American Journal of Enology and Viticulture* 64: 296–305.
- Rathay, E. 1882. Die Gabler oder Zwiewipflereben. *Österreiches Botanische Zeitschrift* 32: 316–320.
- Ravaz, L., and G. Verge. 1924. Le rougeau de la vigne. *Progrès Agricole et Viticole* 45: 11–17, 35–38, 86–89, 110–113, 135–141.
- Rüdel M. 1985. Grapevine damage induced by particular virus-vector combinations. In *Proceedings 8th ICVG meeting, Bari, Italy, 1984, Phytopathologia Mediterranea* 1985, 24: 183–185.
- Sannino, F.A. 1906. Il rossore delle viti. *Rivista di Patologia Vegetale* 1: 162–163.
- Santini, D., L. Rolle, P. Cascio, and F. Mannini. 2011. Modifications in chemical, physical and mechanical properties of ‘Nebbiolo’ (*Vitis vinifera* L.) grape berries induced by mixed virus infection. *South African Journal of Enology and Viticulture* 32: 183–189.
- Santos, M.T., M.L.G. Rocha, J.M.S. Martins, and L.C. Carneiro. 2003. Effect of grapevine viruses GFLV, GLRV 3 and GFkV on leaf morphology of the Portuguese white variety Arinto by multivariate discriminant analysis. In *Extended abstracts, 14th ICVG meeting, Locorotondo, Italy, 2003*: 21–22.
- Santos, M.T., M. Lurdes, M.L.G. Rocha, J.M.S. Martins, and L.C. Carneiro. 2006. Morphological changes of grapevine leaves (cv. Arinto) in relation to infections by viruses and weather conditions. In *Extended abstracts 15th ICVG meeting, Stellenbosch, South Africa, 2006*, 248–249.
- Scheu, G. 1935. Die Rollkrankheit des Rebstockes. *Der Deutsche Weinbau* 14: 222–223, 345–346, 356–358.
- Scheu, G. 1936. *Mein Winzerbuch*. Berlin: Reichenährstand Verlag.
- Schoefling, H. 1980. First results of a field-trial on the performances of the heat-treated and not heat-treated white Riesling clones. In *Proceedings 7th ICVG meeting, Niagara Falls, Canada, 1980*, 311–320.
- Song, Y., Hanner, R. H. & Meng, B., 2021. Probing into the Effects of Grapevine Leafroll-Associated Viruses on the Physiology, Fruit Quality and Gene Expression of Grapes. *Viruses*.
- Spring, J.L., J.S. Reynard, O. Viret, D. Maigre, P. Gugerli, and J.J. Brugger. 2012. Influence du virus 1 associé à l’enroulement (GLRaV-1) et du virus de la marbrure (GFkV) sur le comportement agronomique et la qualité des vins chez le Gamay [Influence of the

Grapevine Leafroll Associated Virus (GLRaV-1) and Grapevine Fleck Virus (GFkV) on the Grape and Wine Production of cv. Gamay]. *Revue suisse de viticulture arboriculture horticulture* 31: 141–145.

Stellmach, G., and R.E. Berres. 1986. Sind mit Nepoviren infizierte Pfropfreben immer Quellen der Virus-Kontamination von Rebschulen ? [Is grapevine graftwood infected with nepoviruses always a source of contamination for grape nurseries?]. *Wein-Wiss* 41: 418–423.

Taylor, R.H., and R.C. Woodham. 1972. Grapevine yellow speckle – A newly recognized graft-- transmissible disease of *Vitis*. *Australian Journal of Agricultural Research* 23: 447–452.

Téliz, D., and P. Valle. 1980. Grape corky bark and stem pitting in Mexico. III. Evaluation of symptoms in 130 cultivars grafted on 17 rootstocks. In *Proceedings 7th ICVG meeting, Niagara Falls, Canada, 1980*, 71–75.

Téliz, D., P. Valle, and A.C. Goheen. 1980. Grape corky bark and stem pitting in Mexico. II. Evaluation of symptoms in 17 rootstocks. In *Proceedings 7th ICVG meeting, Niagara Falls, Canada, 1980*, 65–70.

Tobar, M. et al, 2020. Divergent molecular and growth responses of young “Cabernet Sauvignon” (*Vitis vinifera*) plants to simple and mixed infections with Grapevine rupestris stem pitting-associated virus. *Horticulture Research, Volume 7*.

Tomažic, I., N. Petrovič, and Z. Korošec-Koruza. 2005. Effects of rugose wood and GLRaV-1 on yield of cv. ‘Refošk’ grapevine. *Acta Agriculturae Slovenica* 85: 91–96.

Vuittenez, A. 1962. Rapport de mission en Turquie pour l’étude des viroses de la vigne. 1–15 juin (polycopie), 22 pp.

Walton, V.M., K.M. Daane, and K.L. Pringle. 2004. Monitoring *Planococcus ficus* in South African vineyards with sex pheromone-baited traps. *Crop Protection* 23: 1089–1096.

Walton, V.M., K.M. Daane, W.J. Bentley, J.G. Millar, T.E. Larsen, and R. Malalkar-Kuenen. 2006. Pheromone-based mating disruption of *Planococcus ficus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in California vineyards. *Journal of Economic Entomology* 99: 1280–1290.

Wilcox, W. F., Gubler, W. D. & Uyemoto, J. K., 2015. *Compendium of Grape Diseases, Disorders, and Pests, Second Edition*. Second Edition επιμ. s.l.:The American Phytopathological Society.

Wistrom, C.M., G.K. Blaisdell, L.R. Wunderlich, R.P.P. Almeida, K.M. Daane. 2016. *Ferrisia gilli* (Hemiptera: Pseudococcidae) transmits grapevine leafroll-associated viruses. *Journal of Economic Entomology*. <http://dx.doi.org/10.1093/jee/tow124>

- Zhang, Z., S. Qi, N. Tang, X. Zhang, S. Chen, P. Zhu, M. Lin, J. Cheng, Y. Xu, M. Lu, H. Wang, S.-W. Ding, S. Li, and Q. Wu. 2014. Discovery of replicating circular RNAs by RNA-Seq and computational algorithms. *PLoS Pathogens* 10: e1004553. doi:10.1371/journal.ppat.1004553.
- Zerdey, A. V. et al, 2018. Methods for the Diagnosis of Grapevine Viral Infections: A Review. *Agriculture* 8(12).
- Zerdey, A. V. et al, 2018. settingsOrder Article Reprints. *Agriculture* 8(12).
- Zhou, Y., Muyle, A., Gaut, B.S. (2019). Evolutionary Genomics and the Domestication of Grapes. In: Cantu, D., Walker, M. (eds) *The Grape Genome. Compendium of Plant Genomes*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18601-2_3