

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ
ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ


100
1920-2021
ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ
ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ &
ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ



Η αειφορική γεωργία στην εποχή του 5G

Πρακτικά Ημερίδας



Επιμέλεια έκδοσης: Δημήτριος Μπουράνης

ISBN: 978-960-6806-30-8

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Πρακτικά Ημερίδας Η αειφορική γεωργία στην εποχή του 5G

12 Οκτωβρίου 2021

Editorial

Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας 5ης γενιάς, γνωστά ως 5G, αποτελούν πλέον μία πραγματικότητα για την Ελλάδα, και, όπως προβάλλεται, αυτή η τεχνολογική εξέλιξη αναμένεται να δημιουργήσει νέα δεδομένα και πολλές ευκαιρίες και στην χώρα μας. Αυτό δημιούργησε το ερώτημα ποια θα είναι τα νέα δεδομένα και οι ευκαιρίες για την Γεωργία και μάλιστα για την αειφορική Γεωργία.

Αυτό το ερώτημα και οι τρέχουσες διαστάσεις του θέματος προσεγγίστηκαν στην Ημερίδα που διεξήχθη διαδικτυακά στις 12 Οκτωβρίου 2021 στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, μέσα από τις παρουσιάσεις συναδέλφων και επιστημονικών ομάδων που δραστηριοποιούνται σε διάφορα ανοιχτά θέματα της ψηφιακής γεωργίας. Οι παρουσιάσεις εστίασαν τόσο στο βιολογικό υπόβαθρο της ψηφιακής γεωργίας και στα ψηφιακά εργαλεία που αξιοποιούνται, όσο και σε γεωργικές εφαρμογές που είναι σε εξέλιξη.

Συγκεκριμένα το υλικό που συγκεντρώθηκε κάλυψε τέσσερεις ενότητες: (1) το βιολογικό υπόβαθρο της ψηφιακής γεωργίας, (2) τα ψηφιακά εργαλεία, (3) τις εφαρμογές στην γεωργική πράξη και (4) την συμβολή του 5G.

Παράλληλα διαπιστώθηκε ότι διαχρονικά έχουν εμφανιστεί διάφοροι ορισμοί τόσο για την Γεωργία Ακριβείας, όσο και για την Ψηφιακή Γεωργία, την Έξυπνη ή Ευφυή Γεωργία, και την Ηλεκτρονική Γεωργία, οι οποίοι συγκεντρώθηκαν και παρουσιάζονται σε σχετικό άρθρο.

Τα πρακτικά της Ημερίδας φιλοξενούν τις περιλήψεις των παρουσιάσεων των ομιλητών, την παράθεση των ορισμών, και μία συλλογή από πλήρη άρθρα της θεματολογίας που παρουσιάστηκε.

Η Ημερίδα συνδιοργανώθηκε από το Ινστιτούτο Θρέψης Φυτών και Ποιότητας Εδάφους του ΓΠΑ, την Ελληνική Γεωργική Ακαδημία, το Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής του ΓΠΑ και το Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής του ΓΠΑ.

Το υλικό της Ημερίδας (πρόγραμμα, video, και πρακτικά) φιλοξενείται στον ιστότοπο που διατέθηκε από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών:
<https://5gconference.aua.gr/>

Ευχαριστούμε θερμά τα στελέχη του Τμήματος Δικτύων Διαδικτύου του Ιδρύματος για την διαδικτυακή υποστήριξη της Ημερίδας, καθώς και την κ. Ανδριανή Τζανάκη και τον κ. Γεώργιο Στυλιανίδη για την τεχνική υποστήριξη κατά την διεξαγωγή της Ημερίδας.

Η Οργανωτική Επιτροπή

Δημήτριος Μπουράνης
Στυλιανή Χωριανοπούλου
Ιωάννης Μάσσας
Ηλίας Ελευθεροχωρινός
Νικόλαος Συγριμής
Επαμεινώνδας Παπλωματάς
Χρήστος Καραβίτης
Ιωάννης Αργυροκαστρίτης

ISBN: 978-960-6806-30-8

Copyright: Ινστιτούτο Θρέψης Φυτών και Ποιότητας Εδάφους ΓΠΑ

Ιστότοπος: <https://5gconference.aua.gr/>

Παρουσιάσεις

1^η Ενότητα

Το βιολογικό υπόβαθρο της ψηφιακής γεωργίας

Γεώργιος Λιακόπουλος (σελ. 9, 41)

Το φυσιολογικό υπόβαθρο των φασματοσκοπικών μετρήσεων στα πλαίσια της γεωργίας ακριβείας

Άρης Κυπαρίσσης (σελ. 10, 51)

Εξ' αποστάσεως γεωργία: πραγματικότητα ή επιστημονική φαντασία;

Ηλίας Ελευθεροχωρινός (σελ. 11, 59)

Γεωργία ακριβείας στη διαχείριση ζιζανίων: Είναι ακριβής, ακριβή, εφικτή ή στόχος προσέγγισης;

Δημήτριος Τσιτσιγιάννης (σελ. 12)

Ευφυή συστήματα διάγνωσης ασθενειών των φυτών

2^η Ενότητα

Τα ψηφιακά εργαλεία

Νικόλαος Συγριμής (σελ. 13, 67)

Σοφή Γεωργία

Δημήτριος Λουκάτος (σελ. 15, 71)

Καινοτόμες Ψηφιακές Τεχνολογίες και Γεωργία: Προσεγγίσεις Προσιτότερες Οικονομικά και Ελκυστικότερες Εκπαιδευτικά

Διονύσιος Καλύβας (σελ. 16)

Η χωρική διάσταση της Ψηφιακής Γεωργίας στην εποχή του 5G: Γεωπληροφορική, Γεωχωρικές τεχνολογίες- δεδομένα και Χωρική Ανάλυση

Σπυρίδων Φουντάς (σελ. 17, 77)

Ευφυή ψεκαστικά μηχανήματα

Θωμάς Μπαρτζάνας (σελ. 18)

Μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος συστημάτων παραγωγής σε ελεγχόμενες συνθήκες με τη χρήση νέων τεχνολογιών

Νικόλαος Δαλέζιος (σελ. 19)

Δορυφορική μεθοδολογία εκτίμησης και παρακολούθησης αρδευτικών αναγκών σε νερό για ετήσιες μεσογειακές καλλιέργειες

3^η Ενότητα **Εφαρμογές στην γεωργική πράξη**

Αντώνιος Τσαγκαράκης (σελ. 20, 83)

Χρήση των μη επανδρωμένων αεροσκαφών στην αντιμετώπιση επιβλαβών φυτοφάγων εντόμων: Οι περιπτώσεις του δάκου της ελιάς και των ακρίδων

Διονύσιος Περδίκης (σελ. 22)

Σύστημα ηλεκτρονικής παρακολούθησης και αντιμετώπισης του δάκου της ελιάς και της μύγας των φρούτων - Υπηρεσίες και προοπτικές

Γαρυφαλιά Οικονόμου (σελ. 24)

Οι νέες τεχνολογίες στην αποτύπωση των φυτογενετικών πόρων: Η περίπτωση των Φαρμακευτικών Αρωματικών Φυτών

Διονύσιος Καλύβας (σελ. 25)

Ψηφιακά Γεωχωρικά Παρατηρητήρια Γεωργικών Καλλιεργειών - Η περίπτωση της ζώνης ΠΟΠ Νεμέας

Αλέξανδρος Ασσαριωτάκης (σελ. 26)

Αξιολόγηση της επίδρασης διαφορετικών επιπέδων αζωτούχου λίπανσης σε καλλιέργεια ρίγανης (*Origanum x intercedens*) και παρακολούθηση της φυτείας με τη χρήση Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων

Νικόλαος Δέρκας (σελ. 27)

Ανάπτυξη μεθοδολογιών και εργαλείων για τον έλεγχο της αζωτούχου λίπανσης και του νερού σε καλλιέργειες

4^η Ενότητα **Η συμβολή του 5G**

Αλέξανδρος Σιδερίδης (σελ. 28)

Ο 5G μετασχηματισμός της Ευφυούς Γεωργίας

Χρίστος Καραβίτης (σελ. 30)

Ευφυής Διαχείριση Υδάτων από το 1G στα 5G

Περιεχόμενα

Editorial	1
Θεματολογία παρουσιάσεων	3
Ομιλητές	6
Περίληψεις παρουσιάσεων	7
Πλήρη άρθρα	33
Παράθεση ορισμών	35
Ευρετήριο συγγραφέων	89

Ομλητές

Γεώργιος Λιακόπουλος	gliak@aua.gr
Άρης Κυπαρίσσης	akypar@uth.gr
Ηλίας Ελευθεροχωρινός	eleftero@agro.auth.gr
Δημήτριος Τσιτσιγιάννης	dimtsi@aua.gr
Νικόλαος Συγριμής	ns@aua.gr
Δημήτριος Λουκάτος	dlouka@aua.gr
Διονύσιος Καλύβας	kalivas@aua.gr
Σπυρίδων Φουντάς	sfountas@aua.gr
Θωμάς Μπαρτζάνας	t.bartzanas@aua.gr
Νικόλαος Δαλέζιος	dalezios.n.r@gmail.com
Αντώνιος Τσαγκαράκης	atsagarakis@aua.gr
Διονύσιος Περδίκης	dperdikis@aua.gr
Θεόδωρος Τσιλιγκιρίδης	tsili@aua.gr
Γαρυφαλλιά Οικονόμου	economou@aua.gr
Αλέξανδρος Ασσαριωτάκης	assariotakis@aua.gr
Νικόλαος Δέρκας	ndercas1@aua.gr
Αλέξανδρος Σιδερίδης	as@aua.gr
Χρίστος Καραβίτης	ckaravitis@aua.gr

Περίληψεις Παρουσιάσεων

Το φυσιολογικό υπόβαθρο των φασματοσκοπικών μετρήσεων στα πλαίσια της γεωργίας ακριβείας

Γεώργιος Λιακόπουλος

Εργαστήριο Φυσιολογίας και Μορφολογίας Φυτών, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής,
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Η πληροφορία που παρέχεται μέσω της αλληλεπίδρασης της ακτινοβολίας (ανακλώμενης, απορροφούμενης ή εκπεμπόμενης) με την ύλη (φυτικοί ιστοί) αξιοποιείται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια για την παρακολούθηση της φυσιολογικής κατάστασης των καλλιεργούμενων φυτών. Ενώ παλαιότερα οι μετρήσεις ήταν ελάχιστα πληροφοριακές και μόνο υπό αυστηρά εργαστηριακές συνθήκες, πλέον εξελιγμένες τεχνικές παρέχουν πληροφορίες για πληθώρα παραμέτρων σχετιζόμενες με τη φωτοσύνθεση, την πυκνότητα και το είδος της βλάστησης την παραγωγικότητα, τη συγκέντρωση χλωροφύλλης και την απορρόφηση ακτινοβολίας, τις υδατικές σχέσεις, την επάρκεια θρεπτικών στοιχείων, τις ασθένειες, κ.ά. ακόμη και υπό συνθήκες αγρού. Οι τεχνικές αυτές στηρίζονται στην φασματική υπογραφή του ανακλώμενου φωτός καθώς αυτή τροποποιείται από τις αδρές οπτικές ιδιότητες, τη σύσταση σε χρωστικές και άλλες οπτικές και βιοχημικές ιδιότητες των φυτικών επιφανειών καθώς επίσης και στην εκπομπή φθορισμού από τις χλωροφύλλες της φωτοσυνθετικής συσκευής. Συνδυαζόμενες οι τεχνικές αυτές μας παρέχουν πληροφορίες για το είδος και το επίπεδο της καταπόνησης που ενδεχομένως υφίστανται τα φυτά μιας καλλιέργειας ή ενός φυσικού οικοσυστήματος δίνοντάς μας ταυτόχρονα τη δυνατότητα να επέμβουμε στα πλαίσια της γεωργίας ακριβείας.

Εξ' αποστάσεως γεωργία: πραγματικότητα ή επιστημονική φαντασία;

Άρης Κυπαρίσσης

Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής Και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,
Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Στη διάρκεια των δυο τελευταίων δεκαετιών έχει επιτευχθεί αλματώδης πρόοδος στον τομέα της τηλεπισκόπησης, με ποικίλες εφαρμογές σε διάφορα επιστημονικά πεδία. Όσον αφορά την παρατήρηση της βλάστησης, ένα πλήθος οργάνων μέτρησης και αισθητήρων παρέχουν τη δυνατότητα καταγραφής πληροφοριών από απόσταση, με μεγάλο εύρος χωρικής και χρονικής ανάλυσης. Το είδος και η ανάλυση της καταγραφόμενης πληροφορίας βελτιώνεται διαρκώς σε αντιστοιχία με τις τεχνολογικές εξελίξεις, ενώ ποικίλει ανάλογα με την απόσταση των διαφόρων αισθητήρων από την κόμη των φυτών, η οποία μπορεί να κυμαίνεται από λίγα μέτρα (UAVs, robots, κ.α.) έως μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα (δορυφορική τηλεπισκόπηση). Παράλληλα, σημαντικές εξελίξεις εκτυλίσσονται σε διάφορους τομείς της πληροφορικής: γρήγορα δίκτυα (5G), διαδίκτυο των πραγμάτων (internet of things), μηχανική μάθηση (machine learning). Ο συνδυασμός των δυο αυτών επιστημονικών τομέων φαίνεται πολλά υποσχόμενος, ειδικά στο πλαίσιο της γεωργίας ακριβείας και υπό το πρίσμα της παγκόσμιας κλιματικής κρίσης και του υπερπληθυσμού. Που βρισκόμαστε αυτή τη στιγμή και τι περιμένουμε στο μέλλον;

**Γεωργία ακριβείας στη διαχείριση ζιζανίων:
Είναι ακριβής, ακριβή, εφικτή ή στόχος προσέγγισης;**

Ηλίας Ελευθεροχωρινός

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ), Τμήμα Γεωπονίας
Ομότιμος καθηγητής

Η γεωργία ακριβείας στη διαχείριση των ζιζανίων, δηλαδή η αντιμετώπιση των ζιζανίων μέσω εξοπλισμού προηγμένης (ψηφιακής/ευφυούς) τεχνολογίας δεν έτυχε της αναμενόμενης υιοθέτησης. Αυτό πιθανώς οφείλεται στην αδυναμία τεκμηρίωσης των δυνατοτήτων της τεχνολογίας στην πράξη για ανίχνευση-αναγνώριση-ταυτοποίηση των ζιζανίων, χαρτογράφηση της χωρικής τους κατανομής, λήψη κατάλληλης απόφασης, χωρική εφαρμογή του κατάλληλου ζιζανιοκτόνου ή άλλης μεθόδου ανάλογα με το είδος (ευαισθησία), το στάδιο και την πυκνότητα (ανταγωνισμός) των ζιζανίων εντός της καλλιέργειας. Η αδυναμία αυτή, όπως είναι φυσικό, καθιστά την επιδιωκόμενη επακριβή χωρική εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων και την ως εκ τούτου προσδοκώμενη σημαντική μείωση του κόστους παραγωγής και της ρύπανσης του περιβάλλοντος ως στόχους ανέφικτους. Οι διαπιστώσεις αυτές, σε συνδυασμό με το υψηλό κόστος αγοράς του εξοπλισμού, ανάλυσης και επεξεργασίας δεδομένων, εκμάθησης και χρήσης της τεχνολογίας, κλόνισαν την εμπιστοσύνη και το ενδιαφέρον των γεωργών για εφαρμογή. Η κατάσταση αυτή καθιστά αναγκαία τη βελτίωση της τεχνολογίας ως προς τη διάγνωση και τη χαρτογράφηση της χωρικής παραλλακτικότητας των ζιζανίων, την ευκολία χρήσης του εξοπλισμού, αλλά κυρίως τη συνεργασία μεταξύ των ειδικών της τεχνολογίας και των εχόντων επιστημονική γνώση σχετικώς με τη φυτική παραγωγή. Αυτό αναμφίβολα θα συμβάλλει στην αποτελεσματικότερη και οικονομικότερη αξιοποίηση των πραγματικών δυνατοτήτων του εξοπλισμού της γεωργίας ακριβείας και στην ως εκ τούτου επίλυση χρονιζόντων προβλημάτων της γεωργίας και ειδικότερα της διαχείρισης των ζιζανίων.

Ευφυή συστήματα διάγνωσης ασθενειών των φυτών

Δ. Τσιτσιγιάννης, Σ. Φουντάς, G. Polder, Γ. Ξανθόπουλος, S. Taylor, P. Blok, J. Peller, N. Μυλωνάς, Λ. Αθανασάκος, Μ. Ηλιάδη, Ν. Μαστροδήμος, Δ. Λέντζου, Χ. Τεμπλαλέξης, Κ. Γιαννούκος, Σ. Γιαννούκος, Χ. Λαγογιάννη

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Η ευφυής γεωργία ή γεωργία ακριβείας είναι ένα σύστημα διαχείρισης καλλιεργειών βασισμένο στη χωρική και χρονική παραλλακτικότητα των καλλιεργητικών και εδαφικών παραγόντων στον αγρό προς όφελος του παραγωγού και του περιβάλλοντος. Το σύστημα αυτό στοχεύει στην επίτευξη σταθερών συστημάτων ανάλυσης σε πραγματικό χρόνο για τις μεταβλητές των καλλιεργειών, του εδαφικού συστήματος και του περιβάλλοντος, προκειμένου να διευκολυνθεί η λήψη αποφάσεων όσον αφορά τη διαχείριση. Παράλληλα, η εμφάνιση ασθενειών στα φυτά εξαρτάται από συγκεκριμένους περιβαλλοντικούς παράγοντες (ατμοσφαιρική, εδαφική υγρασία και θερμοκρασία, κ.α.) και συχνά εμφανίζουν ετερογενή κατανομή στον αγρό αλλά και εποχική διακύμανση συμπτωμάτων. Τεχνικές οπτικής ανίχνευσης σε συνδυασμό με συστήματα GPS θα μπορούσαν να αποδειχθούν χρήσιμα «εργαλεία» για τον εντοπισμό πρωτογενών εστιών των ασθενειών και περιοχών που διαφέρουν ως προς τη σοβαρότητα (ένταση και έκταση) της ασθένειας. Σε συνδυασμό με δοκιμασμένες και προηγμένες μεθόδους ανάλυσης εικόνας και δεδομένων, αυτές οι τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε στρατηγικές ολοκληρωμένης διαχείρισης ασθενειών των φυτών. Στο πλαίσιο ερευνητικών προγραμμάτων διερευνούμε την ανάπτυξη καινοτόμων μεθόδων διάγνωσης σοβαρών ασθενειών των φυτών όπως ο περονόσπορος της αμπέλου, το φουζικλάδιο της μηλιάς, η αλτερναρίωση των καρότων, οι σήψεις βοτρυών αμπέλου και κελυφωτών φιστικιών από μυκοτοξικογόνους μύκητες, με διάφορες οπτικές, θερμικές και φασματικές κάμερες και περαιτέρω ανάλυση των εικόνων με συστήματα ανάλυσης εικόνας και τεχνητής νοημοσύνης. Επίσης, αυτόνομα και συνδυασμένα συστήματα φασματομετρίας μάζας (MS) (π.χ. φασματομετρία μάζας χρόνου πτήσης και αέρια χρωματογραφία συνδυασμένη με φασματομετρία μάζας) και φορητή φασματομετρία μάζας με μεμβράνη εισόδου (MIMS) χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά για την ανίχνευση και παρακολούθηση, τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά, πτητικών εκπομπών από σταφύλια που έχουν μολυνθεί από το μύκητα *A. carbonarius* (όξινη σήψη) και τις καρκινογόνες ωχρατοξίνες. Τα αποτελέσματα από την τρέχουσα έρευνα αλλά και παρόμοιες στη διεθνή βιβλιογραφία συγκλίνουν στην άποψη ότι τα ευφυή συστήματα διάγνωσης μπορούν να αποτελέσουν σημαντικά εργαλεία στην έγκαιρη διάγνωση αλλά και στην ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των ασθενειών των φυτών αλλά και των καρπών.

Σοφή Γεωργία

N. Συγριμής

Ομ. Καθ ΓΠΑ, Geosmart AUA spinoff CTO

Δεδομένης σήμερα της πολυδιάστατης τεχνολογίας που είναι διαθέσιμη στον κάθε άνθρωπο, και μιλάμε για Αειφορία των εξελικτικών δράσεων (Πόλεις, Βιομηχανία, Γεωργία) και των προκλήσεων της τεχνολογίας 5G (<https://www.yumpu.com/kiosk/infocom/infocom-271/65561218> /σελ 14-19/, ομοίως πρέπει να μιλάμε και για την Αειφορία της Ψηφιοποίησης, όπως έχει εκφραστεί στις προτεραιότητες του ΟΗΕ (SDG30).

A. Αειφορική Πρωτογενής Παραγωγή (*Sustainable Development of Agriculture*)

A.1 Γεωργία. Η Γεωργία, ως πρωτογενής παραγωγή τροφίμων και με τις προβλεπόμενες ανάγκες του πληθυσμού του πλανήτη, έχει αποκτήσει τη δεύτερη, μετά το ICT, σημαντικότητα στην κλιμακα των βιομηχανικών τάσεων του κόσμου. Σήμερα επιπρόσθετα με την επερχόμενη κλιματική αλλαγή έχει λάβει την πρώτη θέση στην Έρευνα και την επιχειρηματική δραστηριότητα άλλα απασχολεί σοβαρά και την Πολιτική για την εξασφάλιση βιώσιμης ανάπτυξης και κοινωνικής ασφάλειας.

A.2 Γεωργία Ακριβείας. Οι όροι «Έξυπνη=στατικό έμπειρο σύστημα», «Ευφυής=εξελισσόμενη/ evolutionary» και «Σοφή» Γεωργία αφορούν την εξέλιξη της Γεωργίας Ακριβείας (www.geosmart.gr/An%20invited%20interview%20with%20Sigrimis.pdf) προς την σωστή «αιφορική» κατεύθυνση, που βασιζονται περισσότερο στα έξυπνα αισθητήρια (sensors for speaking plants". Το 2025 θα έχουμε 25δισ ΙOT /η 65δισ\$/ εκ των οποίων το 23% θα είναι στην Ευφυή Γεωργία (15b\$ Γεωργια4.0) και το 77% αφορά τις έξυπνες πόλεις και την Βιομηχανία4.0.

A.3 Σοφή Γεωργία. Η Σοφή Γεωργία (Wise Agriculture M. Wang & N Sigrimis CAU, 2016) επαφίεται κατ αρχήν στην Γνώση και συγκεκριμένα στην Ευφυή Γεωργία αλλά και στην Πολιτική, που θέτει επίκαιρες Πολιτικές για να οδηγούν σε «σωστά κριτήρια αποφάσεων» των επενδυτικών (Sustainable Development) αλλά και των real time αποφάσεων ελέγχου των ευφυών συστημάτων, για την ολιστική καθημερινή διαχείριση της παραγωγής «μέχρι το πιάτο=seed to plate». Τούτο επιβάλλει την διαμόρφωση «Οικοσυστημάτων» που θα εξασφαλίζουν την επιτυχία των συστημάτων εφαρμογής με οδηγό το όφελος του «ανθρώπου-καταναλωτή» /Ο Ευφυής δεν είναι και Σοφός/. Γι' αυτό και η Γεωπονική Επιστήμη «βοηθά τον Παραγωγό για να ωφελήσει τον Καταναλωτή».

Η Σοφή Γεωργία για την Ελλάδα! Η Ψηφιακή Γεωργία πρέπει να αναδομήσει τόσο την Αειφορική (Περιβάλλον, Κοινωνικά, Οικονομικά!) απόδοση της Παραγωγής όσο και την βελτίωση της κοινωνικο-οικονομικής θέσης του Έλληνα Αγρότη και τις Εξαγωγές. Τα Πανεπιστήμια και Ερευνητικά Ιδρύματα ασφαλώς και πρέπει, στο πλαίσιο της Ευφυΐας της Σοφής Γεωργίας, να εκτελούν ερευνητικά έργα με κυρίαρχο στόχο α) την επίλυση προβλημάτων (πχ Hydroponics for Maximal Greenhouse Production and Environmental footprint, Drones and smart Plant Pest Protection <https://www.ertflix.gr/ert1/themata/drones-stin-ypiresia-ton-agroton-se-elaiones-kai-ampelones/>) και συνεχή βελτίωση της αποδοτικότητας των φυσικών «πηγών» (*more crop per drop*, HORTIMED, FLOW-AID,) και β) την ΑΜΕΣΗ εφαρμογή αποτελεσμάτων και διάδοση «προς Όλους» - *Research ROI* (MACQU https://www.aua.gr/ns/product/macqu/product_home.htm), πράγμα το οποίο η Ψηφιοποίηση πρέπει να επιλύσει δίνοντας τα κατάλληλα εργαλεία στο οικοσύστημα Υποστήριξης.

A.4 Προβλήματα Έξυπνης Τεχνολογίας AI (IOT and Business Intelligence Problems). Απο έρευνα προέκυψε ότι το 70% των εφαρμογών έξυπνων ΙOT αποτυγχάνει διότι, 1. Η Κουλτούρα, του προσωπικού που καλείται να εφαρμόσει δεν έχει την απαραίτητη

«κουλτούρα» 2. Τεχνολογία ανώριμη. 3. Ηθική και Ασφαλεία. Ηθική προσέγγιση του καταναλωτή να κερδίσουν την εμπιστοσύνη (trust) του, και την αποδοχή του χρήστη. **Η Τεχνολογία και η Κοινωνία**. Η Τεχνολογική εξέλιξη πρέπει να σέβεται την ανθρωποκεντρική αρχή, διότι η εξέλιξη αυτή αφορά, όχι την τεχνολογία, αλλά την πορεία του ανθρώπινου είδους. Σήμερα η έρευνα και η εξέλιξη των Ευφυών συστημάτων έχει δώσει πολλές «αφορμές» για την εφαρμογή **Ηθικών Αρχών της Τεχνολογίας (HAT)** σε όλα τα στάδια (σχεδιασμού, ανάπτυξης, ολοκλήρωσης και της χρήσης των ευφυών συστημάτων).

B. Διακυβέρνηση Τεχνολογίας (Technology Governance)

Καινοτόμες Ψηφιακές Τεχνολογίες και Γεωργία: Προσεγγίσεις Προσιτότερες Οικονομικά και Ελκυστικότερες Εκπαιδευτικά

Δημήτριος Λουκάτος, Κωνσταντίνος Αρβανίτης

Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής – ΓΠΑ

Η ραγδαία ανάπτυξη των ψηφιακών τεχνολογιών έχει οδηγήσει σε συστήματα εξαιρετικών δυνατοτήτων που διατίθενται σε πολύ προσιτό κόστος. Παράλληλα, οι τεχνικές προγραμματισμού παρόμοιων συστημάτων έχουν εξελιχθεί και έχουν γίνει ιδιαίτερα «φιλικές» για το μη εξοικειωμένο χρήστη. Μπορούν συνεπώς να προκύψουν με εύκολο σχετικά τρόπο συστήματα τα οποία μπορούν να συνδράμουν ουσιαστικά στην ανάπτυξη της γεωργίας μέσα από την αποτελεσματικότερη παρακολούθηση του περιβάλλοντος των φυτών αλλά και τη λήψη συναφών αποφάσεων και ενεργειών. Οι εμπλεκόμενοι, ερευνητές, φοιτητές, αγρότες-παραγωγοί και επαγγελματίες γεωπόνοι οφείλουν να είναι ενήμεροι και εξοικειωμένοι με τις νέες λύσεις και να μπορούν γόνιμα να τις εφαρμόσουν στην σύγχρονη γεωργική πρακτική.

Υπό το πρίσμα αυτό, στα πλαίσια της συγκεκριμένης παρουσίασης, σκιαγραφούνται μερικές από τις ψηφιακές εκείνες τεχνικές που δοκιμάστηκαν από την ομάδα μας και οδήγησαν σε ενθαρρυντικά ευρήματα. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφονται αυτοσχέδια ρομποτικά οχήματα που κατασκευάστηκαν και αξιολογήθηκαν, τα οποία έχουν ημι-αυτόνομα χαρακτηριστικά, είναι ικανά να μεταφέρουν ελαφριά φορτία και να επιτελούν μετρήσεις διαγνωστικού χαρακτήρα σχετικές με το περιβάλλον των φυτών, ή/και να προβαίνουν σε ψεκασμούς επί αυτών. Είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον να τονίσει κανείς πόσο ακριβή και προσιτά οικονομικά αισθητήρια μπορεί κανείς να προμηθευτεί και να τα συνδυάσει μεταξύ τους. Παράλληλα, αναλύονται οι δυνατότητες κόμβων μέτρησης και δράσης που έχουν αναπτυχθεί στο πειραματικά στο Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής. Τέλος τονίζονται ορισμένες πρακτικές ώστε η τεχνογνωσία αυτή να είναι γόνιμη εκπαιδευτικά για τους τωρινούς φοιτητές και μελλοντικούς γεωργικούς μηχανικούς.

Η χωρική διάσταση της Ψηφιακής Γεωργίας στην εποχή του 5G: Γεωπληροφορική, Γεωχωρικές τεχνολογίες - δεδομένα και Χωρική Ανάλυση

Διονύσιος Καλύβας

Ερευνητική Μονάδα GIS ΓΠΑ, Τομέας Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας, Τμήμα
Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής

Η ψηφιακή γεωργία (digital agriculture) αναφέρεται σε τεχνολογίες-εργαλεία που συλλέγουν, αποθηκεύουν, αναλύουν και μοιράζονται ψηφιακά δεδομένα ή/και πληροφορίες κατά μήκος της αλυσίδας της γεωργικής παραγωγής, και συνολικά όλων των δραστηριοτήτων του πρωτογενούς τομέα, με κύριο στόχο την βελτίωση της παραγωγής των τροφίμων.

Η γεωργία (αλλά και η κτηνοτροφία, αλιεία, κλπ.) ασκείται σε κάποια περιοχή, είναι συνυφασμένη δηλαδή με τη χωρική διάσταση. Γενικά η γεωργική παραγωγή εμφανίζει χωρική παραλλακτικότητα, δεδομένου ότι οι συντελεστές της, ιδιαίτερα οι αβιοτικοί παράγοντες, όπως το έδαφος και το κλίμα, μεταβάλλονται σε κάποιο βαθμό από θέση σε θέση. Οι γεωργικές δραστηριότητες επομένως διαφοροποιούνται και εξειδικεύονται από θέση σε θέση για να αντιμετωπίσουν αυτές τις χωρικές διαφορές.

Οι ψηφιακές τεχνολογίες που διαχειρίζονται απολύτως ικανοποιητικά την χωρική διάσταση της γεωργίας, και γενικότερα του πρωτογενούς τομέα, είναι τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) ή γενικότερα η Γεωπληροφορική. Όλα τα δεδομένα (που χαρακτηρίζονται ως γεωχωρικά αφού συνοδεύονται από συντεταγμένες), από οποιοδήποτε τεχνολογικό μέσο και εάν προέρχονται (π.χ. επίγειοι και εναέριοι αισθητήρες κλιματολογικών και εδαφολογικών παραμέτρων, ορατού - μη ορατού – υπέρυθρου, θερμικού, δορυφόροι, drones, κλπ.), μεταφέρονται (π.χ ασύρματα συστήματα ψηφιακής επικοινωνίας -mobile, broadband, lower-power wide-area networks – LPWAN), αποθηκεύονται σε Γεωβάσεις και αναλύονται και χωρικά (επεξεργασίες μεγάλου όγκου δεδομένων, τοπολογικές αναλύσεις, χωρικές στατιστικές αναλύσεις και χωρική μοντελοποίηση).

Ανέκαθεν οι ασχολούμενοι με τις γεωργικές δραστηριότητες γνώριζαν τις χωρικές διαφοροποιήσεις στην γεωργική παραγωγή, προσπαθούσαν να τις κατανοήσουν και να τις εξηγήσουν και στη συνέχεια να εφαρμόσουν με ΑΚΡΙΒΕΙΑ κάθε γεωργική δραστηριότητα και συγκεκριμένα το που (ΧΩΡΙΚΗ), το πότε (ΧΡΟΝΙΚΗ) καθώς και με τι ένταση ή και ποσότητα (ΠΟΣΟΤΙΚΗ). Η χωροχρονική και ποσοτική αυτή ακρίβεια, βελτιώνεται σήμερα συνεχώς καθώς εξελίσσονται οι τεχνολογίες των αισθητήρων και οι τεχνολογίες μετάδοσης-μεταφοράς των γεωχωρικών δεδομένων και των πληροφοριών που τελικά εξέρχονται από τις γεωβάσεις μετά από επεξεργασίες τους από τα χωρικά συστήματα λήψης απόφασης. Βασικό χαρακτηριστικό αυτής της βελτίωσης είναι η ραγδαία αύξηση του όγκου των ψηφιακών γεωχωρικών δεδομένων που μετακινούνται από και προς το χωράφι. Η σε πραγματικό χρόνο συλλογή και αμφίδρομη αυτή μετάδοση των ψηφιακών γεωχωρικών πληροφοριών (IoT - Γεωργία 4.0) αλλά και η εφαρμογή της Γεωργίας 5.0 (τεχνητή νοημοσύνη και ρομποτική), έχει ως σημαντικό σύμμαχο την καταλυτική συνεισφορά της τεχνολογίας 5G.

Ανάπτυξη Συστήματος Ψεκαστικού Ακριβείας

Σ. Φουντάς, Δ. Τσιτσιγιάννης, Ν. Μυλωνάς, Λ. Αθανασάκος, Ι. Αυγουστάκης

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος χρηματοδότησης “Horizon 2020”, το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών συμμετέχει ως συντονιστής στο έργο “OPTIMA”. Στόχος του ερευνητικού αυτού προγράμματος είναι να δημιουργηθούν «έξυπνα» ψεκαστικά μηχανήματα τα οποία θα συνδυάζουν έναν αριθμό πληροφοριών από αισθητήρες και μετεωρολογικά δεδομένα και θα διαχειρίζονται πλήρως τις μεταχειρίσεις στις καλλιέργειες, αξιοποιώντας παράλληλα βιολογικά προϊόντα φυτοπροστασίας. Με αυτό τον τρόπο, το έργο στοχεύει στην ελαχιστοποίηση της χρήσης φυτοπροστατευτικών (άρα και των αρνητικών συνεπειών που έχουν αυτά για το περιβάλλον) αλλά και στη μεγιστοποίηση της ποιότητας και της ποσότητας του παραγόμενου προϊόντος. Τα μηχανήματα αυτά θα απαιτούν από τον παραγωγό μόνο τον γεωγραφικό προσδιορισμό του χωραφιού σε μια ειδικά διαμορφωμένη online πλατφόρμα, και το χειρισμό του τρακτέρ. Τα πρωτότυπα ψεκαστικά μηχανήματα έχουν δημιουργηθεί και βρίσκονται ήδη σε πραγματικούς αγρούς για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς τους, με τα πρώτα δείγματα να είναι ενθαρρυντικά σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους.

Μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος συστημάτων παραγωγής σε ελεγχόμενες συνθήκες με τη χρήση νέων τεχνολογιών

Θωμάς Μπαρτζάνας, Βασίλειος Ανέστης

Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών, Τμήμα Διαχείρισης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, 11855, Αθήνα

Σε παγκόσμιο επίπεδο, παρατηρείται αυξημένο ενδιαφέρον της Βιομηχανίας Τροφίμων, των Πολιτικών και των Καταναλωτών να γνωρίζουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με την παραγωγή και την τροφοδοσία των προϊόντων τροφίμων. Η ανταγωνιστικότητα των Ελληνικών προϊόντων τροφίμων συνδέεται άμεσα με τη διασφάλιση της βιωσιμότητας (αιεφορίας) των αλυσίδων τροφοδοσίας τους, με την περιβαλλοντική βιωσιμότητα να αποτελεί μία εκ των τριών συνιστωσών της βιώσιμης ανάπτυξης των αλυσίδων αυτών. Η νέα στρατηγική από το Χωράφι στο Πιάτο στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας θέτει ακόμα πιο αυστηρούς περιβαλλοντικούς όρους στην παραγωγή τροφίμων που για αρκετούς παραγωγούς φαντάζουν αποτρεπτικοί για τη συνέχιση και βιωσιμότητα των εκμεταλλεύσεων τους. Παράλληλα δημιουργούνται νέα επιχειρηματικά μοντέλα στον αγροδιατροφικό τομέα μέσω της γεωργίας δέσμευσης άνθρακα (Carbon Farming). Με τα συστήματα γεωργίας δέσμευσης άνθρακα εφαρμόζονται αγροτικές πρακτικές που απομακρύνουν το CO₂ από την ατμόσφαιρα δίνοντας επιπλέον έσοδα στον παραγωγό είτε μέσω ενισχύσεων από την ΚΑΠ είτε μέσω ιδιωτικών συμφωνιών (π.χ αεροπορικές εταιρείες). Οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες αποτελούν την πιο δυναμική μορφή της πρωτογενούς παραγωγής αλλά παράλληλα συνοδεύονται και σημαντικές οχλήσεις προς το περιβάλλον κυρίως λόγω της λειτουργίας συστημάτων θέρμανσης με συμβατικά καύσιμα αλλά και της χρήσης χημικών αγροχημικών και πλαστικών υλών. Η ενσωμάτωση και χρήση νέων τεχνολογιών σε συνδυασμό με μια ολοκληρωμένη διαχείριση των θερμοκηπιακών μονάδων μπορούν να οδηγήσουν στην βελτίωση της περιβαλλοντικής επίδοσης των θερμοκηπιακών καλλιεργειών κάτι που θα συνδυαστεί και σε αύξηση της ανταγωνιστικότητας τους λόγω της μείωσης των σχετικών εισροών. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι κυριότερες τεχνολογίες και συστήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε θερμοκήπια με σκοπό τη μείωση των εισροών καθώς και η μεθοδολογία προσδιορισμού του περιβαλλοντικού αποτυπώματος θερμοκηπιακής καλλιέργειας με τη μέθοδο της ανάλυσης του κύκλου ζωής.

Δορυφορική μεθοδολογία εκτίμησης και παρακολούθησης αρδευτικών αναγκών σε νερό για ετήσιες μεσογειακές καλλιέργειες

Νικόλαος Δαλέζιος¹, Νικόλαος Δέρκας², Γιάννης Φαρασλής¹, Μάριος Σπηλιωτόπουλος¹, Νίκος Αλπανάκης¹, Παντελής Σιδηρόπουλος¹, Γιώργος Τζιάτζιος¹, Νίκος Τσερλιγκάκης¹, Σταύρος Σακελλαρίου¹

¹ Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (ΠΘ), ² Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΓΠΑ)

Οι ανάγκες σε αρδευτικό νερό αυξάνονται παγκοσμίως κυρίως σε περιοχές με ευάλωτη γεωργία, όπου αναγνωρίζεται ο ρόλος της αποτελεσματικής διαχείρισης των αρδεύσεων. Στο πρόβλημα μπορεί να συμβάλει η βελτίωση της αποτελεσματικότητας χρήσης νερού (WUE: Water Use Efficiency) με στόχο μια βιώσιμη και ανθεκτική στην κλιματική αλλαγή γεωργία. Σε επίπεδο αγρού, χρειάζονται οι καθαρές απαιτήσεις σε αρδευτικό νερό (NIWR: Net Irrigation Water Requirements), που είναι το νερό που πρέπει να εφαρμοστεί μέσω άρδευσης για ικανοποίηση της εξατμισοδιαπνοής (ET), διείσδυσης και πρόσθετης παροχής νερού, που δεν υπάρχει στο έδαφος. Ο υπολογισμός του NIWR βασίζεται στην εκτίμηση των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών (CWR: Crop Water Requirements) και του εδαφικού υδατικού ισοζυγίου, όπου η εξατμισοδιαπνοή καλλιεργειών (ET_c) αποτελεί την κύρια συνιστώσα.

Στην παρούσα εργασία, παρουσιάζεται μια καινοτομική δορυφορική μεθοδολογία εκτίμησης και παρακολούθησης αρδευτικών αναγκών σε νερό για ετήσιες μεσογειακές καλλιέργειες. Στην ουσία, υπολογίζεται η ET_c με χρήση δορυφορικών δεδομένων και μεθόδων για τη βλστική περίοδο 2021 σε καλλιέργειες βαμβακιού και καλαμποκιού στη Θεσσαλία. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει τη σύζευξη δύο δορυφόρων του Ευρωπαϊκού συστήματος Copernicus, Sentinel-2 (S-2) και Sentinel-3 (S-3). Ως γνωστόν, ο S-2 καλύπτει κυρίως δείκτες βλάστησης με διακριτική ικανότητα 20x20m και επαναληψιμότητα κάθε 6 μέρες, ενώ ο S-3 καλύπτει κυρίως το θερμικό υπέρυθρο με διακριτική ικανότητα 1x1km και επαναληψιμότητα κάθε μέρα. Το αποτέλεσμα της σύζευξης των S-2 και S-3 είναι η εκτίμηση της ET_c σε ημερήσια βάση με διακριτική ικανότητα 20x20m. Η μεθοδολογία είναι σχετικά πολύπλοκη και βασίζεται στη μέθοδο του επιφανειακού ισοζυγίου ενέργειας (SEB: Surface Energy Balance) ακολουθώντας 17 βήματα. Η παρούσα μεθοδολογία αποτελεί βελτίωση της αντίστοιχης μεθοδολογίας, που έχει αναπτυχθεί από την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος (ESA: European Space Agency). Η βελτίωση συνίσταται στη χρησιμοποίηση του μετεωρολογικού μοντέλου υψηλής ευκρίνειας WRF (Weather Research and Forecasting) σε μερικά από τα 17 βήματα της μεθόδου, ενώ η μέθοδος της ESA χρησιμοποιεί στοιχεία από ERA-5 για τα αντίστοιχα βήματα. Τα αποτελέσματα της παρούσας μεθοδολογίας κρίνονται πολύ ικανοποιητικά σε σχέση με επίγειες μετρήσεις και εκτιμήσεις. Επίσης, τα αποτελέσματα έδειξαν τόσο στη Θεσσαλία, όσο και σε άλλες περιοχές που εφαρμόστηκε, όπως Ισπανία, Τυνησία και Λίβανος, ότι η μέθοδος της ESA συστηματικά υπερεκτιμά την εξατμισοδιαπνοή.

Χρήση των Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών στην αντιμετώπιση επιβλαβών φυτοφάγων εντόμων: Οι περιπτώσεις του δάκου της ελιάς και των ακρίδων

Αντώνιος Τσαγκαράκης¹, Δημήτριος Στεφανάκης², Παναγιώτης Ζερβός², Ευαγγελία Αραποστάθη¹, Κων/νος Κάρελλας¹, Ιωάννης Τριλίβας¹, Ευάγγελος Κοντογιάννης¹

¹Εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας & Εντομολογίας, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Σχολή Επιστημών των Φυτών, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, 11855 Αθήνα,

²UcanDrone S.A., Ι. Μεταξά 62, Κρωπία 194 00

Τα συστήματα ΜΕΑ (Συστήματα Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών - Unmanned Aerial Systems/UAS) είναι ιπτάμενες πλατφόρμες περιορισμένων διαστάσεων, που - κατά κανόνα - φέρουν σύστημα πρόωσης, αλλά δεν έχουν την δυνατότητα να μεταφέρουν άνθρωπο. Μπορεί να έχουν τη μορφή αεροπλάνου, ελικόπτερου, πολυκοπτέρου, ή άλλη. Ενώ η πρότερη χρήση τους περιοριζόταν στον αεραθλητισμό, ή την ψυχαγωγία, πλέον έχουν βρει εφαρμογή σε διάφορους άλλους τομείς, όπως η πυρασφάλεια, η ασφάλεια χώρων και εγκαταστάσεων, η φωτογράφιση και η εικονοληψία, οι στρατιωτικές επιχειρήσεις κλπ. Τα τελευταία χρόνια, γίνεται ευρεία συζήτηση στην επιστημονική κοινότητα για την δυνατότητα χρήσης των ΜΕΑ στην Γεωργία. Όσον αφορά στην Φυτοπροστασία, πολλές ερευνητικές ομάδες ασχολούνται με την παρατήρηση, διάγνωση, αλλά και αντιμετώπιση προβλημάτων από παρασιτικά και μη αίτια σε καλλιέργειες. Στην παρούσα ανακοίνωση, γίνεται αναφορά στην χρήση των ΜΕΑ για την αντιμετώπιση σημαντικών εχθρών των καλλιεργειών όπως α) ο δάκος της ελιάς, ιδιαίτερα σε επικλινείς και δυσπρόσιτους ελαιώνες και β) οι ακρίδες.

Ο δάκος της ελιάς, *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae), αποτελεί τον σημαντικότερο εχθρό της ελιάς στην Ελλάδα. Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η μελέτη της αποτελεσματικότητας χρήσης ΜΕΑ στην εφαρμογή δολωματικών ψεκασμών για την αντιμετώπιση του δάκου της ελιάς σε επικλινείς ελαιώνες, καθώς και της επίπτωσή τους σε έντομα-μη στόχους. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε εξακόπτερο ΜΕΑ ψεκασμού. Η πιλοτική εφαρμογή πραγματοποιήθηκε σε δυσπρόσιτο, επικλινή ελαιώνα και συγκρίθηκε με δολωματικό ψεκασμό με επινώτιους ψεκαστήρες που έγινε σε όμορο παραγωγικό, βιολογικό ελαιώνα. Η παρακολούθηση των πληθυσμών του δάκου έγινε με παγίδες McPhail με ελκυστικό θειική αμμωνία 2%, ενώ για τα άλλα έντομα χρησιμοποιήθηκαν παγίδες κολλητικές και παρεμβολής, αλλά και εντομολογική απόχη. Για την εκτίμηση του ποσοστού δακοπροσβολής πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες ελαιοκάρπου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο αριθμός των νυγμάτων σε ελαιόκαρπο ήταν σημαντικά χαμηλότερος στον ελαιώνα που δέχτηκε εφαρμογή με ΜΕΑ σε σχέση με τον παραγωγικό βιολογικό, χωρίς να διαφέρει από εκείνον που δέχτηκε επέμβαση με συμβατικά μέσα. Επίσης, δεν υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στον αριθμό των συλλήψεων δάκου σε παγίδες μεταξύ των επεμβάσεων. Από τις δειγματοληψίες για οργανισμούς μη-στόχους καταγράφηκαν άτομα των taxa Aranae, Auchenorrhyncha, Formicidae, Vespidae, σε ελαιώνες από όλες τις επεμβάσεις, χωρίς να υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Τα τελευταία έτη, η νήσος Άγιος Ευστράτιος επλήττετο κατ' εξακολούθηση από πληθυσμιακές εξάρσεις ακρίδων που καταστρέφουν αδιακρίτως όλα τα φυτικά είδη της προστατευόμενης περιοχής, συμπεριλαμβανομένων των οικοτόπων προτεραιότητας, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της βιοποικιλότητας στην περιοχή NATURA καθώς και των

λειτουργιών των οικοσυστημάτων που σχετίζονται με παραγωγικές δραστηριότητες του πρωτογενή τομέα και ειδικά την κτηνοτροφία. Μια ιδιαίτερα μεγάλη δυσκολία στην αντιμετώπιση των ακρίδων είναι ο εντοπισμός των συναθροίσεών τους ("κηλίδων") στα πρώτα ατελή στάδια της ζωής τους, όπου η αντιμετώπισή τους είναι σαφώς ευκολότερη, όπως και η διενέργεια στοχευμένων ψεκασμών. Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν ο εντοπισμός των "κηλίδων" ακρίδων στην επικράτεια του νησιού, έκτασης 43,3 τ. χλμ. από αέρος. Στο πλαίσιο αυτό, χρησιμοποιήθηκαν ΜΕΑ α) με οπτικούς, πολυφασματικούς και θερμικούς αισθητήρες για τον εντοπισμό θέσεων συνάθροισης ακρίδων και β) για ψεκασμό κηλίδων συνάθροισης ακρίδων. Η δημιουργία του ορθοφωτοχάρτη της περιοχής κατέδειξε τις περιοχές συνάθροισης των ακρίδων, οι οποίες επιβεβαιώθηκαν με επιτόπια παρατήρηση. Στην συνέχεια, παράλληλα με επίγειες μονάδες, πολυκόπτερο ψεκασμού εκτέλεσε στοχευμένες επεμβάσεις έναντι των εντόμων, συντελώντας σημαντικά στην μείωση του πληθυσμού αυτών.

Σύστημα ηλεκτρονικής παρακολούθησης και αντιμετώπισης του δάκου της ελιάς και της μύγας των φρούτων - Υπηρεσίες και προοπτικές

Διονύσιος Περγίκης^{1*}, Κωνσταντίνος Ποντικάκος², Θεόδωρος Τσιλιγκιρίδης²

¹Εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ² Εργαστήριο Πληροφορικής, Τμήμα Αγροτικής Οικονομίας και Ανάπτυξης, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Η αντιμετώπιση του δάκου της ελιάς και της μύγας των φρούτων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της καλλιέργειας της ελιάς, καθώς και των εσπεριδοειδών και πυρηνοκάρπων, αντίστοιχα. Το Σύστημα Επίγνωσης Θέσης (ΣΕΘ, Location Aware System (LAS)) αναπτύσσει ένα κατά το δυνατόν αυτοματοποιημένο μηχανισμό παρακολούθησης της κατανομής των δύο αυτών επιβλαβών εντόμων στο πεδίο (OliveFlyNet και MedFlyNet), μέσω δύο ειδικά κατασκευασμένων ηλεκτρονικών παγίδων, μια για κάθε έντομο, αντίστοιχα. Επίσης, προωθεί την αντιμετώπιση τους με την ανάπτυξη συστημάτων λήψης απόφασης για ψεκασμό, την παραγωγή χαρτών ψεκασμού κλιμακούμενης έντασης, της ιχνηλάτησης τους, και τέλος της καθοδήγησης των ψεκαστών. Η οργάνωση της συγκέντρωσης των πληροφοριών από το πεδίο στο Διαδικτυακό νέφος, η επεξεργασία των δεδομένων και τέλος η διάθεση των αποτελεσμάτων και των συμβουλών ψεκασμού προς τον κάθε παραγωγό θα πραγματοποιούνται μέσω συνδρομητικών ηλεκτρονικών υπηρεσιών. Επιγραμματικά οι υπηρεσίες αυτές αφορούν:

1. Στην λεπτομερή ψηφιοποίηση των κτημάτων και στην αποθήκευσή τους σε γεωβάση δεδομένων.
2. Στην απομακρυσμένη παρακολούθηση του πληθυσμού του εντόμου (δάκου και μύγας των φρούτων), μέσω δικτύου ηλεκτρονικών παγίδων εγκατεστημένου σε κάθε περιοχή αναφοράς. Η ηλεκτρονική παρακολούθηση αφορά στην σύλληψη των ενήλικων ατόμων των δύο εντόμων, στην αναγνώρισή τους (είδος και φύλο), καθώς και στην αποθήκευσή τους σε βάση δεδομένων για περαιτέρω επεξεργασία.
3. Στην συλλογή των μικρο-κλιματικών δεδομένων για την συνεκτίμηση τους στην λήψη των αποφάσεων ψεκασμού.
4. Στη δημιουργία χαρτών ψεκασμού με κλιμακωτά επίπεδα έντασης ανά περιοχή του ελαιώνα/οπωώνα.
5. Στην καθοδήγηση του ψεκασμού μέσω έξυπνης συσκευής με ενσωματωμένες δυνατότητες GPS, π.χ. να ψεκάσει ή όχι το δένδρο που είναι μπροστά του κάθε φορά.
6. Στην λεπτομερή καταγραφή του ψεκασμού (ιχνηλάτηση).
7. Στην ανάπτυξη πλατφόρμας για την εύκολη πρόσβαση, ενημέρωση και δοκιμαστική χρήση από τον παραγωγό των υπηρεσιών του LAS.
8. Στην τελική αξιολόγηση.

Όλες οι υπηρεσίες δοκιμάζονται και αξιολογούνται με πολλές επαναλήψεις σύμφωνα με τα πειραματικά σχέδια που αναπτύσσονται σε πέντε (5) ελαιώνες με το OliveFlyNet, και τρεις (3) οπωρώνες (ροδακινιές, εσπεριδοειδή) με το MedFlyNet σε πέντε μεσογειακές χώρες,.

Η διάθεση των ηλεκτρονικών υπηρεσιών στην αγορά προβλέπεται να πραγματοποιηθεί μέσω Διαδικτυακής πλατφόρμας όπου οι ενδιαφερόμενοι χρήστες θα μπορούν να χρησιμοποιούν μέρος, ή όλες τις δυνατότητες του συστήματος (LAS), όπως για παράδειγμα τα συνδρομητικά πακέτα διαφόρων επιπέδων; προσαρμοσμένων στις ανάγκες των παραγωγών. Στα ανωτέρω πλαίσια η ανάπτυξη δικτύων τεχνολογίας 4G/5G σε απομακρυσμένες και δύσκολα προσβάσιμες καλλιεργητικές περιοχές θα επιταχύνουν την εμπορευσιμότητα του συστήματος, μέσω της αξιόπιστης και γρήγορης πρόσβασης στις Διαδικτυακές υπηρεσίες του, καθώς και στη διαχείρισή των δεδομένων του από τους παραγωγούς και τους άλλους τελικούς χρήστες του.

Σημειώνεται ότι η ανάπτυξη των ανωτέρω υπηρεσιών απαιτεί πρωτίστως την ύπαρξη ασύρματων δικτύων μεταφοράς δεδομένων, όπως είναι οι μικρο-κλιματικές παρατηρήσεις και οι υψηλής ανάλυσης εικόνες των συλληφθέντων στις ηλεκτρονικές παγίδες εντόμων. Τα δεδομένα μεταφέρονται από τους εγκατεστημένους στο πεδίο αισθητήρες στο Διαδικτυακό νέφος, προκειμένου να εφαρμοστούν οι αλγόριθμοι της αυτόματης αναγνώρισης των εντόμων-στόχων, καθώς και η εφαρμογή των συστημάτων λήψης απόφασης για την αντιμετώπισή τους. Δεδομένης της προοπτικής διασύνδεσης των ηλεκτρονικών παγίδων μεταξύ των διαφόρων κτημάτων (ελαιώνων ή οπωρώνων) και της δημιουργίας δικτύων σε τοπικό, περιφερειακό, εθνικό ή και διακρατικό επίπεδο, η ψηφιακή πληροφορία των παγίδων θα μπορούσε να συμπεριλάβει πρόσθετες περιβαλλοντικές και γεωχωρικές παραμέτρους, δημιουργώντας μία ολοκληρωμένη δομή αποθήκευσης δεδομένων μεγάλου όγκου. Η ολοκληρωμένη αυτή δομή των μεγάλων δεδομένων, ενισχυμένη με τις τεχνολογίες δικτύων 4G/5G θα δώσει τη δυνατότητα της αξιοποίησης των χωρικών και χρονικών κατανομών και άλλων συλληφθέντων από τις ηλεκτρονικές παγίδες ειδών εντόμων-εχθρών και θα βελτιστοποιήσει την αντιμετώπισή τους.

Η εργασία αυτή παρουσιάζεται στα πλαίσια του έργου FruitFlyNet-ii/Strategic/B_A2.1_0043/ ENICBCMED/EU των Διασυνοριακών Προγραμμάτων Συνεργασίας «Λεκάνη της Μεσογείου» (ENI CBC MED) που συγχρηματοδοτούνται από τον Ευρωπαϊκό Μηχανισμό Γειτονίας (ENI), του στόχου «Ευρωπαϊκή Εδαφική Συνεργασία».

Οι Νέες Τεχνολογίες στην Αποτύπωση των Φυτογενετικών Πόρων: Η περίπτωση των Φαρμακευτικών Αρωματικών Φυτών

Γ. Οικονόμου¹, Δ. Καλύβας², Π. Ταραντίλης³, Γ. Παναγόπουλος, Ε. Φανουρίου

¹Εργ. Γεωργίας, Τμήμα ΕΦΠ, Σχολή Επιστήμης των Φυτών, ΓΠΑ, ²Εργ. Εδαφολογίας & Γεωργικής Χημείας, Τμήμα ΑΦΠ & ΓΜ, Σχολή Περιβάλλοντος & Γεωργικής Μηχανικής, ΓΠΑ, ³Εργ. Γενικής Χημείας, Τμήμα ΕΤΔΑ, Σχολή Επιστημών Τροφίμων & Διατροφής, ΓΠΑ

Τα Φαρμακευτικά Αρωματικά Φυτά (ΦΑΦ) αποτελούν σημαντικά συστατικά της ελληνικής χλωριδικής βιοποικιλότητας λόγω της μεγάλης ποικιλομορφίας και της χημειοτυπικής παραλλακτικότητας πολλών ειδών. Συγχρόνως, η τεκμηριωμένη υψηλή ποιοτική αξία των προϊόντων ορισμένων ΦΑΦ μαζί με τις χαμηλές απαιτήσεις τους σε εισροές, αναδεικνύουν την ανάγκη της ανάπτυξης του τομέα στο πλαίσιο μιας Γεωργίας, παραγωγικής, βιώσιμης οικονομικά και περιβαλλοντικά. Η εφαρμογή των νέων Τεχνολογιών στη Γεωργία μπορεί να εξυπηρετήσει τους προαναφερθέντες στόχους. Η χωρική αποτύπωση της εξάπλωσης των ΦΑΦ, με την εφαρμογή ψηφιακών τεχνολογιών GIS και GPS, είναι ένα σημαντικό εργαλείο-μέσο στην ανάπτυξη του τομέα των ΦΑΦ, μέσω της χαρτογράφησης της εμφάνισης και της παρακολούθησης της ανάπτυξής τους, της ανάλυσης των εδαφοκλιματικών παραμέτρων στις θέσεις εντοπισμού τους, με κύριο στόχο τη διατήρηση και προστασία ενός αξιόλογου και σπάνιου φυτογενετικού υλικού. Εκτεταμένες συστηματικές έρευνες υλοποιήθηκαν με αντικείμενα, τη χωρική και χημειοτυπική αποτύπωση, τα ποσοτικά χαρακτηριστικά επιλεγμένων ΦΑΦ και τα ιδιαίτερα φυσιογραφικά στοιχεία των θέσεων προέλευσης τους σε δύο περιοχές στόχου, την Ικαρία και την Κω. Με τη χρήση των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (GPS-GIS) αποτυπώθηκαν, αποθηκεύτηκαν και αναλύθηκαν συνδυαστικά όλα τα δεδομένα με αποτέλεσμα, την καλύτερη κατανόηση της εμφάνισής τους, των περιβαλλοντικών απαιτήσεων τους, της προσαρμοστικότητά τους και της αποτύπωσης των ιδιαίτερων ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών τους. Στην περίπτωση της Ικαρίας, η σημαντική λόγω των ευεργετικών ιδιοτήτων της ΦΑ χλωρίδας 'τύπου καρβακρόλης' της νήσου (*Origanum hirtum* L., *Origanum onites* L., *Coridothymus capitatus* L. και *Satureja thymbra* L.), αποτυπώθηκε χωρικά και χημειοτυπικά σε όλη την έκταση της εμφάνισής τους, διαχωρίστηκαν χημειοταξινομικά τα είδη και αναλύθηκαν οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που φαίνεται να επηρεάζουν την περιεκτικότητά τους σε αιθέριο έλαιο και την χημική σύσταση του. Στην Κω όπου ο Ιπποκράτης ασκούσε την ιατρική, σε οκτώ Ιπποκράτεια ΦΑΦ (*Anthemis arvensis* L., *Cistus salvifolius* L., *Teucrium capitatum* L., *Crithmum maritimum* L., *Artemisia arborescens* (Vaill.) L., *Hypericum hircinum* L., *Hypericum empetrifolium* Willd, *Ferula communis* L.), χαρτογραφήθηκε η ιδιαίτερη χωρική εξάπλωση των πληθυσμών τους τη χρήση GIS GPS σε όλη τη γεωγραφική έκταση του νησιού και αναλύθηκαν οι περιβαλλοντικές συνθήκες των θέσεων εμφάνισής τους. Το γεγονός ότι τα είδη *A. arborescens* και *H. hircinum* βρέθηκαν σε μία μόνο θέση καταδεικνύει τον κίνδυνο της εξαφάνισής τους. Επίσης, η σημαντική βιοδραστικότητα των υδρολυμάτων και των εκχυλισμάτων ορισμένων Ιπποκράτειων ΦΑΦ, σε επιλεγμένα ζιζάνια, φυτοποαθογόνους μύκητες, βακτήρια και έντομα, ενισχύει την υπόθεση για ενδεχόμενη αξιοποίησή τους, σε συνθήκες εκτατικής καλλιέργειας και τη χρήση των προϊόντων τους, εκτός από την φαρμακοποιία στην φυτοπροστασία με την ανάπτυξη προϊόντων φυτικής προέλευσης. Η εφαρμογή των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων αναμένεται να συμβάλλει στην αξιοποίηση του φυτογενετικού πλούτου των ΦΑΦ και στις δύο περιπτώσεις έρευνας με την άντληση των πληροφοριών από τις αναπτυγμένες βάσεις

δεδομένων, α) ως προς τον ακριβή εντοπισμό των αξιολογημένων ΦΑΦ και την αξιοποίησή τους για παραγωγή πιστοποιημένου πολλαπλασιαστικού υλικού, β) τον καθορισμό των περιβαλλοντικών τους απαιτήσεων σε συνθήκες βιώσιμης εκτατικής καλλιέργειας, με υψηλές προδιαγραφές παραγωγικότητας και ποιότητας των τελικών προϊόντων τους και γ) την διατήρηση και προστασία τους στις θέσεις προέλευσής τους.

Ψηφιακά Γεωχωρικά Παρατηρητήρια Γεωργικών Καλλιεργειών – Η περίπτωση της ζώνης ΠΟΠ Νεμέας

Διονύσιος Καλύβας

Ερευνητική Μονάδα GIS ΓΠΑ, Τομέας Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας, Τμήμα
Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής

Η σύγχρονη παρακολούθηση και αξιολόγηση της δυναμικής μιας καλλιέργειας απαιτεί ψηφιακές τεχνολογίες (GIS-Γεωβάσεις, Τηλεπισκόπηση, GPS, αισθητήρες, IoT, AI) αλλά και ένα περιβάλλον όπου τα γεωχωρικά δεδομένα θα αποθηκεύονται, θα αναλύονται και θα αξιοποιούνται καταλλήλως. Στα πλαίσια της κάλυψης αυτών των αναγκών αναπτύχθηκε (στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος Ερευνώ-Δημιουργώ-Καινοτομώ Τ1ΕΔΚ-04202) το γεωχωρικό παρατηρητήριο (geo-spatial observatory) Νεμέας, της μεγαλύτερης αμπελουργικής ζώνης της χώρας μας.

Βασικός στόχος του παρατηρητηρίου είναι η ολιστική ψηφιακή γεωχωρική παρακολούθηση της αμπελουργικής ζώνης σε τρία επίπεδα, στο σύνολό της (επίπεδο ζώνης και υποζωνών-υποπεριοχών), στο επίπεδο των συνεταιρισμού-ομάδων παραγωγών-οινοποιείων και στο επίπεδο μεμονωμένου αμπελοτεμαχίου.

Καρδιά του παρατηρητηρίου είναι η γεωβάση. Για την ανάπτυξή της χρησιμοποιήθηκε η PostgreSQL (ανοικτού κώδικα RDBMS) και η PostGIS ως η χωρική επέκτασή της, η οποία προσθέτει την υποστήριξη γεωγραφικών αντικειμένων με τις χωρικές τους πληροφορίες (γεωμετρία, γεωγραφικές συντεταγμένες) με βασικό πλεονέκτημα να πραγματοποιούνται σύνθετα ερωτήματα αναζήτησης των πληροφοριών της βάσης σε χωρικό επίπεδο.

Δεδομένα μεγάλης λεπτομέρειας (στατικά και δυναμικώς μεταβαλλόμενα πραγματικού χρόνου μέσω αισθητήρων) εισέρχονται στη γεωβάση ως χωρικά επίπεδα πληροφοριών που αφορούν το αβιοτικό περιβάλλον (έδαφος, τοπογραφία και κλίμα) καθώς και τηλεπισκοπικά δεδομένα από δορυφόρους και από πτήσεις με UAV. Επίσης γίνεται σε πραγματικό χρόνο καταχώρηση ανά αμπελοτεμάχιο (στο πεδίο-χωράφι) των δεδομένων των επεμβάσεων της αμπελοκαλλιέργειας μέσω εφαρμογών για φορητές συσκευές (smartphone/tablet).

Όλα αυτά τα δεδομένα στη συνέχεια αναλύονται για να προβληθούν μέσω ψηφιακής πλατφόρμας στους άμεσα ενδιαφερόμενους και με σκοπό να τους υποβοηθήσουν στη διαχείριση της αμπελοκαλλιέργειας (άρδευση, λίπανση, φυτοπροστασία).

Αξιολόγηση της επίδρασης διαφορετικών επιπέδων αζωτούχου λίπανσης σε καλλιέργεια ρίγανης (*Origanum x intercedens*) και παρακολούθηση της φυτείας με τη χρήση Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων

Αλ. Ασσαριωτάκης¹, Αν. Καραχάλιου¹, Ι. Κατσίκης², Δ. Καλύβας²,
Π. Ταραντίλης³, Γ. Οικονόμου¹

¹Εργαστήριο Γεωργίας, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, 11855, Αθήνα, Ελλάδα, ²Εργαστήριο Εδαφολογίας, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, 11855, Αθήνα, ³Εργαστήριο Χημείας, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής του Ανθρώπου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, 11855, Αθήνα, (assariotakis@aua.gr)

Οι εδαφοκλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα ευνοούν την καλλιέργεια των Φαρμακευτικών και Αρωματικών Φυτών (ΦΑΦ). Μία από τις κυριότερες οικογένειες των ΦΑΦ είναι η οικογένεια *Lamiaceae*, η οποία αντιπροσωπεύεται από περίπου 3000 φυτικά είδη με σημαντικότερα αυτά του γένους *Origanum* από το οποίο προέρχονται τα πιο γνωστά φυτά ρίγανης. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η αξιολόγηση της επίδρασης τεσσάρων διαφορετικών επιπέδων αζωτούχου λίπανσης στην καλλιέργεια της ρίγανης *Origanum x intercedens* ως προς τα χαρακτηριστικά ανάπτυξής της, τα αποδοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά, καθώς και η παρακολούθηση της φυτείας με χρήση μεθόδων τηλεπισκόπησης. Χρησιμοποιήθηκε πιστοποιημένο φυτικό υλικό από την Ικαρία, το οποίο πολλαπλασιάστηκε με αγενή πολλαπλασιασμό. Η εγκατάσταση της φυτείας έγινε στο αγρόκτημα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στα Σπάτα. Εφαρμόστηκαν τέσσερις επεμβάσεις λίπανσης με τρεις επαναλήψεις. Μετρήθηκε το ύψος των φυτών και η επιφάνεια κάλυψής τους από την εγκατάσταση έως τη συγκομιδή κάθε 15-20 ημέρες. Ακολούθησαν μορφολογικές μετρήσεις σε 3 βλαστούς με 3 επαναλήψεις για κάθε επέμβαση. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε αποξήρανση του φυτικού υλικού με φυσικό τρόπο και παραλαβή του αιθέριου ελαίου με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης. Πραγματοποιήθηκε παρακολούθηση της φυτείας με UAV (Unmanned Aerial Vehicle) εξοπλισμένο με πολυφασματικό αισθητήρα Parrot Sequoia με τέσσερα κανάλια (Green, Red, Red-edge, Near Infra-Red) και δημιουργία ορθομωσαϊκών στο πρόγραμμα Pix4d mapper. Με βάση αυτά τα κανάλια έγινε εξαγωγή του δείκτη βλάστησης NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Τα δεδομένα εισήχθησαν σε περιβάλλον GIS για δημιουργία χαρτών και για περαιτέρω επεξεργασία. Σύμφωνα με τις μετρήσεις, δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο ύψος του φυτού και στην επιφάνεια κάλυψης των φυτών σε καμία από τις τέσσερις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης. Την υψηλότερη περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο εμφάνισαν τα φυτά που δέχθηκαν 8 μονάδες αζώτου με 6,38% ενώ η μικρότερη περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο παρατηρήθηκε στα φυτά που δέχθηκαν 12 μονάδες αζώτου με ποσοστό 5,43%. Ισχυρά θετική συσχέτιση παρατηρήθηκε μεταξύ του νωπού και ξηρού βάρους φυτών και της επιφάνειας κάλυψης με τον δείκτη NDVI ενώ αρνητική συσχέτιση παρατηρήθηκε μεταξύ του NDVI και του αριθμού φύλλων ανά βλαστό. Ο δείκτης βλάστησης NDVI αποδείχθηκε αξιόπιστος δείκτης για την παρακολούθηση της φυτείας ΦΑΦ αντικατοπτρίζοντας την ευρωστία των φυτών και παράλληλα απεικόνισε την αρνητική σχέση των διαφορετικών χαρακτηριστικών ανάπτυξης της καλλιέργειας.

Ανάπτυξη μεθοδολογιών και εργαλείων για τον έλεγχο της αζωτούχου λίπανσης και του νερού σε καλλιέργειες

Νικόλαος Δέρκας

Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Η αύξηση του πληθυσμού της γης αλλά και η βελτίωση του επιπέδου ζωής μας ωθεί στην ανάγκη της αυξημένης παραγωγής τροφίμων. Η εντατικοποίηση όμως της παραγωγής δημιουργεί πίεση στους εδαφικούς και υδατικούς πόρους αλλά και ρύπανση στο περιβάλλον. Για τον λόγο αυτό γίνεται όλο και πιο επιτακτικό να ελέγχονται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο οι εισροές σε μια καλλιέργεια προκειμένου να περιορίζονται οι χρησιμοποιούμενοι φυσικοί πόροι, να μειώνεται το κόστος παραγωγής και να προστατεύεται το περιβάλλον.

Στα πλαίσια του προγράμματος FATIMA μελετήθηκε το θέμα της αζωτούχου λίπανσης χρησιμοποιώντας έναν πρωτότυπο λιπασματοδιανομέα κοκκώδους λιπάσματος που έχει την ικανότητα να προσαρμόζει την δόση του λιπάσματος σύμφωνα με δεδομένα που λαμβάνουν αισθητήρες που βρίσκονται πάνω στο ελκυστήρα και σαρώνουν την φυτοκόμη (στοχευμένη λίπανση/λίπανση ακριβείας). Ο λιπασματοδιανομέας μεταβαλλόμενης παροχής αναπτύχθηκε στην Ελλάδα από μέλη της ομάδας έρευνας του προγράμματος.

Κατά την διάρκεια των πειραμάτων που έγιναν στην Θεσσαλία αγοράστηκαν και δορυφορικές εικόνες μεγάλης ακρίβειας (WV-2) προκειμένου να αναπτυχθούν μέθοδοι εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής αλλά και καθοδήγησης του λιπασματοδιανομέα μεταβαλλόμενης παροχής.

Συγχρόνως μελετήθηκε το υδατικό ισοζύγιο στο ριζόστρωμα των φυτών με την χρήση ενός μοντέλου ανάπτυξης καλλιεργειών (AquaCrop) προκειμένου να ελεγχθεί και το πρόβλημα βαθειάς κατείδυσης και επιφανειακής απορροής που θα οδηγήσει και σε απώλεια λιπάσματος, μόλυνση υδροφορέων. Με το μοντέλο και με μετρήσεις υπαίθρου εκτιμήθηκαν οι πραγματικές υδατικές ανάγκες των φυτών.

Ένας άλλος τομέας σημαντικού ενδιαφέροντος είναι η μετεωρολογική πρόβλεψη προκειμένου να καθοδηγούνται οι αγρότες σε θέματα άρδευσης και λίπανσης αλλά και φυτοπροστασίας. Είναι ένας τομέας που αναπτύχθηκε και αυτός στα πλαίσια του προγράμματος.

Τελικά αναπτύχθηκε μια βάση δεδομένων και μια ηλεκτρονική πλατφόρμα (SpiderWebGIS) όπου ανεβαίνουν όλες αυτές οι πληροφορίες και είναι διαθέσιμες στους αγρότες με τρόπο απλό και εύληπτο.

Πρόγραμμα FATIMA/Horizon 2020 'Farming Tools for external nutrient inputs and water Management'

N. Δέρκας, επιστημονικός Υπεύθυνος του προγράμματος για το ΓΠΑ. Συμμετείχαν στην έρευνα: N. Δαλέζιος, Σ. Σταματιάδης, Χ. Τσαντίλας, Ε. Ευαγγέλου, Α. Γλαμπεδάκης, Μ. Γλαμπεδάκης, Γ. Μαντωνανάκης, Ν. Τσερλικάκης.
Coordinator of FATIMA project: Dr Anna Osann (University Castilla la Mancha/Spain).

Ο 5G μετασχηματισμός της Ευφυούς Γεωργίας

Αλέξανδρος Β. Σιδερίδης

Ομότιμος Καθηγητής ΓΠΑ

Στην παρουσίαση αυτή θα αναλυθεί πώς η 5G τεχνολογία θα συντελέσει αποφασιστικά στην προσπάθεια για αύξηση της παραγωγικότητας μέσω της Ευφυούς Γεωργίας προκειμένου, αφενός να αντιμετωπιστεί η αυξανόμενη διεθνώς ζήτηση τροφίμων και, αφετέρου, να περιοριστεί η επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, θα παρουσιαστεί η συνέργεια της 5G τεχνολογίας με τις προηγμένες τεχνολογικά νέες μορφές καλλιεργητικών μεθόδων της Γεωργίας 4.0 για την επίτευξη του ανωτέρω στόχου.

Η 5G τεχνολογία επιτυγχάνει ταχύτατη συλλογή και μετάδοση δεδομένων μέσω ηλεκτρονικών συσκευών που εξυπηρετούν σήμερα σχεδόν όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες από τις πλέον απλές, αυτές της καθημερινότητας, μέχρι και τους σύνθετους επιστημονικούς τομείς όπως αυτοί της Γεωπονίας και Αγροδιατροφής. Η **τεχνολογία 5G**, σε συνδυασμό με την σαρωτική τεχνολογία **Τεχνητής Νοημοσύνης (TN)**, προσδίδει ζωφόρο πνοή στα **Μεγάλα** και στα **Ανοικτά Δεδομένα** (Big και Open Data), η επεξεργασία των οποίων οδηγεί στην επικράτηση νέων καλλιεργητικών και επισιτιστικών μεθόδων, σε νεοφυείς επιστημονικές περιοχές των ανωτέρω επιστημών όπως αυτές της **Ακριβούς και Ευφυούς Γεωργίας** (Precision και Smart Agriculture).

Οι πρόσφατες εξελίξεις στο Διαδίκτυο και οι Υπηρεσίες που έχουν αναπτυχθεί από και γύρω αυτό έχουν μετατρέψει το προφίλ της παραδοσιακής Γεωργίας ως αυτό της πλέον, μετά τον τομέα της Υγείας, τεχνολογικά εξαρτημένο κλάδο της ανθρώπινης δραστηριότητας. Το **Διαδίκτυο των Αντικειμένων** (Internet of Things), η τεχνολογία των **Μεγάλων** (Ολοκληρωμένων) **Δεδομένων** (Big Data), η διαχείριση των **Ανοικτών Δεδομένων**, η τεχνολογία **Ανάλυσης πλήθους** (ακατέργαστων) **Δεδομένων** και εξαγωγής χρήσιμων συμπερασμάτων (Data Analytics), η **Τεχνητή Ευφυΐα** (Artificial Intelligence), η **Ρομποτική** (Robotics), η **Τεχνολογία Αισθητήρων** (Sensors Technology) και των **Συστημάτων Εντοπισμού Θέσης** (Location Systems), συνδυαστικά προσδίδουν στην επιστήμη της έρευνας στο Εργαστήριο και των εφαρμογών στον Αγρό ή τις κτηνοτροφικές μονάδες τον χαρακτήρα της κορυφαίας **Επιστήμης των Τεχνών** (Science Technology). Η συνθετική αξιοποίηση των ανωτέρω σχετικά **Νέων, Ψηφιακών Τεχνολογιών** τείνει να επικρατήσει στο άμεσο μέλλον ακόμα και στις χώρες όπως η Ελλάδα, με το γνωστό πρόβλημα των μικρών κλήρων και μονάδων. Ήδη -με ένα κλικ- δημοφιλείς κινητές εφαρμογές ενημερώνουν τον αγρότη για το ότι ενίσχυσαν την υγρασία σε συγκεκριμένη περιοχή του θερμοκηπίου του, ή, ό,τι βελτίωσαν την λίπανση σε συγκεκριμένη περιοχή του αγρού όπως επιβάλλεται. Οι εφαρμογές στην Γεωργία και στην Κτηνοτροφία και στις καλλιεργητικές και επισιτιστικές μεθόδους καθώς και, κυρίως, με την αξιοποίηση της **Αλύσεως** (συνδεδεμένων με κρυπτογραφικές τεχνικές στο Διαδίκτυο) **Εγγραφών** (Blockchain Technology), σε ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα των αντιστοιχών προϊόντων, δίδουν πλέον **νέο χαρακτήρα και νέα ώθηση στην Γεωργία 4.0** (δηλ. αυτή που συμπορεύεται με την 4η τεχνολογική επανάσταση).

Τελικά, προβάλλει το ερώτημα γιατί η σύμπραξη της 5G Τεχνολογίας με τις Νέες, Ψηφιακές Τεχνολογίες μετασχηματίζει την Ευφυή Γεωργία;

Είναι αληθές ότι ενώ οι προαναφερθείσες ψηφιακές τεχνολογίες αιχμής αποτελούν κάθε μια τους ξεχωριστά ένα ευρύτατο πεδίο έρευνας και εξειδίκευσης νέων επιστημόνων και, μάλιστα, είναι ιδιαίτερα δημοφιλείς ιδιαίτερα στην νεολαία με εφαρμογές στην καθημερινότητά τους (παίγνια, κινητή τηλεφωνία κ.λπ.), η σύμπραξή τους σε τομείς όπως η Υγεία, η Γεωργία και η Κτηνοτροφία (Ευφυής Γεωργία) δεν είναι ιδιαίτερα γνωστή πρωτίστως λόγω της μόλις πρόσφατα ανάπτυξης εφαρμογών φθηνού κόστους στην κινητή τηλεφωνία. Η 5G τεχνολογία αποτελεί την 5η γενιά κινητών δικτύων εξασφαλίζοντας μεγαλύτερη ταχύτητα σύνδεσης από τις προηγούμενες γενιές (2G, 3G, 4G). Πέραν της πολύ μεγαλύτερης ταχύτητας, εξασφαλίζει ποιότητα μετάδοσης με κύρια χαρακτηριστικά την πιστότητα και τους χαμηλούς χρόνους ανταπόκρισης. Οι ταχύτητες είναι υπερδεκαπλάσιες της 4G, υπερ-εκατονταπλάσιες της 3G και καθιστούν δυνατή την συνδεσιμότητα πλειόνων αντικειμένων και την ταχύτατη εξαγωγή συμπερασμάτων και λήψη απόφασης για τα συστήματα ελέγχου και διαχείρισης εφαρμογών πεδίου. Μόνον με αυτές τις ταχύτητες είναι δυνατή η **πλήρης ενοποίηση των ενδιάμεσων αποτελεσμάτων και εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων και τεκμηριωμένων βέλτιστων αποφάσεων.**

Ευφυής Διαχείριση Υδάτων από το 1G στα 5G

Χρίστος Α. Καραβίτης¹, Παναγιώτης Δ. Οικονόμου², Δημήτριος Ε. Τσεσμελής³,
Neil S. Grigg⁴

¹ Department of Natural Resources & Agricultural Engineering, School of Environment & Agricultural Engineering, Agricultural University of Athens, Greece; ² Vermont EPSCoR | Gund Institute for Environment, University of Vermont, USA; ³ Laboratory of Technology and Policy of Energy and Environment, School of Science and Technology, Hellenic Open University, 26335, Patra, Greece; ⁴ Environmental and Civil Engineering Department, Polytechnic School, Colorado State University, USA.

Η πρωτογενής ανάγκη της επικοινωνίας (γλώσσα, σπηλαιογραφίες, κ.α.) είναι εγγενής ανάγκη στο ανθρώπινο είδος. Σήμερα η επικοινωνία είναι σημαντικότερο στοιχείο αναφοράς στην καθημερινότητα μας, καθώς αυτή καθαυτή η καθημερινότητα, εξαρτάται πλέον σε μεγάλο βαθμό από επικοινωνιακά στοιχεία. Η επικοινωνία μεταξύ μας μπορεί να είναι νοηματική, προφορική ή και γραπτή. Ο τρόπος επικοινωνίας όμως, μπορεί να είναι και προσχεδιασμένος μέσω διάφορων μέσων. Η τηλεόραση, η τηλεφωνία, το διαδίκτυο και οποιαδήποτε άλλο σχετικό μέσο μας βοηθά να επικοινωνούμε ακόμα και σε απόσταση, και είναι ένα τμήμα αυτής της προσχεδιασμένης επικοινωνίας, η οποία γίνεται βέβαια μέσω της τηλεπικοινωνίας. Τα τελευταία χρόνια, μία από τις έννοιες, η οποία ακούγεται ολοένα και συχνότερα από απλές καθημερινές συζητήσεις, μέχρι και σε εξειδικευμένα τεχνολογικά κείμενα, είναι το Internet of Things (IoT). Εάν κάποιος επιθυμούσε να το αποδώσει στην γλώσσα μας, τότε θα χρησιμοποιούσε μάλλον το «διαδίκτυο των πραγμάτων», μια αυτολεξεί μετάφραση του όρου, που πρώτος ο ερευνητής της P&G, Βρετανός Κέβιν Άστον χρησιμοποίησε το 1999. Παρ' ότι ακούγεται μεγαλειώδες, παράξενο και σε έναν βαθμό μυστηριώδες, το IoT είναι στην πραγματικότητα κάτι καθημερινό και συνηθισμένο, το οποίο μάλιστα έχουμε αρχίσει ήδη να συνηθίζουμε.

Το IoT πρακτικά περιγράφει τη διασύνδεση διαφόρων συσκευών και μέσων προσωπικού και επαγγελματικού εξοπλισμού, που χρησιμοποιούμε καθημερινά σε ένα ευρύτερο δίκτυο, με στόχο την αύξηση του όγκου της πληροφορίας, την αύξηση της λεπτομέρειας, της αποτελεσματικότητάς, και κατά συνέπεια την συνεχή βελτίωση της ποιότητας ζωής αλλά και της παραγωγικότητας των χρηστών αυτής της πληροφορίας. Το IoT υπόσχεται να εγκαινιάσει ένα νέο, μοναδικό και εξειδικευμένο, επαναστατικό, πλήρως διασυνδεδεμένο «ευφυή» κόσμο, με τις σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων, του περιβάλλοντός τους και των χρηστών τους να γίνονται όλο και πιο αλληλοϋποστηριζόμενες και αλληλένδετες. Η μελλοντική προοπτική του IoT, όπου όλες οι συσκευές συνδέονται στο Διαδίκτυο μπορεί να αλλάξει ριζικά το πώς η ανθρώπινη κοινωνία αντιλαμβάνεται τον όρο “online”. Το Internet of Things προβλέπεται να φέρει σημαντικές αλλαγές στην παροχή υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένων και ευαίσθητων υπηρεσιών, όπως ειδικά, στην υδροδότηση ενός πληθυσμού η στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις,, αλλά και στον τρόπο διοίκησης και λειτουργίας της κοινωνίας, των επιχειρήσεων και των οργανισμών. Ενδεικτικά, παγκοσμίως το IoT έφερε κέρδη αξίας 2 x 10⁹ USD, από το 2018 μέχρι το 2020, και ο αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών έφθασε τον αριθμό των 50 x 10⁹. Ο όγκος των πληροφοριών ήταν 14 φορές μεγαλύτερος από τον όγκο των δεδομένων που παρήχθησαν σε ετήσια βάση το 2018.

Ωστόσο, όπως κάθε νέα τεχνολογία, κατ' αυτόν τον τρόπο, και το Internet of Things δημιουργεί πολλές συζητήσεις γύρω από τις συνέπειες που ενδέχεται να έχει στο κοινωνία και στην επάρκεια του νομικού πλαισίου σχετικά με αυτές. Πιθανόν η μεγαλύτερη

πρόκληση που θα κληθούν να αντιμετωπίσουν οι κοινωνίες, είναι η ασφάλεια. Τόσο του τεράστιου δικτύου συνδεδεμένων «πραγμάτων» που, όπως όλα δείχνουν, θα δημιουργηθεί μέσα στα επόμενα χρόνια, όσο και του όγκου και του τύπου των δεδομένων που θα συγκεντρώνονται. Όταν, παραδείγματος χάριν, υπάρχουν αισθητήρες οι οποίοι συλλέγουν δεδομένα για την κατάσταση της υγείας ενός ανθρώπου, με δισεκατομμύρια συνδεδεμένες συσκευές, πρέπει να υπάρχει πλήρης κάλυψη της μοναδικότητας της πρόσβασης, αλλά και της ασφάλειας και της διαφύλαξης των όποιων δεδομένων. Τέλος, μια ίσως μεγαλύτερη πρόκληση φαίνεται να είναι η εύρεση αξιόπιστων και ενεργειακά αποδοτικών τρόπων αποθήκευσης και ανάλυσης των πληροφοριών που θα παράγουν ταυτόχρονα από δισεκατομμύρια χρήστες, όπως κατέδειξε η πολύ πρόσφατη κατάρρευση σημαντικών μέσων κοινωνικής δικτύωσης.

Πλήρη άρθρα

Παράθεση ορισμών Γεωργίας Ακριβείας, Ψηφιακής Γεωργίας, Έξυπνης ή Ευφυούς Γεωργίας, Ηλεκτρονικής Γεωργίας

Ηλίας Ελευθεροχωρινός¹, Δημήτριος Μπουράνης²

¹Ομότιμος Καθηγητής ΑΠΘ, ²Καθηγητής ΓΠΑ, Μέλη Ελληνικής Γεωργικής Ακαδημίας

1. Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture)

1.1 Ορισμοί

«Τρόπος άσκησης γεωργίας που αποσκοπεί στην εφαρμογή των γεωργικών εισροών και των καλλιεργητικών πρακτικών βάσει των χωρικών απαιτήσεων εντός του αγρού, κάνοντας το σωστό πράγμα, στον σωστό χώρο (θέση), στον κατάλληλο χρόνο και με τον σωστό τρόπο (χωρική και χρονική διαχείριση της παραλλακτικότητας μέσω της χωροστοχευμένης εφαρμογής των γεωργικών εισροών)» (Pierce κ.ά., 1994).

«Σύστημα διαχείρισης γεωργικής εκμετάλλευσης που βασίζεται στην Τεχνολογία της Πληροφορικής για τον εντοπισμό, την ανάλυση και τη διαχείριση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας εδάφους και καλλιεργειών με σκοπό τη βέλτιστη αποδοτικότητα, βιωσιμότητα και προστασία του περιβάλλοντος» (Robert, 1994).

«Η στόχευση (εφαρμογή) των γεωργικών εισροών εντός του αγρού βάσει των χωρικών απαιτήσεων των καλλιεργειών» (Stafford, 1996).

«Εφαρμογή αρχών και τεχνολογιών για τη διαχείριση χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας που σχετίζεται με όλες τις πτυχές της γεωργικής παραγωγής (έδαφος, σπορά, άρδευση, λίπανση, φυτοπροστασία, συγκομιδή) και την ως εκ τούτου βελτίωση της αποδοτικότητας των καλλιεργειών και της ποιότητας του περιβάλλοντος» (Pierce και Nowak, 1999).

«Η αντιστοίχιση της εφαρμογής γεωργικών εισροών και πρακτικών με τις απαιτήσεις του εδάφους και της καλλιέργειας, όπως ποικίλλουν στον χώρο και τον χρόνο εντός του αγρού» (Whelan και McBratney, 2000).

«Η προσέγγιση διαχείρισης εδαφών και καλλιεργειών που αποσκοπεί στη μείωση της αβεβαιότητας λήψης αποφάσεων μέσω της καλύτερης κατανόησης της διαχείρισης της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας» (Dobermann κ.ά., 2004).

«Ολιστική και φιλική προς το περιβάλλον στρατηγική μέσω της οποίας οι γεωργοί μπορούν να διαφοροποιήσουν τη χρήση γεωργικών εισροών και τις καλλιεργητικές πρακτικές ανάλογα με τις διαφορετικές συνθήκες εδάφους και καλλιέργειας εντός του αγρού» (Srinivasan, 2006).

«Τρόπος άσκησης γεωργίας που βασίζεται στην παρατήρηση, τη μέτρηση και την απόκριση των καλλιεργειών στη χωρική και χρονική παραλλακτικότητα του αγρού» (Zarco-Tejada κ.ά., 2014).

«Διαχείριση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας εντός των αγρών μέσω της χρήσης Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών» Fountas et al. (2016).

«Στρατηγική διαχείρισης που χρησιμοποιεί ηλεκτρονικές πληροφορίες και ψηφιακές τεχνολογίες για τη συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση χωρικών και χρονικών δεδομένων με σκοπό την καθοδήγηση στοχευμένων δράσεων που βελτιώνουν την αποδοτικότητα, την παραγωγικότητα και τη βιωσιμότητα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων» (Lowenberg-DeBoer και Erickson, 2019).

«Διαχείριση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας του εδάφους, της καλλιέργειας και των εχθρών εντός του αγρού μέσω της επακριβούς χωροστοχευμένης εφαρμογής γεωργικών εισροών (σπόροι, αρδευτικό νερό, λιπάσματα, φυτοπροστατευτικά προϊόντα) και καλλιεργητικών πρακτικών»

ή «Επακριβής εφαρμογή γεωργικών εισροών και καλλιεργητικών πρακτικών ανάλογα με την εκτιμώμενη χωρική και χρονική παραλλακτικότητα του εδάφους, των καλλιεργειών και των εχθρών» (Ελευθεροχωρινός, 2021).

«Στρατηγική διαχείρισης που βασίζεται στη συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση χρονικών, χωρικών και μεμονωμένων δεδομένων, τα οποία συνδυάζει με άλλες πληροφορίες για την υποστήριξη αποφάσεων διαχείρισης της εκτιμώμενης παραλλακτικότητας, με σκοπό τη βελτίωση της αποδοτικότητας χρήσης φυσικών πόρων και γεωργικών εισροών, της παραγωγικότητας, της ποιότητας, της κερδοφορίας και της βιωσιμότητας της γεωργικής παραγωγής (International Society for Precision Agriculture, 2021).

«Ολιστική στρατηγική διαχείρισης γεωργικών εκμεταλλεύσεων που βασίζεται στη γνώση και την τεχνογνωσία των γεωργών, τους αισθητήρες, την Τεχνολογία Πληροφορικής και Επικοινωνιών, το ευρύ φάσμα τεχνολογιών και τεχνικών για την εξέταση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας, με στόχο τη λήψη πιο ενημερωμένων αποφάσεων χωρικής διαχείρισης για την αύξηση της αποδοτικότητας και της κερδοφορίας της εκμετάλλευσης με βιώσιμο τρόπο και παράλληλη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος» (Sulecki, 2021).

«Στρατηγική διαχείρισης που βασίζεται σε Τεχνολογίες Πληροφορικής για τη βελτίωση της φυτικής και ζωικής παραγωγής με στόχο την αύξηση της κερδοφορίας και τη μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων» (Sulecki, 2021).

1.2 Συμπέρασμα για την Γεωργία Ακριβείας

Οι περισσότεροι από τους προαναφερθέντες ορισμούς οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η γεωργία ακριβείας αναπτύχθηκε για τη **διαχείριση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας** (management of spatial and temporal variability) εδάφους, καλλιεργειών και εχθρών μέσω της επακριβούς (precise or accurate) χωροστοχευμένης (site-specific or spatial or spot or targeted application) εφαρμογής των γεωργικών εισροών (σπόροι, νερό, λιπάσματα, φυτοπροστατευτικά προϊόντα). Αυτό σημαίνει ότι η αναγνώριση-ταυτοποίηση του αιτίου της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας εντός του αγρού είναι η βασικότερη προϋπόθεση (κρισιμότερο πρώτο βήμα) για τη διαχείρισή της, ενώ η επακριβής χωρική εφαρμογή των γεωργικών εισροών αποτελεί τη δεύτερη σημαντική παράμετρο για την επιτυχή εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας. Βέβαια, όσον αφορά τους ορισμούς που αναφέρονται στη διαχείριση της παραλλακτικότητας, αλλά και στη μεθοδολογία προσέγγισης ή/και στον ψηφιακό εξοπλισμό και την Τεχνολογία της Πληροφορικής και Επικοινωνιών, αυτοί εικάζεται ότι αποσκοπούν στην προβολή του σύγχρονου εξοπλισμού (αναγκαιότητα για χρήση στη γεωργία) και στην ταυτόχρονη

ακούσια ή εσκεμμένη υποβάθμιση του σκοπού ανάπτυξης και εφαρμογής της γεωργίας ακριβείας. Οι ορισμοί αυτοί, οι οποίοι εμπίπτουν στην ψηφιακή ή έξυπνη-ευφυή γεωργία και μερικώς στη γεωργία ακριβείας, εμφανίστηκαν πιθανώς για να δικαιολογήσουν τη διαπιστωθείσα περιορισμένη δυνατότητα του ψηφιακού εξοπλισμού για αναγνώριση και χαρτογράφηση των αιτίων της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας (η σημαντικότερη προϋπόθεση για την άσκηση γεωργίας ακριβείας) εδάφους, καλλιέργειας και εχθρών, η οποία είχε ως συνέπεια την αδυναμία επακριβούς χωρικής εφαρμογής των γεωργικών εισροών.

1.3 Σκοπός της Γεωργίας ακριβείας

Ο σκοπός ανάπτυξης της **γεωργίας ακριβείας**, σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν, είναι η διαχείριση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας εδάφους, καλλιέργειας και εχθρών εντός του αγρού, μέσω της χρήσης προηγμένης-σύγχρονης-ευφυούς-έξυπνης τεχνολογίας που παρέχει τη δυνατότητα επακριβούς (precise or accurate) χωροστοχευμένης (site-specific-spatial-spot-targeted application) εφαρμογής γεωργικών εισροών (σπόροι, αρδευτικό νερό, λιπάσματα, φυτοπροστατευτικά προϊόντα) και καλλιεργητικών πρακτικών. Επομένως, η γεωργία ακριβείας αποσκοπεί στην ορθολογική διαχείριση φυσικών πόρων και στην ορθή χρήση γεωργικών εισροών, οι οποίες συμβάλλουν στην αύξηση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών, στη βελτίωση της βιωσιμότητας της γεωργίας και στην προστασία του περιβάλλοντος.

1.4 Συστατικά άσκησης της γεωργίας ακριβείας

Φυσικοί πόροι (έδαφος, νερό, θρεπτικά στοιχεία, βιοποικιλότητα)
Γεωργικές εισροές (σπόροι, νερό, λιπάσματα, φυτοπροστατευτικά προϊόντα, ενέργεια)
Εξοπλισμός (γεωργικά μηχανήματα)
Καιρός-κλίμα
Φορείς (γεωργοί) χρήσης-αξιοποίησης-εκμετάλλευσης

2. Ψηφιακή Γεωργία (Digital agriculture)

2.1 Ορισμός

«Σύνολο ψηφιακών εργαλείων (εξοπλισμός) που συλλέγουν, αποθηκεύουν, αναλύουν και διαχέουν ψηφιακά δεδομένα ή/και πληροφορίες κατά μήκος της αλυσίδας αξίας γεωργικών προϊόντων διατροφής [πριν, κατά και μετά την παραγωγή γεωργικών προϊόντων (συσκευασία, τυποποίηση, μεταποίηση, διάθεση)]».
(https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_agriculture)

2.2 Τεχνολογίες Ψηφιακής Γεωργίας

Χαρτογράφηση χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας εδάφους
Χαρτογράφηση απαιτήσεων καλλιεργειών σε εισροές (νερό, θρεπτικά στοιχεία, φυτοπροστατευτικά προϊόντα)
Αυτόματη διεύθυνση-πλοήγηση μηχανημάτων (auto-steer systems)
Εφαρμογή μεταβλητής δόσης εισροών
Χαρτογράφηση χωρικής απόδοσης καλλιέργειας
Παραλαβή προϊόντων σε αποθήκη
Ιχνηλασιμότητα προϊόντων και τροφίμων
Ηλεκτρονικό εμπόριο
Παροχή ηλεκτρονικών υπηρεσιών (https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_agriculture)

3. Έξυπνη ή Ευφυής Γεωργία (Smart agriculture)

3.1 Ορισμοί

«Αναδυόμενη έννοια ολιστικής γεωργίας που αναφέρεται στη διαχείριση γεωργικών εκμεταλλεύσεων μέσω της χρήσης Τεχνολογίας Πληροφορικής και Επικοινωνιών, Ρομποτικής, μη επανδρωμένων αεροσκαφών (drones) και Τεχνητής Νοημοσύνης για καλύτερη λήψη αποφάσεων, οι οποίες αυξάνουν την απόδοση, βελτιώνουν την ποιότητα των προϊόντων και βελτιστοποιούν παράλληλα την ανθρώπινη εργασία» (<https://www.smart-akis.com/index.php/network/what-is-smart-farming/>)

«Εφαρμογή σύγχρονων Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών στη γεωργία, οι οποίες οδηγούν στην ευρέως γνωστή **‘3^η Επανάσταση στη γεωργία’** (1^η επανάσταση: εκμηχάνιση της γεωργίας, 2^η επανάσταση: πράσινη επανάσταση - βελτίωση φυτών)» ή **‘Ψηφιακή γεωργία’** (<https://www.smart-akis.com/index.php/network/what-is-smart-farming/>)

«Χρήση των νέων τεχνολογιών [Μηχανική μάθηση (Machine Learning), Επιστήμη Δεδομένων (Data Science), Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence)] που προέκυψαν στην **4^η Βιομηχανική Επανάσταση** για την αύξηση της απόδοσης και τη βελτίωση της ποιότητας της παραγωγής, μέσω της μέγιστης χρήσης πόρων-εισροών και της ελαχιστοποίησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων».
(<https://www.iberdrola.com/innovation/smart-farming-precision-agriculture>)

Οι άλλες τρεις επαναστάσεις της βιομηχανίας είναι: **1^η (1765)**: Εκμηχάνιση της παραγωγής, χρήση ενέργειας νερού και ατμού, **2^η (1870)**: Κινητήρας εσωτερικής καύσης, ηλεκτρισμός, φυσικό αέριο, πετρέλαιο, **3^η (1969)**: Πυρηνική ενέργεια, ηλεκτρονικά, τηλεπικοινωνίες, υπολογιστές, ρομπότ, αυτοματισμοί, βιοτεχνολογία (<https://ied.eu/project-updates/the-4-industrial-revolutions/>).

3.2 Τομείς εφαρμογής έξυπνης ή ευφυούς γεωργίας

Άρδευση

Θρέψη φυτών (λίπανση)

Εφαρμογή φυτοπροστατευτικών προϊόντων

Διαχείριση και έλεγχος κλίματος σε θερμοκήπια

Αισθητήρες για έδαφος, νερό, φως, υγρασία, θερμοκρασία

Πλατφόρμες λογισμικού

Συστήματα τοποθεσίας και αυτόματης διεύθυνσης (GPS)

Συστήματα επικοινωνίας (κινητή τηλεφωνία)

Ρομπότ

Πλατφόρμες ανάλυσης και βελτιστοποίησης

(https://ondo.io/what_is_smart_agriculture)

4. Ηλεκτρονική Γεωργία (e-agriculture)

4.1 Ορισμοί

«Είναι διεθνής κοινότητα εντός της οποίας ανταλλάσσονται πληροφορίες, ιδέες και πηγές που σχετίζονται με τη χρήση Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών για βιώσιμη γεωργία και αγροτική ανάπτυξη» (<https://www.fao.org/e-agriculture/e-agriculture>).

«Είναι διεθνής κοινότητα που αποσκοπεί στη διάχυση γνώσεων μεταξύ ιδρυμάτων και ατόμων της γεωργίας και της αγροτικής ανάπτυξης, οι οποίες θεωρούνται αναγκαίες για τη λήψη καταλληλότερων αποφάσεων σχετικά με τον ζωτικό ρόλο της Τεχνολογίας Πληροφορικής και Επικοινωνιών στην ενδυνάμωση των αγροτικών κοινοτήτων και τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, της βιώσιμης γεωργίας και της ασφάλειας τροφίμων» (<https://www.fao.org/e-agriculture/e-agriculture>).

Βιβλιογραφία

Dobermann, A., B.S. Blackmore, S. Cook, & V.I. Adamchuk. 2004. Precision farming: challenges and future directions. In *New Directions for a Diverse Planet. Proceeding of 4th International Crop Sci. Congr.* (pp. 1–19).

Fountas, S., K. Aggelopoulou, & T.A. Gemtos. 2016. Precision Agriculture. In *Supply Chain Management for Sustainable Food Networks* (pp. 41–65). Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. <http://doi.org/10.1002/9781118937495.ch2>

International Society for Precision Agriculture (2021). Precision Ag Definition. Available at www.ispag.org/about/definition

Lowenberg-DeBoer, J. and B. Erickson. 2019. Setting the record straight on precision agriculture adoption. *Agronomy Journal* 111:1558-1569.

Pierce, F.J. and P. Nowak. 1999. Aspects of Precision Agriculture. *Advances in Agronomy* 67:1-85.

- Pierce, F.J., P.C. Robert, and G. Mangold. 1994. Site-specific management: The pros, the cons, and the realities. In "Proceedings of the International Crop Management Conference, Iowa State University," pp. 17-21. Iowa State Univ. Press, Ames.
- Robert, P., R. Rust, W. Larson. 1994. Site-specific Management for Agricultural Systems, Proceedings of the 2nd International Conference on Precision Agriculture, 1994, Madison, WI. ASA/CSSA/SSSA.
- Srinivasan, A. 2006. Handbook of Precision Agriculture. Principles and Applications. Published September 25, 2008 by CRC Press, 683 pages.
- Stafford, J.V. 1996. Essential technology for precision agriculture. In "Proceedings of the Third International Conference on Precision Agriculture. Minneapolis, MN, 23-26 June 1996" (P.C. Robert, R.H. Rust, and W.E. Larson, **Eds.**). ASA Miscellaneous Publication, pp. 595-604. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Sulecki, J. 2021. Association seeks definitive definition of "precision agriculture"-What's your vote? <https://www.precisionag.com/market-watch/association-seeks-definitive-definition-of-precision-agriculture-whats-your-vote/>
- Whelan, B.M. and A.B. McBratney. 2000. The "null hypothesis" of precision agriculture management. Precision Agriculture 2:265-279.
- Zarco-Tejada, P.J., N. Hubbard, P. Loudjani. 2014. Precision Agriculture: An opportunity for farmers-potential support with the CAP 2014-2020. European Parliament's Committee on Agriculture and Rural Development. Available online: <http://www.europarl.europa.eu/studies>.
- University de Lleida. 2021. Precision Agriculture definitions. Available online: http://www.grap.udl.cat/en/presentation/pa_definitions.html

Το φυσιολογικό υπόβαθρο των φασματοσκοπικών μετρήσεων στα πλαίσια της γεωργίας ακριβείας

Γεώργιος Λιακόπουλος

Εργαστήριο Φυσιολογίας και Μορφολογίας Φυτών, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Σχολή
Επιστημών των Φυτών, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Η πληροφορία που παρέχεται μέσω της αλληλεπίδρασης της ακτινοβολίας (ανακλώμενης, απορροφούμενης ή εκπεμπόμενης) με την ύλη (φυτικοί ιστοί) αξιοποιείται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια για την παρακολούθηση της φυσιολογικής κατάστασης των καλλιεργούμενων φυτών. Ενώ παλαιότερα οι μετρήσεις ήταν ελάχιστα πληροφοριακές και μόνο υπό αυστηρά εργαστηριακές συνθήκες, πλέον εξελιγμένες τεχνικές παρέχουν πληροφορίες για πληθώρα παραμέτρων σχετιζόμενες με τη φωτοσύνθεση, την πυκνότητα και το είδος της βλάστησης την παραγωγικότητα, τη συγκέντρωση χλωροφύλλης και την απορρόφηση ακτινοβολίας, τις υδατικές σχέσεις, την επάρκεια θρεπτικών στοιχείων, τις ασθένειες, κ.ά. ακόμη και υπό συνθήκες αγρού. Οι τεχνικές αυτές στηρίζονται στην φασματική υπογραφή του ανακλώμενου φωτός καθώς αυτή τροποποιείται από τις αδρές οπτικές ιδιότητες, τη σύσταση σε χρωστικές και άλλες οπτικές και βιοχημικές ιδιότητες των φυτικών επιφανειών καθώς επίσης και στην εκπομπή φθορισμού από τις χλωροφύλλες της φωτοσυνθετικής συσκευής. Συνδυαζόμενες οι τεχνικές αυτές μας παρέχουν πληροφορίες για το είδος και το επίπεδο της καταπόνησης που ενδεχομένως υφίστανται τα φυτά μιας καλλιέργειας ή ενός φυσικού οικοσυστήματος δίνοντάς μας ταυτόχρονα τη δυνατότητα να επέμβουμε στα πλαίσια της γεωργίας ακριβείας.

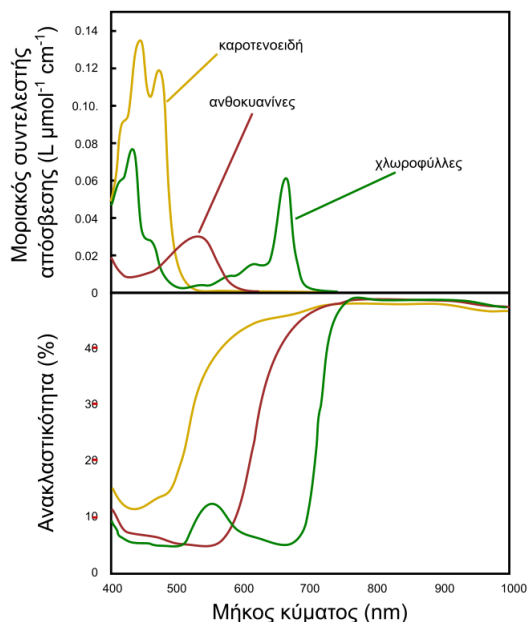
Εισαγωγή

Η παρακολούθηση των μορφοανατομικών, βιοχημικών και φυσιολογικών παραμέτρων των καλλιεργούμενων φυτών ή της φυσικής βλάστησης ήταν πάντα ζητούμενο για το σχεδιασμό και την πορεία εξέλιξης μιας καλλιέργειας ή ενός οικοσυστήματος, τον προγραμματισμό των καλλιεργητικών φροντίδων ή την έγκαιρη επέμβαση και λήψη μέτρων για την φυτοπροστασία. Η ανάγκη για ολοκληρωμένη διαχείριση των καλλιεργειών και βιώσιμη εκμετάλλευση των γεωργικών και φυσικών πόρων, πιο πρόσφατα, οι προσεγγίσεις της γεωργίας ακριβείας και της γεωργίας εξ' αποστάσεως αλλά και η παρακολούθηση και διαχείριση φυσικών οικοσυστημάτων που πλήττονται από την κλιματική κρίση κάνουν πλέον επιτακτική την καθημερινή καταγραφή πλήθους σχετικών παραμέτρων για την κατάσταση της βλάστησης. Ταυτόχρονα με την ζήτηση λόγω του συνεχούς εκμοντερνισμού των γεωργικών παραγωγικών συστημάτων, σημειώνονται ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις στη διαστημική τεχνολογία της τηλεπισκόπησης, τα συστήματα παρακολούθησης όπως οι υπερφασματικοί αισθητήρες, τα υπολογιστικά συστήματα και τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα αλλά και συνεχείς καινοτομίες και βελτιώσεις στις τεχνικές μέτρησης που σχετίζονται με τη φυσιολογία φυτών όπως η φασματοσκοπία και η φθορισμομετρία χλωροφύλλης. Για τους παραπάνω λόγους το πεδίο της παρακολούθησης και καταγραφή τόσο εκ του σύνεγγυς όσο και εκ του μακρόθεν είναι σε άνθηση. Στη σύντομη αυτή ανασκόπηση επιχειρείται μια παρουσίαση του φυσιολογικού υποβάθρου των τεχνικών τηλεπισκόπησης αλλά και των μετρήσεων εκ του σύνεγγυς που βασίζονται στις φασματοσκοπικές ιδιότητες των φυτικών, φωτοσυνθετικών ιστών.

Πηγές Προέλευσης της Ακτινοβολίας που Εκπέμπεται από τη Βλάστηση

Η πηγή όλων των τύπων ακτινοβολίας που εκπέμπεται από ένα φυτικό ιστό είναι ο ήλιος. Κατά πρώτον, μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια φυλλική επιφάνεια ανακλάται ή σκεδάζεται. Κατά ένα ποσοστό, η ακτινοβολία αυτή φέρει, μέσω της έντασης και της φασματικής της σύστασης, αξιοποιήσιμες πληροφορίες για την καταγραφή και παρακολούθηση της βλάστησης. Κατά δεύτερον, η απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από τα φωτοσυλλεκτικά σύμπλοκα και τα φωτοσυστήματα των χλωροπλαστών των φωτοσυνθετικών κυττάρων προκαλεί την εκπομπή φθορισμού ο οποίος μπορεί να καταγραφεί και, μέσω εξειδικευμένων εφαρμογών, μας παρέχει πληροφορίες σχετικές με τη βλάστηση.

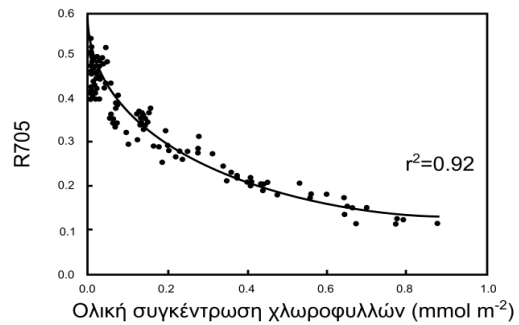
Εικόνα 1. Πάνω: αντιπροσωπευτικά φάσματα απορρόφησης των κυριότερων τάξεων χρωστικών των φύλλων. Κάτω: φάσματα ανάκλασης ενός τυπικού πράσινου, κίτρινου και κόκκινου (φθινοπωρινού) φύλλου. Ο εμπλουτισμός σε μήκη κύματος στην ερυθρή (κόκκινο φύλλο) και πράσινη περιοχή (κίτρινο φύλλο) οφείλεται στην απομάκρυνση των χλωροφυλλών και, επιπλέον και, στην απουσία των ανθοκυανινών αντίστοιχα. Το κίτρινο φύλλο συγκρατεί ουσιαστικά μόνο φωτόνια της κυανής - ιώδους περιοχής καθώς τα εναπομένοντα καροτενοειδή απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος αυτής (Sims and Gamon, 2002).



Αδρές Οπτικές Ιδιότητες Φυτικών Ιστών

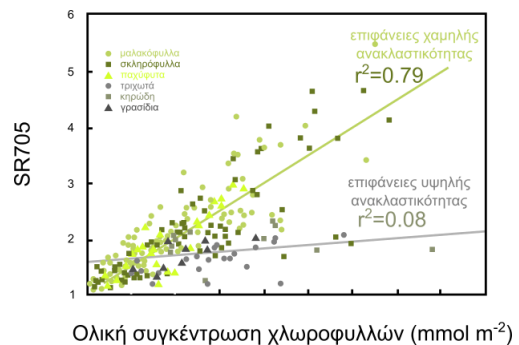
Οι φασματοσκοπικές ιδιότητες των φυτικών ιστών που βλέπει ένας φασματικός αισθητήρας εξαρτώνται από τη μικρομορφολογία της επιφάνειας και τη σύσταση σε χρωστικές (εικόνα 1). Εάν αθροίσουμε τη συμβολή όλων των χρωστικών, μπορούμε να εξηγήσουμε σε μεγάλο βαθμό τη φασματική συμπεριφορά της επίγειας βλάστησης. Η δομή και τα επιδερμικά εξαρτήματα της φυλλικής επιφάνειας όπως η αφθονία, η κατανομή και η λεπτή δομή των κρυστάλλων των επιεφυμενιδικών κηρών και του τριχώματος, επίσης καθορίζουν το βαθμό της επιφανειακής ανακλαστικότητας / σκέδασης, τη φασματική ανακλαστικότητα / σκέδαση (όπως η σκέδαση Rayleigh) και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της (σκέδαση ή κατοπτρική ανάκλαση).

Εικόνα 2. Συσχέτιση μεταξύ συγκέντρωσης χλωροφυλλών και ανακλαστικότητας στα 705 nm (Sims and Gamon, 2002).



Σε αντίθεση με την παραπάνω επιφανειακή ανακλαστικότητα η οποία εν πολλοίς είναι μη εξαρτώμενη από το μήκος κύματος, η εσωτερική ανάκλαση η οποία προέρχεται από τους φωτοσυνθετικούς ιστούς έχει φασματική σύσταση η οποία εξαρτάται από την πυκνότητα και σύσταση των φωτοσυνθετικών (χλωροφύλλες και καροτενοειδή) και μη φωτοσυνθετικών χρωστικών (ανθοκυανίνες, κ.ά.). Λόγω των παραπάνω, η ανάλυση του ανακλώμενου φωτός από τους φυτικούς ιστούς προσφέρει ιδιαίτερες πληροφορίες για το είδος και την κατανομή της βλάστησης καθώς και τα βιοχημικά και φυσιολογικά της χαρακτηριστικά.

Εικόνα 3. Συσχέτιση μεταξύ συγκέντρωσης χλωροφυλλών και λόγου ανακλαστικότητας στα 705 nm ανάλογα με τα ανατομικά χαρακτηριστικά της φυλλικής επιφάνειας (Sims and Gamon, 2002).

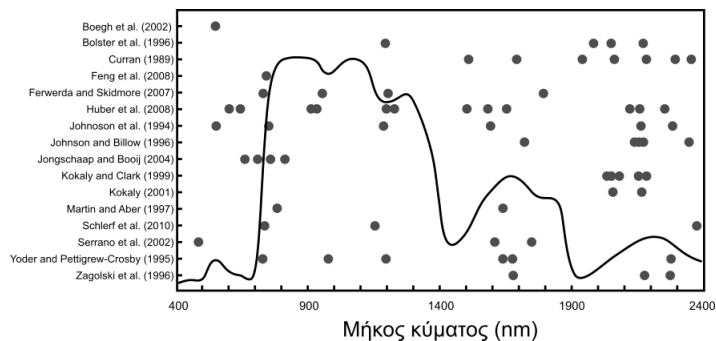


Πληροφορίες που Παρέχει η Ανακλώμενη Ακτινοβολία

Οι πληροφορίες που μπορούν να εξαχθούν από τα υπερφασματικά χρωροχρονικά δεδομένα των φασματικών αισθητήρων καλύπτουν σχεδόν όλο το εύρος των πεδίων που σχετίζονται με τη φυσική βλάστηση και τις καλλιέργειες όπως η σύσταση και η κατανομή της βλάστησης, τα φαινολογικά στάδια, η συγκέντρωση χλωροφυλλών και λοιπών χρωστικών, η ποιότητα της θρέψης με άζωτο αλλά και άλλων θρεπτικών στοιχείων, οι υδατικές παράμετροι, η παραγωγικότητα και η ύπαρξη αβιοτικών ή βιοτικών καταπονήσεων. Για παράδειγμα, η ερυθρή περιοχή όπου δεν παρεισφρέει καμία άλλη κατηγορία χρωστικών και συγκεκριμένα τα 705 nm, το λεγόμενο ερυθρό όριο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιόπιστη εκτίμηση της συγκέντρωσης χλωροφυλλών (εικόνα 2). Η ποιότητα των πληροφοριών σχετίζεται, αφενός μεν με την μετρούμενη παράμετρο, αφετέρου δε με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του κάθε φυτικού είδους. Στην εικόνα 3 φαίνεται η συσχέτιση της συγκέντρωσης χλωροφυλλών με το λόγο της ανακλαστικότητας στα 705 nm. Η συσχέτιση είναι ισχυρή και άρα η παράμετρος αυτή δύναται να χρησιμοποιηθεί για την

εκτίμηση των περιεχομένων χλωροφυλλών μόνο στην περίπτωση φύλλων που δεν φέρουν τρίχωμα ή μεγάλες ποσότητες κηρών.

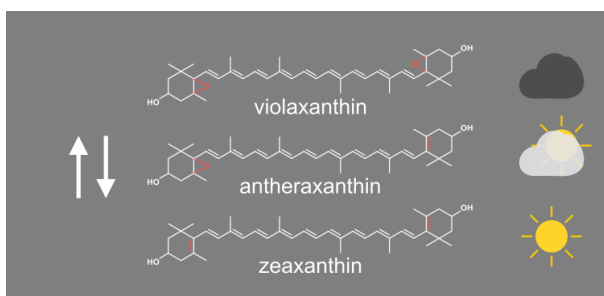
Πολλές εφαρμογές συσχετίζουν πλήθος φασματοσκοπικών χαρακτηριστικών με την ποιότητα της ανόργανης θρέψης. Στην εικόνα 4 φαίνονται τα μήκη κύματος που έχουν διερευνηθεί για την εκτίμηση της συγκέντρωσης αζώτου σε φυτικούς ιστούς.



Εικόνα 4. Εύρος μηκών κύματος τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της συγκέντρωσης αζώτου σε φυτικούς ιστούς ανά βιβλιογραφική αναφορά. Η γραμμή αποτελεί τμήμα του αντίστοιχου φάσματος ανάκλασης για το ίδιο φασματικό εύρος (Homolová et al., 2013).

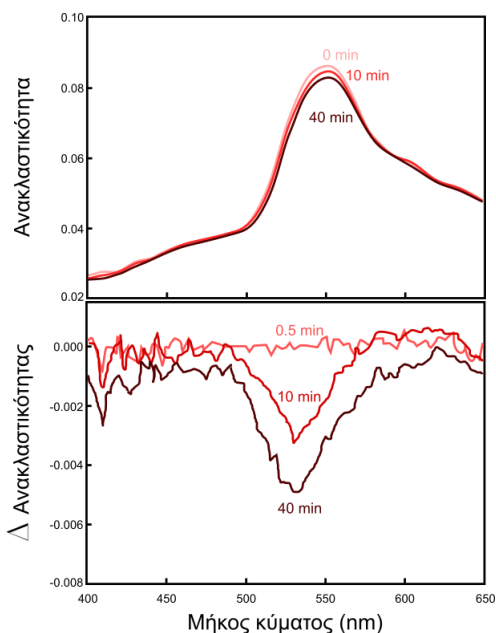
Οι παρεχόμενες πληροφορίες της ανακλώμενης ακτινοβολίας δεν περιορίζονται στη συγκέντρωση των χλωροφυλλών αλλά αφορούν και στις φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών. Ένα παράδειγμα είναι ο κύκλος των ξανθοφυλλών, ο βασικός φωτοπροστατευτικός μηχανισμός των φυτών μέσω του οποίου αποσβένεται με ασφαλή τρόπο σημαντικό μέρος της ενεργειακής πίεσης στη φωτοσυνθετική συσκευή. Σύμφωνα με τη λειτουργία του κύκλου, υπό συνθήκες ενεργειακής υπερφόρτωσης των φωτοσυστημάτων, επάγεται η μετατροπή της βιολαξανθίνης σταδιακά σε ζεαξανθίνη (εικόνα 5). Το μόριο αυτό αποτελεί τον ενεργό αποσβέστη της πλεονάζουσας ενέργειας. Η μετατροπή αυτή αυξάνει την εμπλοκή του κύκλου στην απόσβεση ενέργειας και προκαλεί μείωση της ενεργειακής υπερφόρτωσης. Το αντίθετο συμβαίνει όταν το φως μειωθεί καθώς προκαλείται απεμπλοκή του μηχανισμού ώστε να μην προκαλείται αναίτια μείωση της φωτοσυνθετικής απόδοσης.

Εικόνα 5. Τα τρία συστατικά του κύκλου των ξανθοφυλλών και οι μεταξύ τους μετατροπές υπό συνθήκες ενεργειακής υπερφόρτωσης (π.χ. συνθήκες ηλιοφάνειας, κάτω) ή αντίθετα συνθήκες απουσίας αυτής (π.χ. σκοτάδι, πάνω). Η εμπλοκή του κύκλου αυξάνεται με τη μετατροπή της βιολαξανθίνης σταδιακά σε ζεαξανθίνη που αποτελεί το μόριο που επιτελεί την απόσβεση της ενέργειας.



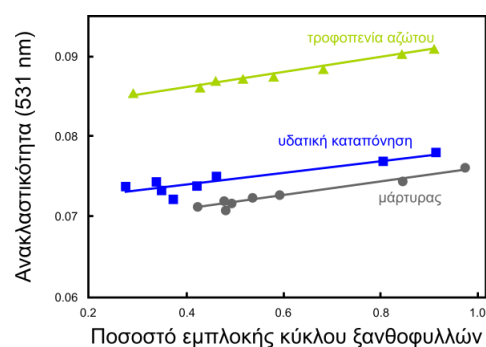
Οι διαφορές στις φασματικές ιδιότητες των συστατικών των τριών ξανθοφυλλών παρέχουν τη δυνατότητα εκτίμησης του βαθμού εμπλοκής του κύκλου από τις ελάχιστες μεταβολές στο φάσμα ανάκλασης. Για παράδειγμα, η έκθεση φύλλων σε έντονο φως προκαλεί τη μείωση, εντός 40 λεπτών, της ανακλώμενης ακτινοβολίας με μέγιστη αλλαγή περί τα 531 nm (εικόνα 6, επάνω). Οι αντίστοιχες αλλαγές στη διαφορά της ανάκλασης (εικόνα 6, κάτω) είναι πιο εμφανείς. Τόσο η κινητική της μεταβολής όσο και το μήκος κύματος της

παρατηρούμενης αλλαγής στην ανακλαστικότητα συμπίπτουν με τις αλλαγές που αναμένονται στη δεξαμενή των συστατικών του κύκλου.



Εικόνα 6. Επάνω: αλλαγές στο φάσμα ανάκλασης στα 531 nm ως αποτέλεσμα της εμπλοκής του κύκλου των ξανθοφυλλών σε διάφορες χρονικές στιγμές μετά την έκθεση φύλλων στο φως. Κάτω: αντίστοιχες αλλαγές στη διαφορά του φάσματος ανάκλασης από αυτό που καταγράφεται σε χρονική στιγμή 0 min (Gamon et al., 1992).

Η συσχέτιση των αλλαγών στην ανακλαστικότητα στα 531 nm συσχετίζονται πολύ ικανοποιητικά με τον βαθμό εμπλοκής του κύκλου όπως μετράται χρωματογραφικά ενώ η συσχέτιση ισχύει επιπλέον και για φυτά υπό υδατική καταπόνηση όπως και για φυτά υπό τροφοπενία αζώτου (εικόνα 7).

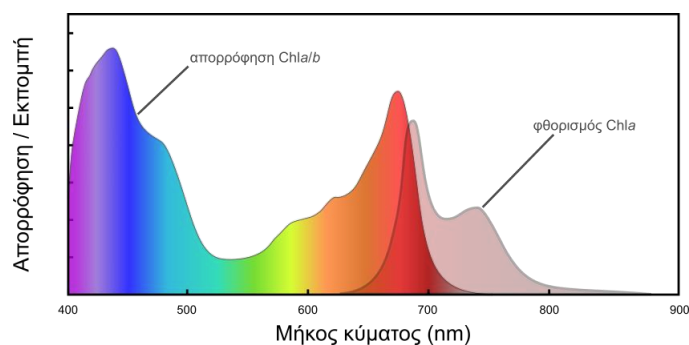


Εικόνα 7. Συσχέτιση της ανακλαστικότητας φύλλων στα 531 nm με το βαθμό εμπλοκής του κύκλου των ξανθοφυλλών σε φυτά μάρτυρες καθώς και σε φυτά υπό υδατική καταπόνηση ή τροφοπενία αζώτου (Gamon et al., 1992).

Φθορισμός Χλωροφύλλης και η Χρήση του στην Τηλεπισκόπηση

Το φαινόμενο του φθορισμού χλωροφύλλης είναι γνωστό εδώ και πολλές δεκαετίες ενώ πολύ εκτεταμένη είναι η εφαρμογή του για την εκτίμηση των παραμέτρων της φωτοχημείας, ειδικά του φωτοσυστήματος II (PSII). Η ανάλυση του φθορισμού χλωροφύλλης παρέχει πληροφορίες για την ενεργειακή αποδοτικότητα της φωτοσυνθετικής συσκευής και την ύπαρξη καταπονήσεων των φυτών της φυσικής βλάστησης και των καλλιεργειών.

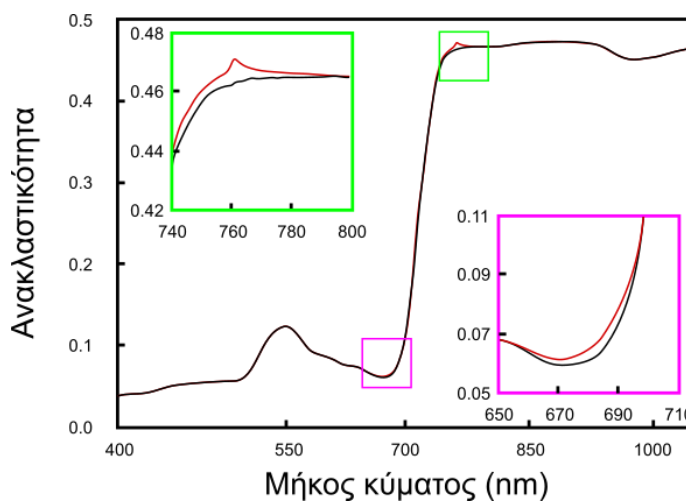
Η απορρόφηση φωτονίων της φωτοσυνθετικά ενεργού περιοχής από τα μόρια των χλωροφυλλών προκαλεί την εκπομπή φθορισμού, συγκεκριμένα από τα μόρια της χλωροφύλλης a. Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, το φάσμα εκπομπής διαθέτει δύο μέγιστα στην ερυθρή και εγγύς υπέρυθη περιοχή (εικόνα 8).



Εικόνα 7. Φάσμα απορρόφησης της χλωροφύλλης a και αντίστοιχο φάσμα εκπομπής φθορισμού.

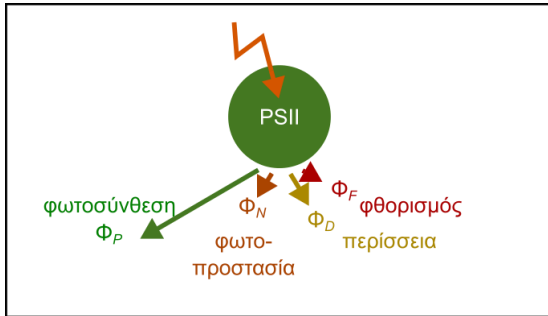
Στην τηλεπισκόπηση, ο φθορισμός της χλωροφύλλης επάγεται από την ηλιακή ακτινοβολία και καταγράφεται εκ του μακρόθεν, από απόσταση έως και μερικών εκατοντάδων χιλιομέτρων ως μέρος του φάσματος ανάκλασης κατά μήκος του ερυθρού ορίου (εικόνα 8).

Εικόνα 8. Ανάλυση των αλλαγών που καταγράφονται στο φάσμα ανάκλασης φύλλων ως αποτέλεσμα του επαγόμενου από την ηλιακή ακτινοβολία φθορισμού χλωροφύλλης. Στο σχήμα παρουσιάζονται σε μεγέθυνση, δύο υποπεριοχές (μια στο ερυθρό και μια στο εγγύς υπέρυθρο) που καταγράφουν τις μεγαλύτερες αλλαγές (Meroni et al., 2009).

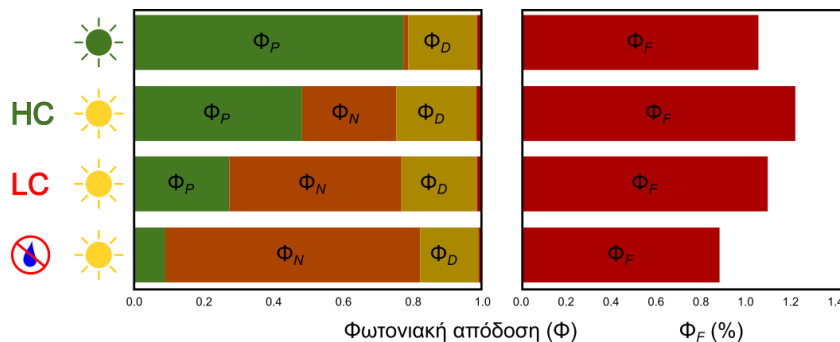


Οι πληροφορίες που προσφέρει το φαινόμενο του φθορισμού χλωροφύλλης στην επιστήμη των φυτών σχετίζονται με το γεγονός ότι η φωτονιακή απόδοση του φθορισμού δεν είναι σταθερή αλλά αλλάζει ανάλογα με τη φυσιολογική κατάσταση του δείγματος. Έτσι, οι διακυμάνσεις του εκπεμπόμενου φθορισμού ερμηνεύονται σε επίπεδο φυσιολογίας και παρέχουν πλήθος πληροφοριών για τη φωτοσυνθετική λειτουργία και την ύπαρξη καταπόνησης. Η φωτεινή ενέργεια που καταλήγει στο κέντρο αντίδρασης του κάθε φωτοσυστήματος, συγκεκριμένα του PSII του οποίου η συμπεριφορά είναι πιο τυπική όσον αφορά στο φαινόμενο του φθορισμού, έχει τέσσερις εναλλακτικές οδούς ή οδούς απόσβεσης (εικόνα 9).

Εικόνα 9. Οι διάφορες αποδόσεις της κάθε οδού απόσβεσης της ενέργειας του PSII. Οι αποδόσεις δεν είναι ίσες αλλά εξαρτώνται από τις περιβαλλοντικές και ενδογενείς συνθήκες. Σε συνθήκες χαμηλής ενεργειακής πίεσης η πιθανότητα η ενέργεια να αποδοθεί ως φθορισμός είναι τυπικά της τάξης του 1-3%. Στο δείγμα της εικόνας, υπό συνθήκες χαμηλού φωτισμού, η φωτοχημική απόσβεση έχει τη μεγαλύτερη συνεισφορά. Η φωτοπροστασία δεν εμπλέκεται σχεδόν καθόλου ενώ η περίσσεια (οι απώλειες της συσκευής) είναι μικρές (ιδιοσυστηματικά, κατ' ελάχιστο είναι περίπου 15%).

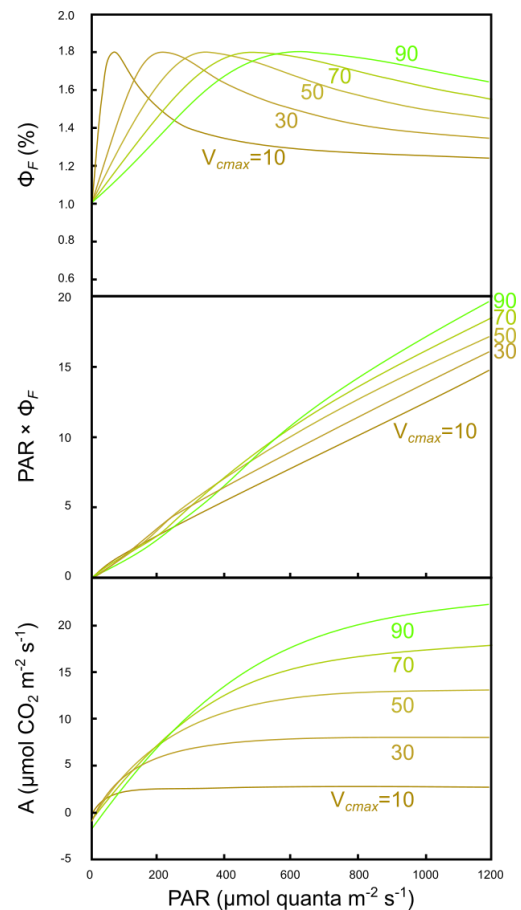


Η πρώτη οδός σχετίζεται με τη φωτοχημική ροή ηλεκτρονίων κατά τη διεργασία της φωτοσύνθεσης. Η δεύτερη οδός σχετίζεται με τη διαχείριση της ενέργειας από τους φωτοπροστατευτικούς μηχανισμούς καθώς η ίδια η φωτοσυνθετική λειτουργία υφίσταται κορεσμό. Η τρίτη οδός, εάν η ενέργεια βρεθεί σε περίσσεια, αντιπροσωπεύει την παθητική απόσβεση (για παράδειγμα η ενέργεια να χαθεί ως θερμότητα ή να προκαλέσει επιβλαβείς φωτοχημικές αντιδράσεις). Τέλος, μέρος της ενέργειας σε περίσσεια είναι και η ενεργειακή αποδιέγερση μέσω εκπομπής φθορισμού. Η σχετική συνεισφορά κάθε οδού απόσβεσης αποδίδεται με τον όρο φωτονιακή απόδοση (Φ , εικόνα 9). Σε διαφορετικές συνθήκες, οι ενεργειακές αποδόσεις κάθε οδού απόσβεσης αλλάζουν (εικόνα 10).



Εικόνα 10. Αλλαγές στις σχετικές αποδόσεις των τεσσάρων οδών ενεργειακής απόσβεσης του PSII ανάλογα με τις συνθήκες (από πάνω προς τα κάτω: χαμηλός φωτισμός, υψηλός φωτισμός με υψηλή φωτοσυνθετική απόδοση (HC), υψηλός φωτισμός με χαμηλή φωτοσυνθετική απόδοση (LC), υψηλός φωτισμός με έλλειψη νερού).

Εικόνα 11. Μοντελοποίηση της απόδοσης σε φθορισμό (επάνω), της έντασης του εκπεμπόμενου φθορισμού (μέσον) και της φωτοσυνθετικής ταχύτητας (κάτω) συναρτήσει της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας για διάφορες ταχύτητες καρβοξυλίωσης από τη Rubisco με τιμές 10, 30, 50, 70 και 90 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Frankenberg and Berry, 2018).



Η απόδοση σε φθορισμό εξαρτάται από τη φωτοσυνθετική ικανότητα, ειδικά στις μέσες έως υψηλές εντάσεις ακτινοβολίας (εικόνα 11, επάνω). Ομοίως, και η ένταση του εκπεμπόμενου φθορισμού διαφοροποιείται ανάλογα με τη φωτοσυνθετική ικανότητα (εικόνα 11, μέσον). Η φωτοσυνθετική ικανότητα καθορίζει, στο ίδιο εύρος εντάσεων, την ταχύτητα της φωτοσυνθετικής αφομοίωσης και συνεπώς η ένταση του εκπεμπόμενου φθορισμού μπορεί να συσχετιστεί με τη φωτοσυνθετική ταχύτητα (εικόνα 11, κάτω).

Συμπεράσματα

Οι φασματικές ιδιότητες των φυτικών ιστών προσφέρουν, μέσω της τηλεπισκόπησης, ανεξάντλητες δυνατότητες παρακολούθησης και εκτίμησης διαφόρων πτυχών της βιολογίας των φυτών. Σε αυτές περιλαμβάνονται παράμετροι για την κάλυψη, τη μορφή και την ανάπτυξη, έως λεπτομέρειες της φωτοσυνθετικής λειτουργίας, της βιοχημείας, της ύπαρξης καταπονήσεων και της παραγωγικότητας.

Βιβλιογραφία

Frankenberg, C., Berry, J. **2017**. Solar induced chlorophyll fluorescence: origins, relation to photosynthesis and retrieval. *In: Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, doi:10.1016/B978-0-12-409548-9.10632-3

Gamon, J.A., Peñuelas, J., Field, C.B. **1992**. A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency. *Remote Sens. Environ.*, *41*, 35-44, doi:10.1016/0034-4257(92)90059-S

Homolová, L., Malenovský, Z., Clevers, J.G.P.W., García-Santos, G., Schaepman, M.E. **2013**. Review of optical-based remote sensing for plant trait mapping. *Ecol. Complex.*, *15*, 1-16, doi:10.1016/j.ecocom.2013.06.003

Meroni, M., Rossini, M., Guanter, L., Alonso, L., Rascher, U., Colombo, R., Moreno, J. **2009**. Remote sensing of solar-induced chlorophyll fluorescence: Review of methods and applications, *Remote Sens. Environ.*, *113*, 2037-2051, doi:doi.org/10.1016/j.rse.2009.05.003

Sims, D.A., Gamon, J.A. **2002**. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sens. Environ.*, *81*, 337-354. doi:10.1016/S0034-4257(02)00010-X

Vogelmann, T.C. **1993**. Plant tissue optics. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, *44*, 231- 251. doi: 10.1146/annurev.pp.44.060193.001311

Vogelmann, T.C., Gorton, H.L. **2014**. Leaf: Light capture in the photosynthetic organ. In *The Structural Basis of Biological Energy Generation. Advances in Photosynthesis and Respiration (Including Bioenergy and Related Processes)*. Hohmann-Marriott M., Ed.; Springer, Dordrecht, Germany; Volume 39, pp. 363-377. doi: 10.1007/978-94-017-8742-0_19

Εξ' αποστάσεως γεωργία: πραγματικότητα ή επιστημονική φαντασία;

Άρης Κυπαρίσσης,

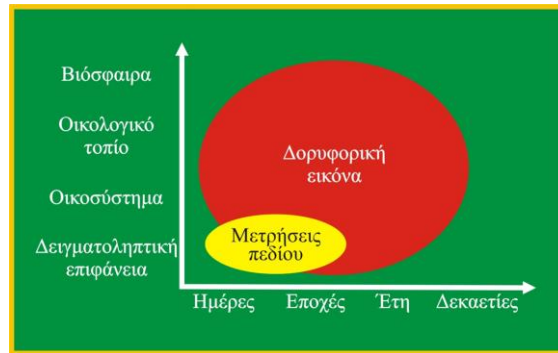
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Στη διάρκεια των δυο τελευταίων δεκαετιών έχει επιτευχθεί αλματώδης πρόοδος στον τομέα της τηλεπισκόπησης, με ποικίλες εφαρμογές σε διάφορα επιστημονικά πεδία. Όσον αφορά την παρατήρηση της βλάστησης, ένα πλήθος οργάνων μέτρησης και αισθητήρων παρέχουν τη δυνατότητα καταγραφής πληροφοριών από απόσταση, με μεγάλο εύρος χωρικής και χρονικής ανάλυσης. Το είδος και η ανάλυση της καταγραφόμενης πληροφορίας βελτιώνεται διαρκώς σε αντιστοιχία με τις τεχνολογικές εξελίξεις, ενώ ποικίλει ανάλογα με την απόσταση των διαφόρων αισθητήρων από την κόμη των φυτών, η οποία μπορεί να κυμαίνεται από λίγα μέτρα (UAVs, robots, κ.α.) έως μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα (δορυφορική τηλεπισκόπηση). Παράλληλα, σημαντικές εξελίξεις εκτυλίσσονται σε διάφορους τομείς της πληροφορικής: γρήγορα δίκτυα (5G), διαδίκτυο των πραγμάτων (internet of things), μηχανική μάθηση (machine learning). Ο συνδυασμός των δυο αυτών επιστημονικών τομέων φαίνεται πολλά υποσχόμενος, ειδικά στο πλαίσιο της γεωργίας ακριβείας και υπό το πρίσμα της παγκόσμιας κλιματικής κρίσης και του υπερπληθυσμού. Που βρισκόμαστε αυτή τη στιγμή και τι περιμένουμε στο μέλλον;

Εξ αποστάσεως γεωργία και τηλεπισκόπηση

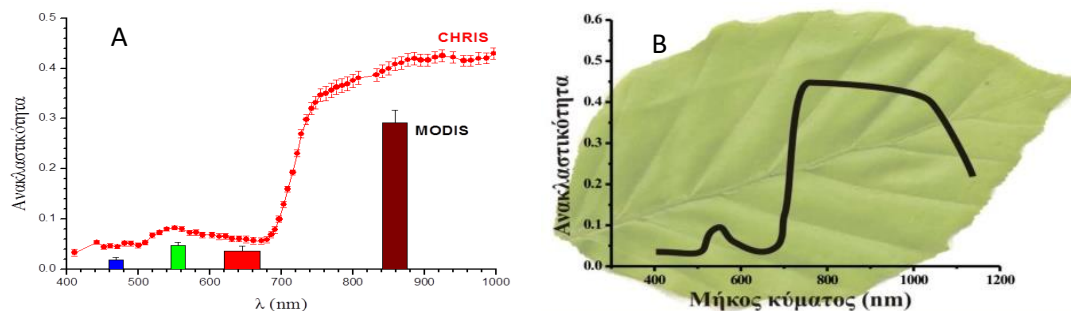
Η έννοια της εξ αποστάσεως γεωργίας είναι στενά συνδεδεμένη με την τηλεπισκόπηση. Ο πλήρης ορισμός της τηλεπισκόπησης είναι η καταγραφή πληροφοριών στο υπεριώδες, ορατό, εγγύς υπέρυθρο και μικροκυματικό μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, από απόσταση, μέσω οργάνων τοποθετημένων σε πλατφόρμες και η ανάλυση των πληροφοριών που συλλέχθηκαν μέσα από οπτική και ψηφιακή επεξεργασία των εικόνων. Τα όργανα που χρησιμοποιούνται είναι φωτογραφικές μηχανές σαρωτές, λέιζερ, γραμμικές και χωρικές συστοιχίες εικονοστοιχείων που τοποθετούνται σε robots, αερόστατα, αεροσκάφη, drones και δορυφόρους. Η ιστορία της δορυφορικής τηλεπισκόπησης ξεκινάει το 1957 με τον Sputnik, τον 1^ο ρωσικό δορυφόρο που τέθηκε σε τροχιά. Αυτή τη στιγμή (2021) υπολογίζεται ότι έχουν εκτοξευθεί 6.500 δορυφόροι, εκ των οποίων μόνο το 52% παραμένουν λειτουργικοί (Mohanta, 2021). Βεβαίως, στα αγροτικά συστήματα κυρίαρχο ρόλο παίζουν τα drones είτε πρόκειται για ελικόπτερα είτε για αεροπλανάκια.

Η τηλεπισκόπηση παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των μετρήσεων πεδίου. Παρέχει τη δυνατότητα καταγραφής πληροφορίας σε πολύ μεγαλύτερες χωρικές και χρονικές κλίμακες (Εικόνα 1), πρόκειται για μία μη παρεμβατική τεχνική που παρέχει τη δυνατότητα συνεχούς καταγραφής δεδομένων, ενώ οι χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες βελτιώνονται διαρκώς.



Εικόνα 1. Σύγκριση τη χρονικής και της χωρικής κάλυψης που παρέχεται από την δορυφορική εικόνα και τις μετρήσεις πεδίου.

Ένα παράδειγμα της συνεχούς βελτίωσης των αισθητήρων παρουσιάζεται στην Εικόνα 3, όπου φαίνονται τα κανάλια του πολυφασματικού MODIS έναντι του υπερφασματικού CHRIS-PROBA. Ο MODIS περιλαμβάνει 4 κανάλια, στο ορατό και κοντινό υπέρυθρο τμήμα του φάσματος, ενώ ο CHRIS σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό καναλιών πολύ μικρότερου εύρους, με αποτέλεσμα να παρέχει ένα φάσμα ανακλαστικότητας παρόμοιο με αυτό που θα παίρναμε την επιφάνεια της γης, εάν χρησιμοποιούσαμε ένα φορητό φασματοραδιόμετρο πάνω από ένα φύλλο (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Σύγκριση φασματικών καναλιών του πολυφασματικού δορυφόρου MODIS (στήλες) και του υπερφασματικού δορυφόρου CRIS (κόκκινα σημεία), (Α). (Β) Φάσμα ανακλαστικότητας φύλλου από φορητό φασματοραδιόμετρο.

Σε σχέση με τη συνεχή βελτίωση των χρησιμοποιούμενων αισθητήρων, αξίζουν αναφοράς 4 δορυφόροι που παίζουν ή αναμένεται να παίξουν σημαντικό ρόλο στο κοντινό μέλλον (Πίνακας 1). Τα τελευταία χρόνια πολύ σημαντικό ρόλο στην παρατήρηση της γης έχουν αναλάβει οι δορυφόροι Sentinel-2 (“Sentinel-2 - Missions - Sentinel Online - Sentinel Online,” n.d.) της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Διαστήματος (ESA) που μετράνε 5 χρόνια λειτουργίας. Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι η υψηλή χωρική τους ανάλυση που είναι πολύ καλή για μελέτες ανάλυσης της βλάστησης, καθώς διαθέτουν κανάλια στα 10, 20 και 60 m και επανεπισκεψιμότητα στις 5 ημέρες (καταγράφουν από την ίδια περιοχή κάθε 5 ημέρες), η οποία είναι ικανοποιητική χωρίς να είναι ιδανική. Αντίστοιχα, οι δορυφόροι Sentinel-3 (“Sentinel-3 - Missions - Sentinel Online - Sentinel Online,” n.d.) έχουν πολύ καλή επανεπισκεψιμότητα (1-2 ημέρες), πρακτικά μπορούμε να έχουμε εικόνα καθημερινά για το σύστημα που μελετάμε, ωστόσο έχουν το μειονέκτημα ότι η χωρική τους ανάλυση είναι στα 300 m, γεγονός που σημαίνει ότι για τα ελληνικά αγροτικά συστήματα που είναι μικρά και πολύ κατακερματισμένα έχουν πολύ μικρές πιθανότητες εφαρμογής. Ένας νέος

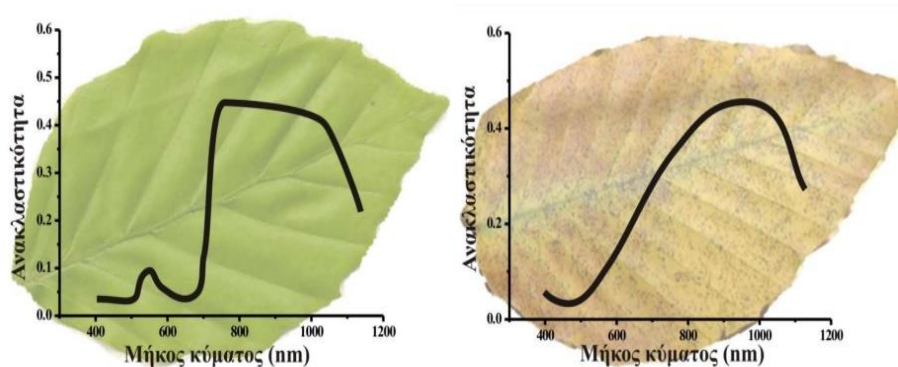
αισθητήρας που έχει τοποθετηθεί από τη NASA στον διεθνή διαστημικό σταθμό και καταγράφει πληροφορία στο θερμικό υπέρυθρο είναι ο ECOSTRESS (“Welcome to ECOSTRESS — ECOSTRESS,” n.d.). Χρησιμοποιείται πρωτίστως σε εφαρμογές που σχετίζονται με τη θερμοκρασία και την εξατμισοδιαπνοή, εντούτοις έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται και σε μελέτες παραγωγικότητας, λόγω της ισχυρής συσχέτισης που παρουσιάζει η διαπνοή με τη φωτοσύνθεση. Τέλος, ένας δορυφόρος τον οποίο η κοινότητα της τηλεπισκόπησης αναμένει με ανυπομονησία είναι ο FLEX (“FLEX - Earth Online,” n.d.), ο οποίος καλύπτει μία πολύ μικρή φασματική περιοχή στα 500-780 nm, όμως έχει το μεγάλο πλεονέκτημα ότι τα κανάλια του έχουν εξαιρετικά καλή φασματική ανάλυση (0.1 – 2.0 nm) και αφορούν σε φασματικές περιοχές που μας δίνουν εκτίμηση του φθορισμού που διεγείρεται από τον ήλιο και του δείκτη PRI (Photochemical Reflectance Index) που σχετίζεται με τη λειτουργικότητα του κύκλου των ξανθοφυλλών, δηλαδή μας δίνει πληροφορία για δυναμικά αποκρινόμενες παραμέτρους της βλάστησης, οι οποίες δύσκολα προσεγγίζονται με άλλου τύπου αισθητήρες.

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά διαφόρων δορυφορικών αισθητήρων.

Δορυφόρος	Χωρική ανάλυση, m	Αριθμός καναλιών	Φασματικό εύρος, nm	Φασματική ανάλυση, nm	Επανεπισκεψιμότητα, ημέρες	Εφαρμογές	Agency
Sentinel-2	10, 20, 60	13	443 – 2190	15 – 180	5 ημέρες	Βλάστηση	ESA 2016
Sentinel-3	300	21	400 – 1020	3.75 – 40	1 – 2 ημέρες	Βλάστηση Θάλασσα/λίμνες Θερμοκρασία	ESA 2016
ECOSTRESS	30, 70	6	8.29 – 12.09 μm	310 – 611	4 – 5 ημέρες	Θερμοκρασία Εξατμισοδιαπνοή	NASA ISS 2018
FLEX	300	?	500 – 780 nm	0.1 – 2.0	?	Solar Induced Fluorescence, Red Edge, Photochemical Reflectance Index	ESA 2024?

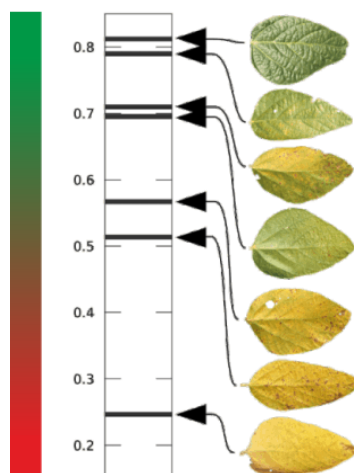
Τι «βλέπει» ένας τηλεσκοπικός αισθητήρας

Ένας τηλεσκοπικός αισθητήρας καταγράφει την ανακλώμενη ακτινοβολία, η οποία επηρεαζόμενη από τη δομή και τη λειτουργία των φυτών διαμορφώνει διακριτές φασματικές υπογραφές, όπως για παράδειγμα το φάσμα ενός υγιούς πράσινου φύλλου και το φάσμα ενός καφέ φύλλου που βρίσκεται στα τελικά στάδια της γήρανσης (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Φάσματα ανακλαστικότητας υγιούς πράσινου φύλλου (αριστερά) και γηρασμένου φύλλου (δεξιά).

Η ανακλαστικότητα των φύλλων διαμορφώνει τη φασματική τους υπογραφή και ένας από τους τρόπους που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτή την πληροφορία είναι μέσω δεικτών βλάστησης. Οι δείκτες βλάστησης είναι αδιάστατα μεγέθη που ποσοτικοποιούν διάφορες παραμέτρους της βλάστησης, διότι εμφανίζουν καλές συσχετίσεις με αυτές. Τέτοιες παράμετροι είναι ο Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (LAI, Leaf Area Index), το ποσοστό κάλυψης, η βιομάζα, οι φωτοσυνθετικές χρωστικές, το ποσοστό της Απορροφούμενης Φωτοσυνθετικά Ενεργούς Ακτινοβολίας (FAPAR) κ.α. Εάν ανατρέξει κανείς στην πρόσφατη βιβλιογραφία θα βρει εργασίες με πληθώρα τέτοιων δεικτών (“IDB - List of available Indices,” n.d.). Μεταξύ αυτών ο πλέον χρησιμοποιημένος και δημοφιλής είναι ο δείκτης NDVI ($NDVI = (\rho_{nir} - \rho_{red}) / (\rho_{nir} + \rho_{red})$, όπου ρ η ανακλαστικότητα στην αντίστοιχη φασματική περιοχή). Πρόκειται για έναν απλό δείκτη που χρησιμοποιεί δύο τμήματα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας: την περιοχή στο κόκκινο, όπου εμφανίζεται ισχυρή απορρόφηση λόγω της παρουσίας των χλωροφυλλών, ως κανάλι σήματος και την ανακλαστικότητα στην κοντινή υπέρυθρη περιοχή, ως κανάλι αναφοράς. Ακριβώς επειδή είναι ένας κανονικοποιημένος δείκτης παρουσιάζει ένα εύρος τιμών από -1 έως +1, με χαρακτηριστικές τιμές για τις διάφορες καταστάσεις που μπορεί να έχουμε στην επιφάνεια της γης: το γυμνό έδαφος παρουσιάζει εύρος τιμών 0 – 0.2, η αραιή βλάστηση 0.2 – 0.4 και η έντονη βλάστηση πάνω από 0.4. Το αστικό περιβάλλον ξεχωρίζει καθαρά διότι έχει αρνητικές τιμές, ενώ το νερό παρουσιάζει τιμές κοντά στο -1. Στην Εικόνα 5 παρουσιάζεται η διαβάθμιση του NDVI για διάφορα φύλλα διαφορετικών αναπτυξιακών σταδίων.



Εικόνα 5. Διαβάθμιση του NDVI από ένα πράσινο φύλλο μέχρι ένα γηρασμένο φύλλο.

Τι πληροφορία θα θέλαμε στην εξ αποστάσεως γεωργία

Στην εξ αποστάσεως γεωργία θα θέλαμε να γνωρίζουμε με έναν εύκολο τρόπο τα πάντα, δηλαδή να έχουμε πληροφορία για το έδαφος, το νερό, τα θρεπτικά, τις ασθένειες, τα ζιζάνια, τη φαινολογία και πως αυτή διακυμαίνεται στο χρόνο, καθώς επίσης και για το κλίμα. Όλοι αυτοί οι παράγοντες αντικατοπτρίζονται και συνθέτουν την έννοια της παραγωγικότητας. Για την τελευταία θα θέλαμε επίσης πληροφορία, είτε για την εκτίμηση της είτε ως πρόβλεψη για την οργάνωση της περαιτέρω παραγωγής (logistics). Παρόλο που η τηλεπισκόπηση χρησιμοποιείται πλέον ευρύτατα στο πλαίσιο της γεωργίας ακριβείας, δεν λείπουν τα προβλήματα και οι περιορισμοί. Οι προοπτικές ανάκτησης των παραπάνω πληροφοριών και τα πιθανά προβλήματα που μπορεί να αντιμετωπίσουμε σε αυτή τη διαδικασία αναδεικνύονται χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα μία πολύ πρόσφατη εργασία των (Mahajan et al., 2021). Στην εργασία αυτή επιχειρείται η ποσοτικοποίηση των θρεπτικών στα φύλλα συγκρίνοντας δύο τεχνικές: την προσέγγιση μέσω δεικτών βλάστησης και την προσέγγιση μέσω μοντέλων μηχανικής μάθησης. Στην 1^η προσέγγιση, μεταξύ των 11 θρεπτικών που εξετάστηκαν, οι συντελεστές συσχέτισης (R^2) που καταγράφηκαν μεταξύ μετρημένων και εκτιμώμενων τιμών δεν ξεπέρασαν το 0.21. Αντίθετα, τα μοντέλα μηχανικής μάθησης φαίνεται να λειτουργούν πολύ καλύτερα, με συντελεστές $R^2 > 0.88$.

Ένα πρώτο συμπέρασμα λοιπόν είναι ότι ενδεχομένως αφήνουμε πίσω μας τις προσεγγίσεις που βασίζονται στους δείκτες βλάστησης και πηγαίνουμε προς πιο προηγμένες και πολύπλοκες τεχνικές ανάλυσης των δεδομένων, όπως για παράδειγμα τα μοντέλα μηχανικής μάθησης.

Όσον αφορά τα δυνητικά προβλήματα στη σχέση γεωργίας ακριβείας και τηλεπισκόπησης, αξίζει να αναφέρουμε αυτούσια μια παράγραφο από την εργασία των (Galieni et al., 2021): «Ορισμένες αποκρίσεις των φυτών, δυνητικά ανιχνεύσιμες για διάγνωση στρες μπορεί να είναι κοινές μεταξύ καταπονήσεων (π.χ. ξηρασία, αλατότητα, θερμοκρασία, τοξικότητα μετάλλων ή μόλυνση από παθογόνα) καθιστώντας δύσκολη την αναγνώριση συγκεκριμένων παραγόντων καταπόνησης – ειδικά σε συνθήκες πεδίου – όπου μπορεί να συμβεί ένα σενάριο πολλαπλών καταπονήσεων. Ως αποτέλεσμα, ενώ μία μεμονωμένη τεχνική ανίχνευσης θα μπορούσε να χαρακτηριστεί από υψηλή εξειδίκευση στην αναγνώριση κάποιας μεμονωμένης καταπόνησης σε πειραματικές συνθήκες, οι πιθανές πολλαπλές αιτίες στις γεωργικές εφαρμογές μπορούν να εντοπιστούν μόνο μέσω μία ολιστικής και ολοκληρωμένης προσέγγισης». Με άλλα λόγια, εάν για κάποιο χωράφι ξέρουμε ποιο είναι το πρόβλημα, υπάρχει αυτή τη στιγμή ώριμη εξ αποστάσεως τεχνολογία προκειμένου να το καταγράψουμε και να εφαρμόσουμε μια πρακτική επίλυσή του. Όταν όμως στόχος είναι ο εντοπισμός της φύσης του προβλήματος – και ειδικά κάτω από σενάρια πολλαπλών καταπονήσεων (νερό, θρεπτικά, ασθένεια, ζιζάνια κλπ.), δηλαδή εάν δεν ξέρουμε εκ των προτέρων το αίτιο του προβλήματος και θέλουμε να πάμε σε μία ολιστική προσέγγιση, τα πράγματα φαίνεται ότι δεν είναι τόσο ώριμα.

Μία τέτοιου είδους ολιστική και ολοκληρωμένη προσέγγιση θα μπορούσε να περιλαμβάνει συνδυασμό μετεωρολογικών δεδομένων με φασματικά δεδομένα, από πολλαπλές πηγές (επίγειους σταθμούς, δορυφόρους, drones), τα οποία όμως θα πρέπει να έχουν περάσει από μία διαδικασία παραμετροποίησης και επαλήθευσης για διαφορετικά είδη, εδάφη και κλιματικές ζώνες (Εικόνα 6). Στη συνέχεια, αυτή η μεγάλη πλέον ποσότητα πληροφορίας θα πρέπει να αναλυθεί μέσω πολύπλοκων τεχνικών ανάλυσης δεδομένων. Παράλληλα, θα πρέπει να ενσωματωθούν και προβλέψεις κλιματικών μοντέλων, με την έννοια των

επιδράσεων της κλιματικής κρίσης, ώστε να μπορούμε να επέμβουμε έγκαιρα, μετριάζοντας ή επιλύοντας τα δυνητικά προβλήματα. Τελικά, μια τέτοια προσέγγιση θα πρέπει να μπορεί να προσδιορίσει τη φύση του ή των προβλημάτων και για κάθε ένα από αυτά να παράγει ένα χάρτη παραλλακτικότητας. Από το σημείο αυτό και έπειτα, υπάρχει ώριμη τεχνολογία για την αντιμετώπιση των επιμέρους προβλημάτων, π.χ. συστήματα διαφορικής άρδευσης, ελκυστήρες με συστήματα διαφορικής λίπανσης, διαφορικός ψεκασμός με drones για καταπολέμηση ασθενειών ή ζιζανίων. Προφανώς, σε ένα τέτοιο σύστημα, εάν καταστεί εφικτό, κρίσιμος παράγοντας είναι η ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων, η οποία με τα δίκτυα 5^{ης} γενιάς αναμένεται να επιταχυνθεί σε σημαντικό βαθμό, βελτιώνοντας τη δυνατότητα υλοποίησής του.



Εικόνα 6. Συνοπτική απεικόνιση των συνιστωσών της ολιστικής και ολοκληρωμένης προσέγγισης των πολλαπλών προβλημάτων που μπορεί να υφίστανται ταυτόχρονα σε μία καλλιέργεια.

Συμπερασματικά

Επανερχόμενοι στο αρχικό ερώτημα «πραγματικότητα ή επιστημονική φαντασία;» θα μπορούσαμε να πούμε ότι εάν το πρόβλημά μας είναι ήδη εντοπισμένο σε έναν μεμονωμένο παράγοντα καταπόνησης, η υπάρχουσα τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να απαντήσει και να επιλύσει ένα τέτοιο πρόβλημα. Ωστόσο, εάν το ερώτημά μας είναι ολιστικό, περιλαμβάνει δηλαδή τον εντοπισμό της φύσης του / των προβλημάτων, βρισκόμαστε ακόμη στην περιοχή της επιστημονικής φαντασίας: η επιστημονική κοινότητα φαντάζεται πιθανές προσεγγίσεις, χωρίς όμως ακόμα να έχει φτάσει στο στάδιο μίας τέτοιας ολιστικής υλοποίησης. Σε μία τέτοια προσέγγιση, οι σύγχρονες τεχνικές ανάλυσης, όπως η τεχνητή νοημοσύνη, η μηχανική μάθηση, τα νευρωνικά δίκτυα και τα δίκτυα 5^{ης} γενιάς αναμένεται να παίξουν καθοριστικό ρόλο. Επίσης, προς αυτή την κατεύθυνση είναι απαραίτητη η άρτια συνεργασία μεταξύ διαφορετικών επιστημονικών πεδίων, κάτι που δεν είναι πάντοτε προφανές. Τέλος, μία τέτοια προσέγγιση θα πρέπει να λάβει υπόψιν της δύο ακόμη ζητήματα. Αφενός, τις σχέσεις κόστους-οφέλους σε σύγκριση με παραδοσιακές τεχνικές, να αποδείξει δηλαδή ότι μία τέτοια προσέγγιση είναι οικονομικά βιώσιμη σε

σύγκριση με τις παραδοσιακές τεχνικές. Αφετέρου, σημαντική παράμετρος είναι οι επιπτώσεις της 4^{ης} τεχνολογικής επανάστασης – γιατί για τέτοιου είδους τεχνολογία πρόκειται – κυρίως σε σχέση με την απώλεια θέσεων εργασίας που διαφαίνεται.

Βιβλιογραφία

FLEX - Earth Online [WWW Document], n.d. URL <https://earth.esa.int/eogateway/missions/flex> (accessed 12.9.21).

Galieni, A., D'Ascenzo, N., Stagnari, F., Pagnani, G., Xie, Q., Pisante, M., 2021. Past and Future of Plant Stress Detection: An Overview From Remote Sensing to Positron Emission Tomography. *Frontiers in Plant Science* 11, 1975. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.609155>

IDB - List of available Indices [WWW Document], n.d. URL <https://www.indexdatabase.de/db/i.php> (accessed 12.9.21).

Mahajan, G.R., Das, B., Murgaokar, D., Herrmann, I., Berger, K., Sahoo, R.N., Patel, K., Desai, A., Morajkar, S., Kulkarni, R.M., 2021. Monitoring the Foliar Nutrients Status of Mango Using Spectroscopy-Based Spectral Indices and PLSR-Combined Machine Learning Models. *Remote Sensing* 13, 641. <https://doi.org/10.3390/rs13040641>

Mohanta, N., 2021. How many satellites are orbiting the Earth in 2021? *Geospatial World*. URL <https://www.geospatialworld.net/blogs/how-many-satellites-are-orbiting-the-earth-in-2021/> (accessed 12.9.21).

Sentinel-2 - Missions - Sentinel Online - Sentinel Online [WWW Document], n.d. URL <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> (accessed 12.9.21).

Sentinel-3 - Missions - Sentinel Online - Sentinel Online [WWW Document], n.d. URL <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-3> (accessed 12.9.21).

Welcome to ECOSTRESS — ECOSTRESS [WWW Document], n.d. URL <https://ecostress.jpl.nasa.gov/> (accessed 12.9.21).

Γεωργία ακριβείας στη διαχείριση ζιζανίων: Είναι ακριβής, ακριβή, εφικτή ή στόχος προσέγγισης;

Ηλίας Γ. Ελευθεροχωρινός

Ομότιμος καθηγητής Γεωπονίας, ΑΠΘ
Μέλος Ελληνικής Γεωργικής Ακαδημίας

Η διαχείριση των ζιζανίων μέσω της γεωργίας ακριβείας, αν και υπόσχεται ότι παρέχει τη δυνατότητα για επακριβή χωροστοχευμένη εφαρμογή ζιζανιοκτόνων και άλλων γεωργικών εισροών, ανάλογα με την εκτιμώμενη χωρική και χρονική παραλλακτικότητα των ζιζανίων και των αναγκών της καλλιέργειας, δεν έτυχε της αναμενόμενης υιοθέτησης στην Ελλάδα και διεθνώς. Αυτό οφείλεται στην περιορισμένη δυνατότητα της τεχνολογίας για ανίχνευση, αναγνώριση-ταυτοποίηση και χαρτογράφηση της χωρικής παραλλακτικότητας των ζιζανίων εντός του αγρού, καθώς και για υποστήριξη αποφάσεων ως προς τον χρόνο εφαρμογής του αποτελεσματικού και εκλεκτικού ζιζανιοκτόνου ή άλλης μεθόδου στον χώρο των ζιζανίων. Η παραδοχή αυτή, σε συνδυασμό με την αδυναμία τεκμηρίωσης των ερευνητικών αποτελεσμάτων στην πράξη, αλλά και το υψηλό κόστος αγοράς εξοπλισμού, ανάλυσης και επεξεργασίας δεδομένων, εκμάθησης και χρήσης της τεχνολογίας, εξηγεί την κλονισμένη εμπιστοσύνη και το μειωμένο ενδιαφέρον των γεωργών για υιοθέτηση της γεωργίας ακριβείας. Η διαπίστωση αυτή καθιστά αναγκαία τη συνεργασία μεταξύ κατασκευαστών της τεχνολογίας, ερευνητών, γεωπόνων εφαρμογών, ανεξάρτητων συμβούλων και γεωργών, η οποία μπορεί να βελτιώσει την τεχνολογία ως προς την ευκολία, την ταχύτητα, την αποτελεσματικότητα, την οικονομικότητα και την αξιοπιστία χρήσης στη γεωργία ακριβείας. Ειδικότερα για τη διαχείριση ζιζανίων, η βελτίωση πρέπει να αποσκοπεί στην ανάπτυξη εξοπλισμού που θα εντοπίζει και θα αναγνωρίζει τα ζιζάνια σε πραγματικό χρόνο, ενώ ταυτόχρονα θα εφαρμόζει το αποτελεσματικό ζιζανιοκτόνο στον χώρο των ζιζανίων.

Έννοιες και σκοπός της γεωργίας ακριβείας

Η γεωργία ακριβείας, σύμφωνα με τους Pierce και Nowak (1999), αναπτύχθηκε για τη **διαχείριση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας** εδάφους, καλλιέργειας και εχθρών (ζιζάνια, έντομα, νηματώδεις, μύκητες, ιοί, βακτήρια) εντός του αγρού μέσω της επακριβούς χωρικής εφαρμογής γεωργικών εισροών (σπόροι, νερό, λιπάσματα, φυτοπροστατευτικά προϊόντα) και καλλιεργητικών πρακτικών. Αυτό σημαίνει ότι η διάγνωση-ταυτοποίηση του αιτίου της παραλλακτικότητας εντός του αγρού είναι το βασικότερο πρώτο βήμα για την εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας, αφού κανείς δεν μπορεί να διαχειριστεί αυτό που δεν γνωρίζει. Πριν όμως αναπτυχθούν τα στάδια, οι προϋποθέσεις, οι δυνατότητες της τεχνολογίας και τα οφέλη της εφαρμογής, θα αποσαφηνιστεί η έννοια του όρου «γεωργία ακριβείας», διότι ο όρος αυτός χρησιμοποιείται με διάφορες έννοιες και συχνά εσκεμμένα μη ορθώς (University de Lleida, 2021).

Η **γεωργία ακριβείας**, σύμφωνα με τους Pierce κ.ά. (1994), **ορίζεται** ως «η εφαρμογή γεωργικών εισροών και καλλιεργητικών πρακτικών βάσει των χωρικών απαιτήσεων εντός του αγρού (έδαφος, καλλιέργεια, εχθροί), κάνοντας το σωστό πράγμα, στον σωστό χώρο (θέση), στον κατάλληλο χρόνο και με τον σωστό τρόπο» ενώ η International Society for

Precision Agriculture (2021) ορίζει τη γεωργία ακριβείας ως «Στρατηγική διαχείρισης που βασίζεται στη συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση χρονικών, χωρικών και μεμονωμένων δεδομένων, τα οποία συνδυάζει με άλλες πληροφορίες για την υποστήριξη αποφάσεων διαχείρισης της εκτιμώμενης παραλλακτικότητας, με σκοπό τη βελτίωση της αποδοτικότητας χρήσης φυσικών πόρων και γεωργικών εισροών, της παραγωγικότητας, της ποιότητας, της κερδοφορίας και της βιωσιμότητας της γεωργικής παραγωγής». Οι Fountas κ.ά. (2016) ορίζουν τη γεωργία ακριβείας ως «Διαχείριση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας εντός των αγρών μέσω της χρήσης Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών», ενώ οι Zarco-Tejada κ.ά. (2014) αναφέρουν ότι η γεωργία ακριβείας είναι «Τρόπος άσκησης γεωργίας που βασίζεται στην παρατήρηση, τη μέτρηση και την απόκριση των καλλιεργειών στη χωρική και χρονική παραλλακτικότητα του αγρού».

Ο **σκοπός** ανάπτυξης της **γεωργίας ακριβείας**, σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν, είναι η διαχείριση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας εδάφους, καλλιεργείας και εχθρών εντός του αγρού, μέσω της χρήσης προηγμένης-σύγχρονης-ευφυούς-έξυπνης τεχνολογίας που παρέχει τη δυνατότητα επακριβούς (precise or accurate) χωροστοχευμένης εφαρμογής (site-specific or targeted application) γεωργικών εισροών και καλλιεργητικών πρακτικών. Επομένως, η προσέγγιση αυτή αποσκοπεί στην ορθολογική διαχείριση φυσικών πόρων και στην ορθή χρήση γεωργικών εισροών, οι οποίες συμβάλλουν στην αύξηση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών, στη βελτίωση της βιωσιμότητας της γεωργίας και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Σπουδαιότητα της διαχείρισης ζιζανίων

Τα ζιζάνια, μέσω του **ανταγωνισμού** για χώρο, θρεπτικά στοιχεία, νερό και φως, της **αλληλοπάθειας** (έκκριση τοξικών ουσιών για άλλα φυτά), του **παρασιτισμού** και της χρήσης τους ως **ξενιστών** επιβλαβών εντόμων και παθογόνων μειώνουν την απόδοση των σημαντικότερων καλλιεργειών (σιτάρι, αραβόσιτος, σόγια, πατάτα, ρύζι, βαμβάκι, τομάτα, ζαχαρότευτλα, ηλιάνθος, ελαιοκράμβη, αραχίδα, σόργο) κατά 10-70% και υποβαθμίζουν σημαντικά την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων (Gianessi και Sankula, 2003). Οι προαναφερθείσες ζημιές των καλλιεργειών εξαιτίας των ζιζανίων μπορούν να μειωθούν με την εφαρμογή καλλιεργητικών μέτρων που συμβάλλουν στον περιορισμό της εμφάνισης και της ανταγωνιστικής ικανότητας των ζιζανίων έναντι των καλλιεργειών, καθώς και στη χρήση μεθόδων έγκαιρης και αποτελεσματικής αντιμετώπισής τους.

Τα **ζιζανιοκτόνα** θεωρούνται παγκοσμίως ως το **αποτελεσματικότερο μέσο** διαχείρισης των ζιζανίων διότι: 1) παρέχουν τη δυνατότητα αντιμετώπισης φυτρωμένων ζιζανίων σε γραμμικές και μη γραμμικές καλλιεργείες (π.χ. χειμερινά σιτηρά), 2) εξασφαλίζουν, μετά από προσπαρτική ή προφυτρωτική εφαρμογή, τον έλεγχο των ζιζανίων στα πρώτα στάδια ανάπτυξης των καλλιεργειών με αποτέλεσμα την εξάλειψη του ανταγωνισμού τους, 3) είναι αποτελεσματικότερα έναντι των δυσεξόντων πολυετών ζιζανίων σε σύγκριση με άλλες μεθόδους, 4) έχουν ευρύ φάσμα δράσης, 5) έχουν ταχύτερη και μεγαλύτερη διάρκεια δράσης, 6) είναι πιο αξιόπιστα σε κάθε ορθή εφαρμογή, 7) είναι χαμηλότερου κόστους, 8) συμβάλλουν στη μείωση της διάβρωσης και της συμπίεσης των εδαφών μέσω της μείωσης της χρήσης μηχανημάτων κατεργασίας, 9) απαιτούν λιγότερη ενέργεια κατά την εφαρμογή με αποτέλεσμα και τη μικρότερη εκπομπή αερίων θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, και 10) απαιτούν μικρότερο χρόνο απασχόλησης κατά την εφαρμογή (Ελευθεροχωρινός, 2020). Η μεγάλη αναγκαιότητα της χρήσης ζιζανιοκτόνων επιβεβαιώνεται από την έρευνα του Oerke

(2006), η οποία δείχνει ότι η χρήση τους αυξάνει παγκοσμίως την απόδοση σε σιτάρι, ρύζι, αραβόσιτο, πατάτα, σόγια και βαμβάκι κατά 26% (η απόδοση αυτών των καλλιεργειών, χωρίς τη χρήση ζιζανιοκτόνων, μειώνεται εξαιτίας των ζιζανίων κατά 35%, ενώ, μετά από ορθή χρήση τους, μειώνεται μόνο κατά 9%).

Η **χρήση ζιζανιοκτόνων**, σε ορισμένες περιπτώσεις, έχει ως **συνέπεια**: 1) τη μειωμένη δράση εναντίον των ζιζανίων, 2) την πρόκληση τοξικότητας σε ορισμένες καλλιεργείες όπου εφαρμόζονται, 3) την πρόκληση τοξικότητας σε ευαίσθητες καλλιεργείες που ακολουθούν στο σύστημα αμειψισποράς (τοξικότητα από υπολείμματα ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιήθηκαν σε προηγούμενη καλλιεργεία), 4) την εξέλιξη και επικράτηση ανθεκτικών πληθυσμών ζιζανίων σε ζιζανιοκτόνα, 5) τη ρύπανση του περιβάλλοντος, και 6) τις τοξικές επιδράσεις σε οργανισμούς μη στόχους (Ελευθεροχωρινός, 2020). Οι διαπιστώσεις αυτές, σε συνδυασμό με τη συνεχώς επιδιωκόμενη ανάπτυξη μεθόδων ή συστημάτων ορθότερης, αποτελεσματικότερης και ασφαλέστερης εφαρμογής ζιζανιοκτόνων, οδήγησαν στην ιδέα της διαχείρισης των ζιζανίων μέσω της 'γεωργίας ακριβείας', η οποία αναπτύσσεται στο άρθρο αυτό.

Διαχείριση ζιζανίων στη γεωργία ακριβείας

Η **διαχείριση ζιζανίων** στη γεωργία ακριβείας **ορίζεται** ως «*διαχείριση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας των διαφόρων ειδών ζιζανίων εντός του αγρού, μέσω της ορθής εφαρμογής της συνιστώμενης δόσης του κατάλληλου ζιζανιοκτόνου, στον χώρο των ζιζανίων, στον κατάλληλο χρόνο (ευαίσθητο στάδιο ζιζανίων και μεγάλη αντοχή καλλιεργείας) και με τον σωστό τρόπο (σύγχρονο εξοπλισμό)*». Είναι προφανές από τον ορισμό αυτό ότι η **βασικότερη προϋπόθεση** για την επιτυχή διαχείριση των ζιζανίων στη γεωργία ακριβείας είναι οι **γνώσεις** σχετικά με την αναγνώριση και τη βιολογία των ζιζανίων, τις επιδράσεις τους στις καλλιεργείες, τους παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων και των άλλων μεθόδων, καθώς και τις δυνατότητες χρήσης του σύγχρονου-ευφυούς εξοπλισμού.

Η **διαχείριση ζιζανίων** στη **συμβατική γεωργία** βασίζεται κυρίως στην προσπαρτική με ενσωμάτωση ή μετασπαρτική εφαρμογή ζιζανιοκτόνων εδάφους ή/και στη μεταφυτρωτική εφαρμογή ζιζανιοκτόνων φυλλώματος. Ειδικότερα, στην προσπαρτική εφαρμογή με ενσωμάτωση, η επιλογή **ζιζανιοκτόνων εδάφους** βασίζεται στην ευαισθησία των ειδών ζιζανίων προηγούμενων καλλιεργειών, ενώ η εφαρμογή τους γίνεται στη συνιστώμενη δόση (αναγράφεται στην ετικέτα) και σε όλη την επιφάνεια του αγρού (καθολική εφαρμογή). Αντιθέτως, στη μετασπαρτική εφαρμογή, τα ζιζανιοκτόνα εδάφους εφαρμόζονται στη συνιστώμενη δόση είτε σε όλη την επιφάνεια του αγρού ή στη γραμμή της καλλιεργείας (γραμμική εφαρμογή). Όσον αφορά τη μεταφυτρωτική εφαρμογή, τα **ζιζανιοκτόνα φυλλώματος** επιλέγονται με βάση την αναγνώριση των φυτρωμένων ειδών ζιζανίων εντός της καλλιεργείας και εφαρμόζονται στη συνιστώμενη δόση καθολικά ή γραμμικά ή στον χώρο των ζιζανίων. Τέλος, στα συστήματα μειωμένης ή ελάχιστης κατεργασίας του εδάφους, η αντιμετώπιση των φυτρωμένων ζιζανίων γίνεται πριν από τη σπορά ή/και μετά το φύτευμα των καλλιεργειών και βασίζεται στην καθολική ή γραμμική ή στον χώρο των ζιζανίων εφαρμογή ζιζανιοκτόνων φυλλώματος.

Η **διαχείριση ζιζανίων** στη **γεωργία ακριβείας** περιλαμβάνει αρχικά την **ανίχνευση-εντοπισμό** των ζιζανίων εντός του αγρού μέσω της λήψης εικόνων, η οποία ακολουθείται από την επεξεργασία-ανάλυση των εικόνων για την **αναγνώριση** και τη **χαρτογράφηση**

(αποτύπωση-οπτικοποίηση) της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας των ζιζανίων (είδος, πυκνότητα, κατανομή, στάδιο) εντός του αγρού. Το επόμενο στάδιο είναι η αξιοποίηση των δεδομένων για **λήψη απόφασης** σχετικά με την επιλογή του χρόνου και της χωρικής **εφαρμογής ζιζανιοκτόνων**, ενώ στη συνέχεια εφαρμόζονται τα ζιζανιοκτόνα με βάση τον προεισαγόμενο (στον υπολογιστή) χάρτη αποτύπωσης της χωρικής παραλλακτικότητας των ζιζανίων. Ειδικότερα για τη λήψη απόφασης ως προς τη χωρική εφαρμογή ζιζανιοκτόνων, αυτή βασίζεται στο κριτήριο του **‘ορίου ανεκτής πυκνότητας ζιζανίου** (weed control threshold)’, δηλαδή της πυκνότητας ενός είδους ζιζανίου που επηρεάζει την καλλιέργεια σε βαθμό που δικαιολογεί το κόστος εφαρμογής ζιζανιοκτόνου.

Η **αναγνώριση ζιζανίων** εντός του αγρού, σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, είναι η **βασικότερη προϋπόθεση** για τη διαχείρισή τους. Αυτό όμως είναι εξαιρετικά δύσκολο, διότι οι χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες [αισθητήρες, σαρωτές Laser, κάμερες (πολυφασματικές, υπερφασματικές, θερμικές) ταχείας λήψης πολλών και ευκρινών εικόνων, σύστημα ανάλυσης εικόνων που βασίζεται σε αλγορίθμους τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence), μέσα ασύρματης επικοινωνίας] δεν δύνανται να υποκαταστήσουν την εκ του σύνεγγυς (εντός του αγρού) αναγνώριση των νεαρών φυτών ζιζανίων (στάδιο εφαρμογής ζιζανιοκτόνων) από ειδικούς. Αυτό οφείλεται στο ότι η αναγνώριση ορισμένων ζιζανίων βασίζεται σε μη εμφανή χαρακτηριστικά [σχήμα κοτυληδόνων, τρόπος έκφυσης φύλλων, παρουσία ή μη ωτιδίων και γλωσσιδίων μεταξύ κολεού και ελάσματος φύλλων των αγρωστωδών ειδών, σχήμα βλαστού (κυλινδρικός, τρίπλευρος ή τετράπλευρος), παρουσία ή απουσία τριχών] κατά τη λήψη εικόνων. Επίσης, οι δυνατότητες αναγνώρισης ζιζανίων μέσω αυτής της τεχνολογίας περιορίζονται ακόμη περισσότερο όταν: 1) οι συνθήκες φωτισμού είναι ακατάλληλες (νέφωση, ομίχλη) για λήψη εικόνων, 2) πνέει άνεμος, 3) τα φυτά των ζιζανίων καλύπτονται από φυτά καλλιέργειας, 4) τα είδη ζιζανίων απαντώνται σε μεγάλη πυκνότητα, 5) τα ζιζάνια δεν βρίσκονται στο ίδιο στάδιο, 6) τα ζιζάνια αναπτύσσονται υπό συνθήκες καταπόνησης με αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών τους, 7) τα ζιζάνια ανήκουν σε διαφορετικά είδη του ίδιου γένους, 8) τα ζιζάνια έχουν παρόμοια μορφολογικά χαρακτηριστικά με την καλλιέργεια (αγρωστώδη ζιζάνια εντός των σιτηρών) (Ελευθεροχωρινός, 2020, 2021).

Η **επακριβής χαρτογράφηση** της χωρικής και χρονικής **παραλλακτικότητας των ζιζανίων** είναι εξαιρετικά δύσκολη έως αδύνατη εξαιτίας της προαναφερθείσας αδυναμίας αναγνώρισης των διαφόρων ειδών, αλλά και του τυχαίου και όχι κατά θέσεις-συστάδες-κηλίδες φυτρώματος των ζιζανίων εντός των καλλιεργειών λόγω της ανομοιομορφής διασποράς και του ληθάργου των σπόρων.

Η δυνατότητα **λήψης απόφασης** για τον κατάλληλο **χρόνο** της **χωρικής εφαρμογής ζιζανιοκτόνων** είναι περιορισμένη λόγω του ανομοιομορφου σταδίου ανάπτυξης των διαφόρων ζιζανίων που επηρεάζει την ευαισθησία στα ζιζανιοκτόνα και την ανταγωνιστική τους ικανότητα έναντι της καλλιέργειας, αλλά και εξαιτίας της δυσκολίας καθορισμού των περιοχών-χώρων ψεκασμού εντός του αγρού λόγω μη ύπαρξης ‘ορίων ανεκτής πυκνότητας’ των διαφόρων ειδών ζιζανίων.

Η **χωρική εφαρμογή ζιζανιοκτόνων** στη γεωργία ακριβείας προϋποθέτει **εξοπλισμό νέας τεχνολογίας**, ο οποίος φέρει 1) αυτόματο ρυθμιστή ψεκασμού, 2) σύστημα αυτόματης οριζοντίωσης και ύψους βραχίονα ψεκασμού από τον ψεκαζόμενο στόχο (ζιζάνια/καλλιέργεια/έδαφος), 3) σύστημα καθοδήγησης GPS, το οποίο, σε συνδυασμό με τον αυτόματο ρυθμιστή ψεκασμού, χρωματίζει την ψεκασμένη επιφάνεια στην οθόνη του υπολογιστή, 4) σύστημα αυτόματου ελέγχου διεύθυνσης, και 5) σύστημα αυτόματου

ανοιγοκλείσιμου τμημάτων μπάρας ψεκασμού (κλείνει αυτόματα το τμήμα της μπάρας που εισέρχεται σε ψεκασμένη περιοχή) (Απονητους, 2021). Όσον αφορά όμως την **αποτελεσματικότητα** της χωρικής εφαρμογής ζιζανιοκτόνων στη διαχείριση των ζιζανίων, αυτή δεν εκδηλώνεται παντού και πάντοτε. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η δράση των ζιζανιοκτόνων εναντίον των ζιζανίων και η εκλεκτικότητά τους (μη τοξικότητα) στην καλλιέργεια, εκτός από την καταλληλότητα του εξοπλισμού εφαρμογής και την ικανότητα-κατάρτιση του χειριστή, επηρεάζεται από τον άνεμο, τη βροχή, την ξηρασία, τη θερμοκρασία, την ηλιακή ακτινοβολία, την πυκνότητα, το στάδιο, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά, την ύπαρξη ανθεκτικότητας ή φυσικής ανοχής, τη μειωμένη ευαισθησία λόγω σταδίου και συνθηκών ανάπτυξης, την ανταγωνιστική ικανότητα και την ανομοιόμορφη και συνεχώς μεταβαλλόμενη χωρική και χρονική παραλλακτικότητα των ζιζανίων εντός των καλλιεργειών. Επίσης, η χωρική εφαρμογή ζιζανιοκτόνου βάσει **αυθαίρετων 'ορίων ανεκτής πυκνότητας ζιζανίων'**, σύμφωνα με τους Barroso κ.ά. (2006) και Castillejo-González κ.ά. (2019), δεν ενδείκνυται διότι συμβάλλει μακροπρόθεσμα στην εξάπλωση των ζιζανίων μέσω της διασποράς σπόρων από τα αψέκαστα φυτά ζιζανίων που αναπτύσσονται στις αψέκαστες περιοχές εντός του αγρού. Βέβαια, η χωρική διαχείριση των ζιζανίων, εκτός από τη χωροστοχευμένη εφαρμογή ζιζανιοκτόνων, μπορεί να γίνει και με **ρομποτικά συστήματα** μηχανικής απομάκρυνσης ζιζανίων, τα οποία παρέχουν τη δυνατότητα καταστροφής των ζιζανίων σε γραμμικές καλλιέργειες και ειδικότερα της βιολογικής γεωργίας, όπου απαγορεύεται η χρήση ζιζανιοκτόνων. Τέλος, η χωρική αντιμετώπιση ζιζανίων μεταξύ των γραμμών και όχι επί των γραμμών της καλλιέργειας μπορεί να γίνει με **ψεκαστικά συστήματα** (Weedseeker systems), τα οποία φέρουν **ακροφύσια** και **αισθητήρες** που παρέχουν τη δυνατότητα αναγνώρισης ζιζανίων και ταυτόχρονης εφαρμογής ζιζανιοκτόνων.

Οφέλη, προβλήματα και μέλλον της γεωργίας ακριβείας

Το **μεγαλύτερο όφελος** της γεωργίας ακριβείας στη **διαχείριση των ζιζανίων** είναι η χρήση συστημάτων αυτόματης πλοήγησης οχημάτων και ψεκαστικών αυτόματου ελέγχου και καταγραφής του ψεκασμού, τα οποία συμβάλλουν στην **ελαχιστοποίηση** της **επικάλυψης** και των **κενών ψεκασμού** κατά την καθολική εφαρμογή της συνιστώμενης δόσης των ζιζανιοκτόνων και στην, ως εκ τούτου, ορθότερη, αποτελεσματικότερη και ασφαλέστερη χρήση τους. Εξίσου όμως σημαντική συμβολή έχουν και οι πληροφορίες (χωρική απόδοση της καλλιέργειας, περιεκτικότητα φυτών σε χλωροφύλλη, υδατική κατάσταση φυτών, υγρασιακή κατάσταση εδάφους, θερμοκρασία αέρα και ταχύτητα ανέμου, ηλιακή ακτινοβολία και πρόγνωση καιρού) που παρέχονται από τους ψηφιακούς εξοπλισμούς, οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν για την υποστήριξη-λήψη ορθότερων αποφάσεων εφαρμογής των διαφόρων καλλιεργητικών πρακτικών (προετοιμασία σποροκλίνης, σπορά, άρδευση, φυτοπροστασία, λίπανση και συγκομιδή).

Το αρχικώς **επιδιωκόμενο όφελος** της **διαχείρισης** της χωροχρονικής **παραλλακτικότητας** των **ζιζανίων** δεν έχει επαρκώς τεκμηριωθεί στην πράξη και επομένως παραμένει **στόχος προσέγγισης**. Η αδυναμία αυτή, όπως είναι φυσικό, μειώνει το ενδιαφέρον υιοθέτησης της γεωργίας ακριβείας, το οποίο περιορίζεται ακόμη περισσότερο και από άλλους παράγοντες, όπως 1) το υψηλό κόστος αγοράς εξοπλισμού, ανάλυσης και επεξεργασίας δεδομένων, εκμάθησης και χρήσης της τεχνολογίας, 2) το μικρό μέγεθος των γεωργικών εκμεταλλεύσεων που δεν επιτρέπει μεγάλες επενδύσεις, 3) η προσκόλληση πολλών γεωργών στις παραδοσιακές και πιο εύχρηστες μεθόδους διαχείρισης των ζιζανίων, 4) η

έλλειψη ανεξάρτητων συμβουλευτικών υπηρεσιών για καθοδήγηση των γεωργών ως προς τη χρήση της τεχνολογίας, 5) η ιδιοκτησία δεδομένων, 6) η μειωμένη διαφάνεια στη διαδικασία της καινοτομίας, 7) η μειωμένη εμπιστοσύνη στην τεχνολογία, 8) η έλλειψη αποδεικτικών στοιχείων για τις υποσχόμενες δυνατότητες της τεχνολογίας, 9) η μη συμμετοχή γεωργών και άλλων ενδιαφερόμενων στον σχεδιασμό των τεχνολογιών και των νέων μοντέλων διαχείρισης των γεωργικών επιχειρήσεων, και 10) η μη κατανομή οφελών σε όλους τους συμμετέχοντες κατά τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και χρήση του σύγχρονου εξοπλισμού (Ελευθεροχωρινός, 2021; Shepherd κ.ά., 2020).

Η **γεωργία ακριβείας**, σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν, είναι **ακριβή** (υψηλού κόστους) και **μη** επαρκώς **ακριβής** ως προς τη χωροστοχευμένη διαχείριση των ζιζανίων, γεγονός που καθιστά την επιδιωκόμενη υιοθέτησή της **μερικώς εφικτή** και ως εκ τούτου **στόχο προσέγγισης**. Η διαπίστωση αυτή καθιστά αναγκαία την εντατικοποίηση των προσπαθειών για ανάπτυξη νέου εξοπλισμού που θα εντοπίζει και θα αναγνωρίζει τα ζιζάνια σε πραγματικό χρόνο, ενώ ταυτόχρονα θα εφαρμόζει το αποτελεσματικό και εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο στον χώρο των ζιζανίων. Η προσέγγιση όμως αυτού του στόχου, όπως προαναφέρθηκε, προϋποθέτει συνεργασία μεταξύ κατασκευαστών της τεχνολογίας, ερευνητών, γεωπόνων εφαρμογών, ανεξάρτητων συμβούλων και γεωργών, η οποία μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της νέας τεχνολογίας ως προς την ευκολία, ταχύτητα, αποτελεσματικότητα, οικονομικότητα και αξιοπιστία χρήσης στη γεωργία ακριβείας και ειδικότερα στη διαχείριση των ζιζανίων.

Βιβλιογραφία

- Anonymous. 2021. How precision agriculture changed the field we spray in. Available online: <https://precisionagriculture.re/how-precision-agriculture-changed-the-field-we-spray-in/>
- Barroso, J., L. Navarrete, M.J.S. Del Arco, C. Fernández-Quintanilla, P.J.W. Lutman, N.H. Perry, R.I. Hull. 2006. Dispersal of *Avena fatua* and *Avena sterilis* patches by natural dissemination, soil tillage and combine harvesters. *Weed Research* 46:118-128.
- Castillejo-González, I.L., A.I. de Castro, M. Jurado-Expósito, J-M. Peña, A. García-Ferrer, F. López-Granados. 2019. Assessment of the persistence of *Avena sterilis* L. patches in wheat fields for site-specific sustainable management. *Agronomy* 9:30.
- Ελευθεροχωρινός, Η. 2020. Ζιζανιολογία: Βιολογία και Διαχείριση Ζιζανίων, Ζιζανιοκτόνα, Φυτά και Περιβάλλον. Εκδόσεις ΑγροΤυπος. 497 σελ.
- Ελευθεροχωρινός, Η.Γ. 2021. Γεωργία ακριβείας: Ακριβής, ακριβή ή μήπως στόχος προσέγγισης; *Γεωργία-Κτηνοτροφία* 1:58-67.
- Fountas, S., K. Aggelopoulou, and T.A. Gemtos. 2016. Precision Agriculture. In *Supply Chain Management for Sustainable Food Networks* (pp. 41–65). Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Gianessi, L.P. and S. Sankula. 2003. The value of herbicides in US crop production. Full report at <http://www.ncfap.org>.
- International Society for Precision Agriculture (2021). Precision Ag Definition. Available at <http://www.ispag.org/about/definition>
- Oerke, E.C. 2006. Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science* 144:31-43.
- Pierce, F.J. and P. Nowak. 1999. Aspects of Precision Agriculture. *Advances in Agronomy* 67:1-85.

Pierce, F.J., P.C. Robert, and G. Mangold. 1994. Site-specific management: The pros, the cons, and the realities. In "Proceedings of the International Crop Management Conference, Iowa State University," pp. 17-21. Iowa State Univ. Press, Ames.

Shepherd, M., J.A. Turner, B. Small and D. Wheeler. 2020. Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the 'digital agriculture' revolution. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 100: 5083-5092.

University de Lleida. 2021. Precision Agriculture definitions. Available online: http://www.grap.udl.cat/en/presentation/pa_definitions.html.

Zarco-Tejada, P.J., N. Hubbard, P. Loudjani. 2014. Precision Agriculture: An opportunity for farmers-potential support with the CAP 2014-2020. European Parliament's Committee on Agriculture and Rural Development. Available online: <http://www.europarl.europa.eu/studies>.

Το μέλλον της γεωργίας για τον άνθρωπο

Ν. Συγγιμής

Ομ. Καθ ΓΠΑ, Geosmart AUA spinoff CTO

Δεδομένης σήμερα της πολυδιάστατης τεχνολογίας που είναι διαθέσιμη στον κάθε άνθρωπο, και μιλάμε για Αειφορία των εξελικτικών δράσεων (Πόλεις, Βιομηχανία, Γεωργία) και των προκλήσεων της τεχνολογίας 5G (<https://www.yumpu.com/kiosk/infocom/infocom-271/65561218> /σελ 14-19/, ομοίως πρέπει να μιλάμε και για την Αειφορία της Ψηφιοποίησης, όπως έχει εκφραστεί στις προτεραιότητες του ΟΗΕ (SDG30).

Α. Διακυβέρνηση Τεχνολογίας (Technology Governance)

Η Γεωργία και η επιβίωση του ανθρώπου

Ως παραγωγός τροφίμων για την διαβίωση του ανθρώπου, η γεωργία έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον όλων των κοινωνικών, πολιτικών και επενδυτικών παραγόντων. Η πρόβλεψη για αύξηση του πληθυσμού, σε συνδυασμό με την μείωση της διαθέσιμης παραγωγικής γης και το γεγονός ότι η πείνα εξακολουθεί να ταλανίζει μεγάλες περιοχές, έχει δημιουργήσει μεγάλους προβληματισμούς σχετικά με την επάρκεια τροφίμων και την δυνατότητα εξασφάλισης της ανθρώπινης ευημερίας παγκόσμια.

Η διαχρονικά αλόγιστη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων (έδαφος-νερό) για λόγους αύξησης της παραγωγής, έχει οδηγήσει στην υποβάθμιση και τη σχετική έλλειψη τους. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της γεωργίας γίνεται ακόμα δυσμενέστερο λόγω της κλιματικής αλλαγής που μειώνει περαιτέρω τους διαθέσιμους φυσικούς πόρους και δημιουργεί κίνδυνο μείωσης της παραγωγής παρά την εντατικοποίηση των γεωργικών πρακτικών. Χωρίς την απαραίτητη εκπαίδευση και υποστήριξη για αξιοποίηση της νέας γνώσης και τεχνολογίας στην γεωργική παραγωγή, το πρόβλημα ανεπάρκειας των φυσικών πόρων αναμένεται να μεγιστοποιηθεί.

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η επάρκεια τροφίμων και ταυτόχρονα η βιωσιμότητα του γεωργικού τομέα και η προστασία του περιβάλλοντος, ο παγκόσμιος Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) έχει από 20ετίας δώσει το μήνυμα για Αειφορική Εντατικοποίηση της Παραγωγής (Sustainable Crop Production Intensification). Επιπρόσθετα με τα επιτεύγματα της γενετικής βελτίωσης των φυτών που, βασισμένη στις νέες μοριακές τεχνολογίες, εξακολουθεί να αυξάνει τις αποδόσεις (κυρίως με την δημιουργία ποικιλιών πιο ανθεκτικών σε βιοτικούς και πιο ανεκτικών σε αβιοτικούς παράγοντες). Υπολογίζεται ότι με καλύτερη εκμετάλλευση εδάφους-νερού-λιπασμάτων (WUFE=Water Use and Fertiliser Efficiency, N. Sigrimis www.hortimed.org) μπορούμε να αυξήσουμε κατά 70% την παραγωγικότητα των εδαφών, κατά 20% τις ζημιές από φυτικούς εχθρούς και να επιτύχουμε 20% μείωση των απωλειών στην τροφική αλυσίδα. Αυτή την δυνατότητα έρχεται να υποστηρίξει η 'Γεωργία Ακριβείας', που σήμερα εξελίσσεται σε 'Ευφυή Γεωργία' και προσπαθούμε για την 'Σοφή Γεωργία'.

Παγκόσμιο ενδιαφέρον

Μετα από αυτές τις διαπιστώσεις οι διεθνείς Οργανισμοί έχουν προτείνει μέτρα για την εξασφάλιση της ευημερίας του ανθρώπου, και την επίλυση υπαρχόντων διατροφικών προβλημάτων σε μέρος του πληθυσμού. Αυτά θα έχουν βραχυχρόνια και μακροχρόνια αποτελέσματα, και είναι τα γνωστά μέτρα για την υλοποίηση των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης του 2030 (SDG30) που συμφωνήθηκαν στον ΟΗΕ το 2015.

Η σημαντικότητα επίλυσης του προβλήματος εξασφάλισης τροφίμων στο εγγύς μέλλον έχει δημιουργήσει σημαντικό ενδιαφέρον και έχει ανεβάσει την γεωργία στη δεύτερη θέση σε βιομηχανική κλίμακα, μετά την Πληροφορική, προκαλώντας και σοβαρές επενδυτικές δράσεις. Μάλιστα η Τεχνολογία για την Ευφυή Γεωργία παίρνει πρωταρχική θέση, αφού αφορά την αξιοποίηση της Τεχνητής Νοημοσύνης (Πληροφορική) για την Γεωργία και αναπτύσσονται και πολλές startup επιχειρήσεις παγκοσμίως.

Είναι χαρακτηριστικό το ότι ο μεγιστάνας της τεχνολογίας Bill Gates έδωσε το στίγμα από το 2012 ότι επενδύοντας στην γεωργία και προχωρώντας στην ψηφιοποίηση της, θα μειώσουμε την πείνα στον πλανήτη και θα βελτιώσουμε ταυτόχρονα τη θέση του αγρότη στην κοινωνία. Ο Gates έκανε πράξη την άποψη του για την επιχειρηματική αξία των επενδύσεων στη γεωργία, καθώς τον Μάρτιο του 2021 αγόρασε 1 εκατομμύριο στρέμματα στις ΗΠΑ και πρόσφατα προσφέρει το DeerMC για πρόβλεψη του μικροκλίματος στο επίπεδο της φάρμας.

Λόγω πολλών ερωτημάτων ηθικής τάξης και άλλων θεμάτων ασφάλειας που αναφέρονται στις εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) γενικότερα, μερικές από τις αρχές που πρέπει να ακολουθούνται κατά την ανάπτυξη κανονισμών διακυβέρνησης είναι : 1) η εμπιστοσύνη του κοινού στην TN, 2) η συμμετοχή του κοινού, 3) η επιστημονική ολοκλήρωση και ποιότητα της πληροφορίας, 4) η διαφάνεια, και 5) η ασφάλεια και εξασφάλιση.

Εθνικά Μέτρα

Είναι πλέον σήμερα απαραίτητο να επιλύονται άμεσα τα δύσκολα και πολύπλοκα προβλήματα με αυξανόμενες κρατικές επενδύσεις στην έρευνα αλλά και την άμεση συνεργασία της Πολιτείας με την Επιστήμη για να διαμορφώνονται «Πολιτικές Σοφής Γεωργίας». (Επιστήμη στην Οικονομία= Science in Economy)

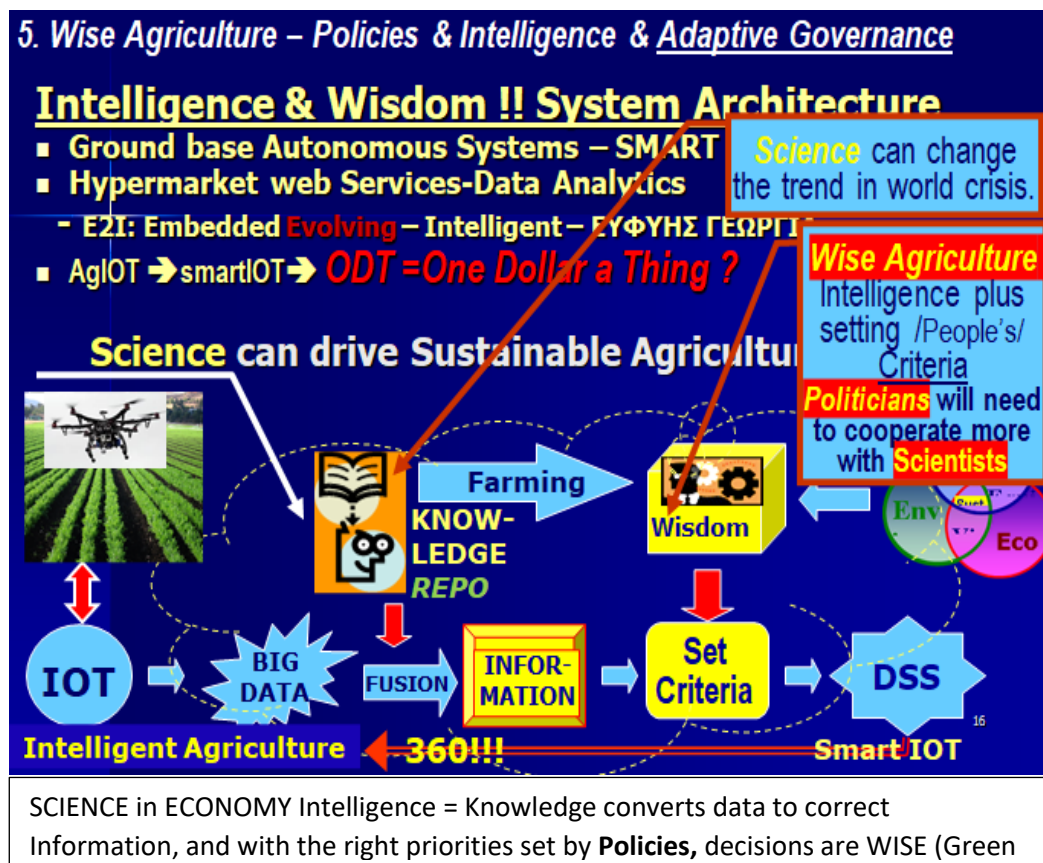
Πρέπει επίσης να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί καθώς πιθανόν να υπάρξουν και μη ενδεδειγμένα (ή και νοσηρά) οικοσυστήματα εφαρμογής των νέων τεχνολογιών. Οι μηχανικοί TN της Shell, αφού απέτυχαν σε προσπάθεια για IOT, συμπέραναν ότι οι ειδικοί επιστήμονες (domain experts) πρέπει να παίζουν πρωταρχικό ρόλο από τη σχεδίαση του συστήματος TN. Οι χρήστες της όποιας ανώριμης τεχνολογίας πρέπει να προστατευθούν αλλά και η ίδια η τεχνολογία από την απώλεια της εμπιστοσύνης του χρήστη. Πρέπει να αποφύγουμε επανάληψη της προσπάθειας του 2019 για την ψηφιοποίηση της Γεωργίας. η οποία ευτυχώς απερρίφθη αφού έλαβε τελική απόφαση το ελεγκτικό συνέδριο.

Η ψηφιοποίηση της γεωργίας συμβαδίζει με την εκτεταμένη ψηφιοποίηση δραστηριοτήτων στη χώρα και τις επιτυχίες στην αντιμετώπιση της πανδημίας. Στη γεωργία βέβαια υπάρχει περισσότερη δυσκολία σε ένα ασαφές περιβάλλον και χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή εφαρμογής των αρχών Ψηφιακής Διακυβέρνησης ώστε να μην επιτρέψει να γίνουν ελλειμματικές και αστήρικτες εφαρμογές με τον κίνδυνο που προαναφέρθηκε. Ένα τέτοιο γεγονός θα προκαλούσε όχι μόνο πολιτικό αλλά και τεράστιο οικονομικό κόστος

αφού θα καθυστερήσει την τεχνολογική αναβάθμιση της γεωργίας. Βέβαια οι αγρότες γνωρίζουν να επενδύουν μόνο σε αυτό που τους αποδίδει όφελος και θα φροντίσουμε ώστε οι αγρότες να αποκτήσουν ορθή άποψη και τεχνική ενημέρωση. Στο πλαίσιο της Ελεύθερης Οικονομίας για δίκαιη Ανάπτυξη, πρέπει να αποφύγουμε λάθη ανωριμότητας και τις όποιες ατέλειες στον εξοπλισμό της πρωτογενούς παραγωγής. Οι ΗΠΑ ίδρυσαν 7 Ινστιτούτα Τεχνητής Νοημοσύνης, εκ των οποίων τα 2 ασχολούνται με την έξυπνη γεωργία. Η Κίνα φτιάχνει Ag Data Centres τα οποία όχι μόνο δίνουν βάσεις δεδομένων και πλατφόρμες εφαρμογών ελέγχου της παραγωγής αλλά βοηθούν και τους παραγωγούς στην τυποποίηση και την προσέγγιση αγορών. Και βέβαια προωθούν το Blockchain για τους αγρότες που, όπως υποστηρίζω από το 2013, πρέπει να ανακτήσουν μέρος των μεριδίων που έχασαν στις Δαπάνες για το Τραπεζί.

B. Αειφορική Πρωτογενής Παραγωγή (Sustainable Development of Agriculture)

Η Γεωργία, με την επερχόμενη κλιματική αλλαγή, έχει λάβει την πρώτη θέση στην Έρευνα και την επιχειρηματική δραστηριότητα αλλά απασχολεί σοβαρά και την Πολιτική για την εξασφάλιση βιώσιμης ανάπτυξης και κοινωνικής ασφάλειας.



B.1 Γεωργία Ακριβείας. Οι όροι «Έξυπνη = στατικό έμπειρο σύστημα», «Ευφυής = εξελισσόμενη/ evolutionary» και «Σοφή» Γεωργία αφορούν την εξέλιξη της Γεωργίας Ακριβείας (www.geosmart.gr/An%20invited%20interview%20with%20Sigrimis.pdf) προς την σωστή «αειφορική» κατεύθυνση, που βασίζονται περισσότερο στα έξυπνα αισθητήρια (sensors for speaking plants). Το 2025 θα έχουμε 25δισ IOT /η 65δισ\$/ εκ των οποίων το 23%

θα είναι στην Ευφυή Γεωργία (15b\$ Γεωργια4.0) και το 77% αφορά τις έξυπνες πόλεις και την Βιομηχανία 4.0.

B.2 Σοφή Γεωργία. Η Σοφή Γεωργία (Wise Agriculture M. Wang & N Sigrimis CAU, 2016) επαφίεται κατ αρχήν στην Γνώση και συγκεκριμένα στην Ευφυή Γεωργία αλλά και στην Πολιτική, που θέτει επίκαιρες Πολιτικές για να οδηγούν σε «σωστά κριτήρια αποφάσεων» των επενδυτικών (Sustainable Development) αλλά και των real time αποφάσεων ελέγχου των ευφυών συστημάτων, για την ολιστική καθημερινή διαχείριση της παραγωγής «μέχρι το πιάτο=seed to plate». Τούτο επιβάλλει την διαμόρφωση «Οικοσυστημάτων» που θα εξασφαλίζουν την επιτυχία των συστημάτων εφαρμογής με οδηγό το όφελος του «ανθρώπου-καταναλωτή» /*Ο Ευφυής δεν είναι και Σοφός*/. Γι' αυτό και η Γεωπονική Επιστήμη «βοηθά τον Παραγωγό για να ωφελήσει τον Καταναλωτή».

Η Σοφή Γεωργία για την Ελλάδα! Η Ψηφιακή Γεωργία πρέπει να αναδομήσει τόσο την Αειφορική (Περιβάλλον, Κοινωνικά, Οικονομικά!) απόδοση της Παραγωγής όσο και την βελτίωση της κοινωνικο-οικονομικής θέσης του Έλληνα Αγρότη και τις Εξαγωγές. Τα Πανεπιστήμια και Ερευνητικά Ιδρύματα ασφαλώς και πρέπει, στο πλαίσιο της Ευφυΐας της Σοφής Γεωργίας, να εκτελούν ερευνητικά έργα με κυρίαρχο στόχο α) την επίλυση προβλημάτων (πχ Hydroponics for Maximal Greenhouse Production and Environmental footprint, Drones and smart Plant Pest Protection /<https://www.ertflix.gr/ert1/themata/drones-stin-ypiresia-ton-agroton-se-elaiones-kai-ampelones/>) και συνεχή βελτίωση της αποδοτικότητας των φυσικών «πηγών» (*more crop per drop*, HORTIMED, FLOW-AID,) και β) την ΑΜΕΣΗ εφαρμογή αποτελεσμάτων και διάδοση «προς Όλους» - Research ROI (MACQU https://www.aua.gr/ns/product/macqu/product_home.htm), πράγμα το οποίο η Ψηφιοποίηση πρέπει να επιλύσει δίνοντας τα κατάλληλα εργαλεία στο οικοσύστημα Υποστήριξης.

B.3 Προβλήματα Έξυπνης Τεχνολογίας AI (IOT and Business Intelligence Problems). Από έρευνα προέκυψε ότι το 70% των εφαρμογών έξυπνων ΙΟΤ αποτυγχάνει διότι, 1. Η Κουλτούρα, του προσωπικού που καλείται να εφαρμόσει δεν έχει την απαραίτητη «κουλτούρα» 2. Τεχνολογία ανώριμη. 3. Ηθική και Ασφάλεια. Ηθική προσέγγιση του καταναλωτή να κερδίσουν την εμπιστοσύνη (trust) του, και την αποδοχή του χρήστη. **Η Τεχνολογία και η Κοινωνία.** Η Τεχνολογική εξέλιξη πρέπει να σέβεται την ανθρωποκεντρική αρχή, διότι η εξέλιξη αυτή αφορά, όχι την τεχνολογία, αλλά την πορεία του ανθρώπινου είδους. Σήμερα η έρευνα και η εξέλιξη των Ευφυών συστημάτων έχει δώσει πολλές «αφορμές» για την εφαρμογή **Ηθικών Αρχών της Τεχνολογίας (HAT)** σε όλα τα στάδια (σχεδιασμού, ανάπτυξης, ολοκλήρωσης και της χρήσης των ευφυών συστημάτων).

Το κείμενο της Διακυβέρνησης Α. Μέρος δημοσιεύτηκε και στην Agenda Σάββατο 13 & Κυριακή 14 Νοεμβρίου 2021. Περισσότερα για την σωστή διακυβέρνηση για αποτροπή οποιασδήποτε αποτυχίας στην ευαίσθητη περιοχή της Γεωργίας θα λεχθούν στο συνέδριο, <https://www.med-control.org/med2022/keynote-speaker-nick-sigrimis/>.

Καινοτόμες Ψηφιακές Τεχνολογίες και Γεωργία: Προσεγγίσεις Προσιτότερες Οικονομικά και Ελκυστικότερες Εκπαιδευτικά

Δημήτριος Λουκάτος¹, Κωνσταντίνος Αρβανίτης²

¹ΕΔΙΠ, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής – ΓΠΑ (dlouka@aua.gr), ²Καθηγητής, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής – ΓΠΑ (karvan@aua.gr)

Εισαγωγή

Η ραγδαία ανάπτυξη των ψηφιακών τεχνολογιών έχει οδηγήσει σε συστήματα εξαιρετικών δυνατοτήτων που διατίθενται σε πολύ προσιτό κόστος. Παράλληλα, οι τεχνικές προγραμματισμού παρόμοιων συστημάτων έχουν εξελιχθεί και έχουν γίνει ιδιαίτερα «φιλικές» για το μη εξοικειωμένο χρήστη. Μπορούν συνεπώς να προκύψουν με εύκολο σχετικά τρόπο συστήματα τα οποία μπορούν να συνδράμουν ουσιαστικά στην ανάπτυξη της γεωργίας μέσα από την αποτελεσματικότερη παρακολούθηση του περιβάλλοντος των φυτών αλλά και τη λήψη συναφών αποφάσεων και ενεργειών. Οι εμπλεκόμενοι, ερευνητές, φοιτητές, αγρότες-παραγωγοί και επαγγελματίες γεωπόνοι οφείλουν να είναι ενήμεροι και εξοικειωμένοι με τις νέες λύσεις και να μπορούν γόνιμα να τις εφαρμόσουν στην σύγχρονη γεωργική πρακτική. Υπό το πρίσμα αυτό, στα πλαίσια της συγκεκριμένης παρουσίασης, σκιαγραφούνται μερικές από τις ψηφιακές εκείνες τεχνικές που δοκιμάστηκαν από την ομάδα μας και οδήγησαν σε ενθαρρυντικά ευρήματα.

Μεθοδολογία

Πιο συγκεκριμένα, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, περιγράφονται αυτοσχέδια ρομποτικά οχήματα που κατασκευάστηκαν και αξιολογήθηκαν, τα οποία έχουν ημι-αυτόνομα χαρακτηριστικά, είναι ικανά να μεταφέρουν ελαφριά φορτία και να επιτελούν μετρήσεις διαγνωστικού χαρακτήρα σχετικές με το περιβάλλον των φυτών, ή/και να προβαίνουν σε ψεκασμούς επί αυτών. Είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον να τονίσει κανείς πόσο ακριβή και προσιτά οικονομικά αισθητήρια μπορεί κανείς να προμηθευτεί και να τα συνδυάσει μεταξύ τους. Παράλληλα, αναλύονται οι δυνατότητες κόμβων μέτρησης και δράσης που έχουν αναπτυχθεί πειραματικά στο Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής. Τέλος τονίζονται ορισμένες πρακτικές ώστε η τεχνογνωσία αυτή να είναι γόνιμη εκπαιδευτικά για τους τωρινούς φοιτητές και μελλοντικούς γεωργικούς μηχανικούς.

Λεπτομέρειες Υλοποίησης και Καλές Πρακτικές

Αναφορικά με τα αυτοσχέδια πειραματικά ηλεκτρικά οχήματα, τονίζονται χαρακτηριστικές λεπτομέρειες από την κατασκευή τους καθώς και χρήσιμες τεχνικές συμβουλές. Με βάση τις σύγχρονες ευαισθησίες τα οχήματα επιλέχθηκε, να αξιοποιούν καινοτόμα στοιχεία, να είναι ηλεκτρικά ώστε να αφήνουν χαμηλό περιβαλλοντικό αποτύπωμα, να είναι οικονομικά και φιλικά στον απλό χρήστη, ικανά για ελαφριές εργασίες συνδεδεμένες με πραγματικές ανάγκες ενός αγρότη. Επιδιώκεται η αυτονομία, η εύκολη χρήση, συντήρηση και επισκευή.

Με γνώμονα τα παραπάνω, στο Εργαστήριο Αυτοματισμών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, φοιτητές και καθηγητές μαζί δημιούργησαν, μερικές χρήσιμες παραλλαγές βασικών οχημάτων αγρού (βλ. Εικόνα 1):

- Ένα όχημα – ακόλουθο το αγρότη/συλλέκτη φρούτων, για την εύκολη εναπόθεση των τελευταίων μέσα στο φερόμενο επί του οχήματος καλάθι.
- Ένα ψεκαστικό όχημα, ικανό για διαφυλλική λίπανση, την καταπολέμηση ασθενειών ή την προστασία από πιθανούς εχθρούς (φυτά ή έντομα), καθώς και θερμικές παρατηρήσεις.



Εικόνα 1 Χαρακτηριστικοί τύποι ρομποτικών οχημάτων που έχουν αναπτυχθεί

Παράλληλα με τα οχήματα, έχουν αναπτυχθεί και ιδιαίτερα ενδιαφέροντες κόμβοι αίσθησης και δράσης, οι οποίοι συχνά μοιράζονται αρκετά στοιχεία υλικού και λογισμικού με τα προαναφερθέντα ηλεκτρικά γεωργικά οχήματα. Οι κόμβοι αυτοί μπορούν να μετρούν κρίσιμα μεγέθη στο χώρο του αγρού ή/και να προβαίνουν σε χρήσιμες δράσεις, ενδεικτικά του τύπου: έναρξη/λήξη άρδευσης ή έναρξη/λήξη λειτουργίας εξαερισμού (βλ. Εικόνα 2).

Γνώμονα στην υλοποίηση των παραπάνω συστημάτων αποτελούν τα εξής:



Εικόνα 2 Χαρακτηριστικές λεπτομέρειες κόμβων αίσθησης και δράσης που έχουν αναπτυχθεί

Ισχυρότερα Κυκλώματα Οδήγησης

Απαραίτητο εργαλείο για την κίνηση των σχετικά μεγάλων μοτέρ στα οχήματά μας είναι η χρήση κατάλληλων/ενισχυμένων κυκλωμάτων οδήγησης (motor drivers), που διαβιβάζουν τις οδηγίες του μικροελεγκτή στους τροχούς και στα άλλα συστήματα δράσης. Η σύνδεση ενός κυκλώματος οδήγησης εμπλέκει τόσο ένας Arduino όσο και μία καλή πηγή ενέργειας (μπαταρίες).

Κατάλληλη Πηγή Ενέργειας (Μπαταρίες, Πάνελ)

Η επιλογή των μπαταριών είναι ζωτικής σημασίας καθώς δίνουν ενέργεια κίνησης για το όχημα (ηλεκτρομηχανικά μέρη) και για τη μονάδα ελέγχου και τα αισθητήρια (arduino, raspberry pi, αισθητήρες). Χαρακτηριστική είναι η χρήση ζεύγους μπαταριών οξέος μολύβδου, κλειστού τύπου, βαθιάς εκφόρτισης, με τάση 12 Volt και τυπική χωρητικότητα 7.2Ah. Δεν ξοδεύονται χρήματα για την αγορά καυσίμων, καθώς προστέθηκε ηλιακό πάνελ για τη διευκόλυνση της αυτονομίας του οχήματος και την ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Εύστοχη Επιλογή Πηγών Προμήθειας Υλικών

Υπάρχει πληθώρα προϊόντων και πολλές εναλλακτικές πηγές προμήθειας ηλεκτρομηχανολογικών εξοπλισμών, τόσο στην Αθήνα όσο και στην υπόλοιπη Ελλάδα. Εξαιρετικός σύμμαχος στην όλη διαδικασία υπήρξε και το Διαδίκτυο. Τα αναλώσιμα περιλαμβάνουν τόσο ηλεκτρονικά μέρη όσο και πιο παραδοσιακά υλικά, όπως βίδες, ξύλα, μέταλλα κλπ. Πέρα από τα «high-tech» μαγαζιά, εξαιρετική και οικονομική πηγή υλικών αποτελούν και τα καταστήματα με εργαλεία και σιδηρικά από τα οποία αγοράζουν οι κλασικοί «μάστορες».

Απλότητα και Χρήση Ανακυκλώσιμων Υλικών (ξύλα, μέταλλα, κτλ.)

Η κατασκευή των ρομπότ έγινε με απλά υλικά, επαναχρησιμοποιώντας αντικείμενα του εργαστηρίου από παλαιότερα πειράματα. Στο αμάξωμα το κυρίαρχο υλικό είναι το ξύλο, που κατά κανόνα, παρέχει μεγάλο εύρος ελευθερίας κινήσεων, έχει αντοχή στις καταπονήσεις και παρουσιάζει μεγάλη ανοχή στις επεμβατικές διορθώσεις. Παλιά εξαρτήματα και υλικά κυριολεκτικά «πεταμένα» αποδείχθηκαν «θησαυρός» στην όλη διαδικασία.

Χρήση Διαδεδομένων Συστημάτων με Καλή Υποστήριξη

Συστήματα τύπου arduino και raspberry, με την τεράστια Διαδικτυακή κοινότητα οδηγών και παραδειγμάτων που διαθέτει το καθένα, αποτελούν σίγουρη και ελκυστική επιλογή. Για παράδειγμα, μπορούν οι λεπτομέρειες κίνησης και αίσθησης να ανατεθούν σε arduino με C (wiring) και να έχουμε διασύνδεση με το raspberry, όπου προτιμάται ο προγραμματισμός σε python ή/και linux εντολές φλοιού. Οι απλοί αισθητήρες διαχειρίζονται από τον arduino, ενώ οι συνθετότεροι συνήθως ανατίθενται στο raspberry pi, με την απαραίτητη κατά περίπτωση συνδεσμολογία.

Τηλεχειρισμός μέσω Κινητού και Wi-Fi

Προτείνεται για την εξοικείωση με τον τηλεχειρισμό των ρομποτικών οχημάτων να επιλέγονται απλές και διαδεδομένες συσκευές και τεχνολογίες δικτύωσης. Καταλήγουμε λοιπόν στην εύκολη ανάπτυξη εφαρμογής για τον τηλεχειρισμό του οχήματος, μέσω έξυπνου κινητού τηλεφώνου. Η εφαρμογή αυτή υλοποιήθηκε με τη χρήση του online εργαλείου App Inventor του MIT. Το συγκεκριμένο εργαλείο επιτρέπει ακόμα και σε άτομα με ελάχιστες γνώσεις προγραμματισμού να υλοποιήσουν την εφαρμογή που επιθυμούν, καθώς διαθέτει πολύ εύκολο (γραφικό) περιβάλλον ανάπτυξης. Το πρωτόκολλο επικοινωνίας που επιλέξαμε ήταν το Wi-Fi με συχνότητα στα 2.4 GHz. Πιο σύνθετες λύσεις μεγαλύτερης εμβέλειας, λ.χ., 3G, 4G, LoRa, επίσης μελετήθηκαν.

Πειραματισμός με Απλές Μορφές Τ.Ν. (AI)

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) μπορεί να αξιοποιηθεί μέσα από μία πληθώρα απλών εργαλείων για την βελτίωση της αυτονομίας των οχημάτων. Εστιάζοντας στη μηχανική όραση, χρησιμοποιήθηκαν κάμερες που ανιχνεύουν διαφοροποιήσεις, είτε χρωματικές (PixyCam 2) είτε σχηματικές, είτε συνδυαστικές. Εκπαιδευόμενη, με μηχανές δημιουργίας μοντέλων AI, η κάμερα, μετά από χρήση μεγάλου δείγματος από κατηγορίες δεδομένων μάθησης, καταλαβαίνει τι «βλέπει» και έτσι το όχημα μπορεί να «διαλέγει» ποιο δρόμο θα επιλέξει. Παράλληλα, μέσω της εφαρμογής Android που αναπτύχθηκε, στο πρώτο στάδιο υλοποίησης, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ελέγχει το όχημα με φωνητικές εντολές. Μιλάει στο κινητό του και δίνει οδηγίες που αφορούν τη κίνηση του ρομπότ (στροφή, μπροστά, πίσω) ή/και την έναρξη ή διακοπή διάφορων κρίσιμων λειτουργιών, όπως αυτή του ψεκασμού.

Συνδυασμός Περισσότερων Τεχνικών

Οι επαρκείς τεχνικές για τη γνώση της θέσης του οχήματος είναι απαραίτητες για την αποτελεσματική εργασία του. Το οικοσύστημα του οχήματος αποτελεί γόνιμο περιβάλλον για την φιλοξενία συνεργαζόμενων συστημάτων GPS, καμερών ή/και LiDAR. Τα Συστήματα Αυτόματου Ελέγχου (ρυθμιστές PID) χρησιμοποιούνται για την ανατροφοδότηση των δεδομένων στον arduino που σχετίζονται με την ταχύτητα των κινητήρων του οχήματος, ώστε να ρυθμίζονται κατάλληλα οι στροφές τους.

Θέματα Ασφάλειας

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στο τομέα της ασφάλειας. Τα καλώδια μπήκαν σε κανάλια, τα ηλεκτρικά μέρη (πλακέτες) είναι προστατευμένα σε αδιάβροχα πλαστικά κουτιά, όπως επίσης και οι μπαταρίες. Δεν υπάρχουν αιχμηρές άκρες, ενώ η μέγιστη ταχύτητα των οχημάτων είναι αρκετά χαμηλή για να προκαλέσει σοβαρή βλάβη.

Στόχευση σε Απλό και Πρακτικό Σκοπό

Πρέπει να «κρατιέται η μπάλα χαμηλά», δηλαδή, τόσο η εκπαιδευτική όσο και η τεχνολογική στόχευση, να είναι κλιμακωτής δυσκολίας και σχετικά απλές. Αυτό επιβάλλεται από το γεγονός ότι, στην πράξη, τα προβλήματα αυξάνουν σχεδόν εκθετικά, άρα η πολυπλοκότητα του αρχικού στόχου πρέπει να είναι μικρή. Για να είναι το ενδιαφέρον των φοιτητών υψηλό αλλά και η υλοποίηση του στόχου εφικτή, πρέπει τα πιλοτικά οχήματα να προσβλέπουν στην εκτέλεση απλών, πρακτικών εργασιών και στην επίλυση υπαρκτών προβλημάτων του πρωτογενούς τομέα.

Αποτελέσματα και Αξιολόγηση

Τα οχήματα που κατασκευάστηκαν διαθέτουν αυτονομία της τάξης των 2-3 ωρών, έχουν βάρος 20-30kg, μπορούν να αναπτύξουν ταχύτητες αντίστοιχες με αυτές ενός ανθρώπου που περπατά, ενώ καταναλώνουν περίπου 30-60W, στα 12V. Στην περίπτωση τηλεχειρισμού, η εμβέλεια αγγίζει τα 150 μέτρα, με το ασύρματο σημείο πρόσβασης (Access Point) να βρίσκεται στερεωμένο κοντά ή/και πάνω στο όχημα. Το κόστος τους παραμένει ιδιαίτερα χαμηλό και κυμαίνεται κάτω από τα 1000€. Η φιλοσοφία ανάπτυξης και χρήσης τους συμβαδίζει με τη λογική του να διαθέτει κανείς ένα σμήνος/στόλο από μικρά και ελαφρά οχήματα που θα μπορούν να επιτελούν παράλληλα και αυτόνομα χρήσιμες εργασίες. Συγκριτικά με τις μηχανές εσωτερικής καύσης, τα οχήματα αυτά, ως ηλεκτρικά, δεν παράγουν ουσιαστικά ρύπους. Στην περίπτωση των κόμβων αίσθησης και

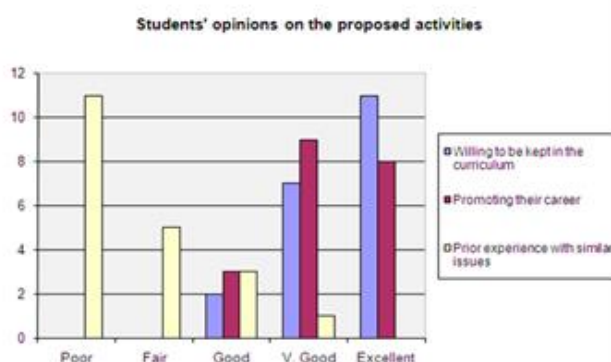
δράσης, το κόστος υλοποίησης ανέρχεται σε 100€, το πολύ, ενώ η εμβέλεια σε περίπτωση χρήσης του πρωτοκόλλου LoRa, μπορεί να ξεπερνά άνετα τα 1000 μέτρα.

Πέρα από την τεχνική, από παιδαγωγική σκοπιά, σύμφωνα με συνεχώς επιβεβαιούμενες στατιστικές μετρήσεις, οι φοιτητές (του Γεωπονικού) βρίσκουν ιδιαίτερα εποικοδομητική την εμπλοκή τους σε παρόμοιες (και συχνά πρωτόγνωρες) δράσεις, τόσο για την εμπέδωση των γνώσεων του αντικειμένου τους, όσο και για τη μελλοντική επαγγελματική τους σταδιοδρομία, και φυσικά θέλουν αυτές οι δράσεις να συνεχιστούν και να επεκταθούν. Σχετική είναι η Εικόνα 3.

Αξιολόγηση της Διαδικασίας



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS



Πηγή: <https://www.mdpi.com/2227-7102/9/3/224>

Εικόνα 3 Χαρακτηριστικές απόψεις των φοιτητών του τμήματος ΑΦΠ&ΓΜ του ΓΠΑ για τις δράσεις κατασκευής αυτοσχέδιων ρομποτικών οχημάτων και στοιχείων αίσθησης και δράσης

Συμπεράσματα

Παρουσιάστηκαν μερικές χαρακτηριστικές λεπτομέρειες, εμπειρίες και καλές πρακτικές για την υποστήριξη δράσεων ανάπτυξης ρομποτικών οχημάτων ρεαλιστικότερου μεγέθους και χρήσεων, με έμφαση στον αγροτικό κλάδο. Παράλληλα με την προστιθέμενη τεχνολογική αξία, οι απόψεις γύρω από τη σκοπιμότητα της κατασκευής και χρήσης τέτοιων οχημάτων, αλλά και από τη σύνθεση δικτυακών κόμβων αίσθησης και δράσης, σε συνεργασία με τους φοιτητές, ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικές. Πιο συγκεκριμένα, δείχνουν ότι παρόμοιες δράσεις βοηθούν/εμπνέουν ιδιαίτερα τους εκπαιδευόμενους στις σπουδές τους, ευαισθητοποιώντας τους παράλληλα γύρω από θέματα επαγγελματικού/γεωργικού αλλά και περιβαλλοντικού χαρακτήρα.

Αναφορές – Αναλυτικό Υλικό

1. Loukatos D., Kahn K., Alimisis D., Flexible Techniques for Fast Developing and Remotely Controlling DIY Robots, with AI flavor, In: Moro M., Alimisis D., Iocchi L. (eds) Educational

Robotics in the Context of the Maker Movement. *Edurobotics 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 946. Springer, Cham. DOI:10.1007/978-3-030-18141-3_14.

2. Loukatos D., Tzaninis G, Arvanitis K.G., Armonis N., Investigating Ways to Develop and Control a Multi Purpose and Low Cost Agricultural Robotic Vehicle, in *Scale, Proceedings of XXXVIII CIOSTA & CIGR V International Conference (CIOSTA2019)*, Rhodes, Greece, June 2019.
3. Loukatos D., Arvanitis K.G., Extending Smart Phone Based Techniques to Provide AI Flavored Interaction with DIY Robots, over Wi-Fi and LoRa interfaces, *MDPI – Education Sciences*, August 2019, vol. 9, issue 3, pp.224-241. DOI:10.3390/educsci9030224.
4. Loukatos D., Fragkos A., Arvanitis K., Exploiting voice recognition techniques to provide farm and greenhouse monitoring for elderly or disabled farmers, over Wi-Fi and LoRa interfaces, Editor(s): Dionysis Bochtis, Charisios Achillas, Georgios Baniias, Maria Lampridi, *Bio-Economy and Agri-production*, Academic Press, 2021, Pages 247-263, ISBN 9780128197745, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819774-5.00015-1>
5. Loukatos D., Dimitriou N., Manolopoulos I., Kontovasilis K., Arvanitis K.G., Revealing Characteristic IoT Behaviors by Performing Simple Energy Measurements, via Open Hardware/Software Components, 6th International Congress on Information and Communication Technology (ICICT 2021), London, U.K., February 2021. https://doi.org/10.1007/978-981-16-1781-2_90
6. Loukatos, D., Arvanitis, K.G. Multi-Modal Sensor Nodes in Experimental Scalable Agricultural IoT Application Scenarios, Springer, Berlin, Germany, 2021; pp. 101-128, https://doi.org/10.1007/978-3-030-71172-6_5
7. Loukatos, D.; Petrongonas, E.; Manes, K.; Kyrtopoulos, I.-V.; Dimou, V.; Arvanitis, K.G. A Synergy of Innovative Technologies towards Implementing an Autonomous DIY Electric Vehicle for Harvester-Assisting Purposes. *MDPI Machines* 2021, 9, 82, DOI:10.3390/machines9040082
8. Loukatos D., Templalexis Ch., Lentzou D., Xanthopoulos G., Arvanitis K. G., Enhancing a flexible robotic spraying platform for distant plant inspection via high-quality thermal imagery data, *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 190, 2021, 106462, ISSN 0168-1699. DOI:10.1016/j.compag.2021.106462.
9. Loukatos D., Arvanitis K.G., Assisting DIY Agricultural Robots Towards Their First Real-World Missions, In: *ICT for Agri, Information and Communication Technologies for Agriculture—Theme IV: Actions*, Bochtis, D.D., Pearson, S., Lampridi, M., Marinoudi, V., Pardalos, P.M. (Eds), by Springer Book Series, ISBN 978-3-030-84156-0.

Ανάπτυξη Συστήματος Ψεκαστικού Ακριβείας

Σ. Φουντάς, Δ. Τσιτσιγιάννης, Ν. Μυλωνάς, Λ. Αθανασάκος,
Ι. Αυγουστάκης, Χ. Καβρουματζή

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος χρηματοδότησης “Horizon 2020”, το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών συμμετέχει ως συντονιστής στο έργο “OPTIMA”[1]. Στόχος του ερευνητικού προγράμματος είναι να δημιουργηθούν «έξυπνα» ψεκαστικά μηχανήματα τα οποία θα συνδυάζουν έναν αριθμό πληροφοριών από αισθητήρες και μετεωρολογικά δεδομένα και θα διαχειρίζονται πλήρως τις μεταχειρίσεις στις καλλιέργειες, αξιοποιώντας παράλληλα βιολογικά και χημικά προϊόντα φυτοπροστασίας. Με αυτό τον τρόπο, το έργο στοχεύει στην ανάπτυξη ολοκληρωμένων συστημάτων φυτοπροστασίας και στην ελαχιστοποίηση της χρήσης χημικών φυτοπροστατευτικών προϊόντων (άρα και των αρνητικών συνεπειών που έχουν αυτά για το περιβάλλον) αλλά και στη μεγιστοποίηση της ποιότητας και της ποσότητας του παραγόμενου προϊόντος. Τα μηχανήματα αυτά θα απαιτούν από τον παραγωγό μόνο τον γεωγραφικό προσδιορισμό του χωραφιού σε μια ειδικά διαμορφωμένη online πλατφόρμα, και το χειρισμό του κατάλληλου γεωργικού ελκυστήρα. Τα πρωτότυπα ψεκαστικά μηχανήματα έχουν δημιουργηθεί και βρίσκονται ήδη σε πραγματικούς αγρούς για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς τους, με τα πρώτα δείγματα να είναι ενθαρρυντικά σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους.

Εισαγωγή και βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η παγκόσμια γεωργία βασίζεται κυρίως σε συνθετικά φυτοπροστατευτικά προϊόντα (ΦΠΠ) για τον έλεγχο των ασθενειών των φυτών με στόχο τη στήριξη μιας βιώσιμης απόδοσης της παραγωγής. Οι αγρότες και οι σύμβουλοι καλλιεργειών ακολουθούν συμβατικές στρατηγικές φυτοπροστασίας που θεσπίστηκαν μετά την Πράσινη Επανάσταση (1950-1960), διατηρώντας σημαντική χρήση των ΦΠΠ παρά τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Αυτό συμβαίνει καθώς τα παθογόνα και οι εχθροί των φυτών μειώνουν την παγκόσμια δυνητική απόδοση των καλλιεργειών έως και 40%, ποσοστό που θα ήταν διπλάσιο εάν δεν χρησιμοποιούνταν συνθετικά ΦΠΠ [2]. Η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων των ΦΠΠ είναι μια σημαντική παγκόσμια κοινωνική πρόκληση, καθώς το 72% των πολιτών της ΕΕ ανησυχούν για τα υπολείμματα τους και τα θεωρούν ως τη σημαντικότερη ανησυχία που σχετίζεται με τα τρόφιμα (Ευρωβαρόμετρο για τους «Κινδύνους που σχετίζονται με τα τρόφιμα»[3]). Η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων ανακοίνωσε ότι το 98,9% των προϊόντων διατροφής περιέχουν υπολείμματα συνθετικών ΦΠΠ (με το 1,5% αυτών να υπερβαίνουν τα νόμιμα όρια), ενώ το 27,3% των δειγμάτων τροφίμων έχουν ίχνη περισσότερων του ενός συνθετικών ΦΠΠ [4]. Η αειφόρος χρήση των ΦΠΠ για τη μείωση των κινδύνων και των επιπτώσεών τους στην υγεία των ανθρώπων και στο περιβάλλον προωθείται επίσης από την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2009/128/ΕΚ [5], ενώ το ζήτημα της ανθεκτικότητας των φυτών στα ΦΠΠ γίνεται σημαντικό πρόβλημα για την γεωργική παραγωγή.

Για τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων, η βιομηχανία και μεγάλος αριθμός ερευνητικών ομάδων έχουν αναπτύξει πιο βιώσιμα νέα ΦΠΠ, είτε βιολογικά είτε συνθετικά, που παρουσιάζουν υψηλή αποτελεσματικότητα στο εργαστηριακό περιβάλλον, αλλά

παρουσιάζουν σημαντική μείωση της απόδοσής τους υπό πραγματικές συνθήκες πεδίου. Οι τεχνολογίες ψεκασμού, από την άλλη πλευρά, έχουν δείξει σημαντική βελτίωση όσον αφορά την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια, υιοθετώντας τις τελευταίες εξελίξεις στα ηλεκτρονικά, τη διαχείριση δεδομένων και τις πτυχές ασφάλειας. Ως αποτέλεσμα, οι νέοι ψεκαστήρες έχουν επαναστατικές βελτιώσεις, συμπεριλαμβανομένων εναλλακτικών μεθόδων επιλογής δόσης/όγκου προσαρμοσμένες στη δομή του φυτού, συστάσεις/τεχνολογίες για τη μείωση του ψεκαστικού νέφους, της έκθεσης των παραγωγών και των κατοίκων και της μόλυνσης από σημειακές πηγές. Τέλος, για τη μείωση της χρήσης των ΦΠΠ, έχουν αναπτυχθεί Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ) για την πρόβλεψη έξαρσης ασθενειών και επιδημιών για ορισμένες καλλιέργειες και παθογόνα, ενώ ακριβή συστήματα έγκαιρης πρόγνωσης ασθενειών έχουν αναπτυχθεί μόνο σε ερευνητικό επίπεδο για ορισμένες καλλιέργειες, λειτουργώντας κυρίως υπό πειραματικές συνθήκες.

Ως λύση, οι βέλτιστες πρακτικές Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Ασθενειών (Intergated Pest Management - IPM) θα πρέπει να περιλαμβάνουν μια ολιστική προσέγγιση για την επιλογή του καλύτερου συνδυασμού βιολογικών και συνθετικών ΦΠΠ, σε συνδυασμό με εξαιρετικά αποτελεσματική εφαρμογή και τις κατάλληλες δόσεις, συμπεριλαμβανομένων μοντέλων πρόβλεψης ασθενειών, φασματικών συστημάτων έγκαιρης διάγνωσης ασθενειών και ακριβών τεχνικών ψεκασμού, υπό πραγματικές συνθήκες πεδίου. Ο γενικός στόχος του «OPTIMA» είναι να αναπτύξει ένα φιλικό προς το περιβάλλον πλαίσιο Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Ασθενειών (IPM) για περιπτώσεις χρήσης σε οπωρώνες, αμπελώνες και υπαίθριες καλλιέργειες λαχανικών παρέχοντας μια ολιστική προσέγγιση που περιλαμβάνει τα κύρια στοιχεία που σχετίζονται με την ολοκληρωμένη διαχείριση ασθενειών: (i) συνδυασμένη χρήση βιολογικών και συνθετικών ΦΠΠ, (ii) ΣΥΑ για την πρόβλεψη ασθενειών, (iii) φασματικά συστήματα διάγνωσης ασθενειών και (iv) τεχνικές ψεκασμού ακριβείας. Το προηγμένο πλαίσιο «IPM OPTIMA» εστιάζει 4 βασικούς πυλώνες (Πρόβλεψη, Ανίχνευση, Επιλογή και Εφαρμογή) και επικεντρώνεται σε ασθένειες των φυτών που ζημιώνουν ετησίως καλλιέργειες υψηλής αξίας (φρούτα και λαχανικά) και απαιτούν υψηλές ποσότητες μυκητοκτόνων για εφαρμογή σε πολλούς ψεκασμούς.

Μέθοδοι

Για την επίτευξη του οράματος, το έργο χωρίζεται σε διακριτούς στόχους:

Στόχος 1: Βελτιστοποίηση μοντέλων πρόβλεψης ασθενειών των φυτών και ανάπτυξη προηγμένων μεθόδων έγκαιρης διάγνωσης ασθενειών.

Στόχος 2: Αξιολόγηση και έλεγχος βιολογικών και συνθετικών ΦΠΠ και αξιολόγηση μηχανισμών ανθεκτικότητας φυτών και παθογόνων για επιτυχή έλεγχο της ασθένειας.

Στόχος 3: Βελτίωση και ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών ψεκασμού ακριβείας

Στόχος 4: Δοκιμή και αξιολόγηση των προτεινόμενων νέων στοιχείων IPM υπό συνθήκες πεδίου

Στόχος 5: Εκτίμηση των επιπτώσεων και των κινδύνων στην υγεία, το περιβάλλον και το κοινωνικοοικονομικό σύστημα του προτεινόμενου συστήματος IPM.

Το ΓΠΑ συμμετέχει στην υλοποίηση όλων των επιμέρους στόχων, αλλά το ερευνητικό του έργο εστιάζει κυρίως στην επίτευξη των στόχων 2 και 3.

Για το στόχο 2, το έργο αξιολόγησε υπό συνθήκες πεδίου μια συλλογή 10 κατηγοριών (ανά πλήθος) εμπορικών και νέων βιολογικών ΦΠΠ από τις συλλογές των εταιρών και συνεργατών του «OPTIMA». Αυτές οι συλλογές αποτελούνται από απομονώσεις του φυτικού μικροβιώματος (βακτήρια, ζύμες, μύκητες), αιθέρια έλαια, βιοδιεγέρτες και επαγωγείς άμυνας. Τα νέα βιολογικά ΦΠΠ αξιολογήθηκαν ως προς την ικανότητά τους να ελέγχουν τις επιλεγμένες ασθένειες σε τρεις καλλιέργειες (περονόσπορος αμπέλου, φουζικλάδιο μηλιάς, αλτερναρίωση καρότου), ενώ αξιολογήθηκαν επίσης η βέλτιστη δόση/όγκος, οι παράμετροι χρήσης και ο χρόνος εφαρμογής, σε συνδυασμό με την ποικιλία/υβρίδιου φυτού. Επιπλέον, συνθετικά ΦΠΠ από διαφορετικές χημικές ομάδες που είναι εγκεκριμένα για κάθε ασθένεια και ξενιστή, ή βρίσκονται στη διαδικασία έγκρισης από τις εταιρείες παραγωγής, χρησιμοποιήθηκαν για τον καθορισμό της αποτελεσματικότητας του συνδυασμού πολλαπλών ΦΠΠ και για τον προσδιορισμό του βέλτιστου ολοκληρωμένου σχήματος που οδηγεί στον υψηλότερο έλεγχο της ασθένειας με τα χαμηλότερα χημικά υπολείμματα. Οι μηχανισμοί της επαγόμενης ανθεκτικότητας του ξενιστή των επιλεγμένων ασθενειών εντοπίστηκαν και χαρακτηρίστηκαν χρησιμοποιώντας μεταγραφικές και μεταβολικές προσεγγίσεις που επιτρέπουν τον συνδυασμό παραγόντων επαγόμενης και διασυστατικής ανθεκτικότητας σε μελλοντικά προγράμματα βελτίωσης φυτών.

Για το στόχο 3, βάσει των αποτελεσμάτων όλων των επιμέρους μελετών, αναπτύχθηκαν τρεις πρωτότυποι ψεκαστές (για καρότα, οπωρώνες μήλων και αμπελώνες) συμπεριλαμβανομένων έξυπνων τεχνολογιών για έλεγχο μεταβλητού ρυθμού ροής ψεκαστικού υγρού με βάση τα χαρακτηριστικά του φυλλώματος, τη διασπορά παθογόνων αλλά και την εξάπλωση των ασθενειών η οποία καθορίζεται κάθε φορά από το αναπτυγμένο σύστημα πρόγνωσης. Η βέλτιστη επιλογή των καταλληλότερων παραμέτρων εργασίας (πίεση, ρυθμός ροής αέρα, τύπος και μέγεθος ακροφυσίου, ταχύτητα της τα εμπρός κ.λπ.) εφαρμόζεται με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα, την πυκνότητα και τη δομή του φυλλώματος και τον πιθανό κίνδυνο μόλυνσης, για παράδειγμα ο υδροφόρος ορίζοντας ή γειτονικά σπίτια. Το «OPTIMA» αξιολόγησε τα χαρακτηριστικά ψεκασμού από διαφορετικά ακροφύσια, με και χωρίς υποστήριξη αέρα, για να επιλέγεται ο βέλτιστος συνδυασμός ακροφυσίων/πίεσης για τις επιλεγμένες καλλιέργειες και ασθένειες. Η δόση των ΦΠΠ και η αντίστοιχη εφαρμοζόμενη ποσότητα όγκου θα προσαρμοστούν σύμφωνα με τη δομή του φυλλώματος, δημιουργώντας κοινά και αντικειμενικά κριτήρια έκφρασης για τις επιλεγμένες καλλιέργειες.

Αποτελέσματα

Στις αρχικές εργαστηριακές δοκιμές ΦΠΠ στο ΓΠΑ έγιναν πειράματα σε καλλιέργειες καρότου και αμπελιού. Σε φυτά καρότου, εμπορικά συνθετικά μυκητοκτόνα και διάφορα βιολογικά προϊόντα και βιοδιεγέρτες αξιολογήθηκαν για την καταπολέμηση της αλτερναρίωσης που προκαλείται από τον παθογόνο μύκητα *Alternaria dauci*. Όλα τα ΦΠΠ εφαρμόστηκαν με ψεκασμό από μία έως τρεις φορές σε φυτά καρότου τα οποία μολύνθηκαν τεχνητά με κονίδια του μύκητα *A. dauci*. Για να αξιολογηθεί η σοβαρότητα της

ασθένειας μετά την εφαρμογή των εμπορικών ΦΠΠ, χρησιμοποιήθηκε μια κλίμακα από το 0 έως το 9 (Εικόνα 1). Οι καμπύλες εξέλιξης και η αξιολόγηση της ασθένειας υπολογίστηκαν με βάση τη σοβαρότητα της αλτερναρίωσης σε φύλλα καρότου. Ένας μεγάλος αριθμός ΦΠΠ που δοκιμάστηκαν ήταν σε θέση να ελέγξουν επιτυχώς την ασθένεια με σημαντική μείωση της σε συνθήκες θερμοκηπίου.



Εικόνα 1: Τεχνητή μόλυνση με Alternaria σε φύλλα καρότου

Αντίστοιχα, σε πρέμνα αμπέλου, εμπορικά συνθετικά μυκητοκτόνα και διάφορα βιολογικά προϊόντα και βιοδιεγέρτες αξιολογήθηκαν για τον έλεγχο του περονόσπορου στα σταφύλια. Όλα τα ΦΠΠ εφαρμόστηκαν από μία έως τρεις φορές σε πρέμνα αμπέλου τα οποία μολύνθηκαν με το παθογόνο ωομύκητα *Plasmopara viticola*. Προκειμένου να αξιολογηθεί η σοβαρότητα της ασθένειας των μολυσμένων αμπελόφυλλων σε συνθήκες θερμοκηπίου μετά την εφαρμογή των εμπορικών ΦΠΠ, χρησιμοποιήθηκε μια κλίμακα από το 1 έως το 7 για την αξιολόγηση της προόδου της ασθένειας με βάση τη συχνότητα και τη σοβαρότητα του περονόσπορου στα αμπελόφυλλα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι πολλά από τα ΦΠΠ που δοκιμάστηκαν κατάφεραν να ελέγξουν με επιτυχία την ασθένεια στα αμπέλια.

Σε ό,τι αφορά τη δημιουργία των ψεκαστικών μηχανημάτων, το ΓΠΑ ανέλαβε το ρόλο του «μαέστρου», συνθέτοντας έναν κεντρικό ελεγκτή ο οποίος δέχεται όλα τα δεδομένα (χαρτογράφηση παρουσίας ασθένειας, συστάσεις από το ΣΥΑ, πληροφορία θέσης, χαρακτηρισμός φυλλώματος από αισθητήρες) και δίνει εντολή σε όλους τους επενεργητές του ψεκαστικού μηχανήματος ώστε αυτό να αντιδράσει ανάλογα.

Η χαρτογράφηση της ασθένειας είναι το πιο απαραίτητο στοιχείο για τα έξυπνα ψεκαστικά του «OPTIMA» όσον αφορά την εφαρμογή μεταβλητής δόσης ψεκασμού. Ο έξυπνος ελεγκτής συνδέεται με την πλατφόρμα ΣΥΑ μέσω διαδικτύου και πραγματοποιεί λήψη του χάρτη ασθενειών στο τρέχον λογισμικό. Με την ανάκτηση της ακριβούς θέσης GPS του ψεκαστήρα, ο ελεγκτής του ΓΠΑ μπορεί να χρησιμοποιήσει τους χάρτες ασθενειών για να εξαγάγει μια απόφαση ψεκασμού για κάθε συγκεκριμένη θέση εντός του χωραφιού. Οι χάρτες ασθενειών στην περίπτωση του OPTIMA είναι σε μορφή GeoJSON και δημιουργούνται με βάση ένα προηγμένο σύστημα τεχνητής νοημοσύνης με κάμερα. Ανάλογα με την παρουσία της ασθένειας, μπορεί να δημιουργηθεί ένας χάρτης με διαφορετικές ζώνες «Πίεσης» (Εικόνα 4).



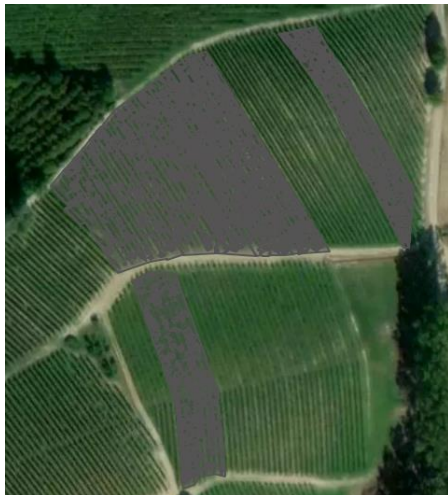
Εικόνα 2: Ο ελεγκτής Raspberry Pi προσαρμοσμένος για σύνδεση με δίκτυα ISOBUS

Ο έξυπνος ελεγκτής που αναπτύσσει το ΓΠΑ βασίζεται σε μια εμπορικά έτοιμη λύση, το μοντέλο Raspberry Pi 3B+ (Raspberry pi Foundation, UK). Ο συγκεκριμένος ελεγκτής μπορεί να εκτελεί λογισμικά γραμμένα στη γλώσσα προγραμματισμού ανοιχτού κώδικα «Python» και επιλέγεται μεταξύ άλλων για τα πλεονεκτήματα της ευκολίας χρήσης και των δυνατοτήτων απόδοσης. Επιπλέον, ο ελεγκτής είναι εφοδιασμένος με μια άλλη πλακέτα επέκτασης υλικού έτοιμη στο εμπόριο, την PiCan2, για όλες τις απαραίτητες συνδέσεις με τους αισθητήρες αλλά και τους επιμέρους ελεγκτές για τη διαχείριση των ψεκαστικών μηχανημάτων. (Εικόνα 2).

Για όλες τις επιμέρους συνδέσεις, επιλέχθηκε το πρότυπο ISOBUS, το οποίο είναι σχεδιασμένο αποκλειστικά για γεωργικά μηχανήματα. Ο ελεγκτής είναι σχεδιασμένος να αναγνωρίζει την ακρινή τοποθεσία στον αγρό, να συγκρίνει με βάση το χάρτη ψεκασμού για τη διάγνωση ύπαρξης ασθένειας, και να ρυθμίζει όλα τα επιμέρους συστήματα (αντλία, ακροφύσια, ηλεκτρικό ανεμιστήρα) ώστε να επιτυγχάνεται μεταβλητός ψεκασμός υψηλής ακρίβειας αλλά και με τη μέγιστη δυνατή διήθηση στο φύλλωμα χωρίς να υπάρχουν φαινόμενα διασποράς ψεκαστικού νέφους.



Εικόνα 3: Κουτί ελέγχου σχεδιασμένο στο ΓΠΑ για την προσαρμογή με τα ψεκαστικά μηχανήματα



Εικόνα 4: Χάρτες Ψεκασμού για τον πειραματικό αμπελώνα του "OPTIMA" στην Ιταλία



Εικόνα 5: Ψεκαστικό μηχανήμα για καλλιέργεια καρότου, με όλα τα συστήματα προσαρμοσμένα, σε πιλοτική δοκιμή στη Γαλλία

Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν στην Ελλάδα, όλες οι εφαρμογές χημικών ΦΠΠ ήταν αποτελεσματικές στον έλεγχο της ασθένειας ανεξάρτητα από τη χρήση μυκητοκτόνων με ένα ή δύο δραστικά συστατικά ή τον τρόπο δράσης. Ο πειραματισμός που ακολουθεί στα πλαίσια του έργου, με πολλαπλές εφαρμογές βιολογικών και χημικών ΦΠΠ και υπό υψηλή πίεση ασθένειας, θα καθορίσει την καλύτερη επιλογή ΦΠΠ. Ακόμη, τα πρωτότυπα ψεκαστικά μηχανήματα έχουν δημιουργηθεί και έχουν κάνει ήδη τον κύκλο πειραμάτων σε πραγματικό αγρό, με τα αποτελέσματα να είναι εξαιρετικά ενθαρρυντικά. Οι λειτουργίες εντοπισμού της τοποθεσίας και αναγνώρισης με χρήση των αισθητήρων δουλεύουν υποδειγματικά, ενώ οι δυνατότητες μεταβλητής δόσης ψεκασμού και μεταβλητής παροχής αέρα λειτουργούν απρόσκοπτα με πολύ υψηλή ακρίβεια. Μένει η ανάλυση των επιμέρους αποτελεσμάτων που σχετίζονται με την καταπολέμηση των ασθενειών αλλά και την αποδοτικότητα των ψεκαστικών αυτών σε σύγκριση με τα συμβατικά.

Παραπομπές

[1]: <http://optima-h2020.eu/>

[2] Oerke, E.C., (2006). Journal of Agricultural Science, 144(1), 31-43.;

[3] http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/archives/ebs/ebs_354_en.pdf

[4] EFSA, E., (2013). The 2010 EU Report on Pesticide Residues in Food. EFSA Journal, 11(3), 3130;

[5] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0071:0086:en:PDF>;

Χρήση των ΜΕΑ στην αντιμετώπιση επιβλαβών φυτοφάγων εντόμων: Οι περιπτώσεις του δάκου της ελιάς και των ακρίδων

Αντώνιος Τσαγκαράκης¹, Δημήτριος Στεφανάκης², Παναγιώτης Ζερβός², Ευαγγελία Αραποστάθη¹, Κων/νος Κάρελλας¹, Ιωάννης Τριλίβας¹, Ευάγγελος Κοντογιάννης¹

¹Εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας & Εντομολογίας, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Σχολή Επιστημών των Φυτών, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, 11855 Αθήνα, atsagarakis@aua.gr, ²UcanDrone S.A., Ι. Μεταξά 62, Κρωπία 194 00, info@ucandrone.com

Ο δάκος της ελιάς, *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae), αποτελεί τον σημαντικότερο εχθρό της ελιάς στην Ελλάδα. Η αντιμετώπισή του γίνεται με δολωματικούς ψεκασμούς με ψεκαστικά συγκροτήματα επί γεωργικών ελκυστήρων με πεζοπόρο ψεκαστή. Ωστόσο, σε ελαιώνες ορεινών και επικλινών περιοχών, η εφαρμογή των δολωματικών ψεκασμών πραγματοποιείται από πεζοπόρους ψεκαστές με επινώτιους ψεκαστήρες, με τις δυσκολίες και τα προβλήματα που αυτό συνεπάγεται. Εκτός του δάκου της ελιάς, οι πληθυσμιακές εξάρσεις ακρίδων δημιουργούν σημαντικά προβλήματα τόσο σε καλλιεργούμενες εκτάσεις, όσο και σε αυτοφυή βλάστηση που χρησιμοποιείται ως χορτονομή για παραγωγικά ζώα. Μια τέτοια περίπτωση ήταν και η νήσος Άγιος Ευστράτιος. Μια ιδιαίτερα μεγάλη δυσκολία στην αντιμετώπιση των ακρίδων είναι ο εντοπισμός των συναθροίσεων τους ("κηλίδων") στα πρώτα ατελή στάδια της ζωής τους, όπου η αντιμετώπισή τους είναι σαφώς ευκολότερη, όπως και η διενέργεια στοχευμένων ψεκασμών. Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι α) η μελέτη της αποτελεσματικότητας χρήσης ΜΕΑ στην εφαρμογή δολωματικών ψεκασμών για την αντιμετώπιση του δάκου της ελιάς σε επικλινείς ελαιώνες, καθώς και της επίπτωσή τους σε έντομα-μη στόχους και β) ο εντοπισμός από αέρος των "κηλίδων" ακρίδων και η μετέπειτα αντιμετώπισή τους με ΜΕΑ στην επικράτεια της ν. Άγιος Ευστράτιος.

Για την μελέτη χρησιμοποιήθηκε εξακόπτερο ΜΕΑ ψεκασμού, καθώς και ΜΕΑ σταθερής πτέρυγας για παρατήρηση. Η παρακολούθηση των πληθυσμών του δάκου έγινε με παγίδες McPhail με ελκυστικό θειική αμμωνία 2%, ενώ για τα άλλα έντομα χρησιμοποιήθηκαν παγίδες κολλητικές και παρεμβολής, ενώ για την εκτίμηση του ποσοστού δακοπροσβολής πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες ελαιοκάρπου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο αριθμός των νυγμάτων σε ελαιοκάρπο ήταν σημαντικά χαμηλότερος στον ελαιώνα που δέχτηκε εφαρμογή με ΜΕΑ. Από τις δειγματοληψίες για οργανισμούς μή-στόχους καταγράφηκαν άτομα των taxa Aranae, Auchenorrhyncha, Formicidae, Vespidae, σε ελαιώνες από όλες τις επεμβάσεις, χωρίς να υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Σχετικά με τις ακρίδες, η δημιουργία του ορθοφωτοχάρτη της περιοχής κατέδειξε τις περιοχές συνάθροισης των ακρίδων, οι οποίες επιβεβαιώθηκαν με επιτόπια παρατήρηση. Στην συνέχεια, παράλληλα με επίγειες μονάδες, πολυκόπτερο ψεκασμού εκτέλεσε στοχευμένες επεμβάσεις έναντι των εντόμων, συντελώντας σημαντικά στην μείωση του πληθυσμού αυτών.

Εισαγωγή

Ο δάκος της ελιάς, *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae), αποτελεί τον σημαντικότερο εχθρό της ελιάς στην Ελλάδα, αλλά και ένα από τα εμβληματικότερα έντομα

– εχθρούς, ανεξαρτήτως καλλιέργειας (Neuenschwander and Michelakis 1978, Daane and Johnson 2010. Για την αντιμετώπισή του δαπανώνται κάθε χρόνο μεγάλα ποσά από τον προϋπολογισμό του Υπουργείου Εσωτερικών (μέσω των Περιφερειών), τα οποία προσεγγίζουν τα 20 εκ. ευρώ. Η αντιμετώπισή του γίνεται, ως επί το πλείστον, με δολωματικούς ψεκασμούς, ύστερα από παρακολούθηση του πληθυσμού του δάκου και της προσβολής του.

Κατά τους δολωματικούς ψεκασμούς, διάλυμα όγκου περίπου 300 κ.εκ. εφαρμόζεται στην βόρεια – εσωτερική πλευρά κάθε δευτέρου ή τρίτου δένδρου. Εάν υποθέσουμε ότι η πυκνότητα φύτευσης είναι 20-30 δένδρα / στρέμμα, συνολικά απαιτείται όγκος περίπου 3 λίτρων για κάθε στρέμμα (Kalaitzaki et al. 2019) .

Για την εφαρμογή των ψεκασμών χρησιμοποιούνται, κυρίως, ψεκαστικά συγκροτήματα επί γεωργικών ελκυστήρων. Ωστόσο, σε επικλινείς και δυσπρόσιτους ελαιώνες, όπου η προσέγγιση του ελκυστήρα δεν είναι εφικτή, η εφαρμογή των δολωματικών ψεκασμών, πραγματοποιείται από πεζοπόρους ψεκαστές με επινώτιους ψεκαστήρες. Με χρήση ψεκαστήρα χωρητικότητας 10λ., ο ψεκαστής καλύπτει με ένα γέμισμα όχι παραπάνω από 35 δένδρα (έκταση περίπου 3,5 στρ.). Από τα προηγούμενα μπορεί κάποιος εύκολα να αντιληφθεί τις δυσκολίες που δημιουργούνται για την επαναγέμιση – επαναπροσέγγιση των δυσπρόσιτων και επικλινών ελαιώνων, την σπατάλη χρόνου, την κόπωση του ψεκαστή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα πολλοί από τους ελαιώνες να παραμένουν αψέκαστοι και να μετατρέπονται σε «φυσικά εντομοτροφεία», που τροφοδοτούν με ενήλικα έντομα την ευρύτερη περιοχή.

Τα τελευταία έτη, η νήσος Άγιος Ευστράτιος επλήττετο κατ' εξακολούθηση από πληθυσμιακές εξάρσεις ακρίδων που καταστρέφουν αδιακρίτως όλα τα φυτικά είδη της προστατευόμενης περιοχής, συμπεριλαμβανομένων των οικοτόπων προτεραιότητας, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της βιοποικιλότητας στην περιοχή NATURA καθώς και των λειτουργιών των οικοσυστημάτων που σχετίζονται με παραγωγικές δραστηριότητες του πρωτογενή τομέα και ειδικά την κτηνοτροφία. Μια ιδιαίτερα μεγάλη δυσκολία στην αντιμετώπιση των ακρίδων είναι ο εντοπισμός των συναθροίσεών τους ("κηλίδων") στα πρώτα ατελή στάδια της ζωής τους, όπου η αντιμετώπισή τους είναι σαφώς ευκολότερη, όπως και η διενέργεια στοχευμένων ψεκασμών.

Τα τελευταία χρόνια, γίνεται ευρεία συζήτηση στην επιστημονική κοινότητα για την δυνατότητα χρήσης ΜΕΑ (Μή Επανδρωμένα Αεροσκάφη - Unmanned Aerial Systems/UAS) στην Γεωργία. Η χρήση ΜΕΑ είναι ευρύτατη στην παρατήρηση, διάγνωση, αλλά και αντιμετώπιση προβλημάτων από παρασιτικά και μή αίτια σε καλλιέργειες (Rao Mogili and Deepak 2018).

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι α) η μελέτη της αποτελεσματικότητας της χρήσης ΜΕΑ στην εφαρμογή δολωματικών ψεκασμών για την αντιμετώπιση του δάκου της ελιάς σε επικλινείς και δυσπρόσιτους ελαιώνες, καθώς και της επίπτωσής τους σε έντομα μή-στόχους και β) ο εντοπισμός των "κηλίδων" ακρίδων στην επικράτεια της ν. Άγιος Ευστράτιος, έκτασης 43,3 τ. χλμ. από αέρος και ο ψεκασμός αυτών με ΜΕΑ.

Υλικά και Μέθοδοι

Η μελέτη για τον δάκο της ελιάς πραγματοποιήθηκε σε δυσπρόσιτο, επικλινή ελαιώνα, στην περιοχή Κώμης Λέσβου, έκτασης περίπου 30 στρ., ο οποίος, εκτός της μεγάλης κλίσης που παρουσίαζε, ήταν αποκλεισμένος από τον πλησιέστερο χωματόδρομο με διπλή σειρά συρματοπλεγμάτων. Η εφαρμογή συγκρίθηκε με δολωματικό ψεκάσμο με επινώτιους ψεκαστήρες που έγινε σε όμορο παραγωγικό, βιολογικό ελαιώνα, έκτασης περίπου 160 στρ.. Το σκεύασμα που χρησιμοποιήθηκε είχε δ.ο. spinosad 0,024% με προσελκυστικό. Ως επιπρόσθετος μάρτυρας χρησιμοποιήθηκε επικλινή ελαιώνας, όμορος του βιολογικού, ο οποίος δέχτηκε δολωματικούς ψεκασμούς (δ.ο. dimethoate) με επινώτιους ψεκαστήρες.

Για την εφαρμογή του ψεκασμού χρησιμοποιήθηκε εξακόπτερο MEA (UcanDrone Yetos) με δυνατότητα σημειακού ψεκασμού μεμονωμένου δένδρου, κατηγορίας A2, με δοχείο ψεκασμού χωρητικότητας 10λ.. Το σκεύασμα χρησιμοποιήθηκε σε συγκέντρωση 10% κ.ο., ενώ εφαρμόζονταν 100 κ.εκ. ψεκαστικού διαλύματος κάθε δεύτερο δένδρο. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν δύο επεμβάσεις, στα μέσα Ιουλίου και στο τέλος Σεπτεμβρίου.

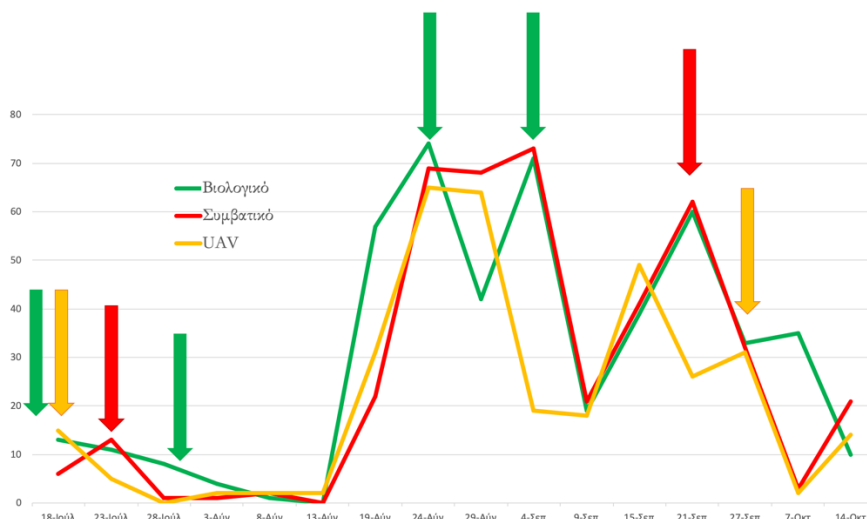
Η παρακολούθηση των πληθυσμών του δάκου έγινε με παγίδες McPhail με ελκυστικό θειική αμμωνία 2%, ενώ για τα άλλα έντομα χρησιμοποιήθηκαν παγίδες παρεμβολής και κολλητικές, αλλά και εντομολογική απόχη. Για την εκτίμηση του ποσοστού δακοπροσβολής πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες ελαιοκάρπου.

Έγινε ανάλυση της διασποράς των δεδομένων (ύστερα από λογαριθμική μετατροπή) και πολλαπλές συγκρίσεις (Tukey HSD).

Η μελέτη για τις ακρίδες πραγματοποιήθηκε στην ν. Άγιος Ευστράτιος Λέσβου, κατά το έτος 2018. Η παρατήρηση των κηλίδων των ακρίδων έγινε με την συλλογή δεδομένων από οπτικούς και πολυφασματικούς αισθητήρες (Canon PowerShot SX 600, Parrot Sequoia), οι οποίοι φέρονταν σε MEA σταθερής πτέρυγας (UcanDrone Phoreas). Για την εφαρμογή του ψεκασμού, όπου χρειάστηκε, χρησιμοποιήθηκε εξακόπτερο MEA (UcanDrone Yetos), όπως περιγράφεται παραπάνω. Το σκεύασμα που χρησιμοποιήθηκε είχε δ.ο. spinosad 48%.

Αποτελέσματα και Συζήτηση

Τα αποτελέσματα έδειξαν την επιτυχή εκτέλεση του σχεδίου πτήσης από το MEA, το οποίο έκανε εφαρμογή δολωματικού ψεκασμού σε 100 δένδρα (περίπου 20 στρ.) σε χρόνο 11', συμπεριλαμβανομένου του χρόνου μετάβασης και επιστροφής στον χώρο προσγείωσης. Όσον αφορά στην αποτελεσματικότητα της εφαρμογής, δεν υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στον αριθμό των συλλήψεων δάκου σε παγίδες ($F_{(3,60)}=0.53$, $p<0.66$) μεταξύ των επεμβάσεων. Από το πληθυσμιακό διάγραμμα (Εικ. 1) φαίνεται η επίδραση των ψεκασμών στην μείωση του πληθυσμού του δάκου, τόσο στον ελαιώνα που δέχτηκε την επέμβαση με MEA, όσο και στους υπόλοιπους.



Πληθυσμός του δάκου της ελιάς, όπως αυτός συνελήφθη με παγίδες McPhail με ελκυστικό θειική αμμωνία 2% σε τρεις όμορους ελαιώνες στην περιοχή Κώμη Λέσβου. Τα βέλη αντιστοιχούν χρώματος υποδηλώνουν την εκτέλεση επέμβασης δολωματικού ψεκασμού

Επίσης, ο αριθμός των νυγμάτων σε ελαιόκαρπο (γόνιμων και μή) ήταν σημαντικά χαμηλότερος στον ελαιώνα που δέχτηκε εφαρμογή με MEA σε σχέση με τον παραγωγικό βιολογικό, χωρίς να διαφέρει από εκείνον που δέχτηκε επέμβαση με dimethoate + προσελκυστικό ($F_{(3,36)}=3.09$, $p<0.039$). Από το πληθυσμιακό διάγραμμα φαίνεται η σημαντική επίδραση του δολωματικού ψεκασμού, τόσο με MEA όσο και από εδάφους, στην μείωση του πληθυσμού του δάκου.

Από τις δειγματοληψίες για οργανισμούς μή-στόχους καταγράφηκαν άτομα των taxa Aranae, Auchenorrhyncha, Formicidae, Vespidae, σε ελαιώνες από όλες τις επεμβάσεις, χωρίς να υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Έναντι των ακρίδων, η δημιουργία του ορθοφωτοχάρτη της περιοχής από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τους οπτικούς και πολυφασματικούς αισθητήρες κατέδειξε τις περιοχές συνάθροισης των ακρίδων. Οι περιοχές αυτές επιβεβαιώθηκαν σε συντριπτικό ποσοστό με επιτόπια παρατήρηση και καταγραφή των θέσεων με GPS. Στην συνέχεια, το πολυκόπτερο ψεκασμού εκτέλεσε στοχευμένες επεμβάσεις έναντι των κηλίδων των εντόμων των εντόμων, με απόλυτη αποτελεσματικότητα τόσο όσον αφορά στην ακρίβεια του ψεκασμού, όσο και στην θνησιμότητα των ακρίδων.

Από τα αποτελέσματα των προκαταρκτικών αυτών εφαρμογών, μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι η μέθοδος εφαρμογής δολωματικού ψεκασμού βιολογικού σκευάσματος από MEA ήταν εξίσου ή και περισσότερο αποτελεσματική έναντι του δάκου, χωρίς να επηρεάσει οργανισμούς μή-στόχους, συγκρινόμενη με την εφαρμογή βιολογικού ή συμβατικού σκευάσματος από εδάφους. Το σημαντικότερο, θεωρούμε, συμπέρασμα είναι ότι έγινε επιτυχής επέμβαση έναντι του δάκου σε ελαιώνα ο οποίος, υπό κανονικές συνθήκες, δεν θα δεχόταν επέμβαση. Το αποτέλεσμα θα ήταν, αφενός μεν η καθολική προσβολή του ελαιοκάρπου στον συγκεκριμένο ελαιώνα, αφετέρου δε ο ανεξέλεγκτος πολλαπλασιασμός και η μεταφορά και δράση του δάκου σε γειτονικούς, παραγωγικούς ελαιώνες, ζημιώνοντας έτσι τους συνεπείς παραγωγούς. Επίσης, όσον αφορά στις ακρίδες, το πλέον σημαντικό ήταν ο εντοπισμός των κηλίδων μέσω παραμετροποίησης των

δεδομένων στον ορθοφωτοχάρτη της περιοχής, πράγμα που επέτρεπε τον σημαντικό περιορισμό των "ύποπτων" περιοχών για ύπαρξη κηλίδων συνάθροισης ακρίδων. Το γεγονός αυτό περιόρισε εξαιρετικά την έκταση που πρέπει να καλυφθεί από τα συνεργεία, προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα έντομα. Επιπλέον, σε δυσπρόσιτα σημεία, οι κηλίδες μπορούν να αντιμετωπιστούν με χρήση ΜΕΑ, με μεγάλη αποτελεσματικότητα.

Συνεπώς, είναι τα ΜΕΑ «πανάκεια» για την αντιμετώπιση του δάκου και των ακρίδων; Σίγουρα όχι! Μπορούν αναμφίβολα να αποτελέσουν ένα σημαντικό εργαλείο για την αντιμετώπιση των εντόμων με ασφάλεια, ακρίβεια και συνέπεια, ιδιαίτερα σε επικλινή και δυσπρόσιτα εδάφη, αφού πρώτα γίνουν ορισμένες επισημάνσεις/παραδοχές:

Α) Τα ΜΕΑ είναι εργαλεία και όχι παιχνίδια! Υπάρχουν συγκεκριμένοι κανόνες κατοχής και ασφαλούς χρήσης τους (καταγραφή στο μητρώο της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας – ΥΠΑ, αδειοδοτημένος χειριστής, υποχρέωση ασφάλισης του ΜΕΑ, υποβολή σχεδίου πτήσης, εκτίμηση κινδύνου πτήσης κλπ), οι οποίοι πρέπει να τηρούνται ευλαβικά, καθώς μιλάμε για Συστήματα μεγάλου βάρους και ηλεκτρικής ισχύος.

Β) Η πτήση με ΜΕΑ για δολωματικό ψεκασμό σε επικλινή εδάφη είναι εξαιρετικά μεγάλης δυσκολίας λόγω του εδαφικού αναγλύφου, του συχνά ανομοιόμορφου ύψους των ελαιόδενδρων, των διάσπαρτων οπωροφόρων ή δασικών δένδρων μεγαλύτερου ύψους, καθώς και του γεγονότος ότι η πτήση γίνεται σε πολύ μικρό ύψος πάνω από τα δένδρα, ή το έδαφος, ελαχιστοποιώντας τον χρόνο αντίδρασης του χειριστή στο οποιοδήποτε έκτακτο συμβάν.

Γ) Πρέπει να αφιερωθεί σημαντικός χρόνος στην κατάστρωση ακριβούς και σχολαστικού επιχειρησιακού σχεδίου πτήσης (δένδρα και κηλίδες που θα ψεκαστούν, ανάγλυφο εδάφους, ύψος από την κόμη του δένδρου). Μετά όμως την άπαξ δημιουργία του, το σχέδιο μπορεί να χρησιμοποιείται για όλες τις μετέπειτα επεμβάσεις σε βάθος ετών, με ελάχιστες διορθώσεις (μεταβολή ύψους δένδρων, έκτακτοι παράγοντες, όπως ύπαρξη μελισσιών – συνέβη στην μελέτη μας!).

Δ) Περιοριστικούς παράγοντες στην πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων τους αποτελεί ο σχετικά μικρός χρόνος πτήσης (περίπου 11-12' για τα περισσότερα Συστήματα της αγοράς), αλλά και η προϋπόθεση της ύπαρξης ζώνης απογείωσης/προσγείωσης (τουλάχιστον 4x4μ ακλινούς εδάφους, χωρίς δένδρα στην περίμετρο) σε λογική απόσταση (μικρότερη των 200μ. κατά προτίμηση).

Ε) Η δημιουργία και παραμετροποίηση του ορθοφωτοχάρτη απαιτεί εξειδικευμένη γνώση και συνεχή έρευνα.

Ο καθοριστικότερος, όμως, περιοριστικός παράγοντας (απαγορευτικός για την ακρίβεια) για την χρήση των ΜΕΑ στην αντιμετώπιση του δάκου είναι το νομοθετικό πλαίσιο: Η χρήση ΜΕΑ υπάγεται μέχρι σήμερα στην Κοινοτική Οδηγία 2006/42/EC, περί απαγόρευσης χρήσης αεροψεκασμών εντός της ΕΕ για εφαρμογή Φυτοπροστατευτικών Προϊόντων. Άρα, για την ώρα τα ΜΕΑ δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν! Μέχρι στιγμής, δηλαδή, δεν υπάρχει η οποιαδήποτε διάκριση μεταξύ του ψεκασμού με ΜΕΑ, που δύνανται με ορθή χρήση να έχουν ακρίβεια 2-3 εκ., με τον ψεκασμό από αεροπλάνο ή ελικόπτερο! Κι όμως, στην εφαρμογή της παραπάνω Κοινοτικής Οδηγίας ζητήθηκαν και εγκρίθηκαν εξαιρέσεις: Επιτρέπεται η χρήση ΜΕΑ για εφαρμογή ΦΠ σε επικλινείς αμπελώνες στην Γερμανία. Γιατί όχι και σε επικλινείς ελαιώνες και άλλα εδάφη της Ελλάδας;

Συνοψίζοντας, ο χειρισμός ΜΕΑ από πεπειραμένους αδειούχους χειριστές οδηγεί σε εφαρμογές απόλυτης ακρίβειας και αποτελεσματικότητας, έχοντας έτσι σαφή διάκριση από αεροψεκασμούς από ελικόπτερα και αεροσκάφη. Είναι αυτονόητο ότι χρειάζεται περαιτέρω πειραματισμός, προκειμένου να καταστεί σαφές ότι τα ΜΕΑ δύνανται να αποτελέσουν σημαντικό εργαλείο για την αποτελεσματική αντιμετώπιση του δάκου και των ακρίδων σε επικλινή και δυσπρόσιτα εδάφη, χωρίς επίπτωση σε οργανισμούς μη-στόχους.

Ευρετήριο συγγραφέων

Αθανασάκος Λ.	12, 17, 77
Αλπανάκης Ν.	19
Ανέστης Β.	18
Αραποστάθη Ε.	20, 83
Αρβανίτης Κ.	15, 71
Ασσαριωτάκης Αλ.	27
Αυγουστάκης Ι.	17, 77
Γιαννούκος Κ.	12
Γιαννούκος Σ.	12
Δαλέζιος Ν.	19
Δέρκας Ν.	19, 28
Ελευθεροχωρινός Η.	11, 35, 59
Ζερβός Π.	20, 83
Ηλιάδη Μ.	12
Καβρουματζή Χ.	77
Καλύβας Δ.	16, 24, 26, 27
Καραβίτης Χ.	31
Καραχάλιου Αν.	27
Κάρελλας Κ.	20, 83
Κατσίκης Ι.	27
Κοντογιάννης Ε.	20, 83
Κυπαρίσσης Α.	10, 51
Λαγογιάννη Χ.	12
Λέντζου Δ.	12
Λιακόπουλος Γ.	9, 41
Λουκάτος Δ.	15, 71
Μαστροδήμος Ν.	12
Μπαρτζάνας Θ.	18
Μπουράνης Δ.	35
Μυλωνάς Ν.	12, 17, 77
Ξανθόπουλος Γ.	12
Οικονόμου Γ.	24, 27
Οικονόμου Π.	31
Παναγόπουλος Γ.	24
Περδίκης Δ.	22
Ποντικάκος Κ.	22
Σακελλαρίου Σ.	19

Σιδερίδης Αλ.	29
Σιδηρόπουλος Π.	19
Σπηλιωτόπουλος Μ.	19
Στεφανάκης Δ.	20, 83
Συγριμής Ν.	13, 67
Ταραντίλης Π.	24, 27
Τεμπλαλέξης Χ.	12
Τζιάτζιος Γ.	19
Τριλίβας Ι.	20, 83
Τσαγκαράκης Α.	20, 83
Τσερλιγκάκης Ν.	19
Τσεσμελής Δ.	31
Τσιλιγκιρίδης Θ.	22
Τσιτσιγιάννης Δ.	12, 17, 77
Φανουρίου Ε.	24
Φαρασλής Γ.	19
Φουντάς Σ.	12, 17, 77
Blok P.	12
Grigg N.	31
Peller J.	12
Polder G.	12
Taylor S.	12



ISBN: 978-960-6806-30-8

Copyright: Ινστιτούτο Θρέψης Φυτών και Ποιότητας Εδάφους ΓΠΑ

Επιμέλεια εξωφύλλου: Ε. Τζεργζίνης