

# Ο ιός της καστανής ρυτίδωσης των καρπών τομάτας (*Tomato brown rugose fruit virus*, ToBRFV)

## Νέα απειλή των καλλιεργειών τομάτας και πιπεριάς

Ο ιός της καστανής ρυτίδωσης των καρπών τομάτας (*Tomato brown rugose fruit virus*, ToBRFV) πρόσφατα (φθινόπωρο του 2019) ταυτοποιήθηκε για πρώτη φορά στην Ελλάδα σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες τομάτας στα Χανιά και την Κυπαρισσία. Τα συμπτώματα στους καρπούς ήταν πολύ έντονα καθιστώντας τους μη εμπορεύσιμους και σε αρκετές περιπτώσεις το ποσοστό των μολυσμένων φυτών έφθανε το 100%. Πρόκειται για νεοφανή και αναδυόμενο επιβλαβή οργανισμό καραντίνας, που παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 2014 στο Ισραήλ σε καλλιέργειες τομάτας και από τότε γρήγορα εξαπλώθηκε σε πολλές χώρες της Ασίας, Ευρώπης και Αμερικής, ενώ πρόσφατα ήρθε και στην χώρα μας.

Δρ Χ. Βαρβέρη

Εργαστήριο Ιολογίας, Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο

Ο ToBRFV ανήκει στους tobamo-ιούς (γένος *Tobamovirus*) που χαρακτηρίζονται από τη μεγαλύτερη αντοχή και μολυσματικότητα μεταξύ των ιών των φυτών. Η επικινδυνότητά του οφείλεται στην ικανότητά του να υπερνικά την ανθεκτικότητα των χρησιμοποιούμενων υβριδίων τομάτας, να μεταδίδεται με το σπόρο αλλά και πολύ εύκολα μηχανικά με την επαφή μεταξύ των φυτών και με τις καλλιεργητικές φροντίδες. Η αντιμετώπισή του, μέχρι να δημιουργηθούν από τους γενετιστές νέα ανθεκτικά υβρίδια τομάτας, βασίζεται στην εφαρμογή πολύ αυστηρών μέτρων πρόληψης και υγιεινής των καλλιεργειών.

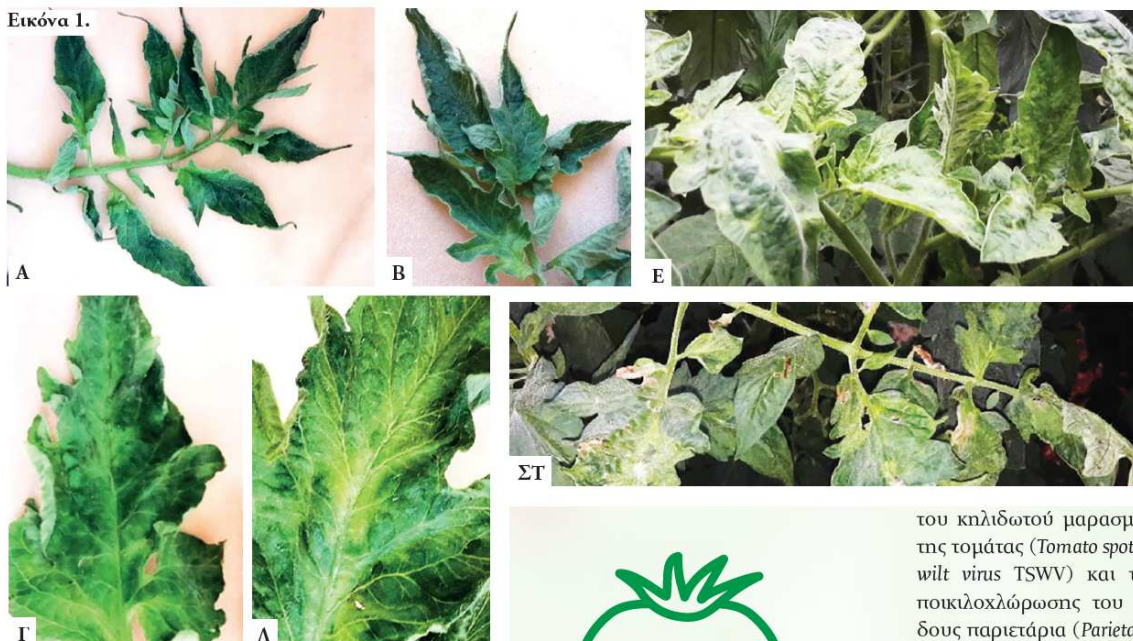
### Ιστορικό μετάδοσης του ιού

Ο ιός της καστανής ρυτίδωσης των καρπών τομάτας είναι νεοφανής και αναδυόμενος επιβλαβής οργανισμός καραντίνας που αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 2014 στο Ισραήλ σε καλλιέργειες τομάτας. Έκτοτε, διαπιστώθηκε στην Ιορδανία, Γερμανία, Ιταλία, Ολλανδία, Καλιφόρνια των Η.Π.Α, Μεξικό και μόλις πέρυσι στην Σαουδική Αραβία, Κίνα, Ηνωμένο Βασίλειο, Τουρκία και Ισπανία. Πρόσφατα (Σεπτέμβριος 2019) διαπιστώθηκε και στην Ελλάδα (Κρήτη, Μεσσηνία) σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες τομάτας. Τελευταία αναφορά εμφάνισης του ιού έγινε από τη Γαλλία τον Ιανουάριο του τρέχοντος έτους. Η ταχύτατη επιδημική εξάπλωσή του τα τελευταία δυο χρόνια σε συνδυασμό με τις ζημίες που μπορεί να προκαλέσει σε μια σημαντικότερη καλλιέργεια όπως αυτή της τομάτας ώθησαν τον Ευρωπαϊκό και Μεσογειακό Οργανισμό Προστασίας Φυτών (EPPO) να τον εντάξει στον κατάλογο επιφυλακής (alert list) ήδη από τον Ιανουάριο του 2019 και την Ευρωπαϊκή Ένωση να εκδώσει μέτρα έκτακτης ανάγκης για τον περιορισμό της εξάπλωσής του τον Νοέμβριο του ίδιου έτους [ΕΚΤΕΛΕΣΤΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ (ΕΕ) 2019/1615 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ].





Εικόνα 1.



Εικόνα 1. Συμπτώματα του ιού της καστανής ρυτίδωσης των καρπών τομάτας σε φύλλα τομάτας. Α, Β: νημάτωση και παραμόρφωση. Γ, Δ, Ε, ΣΤ: μωσαϊκό και ποικιλοχλώρωση.

### Φυτά Ξενιστές

Ο ToBRFV είναι εξαιρετικής επικινδυνότητας για τις καλλιέργειες της τομάτας και της πιπεριάς. Ευαίσθησία παρουσιάζουν και οι ποικιλίες τομάτας, οι οποίες διαθέτουν γονίδια ανθεκτικότητας (*Tm-2<sup>2</sup>*) για άλλους ιούς του γένους *Tobamovirus* (*Tobacco mosaic virus*, TMV και *Tomato mosaic virus*, ToMV). Πιπεριές με το γονίδιο ανθεκτικότητας *L* έναντι tobamo-ιών παρουσιάζουν σχετική αντοχή (αντίδραση υπερευαίσθησης). Η μελιτζάνα επίσης παρουσιάζει αντοχή αν και τελευταία αναφέρθηκε στο Μεξικό περίπτωση μολυσμένου δείγματος.

Ζιζάνια όπως ο στύμφος (*Solanum nigrum*), η ντάτουλα (*Datura stramonium*) και το Χηνοπόδιο το επιπόχιο (*Chenopodium murale*) καθώς και καλλωπιστικά φυτά όπως η πετούνια (*Petunia x hybrida*) προσβάλλονται από τον ιό και μπορούν να αποτελέσουν πηγές μόλυνσης του ιού στη φύση.

Σε τεχνητές μολύνσεις ο ιός προσβάλλει και προκαλεί συμπτώματα και στα είδη *Nicotiana benthamiana*, *N. glutinosa*, *N. sylvestris*, *N. tabacum* (καπνός), *Chenopodium quinoa*.

### Συμπτώματα

Στην τομάτα τα συμπτώματα ποικίλουν ανάλογα με την ποικιλία, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τη φυσιολογική κατάσταση του φυτού. Είναι έντονα το καλοκαίρι και όταν τα φυτά είναι κάτω από στρες. Τα συμπτώματα εμφανίζονται στα φύλλα, στελέχη και τους καρπούς και μοιάζουν με εκείνα που προκαλούν και άλλοι tobamo-ιοί καθώς και ο ιός του μωσαϊκού του πεπίνου (*Pepino mosaic virus*, PepMV). Επίσης, οι ιοί



### Ο ΙΟΣ ΤΗΣ ΚΑΣΤΑΝΗΣ ΡΥΤΙΔΩΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ ΤΟΜΑΤΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΙ ΕΝΑ ΝΕΟ ΠΑΘΟΓΟΝΟ ΚΑΡΑΝΤΙΝΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΟΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΙΠΕΡΙΑ

του κηλιδωτού μαρασμού της τομάτας (*Tomato spotted wilt virus* TSWV) και της ποικιλοχλώρωσης του είδους παριετάρια (*Parietaria mottle virus*, PMoV) μπορούν να προκαλέσουν στους καρπούς τομάτας συμπτώματα παρόμοια με αυτά του ToBRFV.

Τα συμπτώματα στα φύλλα περιλαμβάνουν χλώρωση, μωσαϊκό, ποικιλοχλώρωση, κατσάρωμα, παραμόρφωση του ελάσματος και περιστασιακά στένωση (Εικ. 1). Νεκρωτικές κηλίδες μπορεί να εμφανιστούν σε ποδίσκου, κάλυκες και μίσχους.

Οι καρποί εμφανίζουν κίτρινους ή καστανούς δακτυλίους, καστανές περιοχές και ρυτίδωση, όπως επίσης παραμορφώσεις και ανομοιομορφή ωρίμανση (Εικ. 2). Τα ανωτέρω συμπτώματα καθιστούν τους καρπούς της τομάτας μη εμπορεύσιμους. Τα ασθενή φυτά παρουσιάζουν μειωμένη ανθοφορία και καρπόδεση. Σε αντίθεση με τους άλλους tobamo-ιούς που προσβάλλουν την τομάτα η συμπτωματολογία του ToBRFV είναι εντονότερη εκείνων στους καρπούς με αποτέλεσμα, η μείωση της παραγωγής να κυμαίνεται από 30 έως 70%.

Στην πιπεριά τα συμπτώματα στα φύλλα περιλαμβάνουν παραμορφώσεις του ελάσματος, κηλιδώματα και μωσαϊκό. Οι καρποί της πιπεριάς εμφανίζουν παραμορφώσεις, ανομοιομορφο χρωματισμό με κίτρινες και καστανές περιοχές και πράσινες ραβδώσεις.

### Μετάδοση και αντοχή

Ο ToBRFV ανήκει στο γένος *Tobamovirus*, το οποίο περιλαμβάνει γνωστούς ιούς που προσβάλλουν την τομάτα, όπως είναι ο ιός του μωσαϊκού του καπνού (TMV), ο ιός του μω-



σαϊκού της τομάτας (ToMV) και τον πιο πρόσφατα χαρακτηρισθέντα ιό του ποικιλοχλωρωτικού μωσαϊκού της τομάτας (*Tomato mottle mosaic virus*, ToMMV). Στην πιπεριά συχνότερα απαντάται και δημιουργεί σημαντικά προβλήματα ο ιός της ήπιας ποικιλοχλωρωσης της πιπεριάς (*Pepper mild mottle virus*, PMMoV). Οι tobamo-ιοί είναι μεταξύ των ιών των φυτών αυτοί που πρώτοι αναλήφθηκαν και μελετήθηκαν. Περιλαμβάνει ραβδόμορφους RNA ιούς με ανθεκτικότητα στις υψηλές θερμοκρασίες και μεγάλη βιωσιμότητα εκτός του φυτού ξενιστή τους, καθώς μπορούν να διατηρηθούν σε ξηρά φύλλα για περισσότερα από 10 χρόνια, χαρακτηριστικό σπάνιο για τους ιούς. Σύγκριση των γονιδιωμάτων (RNA) των tobamo-ιών μεταξύ τους με σύγχρονα βιοπληροφορικά εργαλεία έδειξε πιθανή προέλευση του ToBRFV μέσω ανταλλαγής τμημάτων (ανασυνδυασμού) των γονιδιωμάτων του TMV και ToMMV που έλαβε χώρα σε ένα κοινό ξενιστή.

Η μετάδοση του ToBRFV, όπως και όλων των tobamo-ιών, επιτυγχάνεται κυρίως μηχανικά με την επαφή (τριβή) μεταξύ των φυτών και με τις καλλιεργητικές φροντίδες (δέσιμο, ξεβλάστημα, συλλογή κλπ.), που εκτελούν οι εργαζόμενοι με χέρια που έχουν έρθει σε επαφή με μολυσμένο φυτό, με ρούχα που έχουν μολυνθεί και με τα εργαλεία με τα οποία έχουν χειριστεί μολυσμένα φυτά. Τα κινητά τηλέφωνα έχουν επίσης ενοχοποιηθεί. Πειραματικά έχει δείχθει ότι ένας εργαζόμενος μπορεί να μεταδώσει με τα χέρια του τον ιό από ένα αρχικά μολυσμένο φυτό στα επόμενα 9 φυτά που θα χειριστεί και αποτελεί τον μεγαλύτερο αριθμό φυτών που περιγράφε-

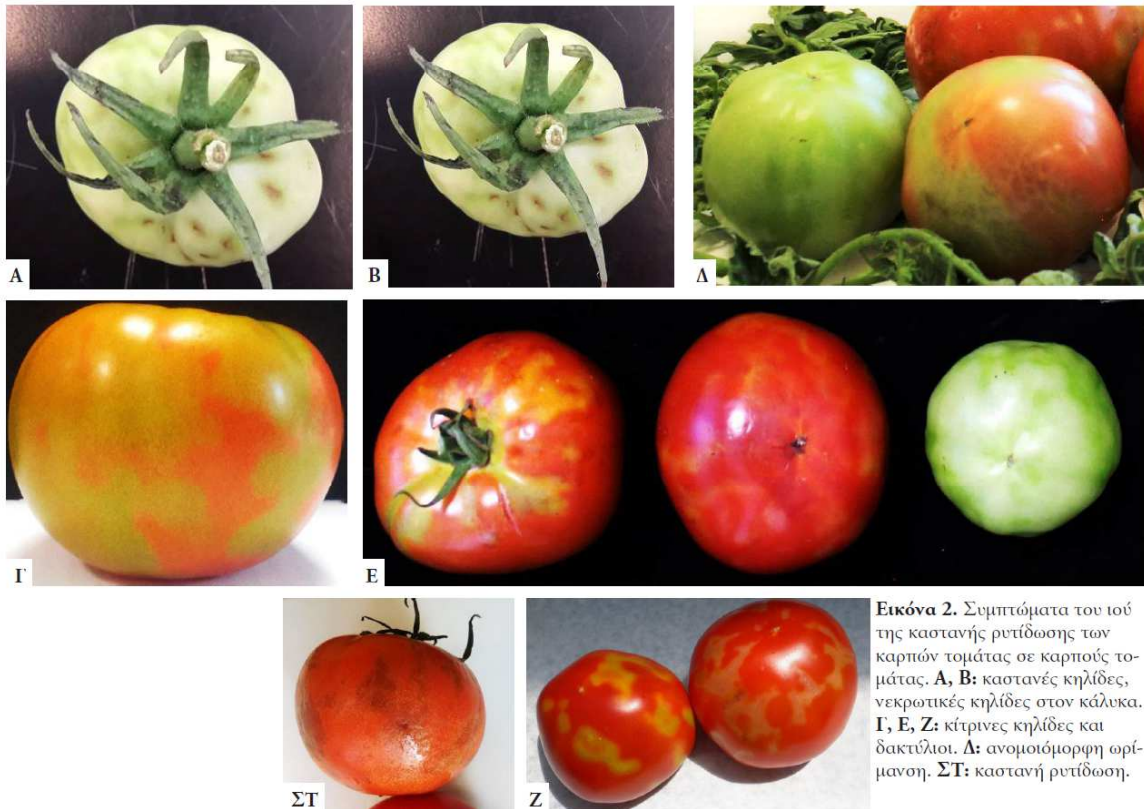
ται στη βιβλιογραφία, δηλώνοντας την εξαιρετικά μεγάλη μολυσματικότητα και σταθερότητα του ιού. Έχει δείχθει ότι ο ιός παραμένει μολυσματικός πάνω στα χέρια και στα γάντια για 2 ώρες. Επιπλέον, πλύσιμο των χεριών με νερό και σαπούνι ακόμη και για 30 δευτερόλεπτα δεν είναι αποτελεσματικό για τον καθαρισμό τους από τον ιό.

Πρωταρχική πηγή μόλυνσης του ToBRFV είναι ο μολυσμένος σπόρος και το μολυσμένο πολλαπλασιαστικό υλικό (φυτά προς φύτευση). Θεωρείται ότι ο ιός βρίσκεται κυρίως στο εξωτερικό περίβλημα του σπόρου και σε μικρότερο βαθμό εσωτερικά και μπορεί να διατηρήσει τη μολυσματικότητά του για χρόνια. Το ποσοστό μετάδοσης του ιού με το σπόρο, αν και μικρό, αρκεί εντούτοις στο να προκαλέσει μεγάλη ζημιά λόγω της ευκολίας περαιτέρω μηχανικής μετάδοσης.

Βασική εστία μόλυνσης αποτελεί και το έδαφος, το οποίο, αν παραμείνουν σε αυτό μολυσμένα φυτικά υπολείμματα, μπορεί να διατηρηθεί μολυσμένο τουλάχιστον για 6 μήνες.

Στις υπό κάλυψη καλλιέργειες που υποφέρουν περισσότερο από τους tobamo-ιούς, η μόλυνση μπορεί να προέλθει από ικά σωματίδια που διατηρούνται, χάρη στην αξιοσημείωτη αντοχή τους επί των διαφόρων κατασκευών, από τις οποίες περνούν με διάφορους τρόπους στα φυτά. Έχει δείχθει ότι ο ιός παραμένει μολυσματικός πάνω σε διάφορες επιφάνειες (πλαστικά, γυαλί) για 1 μήνα και μόνο στο τοιμέντο η διάρκεια αυτή μειώνεται στις 7 ημέρες. Θέμα υπάρχει και με τα επαναχρησιμοποιούμενα πλαστικά τελέρα που αν έχουν

Εικόνα 2.



**Εικόνα 2.** Συμπτώματα του ιού της καστανής ρυτίδωσης των καρπών τομάτας σε καρπούς τομάτας. **A, B:** καστανές κηλίδες, νεκρωτικές κηλίδες στον κάλκα. **Γ, E, Z:** κίτρινες κηλίδες και δακτύλιοι. **Δ:** ανομοιόμορφη ωρίμανση. **ΣΤ:** καστανή ρυτίδωση.

χρησιμοποιηθεί για μεταφορά μολυσμένων καρπών, μπορούν να μεταφέρουν τον ιό μετά σε μια αμόλυπη καλλιέργεια. Πλύσιμο των τελέρων στους 70°C για 5 λεπτά δεν αρκεί για την αδρανοποίηση του ToBRFV, αλλά αυτή επιτυγχάνεται μόνο μετά από πλύσιμο στους 90°C για 5 λεπτά.

Στις υδροπονικές καλλιέργειες ο ιός μπορεί να εισέλθει στο σύστημα του κυκλοφορούντος νερού και να μεταδοθεί περαιτέρω μέσω αυτού. Έχουν επίσης σημειωθεί και μεταδόσεις μέσω εντόμων που χρησιμοποιούνται για την επικονίαση και που μεταφέρουν μολυσμένα γύρη από φυτό σε φυτό. Μολυσμένες κυψέλες μπορούν να είναι υπεύθυνες για τη μόλυνση των επικονιαστών και τη μετάδοση του ιού μέσω αυτών. Στις υπαίθριες καλλιέργειες τυχόν μολυσμένα ζιζάνια μπορούν επίσης να παίξουν κάποιο επιδημιολογικό ρόλο.

### Διάγνωση μόνο μετά από εργαστηριακό έλεγχο

Ασφαλής διάγνωση του ToBRFV είναι εφικτή μόνο μετά από εργαστηριακό έλεγχο, γιατί όχι μόνο τα συμπτώματα που προκαλεί μοιάζουν με εκείνα που προκαλούν και άλλοι ιοί (ToMV, TMV, PepMV, TSWV, PMoV), αλλά επίσης οι διάφορες ποικιλίες και υβρίδια αντιδρούν διαφορετικά. Έτσι είναι επιβεβλημένη η χρησιμοποίηση μοριακών κυρίως τεχνικών (RT-PCR, αλληλούχηση, RT-qPCR), καθώς οι ανοσολογικές (ELISA, immuno-strips) δεν είναι, τουλάχιστο προς το παρόν, απόλυτα εξειδικευμένες και αναγνωρίζουν σε κάποιο βαθμό και τους άλλους συγγενείς tobamo-ιούς με τους οποίους έχει μεγάλη ομοιότητα ο ToBRFV.

### Εμφάνιση και ταυτοποίηση του ToBRFV στην Ελλάδα

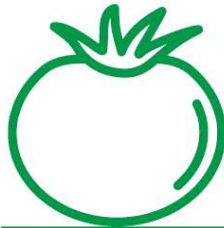
Το καλοκαίρι - φθινόπωρο του 2019 παρατηρήθηκαν έντονα συμπτώματα ίωσης σε διάφορα θερμοκήπια τομάτας στα Χανιά (Κουντούρα) και Κυπαρισσία (Γαργαλιάνοι). Η ασθένεια ήταν ιδιαίτερα επιθετική φθάνοντας σε ορισμένες

περιπτώσεις μόλυνση του 100% των φυτών. Από τα ασθενή φυτά απομονώθηκε σε φυτά δείκτες και ταυτοποιήθηκε με μοριακή μέθοδο (RT-PCR, αλληλούχηση) ο ToBRFV. Στη συνέχεια έγινε πλήρης αλληλούχηση του γονιδιώματός του με την τεχνολογία της αλληλούχησης υψηλής απόδοσης (HTS) και η μετέπειτα σύγκριση αυτού με άλλα κατατεθειμένα γονιδιώματα του ιού στη διεθνή βάση δεδομένων GeneBank έδειξε τη μεγαλύτερη συγγένεια (ομοιότητα 99,8%) με απομόνωση του ιού από το Ισραήλ, γεγονός που υποδεικνύει τη πιθανή προέλευσή του. Επιπροσθέτως, έγινε και αναπαραγωγή των συμπτωμάτων του ιού σε φυτά τομάτας από τα οποία ταυτοποιήθηκε ξανά ως ο μόνος μολυσματικός υπεύθυνος παράγοντας (κανόνες του Koch).

### Αντιμετώπιση

Η αντιμετώπιση του ToBRFV είναι ιδιαίτερα δύσκολη καθώς όχι μόνο δεν υπάρχουν, τουλάχιστον προς το παρόν, ανθεκτικές σε αυτόν ποικιλίες, αλλά χαρακτηρίζεται και από εξαιρετικά υψηλή μεταδοτικότητα και αντοχή. Για την αντιμετώπιση του ιού αυτού προτείνονται μόνο μέτρα πρόληψης και υγιεινής των καλλιεργειών, ενώ σε περίπτωση εμφάνισης η εφαρμογή μέτρων εξάλειψής του, όπως:

- Χρησιμοποίηση υγιούς σπόρου
- Συστηματικός έλεγχος των σπορείων και απομάκρυνση/καταστροφή των φυταρίων που τυχόν έχουν προσβληθεί ή εμφανίζουν ύποπτα συμπτώματα
- Χρησιμοποίηση υγιών φυταρίων για φύτευση
- Έλεγχος κατά διαστήματα των φυτών και απομάκρυνση/καταστροφή όσων εμφανίζουν συμπτώματα ίωσης. Συνιστάται εργαστηριακή επιβεβαίωση της παρουσίας του ToBRFV και στη συνέχεια προσεκτική καταστροφή όλων των φυτών σε απόσταση τουλάχιστον 1,5 μέτρου γύρω από το προσβεβλημένο φυτό, επειδή είναι πιθανό ότι και αυτά τα φυτά έχουν μολυνθεί, αλλά δεν έχουν ακόμη αναπτύξει συμπτώματα
- Χρησιμοποίηση παπουτσιών, φόρμας και γαντιών μιας χρήσης και αλλαγή αυτών μεταξύ διαφορετικών εγκαταστάσεων



**ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ  
ΤΟΥ ΙΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΝΤΑΙ  
ΜΟΝΟ ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΛΗΨΗΣ  
ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΝΗΣ  
ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**





- Αποφυγή επαφής των υγιών φυτών με τα χέρια/γάντια που έχουν έρθει σε επαφή με ασθενή φυτά (εκρίζωση, δέσιμο, κλάδεμα, κ.λ.π.)
- Συχνή απολύμανση εργαλείων με εμβάπτιση σε διάλυμα χλωρίνης περιεκτικότητας 0,5% NaOCl ή Virkon® S ή αποβουτυρωμένου γάλακτος (τουλάχιστον 3,5% περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη) για τουλάχιστον 15 λεπτά.
- Ύπαρξη ταπέτων με απολυμαντικό στην είσοδο των θερμοκηπίων
- Καλό πλύσιμο με απολυμαντικό όλων των επιφανειών, δίσκων κλπ. εντός των θερμοκηπίων μεταξύ των μεταφυτεύσεων/φυτεύσεων
- Χρησιμοποίηση καθαρών ή απολυμασμένων πλαστικών τελαρών κατά τη συγκομιδή των καρπών
- Μείωση κατά το δυνατόν της μετακίνησης των εργατών μεταξύ των διαφόρων τομέων της επιχείρησης
- Αφαίρεση ζιζανίων στους χώρους πέριξ των θερμοκηπίων
- Αποφυγή εισόδου ζώων εντός των εγκαταστάσεων.
- Αποφυγή κατανάλωσης τροφίμων εντός των εγκαταστάσεων.  
Σε περιπτώσεις διαγνωσμένης μόλυνσης προτείνονται δι-άφορες εναλλακτικές όπως:
  - Μέριμνα για απομάκρυνση και καταστροφή των υπολειμμάτων της καλλιέργειας καθώς και απολύμανση των χώρων του θερμοκηπίου.
  - Αμειψοπορά με μη ευπαθή στον ιό φυτικά είδη (π.χ. αγγουριά).
  - Προσεκτική φύτευση με απολύμανση εδάφους στο σημείο φύτευσης με σταθεροποιημένη χλωρίνη 2000 ppm 1 μέρα πριν τη φύτευση.
  - Χρησιμοποίηση ανθεκτικών υποκειμένων μελιτζάνας. ■

Η σχετική βιβλιογραφία βρίσκεται στη διεύθυνση: [bibliography.agrotypos.gr](http://bibliography.agrotypos.gr), έτος 2020, τεύχος 03.

### Συμπεράσματα

Ο ιός της καστανής ρυτίδωσης των καρπών τομάτας αποτελεί ένα πολύ ζημιογόνο αναδυόμενο νέο παθογόνο καραντίνας για την τομάτα και πιπεριά. Για την ταυτοποίησή του είναι απαραίτητοι εργαστηριακοί έλεγχοι και για την αντιμετώπισή του, μέχρι να βρεθούν ανθεκτικές ποικιλίες, πρέπει να εφαρμοζονται επίπονα μέτρα πρόληψης και υγιεινής των καλλιέργειών. Αυτά είναι αναγκαία λόγω της εύκολης μηχανικής μετάδοσης του ιού, της αντοχής του και της ικανότητάς του να μεταδίδεται με το σπόρο. Ήδη εδώ και καιρό μεγάλες σποροπαραγωγικές εταιρείες και διακεκριμένα ερευνητικά ινστιτούτα εργάζονται για τον εντοπισμό γονιδίων ανθεκτικότητας ή τη δημιουργία αντοχής στην τομάτα μέσω σύγχρονων βιοτεχνολογικών εργαλείων. Τα αποτελέσματά τους αναμένεται να λύσουν το πρόβλημα στο αρκετά εγγύς μέλλον.