

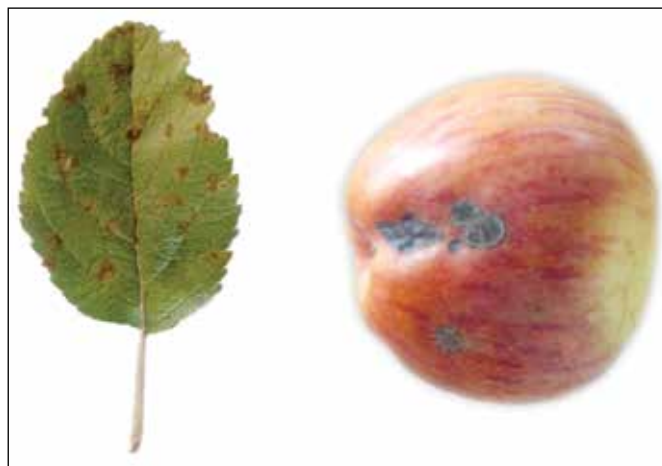


## Φουζικλάδιο της μηλιάς: καινοτόμες προσεγγίσεις για μια ολοκληρωμένη διαχείριση της ασθένειας

Δρ Αντώνιος Ζαμπούνης, Ερευνητής Βαθμίδας Δ'  
Δρ Θωμάς Σωτηρόπουλος, Διευθυντής Ερευνών  
Τμήμα Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων Νάουσας  
Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων

**Η** μηλιά είναι το πιο διαδεδομένο οπωροφόρο δέντρο παγκοσμίως, η καλλιέργειά της αντιπροσωπεύει το 50% των φυλλοβόλων οπωροφόρων δέντρων και με παγκόσμια ετήσια παραγωγή περί τα 60 εκατομμύρια τόνους. Για την Ελλάδα η καλλιέργεια της μηλιάς είναι η 4<sup>η</sup> σημαντικότερη δενδροκομική καλλιέργεια. Το φουζικλάδιο (παθογόνο αίτιο ο ασκομύκητας *Venturia inaequalis*) είναι η κυριότερη ασθένεια της καλλιέργειας. Σε ευνοϊκές συνθήκες το φουζικλάδιο μπορεί να εξαπλωθεί επιδημικά και να προκαλέσει μεγάλες οικονομικές ζημιές προκαλώντας μείωση ή και υποβάθμιση της παραγωγής μέχρι και 70% ή και πλήρη καταστροφή της σε έντονες προσβολές. Κατά μέσο όρο ένας μπλεώνας ψεκάζεται περίπου 10 φορές τον χρόνο για την αντιμετώπιση της ασθένειας με αποτέλεσμα τη χρήση μεγάλων εισροών σε μυκητοκτόνα. Ένας τέτοιος αριθμός μεταχειρίσεων δημιουργεί ενδεχομένως τεράστια οικολογικά προβλήματα και επιβαρύνει την υγεία των καταναλωτών επιπρόσθετα με το οικονομικό κόστος που επιφέρει στους καλλιεργητές.

Ο μύκητας *Venturia inaequalis* διαχειμάζει στα πεσμένα φύλλα στο έδαφος. Ο μεγαλύτερος αριθμός ώριμων ελευθερούμενων ασκοσπορίων του μύκητα συμπίπτει με τον χρόνο που αρχίζει η νέα βλάστηση της μηλιάς. Τα σπόρια που δημιουργούνται σε αυτές τις πρώτες μολύνσεις μεταφέρονται στα φύλλα και στους καρπούς προκαλώντας τις δευτερογενείς μολύνσεις, οι οποίες συνεχίζονται μέχρι νωρίς το καλοκαίρι εάν ο καιρός είναι



Συμπτώματα προσβολής φουζικλαδίου σε φύλλο και καρπό

δροσερός και υγρός. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι ελέγχου του φουζικλαδίου μεταξύ των οποίων τα καλλιεργητικά μέτρα που αφορούν τη μη εγκατάσταση του μηλεώνα σε υγρές περιοχές, τον τρόπο κλαδέματος έτσι ώστε να διευκολύνει τον αερισμό των δένδρων, την ισορροπημένη λίπανση και την αποφυγή περισσειας αζωτούχων λιπασμάτων. Η χημική καταπολέμηση περιλαμβάνει την εφαρμογή φυτοπροστατευτικών προϊόντων (ΦΠ) ενώ προκειμένου να αποφευχθεί η ανάπτυξη ανθεκτικότητας εφαρμόζονται δραστικές ουσίες με διαφορετικούς τρόπους δράσης καθώς και εναλλαγή αυτών. Η εφαρμογή πολυδύπανων και πολλές φορές μη αποτελεσματικών επεμβάσεων αποτελεί τη συνθετικότερη πρακτική για την αντιμετώπιση της ασθένειας με αρνητικές όμως επιπτώσεις στο περιβάλλον, εξαιτίας των περιβαλλοντικών περιορισμών για τη χρήση χημικών, του τεράστιου περιβαλλοντικού αποτυπώματος που δημιουργείται με αυτές τις εφαρμογές και της συχνής ανάπτυξης ανθεκτικότητας των φυλών του παθογόνου σε μυκητοκτόνα.

Επομένως, σήμερα θεωρείται επιτακτική η φιλο-περιβαλλοντική αντιμετώπιση της ασθένειας και η εφαρμογή νέων μεθοδολογιών ολοκληρωμένης διαχείρισης με μικρό περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Η εφαρμογή της μεθοδολογίας του βιο-εναύσματος αποτελεί μια επιστημονικά τεκμηριωμένη προοπτική για την αειφόρο και ολοκληρωμένη φυτοπροστασία. Βασίζεται στην ενεργοποίηση των μοριακών μηχανισμών άμυνας των φυτών ύστερα από επεμβάσεις φιλικών επαγωγών άμυνας, ώστε τα φυτά να αναπτύξουν επίκτητη ανθεκτικότητα σε μεταγενέστερες προσβολές παθογόνων.

Η έγκαιρη μοριακή διάγνωση και η ακριβής ταυτοποίηση των παθογόνων στελεχών του φουζικλαδίου αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την επιλογή κάθε συστήματος ολοκληρωμένης διαχείρισης της ασθένειας και συνεισφέρει στον περιορισμό της αλόγιστης χρήσης μυκητοκτόνων αλλά και μιας πιο εστιασμένης, τουλάχιστον χρονικά, εφαρμογής τους. Παράλληλα, είναι αναγκαία η καταγραφή της γεωγραφικής εξάπλωσης και της γενετικής διασποράς του παθογόνου στη χώρα μας και τα οποία είναι απαραίτητα στοιχεία για την κατανόηση της επιδημιολογίας της ασθένειας.

Η γενετική βελτίωση του υπάρχοντος φυτικού υλικού της μηλιάς αποτελεί μια ολιστική και φιλοπεριβαλλοντική προσέγγιση προς την ολοκληρωμένη αντιμετώπιση της ασθένειας του φουζικλαδίου. Η ανάπτυξη και η εφαρμογή καινοτόμων μοριακών και γονιδιωματικών τεχνολογιών, η πλήρης αλληλούχιση του συνολικού γονιδιώματος της μηλιάς αλλά και του παθογόνου αίτιου του φουζικλαδίου με τη χρήση καινοτόμων τεχνολογιών Next Generation Sequencing (NGS), η χαρτογράφηση γονιδιακών θέσεων που σχετίζονται με την αντοχή στην ασθένεια, προσφέρουν σήμερα σημαντικά καινοτόμα εργαλεία για τη γενετική βελτίωση της μηλιάς ως προς την αντοχή στο φουζικλάδιο. Να αναφερθεί ότι το γονιδίωμα του παθογόνου αίτιου του φουζικλαδίου έχει συναρμολογηθεί σε 238 contigs, ενώ στο γονιδίωμα της μηλιάς τουλάχιστον το 1,5% του συνολικού αριθμού των γονιδίων (από τα μεγαλύτερα ποσοστά ανάμεσα σε άλλα φυτικά είδη) σχετίζονται με τις αντιδράσεις άμυνας σε παθογόνα και κυρίως σε μύκητες. Επίσης, υπάρχουν σημαντικότερες επιστημονικές και τεχνολογικές καινοτομίες που σχετίζονται με τη διαλεύκανση του μηχανισμού ανθεκτικότητας, τις μοριακές αλληλεπιδράσεις ποικιλιών μηλιάς με το παθογόνο του φουζικλαδίου που επιτρέπουν την εφαρμογή τους σε προγράμματα γενετικής βελτίωσης με τη χρήση κατάλληλων λειτουργικών μοριακών δεικτών (Marker Assisted Selection, MAS) και μέσω τεχνολογιών γονιδιωματικής υποβοηθούμενης βελτίωσης (Genomics Assisted Breeding,

GAB) με απώτερο στόχο την αύξηση της αντοχής στο φουζικλάδιο των καλλιεργούμενων ποικιλιών μηλιάς.

Σε κάθε περίπτωση ένας από τους σημαντικότερους αντικειμενικούς στόχους της μπλοκαλιέργειας είναι να περιορισθούν οι χημικές επεμβάσεις κατά τη διάρκεια της παραγωγής. Η δημιουργία και η καλλιέργεια νέων ποικιλιών μηλιάς, ανθεκτικών στην ασθένεια του φουζικλαδίου θα μπορούσε να ελαττώσει κατά πολύ τον αριθμό των χημικών επεμβάσεων. Ποικιλίες με ανθεκτικότητα στο φουζικλάδιο μεταξύ άλλων είναι οι εξής: Florina, Crimson Crisp, Enterprise, Freedom, Gold Rush, Liberty, Macfree, Nova Easygrow, Novamac, Nova Spy, Pristine, Sir Prize και William's Pride (Πηγή: Purdue University, Indiana). Λίγες από αυτές τις ανθεκτικές ποικιλίες καλλιεργούνται σε εμπορική κλίμακα είτε γιατί η ποιότητα των καρπών είναι υποδεέστερη σε σχέση με τις ήδη καλλιεργούμενες ποικιλίες είτε γιατί έχουν μικρότερη συντηρησιμότητα. Παράλληλα, έχουν δημιουργηθεί νέες ποικιλίες μηλιάς που έχουν γονέα την ελληνική ποικιλία μηλιάς "Φιρίκι" και αξιολογούνται στο Τμήμα Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων Νάουσας. Η ποικιλία μηλιάς "Φιρίκι" παρουσιάζει σχετικά καλή αντοχή στο φουζικλάδιο και με γενετικό υπόβαθρο που μπορεί να αξιολογηθεί και να εκμεταλλευτεί στο μέλλον.

Τέλος, εκτός από την οικονομική του σημασία το παθοσύστημα μηλιάς - φουζικλαδίου αποτελεί ένα αρκετά υποσχόμενο σύστημα μελέτης των επαγόμενων αντιδράσεων άμυνας των φυτικών ξενιστών αλλά και των μηχανισμών μόλυσματικότητας των παθογόνων φυλών του φουζικλαδίου. Η διερεύνηση των μοριακών παραγόντων που σχετίζονται με την αλληλεπίδραση εμπορικών ποικιλιών/γονοτύπων μηλιάς με τα παθογόνα αίτια του φουζικλαδίου και η πλήρης επαναλληλούχιση του γονιδιώματος των σημαντικότερων εμπορικών ποικιλιών μηλιάς θα διαλευκάνουν τους μηχανισμούς μεταγωγής σήματος των αντιδράσεων άμυνας των ποικιλιών ύστερα από προσβολές. Η υιοθέτηση αυτών των προσεγγίσεων είναι απαραίτητη για την κατανόηση της παθογένειας των παθογόνων του φουζικλαδίου άρα και της ορθολογικής διαχείρισης και αντιμετώπισης της ασθένειας.



Μοριακές και γονιδιωματικές αναλύσεις του παθογόνου αίτιου του φουζικλαδίου (*Venturia inaequalis*).

Πληροφορίες: Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων - Τμήμα Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων Νάουσας, Σ.Σ. Νάουσας 38, 590 35 Νάουσα, τηλ: 23320 41548, e-mail: [antbio@yahoo.gr](mailto:antbio@yahoo.gr)