



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
UNIVERSITY OF PIRAEUS

Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Κλιματική Κρίση και Τεχνολογίες
Πληροφορικής και Επικοινωνιών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γεωργία ακριβείας και οι εφαρμογές της στα
εσπεριδοειδή

Γιάννος Καπόγιαννης

Σεπτέμβριος 2023

Επιβλέπων Καθηγητής

Ιωάννης Μανιάτης

ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2022

Δήλωση Πνευματικών Δικαιωμάτων

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο “ Γεωργία ακριβείας και οι εφαρμογές της στα εσπεριδοειδή”

καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και οι πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Πειραιώς αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Κλιματική Κρίση και Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών» του Τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω:

- Τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ιωάννη Μανιάτη για την καθοδήγηση και την προθυμία να μου προσφέρει τις γνώσεις του. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Μόσχο Κορασίδη π. Γενικό Γραμματέα Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων για την πολύτιμη βοήθεια του και καθοδήγηση που μου παρείχε.*
- Την οικογένειά και τους φίλους μου, για την κατανόηση και την στήριξη σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.*

Περίληψη

Η διπλωματική μου εργασία επικεντρώνεται στη Γεωργία Ακρίβειας και τις εφαρμογές της στα εσπεριδοειδή. Η Γεωργία Ακρίβειας αναφέρεται στη χρήση προηγμένης τεχνολογίας, όπως οι καταμετρήσεις χώρου με χρήση δορυφόρων (GPS) και αισθητήρων, για τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της ακρίβειας στη γεωργική παραγωγή. Στη διπλωματική εξετάζεται η εφαρμογή της Γεωργίας Ακρίβειας στην παραγωγή εσπεριδοειδών, μιας από τις σημαντικότερες γεωργικές καλλιέργειες στην Ελλάδα.

Πιο συγκεκριμένα, η διπλωματική εργασία περιγράφει τη καλλιέργεια των εσπεριδοειδών, συμπεριλαμβανομένων των ειδικών απαιτήσεων τους σε ό,τι αφορά την ύδρευση, την προμήθεια θρεπτικών στοιχείων και την παρακολούθηση της υγείας των δέντρων και στην συνέχεια περιγράφεται μια εισαγωγή στη Γεωργία Ακρίβειας, συμπεριλαμβανομένων των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται και των πλεονεκτημάτων της.

Abstract

My thesis focuses on Precision Agriculture and its applications in citrus fruits. Precision Agriculture refers to the use of advanced technology such as satellite-based (GPS) and sensor-based spatial mapping to improve efficiency and accuracy in agricultural production.

The thesis examines the application of Precision Agriculture in the production of citrus fruits, one of the most important agricultural crops in Greece.

Specifically, the thesis describes the cultivation of citrus fruits, including their specific requirements for irrigation, nutrient supply, and monitoring tree health, and provides an introduction to Precision Agriculture, including the technologies used and its advantages.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ	ΤΙΤΛΟΣ	ΣΕΛΙΔΑ
1	Παγκόσμια παραγωγή εσπεριδοειδών	10
2	Συγκράτηση νερού	19
3	Έλκος	26
4	Σηψιρριζίες	27
5	Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης GPS	39
6	Σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS)	42
7	Συστήματα μεταβλητών εφαρμογών (VRA ή VRT)	43
8	Συστήματα παρακολούθησης αποδόσεων (Yield Monitoring System)	43
9	Θεριζοαλωνιστικό μηχάνημα	45
10	Χάρτης ανίχνευσης δέντρων	59
11	Δειγματοληψία με χρήση στρόφιγγας	60

12	Δειγματοληψία με νέα μέθοδο	61
13	Ανίχνευση και μέτρηση φρούτων	61
14	Χάρτες εσπεριδοειδών	62

Contents

1.1	Εισαγωγή	11
1.2	Ιστορική αναδρομή στην Ελλάδα	14
1.3	θερμοκρασιακές συνθήκες	14
1.4	Είδη εσπεριδοειδών	16
1.5	Χώμα	18
1.6	Κλίμα	20

1.7 Άρδευση	21
1.8 Λίπανση	23
1.9 κλάδεμα	26
1.10 Παγόπληκτα δέντρα	27
1.11 Ασθένειες του υπεδάφους	28
1.12 Βιολογική καταπολέμηση ασθενειών	32
1.13 Ασθένειες του υπέργειου τμήματος	33
1.13.1. Κομμιώσεις	33
1.13.2. Κορυφόξηρα	33
1.13.3. Η αλτεοναοίωσα	35
1.13.4. Ανθράκωση εσπεριδοειδών	35
1.13.5. Η σεπτορίαση	36
1.13.6. Προσβολές από προκαρυωτικά παθονόνα.	36
1.13.7 Μετασυλλεκτικές σήψεις καρπών	37
1.13.8 Προσβολή απο πενικέλλιο	37
1.13.9 Από φυτόφθορα ή περονόσπορο	38
1.13.10. Καπνιά	38
2.1 Έξυπνη γεωργία	38
2.2 Βασικές έννοιες έξυπνης γεωργίας	39
2.3 Ο ρόλος της ρομποτικής, των αισθητήρων και των drones στην έξυπνη γεωργία	40

2.4 Οικονομική αξιολόγηση της έξυπνης γεωργίας	40
3.1 Συστήματα έξυπνης γεωργίας	41
3.1.1 Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης GPS	41
3.2.1 Σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS)	43
3.2.2 Συστήματα μεταβλητών εφαρμογών (VRA ή VRT)	45
3.2.3 Συστήματα παρακολούθησης αποδόσεων (Yield Monitoring System)	45
3.2.3 Αυτοματοποιημένα συστήματα πλοήγησης	46
4.1 Αισθητήρες έξυπνης γεωργίας	47
4.2 Εισαγωγή αισθητήρων χαρτογράφησης παραγωγής για καλλιέργειες που συγκομίζονται με μηχανές.	47
4.3 Χαρτογράφηση παραγωγής σε καλλιέργειες που συγκομίζονται με μηχανές.	48
4.4 Αισθητήρες στις θεριζοαλωνιστικές μηχανές	48
4.4.1 Αισθητήρες μέτρησης ροής του σπόρου σε θεριζοαλωνιστικές μηχανές.	48
4.4.2 Μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών του σπόρου	49
5.1 Τηλεπισκόπηση	49

5.2 Εισαγωγή και χρήση της τηλεπισκόπησης στην έξυπνη γεωργία	50
5.3 Αισθητήρες Τηλεπισκόπησης	50
5.3.1 Ενεργοί αισθητήρες	51
5.3.2 Παθητικοί αισθητήρες:	51
5.4 Μετρήσεις με δείκτες	52
6.1 Επεξεργασία εικόνας από μη επανδρωμένα αεροσκάφη	53
6.2 Μη επανδρωμένα αεροσκάφη	53
7.1 U.A.V. (Unmanned Aerial Vehicles)	54
7.2 Ανάλυση αποτελεσματικής ροής εργασιών με τη χρήση Drone	55
7.3 Χρήσεις των drones στην έξυπνη γεωργία	56
8.1 Η ρομποτική στην έξυπνη γεωργία	58
8.2 Εγκατάσταση της σποράς	59
8.3 Φροντίδα της σποράς	60
8.4 Συγκομιδή της σποράς	60
9.1 Εφαρμογές έξυπνης γεωργίας στα εσπεριδοειδή	61
9.2 Εφαρμογές UAV	61
9.3 Αυτοματοποιημένη παρακολούθηση	63
9.4 Παροχή ακριβής ποσότητας νερού	66
9.5 Πρόβλεψη ασθενειών	66

9.6 Αυτόματη συλλογή και ταξινόμηση καρπών	67
9.7 Ενίσχυση λήψης αποφάσεων	68
10.1 Η ΕΞΥΠΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	69
10.2 Γενική εισαγωγή	69
10.3 Αλλαγές που θα επιφέρει το έξυπνο χωράφι	71
10.4 Ποιος είναι ο στόχος	72
10.5 Ανάλυση αγοράς	73
10.6 Είναι εφικτή η έξυπνη γεωργία στην Ελλάδα;	74
10.7 Προοπτικές έξυπνης γεωργίας στην Ελλάδα	75
11.1 Συμπεράσματα	76
Η χρήση τεχνολογικών λύσεων όπως αισθητήρες, GPS και αυτόματα συστήματα ποτίσματος αποτελεί ανεκτίμητο εργαλείο για τη βελτίωση της παραγωγικότητας στην καλλιέργεια εσπεριδοειδών. Επιπλέον, η προσεκτική παρακολούθηση της υγείας των δένδρων και των καλλιεργειών συμβάλλει στην αύξηση της ποιότητας των προϊόντων. Η ακριβής διαχείριση του νερού και των λιπασμάτων επιφέρει εξοικονόμηση πόρων και προστατεύει το περιβάλλον.	76
Πέραν τούτου, η έξυπνη γεωργία επιτρέπει την πρόβλεψη κινδύνων όπως ασθένειες ή επιθέσεις	

από παράσιτα, επιτρέποντας την έγκαιρη αντιμετώπισή τους. Επιπλέον, οι νέες τεχνολογίες και οι δεδομένοι από τους αισθητήρες συμβάλλουν στην αναβάθμιση της γεωργικής παραγωγής εσπεριδοειδών, αυξάνοντας την ανταγωνιστικότητα των παραγωγών στην αγορά. 76

Συνολικά, η έξυπνη γεωργία προσφέρει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών που μπορούν να βελτιώσουν την παραγωγή, την ποιότητα και τη βιωσιμότητα της καλλιέργειας εσπεριδοειδών απαιτώντας λιγότερη εργασία από τον παραγωγό. 76

Βιβλιογραφία 76

1.1 Εισαγωγή

Το κέντρο της γενετικής προέλευσης των εσπεριδοειδών πιστεύεται ότι είναι η νοτιοανατολική Ασία. Αυτό περιλαμβάνει τις περιοχές από την ανατολική Αραβία έως τις Φιλιππίνες, καθώς και από τα Νότια Ιμαλάια στην Ινδονησία έως και τη βόρεια Αυστραλία. Η περιοχή αυτή περιλαμβάνει τροπικά δάση βοηθώντας τα είδη εσπεριδοειδών να ευδοκμήσουν για πολλά χρόνια στις συγκεκριμένες περιοχές. Πριν από τον πέμπτο αιώνα π.Χ., τα εσπεριδοειδή ήταν γνωστά για τις φαρμακευτικές τους χρήσεις. Οι πρώτοι ναυτικοί χρησιμοποιούσαν φρέσκα εσπεριδοειδή για να αποτρέψουν ασθένειες όπως το σκορβούτο.

Ωστόσο όταν μεταφέρθηκαν στην Ευρώπη και την Αμερική μετά το 1500 μ.Χ., τα εσπεριδοειδή χρησιμοποιήθηκαν ως μια γενική πηγή τροφής.

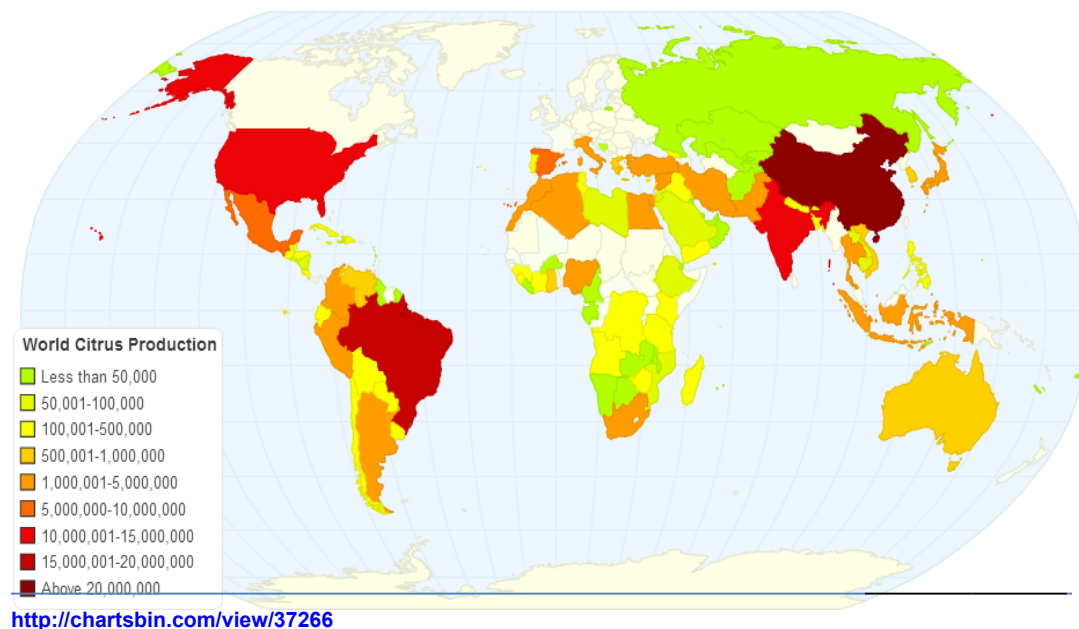
Η σημασία των εσπεριδοειδών στην παγκόσμια οικονομία αντικατοπτρίζεται από την ευρεία καλλιέργεια παγκοσμίως. Οι πολλαπλές θρεπτικές και φαρμακευτικές τους ιδιότητες κάνουν τα συγκεκριμένα φρούτα αναπόσπαστο κομμάτι της διατροφής των ανθρώπων παγκοσμίως. Τα εσπεριδοειδή μπορούν είτε να καταναλωθούν χωρίς καμία επεξεργασία σαν φρούτο, είτε να μεταποιηθούν σε χυμό.

Παγκοσμίως η παραγωγή εσπεριδοειδών ξεπερνάει τους 157,979,260 τόνους κάθε χρόνο. Την πρώτη θέση στην ετήσια παραγωγή εσπεριδοειδών ανά τον κόσμο κατέχει η Κίνα με 44,063,061 τόνους/έτος, μετά ακολουθεί η Βραζιλία με 19,652,788 τόνους/έτος, η Ινδία με 14,013,000 τόνους/έτος, το Μεξικό με 8,756,488 τόνους/έτος και την πέμπτη θέση καταλαμβάνουν οι ΗΠΑ με 7,230,854 τόνους/έτος. Τελός η Ελλάδα βρίσκεται στην 23η θέση παγκοσμίως με ετήσια παραγωγή 1,106,180 τόνους και συνολική έκταση 442,300 στρέμματα. Παρακάτω στον πίνακα 1.1 βλέπουμε την ετήσια παραγωγή εσπεριδοειδών ανά έτος και την συνολική έκταση των καλλιεργειών τους ανά χώρα.

Διάγραμμα 1. Ετήσια παραγωγή εσπεριδοειδών ανά χώρα

ΘΕΣΗ	ΧΩΡΑ	ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τόνοι)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΚΤΑΣΗ (στρέμματα)
1 ^η	Κίνα	44,063,061	28,792,380
2 ^η	Βραζιλία	19,652,788	7,033,370
3 ^η	Ινδία	14,013,000	10,730,000
4 ^η	Μεξικό	8,756,488	6,418,990
5 ^η	ΗΠΑ	7,230,854	2,788,020
6 ^η	Ισπανία	6,010,050	2,964,600
7 ^η	Αίγυπτος	4,638,980	1,912,980
8 ^η	Τουρκία	4,301,415	1,742,450
9 ^η	Νιγηρία	4,160,568	8,303,020
10 ^η	Ιράν	4,073,067	1,434,600

εικ.1 Παγκόσμια παραγωγή εσπεριδοειδών



1.2 Ιστορική αναδρομή στην Ελλάδα

Σήμερα, το νεράντζι μπορεί να είναι το χαρακτηριστικό εσπεριδοειδές της Ελλάδας, αλλά υπήρχε ένα που κατείχε αυτή τη θέση πολύ πριν από αυτό, το κίτρο, ή *citrus medicus*, που εισήγαγε ο Μέγας Αλέξανδρος από τις εκστρατείες του στην ανατολή. Στην Ιστορία του περί φύλου ("Μια έρευνα για τα φυτά"), ο Θεόφραστος το ονόμασε *melea persike*, το περσικό μήλο λόγω της προέλευσης του. Ανέφερε ότι το δέντρο ήταν αρκετά ακανθώδες, φέρνοντας αρωματικούς καρπούς. Αργότερα, ο Διοσκουρίδης περιέγραψε τη βαθιά χρυσή απόχρωση του καρπού, τη ζαρωμένη επιφάνεια και το θαυμάσιο άρωμα, χαρακτηριστικά για τα οποία είναι διάσημο ακόμα. Το ελληνικό όνομα για το γένος εσπεριδοειδών - "εσπεριδοειδή" - είναι εμπνευσμένο από τον Κήπο των Εσπερίδων, διάσημο ως πηγή των χρυσών μήλων της μυθολογίας. Αυτά ήταν ένα γαμήλιο δώρο από τη Γαία στην Ήρα τα οποία δεν ήταν συνηθισμένα μήλα, αλλά απέδιδαν αθανασία τα οποία για τον ενδέκατο άθλο του, ο Ηρακλής έπρεπε να τα προμηθευτεί. Αυτό το επίτευγμα ήταν ένα δημοφιλές θέμα για αιώνες.

Ο μύθος προηγείται της εισαγωγής του κίτρου. Αυτά τα χρυσά μήλα που είχε αναζητήσει ο Ηρακλής αρχικά απεικονίζονταν συχνότερα ως κυδώνια. Αλλά το πιο πρόσφατα ανακαλυφθέν κίτρο, με το σαηγευτικό του άρωμα, ήρθε να αντικαταστήσει το κυδώνι σε πολλές απεικονίσεις ανά τους αιώνες, όπως και το πορτοκάλι. Μέχρι την εποχή του Διαφωτισμού και την εισαγωγή ενός πιο τυποποιημένου συστήματος ταξινόμησης, ο Κήπος των Εσπερίδων είχε συνδεθεί στη λαϊκή φαντασία με το κίτρο, εν μέρει, πιθανώς λόγω της θέσης του: Οι Εσπερίδες ήταν οι «κόρες της βραδιάς»· μέσα στη λέξη εσπεριδοειδής είναι «έσπερα», όπως στον ελληνικό χαιρετισμό καλησπέρα. Η Εσπερία υποδηλώνει εδάφη στα δυτικά. (Παραδόξως, ήταν, από τη δύση που τα πρώτα γλυκά πορτοκάλια ήρθαν στην Ελλάδα, που μεταφέρθηκαν πρώτα από την Ινδία στην Πορτογαλία από τον Βάσκο ντα Γκάμα. Η ελληνική λέξη για το πορτοκάλι, αναγνωρίζει αυτή την πορτογαλική σύνδεση.

1.3 θερμοκρασιακές συνθήκες

Τα εσπεριδοειδή θεωρούνται υποτροπικά φυτά. Η ανάπτυξη των εσπεριδοειδών μπορεί να συμβεί εντός ενός εύρους θερμοκρασιών από 13°C έως 38°C. Η ιδανική θερμοκρασία για την ανάπτυξη των πορτοκαλιών είναι μεταξύ 21°C και 32°C.

Οι ιδανικές θερμοκρασίες ανάπτυξης και επίσης η ψυχρή ανθεκτικότητα ποικίλλουν μεταξύ των ειδών και των ποικιλιών. Τα δέντρα μπορούν συνήθως να ανεχθούν θερμοκρασίες 1,6 έως 2,2 βαθμούς χαμηλότερες από εκείνες που θα έβλαπταν τον καρπό. Ομοίως, τα ώριμα φρούτα μπορούν να ανεχθούν χαμηλότερες θερμοκρασίες από τα άγουρα φρούτα.

Τα κουμκουάτ είναι τα πιο ανθεκτικά στο κρύο είδος και μπορούν να αντέξουν θερμοκρασίες τόσο χαμηλές όσο -8,8 °C χωρίς να χάσουν φύλλα. Τα περισσότερα μανταρίνια μπορούν να ανεχθούν θερμοκρασίες έως -5,5 °C. Τα πορτοκάλια και το γκρέιπφρουτ ανέχονται θερμοκρασίες έως -5 °C. τα λεμόνια έως -3,3°C και τα λάιμ έως -2,2°C. Η επιλογή του υποκείμενου μπορεί επίσης να επηρεάσει την ψυχρή ανθεκτικότητα, καθώς τα υποκείμενα ποικίλλουν ως προς την ψυχρή ανοχή τους.

Ο ώριμος καρπός πορτοκαλιού παγώνει στους -2,7°C έως -2,2°C. Η διάρκεια του κρύου καθορίζει επίσης εάν τα φρούτα τραυματίζονται. Η έκθεση 3 ή 4 ωρών σε θερμοκρασίες από -2,7 °C έως -2,2 °C βλάπτει τον καρπό των πορτοκαλιών. Τα μικρά λεμόνια έχουν ήδη υποστεί βλάβη μετά από 30 έως 60 λεπτά έκθεσης στους -1,6°C.

Επιπλέον, τα εσπεριδοειδή έχουν απαιτήσεις θερμότητας. Για να επιτευχθεί η υψηλότερη ποιότητα και γλυκύτητα, τα γκρέιπφρουτ απαιτούν μακρές, ζεστές συνθήκες καλλιέργειας. Άλλα εσπεριδοειδή έχουν χαμηλότερες απαιτήσεις θερμότητας, με τα λεμόνια να έχουν τις χαμηλότερες.

Η θερμοκρασία επηρεάζει επίσης το χρόνο ανθοφορίας. Τα εσπεριδοειδή ανθίζουν νωρίτερα σε ζεστά κλίματα παρά σε δροσερά κλίματα. Ο καρπός ωριμάζει επίσης γρηγορότερα όταν καλλιεργείται σε ζεστό κλίμα.

Επιπλέον, το μέγεθος των φρούτων επηρεάζεται από τη θερμοκρασία. Τα φρούτα που καλλιεργούνται σε μια ζεστή περιοχή είναι συνήθως μεγαλύτερα από ό, τι σε μια δροσερή περιοχή. Τα εσπεριδοειδή είναι επίσης πιο ζουμερά όταν καλλιεργούνται σε θερμές περιοχές.

Στην Ελλάδα οι καλλιέργειες των εσπεριδοειδών περιορίζεται σε περιοχές που υπάρχουν ευνοϊκές συνθήκες. Η κύρια περιοχή καλλιέργειας είναι η Πελοπόννησος (Αργολίδα, Κορινθία, Λακωνία και Αχαΐα), η Αττική, η Κρήτη (Χανιά), η Ήπειρος (Άρτα), η κεντρική Ελλάδα (Αιτωλοακαρνανία) και η Χίος.

1.4 Είδη εσπεριδοειδών

Ορισμένα από τα πιο συνήθη είδη εσπεριδοειδών είναι τα εξής:

- **Πορτοκάλια**



Σκληρή φλούδα, ζουμερό εσωτερικό, γλυκός χυμός. Στην Ελλάδα πλέον έχουμε εισαγόμενες ποικιλίες από διασταυρώσεις, με μικρότερο μέγεθος, χωρίς κουκούτσια και πιο γλυκιά γεύση.

- **Μανταρίνια**



Αφράτη φλούδα, ζουμερό εσωτερικό, γλυκός χυμός. Στην Ελλάδα πλέον έχουμε εισαγόμενες ποικιλίες από διασταυρώσεις, με μικρότερο μέγεθος, χωρίς κουκούτσια και πιο γλυκιά γεύση.

- **Λεμόνια**



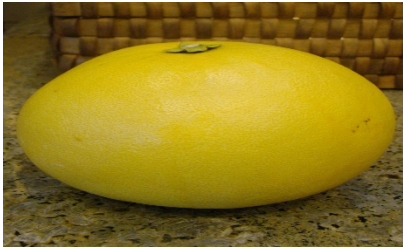
Χρησιμοποιείται με πάρα πολλούς τρόπους. Πλέον υπάρχουν πολλές ποικιλίες λεμονιών ώστε να υπάρχουν λεμόνια όλο το χρόνο.

- **Γκρέιπφρουτ**



Το γνωστό γκρέιπφρουτ έχει μικρούς καρπούς σχεδόν χωρίς κουκούτσια με αρκετά ζουμερό εσωτερικό.

- **Φράπα**



Μεγάλος στρογγυλός καρπός με κίτρινη φλούδα. Έχει τεράστιο καρπό, πολύ χοντρή φλούδα και πικρό χυμό

- **Νεράντζια**



Μοιάζει με πορτοκάλι, όμως το εσωτερικό του έχει πικρή γεύση. Χρησιμοποιείται συχνά για την παραγωγή γλυκών. Η διασταύρωση του με μανταρίνι μας έδωσε την γνωστή ποικιλία Κλημεντίνη.

- **Κίτρο**



Προέρχεται από μικρό δέντρο, ο καρπός είναι μεγάλος, κίτρινος, σαν λεμόνι με μαλακή φλούδα η οποία χρησιμοποιείται στη παρασκευή γλυκών.

- **Κουμκουάτ**



Μικρό δέντρο με μικρό καρπό ο οποίος δεν ξεπερνά τα 4 εκατοστά στο μήκος. Είναι ξινό και γλυκό κι έχει πορτοκαλί χρώμα. Από αυτό παράγονται διάφορα γλυκά και ποτά.

- **Περγαμόντο**



Καρπός που μοιάζει με λεμόνι με χοντρό φλοιό είτε με κίτρινο είτε με ανοιχτό πορτοκαλί χρώμα που χρησιμεύει στη ζαχαροπλαστική. Έχει ιδιαίτερα έντονο άρωμα.

1.5 Χώμα

- Τα εσπεριδοειδή αναπτύσσονται σε σχεδόν οποιοδήποτε έδαφος που είναι καλά στραγγιζόμενο, επαρκώς αεριζόμενο και επιτρέπει στη ρίζα να διεισδύσει στο επιθυμητό βάθος.
- Η φύτευση εσπεριδοειδών σε ακατάλληλα εδάφη και τοποθεσίες έχει συχνά οδηγήσει σε πρόωρη παρακμή και μερικές φορές σε πλήρη αποτυχία.
- Προκειμένου να επιτραπεί στο δέντρο να αναπτύξει ένα αρκετά βαθύ ριζικό σύστημα, πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την επιλογή βαθιών, καλά στραγγιζόμενων και μεσαίου αργιλώδους εδάφους χωρίς σκληρό υπέδαφος εντός της ριζικής ζώνης.
- Το σκληρό έδαφος περιορίζει το ριζικό σύστημα και δημιουργεί στάσιμες συνθήκες υγρασίας εντός της ριζικής ζώνης για παρατεταμένες περιόδους, προκαλώντας σήψη των ριζών και πρόωρη πτώση των δέντρων.
- Σε ρηχά εδάφη, η «εξαφάνιση» των κλαδιών και του αραιού φυλλώματος και οι χαμηλές αποδόσεις είναι κοινά συμπτώματα στο γλυκό πορτοκάλι.
- Η μείωση των δένδρων συνδέεται γενικά με εδάφη που περιέχουν περίσσεια, δηλαδή περισσότερο από 10 % ελεύθερο άσβεστο.
- Η παρουσία ασβέστη ενισχύει την ανάπτυξη των φυτών εσπεριδοειδών για μερικά χρόνια, αλλά τα προβλήματα της εξαφάνισης αρχίζουν όταν οι ρίζες τροφοδοσίας έρχονται σε επαφή με το ανθρακικό ασβέστιο.

- Επιπλέον, η υπερβολική παρουσία ελεύθερου ασβέστη μειώνει τη διαθεσιμότητα φωσφόρου, σιδήρου, μαγγανίου και ψευδαργύρου και αυξάνει τις ελλείψεις / διαταραχές που σχετίζονται με αυτά τα στοιχεία.
- Τα βαριά εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε άργιλο (περισσότερο από 30%) έχουν ανεπαρκή αποστράγγιση και ανεπαρκή αερισμό. Ο ανεπαρκής αερισμός του εδάφους μειώνει την απορροφητική δύναμη των ριζών και μπορεί να επιταχύνει την παρακμή ή τα δέντρα.
- Η παρουσία ενός ελεύθερου υδροφόρου ορίζοντα εντός της εμβέλειας της ριζικής ζώνης αποτελεί επίσης κίνδυνο.
- Γενικά, οι ρίζες των εσπεριδοειδών δεν τραυματίζονται όσο ο υδροφόρος ορίζοντας παραμένει κάτω από τα 0,45μ.
- Η κύρια απειλή για την υγεία ενός δέντρου είναι ένας κυμαινόμενος υδροφόρος ορίζοντας.
- Ένας υδροφόρος ορίζοντας κάτω από 1,5 μέτρο σε όλες τις εποχές είναι ευνοϊκός για τα εσπεριδοειδή.
- Η αντίδραση του εδάφους (pH) έχει σημαντική επίδραση στη διαθεσιμότητα φυτικών θρεπτικών ουσιών.
- Τα εσπεριδοειδή προτιμούν εδάφη με εύρος pH 6 έως 7.
- Ωστόσο, με την υιοθέτηση κατάλληλων πρακτικών διαχείρισης, η καλλιέργεια εσπεριδοειδών αυξάνεται με επιτυχία σε εδάφη με pH μεταξύ 5,5 και 8,5.
- Τα εδάφη με pH μεγαλύτερο από 8,5 είναι ακατάλληλα για την επιτυχή ανάπτυξη και παραγωγικότητα των εσπεριδοειδών.
- Τα εσπεριδοειδή είναι εξαιρετικά ευαίσθητα σε τραυματισμούς από αλάτι και δεν πρέπει ποτέ να φυτεύονται σε αλατούχα εδάφη.
- Επιπλέον, σε αλκαλικά, αλατούχα και όξινα εδάφη, τα εσπεριδοειδή υποφέρουν από διάφορες διατροφικές διαταραχές και ασθένειες των ριζών, παραμένουν σε κακή κατάσταση και εμφανίζουν πρώιμα συμπτώματα θανάτου.
- Η ανεπαρκής αποστράγγιση και η αλατότητα επιδεινώνουν τις διαταραχές των φύλλων.
- Σε έδαφος με ελαφριά υφή, η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εναιωρήματος νερού εδάφους 1: 2 δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0,8 mhos / cm κατά τη διάρκεια της εποχής των μουσώνων.

1.6 Κλίμα

- Αν και τα εσπεριδοειδή αναπτύσσονται καλά σε τροπικά και υποτροπικά κλίματα, οι εμπορικές αποδόσεις των εσπεριδοειδών στις τροπικές περιοχές είναι συνήθως 50% ή λιγότερο από εκείνες που λαμβάνονται σε υποτροπικές περιοχές.
- Στις τροπικές περιοχές, τα εσπεριδοειδή τείνουν να ανθίζουν σποραδικά, ενώ στις υποτροπικές περιοχές τείνουν να ανθίζουν άφθονα την άνοιξη, μετά τη χειμερινή νάρκη, με αποτέλεσμα μόνο μία σημαντική καλλιέργεια σε ένα χρόνο.
- Αυτό συμβαίνει επειδή στις υποτροπικές περιοχές οι βλαστοί είναι αδρανείς κατά τη διάρκεια του χειμώνα και όταν έρχεται η άνοιξη και μαζί της η αλλαγή της θερμοκρασίας.
- Στις τροπικές περιοχές από την άλλη πλευρά, η αδράνεια δεν είναι φυσική αλλά προκαλείται από τη δημιουργία τάσης υγρασίας (με παροχή νερού για 4-6 εβδομάδες) για να συγχρονίσει την ανθοφορία ενός μεγάλου μέρους των βλαστών.
- Επιπλέον, οι θερμοί άνεμοι τείνουν να προκαλούν υπερβολικές απώλειες λόγω εξατμίσεων και συχνά οδηγούν σε πτώση των καρπών.
- Τα είδη εσπεριδοειδών τα καταφέρνουν καλύτερα σε περιοχές με ετήσια βροχόπτωση 1250 έως 1850 mm.
- Ομοίως, σε άνυδρες και ημι-άνυδρες περιοχές, απαιτείται επαρκής παροχή νερού άρδευσης για τη διατήρηση των επιθυμητών συνθηκών υγρασίας του εδάφους.
- Στις υγρές τροπικές περιοχές, τα εσπεριδοειδή τείνουν να είναι μεγάλα, με λεπτή και ομαλή φλούδα, έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε χυμό σε σύγκριση με εκείνα που καλλιεργούνται σε ξηρές και ημι-άνυδρες περιοχές.
- Ωστόσο, η υψηλή υγρασία ή οι βροχές, μετά από ένα παρατεταμένο ξηρό διάστημα συχνά προκαλούν τη ρίζη του καρπού.
- Στις τροπικές περιοχές, η έλλειψη ψυχρής θερμοκρασίας προκαλεί πολύ χαμηλή διάσπαση της χλωροφύλλης και σύνθεση καροτινοειδών στο δέρμα, οπότε ο καρπός μπορεί να είναι ανοιχτό πράσινο ή στην καλύτερη περίπτωση ανοιχτό κίτρινο στην ωριμότητα.
- Επίσης, τα φρούτα τείνουν να έχουν χαμηλότερα ολικά διαλυτά στερεά και όξινα κονσέρτα στο χυμό στις άνυδρες τροπικές περιοχές.
- Ωστόσο, ο όξινος ασβέστης που παράγεται στις τροπικές περιοχές αναπτύσσει ένα αρκετά ελκυστικό χρώμα.
- Οι συγκεντρώσεις οξέος είναι εξίσου υψηλές σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές.

1.7 Άρδευση

Η άρδευση είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την παραγωγή ποιοτικών εσπεριδοειδών. Το να γνωρίζουμε πόσο νερό πρέπει και πότε, έχει άμεσο αντίκτυπο στην υγεία των δέντρων ως καθώς και την απόδοση, το μέγεθος και την ποιότητα των καρπών. Χωρίς σωστό προγραμματισμό άρδευσης, τα δέντρα είναι περισσότερο ευαίσθητα σε ελλείψεις θρεπτικών ουσιών, φυσιολογικές διαταραχές, παράσιτα και ασθένειες. Ο σωστός προγραμματισμός άρδευσης απαιτεί κατανόηση στα εξής:

1. Πόσο νερό μπορεί να κρατηθεί στη ριζική ζώνη της καλλιέργειας
2. Πόσο νερό απαιτεί η καλλιέργεια κάθε μέρα
3. Πόσο νερό εφαρμόζει το σύστημα άρδευσης.

- Ρηχό ριζικό σύστημα

Τα εσπεριδοειδή έχουν ένα ρηχό ριζικό σύστημα. Είναι σημαντικό να στοχεύουμε την άρδευση στην αποτελεσματική ριζική ζώνη, ελαχιστοποιώντας την ποσότητα του νερού. Για τα εσπεριδοειδή, η αποτελεσματική ριζική ζώνη είναι συνήθως στα 30 έως 40 cm, ανάλογα με τον τύπο του εδάφους.

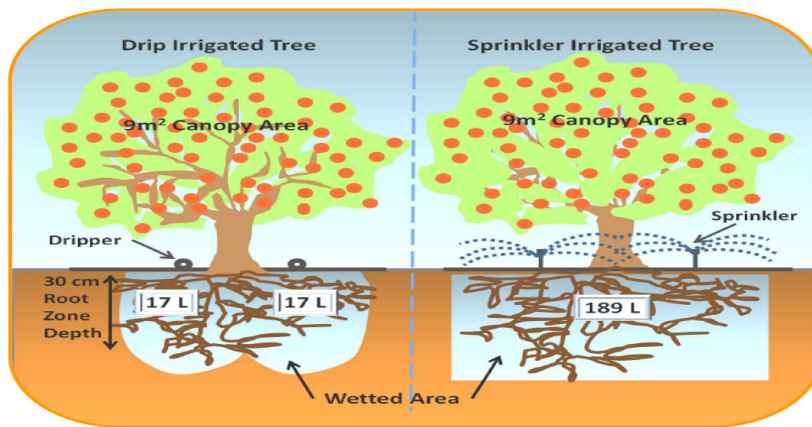
- Πόσο νερό μπορεί να χωρέσει η ριζική ζώνη;

Η ποσότητα του νερού που μπορεί να κρατηθεί στη ριζική ζώνη και έτσι να είναι διαθέσιμη στο δέντρο ποικίλλει ανάλογα με το σύστημα άρδευσης, τύπος εδάφους, βάθος της πραγματικής ριζικής ζώνης και αναλογία πέτρας ή χαλικιού στο έδαφος.

Παραδείγματα ικανότητας συγκράτησης νερού

Και τα δύο δέντρα σε αυτό το παράδειγμα (Εικ. 1.3) έχουν το ίδιο μέγεθος (9m² περιοχή θόλου). Το βάθος της ριζικής ζώνης και των δύο δέντρων είναι 30 cm. Το ένα δέντρο αρδεύεται με δύο σταλαγματιές, ενώ το άλλο με ένα πλήρως επικαλυπτόμενο σύστημα μικροψεκαστήρων. Το δέντρο που αρδεύεται με δύο σταλαγματιές έχει μόνο 34 λίτρα άμεσα διαθέσιμου νερού. Το δέντρο που αρδεύεται με το πλήρως επικαλυπτόμενο σύστημα ψεκαστήρων διαθέτει πολύ μεγαλύτερο όγκο άμεσα διαθέσιμου νερού (189 λίτρα). Όσο περισσότερο έδαφος διαβρέχεται μέσα στη ζώνη της ρίζας, τόσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του άμεσα διαθέσιμου νερού.

εικ.2 Συγκράτηση νερού



[https:// www.haifa-group.com/](https://www.haifa-group.com/)

Εάν οι ημερήσιες ανάγκες σε νερό υπερβαίνουν την ποσότητα νερού που μπορεί να κρατηθεί στη ριζική ζώνη, θα χρειαστεί να ποτιστεί περισσότερο από μία φορά την ημέρα.

Εάν παρατηρήσουμε ότι το έδαφος μπορεί να κρατήσει περισσότερο νερό από την ημερήσια απαίτηση νερού, τότε καλύτερο είναι να η άρδευση να γίνει όταν το διαθέσιμο νερό εξαντλείται (περίπου κάθε δεύτερη ή τρίτη ημέρα).

Οι βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου μπορεί να μειώσουν τις απαιτήσεις άρδευσης των δέντρων.

Ο χρόνος άρδευσης θεωρείται κρίσιμος για την σωστή ανάπτυξη, την ποιοτική παραγωγή και διεύρυνση των καρπών. Ωστόσο, η πάυση ποτίσματος σε μια εποχή επηρεάζει τόσο την επέκταση της ρίζας όσο και την ανάπτυξη της κορυφής, συχνά επηρεάζοντας την επόμενη σοδιά.

1.8 Λίπανση

Η λίπανση εσπεριδοειδών αναφέρεται στη διαδικασία εφαρμογής λιπασμάτων στις φυτικές καλλιέργειες που ανήκουν στην οικογένεια των εσπεριδοειδών. Η λίπανση αυτών των φυτών είναι σημαντική για την αύξηση της απόδοσης της καλλιέργειας και τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων. Τα λιπάσματα περιέχουν συνήθως θρεπτικά στοιχεία όπως άζωτο, φώσφορο και κάλιο, τα οποία ενισχύουν την ανάπτυξη των φυτών και βοηθούν στην παραγωγή μεγαλύτερων και πιο υγιών καρπών.

Για την προσθήκη χλωρού λιπάσματος στο χωράφι, τον Οκτώβριο γίνονται σπορές ψυχανθών, όπως βίκος, λούπινο, κουκιά ή μείγμα βίκου με κριθάρι κτλ. Χρειάζονται περίπου 12-13 κιλά σπόρου για να καλυφθεί ένα στρέμμα. Η χλωρή λίπανση κόβεται μόλις εμφανιστούν τα πρώτα άνθη των ψυχανθών και οπωσδήποτε 15 μέρες πριν από την άνθιση των εσπεριδοειδών, για να δώσουν οι μικροοργανισμοί χρόνο να αρχίσουν να επεξεργάζονται τη χλωρή λίπανση στο έδαφος. Για την επεξεργασία του χλωρού λιπάσματος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί καταστροφέας ή φρεζάρισμα με μεγάλη ταχύτητα και ψηλή φρέζα για να μειωθεί η καταστροφή των επιφανειακών ριζιδίων.

Η χλωρή λίπανση δεν προσφέρει απλώς οργανική ουσία στο έδαφος, αλλά το εμπλουτίζει επίσης με θρεπτικά συστατικά, ειδικά όταν χρησιμοποιούνται ψυχανθή φυτά για τη λίπανση. Αυτά τα θρεπτικά συστατικά αποθηκεύονται στη φυτική μάζα και δεν αφαιρούνται με τις εκπλύσεις. Καθώς η οργανική ύλη αποσυνθέεται, τα θρεπτικά συστατικά απελευθερώνονται στο έδαφος. Η χλωρή λίπανση επίσης καλύπτει το έδαφος, προωθώντας το σχηματισμό της δομής του εδάφους και περιορίζοντας τη διάβρωση. Επιπλέον, μειώνει την εκ πλύση των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους, εκμεταλλεύεται το βρόχινο νερό μέσω της δημιουργίας φυτικής μάζας και βοηθά στη χαλάρωση του εδάφους, ιδίως του υπεδάφους. Ακόμη με τη χρήση χλωρής λίπανσης μπορούν να καταπολεμηθούν τα ζιζάνια λόγω του ανταγωνισμού για το φως και τη στέρση των απαραίτητων συνθηκών για την ανάπτυξή τους.

Η κοπριά αποτελεί εδώ και αιώνες τον απαραίτητο λίπασμα για τις καλλιέργειες, καθώς παρέχει σημαντικές ποσότητες αζώτου, φωσφόρου, καλίου, ασβεστίου και μαγνησίου στο έδαφος. Παλαιότερα η κοπριά ήταν εύκολα προσβάσιμη και φθηνή, καθώς οι άνθρωποι είχαν τα δικά τους ζώα. Σήμερα όμως, η κοπριά δεν αποτελεί πλέον φθηνή λιπαντική ύλη και δεν είναι εύκολα διαθέσιμη για τους αγρότες. Η κοπριά πρέπει να διοχετεύεται προσεκτικά στο έδαφος πριν από την χρήση της, καθώς αυτό βοηθάει στη διάσπαση των οργανικών υλών και στην αποδέσμευση των θρεπτικών στοιχείων που περιέχει. Παρόλο που η κοπριά περιέχει ισχυρά θρεπτικά στοιχεία, η διαδικασία χώνεψης καταστρέφει ορισμένους σπόρους ζιζανίων και παθογόνων μικροοργανισμών, ενώ μερικά θρεπτικά στοιχεία χάνονται. Επιπλέον, η κοπριά περιέχει σημαντικές ποσότητες ιχνοστοιχείων, όπως φαίνεται παρακάτω:

- Βόριο
- Κοβάλτιο
- Χαλκός
- Μαγγάνιο

- Μολυβδαίνιο
- Ψευδάργυρος

Συνήθως, η κοπριά εφαρμόζεται στον εσπεριδοειδή κάθε 2 ή 3 χρόνια, σε δόσεις αρχικά από 3 έως 5 τόνους ανά στρέμμα, και στη συνέχεια από 2 έως 3 τόνους ανά στρέμμα. Η χρήση συχνότερων αλλά μικρότερων δοσολογιών φαίνεται να είναι αποτελεσματικότερη από τις μεγάλες δόσεις που εφαρμόζονται σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Σε αμμώδη εδάφη που αερίζονται έντονα, η κοπριά πρέπει να παραχωρείται σε βάθος 15-20cm, για να αποφεύγεται η ταχύτητα αποδόμησής της, ενώ σε κακώς αεριζόμενα βαριά εδάφη πρέπει να ενσωματώνεται επιφανειακά (5-12cm). Σε περιοχές με λίγες βροχοπτώσεις, η εφαρμογή της κοπριάς σε βάθος 25cm έχει αποδειχθεί πιο αποτελεσματική για την αξιοποίηση του αζώτου από τα φυτά σε σύγκριση με την εφαρμογή της σε βάθος 12cm. Επίσης, η κοπριά έχει υπολείμματα δράσης, για τον λόγο αυτό προτείνεται να εναλλάσσεται με χλωρή λίπανση ανά έτος. Τα φυτά απορροφούν περίπου το 30% του διαθέσιμου αζώτου κατά τον πρώτο χρόνο και περίπου το 10% κατά τον δεύτερο χρόνο. Η κατάλληλη εποχή για να εφαρμοστεί λίπανση με κοπριά είναι το φθινόπωρο, καθώς αυτό επιτρέπει στην κοπριά να αξιοποιηθεί καλύτερα κατά τη διάρκεια των χειμερινών βροχοπτώσεων έτσι ώστε να διαλυθεί και να απορροφηθεί από τα δέντρα.

Το κομπόστ είναι ένα είδος οργανικού λιπάσματος που παράγεται από τη βιολογική αποδόμηση φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων με τη χρήση αέρα. Κατά τη διαδικασία αυτή, τα υπολείμματα μετατρέπονται σε χούμο και σχηματίζουν αργιλο-χουμικές σταθερές ουσίες. Για την παραγωγή του κομπόστ μπορούν να χρησιμοποιηθούν φυτικά και ζωικά υπολείμματα που βρίσκονται στην περιοχή όπου γίνεται η καλλιέργεια. Στις περιοχές της Ελλάδας όπου καλλιεργούνται εσπεριδοειδή, ελιές και αμπέλια, ο αγρότης που επιθυμεί να παράγει ο ίδιος κομπόστ μπορεί να χρησιμοποιήσει τα κλαδιά από το κλάδεμα των εσπεριδοειδών, τα φύλλα της ελιάς, τους πυρήνες της, τις κληματίδες αμπέλων και τα σταφύλια από τα οινοποιεία. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατάλοιπα από εκκοκκιστήρια βαμβακιού, κατάλοιπα από βιομηχανίες επεξεργασίας φρούτων και φύκια της θάλασσας που προηγουμένως έχουν ξεπλυθεί καλά. Η διαδικασία του κομποστοποίησης γίνεται σε σωρούς πλάτους 2-3 μέτρων, ύψους περίπου 1,5 μέτρου και απεριόριστου μήκους. Πριν τη διαμόρφωση των σωρών, το υλικό που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί χωρίζεται σε τεμάχια μήκους 1,5 -7,5 εκατοστών, ανάλογα με την υφή του, και προστίθεται νερό αν απαιτείται. Με αυτήν την προετοιμασία διασφαλίζονται οι κατάλληλες συνθήκες υγρασίας, θερμοκρασίας και οξυγόνου για την έναρξη της μικροχώριδας.

Η κατάλληλη αναλογία άζωτου και άνθρακα στα υπολείμματα είναι σημαντική για τη δημιουργία ενός ισορροπημένου κομποστοποιητή, καθώς οι μικροοργανισμοί που υπεύθυνοι για την αποσύνθεση των υλικών χρειάζονται και τα δύο συστατικά για να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν.

Η σχέση O/N, δηλαδή η αναλογία οξυγόνου προς άζωτο, πρέπει να είναι κατάλληλη για να δημιουργηθούν οι ιδανικές συνθήκες για τους μικροοργανισμούς που θα επεξεργαστούν τα υπολείμματα. Η καλύτερη σχέση O/N είναι μεταξύ 25 και 30.

Η ανάμειξη διαφόρων υλικών μπορεί να βοηθήσει να επιτευχθεί η σωστή αναλογία άνθρακα και άζωτου. Για παράδειγμα, ένας καλός συνδυασμός είναι να χρησιμοποιηθούν τρία μέρη φυτικών υπολειμμάτων, όπως φύλλα, κλαδιά ή ξερά χόρτα, και ένα μέρος ζωικών υπολειμμάτων, όπως κοπριές ή μαλλιά.

Αφού προετοιμαστεί ο σωρός με το υλικό, ξεκινά η μικροβιακή δράση που με την απελευθέρωση ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα την άνοδο της θερμοκρασίας του σωρού.

Μετά το πέρας περίπου 10 ημερών, η θερμοκρασία αρχίζει να πέφτει λόγω της έλλειψης οξυγόνου στο σωρό. Είναι αναγκαία η οξυγόνωση του σωρού με το γύρισμά του.

Απαιτούνται τρία γυρίσματα συνολικά και η διαδικασία διαρκεί 8-10 εβδομάδες. Το κομπόστ είναι έτοιμο όταν είναι θρυμματισμένο σε ξηρή κατάσταση και πλάθεται σε υγρή κατάσταση. Αν δεν έχει ολοκληρωθεί η χώνευσή του ή δεν είναι πλήρως ώριμο, μπορεί να προκαλέσει στα φυτά διάφορα προβλήματα όπως τροφопενίες, κυρίως αζώτου, και φυτοτοξικά συμπτώματα.

Οι τροφопενίες είναι αποτέλεσμα της συνεχιζόμενης αποδόμησης του μη ώριμου κομπόστ, που συμβαίνει μετά τη χώνευσή του στο έδαφος. Αυτό οδηγεί στη δέσμευση του αζώτου και άλλων θρεπτικών στοιχείων από τους αποδομητικούς μικροοργανισμούς, με αποτέλεσμα να μειωθεί η διαθεσιμότητά τους για τα φυτά. Γι' αυτό συνιστάται να μη χρησιμοποιείται το κομπόστ για δυο μήνες μετά την ολοκλήρωση της χώνευσης του στο έδαφος, ώστε να ωριμάσει πλήρως και να μειωθούν οι κίνδυνοι των τροφопενιών. Το κομπόστ δεν προσελκύει μύγες, δεν αποδίδει κακοσμία αλλά αναδίδει ένα ευχάριστο άρωμα, σαν αυτό του δάσους μετά από βροχή. Η περιεκτικότητά του σε θρεπτικά στοιχεία εξαρτάται από τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ως πρώτες ύλες και κυμαίνεται σε ποσοστά από 1/2% σε άζωτο, 0,5-1% σε κάλιο, με σημαντικές ποσότητες σε ιχνοστοιχεία. Για μια αποδοτική λίπανση της καλλιέργειας απαιτούνται ποσότητες 1,5-3 τόνων ανά στρέμμα, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά με τη χρήση κοπριάς ή χλωρής λίπανσης. Μετά την εφαρμογή στην καλλιέργεια, το κομπόστ έχει αποδειχθεί ότι δίνει το 5-15% των θρεπτικών στοιχείων του, ενώ έχει υπολειμματική δράση για τρία χρόνια. Για τη συνέχιση της

θρέψης σε περιπτώσεις έλλειψης ιχνοστοιχείων, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε διαφυλλικά εκχυλίσματα από φύκια και να τα εφαρμόσουμε στη νέα βλάστηση και στην ανθοφορία. Όταν φτάνουμε στα στάδια της ανθοφορίας, ένας ή δύο ψεκασμοί με μη διαφυλλικά συνήθως έχουν εξαιρετικά αποτελέσματα στην ποιότητα και την ποσότητα της παραγωγής.

1.9 κλάδεμα

Η καλή πρακτική του κλαδέματος έχει σημαντικές επιδράσεις στη μείωση του αριθμού των κοκκοειδών, είτε με την απομάκρυνση ενός μέρους του πληθυσμού τους, είτε δημιουργώντας ακατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξή τους (μείωση υγρασίας, έκθεση σε φυσικά φαινόμενα όπως φως, άνεμος, βροχή κλπ.). Επιπλέον, η καλή φωτεινότητα που επιτυγχάνεται με το κλάδεμα, βοηθά στην άνθηση και την καρποφορία του δέντρου.

Το κλάδεμα των εσπεριδοειδών διακρίνεται σε τρία στάδια

- Τα νεαρά δενδρύλλια κλαδεύονται μετά την μεταφύτευσή τους, στον κορμό, στο κατάλληλο ύψος, τουλάχιστον 50 cm πάνω από όπου θα διασταυρωθεί το δέντρο και θα αναπτύξει τους πλάγιους βλαστούς του .
- Τα επόμενα έτη μέχρι το 4ο – 5ο όπου το δέντρο φτάνει σε συνθήκες καλών αποδόσεων, αρχίζει να γίνεται ελαφρύ κλάδεμα βλαστών κυρίως από το κέντρο του, καθώς και αφαίρεση όσων είναι μολυσμένες από ασθένειες διατηρώντας ανά 15cm τους πιο δυνατούς βλαστούς γύρω από το δέντρο . Αν χρειάζεται, μετά τον πέμπτο χρόνο να μειωθεί το ύψος των κλαδιών, κλαδεύονται και οι πλάγιοι βλαστοί. Αφαιρούνται επίσης τα ξερά και προσβεβλημένα κλαδιά.
- Μετά από καταστροφή λόγω θερμοκρασιών υπό του μηδενός τα δέντρα δεν κλαδεύονται αμέσως αλλά κατά την διάρκεια του καλοκαιριού. Η τομή τους και το πόσο θα είναι συνολικό κλάδεμα, εξαρτάται από το μέγεθος της καταστροφής. Αν η καταστροφή είναι μεγάλης έκτασης, τότε κόβουμε τον κορμό 40 cm πάνω από το σημείο του εμβολιασμού, ώστε το δέντρο να αποκτήσει πυκνή βλάστηση. Αν η καταστροφή είναι περιορισμένη τότε αφαιρούμε τα ξερά κλαδιά, κόβοντας και ένα μέρος του χλωρού τμήματος (5 cm -10 cm).

1.10 Παγόπληκτα δέντρα

Σε περιοχές όπου έχουν πληγεί τα δένδρα εσπεριδοειδών από παγετό, θα πρέπει να ληφθούν ορισμένα προσεκτικά μέτρα για την ανάκαμψη τους, ανάλογα με το μέγεθος της ζημιάς. Αυτά τα μέτρα θα πρέπει να επικεντρώνονται στο να βοηθήσουν τα δένδρα να ανακτήσουν την κανονική τους βλάστηση και καρποφορία. Για την προστασία των δένδρων που έχουν υποστεί ζημιά, συνιστάται άμεσα η εφαρμογή των παρακάτω μέτρων:

- Για την προστασία των πληγών στα δένδρα, που μπορεί να αποτελέσουν μια πύλη εισόδου για βακτήρια και μύκητες, συνιστάται η άμεση εφαρμογή ενός χαλκούχου σκευάσματος. Ωστόσο, είναι σημαντικό να χρησιμοποιηθούν χαμηλότερες δόσεις (δοσολογία άνοιξης) για να αποφευχθούν τυχόν φυτοτοξικά φαινόμενα και φυλλόπτωση, καθώς ο χαλκός μπορεί να είναι επιβλαβής σε μεγάλες δόσεις.
- Πρέπει να σταματήσει η κλάδευση των δένδρων μέχρι να φανεί η πλήρης έκταση της ζημιάς που έχει προκληθεί.
- Σε περιοχές που έχουν υποστεί σημαντική ζημιά, πρέπει να μειωθεί η χρήση λιπασμάτων που περιέχουν αζωτούχα στοιχεία.

Στη συνέχεια, ανάλογα με το μέγεθος της ζημιάς που έχει προκληθεί, θα πρέπει να γίνουν οι ακόλουθες επεμβάσεις:

Αρχικά πρέπει να αφαιρέσουμε τα νεκρά τμήματα των δένδρων, κάτι το οποίο δεν πρέπει να γίνει άμεσα ή κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου. Αντίθετα, πρέπει να περιμένουμε να ξεκινήσει η νέα βλάστηση και να αυξηθούν οι θερμοκρασίες πριν το κλάδεμα για να αφαιρέσουμε τα κλαδιά που πέθαναν από το ψύχος. Συνεπώς, ανάλογα με την περιοχή, αυτή η εργασία θα πρέπει να γίνει από το τέλος της άνοιξης μέχρι αρχή του καλοκαιριού

Σε δένδρα με λιγότερη ζημιά, στα οποία οι βραχίονες και ο κορμός δεν έχουν υποστεί ζημιά, ένα επιφανειακό κλάδεμα αρκεί για την επαναφορά των δένδρων.

Βγάζουμε τους νεκρούς βλαστούς και αραιώνουμε όσο χρειάζεται τους νέους βλαστούς (λαίμαργους) που θα έχουν ήδη αναπτυχθεί. Ξανά το αραιώμα βλαστών μπορεί να γίνει και σε δεύτερο στάδιο λίγο αργότερα από το πρώτο.

Σε δένδρα με μεγαλύτερη ζημιά, στα οποία έχουμε νέκρωση βραχιόνων, αφαιρούμε αυτούς τους βραχίονες και διαλέγουμε κατάλληλους νέους βλαστούς οι οποίοι θα τους αντικαταστήσουν. Τομές με μεγαλύτερη διάμετρο από 5εκ πρέπει να καλύπτονται με συγκεκριμένη αλοιφή προστασίας (πχ βορδιγάλειος πολτός). Για το σχηματισμό των νέων βραχιόνων χρειάζεται φυσικά παραπάνω διάστημα, στη

διάρκεια του οποίου γίνονται και τα απαραίτητα συμπληρωματικά κλαδέματα στους υπό ανάπτυξη βραχίονες. Στο χειρότερο σενάριο που ο κορμός του δένδρου έχει υποστεί ζημιά, χρειάζεται να επιτευχθεί προσπάθεια ανασύστασης του δένδρου από τα ξερά κλαδιά που θα εκπτυχθούν από το υποκείμενο. Ένα από αυτά τα κλαδιά, το κατάλληλο θα χρειαστεί να εμβολιαστεί όταν αποκτήσει διάμετρο 2-3εκ, ενώ για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα καλό είναι να διατηρηθούν και μερικά άλλα κλαδιά μέχρι να αναπτυχθεί πάλι η ισορροπία ριζών και φυλλώματος. Έπειτα, θα ακολουθηθεί το κλάδεμα διαμόρφωσης του νέου δένδρου.

Κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης των δένδρων που έχουν πληγεί από παγετό θα χρειαστεί περισσότερη προσοχή προκειμένου να αποφευχθούν προσβολές από Φυλλοκνίστη όπως επίσης και 2-3 διαφυλλικές εφαρμογές ιχνοστοιχείων (ψευδαργύρου, μαγγανίου).

1.11 Ασθένειες του υπεδάφους

Έλκος ή σήψη.

Εικ.3 Έλκος



<http://agrotismania.blogspot.com/2013/06/a.html>

Είναι αρκετά σοβαρές και αυξημένης οικονομικής σημασίας ασθένειες. Προσβάλλουν τα περισσότερα είδη καλλιεργούμενων δένδρων, ανεξαρτήτου ηλικίας, εμφανίζονται και στα θερμοκήπια και επιφέρουν την ξήρανσή τους μέσα σε σύντομο χρόνο. Συχνά προκαλούν ζημιές και στους καρπούς.

Συμπτώματα:

- Στο κάτω μέρος του κορμού των δένδρων (ή και ψηλότερα στον κορμό, ακόμα και σε βραχίονα) βλέπουμε μια σκοτεινή, συχνά βυθισμένη περιοχή που μοιάζει βρεγμένη. Η προσβολή εξαπλώνεται και προς τα πάνω και προς τα κάτω στις ρίζες και μπορεί να περιβάλλει τον κορμό του δένδρου, οπότε συμβάλλει στην ξήρανση. Στην προσβεβλημένη περιοχή δημιουργείται σχίσσιμο του φλοιού και έκκριση ρετσίνης.

Εσωτερικά, βλέπουμε αλλαγή χρώματος του φλοιού και του σημείου μεταξύ του ξύλου και του φλοιού (κάμβοιο). μέχρι το ξύλο, που θεωρείται χαρακτηριστικός της ασθένειας.

- Τα πληγέντα εσπεριδοειδή εμφανίζουν χλωρωτική και καχεκτική βλάστηση, σημαντική πτώση φύλων και έπειτα (σε 2-3 έτη) ξηραίνονται
- Το παθογόνο επηρεάζει τους καρπούς των δένδρων, ιδίως αυτούς που βρίσκονται κοντά στο έδαφος και στις ποδιές των δένδρων. Στην αρχή της προσβολής, η επιφάνεια των καρπών εμφανίζει μια ασαφή περιοχή με ανοιχτό καστανό χρώμα, που στη συνέχεια γίνεται περισσότερο σκούρο και λαμβάνει δερματώδη υφή. Η προσβολή επεκτείνεται στο σύνολο του φλοιού των καρπών και μπορεί να καλύψει ολόκληρο τον καρπό. Η σήψη από το παθογόνο είναι εύκολα εμφανής λόγω της έντονης και χαρακτηριστικής μυρωδιάς που δημιουργείται από τους προσβεβλημένους ιστούς, ενώ σε περιοχές που είναι υγρές, εμφανίζεται ένα αραιό υπόλευκο χνούδι. Συχνά, παρότι οι μολύνσεις προκαλούνται στο χωράφι, τα συμπτώματα της ασθένειας φαίνονται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ή της συσκευασίας. Η ασθένεια μεταδίδεται μέσω της επαφής και δημιουργεί σημαντικές ζημιές.

Παθογόνο - συνθήκες ανάπτυξης :

Οι ασθένειες του λαιμού στα εσπεριδοειδή δημιουργούνται από μύκητες εδάφους του γένους φυτόφθορα, όπως τα *Phytophthora nicotianae parasitica* και *Phytophthora citrophora*. Οι συγκεκριμένοι μύκητες επιβιώνουν στο έδαφος για αρκετά χρόνια, ακόμα και σε δύσκολες συνθήκες, εσωτερικά των προσβεβλημένων ιστών των φυτών. Η μόλυνση προκαλείται από το έδαφος και ευνοείται από πληγές του δένδρου, όπως για παράδειγμα αυτές που προκαλούνται από έντομα ή καλλιεργητικά εργαλεία. Η υγρασία του εδάφους είναι ένας κρίσιμος παράγοντας στην εξέλιξη της ασθένειας, καθώς σε βαριά και κακώς στραγγιζόμενα εδάφη ευνοείται η ανάπτυξη του μυκήτα. Επιπλέον, διαφορετικές ποικιλίες δένδρων έχουν διαφορετική ευπάθεια στις προσβολές από φυτόφθορα.

3.1.2. Σηψιρριζίες

Εικ.4 Σηψιρριζίες



<https://fitoriakonstantinou.gr/index.php/18-info/enemies/ksina/23-inodis>

Προκαλούνται από τους μύκητες *Armillaria* και *Rosellinia*, με κύρια είδη τα *Armillaria mellea* και *Rosellinia necatrix*. Η βασική εμφάνιση είναι η σταδιακή ξήρανση των δέντρων. Για την αντιμετώπιση αυτής της ασθένειας υπάρχουν προληπτικές, καλλιεργητικές, φυσικές και βιολογικές μέθοδοι που μπορούν να εφαρμοστούν.

3.1.3. Η ξηρή σηψιρρίζα

Η αιτία της ξηρής σηψιρρίζας είναι ένα παρασιτικό σύμπλοκο που απαρτίζεται από τους μύκητες *Fusarium solani*, *F. proliferatum* και *F. sambucinum*. Τα συμπτώματα της ασθένειας, όπως η καχεξία, η ημιπληγία και η αποπληξία, εμφανίζονται ανάλογα με την ένταση της προσβολής των ριζών και του λαιμού. Η ξηρή σηψιρρία έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια σε όλες τις περιοχές παραγωγής εσπεριδοειδών και είναι αποτέλεσμα διαταραχής στο εδαφικό και αγροοικοσυστημικό περιβάλλον. Για την αντιμετώπιση αυτής της ασθένειας συνιστάται η λήψη μέτρων πρόληψης μέσω καλλιεργητικών πρακτικών και η χρήση φυσικών και βιολογικών μεθόδων εάν απαιτείται παρέμβαση.

Συγκεκριμένα στις προληπτικές καλλιεργητικές μεθόδους περιλαμβάνονται:

1. Προτείνεται η χρήση εφαρμογής αγρανάπαυσης ή καλλιέργειας σιτηρών ή ψυχανθών σε χωράφια που έχουν εκριζωθεί παλιές δενδρώδεις καλλιέργειες και αμπέλια και δεν προσβάλλονται από παθογόνα για τουλάχιστον δύο χρόνια. Στα χωράφια αυτά απαιτείται προσεκτική και επιμελημένη απομάκρυνση των ριζών των προηγούμενων καλλιεργειών.
2. Συνιστάται η χρήση πολλαπλασιαστικού υλικού που δεν περιέχει παθογόνα.

3. Πρέπει να ελεγχθεί το μολυσματικό δυναμικό του εδάφους στα χωράφια όπου θα εγκατασταθούν εσπεριδοειδή.
4. Προτείνεται η χρήση φυτωριακού υλικού ζωηρής ανάπτυξης που δεν προσβάλλεται από μύκητες.
5. Πρέπει να αποφεύγεται η μεταφορά μολυσματικών ουσιών μέσω διαφόρων εργαλείων και μηχανικών καλλιεργητικών μέσων.
6. Συνιστάται η αποφυγή κατασκευής αναχώματος στην βάση του κορμού.
7. Ο εμβολιασμός των δενδρυλλίων πρέπει να γίνεται σε ύψος 60-80 εκατοστά.
8. Σε μια κατάσταση που υπάρχει μόλυνση σε μερικά δέντρα, θα πρέπει να απομονωθούν αυτά τα δέντρα και οι δύο σειρές των υγιών δέντρων, χρησιμοποιώντας ένα ενσωματωμένο στο έδαφος πλαστικό χαντάκι με βάθος 60 εκατοστά και πλάτος 30 εκατοστά.
9. Πρέπει να αποφεύγονται βαθιά οργώματα και συχνά, ακανόνιστα ποτίσματα, για να μην δημιουργούνται πληγές από μηχανικά ή άλλα μέσα, στα βαριά και κακοστραγγιζόμενα εδάφη που είναι πλούσια σε οργανική ύλη και αμμωνιακό άζωτο.
10. Πρέπει να απομακρυνθούν και να καταστραφούν τα ξερά κομμάτια ή τα δέντρα.
11. Τα εδάφη πρέπει να είναι καλά αποστραγγισμένα και πρέπει να αντιμετωπιστούν οι νηματώδεις.
12. Πρέπει να καταστραφούν τα ζιζανία που είναι φορείς των παθογόνων.
13. Δεν πρέπει να καλλιεργούνται κηπευτικά που είναι επιρρεπή στα παραπάνω παθογόνα, όπως τα σολανώδη και τα κολοκυνθοειδή.
14. Αξιοποίηση νερού άρδευσης που δεν περιέχει παθογόνα.
15. Συλλογή των καρπών που έχουν προσβληθεί από μύκητες για τη μείωση της μόλυνσης του εδάφους.
16. Προσοχή ώστε οι καρποί να μην ακουμπούν στο έδαφος.
17. Χρήση ανθεκτικών υποκειμένων, αφού ορισμένοι κλώνοι νεραντζιάς είναι ευαίσθητοι στην ίωση της τριστέσας και παρουσιάζουν μειωμένη ανθεκτικότητα.

1.12 Βιολογική καταπολέμηση ασθενειών

Από τις βιολογικές μεθόδους παρέμβασης, ενδιαφέρουν πρακτικά οι εξής τεχνικές:

- Η εφαρμογή 100-150 κιλών γεωργικού ασβεστού ανά στρέμμα για την ασβέστωση του εδάφους.
- Η αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους με ατμό ή νερό με θερμοκρασία 43°C για 2 ώρες. Η αυξημένη θερμοκρασία απολυμαίνει το έδαφος χωρίς να προκαλεί ζημιά στις ρίζες των φυτών και διατηρεί τα ανταγωνιστικά μικρόβια του εδάφους.
- Ορισμένες από τις τεχνικές παρέμβασης που έχουν πρακτικό ενδιαφέρον για τους εσπεριδοειδείς περιλαμβάνουν την απογύμνωση του λαιμού και των χοντρών ριζών και την επάλειψή τους με πάστα ή την προσθήκη βορδιγάλιου πολτού στη ριζόσφαιρα σε ποσοστό 10% και 2-3% αντίστοιχα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η τεχνική αυτή πρέπει να εφαρμόζεται σε περιορισμένη κλίμακα, καθώς ο χαλκός στο έδαφος μπορεί να μολύνει τα νερά και να συμβάλλει στην μείωση του πληθυσμού των γαιοσκωλήκων.
- Επιπλέον, μια άλλη τεχνική είναι η ηλιοθέρμανση (ή ηλιοαπολύμανση) του εδάφους των εσπεριδοειδών κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, για τουλάχιστον 6 εβδομάδες, με τη χρήση διαφανούς πλαστικού από πολυαιθυλένιο πάχους 100 μικρομέτρων. Η τεχνική αυτή μπορεί να εφαρμοστεί παράλληλα με οργανική ουσία ή ειδικούς βιοδιεγέρτες της ριζοσφαιρικής ανταγωνιστικής μικροχλωρίδας, καθώς και με διάφορους ανταγωνιστές μικροοργανισμούς.
- Μια τεχνική που ακολουθείται είναι η χρήση ανταγωνιστών μυκήτων όπως το *Trichoderma harzianum*, *T. viride* και *T. koningii*, βακτηρίων όπως το *Bacillus subtilis* και μυκορριζών όπως το *Boletus granulatus*, *B. luteus* και *Scleroderma* spp. Αυτή η τεχνική είναι ακόμη στα πρώτα στάδια της εφαρμογής της. Επίσης, εξετάζεται η ενσωμάτωση βιολογικών σκευασμάτων (όπως το *Trichoject*) που βασίζονται στον *Trichoderma* sp. για την καταπολέμηση του *Armillaria mellea*. Το *Harzian 20* (*Trichoderma harzianum*) μπορεί να μειώσει τα *Armillaria mellea* και *Rosellinia* spp. κατά 90%.
- Επιπλέον, χρησιμοποιούνται ανταγωνιστές μικροοργανισμών όπως *Aspergillus* spp., *Raecilomyces* spp. και *Penicillium* spp.
- Ενσωμάτωση χιτίνης στο έδαφος.
- Για την αποφυγή της σήψης των καρπών μετασυλλεκτικά, χρειάζεται ψεκασμός χαλκούχο σκεύασμα πριν τη συγκομιδή.

1.13 Ασθένειες του υπέργειου τμήματος

Ανάμεσα στις ασθένειες που επηρεάζουν τα υπέργεια μέρη των φυτών, ιδιαίτερη οικονομική σημασία έχουν οι διάφορες κομμιώσεις, η κορυφοξήρα, η καπνιά, η αλτερναρίωση, η ανθράκωση, η σεπτορίαση, οι προσβολές από προκαρυωτικά παθογόνα και οι σήψεις των καρπών. Δεν αναφέρονται οι ιοί που επηρεάζουν τα εσπεριδοειδή, για τους οποίους λαμβάνονται μέτρα πρόληψης της μετάδοσής τους μέσω φορέων ή μηχανικών μέσων, καθώς και μέτρα χρήσης υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού και ανθεκτικών υποκειμένων και καλλιεργούμενων ποικιλιών για την αντιμετώπισή τους.

1.13.1. Κομμιώσεις

Για να αντιμετωπιστεί η κομμίωση Θυλάκων, μια αποφλοιωτική κομμίωση της οποίας το αίτιο δεν έχει ακόμα διευκρινιστεί, καθώς και η κομμίωση του ξύλου, η οποία δεν έχει αναφερθεί στην Ελλάδα, συνιστάται η προσεκτική καθαριότητα των πληγείσων περιοχών και η επιστρύση τους με πάστα από βορδιγάλειο πολτό.

1.13.2. Κορυφόξηρα

Πρόκειται για την σοβαρότερη ασθένεια που πλήττει τα εσπεριδοειδή στην Ελλάδα, η οποία κατά κύριο λόγο προσβάλλει λεμονιές, κιτριές, νεραντζιές και περγαμόντο. Παλαιότερα ήταν γνωστή και ως "ασθένεια του Πόρου", καθώς είχε παρατηρηθεί στο νησί από το 1900.

Τα συμπτώματα αυτής της ασθένειας περιλαμβάνουν απότομο μαρασμό και ξήρανση των βλαστών αρχικά, που στη συνέχεια εξαπλώνεται στα μεγαλύτερα κλαδιά του δένδρου. Τα φύλλα συστρέφονται, ξηραίνονται και παραμένουν επάνω στα ξερά κλαδιά για κάποιο χρονικό διάστημα, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες. Τα προσβεβλημένα δένδρα λεμονιάς ξηραίνονται τελείως συνήθως σε διάστημα 1-2 ετών.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, η ασθένεια μπορεί να εκδηλωθεί με ηπιότερα συμπτώματα, όπως η ημιπληγία στην μία πλευρά των δένδρων, ή ακόμη και με αποπληξία, κατά την οποία το δέντρο σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα ξερνεται. Ένα βασικό σύμπτωμα της ασθένειας είναι ο ρόδινος ή καστανός μεταχρωματισμός που φαίνεται στον κορμό των προσβεβλημένων δένδρων.

Οι συνθήκες που οδηγούν στην ανάπτυξη της ασθένειας προέρχονται από τον αδηλομύκητα. Ο μύκητας εισέρχεται στο φυτό μέσω πληγών στα φύλλα, τους βλαστούς ή τις ρίζες. Έπειτα, επικολλάται στα αγγεία του ξύλου, δημιουργώντας αδρομύκωση και εξαπλώνεται συνήθως προς τα κάτω. Εάν η προσβολή ξεκινά από τις ρίζες, τότε ο μύκητας

εξαπλώνεται γρήγορα προς τα πάνω και προκαλεί την αποπληξία. Ο μύκητας επιβιώνει στους βλαστούς στη μορφή μυκηλίου και, μετά την αποξήρανση τους, δημιουργεί τις καρποφορίες του (πυκνίδια) κάτω από την επιδερμίδα, που φαίνονται σαν μαύρες στάμπες. Η βροχή είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη των σπορίων του μύκητα και την περαιτέρω διάδοση της ασθένειας σε άλλα δέντρα, είτε από την ίδια είτε από γειτονικά δέντρα. Τα δέντρα είναι πιο ευάλωτα κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα και οι μολύνσεις συνήθως εμφανίζονται από τον Οκτώβριο έως τον Φεβρουάριο. Για να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τα εξής:

Για να αποτρέψουμε την εξάπλωση ασθενειών στα δένδρα, πρέπει να προβούμε σε κλάδεμα και αφαίρεση των ξηρών κλαδιών κατά τη διάρκεια της άνοιξης, του καλοκαιριού και του φθινοπώρου πριν από τις βροχές. Τα ξηρά κλαδιά πρέπει να καίγονται και τα δένδρα που έχουν ξεραθεί πρέπει να απομακρύνονται και να καίγονται. Επίσης, συνιστάται η χρήση χαλκούχων σκευασμάτων για την πρόληψη της μόλυνσης, ειδικά κατά τη διάρκεια επικίνδυνων περιόδων. Κατά την εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών πρέπει να χρησιμοποιούμε απολυμασμένα εργαλεία και να αποφεύγουμε τη δημιουργία πληγών στο υπέργειο και υπόγειο μέρος των δένδρων.

Η οικολογική αντιμετώπιση του παθογόνου πρέπει να βασίζεται σε συγκεκριμένες πρακτικές.

- να ελέγχονται τα αγριόχορτα που είναι ξενιστές του παθογόνου
- να αφαιρούνται και να καταστρέφονται τα προσβεβλημένα τμήματα κατά τη δυσμενή για την ανάπτυξη του παθογόνου περίοδο
- να εφαρμόζονται ελαφρά κλαδέματα και να αποφεύγεται η δημιουργία πληγών και βαθιών οργωμάτων.
- να προστίθενται στο έδαφος οργανικές ουσίες φτωχές σε άζωτο και να γίνεται λίπανση με ορυκτά πλούσια σε P και K που μειώνουν τις προσβολές.
- Να γίνεται προσθήκη σιδήρου στα ασβεστούχα εδάφη η οποία αυξάνει την ανθεκτικότητα των δέντρων.
- Να χρησιμοποιούνται ανθεκτικά υποκείμενα.
- Στην επούλωση των πληγών του κλαδέματος με πάστα από βορδιγάλειο πολτό.
- να εφαρμόζεται σε έντονες προσβολές, ψεκασμός με χαλκούχα σκευάσματα σε περιοχές και κατά την διάρκεια που υπάρχουν ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη της ασθένειας.

1.13.3. Η αλτεοναοίωσα

Η αλτεοναοίωσα είναι μια ασθένεια που προκαλείται από είδη του γένους *Altemaria* και επηρεάζει κυρίως τους καρπούς, προκαλώντας χαρακτηριστικές κηλίδες. Παρόλο που δεν αποτελεί σοβαρό πρόβλημα, η ασθένεια μπορεί να ελεγχθεί σε μεγάλο βαθμό αν αποφευχθεί η υπερλίπανση και η υπερβολική ατμοσφαιρική υγρασία κατά το δέσιμο του καρπού.

1.13.4. Ανθράκωση εσπεριδοειδών

Η πικρή σήψη είναι μια συχνή ασθένεια στα εσπεριδοειδή παγκοσμίως. Προσβάλλει κυρίως δένδρα που είναι απεριποίητα ή ασθενή λόγω δυσμενών εδαφοκλιματικών συνθηκών, ή δένδρα που έχουν προσβληθεί από κορυφοξήρα και στερηθεί θρεπτικών ουσιών. Ο μύκητας που προκαλεί την ασθένεια μπορεί επίσης να προσβάλλει τους καρπούς των μηλοειδών. Η πικρή σήψη είναι γνωστή για τη χαρακτηριστική πικρή γεύση που δίνει στους καρπούς των φυτών και είναι επίσης γνωστή ως "bitter rot".

Τα συμπτώματα της ασθένειας στους βλαστούς και τα κλαδιά μπορεί να μοιάζουν με αυτά της κορυφοξήρας και στη συνέχεια τα δένδρα μπορεί να ξεραθούν εντελώς, καθιστώντας αυτή τη μορφή της ασθένειας ως την πιο σοβαρή και ονομαζόμενη "ξήρανση κορυφών". Όταν η αποξήρανση είναι απότομη, τα φύλλα παραμένουν νεκρά πάνω στο δένδρο. Μπορεί επίσης να παρατηρηθεί έκκριση κόμης στο περιθώριο μεταξύ υγιών και προσβεβλημένων ιστών, ενώ στους νεκρούς ιστούς σχηματίζονται μικρά μαύρα στίγματα, τα οποία είναι οι καρποφορίες του παθογόνου μικροοργανισμού. Τα προσβεβλημένα φύλλα έχουν σκούρες κηλίδες με κόκκινο περίγραμμα, που δημιουργούν συγκεντρικές ζώνες μαύρων στίγματος - τα καρποφόρα του μύκητα-. Στους καρπούς, εμφανίζονται μικρές, βυθισμένες, σκούρες κηλίδες, που σχηματίζουν τις καρποφορίες του μύκητα (μικρά μαύρα στίγματα). Σε υπερώριμους καρπούς, πορτοκάλια ή μανταρίνια, αυτές οι κηλίδες μπορούν να εξελιχθούν σε υγρή σήψη μέσα στον καρπό, που μπορεί να προκαλέσει υποβάθμιση του προϊόντος ή ακόμα και την πτώση του καρπού. Ειδικά στον τομέα των καρπών, υπάρχει μια ασθένεια που μπορεί να προκαλέσει έναν επιπλέον τύπο συμπτωμάτων, γνωστό ως "χρωστική δακρύων" ή "σκωριόχρωση". Αυτός ο τύπος συμπτωμάτων περιλαμβάνει κοκκινο-πράσινες κηλίδες σε σχήμα ραβδώσεων ή ζωνών στην επιφάνεια των καρπών και προκαλείται από την ανάπτυξη του μύκητα.

Αίτιο - Συνθήκες ανάπτυξης:

Η ασθένεια της ανθράκωσης οφείλεται στον ασκομύκητα *Glomerella cingulata* και στον μύκητα *Colletotrichum gloeosporioides* που είναι η ατελής μορφή του. Ο μύκητας έχει διάφορα στελέχη με διαφορετική παθογόνο ικανότητα, οπότε η ένταση της προσβολής εξαρτάται από την κατάσταση των δένδρων. Συνήθως, ο μύκητας προσβάλλει δένδρα που είναι εξασθενημένα από διάφορες αιτίες. Το παθογόνο μπαίνει στους ιστούς κυρίως από ανοίγματα και πληγές, ενώ οι καρποί μπορεί να προσβληθούν ακόμη και έπειτα από τη συγκομιδή τους. Η ασθένεια ευνοείται σε υγρές και βροχερές καιρικές συνθήκες.

Αντιμετώπιση:

Για να αντιμετωπιστεί η ανθράκωση στα δένδρα, συνιστάται να διατηρείτε τη θρεπτική τους κατάσταση, να κόβετε και να καίτε τυχόν ξηρά κλαδιά, να αποφεύγετε τη δημιουργία πληγών και να εφαρμόζετε προστατευτικούς ψεκασμούς με χαλκούχα σκευάσματα ή βιολογικά σκευάσματα, ανάλογα με το είδος των στρεπτών μυκήτων που είναι υπεύθυνα για την ασθένεια.

1.13.5. Η σεπτορίαση

Δεν υπάρχει οικονομικό κίνητρο για την αντιμετώπιση της σεπτορίασης. Ο μύκητας *Septoria depressa* προσβάλλει τα φύλλα και τους καρπούς. Σε περίπτωση έντονης προσβολής, οι ψεκασμοί με χαλκούχα σκευάσματα μπορούν να βοηθήσουν στον έλεγχο της ασθένειας.

1.13.6. Προσβολές από προκαρυωτικά παθονόνα.

Είναι οι ασθένειες που προκαλούνται από βακτήρια, σπειροπλάσματα και ρικέτσιες στη γεωργία. Μία από αυτές είναι η βακτηριακή ξήρανση των κλαδίσκων και κηλίδωση των καρπών, που προκαλείται από το *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* και ευνοείται από δροσερό και υγρό καιρό. Για να αντιμετωπιστεί αυτή η ασθένεια, συνιστάται η απομάκρυνση και καταστροφή των έντονα προσβεβλημένων βλαστών, η υλοποίηση προληπτικών ψεκασμών με χαλκούχα σκευάσματα πριν την έναρξη των βροχών κατά τους τελευταίους μήνες του χειμώνα, καθώς και η χρήση μη παθογόνων βακτηρίων του γένους *Pseudomonas* που προέρχονται από τη φυλλόσφαιρα των εσπεριδοειδών.

1.13.7 Μετασυλλεκτικές σήψεις καρπών

Το κείμενο αναφέρεται σε μετασυλλεκτικές σήψεις που προκαλούν σοβαρές ζημιές σε καλλιέργειες όπως εσπεριδοειδή, μηλοειδή, αμπέλι και λαχανικά, με απώλειες που μπορεί να φτάσουν μέχρι και το 100%. Η παρουσία παθογόνων μυκήτων οδηγεί σε περαιτέρω ζημιά λόγω της παραγωγής του αιθυλενίου, το οποίο αυξάνει την αναπνοή των καρπών και μειώνει τη διάρκεια ζωής τους, επηρεάζοντας ακόμη και τους υγιείς καρπούς που βρίσκονται

στην ίδια αποθήκη με τους προσβεβλημένους. Η εξάπλωση των μετασυλλεκτικών λαμβάνει έκταση εφόσον η συγκομιδή πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια υγρού και βροχερού καιρού.

1.13.8 Προσβολή απο πενικέλλιο

Μιλώντας για τα συμπτώματα της ασθένειας, αναφέρεται ότι στην επιφάνεια των προσβεβλημένων καρπών εμφανίζεται αρχικά μια βυθισμένη κηλίδα που μοιάζει να είναι βρεγμένη και αυτή επεκτείνεται πολύ γρήγορα σε όλο τον καρπό. Στη συνέχεια, εμφανίζεται ένα χαρακτηριστικό μπλε ή πράσινο χνούδι, που προκαλείται από τις καρποφορίες των μυκήτων και καλύπτει σιγά-σιγά ολόκληρο τον καρπό. Οι καρποί που έχουν προσβληθεί από μύκητες και βακτήρια αναπτύσσουν μια ξεχωριστή γεύση και οσμή μούχλας. Σε υγρό περιβάλλον, ο προσβεβλημένος καρπός διαλύεται εντελώς από τους δευτερογενείς μικροοργανισμούς, ενώ σε ξηρό περιβάλλον, ο καρπός αφυδατώνεται, συρρικνώνεται και μумιοποιείται.

Παθογόνο - Συνθήκες ανάπτυξης: Οι σήψεις των καρπών προκαλούνται από την επίθεση μυκήτων του είδους *Penicillium*. Οι μύκητες εισέρχονται στους καρπούς μέσω πληγών που δημιουργούνται κατά τη συγκομιδή, τη διαλογή ή τη συσκευασία. Στη συνέχεια, οι μύκητες αναπτύσσονται επιφανειακά στους καρπούς και δημιουργούν τις χαρακτηριστικές καρποφορίες και τα σπόριά τους. Τα σπόρια των μυκήτων που προκαλούν σήψεις στους καρπούς απελευθερώνονται στον αέρα ή με ελαφριά κίνηση και μεταφέρονται στους υγιείς καρπούς. Η κύρια πηγή μόλυνσης είναι οι καρποί που έχουν προσβληθεί και βρίσκονται σε χώρους συσκευασίας και αποθήκευσης. Επίσης, αναφέρεται ότι οι σήψεις ευνοούνται από υψηλές θερμοκρασίες (22-24 °C), ενώ επιβραδύνονται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες.

1.13.9 Από φυτόφθορα ή περονόσπορο

Για να προστατευτούν οι καρποί από μολύνσεις, συνιστάται να αποφεύγεται η δημιουργία πληγών κατά τη συγκομιδή και να απολυμαίνονται οι καρποί χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα μέσα πάνω στο δέντρο ή πριν τη συσκευασία. Επίσης, η αποθήκευση πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πιο γρήγορα και υπό κανονικές συνθήκες αερισμού και σχετικής υγρασίας. Για να αντιμετωπίσετε τις σήψεις, συνιστάται ο ψεκασμός με χαλκούχα ή παραφινικά και φυτικά λάδια ή εκχύλισμα από πολυκόμπι. Για να αντιμετωπιστεί η σήψη των καρπών από φυτόφθορα, συνιστάται ο περιορισμός του μολύσματος στο έδαφος, λαμβάνοντας όλα τα απαραίτητα μέτρα που αναφέρονται στην κομμίωση του λαιμού και τη διατήρηση της επιφάνειας του εδάφους καλυμμένη με ελεγχόμενα αγριόχορτα. Επιπλέον, η ασθένεια μπορεί να περιοριστεί με ψεκασμούς φωσφορικού καλίου. Τα παθογόνα της πράσινης και

κυανής σήψης των καρπών ελέγχονται αποτελεσματικά με τη χρήση αιθέριων ελαίων από τα εσπεριδοειδή. Για να αποφευχθεί η επιδείνωση της ποιότητας των καρπών μετά τη συγκομιδή, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα απολύμανσης των χώρων και των μέσων συσκευασίας και να αποφεύγονται πληγές στους καρπούς κατά τη διαδικασία της συγκομιδής. Είναι επίσης σημαντικό να προσέχουμε τον χειρισμό των καρπών κατά τη διαλογή και τη συσκευασία, καθώς και να πραγματοποιούμε κέρωμα των καρπών.

1.13.10. Καπνιά

Περιγραφή Συμπτωμάτων: Τα κλαδίσκα, οι βλαστοί και τα φύλλα είναι καλυμμένα από ένα μαύρο στρώμα καπνιάς. Αιτίες και Συνθήκες: Η καπνιά αναπτύσσεται στα μελιτώδη εκκρίματα των κοκκοειδών και της ψύλλας της ελιάς. Αντιμετώπιση: Για να περιοριστεί η εξάπλωση της καπνιάς, απαιτείται η καταπολέμηση των κοκκοειδών και των αφίδων. Επιπλέον, οι ψεκάσμοι με χαλκούχα μπορούν να βοηθήσουν στην εξάλειψη της καπνιάς, εφόσον απαλειφθεί η αιτία που προκαλεί την παραγωγή μελιτώματος.

2.1 Έξυπνη γεωργία

Η έξυπνη γεωργία ή αλλιώς γεωργία ακριβείας αναφέρεται σε μια μέθοδο διαχείρισης της χωρικής και χρονικής μεταβολής που στοχεύει στη βελτίωση της οικονομικής απόδοσης των καλλιεργειών και ταυτόχρονα στη μείωση των εισροών και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ένας από τους βασικούς στόχους της είναι η αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών με ταυτόχρονη βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων. Για να εφαρμοστεί η έξυπνη γεωργία, είναι απαραίτητη η κατανόηση της χωρικής παραλλακτικότητας.

Η παραλλακτικότητα αποτελεί σημαντικό παράγοντα σε κάθε αγρόκτημα και μπορεί να είναι χωρική ή χρονική. Η πρώτη αναφέρει τα μετρήσιμα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και του εδάφους στον χώρο, ενώ η δεύτερη αφορά παραδείγματος χάριν την υγρασία του εδάφους, η οποία μεταβάλλεται στον χρόνο ή ακόμα και την κατάσταση της καλλιέργειας, η οποία αλλάζει μέσα σε λίγες ώρες.

Η έξυπνη γεωργία επιτρέπει στους αγρότες να επιτυγχάνουν μεγαλύτερη απόδοση με τις ίδιες εισροές, μειωμένες εισροές ή ανακατανεμημένες εισροές, ανάλογα με τον στόχο που θέλουν να επιτύχουν και την ποιότητα των προϊόντων που θέλουν να παράγουν. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση ακριβών μεθόδων διαχείρισης της χωρικής και χρονικής

μεταβολής και της παρακολούθησης της παραλλακτικότητας του εδάφους και των καλλιεργειών.

Τα προϊόντα που εισέρχονται στην γεωργία αυτήν τη στιγμή περιλαμβάνουν λιπάσματα, φυτοφάρμακα, νερό άρδευσης και σπόρους. Σημαντικός στόχος της γεωργίας ακριβείας είναι η εξοικονόμηση ενέργειας και η προστασία του εδάφους και των υδάτων από ρύπανση με την αποδοτικότερη χρήση των αγροχημικών. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Κομισιόν) στηρίζει την εφαρμογή της έξυπνης γεωργίας για να αντιμετωπίσει την κλιματική αλλαγή. Η επιτροπή πιστεύει ότι η χρήση της τεχνολογίας μπορεί να βοηθήσει τους γεωργούς να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, που προέρχονται κατά 10% από τη γεωργία της ΕΕ.

2.2 Βασικές έννοιες έξυπνης γεωργίας

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμοί βασικών εννοιών που θα αναλυθούν αναλυτικότερα στα επόμενα κεφάλαια της διπλωματικής εργασίας.

1. Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (GPS), που αναφέρεται σε ένα παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού γεωγραφικής θέσης, είτε ακίνητου είτε κινούμενου χρήστη. Το GPS βασίζεται σε ένα δίκτυο εικοσιτεσσάρων δορυφόρων που κυκλοφορούν γύρω από τη Γη και είναι εφοδιασμένοι με ειδικές συσκευές εντοπισμού.
2. Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS): αναφέρονται σε συστήματα που διαχειρίζονται δεδομένα σχετικά με την χωροθέτηση και τα χαρακτηριστικά των διαφόρων τοποθεσιών.
3. Αισθητήρας: αναφέρεται σε μια συσκευή που μπορεί να ανιχνεύσει ένα φυσικό μέγεθος και να δημιουργήσει μια μετρήσιμη έξοδο, όπως για παράδειγμα ένας αισθητήρας χαρτογράφησης ή μέτρησης παραμέτρων εδάφους.
4. Μη επανδρωμένα αεροσκάφη (Drones): Τα drones είναι αυτόνομα ή απομακρυσμένα ελεγχόμενα αεροσκάφη που δεν απαιτούν ανθρώπινο πλήρωμα και χρησιμοποιούνται για διάφορες εφαρμογές όπως η επιτήρηση, η χαρτογράφηση και η μεταφορά εμπορευμάτων.
5. Τηλεπισκόπηση: Η τηλεπισκόπηση αναφέρεται στην επιστήμη και την τεχνολογία παρατήρησης και μελέτης των χαρακτηριστικών της επιφάνειας της Γης από απόσταση, χρησιμοποιώντας ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία για την αλληλεπίδραση με τα υλικά που βρίσκονται επάνω στην επιφάνεια. Η τηλεπισκόπηση χρησιμοποιείται ευρέως στην χαρτογράφηση, τη γεωλογία, την αγροτική παραγωγή, τη διαχείριση των δασών, την

παρακολούθηση των φυσικών καταστροφών και άλλων εφαρμογών που απαιτούν την παρακολούθηση και ανάλυση της επιφάνειας της Γης.

2.3 Ο ρόλος της ρομποτικής, των αισθητήρων και των drones στην έξυπνη γεωργία

Τα καινοτόμα και αυτόνομα γεωργικά ρομπότ αποτελούν ένα σύστημα μηχανημάτων που θα δημιουργήσει ένα πραγματικά έξυπνο χωράφι στο μέλλον. Μέρος αυτού του συστήματος αποτελούν οι αισθητήρες, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε ολόκληρα τα αγροκτήματα και συλλέγουν δεδομένα σχετικά με το επίπεδο φωτισμού, τις συνθήκες του εδάφους, την ποιότητα του αέρα, το πότισμα και τις καιρικές συνθήκες.

Οι πληροφορίες που συλλέγονται από τα γεωργικά ρομπότ θα αποσταλούν απευθείας στον αγρότη. Παράλληλα, τα drones θα πετούν στον ουρανό και θα συλλέγουν πληροφορίες σχετικά με την υγεία των φυτών, τις εδαφολογικές συνθήκες και θα δημιουργούν χάρτες για να καθοδηγούν τα ρομπότ και να βοηθούν τους αγρότες να έχουν πλήρη χαρτογραφημένη άποψη του χωραφιού τους. Ο σκοπός αυτού του συστήματος είναι η πλήρης εκμετάλλευση του αγροκτήματος. Χρησιμοποιώντας αυτά τα μηχανήματα, ο αγρότης έχει το δικαίωμα να ελέγχει ολόκληρο το χωράφι του, καθώς και να λαμβάνει τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με την εξέλιξη του, όπως για παράδειγμα, αν χρειάζεται νερό.

2.4 Οικονομική αξιολόγηση της έξυπνης γεωργίας

Σε μια συνοπτική περιγραφή, η έξυπνη γεωργία προσφέρει σημαντικά οφέλη στους αγρότες, όπως η υψηλή εξοικονόμηση στο κόστος των λιπασμάτων και των ζιζανιοκτόνων, με σπουδαιότερο όφελος την προστασία του περιβάλλοντος. Ωστόσο, η τεχνολογία της έξυπνης γεωργίας έχει και μειονεκτήματα. Το βασικότερο μειονέκτημα είναι ότι για πολλά χρόνια οι προσφερόμενες υπηρεσίες ήταν ελλιπείς και τα οφέλη ήταν δύσκολο να πραγματοποιηθούν. Ως αποτέλεσμα αυτού, οι τεχνολογίες της έξυπνης γεωργίας δεν θεωρούνται ως προτιμητέες τεχνολογίες αιχμής και δύσκολα εφαρμόζονται από απλούς αγρότες. Παρ' όλα αυτά, αν ακόμη και οι απλοί αγρότες εφαρμόζουν αυτές τις τεχνολογίες, θα έχουν τα οφέλη της αποτελεσματικότερης χρήσης των εισροών και της αύξησης των εκροών, τα οποία θα αντανακλώνται στην ποιότητα των προϊόντων.

Ο μέσος αγρότης αντιμετώπιζε βασικά εμπόδια στην εφαρμογή των τεχνολογιών της έξυπνης γεωργίας λόγω του υψηλού κόστους επένδυσης και της ανάγκης για εκπαίδευση σε ένα μέτριο επίπεδο μόρφωσης. Επιπλέον, η αποθήκευση δεδομένων στο διαδίκτυο ήταν αμφίβολη και οι προβληματικές λειτουργίες του GPS, καθώς και η ασυμβατότητα

διαφορετικών τεχνολογιών και λογισμικών δυσκολεύουν την εμπιστοσύνη των αγροτών στη χρήση τους. Τέλος για να εφαρμοστούν οι τεχνολογίες της έξυπνης γεωργίας από τους αγρότες, υπάρχουν κάποια βασικά εμπόδια που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Αυτά είναι το υψηλό κόστος επένδυσης και η ανάγκη για μετριοπαθή παιδεία για την εκμάθηση των τεχνολογιών, που καθιστούν τη διαδικασία χρονοβόρα. Επιπλέον, άλλα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι αγρότες είναι η ανασφαλής αποθήκευση δεδομένων στο διαδίκτυο, τα προβλήματα λειτουργίας των GPS και η ασυμβατότητα των διαφορετικών τεχνολογιών και λογισμικών. Τέλος, για να επιτευχθεί η αποδοτικότερη εφαρμογή των τεχνολογιών της έξυπνης γεωργίας, απαιτούνται οικονομική στήριξη από την κυβέρνηση και φιλικά προς το χρήστη λογισμικά. Η συνδυασμένη δράση σε όλους αυτούς τους τομείς αναμένεται να έχει θετικά αποτελέσματα για τους αγρότες και τη γεωργία στο σύνολό της.

3.1 Συστήματα έξυπνης γεωργίας

Σε αυτήν την ενότητα αναλύονται συστήματα που χρησιμοποιούνται στην Έξυπνη Γεωργία, προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η παραγωγή των γεωργικών προϊόντων. Μέσω της χρήσης σύγχρονων τεχνολογικών λύσεων, όπως αισθητήρες, drones και λογισμικά διαχείρισης δεδομένων

3.1.1 Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης GPS

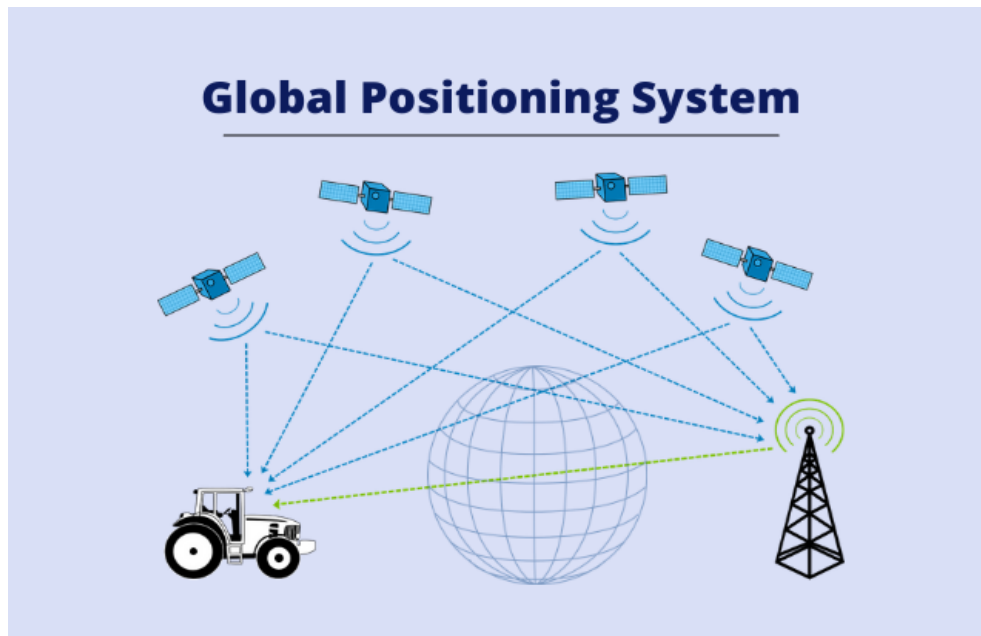
Αρχικά, τα συστήματα προσδιορισμού θέσης χρησιμοποιήθηκαν για στρατιωτικούς σκοπούς, αλλά στη συνέχεια επεκτάθηκαν και σε άλλους τομείς, όπως η τεχνολογία. Στη γεωργία ακριβείας, ένας από τους βασικούς παράγοντες που βοηθούν στη δημιουργία χαρτών με διάφορες ζώνες διαχείρισης είναι τα συστήματα προσδιορισμού θέσης. Αυτά τα συστήματα παρέχουν εικοσιτετράωρη κάλυψη και εντοπισμό θέσης με υψηλή ακρίβεια στον τρισδιάστατο χώρο και στη μετατόπιση του χρόνου. Βασίζονται στη λειτουργία του GPS, ο οποίος αποτελείται από είκοσι τέσσερις δορυφόρους που κινούνται γύρω από τη γη και στέλνουν διαρκώς ραδιοσήματα στην επιφάνεια της, τα οποία λαμβάνονται από πομποδέκτες.

Χάρη σε αυτά τα συστήματα, η γεωργία ακριβείας μπορεί να επιτύχει μεγαλύτερη αποδοτικότητα και βιωσιμότητα στην παραγωγή των προϊόντων της. Οι δορυφόροι που κινούνται γύρω από τη γη στέλνουν διαρκώς ραδιοσήματα στην επιφάνεια της γης, τα οποία λαμβάνονται από ραδιολήπτες ή πομποδέκτες. Μετά τη λήψη των σημάτων, οι δέκτες

επεξεργάζονται τα στοιχεία που έλαβαν και παρέχουν πληροφορίες για τη θέση ενός σημείου, το υψόμετρο του, την ταχύτητα και την κατεύθυνση της κίνησής του.

Στην περίπτωση της έξυπνης γεωργίας, τα συστήματα αυτά καταγράφουν το χωράφι χρησιμοποιώντας γεωγραφικές συντεταγμένες και επιτρέπουν την εντοπισμό και την καθοδήγηση γεωργικών οχημάτων στο εσωτερικό του χωραφίου με ακρίβεια δύο εκατοστών.

Εικ.5 Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης GPS



<https://www.aakash.ac.in/blog/gps-full-form-gps-stands-for-global-positioning-system/>

Προσδιορισμός θέσης μέσω GPS

Για να προσδιοριστεί η θέση μέσω του GPS, απαιτείται η διαδικασία του τριγωνισμού. Στη συνέχεια, γίνεται μέτρηση της απόστασης από τους δορυφόρους, συγχρονισμός των ρολογιών δέκτη - δορυφόρου, εύρεση της θέσης των δορυφόρων και τέλος διόρθωση των καθυστερήσεων στο σήμα. Για το πρώτο στάδιο, απαιτούνται σήματα από τρεις δορυφόρους, ώστε να μπορεί να συνδυαστεί η θέση του δέκτη. Για να προσδιοριστεί η θέση ενός δέκτη μέσω GPS, ισχύει ότι η θέση του δέκτη βρίσκεται σε μια σφαίρα με κέντρο τον δορυφόρο και ακτίνα την απόσταση δορυφόρου-δέκτη. Επίσης, ο δέκτης βρίσκεται στην επιφάνεια μιας δεύτερης σφαίρας με κέντρο τον δεύτερο δορυφόρο και ακτίνα την απόσταση από αυτόν. Συνεπώς, η τοποθεσία του δέκτη είναι στην τομή των δύο σφαιρών. Αυτή η κατάσταση ισχύει και με περισσότερους δορυφόρους.

Παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια του δέκτη

Μετά την αναγνώριση των τριών λειτουργικών τμημάτων του GPS, δηλαδή το δορυφορικό, το τμήμα ελέγχου και το τμήμα χρήσης, είναι σημαντικό να αναφερθούν οι δορυφορικοί

παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα και την ακρίβεια του σήματος που λαμβάνει ένας δέκτης.

1. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στον δέκτη GPS.
2. Η εγκατάσταση του συστήματος
3. Η διαθεσιμότητα του συστήματος
4. Το σύνολο των δορυφόρων από τους οποίους λαμβάνει σήματα ο δέκτης, καθώς και οι ακριβείς θέσεις τους
5. Η ικανότητα διόρθωσης του συστήματος.
6. Οι επιδράσεις της ιονόσφαιρας και της τροπόσφαιρας.
7. Οι παρεμβολές των δορυφορικών σημάτων που μπορεί να οφείλονται στην παρεμβολή αντικειμένων της περιοχής.
8. Σφάλματα των δεκτών ή και των δορυφορικών χρονομέτρων.
9. Η ανάκλαση του σήματος από αντικείμενα της περιοχής, πριν αυτό καταλήξει στον δέκτη.
10. Τα τροχιακά σφάλματα, δηλαδή λανθασμένες πληροφορίες που εκπέμπονται από τους δορυφόρους σχετικά με την τροχιά τους.

3.2.1 Σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS)

Τα συστήματα πληροφοριών γεωγραφίας είναι συστήματα διαχείρισης χωρικών δεδομένων και σχετικών ιδιοτήτων, τα οποία συλλέγουν δεδομένα για συγκεκριμένες γεωγραφικές θέσεις και τα αναλύουν με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού. Παρέχουν θεματικούς χάρτες, οι οποίοι είναι ουσιαστικά διαδραστικοί χάρτες δεδομένων για μια συγκεκριμένη γεωγραφική θέση, και μπορούν να περιλαμβάνουν πληροφορίες όπως το υψόμετρο, η βροχόπτωση, η θερμοκρασία, η υγρασία, τα θρεπτικά στοιχεία και πολλά άλλα. Με τη βοήθεια του συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών, οι γεωργοί μπορούν να παρακολουθούν τα επίπεδα εισροών και να καταγράφουν τα αποτελέσματα σε μια χωρική σειρά, προκειμένου να διατηρήσουν τον έλεγχο των διαδικασιών στη γεωργία.

Εικ.6 Σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS)



<https://gisgeography.com/what-is-gis/>

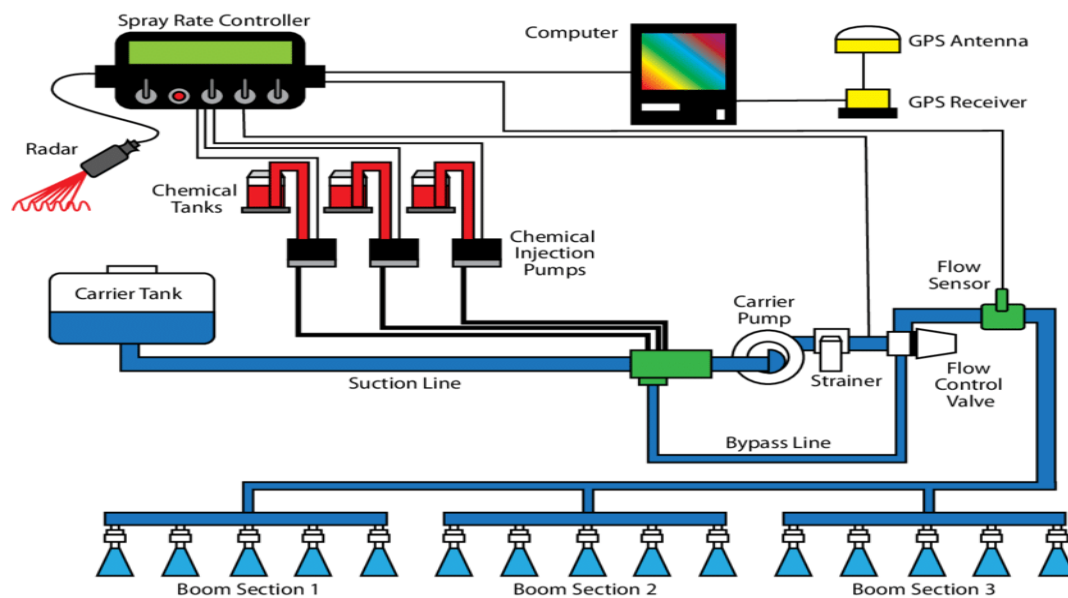
Χρήση GIS στην έξυπνη γεωργία

Για να δημιουργηθούν οι χάρτες που απεικονίζουν την παραλλακτικότητα ενός μετρούμενου μεγέθους στον αγρό, πρέπει να εισαχθεί αρχικά το περίγραμμα του αγρού, καθώς και τα δεδομένα, και να δημιουργηθεί μια συνεχής επιφάνεια με τη χρήση της εσωεκτίμησης. Στη συνέχεια, μπορεί να γίνει η επιλογή του χρώματος για τη λεζάντα του χάρτη και να εκτυπωθεί ο χάρτης. Ωστόσο, για έναν αγρό μπορούν να προστεθούν περαιτέρω πληροφορίες σε διάφορα επίπεδα, προκειμένου να ληφθούν οι καλύτερες δυνατές αποφάσεις. Τέτοιες πληροφορίες μπορεί να περιλαμβάνουν το περίγραμμα του αγρού, τον χάρτη εδαφικών τύπων, τα σημεία δειγματοληψίας, τον πληθυσμό των ζιζανίων, τον χάρτη στράγγισης, τον χάρτη παραγωγής και πολλά άλλα.

3.2.2 Συστήματα μεταβλητών εφαρμογών (VRA ή VRT)

Τα συστήματα που περιγράφονται είναι μηχανισμοί που ενσωματώνονται στα αγροτικά μηχανήματα και προσαρμόζουν την ποσότητα και το είδος των εισροών σύμφωνα με τις ανάγκες του αγρού στο συγκεκριμένο χρόνο, αναλόγως με το φυτό που καλλιεργείται. Αυτά τα συστήματα βασίζονται σε τεχνικές χαρτογράφησης και χρησιμοποιούν αισθητήρες για την επίτευξη των στόχων τους.

Εικ.7 Συστήματα μεταβλητών εφαρμογών (VRA ή VRT)



<https://www.agleader.com/harvest/yield-monitoring/>

3.2.3 Συστήματα παρακολούθησης αποδόσεων (Yield Monitoring System)

Τα συστήματα αυτά αφορούν την μέτρηση και την καταγραφή της απόδοσης μιας καλλιέργειας κατά τη συγκομιδή. Χρησιμοποιούν το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης GPS και το σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών GIS για να δημιουργήσουν ένα χάρτη εφαρμογής. Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν αισθητήρες, έναν δέκτη GPS και μία κονσόλα διαχείρισης. Επιπλέον περιλαμβάνονται η τηλεπισκόπηση και οι αισθητήρες (π.χ. καλλιεργειών, εδάφους κ.λπ.) τα οποία αναλύονται περαιτέρω στα επόμενα κεφάλαια.

Εικ.8 Συστήματα παρακολούθησης αποδόσεων (Yield Monitoring System)



<https://www.agleader.com/harvest/yield-monitoring/>

3.2.3 Αυτοματοποιημένα συστήματα πλοήγησης

Τα έξυπνα συστήματα είναι ικανά να εκτελούν ειδικά οδηγικά καθήκοντα, όπως η αυτόματη στροφή του τρακτέρ και η αυτόματη πλοήγηση, αυξάνοντας την αποδοτικότητα στη διαχείριση του αγρού και μειώνοντας τον κίνδυνο ανθρώπινου λάθους. Τα υποβοηθούμενα συστήματα πλοήγησης, όπως το GPS, βοηθούν τους αγρότες να ακολουθήσουν ακριβέστερα την πορεία τους στον αγρό, ενώ τα έξυπνα συστήματα καθοδήγησης παρέχουν προσαρμοσμένες επιλογές πλοήγησης για διαφορετικά σχήματα αγροτεμαχίων. Τέλος, τα αυτοματοποιημένα συστήματα πλοήγησης αναλαμβάνουν τον έλεγχο της οδήγησης, απελευθερώνοντας τον αγρότη για να εστιάσει σε άλλες εργασίες και βελτιώνοντας την απόδοση του εξοπλισμού.

4.1 Αισθητήρες έξυπνης γεωργίας

Η δυσκολία που αντιμετωπίζει ο αγρότης είναι να επιτύχει ομοιόμορφη παραγωγή σε όλη την έκταση του χωραφιού του. Επίσης ο αγρότης μπορεί να βελτιώσει την παραγωγή του με τη χρήση τεχνικών που βασίζονται στην εμπειρία του, ωστόσο οι καιρικές συνθήκες μπορούν να διαφοροποιήσουν την παραγωγή. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, η έξυπνη γεωργία μπορεί να χρησιμοποιήσει αισθητήρες χαρτογράφησης παραγωγής που συγκομίζονται με μηχανές, προσφέροντας μεγαλύτερη βάση στους αισθητήρες για την παρακολούθηση της παραγωγής.

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο επικεντρώνεται στην χρήση των αισθητήρων στην έξυπνη γεωργία και την σημασία τους στην παραγωγή τροφίμων. Ειδικότερα, θα αναφερθούμε στους αισθητήρες χαρτογράφησης παραγωγής που συλλέγουν δεδομένα με τη βοήθεια μηχανών και συστημάτων που συμβάλλουν στην επιτυχία της έξυπνης γεωργίας. Είναι σημαντικό να αξιοποιούμε αυτήν την τεχνολογία για να βελτιώσουμε την αποδοτικότητα και την παραγωγικότητα στη γεωργία και να διασφαλίσουμε την παραγωγή υγιεινών τροφίμων για το μέλλον.

4.2 Εισαγωγή αισθητήρων χαρτογράφησης παραγωγής για καλλιέργειες που συγκομίζονται με μηχανές.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο γεωργός κάθε χρόνο εξετάζει το χωράφι του για να παρατηρήσει την παραγωγή του. Αρχικά, πραγματοποιούσε μια μνημονική καταγραφή στο μυαλό του και γνώριζε τα σημεία όπου υπήρχε μεγαλύτερη ή μικρότερη παραγωγή, καθώς και τα σημεία όπου δεν υπήρχε καθόλου παραγωγή. Ωστόσο, οι καιρικές συνθήκες ανέτρεπαν αυτές τις παρατηρήσεις, επηρεάζοντας την παραγωγή και προκαλώντας σύγχυση στον αγρότη. Μια λύση σε αυτό το πρόβλημα προσφέρουν οι αισθητήρες χαρτογράφησης, καθώς η ακριβής χαρτογράφηση της παραγωγής είναι αναγκαία. Η παραγωγή αποτελεί τον στόχο κάθε καλλιέργειας και η ποικιλομορφία της είναι κρίσιμη για τη διαχείριση των αγροτεμαχίων. Η αρχική εφαρμογή της χαρτογράφησης παραγωγής με αισθητήρες που τοποθετούνταν σε μηχανές συγκομιδής ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1990 στη Βρετανία. Μετά από σχεδόν 29 χρόνια από τις πρώτες εφαρμογές, η τεχνολογία έχει εξελιχθεί σημαντικά, προσφέροντας σημαντικές δυνατότητες στον τομέα της χαρτογράφησης παραγωγής.

4.3 Χαρτογράφηση παραγωγής σε καλλιέργειες που συγκομίζονται με μηχανές.

Για να επιτευχθεί ακριβής χαρτογράφηση της παραγωγής, απαιτείται η μέτρηση, καταγραφή και ανάλυση ορισμένων στοιχείων σε κάθε σημείο του αγρού. Αρχικά, απαιτείται η μέτρηση της ροής του προϊόντος που εισέρχεται στη μηχανή, δηλαδή η ποσότητα που εισέρχεται σε

μια μονάδα χρόνου. Επίσης, πρέπει να μετρηθεί η επιφάνεια που συγκομίζεται από τη μηχανή σε μια μονάδα χρόνου, λαμβάνοντας υπόψη το πλάτος εργασίας και την ταχύτητα. Η θέση της μηχανής μπορεί να καθοριστεί με τη χρήση του GPS. Όλα αυτά τα στοιχεία πρέπει να αποθηκευτούν σε μνήμη για μετέπειτα μεταφορά και επεξεργασία σε έναν υπολογιστή. Το σύστημα μπορεί επίσης να περιλαμβάνει μετρήσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών της παραγωγής.

4.4 Αισθητήρες στις θεριζοαλωνιστικές μηχανές

Κατά τις αρχές της δεκαετίας του '90, οι πρώτοι αισθητήρες τοποθετήθηκαν σε θεριζοαλωνιστικές μηχανές, σηματοδοτώντας την αρχή της ανάπτυξης της έξυπνης γεωργίας. Αρχικά, οι πρώτοι αισθητήρες χρησιμοποιούσαν ακτίνες για να μετρήσουν τη ροή του σπόρου. Από τότε μέχρι σήμερα, έχουν αναπτυχθεί πολλοί αισθητήρες που μπορούν να μετρήσουν τόσο τη ροή του σπόρου όσο και την υγρασία του.

Εικ.9 Θεριζοαλωνιστικό μηχάνημα



<https://www.mechanicalpower.net/blog/agriculture/the-essential-components-of-a-combine-harvester-understanding-the-key-parts/>

4.4.1 Αισθητήρες μέτρησης ροής του σπόρου σε θεριζοαλωνιστικές μηχανές.

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της παραγωγής μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με το τι ακριβώς μετρούν. Υπάρχουν αισθητήρες που μετρούν το βάρος, τον όγκο και άλλες παραμέτρους. Σύμφωνα με μια μελέτη των Reynolds και συνεργατών (2002), οι αισθητήρες πρέπει να είναι εύκολοι στη βαθμονόμηση και, εάν είναι δυνατό, να μην εξαρτώνται από το είδος του σιτηρού που μετρούν. Η ακρίβεια των μετρήσεων πρέπει να είναι ικανοποιητική. Επιπλέον, οι αισθητήρες δεν πρέπει να εμποδίζουν την ομαλή λειτουργία της μηχανής και πρέπει να είναι εύκολο να τοποθετηθούν σε αυτήν (και, αν είναι εφικτό, σε άλλες μηχανές).

4.4.2 Μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών του σπόρου

Η παραγωγή αποτελείται από δύο μέρη, το ποσοτικό και το ποιοτικό μέρος. Το ποιοτικό μέρος αναφέρεται στην ποιότητα του προϊόντος και συχνά είναι πιο σημαντικό από την ποσότητα. Η ποιότητα ενός προϊόντος μπορεί να καθορίσει την αξία του στην αγορά και να επηρεάσει την επιτυχία του αγρότη. Η υγρασία είναι ένας σημαντικός παράγοντας ποιότητας για πολλά προϊόντα. Για παράδειγμα, στον τομέα της γεωργίας, η υγρασία του σπόρου μπορεί να είναι καθοριστική για το πότε είναι κατάλληλη η συγκομιδή. Επιπλέον, άλλες παράμετροι όπως η περιεκτικότητα σε λάδι ή πρωτεΐνη, καθώς και η φαινομενική πυκνότητα ή το ειδικό βάρος ενός σπόρου μπορούν επίσης να επηρεάσουν την ποιότητα του προϊόντος. Συνολικά, η παραγωγή με υψηλή ποιότητα μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερα αποτελέσματα για τον αγρότη, καθώς και σε αυξημένη αξία των προϊόντων του στην αγορά.

5.1 Τηλεπισκόπηση

Η τηλεπισκόπηση αποτελεί μια επιστήμη που ασχολείται με την παρατήρηση και μελέτη των χαρακτηριστικών της επιφάνειας της Γης από απόσταση, χρησιμοποιώντας ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Στο πλαίσιο της έξυπνης γεωργίας, η τηλεπισκόπηση μπορεί να βοηθήσει τους αγρότες να αποκτήσουν χρήσιμες πληροφορίες για τις καλλιέργειές τους μέσω των ψηφιακών εικόνων που λαμβάνονται με αυτήν την τεχνολογία.

Ο στόχος της έξυπνης γεωργίας μέσω της τηλεπισκόπησης είναι η απεικόνιση της χωρικής ποικιλομορφίας του αγρού, προκειμένου οι γεωργικές πρακτικές και οι εισροές να μπορούν να προσαρμοστούν με βάση αυτήν. Όταν αυτά τα δεδομένα οργανωθούν σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) σε συνδυασμό με άλλους τύπους δεδομένων, παρέχουν ένα σημαντικό εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τις γεωργικές καλλιέργειες και στρατηγικές.

5.2 Εισαγωγή και χρήση της τηλεπισκόπησης στην έξυπνη γεωργία

Η τηλεπισκόπηση χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1929, όταν χρησιμοποιήθηκαν αεροφωτογραφίες για τη χαρτογράφηση των εδαφών (Bauer 1975). Από τότε, η τηλεπισκόπηση έχει εξελιχθεί και χρησιμοποιεί τη δορυφορική τεχνολογία, προσφέροντας στους επιστήμονες και τους αγρότες τη δυνατότητα να μελετούν τις καλλιέργειες με μεγαλύτερη ακρίβεια και απευθείας. Η τηλεπισκόπηση μπορεί να αναλύσει την τοποθεσία ενός αντικειμένου στην επιφάνεια της γης, το χρώμα, τη βιομάζα, το υψόμετρο, την υγρασία του εδάφους, τη βλάστηση, τη θερμοκρασία, το μέγεθος και το σχήμα διάφορων στοιχείων, καθώς και την φασματική ανταπόκριση της χλωροφύλλης. Επιπλέον, είναι πολύ χρήσιμη για την ανίχνευση καλλιεργειών που έχουν πληγεί από ασθένειες και αποδεικνύεται χρήσιμη για

τους αγρότες, καθώς η συνεχής μελέτη των φυτών κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους μπορεί να τους βοηθήσει να προβλέψουν την τελική παραγωγή.

Η γρήγορη ανάλυση των επιφανειών, η οποία διευκολύνει τη σύγκριση μεταξύ ίδιων δεδομένων από διαφορετικές περιοχές, επιτρέπει την απόκτηση πληροφοριών σε πολλά μήκη κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Αυτό παρέχει τη δυνατότητα στον παραγωγό να ανιχνεύει διαφορές μεταξύ βιοφυσικών στοιχείων που δεν μπορούν να ανιχνευθούν με γυμνό μάτι. Επιπλέον, παρέχει συνεχείς μετρήσεις, που επιτρέπουν τη μελέτη διάφορων χαρακτηριστικών για διαχρονικές συγκρίσεις. Αυτά αποτελούν τα πλεονεκτήματα που ξεχωρίζουν την έξυπνη γεωργία από άλλες μεθόδους συλλογής δεδομένων σε εργασίες υπαίθρου. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της τηλεπισκόπησης είναι επίσης το χαμηλό κόστος, λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό των αποτελεσμάτων που μπορούν να αποκτηθούν, αφού μπορούν να εξεταστούν περιοχές με επίγειες μετρήσεις που απαιτούν χρόνο και χρήματα για τις δειγματοληψίες τους.

Ωστόσο, όπως είναι λογικό, υπάρχουν και μειονεκτήματα στην τηλεπισκόπηση. Ένα από αυτά και ίσως το σημαντικότερο είναι ότι η ποιότητα των δεδομένων εξαρτάται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος, όπως η παρουσία σκόνης και ο φωτισμός. Ακόμη, η επεξεργασία των δεδομένων χρειάζεται γνώσεις ηλεκτρονικού υπολογιστή και αρκετών λογισμικών.

5.3 Αισθητήρες Τηλεπισκόπησης

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στην έξυπνη γεωργία για τηλεπισκόπηση χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τους ενεργούς αισθητήρες και τους παθητικούς αισθητήρες. Οι ενεργοί αισθητήρες λειτουργούν προβάλλοντας ακτινοβολία για να πραγματοποιήσουν τις μετρήσεις τους, ενώ οι παθητικοί αισθητήρες εξαρτώνται από την υπάρχουσα ακτινοβολία του ηλίου για να πραγματοποιήσουν τις μετρήσεις τους. Ωστόσο, οι παθητικοί αισθητήρες αντιμετωπίζουν πρόβλημα κατά τη διάρκεια της νύχτας ή σε συνθήκες συννεφιασμένων ημερών, καθώς δεν μπορούν να παράγουν ακριβείς μετρήσεις. Από την άλλη πλευρά, ακόμη και οι ενεργοί αισθητήρες μπορεί να επηρεαστούν από άλλες μορφές ακτινοβολίας. Παρακάτω αναλύονται διάφορα συστήματα αισθητήρων που ανήκουν σε αυτές τις δύο κατηγορίες.

5.3.1 Ενεργοί αισθητήρες

- Ο αισθητήρας ραντάρ (Radio Detection and Ranging) λειτουργεί με τη χρήση ενός πομπού που εκπέμπει παλμούς ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε ραδιοσυχνότητες ή συχνότητες μικροκυμάτων, καθώς και ενός δέκτη που μετρά τον χρόνο άφιξης της ακτινοβολίας που ανακλάται.
- Ο σκατερόμετρος (Scatterometer) αναφέρεται σε έναν υψηλής συχνότητας αισθητήρα ραντάρ μικροκυμάτων που σχεδιάστηκε ειδικά για τη μέτρηση της ακτινοβολίας. Οι μετρήσεις του χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία χαρτών ταχύτητας και κατεύθυνσης των ανέμων στην επιφάνεια.

Ο αισθητήρας LIDAR (Light Detection and Ranging) χρησιμοποιεί έναν ενισχυμένο λέιζερ για να εκπέμπει ένα παλμό φωτός, και έναν δέκτη με ευαίσθητους ανιχνευτές για τη μέτρηση της ανακλώμενης ακτινοβολίας του φωτός.

- Laser υψομέτρου: Αυτή η συσκευή υψομέτρησης με χρήση laser είναι ικανή να μετρήσει το ύψος ενός αντικειμένου πάνω από την επιφάνεια της γης, επιτρέποντας την προσδιορισμό της τοπογραφίας της επιφάνειας αυτής.

5.3.2 Παθητικοί αισθητήρες:

- Ραδιόμετρο: Ένα όργανο που μετρά ποσοτικά την ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε μια συγκεκριμένη περιοχή μήκους κύματος στο φάσμα.
- Φασματικές κάμερες: Αυτές οι κάμερες είναι ικανές να καταγράφουν εικόνες σε διάφορα μήκη κύματος της εισερχόμενης ακτινοβολίας. Μπορούν να είναι πολυφασματικές, υπερφασματικές ή ultra-φασματικές, ανάλογα με την ανάλυση των διαθέσιμων μήκων κύματος.
- Φωτογραφικό ραδιόμετρο: Ένα ραδιόμετρο που παράγει μια δισδιάστατη συστοιχία pixels που αποτελεί την εικόνα.
- Φασματόμετρο: Ένα σύστημα που σχεδιάστηκε για την ανίχνευση, τη μέτρηση και την ανάλυση του φασματικού περιεχομένου της εισερχόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.
- Φασματοραδιόμετρο: Ένα ραδιόμετρο που μπορεί να μετρήσει την ένταση της ακτινοβολίας σε πολλές περιοχές μήκους κύματος.

5.4 Μετρήσεις με δείκτες

Δεδομένου ότι κάθε αντικείμενο αλληλεπιδρά διαφορετικά με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, είναι εύκολο να διακρίνουμε μεταξύ τους. Αυτή η διάκριση ονομάζεται φασματική υπογραφή του αντικειμένου. Συγκεκριμένα, η φασματική υπογραφή ορίζεται ως η ακτινοβολία που αντανακλάται από μια επιφάνεια σε διάφορα μήκη κύματος.

Για τις μετρήσεις στην τηλεπισκόπηση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα όργανα, όπως ένα φασματόμετρο, αλλά η πιο κοινή μέθοδος είναι ο χωρισμός της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε πράσινο, κόκκινο, μπλε και κοντινό υπέρυθρο μέρος του φάσματος, όπως αποτυπώνεται από ψηφιακές κάμερες. Ωστόσο, οι πιο ακριβείς μετρήσεις γίνονται με τη χρήση δεικτών. Ορισμένοι δείκτες μπορούν να δημιουργηθούν από διάφορους συνδυασμούς φασματικών πληροφοριών. Για παράδειγμα, οι δείκτες που αναφέρονται στη βλάστηση χρησιμοποιούνται για να εκτιμηθεί η υγεία της βλάστησης.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι ακριβέστερες μετρήσεις γίνονται με βάση τους δείκτες. Ο πιο σημαντικός δείκτης είναι ο NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), που χρησιμοποιείται στη γεωργία και μετρά την κανονιστοποιημένη διαφορά βλάστησης, παίρνοντας τιμές από -1 (καμία κάλυψη βλάστησης) έως 1 (πλήρης κάλυψη από βλάστηση). Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται για μέτρηση χαρακτηριστικών όπως η βιομάζα και η συγκέντρωση χλωροφύλλης. Υπάρχει επίσης ο δείκτης NDSI (Normal Difference Soil Index), που αφορά την κανονισποίηση της διαφοράς του εδάφους και χρησιμοποιείται για μετρήσεις εδαφικών χαρακτηριστικών. Επιπλέον, υπάρχει ο δείκτης κανονισποίησης διαφοράς νερού, γνωστός ως NDWI (Normal Difference Water Index), που χρησιμοποιείται για μέτρηση χαρακτηριστικών του νερού. Αυτοί οι δείκτες είναι οι βασικότεροι και από αυτούς προέκυψαν οι παρακάτω δείκτες. Υπάρχει επίσης ο NVMI (Normal Vegetation Moisture Index), που ορίζεται ως δείκτης για το πόσο υγρασία έχει η βλάστηση. Ο SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) είναι επίσης ένας δείκτης που αφορά τη ρύθμιση της βλάστησης σε σχέση με το έδαφος. Υπάρχει επίσης ο δείκτης SR ή RVI (Simple Ratio Vegetation Index), που είναι δείκτης αναλογικής βλάστησης. Ο GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) ορίζεται ως δείκτης κανονιστοποιημένης διαφοράς βλάστησης στο πράσινο. Τέλος, υπάρχουν οι δείκτες CVI (Chlorophyll Vegetation Index) και NBRI (Normalized Burn Ratio Index), όπου ο πρώτος αναφέρεται στη χλωροφύλλη της βλάστησης και ο δεύτερος στην κανονιστοποιημένη αναλογία καύσης.

Αυτοί οι δείκτες αντιπροσωπεύουν μόνο ένα μικρό μέρος των διαθέσιμων δεικτών στην τηλεπισκόπηση, καθένας από τους οποίους υπολογίζει τις απαιτούμενες μετρήσεις για την

κατανόηση της τηλεπισκόπησης. Ωστόσο, υπάρχει αυξανόμενη ανάγκη για τη δημιουργία νέων δεικτών που θα βελτιώσουν την ακρίβεια και θα βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση των οικοσυστημάτων μέσω της τηλεπισκόπησης.

6.1 Επεξεργασία εικόνας από μη επανδρωμένα αεροσκάφη

Στο ακόλουθο κεφάλαιο αναλύεται ο τρόπος απόκτησης εικόνων μέσω αεροσκαφών χωρίς πλήρωμα πλήρωμα (Drones) και UAV (Unmanned Aerial Vehicles). Αυτές οι εικόνες στη συνέχεια υποβάλλονται σε επεξεργασία για ερμηνεία. Στο πλαίσιο αυτής της ερμηνείας, χρησιμοποιούνται βοηθητικά στοιχεία, όπως ο τόνος, το χρώμα, το μέρος, το σχήμα, ο χρόνος, το μέγεθος, το ύψος, η υφή, η σκιά και το πρότυπο.

Η ανάλυση και επεξεργασία εικόνας ακολουθεί μια σειρά βημάτων. Το πρώτο βήμα είναι η γεωμετρική διόρθωση, που περιλαμβάνει αναφορά στο σύστημα συντεταγμένων, διόρθωση της εικόνας και δημιουργία μωσαϊκού. Στη συνέχεια, ακολουθεί η βελτίωση της εικόνας, με τη διόρθωση των εκτροπών, την ενίσχυση της αντίθεσης και το φιλτράρισμα της εικόνας. Στη συνέχεια, γίνεται ο μετασχηματισμός της εικόνας, με τη συμμετοχή των δεικτών βλάστησης και την ανάλυση της εικόνας σε κύριες συνιστώσες. Έπειτα, ακολουθεί η κατηγοριοποίηση της εικόνας και η εφαρμογή στερεοσκοπίας και φωτογραμμετρικής ανάλυσης. Κατά τη φωτογραμμετρική ανάλυση, δημιουργούνται απλές στερεοσκοπικές εικόνες, εφαρμόζεται ψηφιακή στερεοσκοπία, πραγματοποιείται στερεοσκοπική μέτρηση και χαρτογράφηση, και τελειώνει με τη δημιουργία ενός μοντέλου ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου (DEM).

6.2 Μη επανδρωμένα αεροσκάφη

Οι αναπτύξεις στον τομέα των μη επανδρωμένων αεροσκαφών έχουν επαναστατήσει την έξυπνη γεωργία. Αυτά τα αεροσκάφη βοηθούν τους αγρότες να πραγματοποιήσουν το όνειρό τους, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να ελέγχουν απομακρυσμένα τα χωράφια τους. Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη είναι ικανά να λαμβάνουν αεροφωτογραφίες και βίντεο, κρατώντας τους αγρότες ενήμερους για την πρόοδο των καλλιεργειών τους. Επιπλέον, οι εξελίξεις στις τεχνολογίες απεικόνισης σημαίνουν ότι δεν υπάρχουν πλέον περιορισμοί σε ορατό φως και στατικές φωτογραφίες. Οι κάμερες των συστημάτων είναι σε θέση να καλύπτουν όλο το φάσμα, από την τυπική φωτογραφική απεικόνιση έως την υπέρυθρη, υπεριώδη και ακόμη και υπερφυσική απεικόνιση. Με αυτόν τον τρόπο, οι αγρότες μπορούν

να επανεξετάσουν τα δεδομένα και να μεταβούν στο χωράφι τους μόνο όταν υπάρχει πραγματική ανάγκη.

Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη, γνωστά και ως drones, έχουν εμφανιστεί ως μία από τις πιο ελπιδοφόρες τεχνολογίες στην έξυπνη γεωργία. Παρέχουν τη δυνατότητα για πιο αποτελεσματικό και στοχευμένο ψεκασμό φυτοφαρμάκων, αλλά ελάχιστοι αγρότες στην Ευρώπη εκμεταλλεύονται αυτήν την τεχνολογία, πιθανώς λόγω έλλειψης γνώσης στον τομέα. Η χρήση των drones για την παρακολούθηση των αγρών και την ανίχνευση υγρασίας και έλλειψης θρεπτικών συστατικών στις καλλιέργειες έχει τεράστιες δυνατότητες για τους αγρότες. Ο προηγμένος εξοπλισμός των drones επιτρέπει την απεικόνιση με ελάχιστη λεπτομέρεια, που δεν μπορεί να ανιχνεύσει το ανθρώπινο μάτι, επιτρέποντας στους αγρότες να προβαίνουν σε θεραπεία πριν οι καλλιέργειες επηρεαστούν σημαντικά. Για παράδειγμα, στις Ηνωμένες Πολιτείες, τα drones χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των κοπαδιών, ανιχνεύοντας ασυνήθιστες θερμοκρασίες σώματος και άλλες συνθήκες. Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη διαθέτουν επίσης φωτογραφικούς αισθητήρες που είναι κατάλληλοι για την ανάλυση βιοχημικών διεργασιών. Η χρήση τους είναι ευέλικτη, εύκολη και κατανοητή ακόμη και από αγρότες με χαμηλή εκπαίδευση. Επιτρέπουν γρήγορη ανίχνευση προβλημάτων και επιτρέπουν στους αγρότες να παρεμβαίνουν στις καλλιέργειες τους οποιαδήποτε στιγμή. Ένα από τα θετικά των αεροσκαφών αυτών στην έξυπνη γεωργία είναι η μείωση των εισροών, καθώς επιτρέπει τη χορήγηση φαρμάκων, λιπασμάτων και άλλων εισροών μόνο όταν είναι απαραίτητο. Τέλος, η οργάνωση της παραγωγής σε συνδυασμό με τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας καθιστούν τα αεροσκάφη αυτά σημαντικούς συνεργάτες στην έξυπνη γεωργία.

7.1 U.A.V. (Unmanned Aerial Vehicles)

Τα αναπτυσσόμενα αεροσκάφη χωρίς πλήρωμα (UAV) αποτελούν μια ευρύτερη κατηγορία οχημάτων που ονομάζονται Unmanned Vehicles (U.V.), και περιλαμβάνουν αεροσκάφη που εκτελούν αποστολές στον αέρα, στο έδαφος, στη θάλασσα και στο διάστημα. Συγκεκριμένα, τα UAV αναφέρονται στα αεροσκάφη που μπορούν να κινηθούν χωρίς πλήρωμα εντός τους. Παρόλα αυτά, η πτήση τους ελέγχεται από χειριστή που βρίσκεται στο έδαφος μέσω τηλεχειρισμού, ενώ μπορεί να υπάρχει και δυνατότητα αυτόνομης πτήσης με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών και αισθητήρων που βρίσκονται εντός του αεροσκάφους. Οι κατηγοριοποιήσεις των UAV περιλαμβάνουν τη βιομιμητική πτήση (biomimetic) ή την πτήση με φτερά, τα αερόστατα που χρησιμοποιούν μπαλόνι με αέρα ή ηλιοφάνεια και τα ελικοφόρα αεροσκάφη που περιλαμβάνουν ελικόπτερα, quadrotor, coaxial και σταθερού πτερυγίου

UAV. Επίσης, μια άλλη κατηγοριοποίηση μπορεί να γίνει με βάση τον τρόπο έναρξης και τερματισμού πτήσης, περιλαμβάνοντας κάθετη απογείωση και προσγείωση, συμβατική απογείωση και προσγείωση, προσγείωση με τη βοήθεια του χεριού, απογείωση με τη βοήθεια καταπέλτη, προσγείωση με τη βοήθεια αλεξίπτωτου και προσγείωση με τη βοήθεια δικτυού. Η αρχιτεκτονική των συστημάτων UAV περιλαμβάνει έναν υπολογιστή UAV, αισθητήρες UAV, ένα σύστημα τροφοδοσίας και διανομής ενέργειας, ένα σύστημα αυτόματου πιλότου με αντίστοιχους αισθητήρες και GPS, καθώς και έναν σταθμό χειρισμού UAV που επικοινωνεί με το UAV και ελέγχεται από τον χειριστή. Ο υπολογιστής UAV ελέγχει τη λειτουργία του UAV, λαμβάνει και επεξεργάζεται δεδομένα από τον αυτόματο πιλότο για τη σωστή λειτουργία του UAV, επικοινωνεί με τον σταθμό χειρισμού εδάφους ασύρματα και ελέγχει τους κινητήρες που χειρίζονται τα πτερύγια. Οι αισθητήρες UAV περιλαμβάνουν συνήθως κάμερες που συλλέγουν πληροφορίες για την εκτέλεση των αποστολών τους. Τέλος, τα UAV έχουν αυξηθεί σημαντικά στη χρήση τους στην έξυπνη γεωργία λόγω του χαμηλού κόστους και της ανάγκης για διαρκή παρακολούθηση των καλλιεργειών, προκειμένου να αντιμετωπίζονται προβλήματα κατά τον πρώιμο εντοπισμό τους. Έτσι, οι νέοι αγρότες ενσωματώνουν την έξυπνη γεωργία στην πρακτική τους.

7.2 Ανάλυση αποτελεσματικής ροής εργασιών με τη χρήση Drone

Στο πρώτο στάδιο, γίνεται η αναγνώριση του πεδίου με τη χρήση διάφορων καμερών, όπως RGB, NIR, RE, MultiSpec και Θερμικές κάμερες. Στη συνέχεια, γίνεται ο σχεδιασμός και οργάνωση της πτήσης, η εκτέλεση της πτήσης και τέλος, η συλλογή των δεδομένων για περαιτέρω επεξεργασία.

Στο δεύτερο στάδιο, γίνεται η ανάλυση και ο εντοπισμός σημείων ενδιαφέροντος. Αφού γίνει μια γρήγορη επεξεργασία στο πεδίο που διαρκεί περίπου 10-15 λεπτά, δημιουργείται ο δείκτης NDVI που επισημαίνει περιοχές που απαιτούν περαιτέρω εξέταση, φασματικές ανωμαλίες με υψηλή ανάκλαση αλλά και χαμηλή ανάκλαση.

Στο τρίτο στάδιο, πραγματοποιείται έρευνα και παρατήρηση στον τόπο. Τα δεδομένα μεταφέρονται σε ένα έξυπνο τηλέφωνο με τη χρήση δωρεάν εφαρμογών. Στη συνέχεια, πλοηγούμαστε με τη χρήση του GPS της συσκευής και εντοπίζουμε τις κατάλληλες περιοχές. Τέλος, παρατηρούμε την κατάσταση των φυτών, λαμβάνοντας φωτογραφίες από το έδαφος και συλλέγοντας δείγματα.

Τέταρτο στάδιο: Ανάλυση και Αξιολόγηση. Σε αυτήν τη φάση, ο αγρότης συνεργάζεται με έναν γεωπόνο για να αναλύσουν το πρόβλημα, να αξιολογήσουν τη σοβαρότητά του και να σχεδιάσουν ένα σχέδιο δράσης για την εντοπισμό του προβλήματος.

Πέμπτο στάδιο Σύνδεση ευρημάτων και σχεδιασμός σχεδίου δράσης. Η σύνδεση των παρατηρήσεων στο πεδίο με τους αποτελέσματα, η δημιουργία νέων χαρτών με ταξινόμηση βάσει των ευρημάτων, η διαίρεση της περιοχής σε ζώνες και ο σχεδιασμός του σχεδίου δράσης (χρήση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων κ.λπ.) αποτελούν μέρος αυτού του βήματος.

Έκτο στάδιο: Υλοποίηση σχεδίου δράσης. Σε αυτήν τη φάση, εφαρμόζεται το σχέδιο δράσης, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η έκταση και η ένταση των φαινομένων. Τελικά, πραγματοποιείται έλεγχος για την αποτελεσματικότητα και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

7.3 Χρήσεις των drones στην έξυπνη γεωργία

- Ανάλυση Εδάφους:

Τα drones μπορούν να αποδειχθούν κρίσιμα σημαντικά από την αρχή του κύκλου ζωής κάθε καλλιέργειας. Δημιουργούν ακριβείς δισδιάστατους και τρισδιάστατους χάρτες που βοηθούν στην οργάνωση των δειγματοληψιών του εδάφους, καθώς και στον σχεδιασμό της σποράς ή της μεταφύτευσης. Μετά την εφαρμογή των σπόρων, μόνο ένας αεροπορικός έλεγχος της καλλιέργειας μπορεί να παρέχει άμεσα και πολύτιμα δεδομένα τόσο για την αποδοτικότητα της εφαρμογής των σπόρων όσο και για τον περαιτέρω σχεδιασμό της άρδευσης και της λίπανσης.

- Φύτευση:

Έχουν ήδη δημιουργηθεί εταιρείες που αναπτύσσουν καινοτόμους τρόπους φύτευσης με στόχο την αύξηση της αποδοτικότητας και τη μείωση του κόστους. Χρησιμοποιώντας ρομποτικά οχήματα, τα οποία εκμεταλλεύονται τους χάρτες που παράγονται από τα αεροσκάφη χωρίς πιλότο, πραγματοποιούν τη φύτευση κάθε σπόρου στη βέλτιστη θέση, παρέχοντάς του ταυτόχρονα όλα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για τη διατήρηση της ζωής.

- Ψεκασμοί:

Η χρήση προηγμένων συστημάτων μέτρησης αποστάσεων επιτρέπει στα αεροσκάφη χωρίς πιλότο να ακολουθούν τον τοπίο του εδάφους, διατηρώντας σταθερό ύψος. Με τη χρήση

δισδιάστατων χαρτών, που δημιουργούνται από το ίδιο ή άλλο αεροσκάφος μέσω τηλεπισκόπησης, το αεροσκάφος μπορεί να εφαρμόζει το απαιτούμενο ποσοστό ζιζανιοκτόνου με ακρίβεια και χωρική προσαρμογή, ρυθμίζοντας τόσο το ύψος όσο και την ποσότητα του ψεκαζόμενου υλικού ανάλογα με την τοποθεσία στον αγρού. Το αποτέλεσμα είναι η αύξηση της αποδοτικότητας κάθε ψεκασμού με ταυτόχρονη μείωση της ποσότητας ζιζανιοκτόνου που εισέρχεται στο περιβάλλον και του κόστους για τον αγρότη. Πράγματι, ειδικοί επισημαίνουν ότι ο αεροψεκασμός με χρήση αεροσκαφών χωρίς πιλότο είναι έως πέντε φορές πιο αποτελεσματικός από τα μέσα που χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα.

- Παρακολούθηση καλλιεργειών:

Η έλλειψη κατάλληλων μέσων παρακολούθησης των καλλιεργειών αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα εμπόδια για την αύξηση της παραγωγικότητας. Οι προκλήσεις εντείνονται λόγω της συνεχούς αβεβαιότητας των καιρικών συνθηκών, που επηρεάζουν το μικροκλίμα και αυξάνουν τον κίνδυνο και το κόστος της γεωργικής παραγωγής. Μέχρι πρότινος, η δορυφορική εικόναση ήταν η μοναδική μέθοδος για την παρακολούθηση των καλλιεργειών μας. Ωστόσο, η χρήση δορυφόρων συνεπάγεται πολλές δυσκολίες - οι εικόνες πρέπει να ζητούνται μεγάλο διάστημα πριν, μπορούν να ληφθούν μόνο μία φορά την ημέρα, η ανάλυσή τους είναι χαμηλή για να είναι χρήσιμες και οι ατμοσφαιρικές παρεμβολές επηρεάζουν την ποιότητα των δεδομένων κατά τη λήψη. Επιπλέον, οι δορυφορικές υπηρεσίες είναι ακριβές και δεν είναι διαθέσιμες παντού. Ένας από τους κύριους τομείς εφαρμογής των αεροσκαφών χωρίς πιλότο στη γεωργία είναι η παρακολούθηση των καλλιεργειών, καθώς τα δεδομένα που παρέχουν τα αεροσκάφη επιτρέπουν την εφαρμογή της Γεωργίας Ακρίβειας και προσφέρουν, για πρώτη φορά στην ιστορία, τη δυνατότητα προληπτικής αντιμετώπισης ασθενειών και ελλείψεων στις καλλιέργειές μας.

- Άρδευση:

Ειδικά αεροσκάφη χωρίς πιλότο και εξοπλισμένα με οπτικούς, πολυφασματικούς ή θερμικούς αισθητήρες μπορούν με ακρίβεια να εντοπίσουν τα σημεία σε μια καλλιέργεια που απαιτούν περισσότερο νερό και να δημιουργήσουν εξειδικευμένους χάρτες για τις υψομετρικές διαφορές και τη μορφολογία του εδάφους, προκειμένου να βοηθήσουν στον αποτελεσματικό σχεδιασμό της άρδευσης για κάθε καλλιέργεια ξεχωριστά. Ακόμα και κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης της καλλιέργειας, η δυνατότητα υπολογισμού εξειδικευμένων δεικτών βλάστησης, οι οποίοι αντικατοπτρίζουν τη βιομάζα και την υγεία της καλλιέργειας, επιτρέπει να καταλήγουμε σε έμμεσα συμπεράσματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα της άρδευσης και να παρεμβαίνουμε όπου είναι αναγκαίο.

- Εκτίμηση Υγείας:

Η ικανότητά μας να αξιολογούμε συνεχώς την υγεία της καλλιέργειας μας και να ανιχνεύουμε εγκαίρως πιθανές ασθένειες είναι ζωτικής σημασίας. Με τη χρήση αεροσκαφών χωρίς πιλότο και συσκευών που ανιχνεύουν το οπτικό και υπέρυθρο φάσμα του φωτός, μπορούμε να παρατηρήσουμε ποια φυτά αντανakλούν διαφορετικές ποσότητες κόκκινου, πράσινου και κυρίως υπέρυθρου φωτός. Αυτά τα δεδομένα, μετά από κατάλληλη επεξεργασία, μας παρέχουν πολυφασματικές απεικονίσεις που αντικατοπτρίζουν τις αλλαγές στη βιομάζα και την υγεία των φυτών. Μια έγκαιρη παρέμβαση, με βάση αυτά τα δεδομένα, μπορεί να σώσει ολόκληρες καλλιέργειες. Επιπλέον, σε περίπτωση εντοπισμού ασθένειας, οι παραγωγοί μπορούν να εφαρμόσουν στοχευμένα ψεκασμούς και να παρακολουθήσουν την πορεία της παρέμβασής τους με ασύγκριτη ακρίβεια.

Αυτές οι καινοτόμες εφαρμογές ανοίγουν νέες προοπτικές στη διαχείριση των καλλιεργειών, στην πληροφόρηση και την λήψη αποφάσεων, καθώς και στον οργανωμένο σχεδιασμό της αγροτικής παραγωγής. Ακόμα και σε περιπτώσεις απωλειών, ο παραγωγός θα μπορεί να έχει τη δυνατότητα να καταγράψει και να τεκμηριώσει τα γεγονότα αποτελεσματικότερα.

8.1 Η ρομποτική στην έξυπνη γεωργία

Οι αυτοματοποιημένες μηχανές έφτασαν για να επαναστατήσουν στον τομέα της έξυπνης γεωργίας. Παρότι λειτουργούν με λιγότερη ταχύτητα από τους ανθρώπους, έχουν τη δυνατότητα να εργάζονται αδιάκοπα για 24 ώρες χωρίς κούραση, καθιστώντας τις σημαντικούς συνεργάτες για τους αγρότες που τις επιλέγουν. Σε αυτήν την ενότητα περιγράφονται ορισμένες ρομποτικές μηχανές καθώς και οι τρόποι με τους οποίους αυτές οι μηχανές συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας της αγροτικής παραγωγής.

Η ρομποτική και η έξυπνη γεωργία συνεργάζονται για να επιτύχουν βέλτιστα αποτελέσματα στην παραγωγή των γεωργικών προϊόντων. Ο όρος 'ρομποτική' αναφέρεται στη χρήση αυτοκινούμενων μηχανών και υπάρχει εδώ και πολλά χρόνια, αλλά πρόσφατα έχει εστιαστεί στη δημιουργία μικρότερων μηχανημάτων που μπορούν να λειτουργούν στο γεωργικό περιβάλλον. Ο στόχος των ρομποτικών μηχανών που υποστηρίζουν την έξυπνη γεωργία είναι να κατέχουν τεχνογνωσία που τους επιτρέπει να προβλέπουν τις ενέργειες των γεωργών υπό οποιοσδήποτε συνθήκες, αναλύοντας και ελέγχοντας αυτές τις ενέργειες μηχανικά. Ωστόσο, οι ρομποτικές αυτές μηχανές πρέπει επίσης να είναι ικανές να διαχειρίζονται τα μεμονωμένα φυτά, αναγνωρίζοντας τις ανάγκες τους και ενεργώντας ανάλογα. Αυτά τα οχήματα μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα υπό ανεξάρτητες καιρικές

συνθήκες, ανιχνεύοντας και ελέγχοντας αυτόματα κάθε εργασία, αν και λόγω της χαμηλής τους ταχύτητας απαιτείται η χρήση επανδρωμένου ελκυστήρα. Η Ιαπωνία αποτελεί ένα πρότυπο για τέτοιου είδους μηχανές. Εξαιτίας της έλλειψης ενδιαφέροντος των νέων για την γεωργία, η ρομποτική τεχνολογία έχει κερδίσει σημαντική σημασία στην προσπάθεια να καταστεί πιο ελκυστική για τους νέους αγρότες. Έχει δοθεί έμφαση στην ενσωμάτωση υψηλής τεχνολογίας στις ρομποτικές μηχανές, προκειμένου να τραβήξουν το ενδιαφέρον των νέων. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο μέσος όρος ηλικίας των γεωργών στην Ιαπωνία είναι 63 ετών, έχουν ληφθεί σοβαρά μέτρα για να ενσωματωθεί η νεολαία στη γεωργία, παρέχοντας τη δυνατότητα στους νέους να εκμεταλλευτούν εφαρμογές αυτόνομων οχημάτων μέσω των ιαπωνικών πανεπιστημίων. Το λογισμικό και ο τεχνολογικός εξοπλισμός για τη δημιουργία ρομποτικών μηχανών είναι ήδη διαθέσιμα, αλλά έχει αναγνωριστεί η ανάγκη για ένα ολοκληρωμένο σύστημα τεχνητής νοημοσύνης που να είναι προσαρμοσμένο στα γεωργικά δεδομένα. Είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό ότι η χρήση αυτών των μηχανών, που έχουν γνώση των αναγκών των φυτών, θα συμβάλλει στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, καθώς θα μειωθούν οι αναγκαίες εισροές και η περιβαλλοντική ρύπανση, καθώς και το κόστος εργασίας. Ο νέος στόχος στην ανάπτυξη ρομποτικών μηχανών για έξυπνη γεωργία είναι η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, πράγμα που μπορεί να επιτευχθεί μέσω της δημιουργίας μικρότερων, πιο αποδοτικών οχημάτων που μπορούν να λειτουργούν σε διάφορες συνθήκες. Οι τρεις βασικές λειτουργίες που εκτελούνται με τη χρήση αυτών των μηχανών είναι η σπορά, η φροντίδα των φυτών και η συγκομιδή.

8.2 Εγκατάσταση της σποράς

Μια από τις σημαντικότερες διαδικασίες πριν από την εγκατάσταση των σπόρων είναι το όργωμα, που αναφέρεται στην προετοιμασία του εδάφους για την καλλιέργεια του σπόρου. Επειδή απαιτεί πολύ χρόνο και προσπάθεια, μια ευκολότερη λύση για τους αγρότες είναι η χρήση ενός μικρού ρομποτικού οχήματος που μπορεί να επεξεργαστεί μόνο το σημείο του εδάφους όπου τοποθετείται ο σπόρος για την ανάπτυξή του. Αυτό το σημείο απαιτεί υγρασία, νερό και θρεπτικά στοιχεία. Έπειτα, ακολουθεί η διαδικασία της χαρτογράφησης, όπου καταγράφεται η γεωγραφική θέση του σπόρου κατά την εισαγωγή του στο έδαφος. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει τη χρήση ενός RTK-GPS στον σπορέα και υπέρυθρων αισθητήρων που τοποθετούνται κάτω από το σπορτικό μηχανήμα. Όταν ο σπόρος πέφτει στο έδαφος, αλληλεπιδρά με τους υπέρυθρους αισθητήρες, καθώς τους τέμνει, και στέλνει εντολή στη συσκευή καταγραφής να καταγράψει τη θέση και την κατεύθυνση του σπορτικού μηχανήματος. Ένα απλό κινηματικό μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καταγραφεί η

ακριβής θέση του σπόρου. Όλες αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για στοχευμένες δράσεις κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας. Τέλος, είναι σημαντικό να μπορούμε να ανιχνεύουμε τη θέση όπου δεν έχει φυτευτεί σπόρος και να προβούμε σε αντικατάστασή του, μια διαδικασία που ονομάζεται επανασπορά.

8.3 Φροντίδα της σποράς

Η συλλογή αξιόπιστων πληροφοριών για την πρόοδο της φυτικής ανάπτυξης είναι κρίσιμη για την επιτυχία μιας γεωργικής παραγωγής. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ενός αυτοματοποιημένου συστήματος που εκμεταλλεύεται κατάλληλους αισθητήρες, όπως πολυφασματικούς αισθητήρες, για να αναλύει πληροφορίες σχετικά με την υγεία και την κατάσταση των καλλιεργούμενων φυτών. Επίσης, σημαντική είναι η ανίχνευση και χαρτογράφηση των ζιζανίων, καθώς επηρεάζουν την υγεία των φυτών. Αυτή η διαδικασία μπορεί να γίνει μέσω της αναγνώρισης της αυξημένης φυλλικής επιφάνειας εκτός των σπόρων, του σχήματος των ζιζανίων (βάσει ενός προκαθορισμένου προτύπου που χρησιμοποιείται για την αναγνώριση του ανθρώπινου προσώπου) ή του χρώματος. Μετά τη χαρτογράφηση, δημιουργείται ένας χάρτης ζιζανίων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της υγείας των φυτών, ενώ παράλληλα μας επιτρέπει να γνωρίζουμε ποιες περιοχές του αγρού παρουσιάζουν αυξημένη παρουσία ζιζανίων. Η πληροφορία αυτή μας επιτρέπει να λαμβάνουμε κατάλληλα μέτρα για την εξάλειψή τους, όπως η χρήση μικροψεκασμού που επιτρέπει την απευθείας εφαρμογή σε συγκεκριμένα φύλλα των ζιζανίων για την εξόντωσή τους. Επιπλέον, η ανίχνευση ζιζανίων με τη χρήση οπτικών αισθητήρων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ακριβή κατεύθυνση εφαρμογής ακροφυσίων που εξουδετερώνουν τα ζιζάνια, επιτρέποντας έτσι σημαντική οικονομία στη χρήση ζιζανιοκτόνων.

8.4 Συγκομιδή της σποράς

Η αποτελεσματική συγκομιδή της σποράς με τη χρήση ρομποτικών μηχανών, οι οποίες διευκολύνουν τη διαδικασία, πραγματοποιείται με επιλεκτικό τρόπο. Συγκεκριμένα, επιλέγονται μόνο συγκεκριμένα τμήματα του αγρού που βρίσκονται σε κατάλληλη φάση ωρίμανσης για συγκομιδή, αποφεύγοντας τη μαζική συγκομιδή όλων ταυτόχρονα και την ανάμειξη ανεντολής στάδιας ωρίμανσης. Η επιλεκτική αυτή συγκομιδή γίνεται με τη χρήση αισθητήρων που αναγνωρίζουν την ποιότητα της καλλιέργειας και καθορίζουν ποια περιοχή είναι έτοιμη για συγκομιδή, αφήνοντας τις υπόλοιπες να συνεχίσουν την ωρίμανσή τους.

9.1 Εφαρμογές έξυπνης γεωργίας στα εσπεριδοειδή

Οι καλλιεργητές εσπεριδοειδών αντιμετωπίζουν προβλήματα λόγω της αυξανόμενης παρουσίας παρασίτων και ασθενειών στις καλλιέργειές τους. Είναι αναγκαίο να διαθέτουν γρήγορα και ακριβή εργαλεία για την έγκαιρη ανίχνευση αυτών των προβλημάτων, προκειμένου να βελτιώσουν την ακρίβεια και την επίκαιρη διαχείρισή τους. Συνήθως, τα αγροχημικά που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή εσπεριδοειδών εφαρμόζονται ομοιόμορφα με τη χρήση συμβατικού εξοπλισμού ψεκασμού, παρά το γεγονός ότι οι παθογόνοι οργανισμοί συνήθως διανέμονται ασυνεχώς. Η ομοιόμορφη εφαρμογή αυτών των αγροχημικών οδηγεί στη χρήση απόλυτα αγροχημικά σε περιοχές όπου δεν υπάρχει ανάγκη, δημιουργώντας οικονομικά και περιβαλλοντικά προβλήματα, καθώς και μόλυνση των τροφίμων. Η ταχεία εξέλιξη νέων τεχνολογιών και ο διαρκώς μεταβαλλόμενος κόσμος του διαδικτύου παρέχουν μια μοναδική ευκαιρία για την ανάπτυξη έξυπνων γεωργικών συστημάτων ακριβείας. Οι τεχνολογικές προόδους στην τεχνητή νοημοσύνη (AI) και τη μηχανική μάθηση έχουν δημιουργήσει τη δυνατότητα ανάπτυξης έξυπνων γεωργικών τεχνολογιών για την ακριβή διαχείριση ζιζανίων, παρασίτων και ασθενειών. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται διάφορα παραδείγματα αναδυόμενων τεχνολογιών στον τομέα των εσπεριδοειδών.

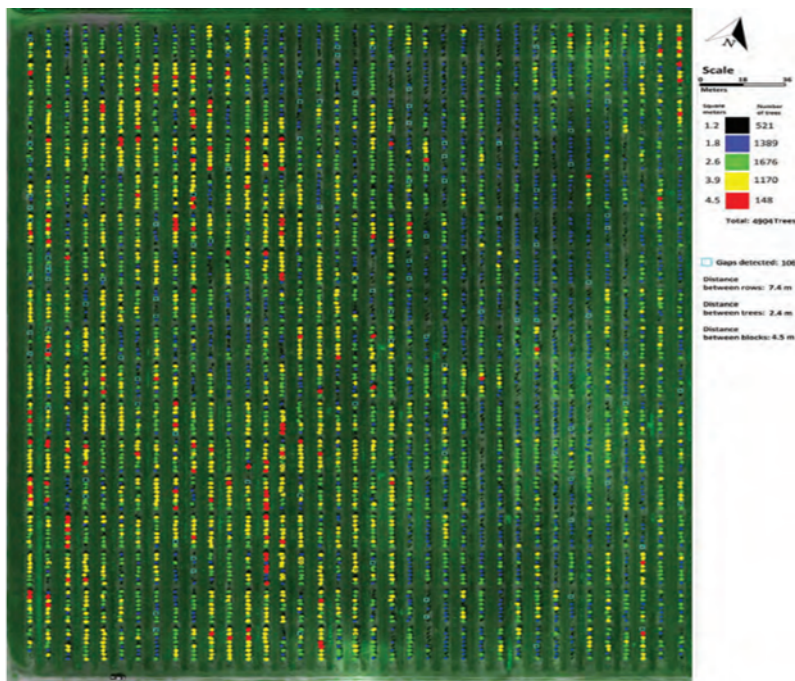
9.2 Εφαρμογές UAV

Οι παραδοσιακές μέθοδοι αξιολόγησης των φαινοτύπων των φυτών, όπως η χειροκίνητη δειγματοληψία, είναι συχνά χρονοβόρες και απαιτούν εργασία. Οι έρευνες πεδίου για την ανίχνευση ζιζανίων, ασθενειών και την αξιολόγηση της υγείας των φυτών απαιτούν επίσης σημαντικούς πόρους και πολύ χρόνο. Πρόσφατα, έχουν εμφανιστεί μικρά μη επανδρωμένα αεροσκάφη (UAVs) με διάφορους αισθητήρες που αποτελούν οικονομικές λύσεις για γρήγορη και ακριβή αξιολόγηση των φαινοτύπων. Τα UAVs μπορούν να παρέχουν στους καλλιεργητές ένα οικονομικό εργαλείο για τη συνεχή παρακολούθηση της υγείας των καλλιεργειών, την εκτίμηση των αναγκών των φυτών σε νερό και ακόμη και την ανίχνευση ασθενειών. Επίσης, προσφέρουν μια γρήγορη μέθοδο απόκτησης εικόνων υψηλής ανάλυσης και έχουν εξεταστεί για γεωργικές εφαρμογές. Ένα παράδειγμα είναι η πρόσφατη ανάπτυξη μιας τεχνικής που βασίζεται σε UAVs με πολυφασματική απεικόνιση και τεχνητή νοημοσύνη, η οποία μπορεί να :

- Ανιχνεύσει και καταμετρήσει την γεωγραφική τοποθεσία των εσπεριδοειδών και των κενών δέντρων (περιοχές με νεκρά ή απουσία δέντρων)

- Κατηγοριοποιήσει τα δέντρα βάσει του μεγέθους του κοίλου τους (απογραφή των φυτών)
- Δημιουργήσει ατομικούς χάρτες για την κατάσταση υγείας των δέντρων (χάρτες δείκτη υγείας)
- Αξιολογήσει τις ποικιλίες των εσπεριδοειδών και των υποκειμένων.

Εικ.10 Χάρτης ανίχνευσης δέντρων



https://crec.ifas.ufl.edu/media/crecifasufledu/extension/extension_publications/2019/2019_june_precision.pdf

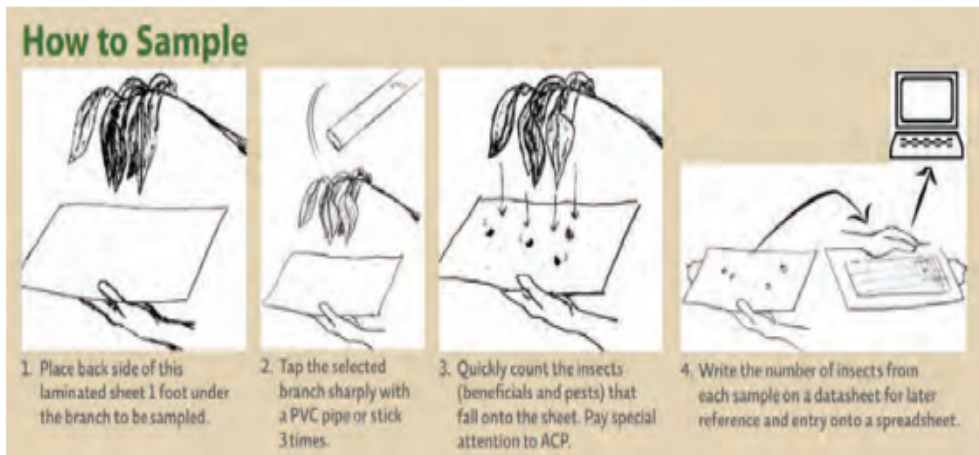
Η Εικόνα 10 παρουσιάζει έναν παραγόμενο χάρτη ανίχνευσης δέντρων με τη χρήση αυτής της τεχνικής. Ο χάρτης απεικονίζει τον αριθμό των ανιχνευθέντων δέντρων και το μέγεθος του κοίλου τους, καθώς και τον αριθμό των δέντρων που ανήκουν σε κάθε κατηγορία μεγέθους κοίλου και των κενών δέντρων. Επίσης, παρέχει αναλύσεις πεδίου, όπως η απόσταση μεταξύ των σειρών δέντρων, η απόσταση μεταξύ των δέντρων και η απόσταση μεταξύ των διαφορετικών τμημάτων του χωραφιού. Όλες αυτές οι παράμετροι παράγονται αυτόματα από τον αναπτυγμένο αλγόριθμο. Η μέθοδος αυτή ανιχνεύει δέντρα με συνολική ακρίβεια 99,8% και κενά δέντρων με ακρίβεια 94,2%. Επίσης, εκτιμά με ακρίβεια άνω του 85% την ατομική επιφάνεια του κοίλου των δέντρων σε σύγκριση με τις χειροκίνητες μετρήσεις.

9.3 Αυτοματοποιημένη παρακολούθηση

Οι νέες γεωργικές τεχνολογίες ακριβείας μπορούν να βοηθήσουν στον αποτελεσματικό εντοπισμό και διαχείριση των παρασίτων και ασθενειών στη γεωργία. Για παράδειγμα, αναπτύχθηκε ένα αυτοματοποιημένο σύστημα, που χρησιμοποιεί τεχνητή νοημοσύνη, για

την παρακολούθηση του ασιατικού ψυλλίδιου εσπεριδοειδών (ACP) σε ελαιώνες. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για την παρακολούθηση των πληθυσμών του ACP, προκειμένου να αποφασιστεί αν χρειάζεται ψεκασμός. Από αυτές τις μεθόδους, η τεχνική της δειγματοληψίας βρύσης έχει αποδειχθεί ως ένα γρήγορο και αξιόπιστο εργαλείο για την αξιολόγηση του αριθμού των ACP που βρίσκονται στον θόλο των δέντρων. Αυτή η τεχνική έχει υιοθετηθεί από το Τμήμα Γεωργίας και Καταναλωτικών Υπηρεσιών της Φλόριντα, τμήμα της Βιομηχανίας Φυτών, ως αναπόσπαστο μέρος του Προγράμματος Ανταπόκρισης στην Υγεία των Εσπεριδοειδών. Η δειγματοληψία με χρήση στρόφιγγας περιλαμβάνει το χτύπημα τυχαίου κλαδιού με ένα ραβδί και την καταμέτρηση των ενηλίκων ACP που πέφτουν σε ένα πλαστικοποιημένο φύλλο που κρατιέται από κάτω (Εικόνα 11).

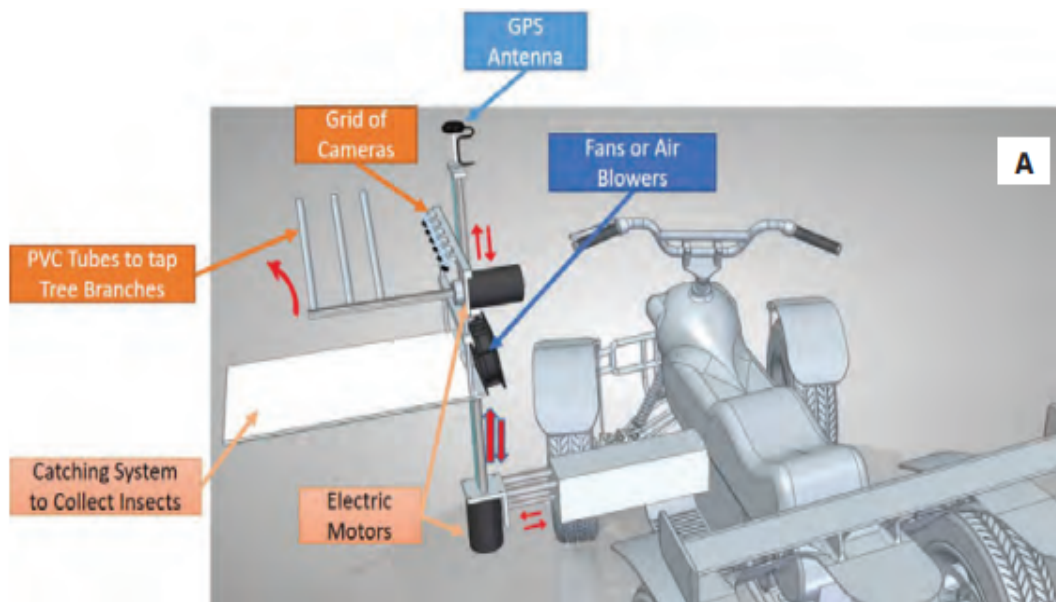
Εικ.11 Δειγματοληψία με χρήση στρόφιγγας



https://crec.ifas.ufl.edu/media/crecifasufledu/extension/extension%20publications/2019/2019_june_precision.pdf

Αυτή η μέθοδος έχει αυτοματοποιηθεί με την ανάπτυξη ενός έξυπνου και οικονομικά αποδοτικού συστήματος για τον εντοπισμό, τη διάκριση, την καταμέτρηση και τον γεωγραφικό εντοπισμό των πληθυσμών του ACP σε εσπεριδοειδή. Αυτό το νέο και φορητό σύστημα περιλαμβάνει ένα μηχανισμό χτύπηματος για να χτυπήσει τα κλαδιά ενός δέντρου, ώστε τα έντομα να πέσουν σε μια σανίδα με ένα πλέγμα καμερών που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή και επεξεργασία των εικόνων (Εικόνα 12). Ένας μοναδικός αλγόριθμος, βασισμένος στην τεχνητή νοημοσύνη, έχει αναπτυχθεί για να αναγνωρίζει και να μετρά τα ενήλικα ACP.

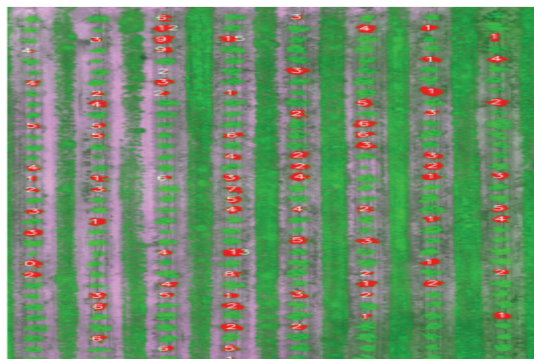
Εικ.12 Δειγματοληψία με νέα μέθοδο



https://crec.ifas.ufl.edu/media/crecifasufledu/extension/extension%20publications/2019/2019_june_precision.pdf

Το παραπάνω σύστημα μπορεί να δημιουργήσει έναν χάρτη που απεικονίζει τα εντοπισμένα δέντρα και τους αριθμούς των ACP ανά δέντρο, προσφέροντας έτσι μια καλύτερη οπτικοποίηση των συλλεγμένων δεδομένων. Τα δεδομένα που συλλέγονται από την ανίχνευση των ACP μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία χαρτών που είναι συμβατοί με εξοπλισμό ακριβείας, οι οποίοι επιτρέπουν την εφαρμογή της κατάλληλης ποσότητας φυτοφαρμάκου μόνο στις περιοχές που απαιτείται όπως φαίνεται στην εικόνα 13.

Εικ.13 Ανίχνευση και μέτρηση των φρούτων

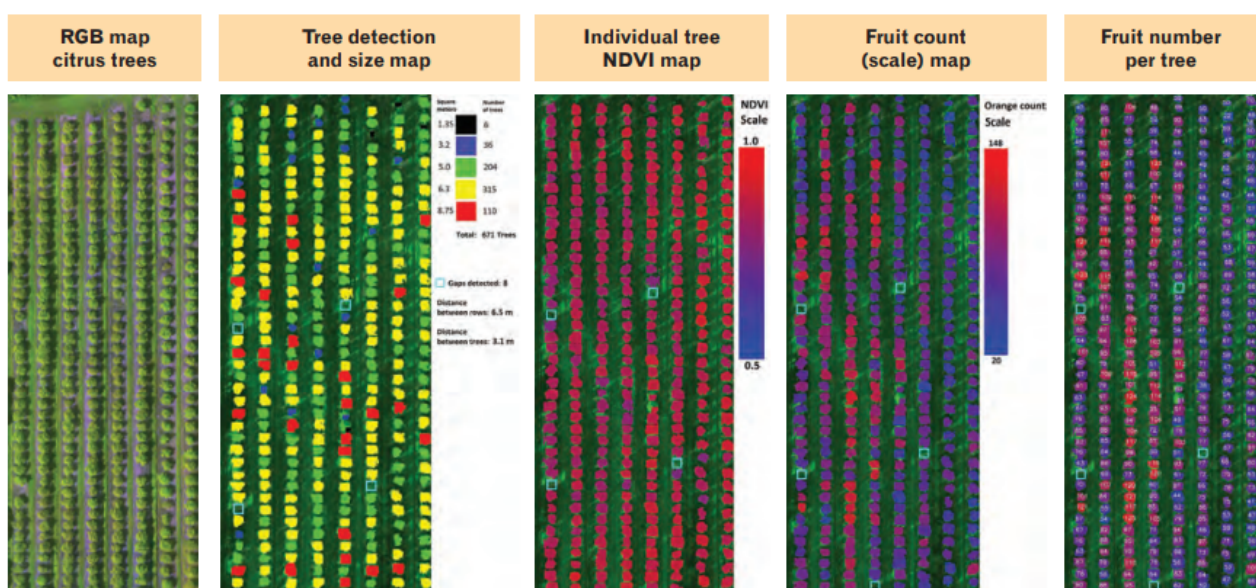


https://crec.ifas.ufl.edu/media/crecifasufledu/extension/extension-publications/2019/2019_june_precision.pdf

Επιπλέον, οι τεχνολογίες που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση και μέτρηση των φρούτων (τόσο ωρίμων όσο και ανώριμων) στα εσπεριδοειδή.

Τέλος, η εικόνα 14 παρουσιάζει χάρτες εσπεριδοειδών που δημιουργήθηκαν με τη χρήση ολοκληρωμένων συστημάτων εδάφους και UAV, τα οποία μπορούν να μετρήσουν τα δέντρα, τα κενά δέντρων, το μέγεθος των δέντρων, τον αριθμό των καρπών ανά δέντρο και να παράγουν δείκτες τάσης για κάθε δέντρο.

Εικ.14 Χάρτες εσπεριδοειδών



https://crec.ifas.ufl.edu/media/crecifasufledu/extension/extension-publications/2019/2019_june_precision.pdf

9.4 Παροχή ακριβής ποσότητας νερού

Καθώς τα εσπεριδοειδή απαιτούν σημαντικές ποσότητες νερού για την ανάπτυξη και την παραγωγή καρπών, είναι σημαντικό να εξοικονομείται το νερό και να εφαρμόζεται με ακρίβεια με τους εξής τρόπους:

1. Αισθητήρες υγρασίας εδάφους: Αισθητήρες τοποθετούνται στο έδαφος γύρω από τα εσπεριδοειδή για τη μέτρηση της υγρασίας του εδάφους σε πραγματικό χρόνο. Οι αισθητήρες αυτοί συνήθως είναι συνδεδεμένοι με ένα δίκτυο IoT.
2. Παρακολούθηση των δεδομένων: Τα δεδομένα από τους αισθητήρες μεταδίδονται σε ένα κεντρικό σύστημα παρακολούθησης. Εδώ γίνεται η συλλογή και η ανάλυση των δεδομένων.

3. Αποφάσεις ποτίσματος: Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα υγρασίας εδάφους και τις προβλέψεις καιρού, οι γεωργοί μπορούν να πάρουν ακριβείς αποφάσεις σχετικά με το πότισμα. Αν, για παράδειγμα, οι αισθητήρες δείξουν ότι το έδαφος είναι ξηρό, το σύστημα μπορεί να ενεργοποιήσει αυτόματα τον σύστημα ποτίσματος.
4. Ακριβές ποτίσματος: Τα συστήματα ποτίσματος μπορούν να ρυθμίζονται ακριβώς για να παρέχουν την ακριβή ποσότητα νερού που χρειάζονται τα εσπεριδοειδή. Αυτό συνεισφέρει στη μείωση της σπατάλης νερού και την εξοικονόμηση πόρων.
5. Προσαρμογή στις συνθήκες: Καθώς οι συνθήκες όπως η θερμοκρασία, οι προβλέψεις καιρού και η φάση της φύτευσης αλλάζουν, το σύστημα μπορεί να προσαρμοστεί αυτόματα για να παρέχει την καλύτερη ποσότητα νερού σε κάθε στιγμή.

Με αυτόν τον τρόπο, η έξυπνη γεωργία συμβάλλει στην βελτιστοποίηση της ποιότητας και της παραγωγικότητας των εσπεριδοειδών, παράλληλα με την εξοικονόμηση πόρων όπως το νερό και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

9.5 Πρόβλεψη ασθενειών

Η πρόβλεψη των ασθενειών είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της υγείας και της παραγωγικότητας των φυτών. Ας αναλύσουμε αυτήν τη διαδικασία λίγο περισσότερο:

1. Αισθητήρες και παρακολούθηση φυτών: Στα εσπεριδοειδή εγκαθίστανται αισθητήρες που παρακολουθούν την υγεία και την ανάπτυξη των φυτών. Αυτοί οι αισθητήρες μετρούν διάφορες παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, η υγρασία του αέρα και άλλα δεδομένα που σχετίζονται με την υγεία των φυτών.
2. Συλλογή δεδομένων και ανάλυση: Τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες μεταδίδονται σε ένα κεντρικό σύστημα παρακολούθησης. Εκεί, τα δεδομένα αναλύονται χρησιμοποιώντας τεχνικές μηχανικής μάθησης και ανάλυσης δεδομένων.
3. Αναγνώριση ασθενειών και επιδημιών: Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες, το σύστημα μπορεί να αναγνωρίσει την πιθανή εμφάνιση ασθενειών ή επιδημιών στα φυτά. Αυτό μπορεί να γίνει με βάση τις αλλαγές στις παραμέτρους που μετρούν οι αισθητήρες, όπως η υψηλή θερμοκρασία ή η υγρασία που είναι άκυρη για την υγεία των φυτών.
4. Ειδοποιήσεις και δράση: Αν το σύστημα ανιχνεύσει ύποπτες αλλαγές στην υγεία των φυτών, μπορεί να εκδίδει αυτόματες ειδοποιήσεις στους γεωργούς. Οι γεωργοί μπορούν να λάβουν μέτρα για να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα, όπως την εφαρμογή φυτοπροστασίας ή άλλων απαραίτητων μέτρων για την προστασία των φυτών.

5. Βελτίωση της παραγωγικότητας: Η πρόληψη και η έγκαιρη αντίδραση σε ασθένειες και επιδημίες βοηθούν στη διατήρηση υψηλής παραγωγικότητας, καθώς αποτρέπουν την εξάπλωση των προβλημάτων που μπορεί να προκαλέσουν ζημιές στην παραγωγή και τις καλλιέργειες.

Συνολικά, η πρόβλεψη ασθενειών και επιδημιών στα εσπεριδοειδή μέσω της έξυπνης γεωργίας βοηθά στην προστασία των φυτών και την εξασφάλιση της υψηλής παραγωγικότητας και της ποιότητας των καρπών.

9.6 Αυτόματη συλλογή και ταξινόμηση καρπών

Αυτή η διαδικασία αυτοματοποιεί τη συλλογή των καρπών, μειώνοντας την ανθρώπινη εργασία και βελτιώνοντας την απόδοση και την ακρίβεια της διαδικασίας. Ας δούμε πώς λειτουργεί αυτή η διαδικασία αναλυτικά:

1. Εγκατάσταση ρομποτικών συστημάτων: Σε μια εσπεριδοκαλλιέργεια εγκαθίστανται ρομποτικά συστήματα που είναι σχεδιασμένα για τη συλλογή των καρπών. Αυτά τα ρομποτικά συστήματα μπορεί να είναι αυτοκινούμενα ή απομακρυσμένα ρομπότ που κινούνται στο έδαφος.
2. Αισθητήρες και μηχανισμοί αναγνώρισης: Τα ρομποτικά συστήματα είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες που μπορούν να αναγνωρίσουν τους καρπούς που είναι έτοιμοι για συλλογή. Αυτοί οι αισθητήρες μπορεί να αναγνωρίζουν το χρώμα, το μέγεθος, την ωρίμανση και άλλα χαρακτηριστικά των καρπών.
3. Συλλογή των καρπών: Τα ρομπότ συλλέγουν τους καρπούς που έχουν αναγνωρίσει ως έτοιμους για συλλογή. Αυτό μπορεί να γίνει με τη χρήση μπράτσων, αναρριχητικών συστημάτων, ή άλλων μηχανισμών που μπορούν να αφαιρέσουν τους καρπούς από τα δέντρα.
4. Ταξινόμηση: Αφού συλλεχθούν οι καρποί, τα ρομποτικά συστήματα μπορούν να τους ταξινομήσουν βάσει διαφόρων κριτηρίων, όπως το μέγεθος, το βάρος, το χρώμα, και άλλα. Αυτό είναι σημαντικό για τη διάχυση των καρπών στην αγορά με βάση τις προδιαγραφές που ζητούνται.
5. Αυτοματοποιημένη συσκευασία και μεταφορά: Οι καρποί που έχουν ταξινομηθεί μπορούν να αυτοματοποιημένα συσκευαστούν σε συγκεκριμένα δοχεία και να μεταφερθούν σε ειδικές συσκευασίες για τη μεταφορά στην αγορά.

Αυτή η αυτοματοποιημένη διαδικασία συλλογής και ταξινόμησης των καρπών με τη χρήση ρομποτικών συστημάτων εξοικονομεί χρόνο και εργασία, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα την υψηλή ποιότητα των προϊόντων και τη συμμόρφωση προς τις προδιαγραφές της αγοράς.

9.7 Ενίσχυση λήψης αποφάσεων

Τα GIS είναι πολύ χρήσιμα εργαλεία για την επιλογή και την ανάλυση της γεωγραφικής πληροφορίας που σχετίζεται με τα εσπεριδοειδή. Ας αναλύσουμε αυτήν τη διαδικασία αναλυτικά:

1. Συλλογή γεωγραφικών δεδομένων: Αρχικά, γίνεται η συλλογή γεωγραφικών δεδομένων σχετικά με την καλλιέργεια και το περιβάλλον της. Αυτά τα δεδομένα περιλαμβάνουν την τοποθεσία των φυτειών, την τοπογραφία του εδάφους, το κλίμα, τις προβλέψεις καιρού, τη χρήση του νερού, και πολλά άλλα.
2. Ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων: Χρησιμοποιώντας λογισμικό GIS, τα γεωγραφικά δεδομένα αναλύονται για να αναδειχθούν πρότυπα, τάσεις και ανωμαλίες που μπορεί να επηρεάζουν τα εσπεριδοειδή. Για παράδειγμα, μπορεί να αναλυθεί πώς οι διάφοροι παράγοντες όπως η υγρασία του εδάφους, η θερμοκρασία και η τοπογραφία επηρεάζουν την απόδοση των φυτών.
3. Λήψη αποφάσεων: Τα αποτελέσματα της ανάλυσης GIS βοηθούν τους γεωργούς να λαμβάνουν ενημερωμένες αποφάσεις σχετικά με την διαχείριση της καλλιέργειάς τους. Για παράδειγμα, μπορεί να καθοριστεί η βέλτιστη τοποθεσία για την φύτευση, οι περιοχές που χρειάζονται περισσότερο νερό, ή οι περιοχές που χρήζουν πρόληψης από ασθένειες.
4. Προγραμματισμός και διαχείριση: Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης GIS, οι γεωργοί μπορούν να προγραμματίσουν τις δραστηριότητές τους με ακρίβεια. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των ημερών συλλογής των καρπών, τη διαχείριση του ποτίσματος και της λίπανσης, και άλλες καλλιεργητικές δραστηριότητες.

Η χρήση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS) στην εσπεριδοκαλλιέργεια ενισχύει τη διαχείριση των φυτών και των καλλιεργητικών δραστηριοτήτων, βελτιώνοντας την παραγωγικότητα, την αποδοτικότητα και την ποιότητα των καρπών, ενώ ταυτόχρονα μειώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

10.1 Η ΕΞΥΠΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η εφαρμογή της έξυπνης γεωργίας στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια έχει παρουσιάσει ανοδική τάση, χαρακτηρίζοντας την ως μια σειρά τεχνολογιών που συνδυάζονται, παρά μια

ενιαία τεχνολογία. Οι διάφορες τεχνολογίες αξιοποιούνται με σκοπό την ενίσχυση της ενημέρωσης στον γεωργικό τομέα, με στόχο τη μείωση της αβεβαιότητας των αγροτών στη λήψη αποφάσεων. Οι αγρότες συγκεντρώνουν δεδομένα, συχνά σε μορφή αναφοράς σοδειάς και πιθανώς πιο λεπτομερής δεδομένα για το έδαφος και το περιβάλλον. Έπειτα, αυτά τα δεδομένα αναλύονται για τη δημιουργία εφαρμογών διαχείρισης της παραγωγικής διαδικασίας και τα αποτελέσματα ποσοτικοποιούνται στον αναφορικό χάρτη για την επόμενη σεζόν. Αυτός είναι ο κύκλος εφαρμογής της νέας γεωργίας που αναλύεται παρακάτω. Στην Ελλάδα, έχει επίσης παρατηρηθεί αύξηση της παραγωγικότητας τα τελευταία χρόνια, χάρη στην εξέλιξη των φυτών λόγω της αυξημένης χρήσης χημικών προϊόντων, φαρμάκων, λιπασμάτων και ύδατος για άρδευση. Ωστόσο, παρά τα οφέλη που παρέχουν στα φυτά, αυτές οι πρακτικές μπορούν να προκαλέσουν περιβαλλοντικές ζημιές. Ο στόχος είναι να βελτιωθεί αυτό το κομμάτι στα επόμενα χρόνια. Αναμφίβολα, η αξιολόγηση όσων αναφέρθηκαν στην παρούσα εργασία έχει θετικά αποτελέσματα για τη χρήση της νέας γεωργίας, καθιστώντας την επωφελή για όποιον την υιοθετήσει. Η Ελλάδα έχει μεγάλες προοπτικές για την ανάπτυξη της νέας γεωργίας, καθώς διαθέτει πλούσιο γεωγραφικό περιβάλλον. Ωστόσο, οι αγρότες πρέπει να προσαρμοστούν και να αποκτήσουν βασικές γνώσεις για τη χρήση των συσκευών, προκειμένου να αξιοποιήσουν πλήρως τα πλεονεκτήματα της.

10.2 Γενική εισαγωγή

Η εξέλιξη της προηγμένης γεωργίας στην Ελλάδα αυξάνει συνεχώς τον αντίκτυπό της, αν και η πρώτη εφαρμογή της πραγματοποιήθηκε στις αρχές της δεκαετίας του '90 στις Ηνωμένες Πολιτείες και τη Βρετανία. Αρχικά, η έξυπνη γεωργία εφαρμοζόταν στα σιτηρά και στη συνέχεια διευρύνθηκε στον αμπελώνα. Σε σύγκριση με άλλες χώρες, η επικράτηση της έξυπνης γεωργίας στην Ελλάδα καθυστέρησε να γίνει γνωστή, καθώς η χώρα έχει μικρές γεωργικές εκμεταλλεύσεις και οι αγρότες, λόγω του χαμηλού επιπέδου εκπαίδευσης, είναι πιο προσκολλημένοι σε παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής και επιδοτήσεις προϊόντων. Επίσης, η έξυπνη γεωργία καθυστέρησε να εξαπλωθεί στις χώρες της Νότιας Ευρώπης, ειδικά στις καλλιέργειες των φρούτων και των λαχανικών, λόγω της έλλειψης ανεπτυγμένης τεχνολογίας εφαρμογής των μεθόδων της έξυπνης γεωργίας.

Στην Ελλάδα, η πρώτη γνωστή εφαρμογή της έξυπνης γεωργίας πραγματοποιήθηκε το φθινόπωρο του 2001 σε καλλιέργεια βαμβακιού. Η εγκατάσταση ενός αισθητήρα έγινε σε μια βαμβακοσυλλεκτική μηχανή δύο σειρών και παράλληλα δημιουργήθηκαν οι πρώτοι χάρτες παραγωγής. Οι πρώτες εφαρμογές πραγματοποιήθηκαν από το Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας σε συνεργασία με το ΙΧΤΕΛ του ΕΘΙΑΓΕ και

την εταιρεία Παπαοικονόμου ΑΕΒΕ, η οποία παρέχει τους αισθητήρες. Το Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας συνέχισε την έρευνα με εφαρμογές στο βαμβάκι και αργότερα σε σιτηρά (καλαμπόκι και σκληρό σιτάρι), ενώ από το 2005 ξεκίνησε εκτεταμένες εφαρμογές σε καλλιέργειες υψηλής αξίας όπως μήλα, αμπέλι, ελιές και αχλάδια, καθώς και σε ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης αγροκτημάτων και ρομποτικής. Συνολικά, στην χώρα μας πραγματοποιήθηκαν και εξακολουθούν να πραγματοποιούνται πολλές έρευνες από πολλά πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα, καθώς είναι σημαντικό να προωθηθεί η έξυπνη γεωργία στον αγροτικό τομέα.

Στο παρελθόν, η έξυπνη γεωργία αντιμετώπιζε μείωση των εκτάσεων καλλιεργούμενης γης, που οδηγούσε σε αύξηση της γεωργίας κατά 70% για να καλυφθεί η ζήτηση. Ωστόσο, η επίτευξη αυτού του στόχου είναι δύσκολη λόγω των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και της αύξησης των ακραίων καιρικών φαινομένων. Η έξυπνη γεωργία αντιμετώπισε καθυστέρηση στην ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών λόγω της ανεμπλοκής τους με ακραίες καιρικές συνθήκες, την ευαισθησία τους στη ρύπανση, τους κραδασμούς και την έκθεσή τους στον ήλιο. Αυτά τα θέματα απαιτούσαν χρόνο για να επιλυθούν και να προσαρμοστούν οι ηλεκτρονικές συσκευές σε αυτές τις συνθήκες. Ένα άλλο πρόβλημα που προέκυψε και εξακολουθεί να υπάρχει είναι η μερική εκπαίδευση των αγροτών, η οποία δυσχεραίνει την κατανόηση της χρησιμότητας της έξυπνης γεωργίας και δυσκολεύει γενικότερα την εκπαίδευσή τους στα νέα τεχνολογικά εργαλεία. Ο αγροτικός πληθυσμός είναι συντηρητικός και αντιμετωπίζει δυσκολίες στην αποδοχή νέων τεχνολογιών, ιδίως λόγω της μεγάλης ηλικίας τους. Είναι προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι αγρότες των αναπτυσσόμενων χωρών λόγω της μείωσης των επιδοτήσεων και του αυξανόμενου ανταγωνισμού. Μια λύση είναι η εκμηχάνιση των εργασιών για να μειωθεί η εξάρτηση από την ανθρώπινη εργασία και να μειωθούν τα κόστη.

Οι νέες τεχνολογίες μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση πόρων και να περιορίσουν την ανθρώπινη εργασία και τα έξοδα. Η παραγωγή πιστοποιημένων προϊόντων υψηλής διατροφικής αξίας και ασφάλειας μπορεί να διαφοροποιήσει και να καταξιώσει τον αγρότη. Ο στόχος είναι η ελαχιστοποίηση των εισροών για την προστασία του περιβάλλοντος και η διατήρηση του αγροτικού τοπίου. Η γεωργία πρέπει να συμβάλει στη διατήρηση των περιορισμένων φυσικών πόρων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τροφίμων και πρώτων υλών. Επιπλέον, η γεωργία μπορεί να συμβάλει στην κάλυψη μέρους των αναγκών ενέργειας, όπως για τα καύσιμα μεταφορών.

10.3 Αλλαγές που θα επιφέρει το έξυπνο χωράφι

Η πρώτη και βασική αλλαγή που θα φέρει το έξυπνο χωράφι είναι η αυτόνομη και ρομποτική εργασία. Καθώς η αντικατάσταση της ανθρώπινης εργασίας με αυτοματοποίηση είναι μια αυξανόμενη τάση σε πολλές βιομηχανίες, ισχύει και στην έξυπνη γεωργία. Οι περισσότερες πτυχές της γεωργίας αποτελούνται από επαναλαμβανόμενα και τυποποιημένα καθήκοντα, καθιστώντας την ιδανική για ρομποτική και αυτοματοποίηση. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τρακτέρ χωρίς οδηγό, τα οποία αποτελούν την καρδιά μιας αγροτικής εκμετάλλευσης και εκτελούν ποικίλες εργασίες, ανάλογα με τις ανάγκες της εκμετάλλευσης. Με την προώθηση των αυτόνομων τεχνολογιών οδήγησης, τα τρακτέρ αποτελούν μία από τις πρώτες μηχανές που πρέπει να μετατραπούν σε αυτόνομες. Παρόλα αυτά, εξακολουθεί να χρειάζεται ανθρώπινη παρέμβαση για τη δημιουργία τοπογραφικών χαρτών χωραφιού και ορίων, τον προγραμματισμό βέλτιστων διαδρομών και άλλων λειτουργικών συνθηκών, καθώς και για επισκευές και συντηρήσεις. Ωστόσο, οι αυτόνομοι ελκυστήρες θα εξελιχθούν και θα γίνουν ικανότεροι και αυτοσυντηρούμενοι με την πάροδο του χρόνου, ειδικά με την προσθήκη επιπλέον μηχανών και συστημάτων μηχανικής όρασης, GPS πλοήγησης, συστημάτων IoT για απομακρυσμένη παρακολούθηση και λειτουργία ραντάρ για ανίχνευση και αποφυγή εμποδίων. Όλες αυτές οι τεχνολογικές εξελίξεις θα μειώσουν σημαντικά την ανάγκη ανθρώπινης επιβλεψής των μηχανημάτων αυτών.

Η διαδικασία της σποράς έχει βελτιωθεί με τη χρήση μηχανών σποράς, οι οποίες επιτρέπουν την ταχεία κάλυψη μεγαλύτερου εδάφους σε σύγκριση με τον ανθρώπινο παράγοντα. Ωστόσο, αυτές οι μηχανές συχνά χρησιμοποιούν ανακριβείς και αποδεκατισμένες μεθόδους διασκορπισμού σπόρων, οδηγώντας σε μη βέλτιστες τοποθεσίες για την τροφοδότηση των σπόρων. Για μια αποτελεσματική σπορά, απαιτείται έλεγχος δύο μεταβλητών: το βάθος φύτευσης των σπόρων και η κατάλληλη απόσταση μεταξύ τους, προκειμένου να εξασφαλιστεί η βέλτιστη ανάπτυξη. Ο εξοπλισμός σποράς έχει σχεδιαστεί για να μεγιστοποιεί αυτές τις μεταβλητές κατά την εκτέλεση της διαδικασίας. Ο συνδυασμός γεωμετρικών δεδομένων και αισθητήρων που αναλύουν την ποιότητα του εδάφους, την πυκνότητα, την υγρασία και τα επίπεδα θρεπτικών ουσιών απαιτεί πολλαπλές υποθέσεις κατά τη διαδικασία της σποράς. Με αυτόν τον τρόπο, εξασφαλίζεται η καλύτερη πιθανότητα φύτευσης και ανάπτυξης των σπόρων, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη συγκομιδή στο σύνολο της καλλιέργειας.

Καθώς η γεωργία προχωρά προς το μέλλον, οι υπάρχουσες μηχανές ακριβείας σποράς θα συνδυαστούν με αυτόνομους ελκυστήρες και συστήματα IoT που θα μεταφέρουν τις πληροφορίες πίσω στον αγρότη. Έτσι, ολόκληρα χωράφια θα μπορούν να φυτευτούν με τον τρόπο αυτό, με έναν μόνο αγρότη να παρακολουθεί τη διαδικασία μέσω βίντεο ή ψηφιακού πίνακα ελέγχου σε υπολογιστή ή tablet, ενώ πολλές μηχανές λειτουργούν ταυτόχρονα στο

χωράφι. Επιπλέον, η αυτόματη άρδευση, με τη χρήση προηγμένων αισθητήρων και δυνατοτήτων IoT, επιτρέπει συνεχή παρακολούθηση των επιπέδων υγρασίας και της υγείας των φυτών, επιτρέποντας στους αγρότες να επέμβουν μόνο όταν απαιτείται, ενώ το σύστημα λειτουργεί αυτόνομα. Η αντιμετώπιση των ζιζανίων είναι επίσης σημαντική για τη διατήρηση των καλλιεργειών.

10.4 Ποιος είναι ο στόχος

Ο έλεγχος των ζιζανίων και των παρασίτων αποτελεί σημαντική πτυχή στη διατήρηση των καλλιεργειών. Μια αναπτυσσόμενη τεχνολογία είναι η χρήση αυτόνομων ρομπότ για αυτές τις γεωργικές εργασίες. Έχει δημιουργηθεί ένα ρομπότ σε μέγεθος αυτοκινήτου που μπορεί να περιηγηθεί αυτόνομα στο χωράφι χρησιμοποιώντας βίντεο και δορυφορικό GPS. Μέσω μηχανικής μάθησης, το ρομπότ μπορεί να αναγνωρίσει τα ζιζάνια και να τα αφαιρέσει. Με την περαιτέρω εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης, αυτά τα ρομπότ θα μπορούν να αντικαταστήσουν πλήρως την ανθρώπινη παρέμβαση στην παρακολούθηση των καλλιεργειών και τη διαδικασία της εξάλειψης των ζιζανίων.

Ένα άλλο ρομπότ που έχει κατασκευαστεί λειτουργεί με διαφορετικό τρόπο. Αυτό το ρομπότ ρυμουλκείται πίσω από έναν ελκυστήρα και διαθέτει συστήματα απεικόνισης για την αναγνώριση μιας φθορίζουσας χρωστικής ουσίας που καλύπτει τους σπόρους κατά τη φύτευση. Στη συνέχεια, το ρομπότ αφαιρεί τα μη λαμπερά ζιζάνια. Αυτά τα ρομπότ σχεδιάστηκαν για να ελέγχουν τα ζιζάνια και να ανιχνεύουν εχθρούς και ασθένειες, χρησιμοποιώντας κατάλληλους αισθητήρες κάθε φορά.

Σχετικά με τη συγκομιδή, έχουν αναπτυχθεί μηχανές που είναι σε θέση να συγκομίζουν μηχανικά τους καρπούς και να είναι έτοιμες για συγκομιδή. Η ανάπτυξη τεχνολογίας που να είναι ικανή για ευαίσθητες εργασίες συγκομιδής, όπως η συλλογή καρπών από δέντρα ή λαχανικά, είναι ένας τομέας που επιδεικνύει πραγματικά τη δύναμη των υψηλής τεχνολογίας αγροκτήματων. Με προηγμένες κάμερες και αλγόριθμους αναγνώρισης χρώματος, σχήματος και θέσης, μηχανές αυτού του είδους μπορούν να εντοπίζουν και να συλλέγουν τα κατάλληλα προϊόντα για συγκομιδή.

Ο κύριος στόχος της έξυπνης γεωργίας είναι η μείωση της ανθρώπινης εργασίας και η αύξηση της παραγωγικότητας και της αποδοτικότητας. Με την ενσωμάτωση αυτόνομων ρομπότ στη γεωργία, επιδιώκεται η μείωση της εξάρτησης από τη χειρωνακτική εργασία και η ταυτόχρονη αύξηση της παραγωγής, της απόδοσης και της ποιότητας των προϊόντων. Ο αγρότης του μέλλοντος θα δαπανά το χρόνο του σε καθήκοντα όπως επισκευές μηχανημάτων, σωστή χρήση των ρομποτικών μηχανών, ανάλυση δεδομένων και αποτελεσματικό σχεδιασμό αγροτικών επιχειρήσεων. Για να επιτευχθεί αυτό, είναι

απαραίτητη η ύπαρξη μιας κατάλληλης βάσης αισθητήρων και συστημάτων IoT που θα επικοινωνούν μεταξύ τους και με τον αγρότη, ακόμη και όταν λειτουργούν αυτόνομα.

10.5 Ανάλυση αγοράς

Η πρώτη χώρα που έχει επενδύσει στην έξυπνη γεωργία είναι η Αμερική. Η έξυπνη γεωργία έχει απευθυνθεί σε ποσοστό περίπου 88% των αγροτών των Ηνωμένων Πολιτειών, εστιάζοντας κυρίως στις καλλιέργειες όπως το σιτάρι και το καλαμπόκι. Σχεδόν το ήμισυ της παραγωγής σε αυτές τις καλλιέργειες γίνεται με τη χρήση αισθητήρων. Την προηγούμενη δεκαετία, η χρήση συστημάτων παρακολούθησης απόδοσης αυξήθηκε από 10% έως 30% σε μεγάλες καλλιέργειες.

Στην Ευρώπη, η Δανία έχει ξεχωρίσει για την υιοθέτηση της έξυπνης γεωργίας στην παραγωγή σιτηρών, χρησιμοποιώντας κυρίως χάρτες και συστήματα αυτόματης παρακολούθησης. Επίσης, η Ολλανδία θεωρείται ο μεγαλύτερος εξαγωγέας γεωργικών προϊόντων στην Ευρώπη. Η Ολλανδία κατέχει την πρώτη θέση στην Ευρώπη και τη δεύτερη παγκοσμίως ως χώρα παραγωγής γεωργικών προϊόντων, με τις Ηνωμένες Πολιτείες να κατέχουν την πρώτη θέση παγκοσμίως.

Στην Ελλάδα, η ανάπτυξη της έξυπνης γεωργίας βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο. Τα τελευταία χρόνια όμως, υπάρχει μια προσπάθεια εφαρμογής της σε πολλούς κλάδους πρωτογενούς παραγωγής. Σε σύγκριση με την Ολλανδία, ο αγρότης στην Ελλάδα λαμβάνει περίπου 140€ ανά στρέμμα ετησίως, ενώ στην Ολλανδία αυτό το ποσό φτάνει τα 760€.

10.6 Είναι εφικτή η έξυπνη γεωργία στην Ελλάδα;

Πρόσφατα, η έξυπνη γεωργία έχει κερδίσει μεγάλη δημοτικότητα στην Ελλάδα. Σύμφωνα με μια πρόσφατη έρευνα στις Ηνωμένες Πολιτείες, αναμένεται η παγκόσμια αγορά γεωργίας ακριβείας να φτάσει τα 10 δισεκατομμύρια δολάρια έως το 2024 (Έκθεση Έρευνας, 2018). Ωστόσο, η Ελλάδα δεν ανήκει στις χώρες που αναφέρονται στον παγκόσμιο χάρτη της γεωργίας ακριβείας, αλλά άλλες χώρες όπως η Ινδία, η Κίνα, το Πακιστάν, η Αίγυπτος, η Ισπανία, η Γερμανία, η Γαλλία, το Μεξικό, η Αργεντινή, η Βραζιλία, οι Ηνωμένες Πολιτείες και ο Καναδάς.

Η έξυπνη γεωργία, επίσης γνωστή ως επιχειρησιακή γεωργία, αποτελεί μια στρατηγική διαχείρισης που χρησιμοποιεί τεχνολογίες για τη συλλογή πληροφοριών από πολλαπλές

πηγές σε επίπεδο αγρότη-αγροκτήματος. Αυτές οι πληροφορίες παρέχουν δεδομένα που σχετίζονται με τις αποφάσεις παραγωγής και συνδέονται με την αύξηση του εισοδήματος. Πρόσφατα, στην Ελλάδα αναφέρεται επίσης ο όρος "ευφυής γεωργία", αλλά δεν έχει ακόμη καθιερωθεί. Με βάση τις παραπάνω αναφορές για την έξυπνη γεωργία, συνοψίζεται ότι έχει ως στόχο τη βέλτιστη αποδοτικότητα παραγωγής, την οικονομική αποδοτικότητα, την ελαχιστοποίηση του κινδύνου και τη βελτίωση της ποιότητας της παραγωγής, μείωνοντας τη ρύπανση του εδάφους και των υπογείων υδάτων, καθώς και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η γεωργία ακριβείας βασίζεται σε τρεις βασικές αρχές: τη συγκέντρωση δεδομένων σε κατάλληλη κλίμακα και συχνότητα, την ερμηνεία και ανάλυση αυτών των δεδομένων, καθώς και την εφαρμογή διαχειριστικών λύσεων σε κατάλληλη κλίμακα και χρονικό πλαίσιο. Στην Ελλάδα, μια βασική προϋπόθεση για την επιτυχή εφαρμογή της έξυπνης γεωργίας είναι η παρατήρηση παραλλακτικότητας στα αγροτεμάχια, δηλαδή η ύπαρξη χωρικής διαφοροποίησης των χαρακτηριστικών και παραμέτρων της καλλιέργειας εντός του ίδιου χωραφιού, κάτι που συνήθως συμβαίνει στην Ελλάδα, αν και η έκταση των αγροτεμαχίων και γενικότερα της αγροτικής γης δεν είναι συνήθως μεγάλη.

Στην Ελλάδα, οι εφαρμογές της ακριβούς γεωργίας υλοποιούνται τα τελευταία περίπου δεκαπέντε χρόνια, κυρίως από πανεπιστημιακά ιδρύματα. Τα αποτελέσματα δείχνουν μείωση της κατανάλωσης νερού για άρδευση κατά μέσο όρο 30-50% σε καλλιέργειες όπως βαμβάκι, καλαμπόκι, σιτηρά, ελιές και άλλες, και αυτό θεωρείται πλέον εφαρμόσιμο σε επιχειρησιακό επίπεδο παγκοσμίως. Επιπλέον, έχει επιτευχθεί μείωση της κατανάλωσης λιπασμάτων κατά 30-40% χρησιμοποιώντας συστήματα μεταβλητής λίπανσης σε βαμβάκι, καλαμπόκι και έχει παρατηρηθεί ταυτόχρονη αύξηση της παραγωγής κατά μέσο όρο 10%, που εξακολουθεί να είναι σε ερευνητικό στάδιο σε παγκόσμιο επίπεδο.

10.7 Προοπτικές έξυπνης γεωργίας στην Ελλάδα

Το υψηλό κόστος των συστημάτων έξυπνης γεωργίας αντιπροσωπεύει ένα μειονέκτημα, ιδίως για τους Έλληνες αγρότες που δεν διαθέτουν μεγάλες γεωργικές εκτάσεις και δυσκολεύονται να αποβάλλουν γρήγορα το κόστος. Είναι σημαντικό η πολιτική ηγεσία της χώρας μας να παράσχει υποστήριξη στους ενδιαφερόμενους αγρότες στα πρώτα τους βήματα μέσω επιδοτήσεων. Ωστόσο, στο παρελθόν, οι επιδοτήσεις δόθηκαν στους αγρότες χωρίς να απαιτείται βελτίωση της παραγωγής τους, με αποτέλεσμα τη στασιμότητα σε όλα τα επίπεδα. Λόγω της οικονομικής κρίσης των τελευταίων ετών, αυτές οι επιδοτήσεις έχουν μειωθεί και οι αγρότες υποχρεούνται να διατηρούν λογιστικά βιβλία για τη φορολόγησή τους,

όπως συμβαίνει με όλες τις επιχειρήσεις της χώρας. Είναι προφανές ότι στα επόμενα χρόνια ο αγροτικός τομέας της χώρας θα υποχρεωθεί να προσαρμοστεί επειγόντως σε αυτές τις νέες συνθήκες και οι αγρότες θα αναζητήσουν εναλλακτικές τεχνολογίες. Είναι λογικό να πραγματοποιηθεί η έξυπνη γεωργία κυρίως από νεότερους αγρότες που είναι εξοικειωμένοι με τις νέες τεχνολογίες και μπορούν εύκολα να προσαρμοστούν. Ωστόσο, το υψηλό κόστος παραμένει ένα πρόβλημα, αλλά μπορεί να αντιμετωπιστεί με την αύξηση της ζήτησης και του ανταγωνισμού, καθώς οι προμηθευτές θα αναγκαστούν να προσφέρουν πιο οικονομικές λύσεις. Αυτή η εξέλιξη προσφέρει ελπίδες για αποδοτικές και επωφελείς παραγωγές στο μέλλον. Οι έρευνες έχουν δείξει ότι τεχνικές όπως η μεταβλητή δόση λιπασμάτων με απλό εξοπλισμό μπορούν να εφαρμοστούν, προσφέροντας σημαντική εξοικονόμηση των λιπασμάτων, τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά (20-50% μείωση). Είναι προφανές ότι η γεωργική έρευνα έχει κάνει τα απαραίτητα βήματα, και η μείωση των επιδοτήσεων θα αναγκάσει τους αγρότες να επικεντρωθούν στην αύξηση της παραγωγικότητας και τη μείωση του κόστους, ώστε να παραμείνουν ανταγωνιστικοί και να διατηρήσουν τις εργασίες τους. Αυτό θα απαιτήσει την εφαρμογή των νέων τεχνολογιών.

11.1 Συμπεράσματα

Η χρήση τεχνολογικών λύσεων όπως αισθητήρες, GPS και αυτόματα συστήματα ποτίσματος αποτελεί ανεκτίμητο εργαλείο για τη βελτίωση της παραγωγικότητας στην καλλιέργεια εσπεριδοειδών. Επιπλέον, η προσεκτική παρακολούθηση της υγείας των δένδρων και των καλλιεργειών συμβάλλει στην αύξηση της ποιότητας των προϊόντων. Η ακριβής διαχείριση του νερού και των λιπασμάτων επιφέρει εξοικονόμηση πόρων και προστατεύει το περιβάλλον.

Πέραν τούτου, η έξυπνη γεωργία επιτρέπει την πρόβλεψη κινδύνων όπως ασθένειες ή επιθέσεις από παράσιτα, επιτρέποντας την έγκαιρη αντιμετώπισή τους. Επιπλέον, οι νέες τεχνολογίες και οι δεδομένοι από τους αισθητήρες συμβάλλουν στην αναβάθμιση της γεωργικής παραγωγής εσπεριδοειδών, αυξάνοντας την ανταγωνιστικότητα των παραγωγών στην αγορά.

Συνολικά, η έξυπνη γεωργία προσφέρει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών που μπορούν να βελτιώσουν την παραγωγή, την ποιότητα και τη βιωσιμότητα της καλλιέργειας εσπεριδοειδών απαιτώντας λιγότερη εργασία από τον παραγωγό.

Βιβλιογραφία

- 1) Φουντάς, Σ., Γέμτος, Θ., 2015. Γεωργία ακριβείας. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/2670>
 - 2) Farmacorn : Γεωργία ακριβείας: βασικές τεχνολογίες και έννοιες , Χαρού Αναστασία , <https://blog.farmacon.gr/>
 - 3) Chen, D., Shams, S., Moreno, C. and Leone, A., 2010. Assessment of open source GIS software for water resources management in developing countries. *Journal Hydroenvironment Research*, 4(3), 253-264
 - 4) Lei, X., Wang, Y., Liao, W., Jiang, Y., Tian Y. and Wang, H., 2011. Development of efficient and cost-effective distributed hydrological modeling tool MWEasyDHM based on open-source MapWindow GIS. *Computers & Geosciences*, 37, 1476-1489.
 - 5) Reyns, P., Missotten, B., Ramon, H. and DeBaerdemaeker, J., 2002. A Review of Combine Sensors for Precision Farming. *Precision Agriculture*, 3, 169–182. 101
 - 6) Sethuramasamyraja, B., Sachidhanantham¹, S. and Wample, R., 2010. Geospatial modeling of wine grape quality indicators (anthocyanin) for development of differential wine grape harvesting technology .*International Journal of Geomatics and Geosciences*, 1(3), 372- 385.
 - 7) Thomasson J.A., Sui, R., Wright, G. C. and Robson, A. J., 2006. Optical peanut yield monitor: development and testing applied engineering in agriculture. Vol. 22(6): 809-818
 - 8) Bramley, R. G. V., 2005. Understanding variability in winegrape production systems 2 Within vineyard variation in quality over several vintages. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11, 33–45.
 - 9) Bramley, R. G. V., Pearse, B. and Chamberlain, P., 2003. Being profitable precisely – a case study of precision viticulture from Margaret River. *Australian & New Zealand Grape grower & Winemaker - Annual Technical Issue*, 473a, 84-87
 - 10) Bramley, R. G. V. and Hamilton, R. P., 2004. Understanding variability in wine grape production systems: Within vineyard variation in yield over several vintages *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 10, 32–45.
- 87
- 11) Missotten, B., 1998. Measurement systems for the mapping and the evaluation of crop production performance. *Doctoraatsproefschrift nr. 366 aan de Faculteit*.
 - 12) Pelletier, G and Upadyaya, K. S., 1999. Development of a tomato load/yield monitor. *Computers and Electronics in Agriculture* (23) 103-107.
 - 13) Perry, E. M., Dezzani, R.J., Seavert, C. F. and Pierce, F. J., 2010. Spatial variation in tree characteristics and yield in a pear orchard. *Precision Agriculture*, 11, 42-60.
 - 14) Pozdnyakova, L., Gimenez, D. and Oudemans, P. V., 2005. Spatial Analysis of cranberry yield at three scales. *Agronomy Journal*, 97, 49–57

15) Madsen, T. E. and Jakobsen, H. L. 2001. Mobile robot for weeding. MSc. Thesis. Danish Technical University (DTU), Lyngby, Denmark

16) Have et al., 2002. Autonomous weeders for Christmas tree plantations - a feasibility study. Pesticides Research Nr. 59 2002.

<http://www.miljoindflydelse.dk/udgiv/Publications/2002/87-7972-134-6/pdf/87-7972-135-4.pdf>

17) Neteler, M., Bowman, H., Landa, M. and Metz, M., 2012. GRASS GIS: A multi-purpose open source GIS. Environmental Modelling & Software, 31, 124-130.

18) Oliveira, Tiago, C. A. and Molin, J. P. 2011. Use of autopilots on citrus orchards establishment. Engenharia Agricola, 31, 334-342

19) Qarallah, B., Shoji, K. and Kawamura, T., 2008. Development of a yield sensor for measuring individual weights of onion bulbs. Biosystems Engineering, 100, 511-515

20) Qiao, J., Sasao, A., Shibusawa, S., Kondo, N. and Morimoto, E., 2005. Mapping yield and quality using the mobile fruit grading robot, Biosystems Engineering, 90 (2), 135-142.

21) GeoSense : Μη Επανδρωμένα αεροσκάφη, DRONES & Γεωργία Ακριβείας , (τελευταία ενημέρωση 2016) <http://www.geosense.gr/>

22) Green Agenda : Γεωργία Ακριβείας και UAV's , Μάριος Πρατόπουλος , (τελευταία ενημέρωση 2018) <http://greenagenda.gr>

88

23) Ortiz, B. V., Balkcom, K. B., Duzy, L., van Santen, E. and Hartzog, D. L. 2013. Evaluation of agronomic and economic benefits of using RTK-GPS-based auto-steer guidance systems for peanut digging operations. Precision Agriculture, 14, 357-375.

24) Matese, A., Toscano, P., Di Gennaro, S. F., Genesio, L., Vaccari, F. P., Primicerio, J. Belli,

C., Zaldei, A., Bianconi, R. and Gioli, B. 2015. Intercomparison of UAV, Aircraft and Satellite Remote Sensing Platforms for Precision Viticulture. Remote Sensing, 7, 2971- 2990.

25) Minelli, A., Marchesini, I., Taylor, F., Rosa, P., Casagrande, L. and Cenci, M., 2014. An open source GIS tool to quantify the visual impact of wind turbines and photovoltaic panels. Environmental Impact Assessment Review, 49, 70-78.

26) Bak, T. and Jakobsen, H. 2004. Agricultural Robotic Platform with Four Wheel Steering for Weed Detection. Biosystems Engineering 87(2) 125-136

27) Bergtold, J. S., Raper, R. L. and Schwab, E. B. 2009. The economic benefit of improving the proximity of tillage and planting operations in cotton production with automatic steering. Applied Engineering in Agriculture, 25, 133-143

28) Blackmore S., Griepentrog, H.W., Pedersen, S.M. and Fountas, S. 2006. Precision

Agriculture in Europe. In: SRINIVASAN, A.: Handbook of Precision Agriculture. Principles and Applications: 567-613

29) Busse, M., Doernberg, A., Siebert, R., Kuntosch, A., Schwerdtner, W., Koenig, B. and Bokelmann, W. 2014. Innovation mechanisms in German precision farming. Precision Agriculture, 15, 403-426

30) Radinger, J., Kail, J. and Wolter C., 2013. FIDIMO — A free and open source GIS based dispersal model for riverine fish. Ecological Informatics, 24, 238-247

31) Lee, W.S., Slaughter, D.C. and Giles, D.K. 1999. Robotic weed control system for tomatoes. Precision Agriculture 1, 1999, pp. 93-113.

32) Lencses, E., Takacs, I. and Takacs-Gyoergy, K. 2014. Farmers' Perception of Precision Farming Technology among Hungarian Farmers. Sustainability, 6, 8452-8465

33) Farmacon : Η εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας στην Ελλάδα, ανά καλλιέργεια , Χαρού Αναστασία , (τελευταία ενημέρωση 2016) <https://blog.farmacon.gr/>

89

34) Gemtos, F., Fountas, S., Blackmore, S. and Griepentrog, H.W. 2002. Precision farming experiences in Europe and the Greek potential. 1st Greek Conference on Information and Communication Technology in Agriculture. Athens. Greece. 4th-7th of June 2002

35) Lencses, E., Takacs, I. and Takacs-Gyoergy, K. 2014. Farmers' Perception of Precision Farming Technology among Hungarian Farmers. Sustainability, 6, 8452-8465

36) D'Antoni, J. M., Mishra, A. K. and Joo, H. 2012. Farmers' perception of precision technology: The case of autosteer adoption by cotton farmers. Computers and Electronics in Agriculture, 87, 121-128.

37) Easterly, D. R., Adamchuk, V. I., Kocher, M. F. and Hoy, R. M. 2010. Using a vision sensor system for performance testing of satellite-based tractor auto-guidance. Computers and Electronics in Agriculture, 72, 107-118.

38) Fountas, S., Blackmore, S., Ess, D., Hawkins, S., Blumhoff, G., Lowenberg-Deboer, J. And Sorensen, C. G. 2005. Farmer Experience with Precision Agriculture in Denmark and the US Eastern Corn Belt. Precision Agriculture, 6, 121-141.