

ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗ



ΙΩΑΝΝΗΣ ΜΑΝΟΥΣΟΠΟΥΛΟΣ

Ερευνητής Β',
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ «ΔΗΜΗΤΡΑ»

Μανούσος Ε. Καμπούρης

Χαίρετε κ Μανουσόπουλε. Θα μας δώσετε περιληπτικά το βιογραφικό σας μέχρι και τη σημερινή σας θέση?

Αποφοίτησα από τη Γεωπονική Σχολή του ΑΠΘ. Κατόπιν εξετάσεων έλαβα Υποτροφία από το Ίδρυμα Κρατικών Υποτροφιών (ΙΚΥ) για μεταπτυχιακές σπουδές στην Φυτοπαθολογία στο εξωτερικό. Έγινα δεκτός για εκπόνηση Διδακτορικής Διατριβής στην Ιολογία από το Πανεπιστήμιο του Dundee της Σκωτίας και εργάστηκα ως υποψήφιος Διδάκτορας στο Τμήμα Ιολογίας του Ινστιτούτου Έρευνας Καλλιέργειών της Σκωτίας (Scottish Crop Research Institute) υπό την εποπτεία του καθηγητού Ιολογίας Bryan D. Harrison. Στην συνέχεια εργάστηκα ως Διδάκτωρ ερευνητής επί τριετία στο Ινστιτούτο Μοριακής Βιολογίας και Βιοτεχνολογίας της Κρήτης σε θέματα μοριακής Ιολογίας στις αλληλεπιδράσεις ιικών πρωτεϊνών με ισοσμάτια. Κατόπιν, και για μια διετία σχεδόν, συνεργάστηκα με το Εργαστήριο Εντομολογίας

της Γεωπονικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Το 2000 εκλέχθηκα ως ερευνητής στο Ινστιτούτο Προστασίας Φυτών της Πάτρας όπου υπηρετώ έως σήμερα.

Πρόσφατα εμφανίσατε πρωτοπόρες εφαρμογές με χρήση θεωρίας δικτύων και τεχνητής νοημοσύνης σε θέματα φυτοπαθολογικού ενδιαφέροντος. Μας εξηγείτε το είδος των εφαρμογών αυτών και την πιθανή επέκτασή τους σε ανθρωποκεντρικές βιοεπιστήμες/επιστήμες υγείας?

Πάντοτε πίστευα και πιστεύω στην σφαιρική γνώση, στην αρχή δηλαδή ότι όλα τα γνωστικά αντικείμενα συνδέονται μεταξύ τους και δεν οριοθετούνται από στερεότυπα. Στα πλαίσια αυτά παρακολουθούσα και παρακολουθώ τα άλματα που γίνονται στους διάφορους τομείς της Επιστήμης και προσπαθώ να τα ενσωματώσω στα θέματα του ερευνητικού μου αντικειμένου που είναι η Ιολογία και κατ' επέκταση η φυτοπροστα-



Εργαστηριακή υποδομή γενετικής ανάλυσης στο ΤΠΦΠ/ ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ

σία. Δυο μεγάλα τέτοια άλματα έγιναν με την είσοδο στη νέα χιλιετία. Το πρώτο ήταν η ανακάλυψη από τον Albert-Lazlo Barabasi (1998) ότι ο αριθμός συνδέσεων των κόμβων σε ένα δίκτυο δεν ακολουθεί τυχαία κατανομή όπως είχε υποστηρίξει ο μεγάλος μαθητικός Paul Erdos, ο πρώτος που καταπιάστηκε μετά τον Euler με την θεμελίωση της έννοιας των δικτύων (1950). Αντίθετα, τα περισσότερα φαίνεται να ακολουθούν την λεγόμενη κατανομή σταθερής δύναμης ή νόμου σταθερού εκθέτη, αν μου επιτρέπεται η ελεύθερη απόδοση του όρου Power law. Το δεύτερο άλμα ήταν η σταδιακή χρονο με το χρόνο ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης και των εφαρμογών της, που κορυφώνεται σήμερα με την εκπληκτική ικανότητα υπολογιστικών συστημάτων να κάνουν προβλέψεις βασιζόμενα στην εκ των προτέρων εκπαίδευσή τους (machine learning-μηχανική εκμάθηση).

Σχετικά με τα δίκτυα, το ενδιαφέρον στη μελέτη τους έγκειται στο πλήθος πληροφοριών που παρέχουν για τα υπό διερεύνηση συστήματα και την δυνατότητα πρόβλεψης ιδιοτήτων άγνωστων μελών του δικτύου. Οι πληροφορίες αυτές σχετίζονται με την δομή του δικτύου η οποία είναι ιεραρχημένη. Το κατώτερο μέρος αποτελούν οι κόμβοι. Πλήρως συνδεδεμένοι μεταξύ τους κόμβοι αποτελούν την αμέσως επόμενη ιεραρχική δομή, τις κλίκες. Συνδεδεμένες κλίκες συνιστούν την επόμενη διάταξη, τις οικογένειες, η σύνδεση των οποίων συνιστά το δίκτυο. Οι κόμβοι στις οικογένειες έχουν συνήθως κοινές ιδιότητες, γεγονός σημαντικό, καθότι μπορεί να

προσδιορίσει τις ιδιότητες άγνωστης λειτουργικότητας κόμβων.

Η προηγούμενη δεκαετία θεμελίωσε την Επιστήμη των Δικτύων (Network Science) με έδρες σε μεγάλα Πανεπιστήμια της Αμερικής ενώ η παρερχόμενη δεκαετία θεμελίωσε την Επιστήμη της Δικτυακής Ιατρικής (Network Medicine) με πολλά επιτεύγματα και υπό εξέλιξη έρευνες σε ιατρικές εφαρμογές με εστίαση στην επιδημιολογία και στις εφαρμογές εξατομικευμένης θεραπείας. Μερικά από τα είδη βιολογικών δικτύων που μελετώνται είναι τα δίκτυα ασθενειών σε επίπεδο πληθυσμών, δίκτυα μεταγωγής σήματος σε πολυκύτταρο οργανισμό, μεταβολικά δίκτυα σε επίπεδο οργάνων, δίκτυα αλληλεπίδρασης πρωτεϊνών σε επίπεδο κυττάρου (από τα πρώτα που αναπτύχθηκαν με την μέθοδο “σάρωση δύο υβριδίων”) και δίκτυα ελέγχου έκφρασης γονιδίων (σε επίπεδο DNA και RNA). Όπως είναι γνωστό την τελευταία δεκαετία, για να απαντήσω στην ερώτησή σας, αναπτύχθηκαν θεαματικά οι Ομικές μέθοδοι με τις οποίες εντοπίζεται κατά χιλιάδες η παρουσία οργανισμών στα φυσικά τους ενδιαιτήματα, ή ανιχνεύεται σε οργανισμούς η έκφραση γονιδίων που σχετίζονται με διάφορες ασθένειες, όπως για παράδειγμα παχυσαρκία, άσθμα, διαβήτης κ.λπ. Το πρόβλημα, με το πλήθος των δεδομένων που προκύπτουν, είναι η αναγκαιότητα για συσχέτιση των χιλιάδων μικροοργανισμών στη μια περίπτωση ή γονιδίων στην άλλη, με συγκεκριμένες καταστάσεις ιδιοτήτων (“φαινότυπους”). Για παράδειγμα είναι ο μικροοργανισμός, η παρουσία του οποίου ανι-

χνεύτηκε σε έναν οργανισμό παθογόνος; Σχετίζονται τα γονίδια που εκφράστηκαν σε μια δεδομένη παθολογική κατάσταση με την κατάσταση αυτή; Η ανάλυση των δικτύων αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο στην απάντηση όλων αυτών των ερωτημάτων και κατ'επέκταση για την κατανόηση των μηχανισμών πρόκλησης ασθενειών.

Σχετικά με την δική μας έρευνα, όπως αναφέρατε, από τις αρχές της περασμένης δεκαετίας το εργαστήριό μας ασχολήθηκε με την μελέτη συσχετίσεων τύπων αμινοξέων σε ιικές πρωτεΐνες των ιών του γένους Rotavirus και την συνεπακόλουθη δημιουργία του πρώτου ενδομοριακού δικτύου χρησιμοποιώντας σαν συνδέσεις τις στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις των τύπων. Η εργασία αυτή μπορεί να δώσει αγνωστικά νέες πληροφορίες για την λειτουργικότητα των υπερσυνδεδεμένων τύπων στις πρωτεΐνες. Πρόσφατα, χρησιμοποιώντας μεγάλο όγκο δεδομένα που λάβαμε από βάσεις δεδομένων (NCBI) δημιουργώντας το κατάλληλο λογισμικό κατασκευάσαμε και δημοσιεύσαμε το δίκτυο αλληλεπίδρασης όλων των dsDNA ιών και των ξενιστών τους. Η εργασία αυτή ανοίγει το δρόμο για την κατανόηση του ιώματος, της μελέτης δηλαδή όλων των καταγεγραμμένων έως σήμερα ιών και της αλληλεπίδρασης τους με τους ξενιστές τους, με απώτερο στόχο, ανάμεσα σε άλλα, τον εντοπισμό λειτουργικών δομών ή άγνωστων αλληλεπιδράσεων στο δίκτυο αυτό.

Ένα μεγάλο κομμάτι της ερευνάς μας, το οποίο άρχισε επίσης την περασμένη δεκαετία και συνεχίζεται έως σήμερα, εστιάζει στις επιδράσεις της αύξησης της θερμοκρασίας του εδάφους στην δομή του δικτύου αλληλεπιδράσεων των μικροοργανισμών του εδάφους (μύκητες και βακτήρια) με έμφαση στη μετάδοση εδαφομεταδιδόμενων ιών που προκαλούν ασθένειες σε ορισμένα είδη φυτών οικονομικής σημασίας. Η μελέτη του δικτύου αλληλεπιδράσεων των μικροοργανισμών του εδάφους είναι σημαντική για την κατανόηση της επίδρασης νέων, φιλικών προς το περιβάλλον αλλά και τον καταναλωτή μεθόδων ελέγχου φυτοπαθογόνων στις καλλιέργειες, όπως είναι η ηλιοθέρμανση.

Όπως αντιλαμβάνεστε, οι προσεγγίσεις αυτές προσθέτουν σημαντική γνώση στην κατανόηση βιολογικών φαινομένων με μεγάλη βιολογική σημασία που εκτείνεται από την λειτουργικότητα των πρωτεϊνών και την μελέτη αλληλεπίδρασης παθογόνων έως την εφαρμογή μεθόδων που σχετίζονται με την ασφαλή παραγωγή γεωργικών προϊόντων.

Σχετικά με το δεύτερο μέρος που αναφέρατε, την Τεχνητή Νοημοσύνη και τις βιοεφαρμογές της επιτρέψτε μου να παραθέσω μερικές διευκρινιστικές έννοιες.

Η επανάσταση στην τεχνητή νοημοσύνη άρχισε από

τον Alan Turing (1950) (ο όρος προτάθηκε από τον McCarthy το 1956) και εκτινάχθηκε τις τελευταίες δεκαετίες ακολουθώντας την ραγδαία αύξηση σε υπολογιστική ισχύ. Η βασική της αρχή συνίσταται στην εκμάθηση ενός υπολογιστικού συστήματος να αναγνωρίζει ή να προβλέπει καταστάσεις με μεγάλη ακρίβεια, χωρίς την κλασική προσέγγιση χρήσης κώδικα σε γλώσσες προγραμματισμού. Η εκμάθηση αυτή μπορεί να είναι εποπτευόμενη (supervised), ημιεπιβλεπόμενη ή μη επιβλεπόμενη. Στην επιβλεπόμενη εκπαίδευση, που αποτελεί και την κυριότερη εκπρόσωπο των μεθόδων, χρησιμοποιούνται συνήθως συναρτήσεις παλινδρόμησης (regression) με πιο συνήθη την λογιστική παλινδρόμηση (logistic regression) που συνδυάζει την πρόβλεψη της πιθανότητας ενός αντικειμένου να ανήκει σε μια κατάσταση επιτρέποντας έτσι την ταξινόμησή του (classification). Μια άλλη προσέγγιση εποπτευόμενης μηχανικής εκμάθησης, με τεράστιες δυνατότητες, είναι η χρήση νευρωνικών δικτύων, τα οποία δεν πρέπει να συγχέονται ως προς τη χρήση τους με τα δίκτυα που αναφέραμε παραπάνω. Με την έννοια 'νευρωνικό δίκτυο' εννοούμε την προσομοίωση σε υπολογιστή της διάταξης των νευρώνων του εγκεφάλου μέσω της οποίας προσπαθούμε να υπολογίσουμε τις παραμέτρους μιας άγνωστης συνάρτησης η οποία, μετά την εκπαίδευση, χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση άγνωστων αντικειμένων. Η προέκταση αυτή, που αναφέρεται πλέον σαν βαθιά εκμάθηση (deep learning), περιλαμβάνει τη χρήση πολύπλοκων αρχιτεκτονικών δομών δικτύων που χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση και ταξινόμηση αντικειμένων σε εικόνες. Τα δίκτυα αυτά ονομάζονται συνελκτικά (Convolutional networks ή CNN, από την μαθηματική μέθοδο αναγνώρισης τμημάτων της εικόνας) και για την εκπαίδευσή τους χρειάζονται εκατοντάδες χιλιάδες ή εκατομμύρια εικόνες. Δεν είναι τυχαίο ότι τα πρώτα τέτοια δίκτυα κατασκευάστηκαν και εξελίσσονται πλέον από μεγάλες εταιρίες (Google, Microsoft, Amazon, κ.α). Σε όλες τις περιπτώσεις, το κλειδί της επιτυχίας της εκπαίδευσης είναι η ακρίβεια της δυνατότητας αναγνώρισης και ταξινόμησης που προσδιορίζεται με συγκεκριμένες μεθόδους.

Όπως είναι επόμενο οι μέθοδοι της τεχνητής νοημοσύνης έχουν τεράστιες εφαρμογές στις βιολογικές και βιοιατρικές επιστήμες. Ίσως θα μπορούσε κανείς, πολύ συνοπτικά, να τις χωρίσει σε δυο κύριες κατηγορίες. Πρώτον την Διαγνωστική-Συμβουλευτική και δεύτερον την Υποβοηθητική-Ρομποτική. Στην πρώτη κατηγορία CNN νευρωνικά δίκτυα μπορεί να εκπαιδευτούν για αναγνώριση συμπτωμάτων ασθενειών ή παθολογικών καταστάσεων με μεγάλη ακρίβεια ενώ εκπαιδευμένα

μοντέλα βασιζόμενα στο ιστορικό ασθενών μπορεί να προβλέψουν συγκεκριμένες παραμέτρους επιδημιολογικής σημασίας.

Στην δεύτερη κατηγορία, την ρομποτική, που μπορεί να χαρακτηριστεί ως προέκταση της τεχνητής νοημοσύνης, το εκπαιδευμένο μοντέλο λαμβάνει πληροφορίες και με βάση τα συμπεράσματα δίνει οδηγίες σε μηχανικά συστήματα (robot) για την εκτέλεση μιας εργασίας. Κλασικό παράδειγμα αποτελούν τα αυτοκαθοδηγούμενα οχήματα, οι αισθητήρες των οποίων αναγνωρίζουν τα σήματα του περιβάλλοντα χώρου (εικόνες) μέσω δικτύων CNN, και αποστέλλουν υπό μορφή σημάτων τις κατάλληλες οδηγίες για την λειτουργία των μηχανικών μερών. Με τον ίδιο τρόπο, ανάλογα συστήματα, είτε αυτόνομα είτε μερικώς καθοδηγούμενα έχουν ενσωματωθεί στην επεμβατική Ιατρική (χειρουργική) με εντυπωσιακά αποτελέσματα.

Όσον αφορά στις εργασίες μας στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης, το πρώτο σκέλος εκτείνεται στην δημιουργία μεθόδων ασφαλούς εκτίμησης αποτελεσμάτων ανίχνευσης παθογόνων. Ως γνωστόν, οι εκτιμήσεις αυτές (οι πρώτες μας προσεγγίσεις αφορούν οροδιαγνωστικές μεθόδους) πάσχουν από την έλλειψη μεθόδου προσδιορισμού των ουδών σχετιζόμενων με τα ψευδή θετικά και ψευδή αρνητικά που αναπόφευκτα συνοδεύουν κάθε διαγνωστική μέθοδο. Η γνώση της ουδού αυτής μας επιτρέπει, ανάλογα με το πρόβλημα που εξετάζουμε, να αποδεχούμε και τον τύπο του σφάλματος που μας συμφέρει. Για παράδειγμα για ένα φυτοπαθογόνο καραντίνας θα πρέπει να ελαχιστοποιήσουμε το ποσοστό των ψευδών αρνητικών (θετικά δείγματα που εμφανίζονται ως αρνητικά και διαφεύγουν) αποδεχόμενοι περισσότερα ψευδώς θετικά (αρνητικά δείγματα που εμφανίζονται ως θετικά), ενώ για την επιβεβαίωση ενός παθογόνου ρουτίνας, με περιορισμένη επιδημιολογική σημασία, μπορεί να ισχύσει το αντίστροφο. Χρησιμοποιώντας τεχνητή νοημοσύνη (εποπτευόμενη μηχανική εκμάθηση με λογιστική συνάρτηση) σε συνδυασμό με ανάλυση εικόνας σε επίπεδο εικονοστοιχείων (pixels), εκπαιδεύσαμε ένα μοντέλο με γνωστά δεδομένα εικόνας που προήλθε από διαδικασία ανίχνευσης ενός ιού σε μεμβράνη dotBlot-ELISA. Το μοντέλο αυτό αποδίδει αυτόματα τις ουδούς πιθανότητας σχετιζόμενες με συγκεκριμένες τιμές ψευδώς θετικών - ψευδώς αρνητικών, οι οποίες μπορούν να καθορίζονται ανά περίπτωση από το χρήστη. Με απλά λόγια το σύστημα λαμβάνει ως εισερχόμενο μια εικόνα dotBlot-ELISA και αποδίδει σε λίγα δευτέρα μια νέα εικόνα με τα θετικά και τα αρνητικά δείγματα (σε διαφορετικό χρωματισμό) με συγκεκριμένη τιμή πιθανότητας

ανίχνευσης. Η μέθοδος τελεί υπό έκδοση διπλώματος ευρεσιτεχνίας στον ΟΒΙ. Όπως αντιλαμβάνεστε, η προσέγγιση αυτή θέτει τις βάσεις για τη χρήση και σε άλλες διαγνωστικές μεθόδους, που είναι μέρος της επέκτασης της έρευνάς μας, και έχει μεγάλο ενδιαφέρον για τις εφαρμοσμένες βιολογικές και βιοϊατρικές επιστήμες.

Πώς θεωρείτε ότι μπορεί να ολοκληρωθεί η αγροπονική με την ιατροφαρμακευτική αντιμετώπιση μικροοργανισμών παθογόνων κοινού ιατρικού και αγροπονικού ενδιαφέροντος και τι προκλήσεις δημιουργεί αυτή η κοινότητα παθογόνων στην ανάπτυξη αντοχών στα αντιβιοτικά

Όπως είναι γνωστό τα φυτά προσβάλλονται από παθογόνα αλλά και ζωικούς εχθρούς (έντομα, ακάρεα, νηματώδεις κ.λπ.). Οι καλλιέργειες λόγω του ομοιόμορφου γονότυπου (στις περισσότερες περιπτώσεις όλα τα άτομα έχουν τον ίδιο ή σχεδόν ίδιο γονότυπο) είναι ιδιαίτερα ευάλωτες σε πολλά είδη παθογόνων, τα κυριότερα των οποίων είναι μύκητες, βακτήρια και ιοί. Για τον έλεγχο των παθογόνων και ζωικών εχθρών χρησιμοποιούνται τα λεγόμενα φυτοπροστατευτικά προϊόντα (κν. φυτοφάρμακα) που ανάλογα με τη δράση τους χωρίζονται σε μυκητοκτόνα, βακτηριοκτόνα, εντομοκτόνα κ.λπ. Σχετικά με αντιμετώπιση των παθογόνων οι βασικές αρχές είναι ίδιες με όσα προαναφέρθηκαν και έχουν δυο άξονες. Ο πρώτος είναι η πρόληψη και ο δεύτερος η λελογισμένη χρήση κατά την θεραπεία. Δυστυχώς, όσον αφορά την γεωργική πρακτική υστερούμε και στους δύο τομείς. Για παράδειγμα, βασική αρχή στην πρόληψη διαδραματίζει το πολλαπλασιαστικό υλικό το οποίο πρέπει να είναι εγγυημένο και απαλλαγμένο από παθογόνα, γεγονός που τις περισσότερες φορές δεν συμβαίνει. Κατά την θεραπεία, θα πρέπει εκτός των άλλων να λαμβάνεται υπόψη η βιολογία του παθογόνου, ώστε η επέμβαση να γίνεται τον κατάλληλο χρόνο με το μικρότερο δυνατόν κόστος και τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Δυστυχώς, όπως είναι γνωστό, για τον έλεγχο ασθενειών και εντόμων στις καλλιέργειες οι πρακτικές αυτές δεν εφαρμόζονται, με αποτέλεσμα να γίνεται αλόγιστη χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων με ό,τι αυτό συνεπάγεται για την ασφάλεια των τροφίμων και για το περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Εκτός όμως αυτών, ένα σημαντικό συνεπακόλουθο των πρακτικών αυτών με ιατρικό ενδιαφέρον είναι η δημιουργία ανθεκτικότητας μικροοργανισμών, ιδίως μυκήτων, σε ομάδες μυκητοκτόνων. Όπως είναι γνωστό, αρκετοί φυτοπαθογόνοι μύκητες μπορεί να είναι ευκαιριακά παθογόνα του ανθρώπου ή και ζώων και οι ανθεκτικές μορφές δημιουργούν ένα ακόμα μεγάλο πρόβλημα. Εί-

ναι κοινή λογική ότι η ενσωμάτωση ορθών πρακτικών στη γεωργία με αρχή την ουσιαστική εκπαίδευση των ενασχολούμενων θα έχει και τα επιθυμητά αποτελέσματα ελέγχου των παθογόνων.

Μπορείτε να παραθέσετε τις καλές πρακτικές όσον αφορά την χρήση αντιβιοτικών σε γεωπονική προοπτική, ώστε οι αναγνώστες να τη συσχετίσουν με αντίστοιχες πρακτικές ιατρικής, όπως πχ είναι η φαμακοεπιτήρηση?

Όπως είναι γνωστό, μεγάλες ομάδες φυτοπροστατευτικών προϊόντων (εντομοκτόνα, μυκητοκτόνα κ.λπ.) που χρησιμοποιούνταν κατά κόρον τις περασμένες δεκαετίες έχουν σταδιακά αποσυρθεί ή αποσύρονται και αυτό είναι μια καλή πρακτική για τη δημόσια υγεία. Στον πρωτογενή τομέα (ιχθυοκαλλιέργειες, ζωική παραγωγή κ.λπ) η χρήση αντιβιοτικών είναι μεγαλύτερη από ότι η χρήση τους στην Ιατρική. Ειδικότερα στην Γεωργία χρησιμοποιούνταν κατά κόρον πολλοί τύποι αντιβιοτικών για τον έλεγχο κυρίως βακτηριώσεων (στρεπτομυκίνη, οξυτετρακυκλίνη κ.λπ.) αλλά η χρήση τους έχει απαγορευθεί και στην θέση του χρησιμοποιούνται ορισμένα χαλκούχα σκευάσματα με μερικώς αντιβακτηριδιακή δράση, αντίστοιχα με τα αντισηπτικά στην Ιατρική. Τα αποτελέσματα της χρήσης αντιβιοτικών στην γεωργία σχετικά με την δημιουργία αντοχών σε παθογόνα βακτήρια του ανθρώπου δεν είναι απολύτως σαφή και σε χώρες όπως οι ΗΠΑ η χρήση τους επιτρέπεται. Απεναντίας η κτηνιατρική χρήση δημιουργεί αντοχή σε βακτήρια τα οποία μπορούν με διάφορους τρόπους να μεταδοθούν στο άνθρωπο (κρέας, αυγά κ.λπ.). Εξ όσων γνωρίζω, στη χώρα μας έχουν υπάρξει κατά καιρούς σχέδια για τον έλεγχο δημιουργίας αντοχής που περιλαμβάνει δράσεις χρήσης αντιβιοτικών στον πρωτογενή τομέα (π.χ. Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Αντιμετώπιση της Μικροβιακής Αντοχής στα Αντιβιοτικά και των Λοιμώξεων σε Χώρους Παροχής Υπηρεσιών Υγείας 2008 - 2012). Αλλά η εστιασμένη, στοχευμένη χρήση αντιβιοτικών μετά από διάγνωση εκδήλωσης φυτονόσου είναι ίσως το μεγάλο στοιχείο.

Ποιες είναι οι βασικές γεωπονικές προοπτικές της γενετικής καθοδηγούμενης χρήσης φυτοφαρμάκων, ώστε οι αναγνώστες να τη συσχετίσουν με αντίστοιχες στις ανθρωποκεντρικές επιστήμες υγείας

Στις ασθένειες των φυτών, ο τρόπος δράσης των οικονομικά σημαντικών παθογόνων (εκτός των ιών) όπως οι μύκητες και τα βακτήρια αφορά λύση της επιδερμίδας με εξειδικευμένους μηχανισμούς γονιδιακά καθορισμένης επικοινωνίας ξενιστή-παθογόνου, είσοδο του παθο-

γόνου στους μεσοκυττάρους χώρους και ενζυμική κατάλυση των κυτταρικών και ιστικών δομών του ξενιστή, τα προϊόντα της οποίας προσφέρουν το αναγκαίο υπόστρωμα για την ανάπτυξη των παθογόνων. Στα υποχρεωτικά παράσιτα γίνεται απομύζηση των κυττάρων του ξενιστή με ειδικά όργανα. Στους ιούς η είσοδος στα κύτταρα γίνεται είτε με εξειδικευμένους μηχανισμούς με φορείς έντομα, είτε με παθητική μηχανική λύση της φυτικής επιδερμίδας. Για τις κατηγορίες παθογόνων μυκήτων και βακτηρίων δεν γνωρίζω να είναι δόκιμη η εξειδικευμένη εκτίμηση της απόκρισης σε φυτοφάρμακα, κατ'αντιστοιχία με την Ιατρική Ακριβείας. Θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως εξειδικευμένη αντίδραση της αλληλεπίδρασης με φυτοπαθογόνα (phytoinfecto genomics) η γενετική τροποποίηση των φυτών, η οποία άρχισε την δεκαετία του '80 με γενική αρχή την ενσωμάτωση στο γονιδίωμα οικονομικά σημαντικών φυτών του γονιδίου της καψιδιακής πρωτεΐνης επιζήμιων για το φυτό αυτό ιών, τεχνική η οποία αποδεδειγμένα προσφέρει εξειδικευμένη προστασία της καλλιέργειας στους συγκεκριμένους ιούς. Είναι μια μέθοδος συγγενούς εμβολιασμού, αν προτιμάτε. Επίσης ως εξειδικευμένη επέμβαση πρόληψης θα μπορούσε να εκληφθεί και η σκόπιμη μόλυνση των φυτών μιας καλλιέργειας με ένα ήπιο στέλεχος (strain) ενός ιού, πρακτική που προσφέρει προστασία (δισταυρούμενη προστασία) έναντι επιθετικών (severe) στελεχών του ίδιου ιού, κάτι που παραπέμπει σε κοινού τύπου εμβολιασμό (attenuated strain vaccination). Η πρώτη μέθοδος εφαρμόζεται σε κράτη όπου επιτρέπεται η γενετική τροποποίηση φυτών (π.χ. ΗΠΑ, Κίνα, κ.ά.) ενώ η δεύτερη εφαρμόζεται παντού αλλά μόνο σε είδη φυτών για τα οποία υπάρχουν μη νοσογόνα, ή ελαφρώς νοσογόνα στελέχη ενός επικίνδυνου ιού.

Πώς βλέπετε την ολική μικροβιοματική βιοεπιτήρηση με γονιδιωματικές μεθόδους, σε επόμενα έτη, για την αποτροπή εισόδου φυτο- και ζωοπαθογόνων στην κοινότητα, είτε λόγω προϊόντων του πρωτογενούς τομέα είτε από συνήθη βιοεπαφή κατά την άσκηση καθημερινών διαδικασιών και συνθηκών (αναψυχής, όπως περίπατοι και εκδρομές, ή αγροτικές εργασίες)

Η εμφάνιση νέων παθογόνων με ενδημική ή πανδημική δυναμική δεν είναι ίδιον της εποχής μας, αλλά ως γνωστόν έχει συμβεί πολλάκις στο παρελθόν και θα συμβαίνει στο μέλλον κάθε φορά που οι συνθήκες ευνοούν την εξέλιξη, ανάπτυξη και μετάδοσή τους. Επειδή ίσως δεν είναι άμεσα αντιληπτή η σημασία της φυτοπροστασίας στην οικονομία και η αναγκαιότητα

λήψης προληπτικών μέτρων για έλεγχο των ασθενειών, επισημαίνω επιγραμματικά ως παράδειγμα το γνωστό γεγονός της κατάρρευσης του Γαλλικού αμπελώνα στα μέσα του 19^{ου} αιώνα λόγω εισόδου της φυλλοξήρας (μικρό μυζητικό έντομο των ριζών) στη Γαλλία. Η κατάρρευση αυτή συνετέλεσε σε έκρηξη των εξαγωγών της χώρας μας σε σταφίδα, σε οικονομική άνθιση, αλλά και στην σταφιδική κρίση της δεκαετίας του 1890 που προέκυψε με την ανάκαμψη του Γαλλικού αμπελώνα, που κόστισε την πολιτική σταδιοδρομία του Χαρ. Τρικούπη, και οδήγησε στο πρώτο μεγάλο μεταναστευτικό κύμα στην Αμερική στα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Πρόσφατο πρόβλημα σε εξέλιξη, τεράστια κοινωνικοοικονομικής σημασίας, αποτελεί η εμφάνιση του βακτηρίου της Ξυλέλλας (*Xylella fastidiosa*) στη Νότια Ιταλία που συνδέεται με την ταχεία ξήρανση ελαιόδεντρων και ο εν δυνάμει κίνδυνος εμφάνισής του στη χώρα μας.

Τα γεγονότα αυτά, που είναι μόνο ενδεικτικά, τονίζουν την σοβαρή επίπτωση των επιδημιών στην αγροτική οικονομία και την αναγκαιότητα γρήγορου εντοπισμού της εμφάνισης παθογόνων για την υιοθέτηση των απαραίτητων μέτρων για την πρόληψη εισόδου τους σε αμόλυντες περιοχές και περιορισμού της εξάπλωσής τους. Η βιοεπιτήρηση είναι πρωταρχικής αν όχι καθοριστικής σημασίας στις διαδικασίες αυτές.

Σήμερα, σε αντίθεση με προηγούμενες εποχές, υπάρχει η δυνατότητα ενσωμάτωσης νέων τεχνολογιών για τον εντοπισμό στον γεωργικό τομέα επιδημικών ασθενειών εν τη γενέσει τους και λήψη άμεσων μέτρων για την έγκαιρη καταστολή τους. Για αντιμετώπιση παρόμοιων προβλημάτων, όπως το επικίνδυνο βακτήριο της Ξυλέλλας που ανέφερα, θεωρώ αναγκαία την δημιουργία ενός ολοκληρωμένου ιεραρχημένου δικτύου παρακολούθησης της κατάστασης των ελαιώνων (μπορεί να επεκταθεί σε οποιοδήποτε καλλιέργεια) και ροής πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο από τα σημεία παρακολούθησης προς τις μονάδες εποπτείας και τα εργαστήρια αναφοράς/κόμβους ανάλυσης δεδομένων και λήψης αποφάσεων. Στο πρώτο επίπεδο ιεράρχησης βρίσκονται οι ενδιαφερόμενοι παραγωγοί, οι οποίοι, κατόπιν εκπαίδευσής τους παρακολουθούν και αποστέλλουν δομημένες πληροφορίες (φωτογρα-

φίες, ιστορικά κ.λπ.) αλλά και δείγματα όταν απαιτείται, στα κατά τόπους κέντρα επεξεργασίας ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Στα κέντρα αυτά, που αποτελούν το δεύτερο στάδιο του δικτύου και που θα μπορούσαν να είναι υπηρεσίες της περιφέρειας, γίνεται η ανάλυση των δειγμάτων σε επίπεδο RNA, DNA, ή και αντιγόνων με μικρές κινητές εργαστηριακές μονάδες που σήμερα είναι διαθέσιμες σε πολύ χαμηλές τιμές (PCR, DotBlot-ELISA). Οι κατά τόπους υπηρεσίες αναλύουν, κατόπιν εκπαίδευσής του κατάλληλου προσωπικού, τα δείγματα σε ελάχιστο χρόνο, και αποστέλλουν τα αποτελέσματα στα εργαστήρια αναφοράς που αποτελούν το τρίτο επίπεδο του δικτύου. Οι διαγνώσεις γίνονται στο τρίτο στάδιο και οι επεξεργασμένες πληροφορίες οδηγούνται υπό μορφή συστάσεων προς του παραγωγούς. Παράλληλα, οι περιοχές και η σχετική τους κατάσταση όσον αφορά στα αποτελέσματα (εμφάνιση παθογόνων, εχθρών κ.λπ.) εμφανίζονται σε χάρτη προσβάσιμο στους ενδιαφερομένους. Επί πλέον, οι πληροφορίες αρχειοθετούνται σε βάση δεδομένων, η οποία στο τέλος του χρόνου χρησιμοποιείται για περεταίρω αναλύσεις και εκπαίδευση των ενδιαφερομένων. Η αρχιτεκτονική του δικτύου είναι δομημένη κατά μονάδες οι οποίες θα μπορούσαν να προστεθούν ή αφαιρεθούν σύμφωνα με τις ανάγκες. Για παράδειγμα στο τρίτο επίπεδο, θα μπορούσε να γίνει σύνδεση μεταξύ περιφερειών (τέταρτο επίπεδο) για διαρκή ανταλλαγή πληροφοριών και συντονισμό ενεργειών.

Θεωρώ ότι η δημιουργία και λειτουργία μιας τέτοιας δομής έχει χαμηλό κόστος και παρέχει πολλαπλά οφέλη, όπως για παράδειγμα την ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών για αναγνώριση και διάγνωση προβλημάτων φυτοπροστασίας όπως προανέφερα (π.χ. μέσω μηχανικής εκμάθησης), την επί της ουσίας εκπαίδευση των παραγωγών, την άμεση γνώση της κατάστασης των περιοχών εποπτείας από άποψη ζωικών εχθρών και παθογόνων, τον προσδιορισμό μετώπων εξέλιξης παθογόνων ή εχθρών κ.λπ. Με βάση τα ανωτέρω, είναι προφανές ότι ένα παρόμοιο σε δομή αλλά ευρύτερο δίκτυο μπορεί να αποδώσει τα μέγιστα στον περιορισμό επιδημιών ή και σποραδικών κρουσμάτων ανθρώποφιλων ζωο- και φυτοπαθογόνων.

Σας ευχαριστούμε πολύ ●