



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ-
ΑΓΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΙΤΛΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

**«Χαρτογράφηση Παραγωγής, Ηλεκτρικής
Αγωγιμότητας και Χαρακτηριστικών Κόμης Δέντρων
σε Ελαιώνα»**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ

Ευαγγελία Νημά Α.Μ. 2619077

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ Λιάκος Βασίλειος

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2024



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ-
ΑΓΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΙΤΛΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

**«Χαρτογράφηση Παραγωγής, Ηλεκτρικής
Αγωγιμότητας και Χαρακτηριστικών Κόμης Δέντρων
σε Ελαιώνα»**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ

Ευαγγελία Νημά Α.Μ. 2619077

Τριμελής Επιτροπή : Λιάκος Βασίλειος (Επιβλέπων)

Παπαχατζής Αλέξανδρος

Βογιατζή – Καμβούκου Ελένη

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2024

Εισαγωγή

Η εν λόγω εργασία δημιουργήθηκε στα πλαίσια της πτυχιακής μου μελέτης, στο προπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών του τμήματος Γεωπονίας Αγροτεχνολογίας, με τον τίτλο Χαρτογράφηση Παραγωγής, Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας και Χαρακτηριστικών Κόμης Δέντρων σε Ελαιώνα. Yield, Electrical Conductivity and Canopy Properties Mapping in an Olive Orchard.

Το έναυσμα για τη διεξαγωγή και τη σύνταξη της παρούσας πειραματικής μελέτης, ήταν η αναγκαιότητα της καταγραφής κυρίως δεδομένων παραγωγής ελαιώνα στον Ελλαδικό χώρο, διότι τα παραπάνω είναι ελάχιστα. Βέβαια σημαντικότερο είναι ο τρόπος που γίνεται η καταγραφή. Χρειάζεται να είναι εύκολος, αποτελεσματικός, με χαμηλό κόστος, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να συμβαδίζει και με τις συνθήκες που επικρατούν στους Ελληνικούς Ελαιώνες (π.χ. το σχήμα των δέντρων).

Τα προαναφερθέντα δεδομένα μπορούν να μελετηθούν συνδυαστικά και με άλλα δεδομένα του χωραφιού όπως εδαφολογικά (ηλεκτρική αγωγιμότητα) και να βγουν κάποια συμπεράσματα σχετικά με την κατάσταση που βρίσκεται το χωράφι. Έτσι μπορεί να δημιουργηθεί ένα σχέδιο γεωργίας ακριβείας για την εφαρμογή των απαραίτητων καλλιεργητικών επεμβάσεων.

Η γεωργία ακριβείας είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την σύγχρονη καλλιεργητική διαδικασία. Σκοπό έχει την εξοικονόμηση των πόρων (π.χ. νερού, λιπάσματος) και των χρημάτων, με ταυτόχρονη αύξηση της παραγωγής. Αυτό επιτυγχάνεται με την στοχευμένη επέμβαση στα σημεία που είναι αναγκαία.

Με άλλα λόγια με την γεωργία ακριβείας συλλέγονται αρκετές πληροφορίες που υποδεικνύουν την παραλλακτικότητα μιας οποιαδήποτε καλλιέργειας και επιτρέπουν την αξιοποίησή της από τους παραγωγούς μέσω κατάλληλων για την εκάστοτε καλλιέργεια καλλιεργητικών φροντίδων.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 Ελιά.....	6
1.1 Γενικά για την ελιά.....	6
1.2 Βοτανική Ταξινόμηση.....	6
1.3 Ποικιλίες.....	7
1.4 Πολλαπλασιασμός.....	8
1.5 Παρεντιαντοφορία.....	9
1.6 Κλάδεμα	9
1.7 Αρδευση	10
1.8 Λίπανση.....	10
1.9 Ασθένειες της ελιάς.....	11
1.9.1 Κυκλοκόνιο (<i>Spilocaea oleagina</i>).....	11
1.9.2 Σηψηρριζίες.....	12
1.10 Εντομολογικές ασθένειες της ελιάς.....	12
1.10.1 Δάκος (<i>Bactrocera oleae</i>)	12
1.10.2 Πυρηνοτρήτης (<i>Prays oleae</i>)	13
1.10.3 Λεκάνιο (<i>Saissetia oleae</i>)	13
1.11 Συγκομιδή.....	13
Κεφάλαιο 2 Γεωργία Ακριβείας	15
2.1 Γενικά για τα GIS	15
2.1.1 Χρήση των GIS στην γεωργία.....	16
2.2 GNSS.....	16
2.2.1 Τα διάφορα συστήματα αναλυτικά.....	17
2.2.2 Χρήση των GNSS στη γεωργία.....	19
2.3 Γενικά για την χαρτογράφηση παραγωγής.....	19
2.3.1 Συστήματα χαρτογράφησης παραγωγής	20
2.3.2 Χρήση της χαρτογράφησης παραγωγής στη γεωργία	22
2.4 Γενικά για την ηλεκτρική αγωγιμότητα	22
2.4.1 Μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας	23
2.4.2 Χρήση της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας στη γεωργία.....	25
2.5 Γενικά για την τηλεπισκόπηση.....	26
2.5.1 Χρήση της τηλεπισκόπησης στη γεωργία	26
2.5.2 Γενικά για τους δείκτες ευρωστίας.....	27
2.5.3 Δείκτης NDVI και Τηλεπισκόπηση.....	27
Πειραματικό μέρος	29
Abstract	29

Υλικά και Μέθοδοι.....	33
Συζήτηση.....	39
Βιβλιογραφία.....	42

Κεφάλαιο 1 Ελιά

1.1 Γενικά για την ελιά

Το γένος *Olea* περιλαμβάνει 30 με 35 είδη τουλάχιστον και αυτά ανήκουν στην οικογένεια *Oleaceae*, της υποοικογένειας *Oleoideae*. Η ελιά της οικογένειας *Oleaceae* είναι μία από τις αρχαιότερες καλλιέργειες και η προέλευσή της ήταν από περιοχές της ανατολικής λεκάνης. Αυτή διαθέτει 30 γένη και 2600 ποικιλίες, εκ των οποίων κάποιες είναι καλλωπιστικά είδη. Πιο μεγάλο ενδιαφέρον όμως παρουσιάζουν τα καλλιεργούμενα είδη της οικογένειας τα οποία ανήκουν στο είδος *Olea europaea* L. Τα δέντρα του τελευταίου είδους είναι αείφυλλα που προήλθαν από τροπικά και υποτροπικά είδη (Θεριός, 2015).

Η ελιά καλλιεργείται κυρίως στις Μεσογειακές χώρες διότι ευνοείται η ανάπτυξη και η παραγωγή από το κλίμα τους. Πιο αναλυτικά καλλιεργείται στην Ευρώπη στις χώρες: Ισπανία, Ιταλία, Ελλάδα, Πορτογαλία, Γαλλία, Αλβανία και τη Γιουγκοσλαβία. Στην Ασία στις χώρες : Τουρκία, Συρία, Λίβανο, Ιορδανία, Κύπρο, Ιράν, Ιράκ, Παλαιστίνη, Ιαπωνία και Κίνα. Στην Αφρική στις χώρες: Τυνησία, Αλγερία, Μαρόκο, Αίγυπτος και Νότια Αφρική. Στην Αμερική στις χώρες: Περού, Χιλή, Αργεντινή Ουρουγουάη Μεξικό και Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Στην Ωκεανία στην χώρα Αυστραλία. Μπορεί η ελιά να καλλιεργείται και στις πέντε ηπείρους, ωστόσο η μεγαλύτερη καλλιεργήσιμη έκταση ανήκει στην Ευρώπη, με 500 εκατομμύρια δέντρα και κατέχει περισσότερο από τα $\frac{3}{4}$ της παγκόσμιας παραγωγής (Θεριός, 2015).

Οι ελαιώνες καλύπτουν το 13% της καλλιεργήσιμης έκτασης της Ελλάδας (7,5 εκατομμύρια στρέμματα) και ο αριθμός των δέντρων ανέρχεται στα 133 εκατομμύρια. Η χώρα έρχεται τρίτη με το 17% της παγκόσμιας παραγωγής ελαιόλαδου ενώ πρώτη είναι η Ισπανία με το 33% και δεύτερη η Ιταλία με το 23% (Θεριός, 2015).

1.2 Βοτανική Ταξινόμηση

Η καλλιεργούμενη ελιά ανήκει στην οικογένεια *Oleaceae*, το γένος *Olea*, το είδος *Oleaceae europaea* και οι ποικιλίες που διαθέτει είναι διπλοειδείς με 46 χρωμοσώματα. Ο κορμός της ελιάς είναι κυλινδρικός, με πολλά εξογκώματα και διακλαδίζεται στο 1 μέτρο περίπου για παραδοσιακές καλλιέργειες ενώ στα 0,40 μέτρα για τις σύγχρονες καλλιέργειες. Οι βραχίονες και αυτοί διακλαδίζονται σε μικρότερα κλαδιά, που μπορούν να χωριστούν στις εξής κατηγορίες : στα ξυλοφόρα που φέρουν βλαστοφόρους οφθαλμούς, στα καρποφόρα που φέρουν ανθοφόρους οφθαλμούς, στα μικτά που φέρουν ταυτόχρονα και τους δύο παραπάνω οφθαλμούς και τέλος στα

λαίμαργα που είναι ζωηρά και είναι απαραίτητο να αφαιρούνται. Τα φύλλα είναι λογχοειδή και έχουν σκούρο πράσινο χρώμα στην πάνω επιφάνια ενώ στην κάτω έχουν φαιό. Στα κλαδιά βρίσκονται σε όλα τα γόνατα, ανά δύο με αντίθετη κατεύθυνση. Τα άνθη της ελιάς είναι μικρά με χρώμα κίτρινο και φέρονται σε ταξιανθία βότρυ (εικόνα 1). Σε κάθε μία ταξιανθία εμφανίζονται 10 έως 60 άνθη, με περίοδο άνθησης τα τέλη Μαΐου με αρχές Ιουνίου, ανάλογα με την εκάστοτε ποικιλία. Ο καρπός είναι δρύπη και απαρτίζεται από τρία μέρη, τον εξωτερικό φλοιό ή περικάρπιο, την σάρκα ή μεσοκάρπιο που αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος του (70% με 90%) και τον πυρήνα ή ενδοκάρπιο. Η ανάπτυξη του ελαιόκαρπου ξεκινά αμέσως μετά τη γονιμοποίηση των ανθών, αρχικά με τη σκλήρυνση του πυρήνα και συνεχίζει με την σταδιακή αύξηση της σάρκας έως την πλήρη ωρίμανση όπου συνεπάγεται την ολοκλήρωση της ανάπτυξης τους φθινοπωρινούς ή χειμερινούς μήνες. Το χρώμα του καρπού είναι διαφορετικό ανάλογα με την ωριμότητα του (εικόνα 2). Πρώτα ο ανώριμος καρπός είναι πράσινος και μεταβάλλεται σε πρασινοκίτρινο μετά σε ιώδες και τελικά σε μελανώδες χρώμα στην πλήρη ωρίμανση (Θεριός, 2015).



Εικόνα 1: Άνθος Ελιάς (www.argronews.gr)



Εικόνα 2: Διαφορετικοί χρωματισμοί ελαιόκαρπων (www.olivenews.gr)

1.3 Ποικιλίες

Οι ποικιλίες της ελιάς ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες με βάση το βάρος του καρπού. Αυτές είναι οι μεγαλόκαρπες (4 -10 gr), οι μεσόκαρπες (1,8 - 4 gr) και οι μικρόκαρπες (1,5 - 2 gr) (Μπαλατσούρα, 1999)

Οι πιο συχνά καλλιεργούμενες ποικιλίες στην Ελλάδα είναι οι ελαιοποιήσιμες : η Κορωνέϊκη, η Κοθρέϊκη, η Μεγαρίτικη, η Θρουμπολιά και η Τσουνάτη. Ενώ από τις

επιτραπέζιες ποικιλίες καλλιεργούνται οι : η Καλαμών, η Αμφίσσης, η Κονσερβολιά και η Χονδρολιά Χαλκιδικής (Θεριός, 2015).

Πιο αναλυτικά η Κορωνέϊκη είναι μια ποικιλία που συναντάται συχνά στις περιοχές της Πελοποννήσου, της Κρήτης και των Κυκλάδων (Ζάκυνθος, Κεφαλλονιά κλπ.). Κατατάσσεται στις μικρόκαρπες ποικιλίες με μέσο βάρος καρπού τα 0,5gr έως και τα 1,3gr και χρώμα μελανό κατά την ωρίμανση. Χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την παραγωγή ελαιόλαδου, με την μέση απόδοση ανά δέντρο στα 50 με 60kg (Θεριός, 2015).

Η Μεγαρίτικη ποικιλία καλλιεργείται κυρίως στην Θεσσαλία, την Στερεά Ελλάδα (Αττική) καθώς και στην Μακεδονία σε μικρότερα ποσοστά. Ανήκει στις μεσόκαρπες ποικιλίες με το μέσο βάρος του καρπού να κυμαίνεται στα 3,5 με 4,5 gr. Πριν την πλήρη ωρίμανση εμφανίζονται στους καρπούς φαιόχρωα στίγματα χαρακτηριστικά της ποικιλίας. Χρησιμοποιείται κυρίως για ελαιοποίηση, ωστόσο υπάρχουν και κάποια δέντρα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή πράσινης και μαύρης επιτραπέζιας ελιάς. Η μέση απόδοση ανά δέντρο ανέρχεται στα 40kg (Θεριός, 2015).

Η Κονσερβολιά είναι διαδεδομένη ποικιλία στις περιοχές της Ηπείρου και της Θεσσαλίας. Κατατάσσεται στις μεγαλόκαρπες ποικιλίες με μέσο βάρος καρπού τα 6,7gr και χρησιμοποιείται μόνο για την παραγωγή επιτραπέζιας πράσινης και μαύρης ελιάς (Θεριός, 2015).

Η Χονδρολιά Χαλκιδικής που βρίσκεται μόνο στην Μακεδονία κυρίως στην περιοχή της Χαλκιδικής. Ανήκει στις μεγαλόκαρπες ποικιλίες και το βάρος του καρπού μπορεί να ξεπεράσει τα 10gr ενώ χρησιμοποιείται για την παραγωγή πράσινης επιτραπέζιας ελιάς (Θεριός, 2015).

1.4 Πολλαπλασιασμός

Το δέντρο της ελιάς, πολλαπλασιάζεται με σχετική ευκολία, συγκριτικά με άλλα καρποφόρα δέντρα. Έχει την δυνατότητα να πολλαπλασιάζεται τόσο εγγενώς, όσο και αγενώς. Στην πρώτη περίπτωση ο πολλαπλασιασμός επιτυγχάνεται με τον εμβολιασμό της ποικιλίας με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά, κυρίως σε υποκείμενα αγριελιάς. Ο εμβολιασμός μπορεί να γίνει είτε σε υποκείμενα που βρίσκονται ήδη σε ελαιώνα, είτε σε υποκείμενα που μεταφέρθηκαν σε φυτώρια. Στη δεύτερη περίπτωση ο πολλαπλασιασμός επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους. Μερικοί από αυτούς είναι ο πολλαπλασιασμός με ξυλοποιημένα άφυλλα μοσχεύματα, με σφαιροβλάστες ή

γόργγους, με παραφυάδες ή καταβολάδες, με φυλλοβόλα μοσχεύματα και ο μικροπολλαπλασιασμός. Στους παραπάνω μεθόδους τα τμήματα των δένδρων τοποθετούνται σε ειδικά υποστρώματα σε φυτώρια με ελεγχόμενες συνθήκες, ώστε να ριζοβολήσουν, να βλαστήσουν και να μεταφυτευτούν στην τελική τους θέση στο χωράφι. Υπάρχει όμως, μια διαφορά, η μέθοδος του μικροπολλαπλασιασμού γίνεται αρχικά σε εργαστήριο, όπου τα τμήματα των δέντρων, τοποθετούνται σε δοκιμαστικό σωλήνα, σε απόλυτα ελεγχόμενες ασηπτικές συνθήκες. Με αυτό τον τρόπο παράγεται μεγάλος αριθμός φυτών απαλλαγμένα από ασθένειες σε μικρό χρονικό διάστημα. Αξίζει να σημειωθεί πως το 71% των δεντρυλλίων ελιάς που παράγονται στη μεσόγειο, προέρχονται από αγνή πολλαπλασιασμό (Ρούσσος, 2005).

1.5 Παρεντιαντοφορία

Ένα πρόβλημα που παρουσιάζει η καλλιέργεια ελαιόδεντρων είναι η τάση τους για παρεντιαντοφορία. Αυτό το φαινόμενο δικαιολογείται διότι σε περιόδους υπερβολικά μεγάλης ανθοφορίας και καρπόδεσης τα δέντρα εξασθενούν λόγω της αφαίρεσης αρκετών θρεπτικών. Βέβαια το φαινόμενο μπορεί να ελεγχθεί με το κλάδεμα και την σωστή λίπανση (Θεριός, 2015).

1.6 Κλάδεμα

Στην πλειοψηφία τους τα καρποφόρα δέντρα χρειάζονται κλάδεμα. Έτσι και τα ελαιόδεντρα απαιτούν μια σειρά από κλαδέματα, ώστε να επιτευχθεί η ισορροπία μεταξύ των βλαστικών και αναπαραγωγικών μερών των δέντρων. Για να είναι το κλάδεμα αποτελεσματικό πρέπει ο παραγωγός να βασιστεί στις γνώσεις της φυσιολογίας των ελαιόδεντρων. Ο βασικός σκοπός του κλαδέματος είναι να δημιουργήσει έναν ισχυρό κορμό και σκελετό κόμης που να αντέχει τον μεγάλο όγκο της παραγωγής και την τις αντίξοες καιρικές συνθήκες όπως είναι οι ισχυροί άνεμοι. Ακόμη αποσκοπεί στην εξασφάλιση παραλαβής υψηλής ποιότητας και ποσότητας παραγωγής, με την δημιουργία νέου καρποφόρου ξύλου καθώς και στη συσσώρευση της καρποφορίας σε κλαδιά που περιχύνονται με άφθονο φως, για την καλύτερη και ομοιόμορφη ωρίμανση των ελαιόκαρπων. Τέλος με το κλάδεμα διευκολύνονται τόσο οι καλλιεργητικές φροντίδες και εργασίες όσο και η συγκομιδή (Μτζιδάκης, 2003).

Τα κλαδέματα των ελαιόδεντρων διακρίνονται σε τέσσερα είδη με βάση την ηλικία τους :

- Το κλάδεμα μορφώσεως (ελαφρύ κλάδεμα για τις τέσσερις πρώτες βλαστικές περιόδους)
- Το κλάδεμα καρποφορίας (μέτριο κλάδεμα για τα ενήλικα παραγωγικά δένδρα)
- Το κλάδεμα ανανεώσεως (αυστηρό κλάδεμα για ελαφρός ή καθόλου κλαδεμένα δέντρα)
- Το κλάδεμα αναγεννήσεως (πιο αυστηρό από το προηγούμενο κλάδεμα για γερασμένα δέντρα) (Μτζιδάκης, 2003).

1.7 Άρδευση

Η ελιά ανήκει στην κατηγορία των ξηρόφυτων φυτών και συνεπώς σε περιοχές όπου οι ετήσιες βροχοπτώσεις φθάνουν τα 400 με 600 χιλιοστά βροχής ή ακόμη και τα 200 δεν γίνεται άρδευση του ελαιώνα. Βέβαια για να είναι στο τέλος η παραγωγή υψηλή χρειάζεται να ικανοποιηθούν οι ανάγκες υγρασίας του δέντρου στα παρακάτω κρίσιμα στάδια ανάπτυξης :

1. της διαμόρφωσης των οφθαλμών
2. της άνθησης και καρπόδεσης
3. σκλήρυνσης του πυρήνα και ταχείας ανάπτυξης του καρπού

Στα δύο πρώτα στάδια οι ανάγκες σε νερό συνήθως καλύπτονται από τις βροχοπτώσεις ενώ την στο τελευταίο στάδιο κρίνεται αναγκαία η άρδευση, λόγο των ξηρών καλοκαιρινών μηνών της χώρας. Η ποσότητα του νερού που χρειάζονται τα δέντρα διαφέρει ανάλογα με την ποικιλία, για παράδειγμα οι επιτραπέζιες ποικιλίες χρειάζονται μεγαλύτερες ποσότητες συγκριτικά με τις ελαιοποιήσιμες. Η συχνότερα εφαρμόσιμη μέθοδος άρδευσης ελαιώνα, είναι αυτή της σταγόνας, ενώ παλαιότερα χρησιμοποιούνταν οι επιφανειακές μέθοδοι της κατάκλισης και των λεκανών (Χαρτζουλάκης, 2003).

Η ελιά κατατάσσεται στα φυτά μέσης ανθεκτικότητας στην αλατότητα. Η αντοχή της προέρχεται από την ικανότητα της ρίζας να εμποδίζει την μετακίνηση του νατρίου Na στα φύλλα καθώς και από την ικανότητα συγκέντρωσης των αλάτων στα χυμοτόπια των φύλλων αντί στο παρέγχυμα (Χαρτζουλάκης, 2003).

1.8 Λίπανση

Τα τρία βασικότερα θρεπτικά για την ελιά είναι το άζωτο, ο φώσφορος και το κάλιο. Η αζωτούχος λίπανση (N) οργανική και ανόργανη, έχει τη σπουδαιότερη σημασία για την σωστή βλάστηση και την υψηλή παραγωγή των δέντρων. Οι ποσότητες που

συνίστανται είναι 0,5 έως και 1,5 κιλά το δέντρο ανάλογα με γονιμότητα και την υγρασία του εδάφους. Η αμέσως επόμενη πολύ σημαντική λίπανση είναι η φωσφορική (P_2O_5). Ο φώσφορος συμβάλλει στην φυσιολογική ανάπτυξη του της ρίζας και βοηθάει την ανθοφορία και την καρπόδεση. Πριν την εφαρμογή φωσφορικής λίπανσης προηγείται η φυλλογιαγνωστική που δείχνει την περιεκτικότητα του P στα φύλλα. Αν η περιεκτικότητα είναι μικρή τότε ρίχνουμε το λίπασμα σε ποσότητες που να μην υπερβαίνουν το 1/3 με 1/5 της αζωτούχου λίπανσης. Η τρίτη σε σειρά σημαντική λίπανση είναι η καλιούχος (K_2O), η οποία χρειάζεται να γίνεται τακτικά, ειδικά τις καλλιεργητικές περιόδους με αυξημένη παραγωγή. (Παρασκευόπουλος, 1999)

1.9 Ασθένειες της ελιάς

1.9.1 Κυκλοκόνιο (*Spilocaea oleagina*)

Τα πιο χαρακτηριστικά συμπτώματα της ασθένειας είναι η εμφάνιση στα παλαιότερα φύλλα, κυκλικών κηλίδων με γκριζοπράσινο χρώμα στο εσωτερικό του κύκλου, σταχτί στο κέντρο του και μια μικρή υποκίτρινου χρώματος ζώνη η οποία περιβάλλει τον κύκλο. Η μέση διάμετρος τους είναι στα 5mm με 6mm και παρατηρούνται και στις δύο επιφάνειες των φύλλων (εικόνα 3). Έτσι έχουμε έντονη φυλλόπτωση που σε ευεργετικές για τον μύκητα συνθήκες υψηλής υγρασίας μπορεί, να οδηγήσει στην εξάντληση του δέντρου και την ακαρπία. Η ασθένεια οφείλεται στον μύκητα *Spilocaea oleagina* και η αντιμετώπιζεται με 1-3 ψεκασμούς τους φθινοπωρινούς μήνες με χαλκούχα ή ζινέμπ σκευάσματα (Γραβάνης, 2018).



Εικόνα 3: Κυκλοκόνιο Ελιάς (www.olivenews.gr)

1.9.2 Σηψηρριζίες

Χαρακτηριστικά συμπτώματα της ασθένειας είναι η έκκριση κόμμεος στα προσβεβλημένα μέρη καθώς και η ξήρανση και η πάχυνση τους. Στη συνέχεια ο φλοιός γίνεται σπογγώδης και υγρός. Στα τμήματα των ριζών που έχουν προβληθεί από τον μύκητα, εμφανίζονται κυρίως λευκές μυκηλιακές πλάκες ανάμεσα στο φλοιό και το ξύλο του δέντρου. Η σήψη του ελαιόδεντρου ξεκινά από τα εξωτερικά στρώματα του φλοιού και σταδιακά συνεχίζει προς το εσωτερικό καρδιόξυλο. Η αρχική προσβολή είναι σε ένα δένδρο και η μετάδοση της ασθένειας γίνεται με αργό ρυθμό στα γειτονικά δέντρα. Τα κυριότερα παθογόνα αίτια που προσβάλλουν την καλλιέργεια της ελιάς και προκαλούν σηψηριζίες οφείλονται στους βασιδιομύκητες *Omphalotus olearius*, *Armillaria mellea* και στον ασκομύκητα *Rosellinia necatrix*. Η καταπολέμησή τους είναι δύσκολη και γίνεται τόσο πριν την εγκατάσταση του ελαιώνα όσο και μετά (Παρασκευόπουλος et.al., 2000).

1.10 Εντομολογικές ασθένειες της ελιάς

1.10.1 Δάκος (*Bactrocera oleae*)

Ο δάκος (εικόνα 4) θεωρείται ως ο σοβαρότερος εχθρός της ελαιοκαλλιέργειας, διότι προκαλεί σημαντική ζημιά τόσο ποιοτική όσο και ποσοτική στην παραγωγή. Το ελαιόλαδο που εξάγεται από προσβεβλημένους καρπούς έχει υποβαθμισμένη ποιότητα λόγω της υψηλής του οξύτητας ενώ οι καρποί είναι ακατάλληλοι για επιτραπέζια χρήση. Υπεύθυνη για την ζημιά είναι η προνύμφη η οποία αναπτύσσεται μέσα στον καρπό και στην συνέχεια τρέφεται από αυτόν. Το τέλειο άτομο δάκου μοιάζει με την κοινή μύγα ενώ η προνύμφη είναι σκουλήκι με ανοιχτό χρώμα. Η καταπολέμησή του μπορεί να γίνει είτε με χημικά είτε με βιολογικά μέσα, ωστόσο καλύτερα αποτελέσματα έχουν δείξει οι ψεκασμοί με χημικά σκευάσματα (Μπαδιεριτάκης, 2004).



Εικόνα 4: Δάκος Ελιάς (www.olivenews.gr)

1.10.2 Πυρηνοτρήτης (*Prays oleae*)

Ο δεύτερος σε σειρά σημαντικός εχθρός της ελιάς είναι ο πυρηνοτρήτης, ο οποίος μπορεί να προσβάλει τρία μέρη του δέντρου, τα φύλλα, τα άνθη και τους καρπούς. Έχει τρεις γενιές την φυλλοφάγο, την ανθοφάγο και τη καρποφάγο. Η πρώτη γενιά είναι η ανθοφάγος που τρώει το εσωτερικό των κλειστών ανθών, η δεύτερη είναι η καρποφάγος γενιά που τρώει το εσωτερικό των καρπών και τέλος η τρίτη γενιά είναι η φυλλοφάγος η οποία ανοίγει στοές στα φύλλα. Την μεγαλύτερη ζημιά στην παραγωγή τη δημιουργεί η καρποφάγος. Το τέλειο άτομο είναι μια μικρή γκρι χρώματος πεταλούδα και η προνύμφη έχει ένα καφετί χρώμα. Η καταπολέμιση γίνεται κυρίως για την καρποφάγο με ψεκασμούς με οργανοφωσφορικό και αν κριθεί απαραίτητο για την ανθοφάγο (Μπαδιεριτάκης, 2004).

1.10.3 Λεκάνιο (*Saissetia oleae*)

Ο τρίτος σε σημαντικότητα εχθρός της ελιάς είναι το λεκάνιο που ανήκει στα κοκκοειδή. Στέκεται ακίνητη στο βλαστό ή στο φύλλο ή στον καρπό και τρυπά τους φυτικούς ιστούς για να τραφεί ρουφώντας τους χυμούς τους. Τα τέλεια άτομα είναι άπτερα ακίνητα θηλυκά με ικανότητα παρθενογένεσης, με πολύ σκληρό και ανάγλυφο κέλυφος. Στα πρώτα στάδια της έρπουσας μορφής το καστανό έντομο περιπλανιέται στο δέντρο για κατάλληλη θέση της μόνιμης εγκατάστασης. Η καταπολέμιση του είναι πολύ δύσκολη λόγω της πολύ μεγάλης ανθεκτικότητας του τέλειου ατόμου και για αυτό οι ψεκασμοί γίνονται στα ευαίσθητα πρώτα στάδια στα οποία κινείται (Μπαδιεριτάκης, 2004).

1.11 Συγκομιδή

Η συγκομιδή των ελαιόκαρπων μπορεί να γίνει με δύο τρόπους, τον παραδοσιακό και με τον μηχανικό. Στον πρώτο παλιότερα η συλλογή των καρπών γινόταν αποκλειστικά με το χέρι, με ξύλινους ράβδους και πλαστικά χτένια όπου οι καρποί ραβδίζονταν αποκόπτονταν και έπεφταν στο έδαφος αφού νωρίτερα είχαν τοποθετηθεί τα ελαιόπανα κάτω από το δέντρο. Στην νεότερη εποχή η συγκομιδή γίνεται πάλι με εργατικά χέρια, αλλά με τη βοήθεια εργαλείων ειδικά κατασκευασμένων για τον καρπό της ελιάς. Αυτά τα μηχανικά ραβδιστικά (εικόνα 6) έχουν μικρό βάρος και είναι κατασκευασμένα από σκληρό πλαστικό ή αλουμίνιο. Αποτελούνται από μια ράβδο περιστρεφόμενη με κινητήρα, πάνω στην οποία είναι προσαρμοσμένα εύκαμπτα εξαρτήματα. Τα τελευταία τοποθετούνται στους βλαστούς της κόμης, περιστρέφονται και με πρόσκρουση ρίχνουν τους καρπούς στα ελαιόπανα. Τα ελαιόπανα και τα ελαιόδιχτυα παίζουν

βοηθητικό ρόλο στην συλλογή των καρπών έχουν πολύ μεγάλη αντοχή στις καταπονήσεις και ταυτόχρονα είναι σχετικά ελαφριά. Μετά το πέρας της περιόδου συγκομιδής πλένονται στεγνώνουν και αποθηκεύονται για την επόμενη χρονιά. Για τον μηχανικό τρόπο συγκομιδής τα μηχανήματα χωρίζονται στους δονητές κορμού και στους δονητές βραχιόνων (εικόνα 5). Αποτελούνται από τρία συστήματα, το σύστημα της δόνησης που μπορεί να δονεί τον κορμό ή τους βραχίονες αντίστοιχα. Το σύστημα υποδοχής των καρπών που μπορεί να είναι ένα ύφασμα προσαρμοσμένο σε σιδερένιο σκελετό που αγκαλιάζει το δέντρο ενώ για το δεύτερο τύπο μηχανήματος είναι ένας κάδος που πέφτουν οι καρποί. Και τέλος το τρίτο σύστημα της αναρρόφησης του καρπού με μία φτερωτή που δημιουργεί ρεύμα αέρα που παρασύρει τους καρπούς και τους οδηγεί στο δοχείο αποθήκευσης ενώ ταυτόχρονα απομακρύνονται διάφορα ξένα σώματα όπως φύλλα και μικρά τμήματα κλαδιών (Θεριός, 2015).



Εικόνα 5: Μηχανή Συγκομιδής ελαιόκαρπων
(www.agro24.gr)



Εικόνα 6: Ελαιοραβδιστικό Μηχάνημα
(www.agronews.gr)

Κεφάλαιο 2 Γεωργία Ακριβείας

2.1 Γενικά για τα GIS

Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS : Geographical Information Systems) είναι εργαλεία που υποστηρίζουν την συλλογή, ανάλυση και παρουσίαση χωρικών δεδομένων. (Merry et.al., 2023). Το πρώτο σύστημα GIS που αναπτύχθηκε εντοπίζεται στα μέσα του 1960 και ήταν το Καναδικό σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών, με πολύ περιορισμένες ιδιότητες. Ωστόσο, η ταχύτατη εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών καθώς και η όλο και αυξανόμενη ζήτηση για γεωδοδεμένα, είχαν σαν αποτέλεσμα την δημιουργία μιας νέας τεχνολογικής επιστήμης σε λιγότερο από 40 χρόνια. (Böhner et.al., 2005). Πιο συγκεκριμένα τα σύγχρονα GIS συστήματα αποτελούνται από 6 βασικά συστατικά που αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, τα οποία είναι :

- Άνθρωποι (People) : είναι το σημαντικότερο από τα 5 συστατικά, διότι αυτοί δημιουργούν, ορίζουν τις διαδικασίες και τρέχουν το πρόγραμμα. Επίσης μπορούν να υπερβούν οποιεσδήποτε αδυναμίες εμφανίσει το σύστημα.
- Διαδικασίες (Procedures) : η ανάλυση του συστήματος χρειάζεται σωστά καθορισμένες μεθόδους για την παραλαβή αξιόπιστων αποτελεσμάτων που να μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν.
- Λογισμικά (Software) : αποτελούνται από διάφορες βάσεις δεδομένων, εικόνων, στατιστικών κλπ.
- Υλικά (Hardware) : είναι οι συσκευές με τις οποίες ο χρήστης δίνοντας εντολές αλληλοεπιδρά με το σύστημα για να εκτελεστούν κάποιες λειτουργίες. Τέτοιες συσκευές μπορεί να είναι ο ηλεκτρονικός υπολογιστής, το ποντίκι του ή το πληκτρολόγιό του.
- Δεδομένα (Data) : αυτά παρέχουν γεωγραφικά δεδομένα δηλαδή την ψηφιακή αναπαράσταση συγκεκριμένων περιοχών πάνω στη γη. Πρέπει να είναι ακριβής για να μην επηρεαστούν τα αποτελέσματα.
- Δίκτυο (Network) : επιτρέπει την επικοινωνία των διαφόρων συσκευών που έχουν πρόσβαση στο internet και τον αστραπιαίο διαμοιρασμό των ψηφιακών πληροφοριών μεταξύ τους. (Eldrandaly, 2011).

Για την εφαρμογή ενός λογισμικού GI ακολουθείται μια σειρά από βήματα που περιλαμβάνουν την συλλογή δεδομένων, την αποθήκευση δεδομένων, την επεξεργασία δεδομένων, και την ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Τελευταίο βήμα είναι η προβολή των δεδομένων. Τα παραπάνω δεδομένα χωρίζονται σε δύο μορφές, στη διανυσματική (Vector Data) και στη ψηφιδωτή (Raster Data). Στη πρώτη μορφή αναπαράστασης υπάρχουν σημεία (points) που ενώνονται με ευθείες γραμμές (lines) και σχηματίζουν μια επιφάνεια που ονομάζεται πολύγωνο (polygon). Στη δεύτερη μορφή αναπαράστασης ο κόσμος χωρίζεται σε ένα σύνολο από κελιά (group of cells) όπου κάθε κελί (pixel) αντιπροσωπεύει ένα χαρακτηριστικό ή μια ιδιότητα. (Longley et.al., 2015)

Τα συστήματα GI, λειτουργούνε συνεργατικά με άλλα τεχνολογικά συστήματα όπως είναι τα παγκόσμια συστήματα προσδιορισμού θέσης, τα στατιστικά μοντέλα, η τεχνίτη νοημοσύνη και η τηλεπισκόπηση (Ghosh et.al., 2022). Έτσι μπορούν να εφαρμοστούν στη γεωργία ακριβείας με τους εξής παρακάτω τρόπους.

2.1.1 Χρήση των GIS στην γεωργία

Σύμφωνα με τον (Longley et.al., 2001) ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών μας επιτρέπει να κάνουμε :

Τα 5 Μ

- Χαρτογράφηση (Mapping) : στην ουσία μια διαγραμματική απεικόνιση κάποιων χαρακτηριστικών ενός χωραφίου με τη μορφή χάρτη (πχ της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, της ροής του νερού στον αγρό ή τους διαφορετικούς τύπους εδαφών που απαρτίζουν το χωράφι). Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η λήψη συντεταγμένων, ο προσανατολισμός και η κλίμακα.
- Μετρήσεις (Measurements) : είναι όλη η διαδικασία της μέτρησης ή των μετρήσεων.
- Παρακολούθηση (Monitoring) : μη συστηματική παρακολούθηση για τη διαπίστωση του βαθμού διαφοράς των ιδιοτήτων.
- Μοντέλα για πρόβλεψη (Modelling) : μαθηματικά μοντέλα προσομοίωσης πιθανών πραγματικών σεναρίων.
- Διαχείριση (Management) : δημιουργία ζωνών διαχείρισης στον αγρό.

2.2 GNSS

Τα παγκόσμια συστήματα προσδιορισμού θέσης (GNSS : Global Navigation Satellite Systems) παρέχουν τη δυνατότητα σε χρήστες μικρού μεγέθους ηλεκτρονικών φορτίων

συσκευών, να προσδιορίσουν την ακριβή τους θέση, δηλαδή τις συντεταγμένες του πλάτους μήκους και ύψους, λαμβάνοντας σήματα από δορυφόρους που βρίσκονταν στην κατάλληλη τροχιά. Τα παραπάνω για να λειτουργήσουν σωστά και χωρίς σφάλματα, απαιτείται η αλληλεπίδραση μεταξύ τριών τμημάτων. Πρώτα το διαστημικό τμήμα που αποτελείται από τους δορυφόρους, δεύτερο το τμήμα διαχείρισης που αποτελείται από επίγειες υποδομές σταθμών αναφοράς που εντοπίζονται διάσπαρτες στην υφήλιο και τρίτο και τελευταίο το τμήμα του χρήστη που αποτελείται από την συσκευή δέκτη του δορυφορικού σήματος, ώστε να εντοπίζει την τοποθεσία (Zaidi et.al, 2006).

Η πρωταρχική σκέψη ήταν η δημιουργία ενός τέτοιου συστήματος, που η εφαρμογή του προορίζονταν για στρατιωτικές ανάγκες. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε για τον ακριβή εντοπισμό της θέσης των όπλων και συνεπώς την εγρήγορση των στρατιωτών και αποφυγή δυσάρεστων καταστάσεων. Βέβαια με το πέρασ των χρόνων η χρήση τέτοιων συστημάτων προσδιορισμού θέσης μπορεί να γίνει από τον καθένα για ποικίλους λόγους. Για παράδειγμα στα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) για την χαρτογράφηση των αγρών, στα μέσα μαζικής μεταφορά όπως λεωφορεία, πλοία και αεροπλάνα αλλά και στα αυτοκίνητα, φορητά των πολιτών για την πιο εύκολη και πιο γρήγορη πλοήγησή τους στους δρόμους. Μια ακόμη πολύ σημαντική χρήση αυτών των συστημάτων είναι από τις διασωστικές αρχές λιμενικό, πυροσβεστική, αστυνομία, Ε.Κ.Α.Β., για τον ταχύτατο εντοπισμό του σημείου και τη διάσωση των τραυματιών. (Zaidi et.al, 2006)

2.2.1 Τα διάφορα συστήματα αναλυτικά GPS

Το πρώτο παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης που αναπτύχθηκε ήταν αυτό των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής που ονομάζεται NAVSTAR GPS : Global Positioning System. Αυτό έχει στη διάθεσή του ένα σύστημα 24 δορυφόρων συμπεριλαμβανομένων και των εφεδρικών, που εκτελούν σε συγκεκριμένες τροχιές, μια ολοκληρωμένη περιστροφή γύρω από τη γη κάθε 12 ώρες. Η απόστασή τους από την επιφάνεια της γης φτάνει τα 20.200 χιλιόμετρα, στέλνοντας σήματα με τη μορφή ραδιοκυμάτων σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές. Για να είναι ικανό το προαναφερθέν σύστημα να βρει την ακριβή τοποθεσία σύμφωνα με το γεωγραφικό μήκος, πλάτος και ύψος προϋποθέτετε η ύπαρξη τουλάχιστον τεσσάρων δορυφόρων σε τροχιά (longley

et.al. 2015). Ταυτόχρονα κάθε δορυφόρος μπορεί επίσης να εκπέμπει αλμανάκ επιπρόσθετες πληροφορίες δηλαδή ιστορικά δεδομένα των δορυφόρων (Brase, 2009).

GLONASS

Η Ρωσία σχεδόν ταυτόχρονα με την Αμερική ανέπτυξε το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης GLONASS : Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema που περιλαμβάνει και αυτό 24 δορυφόρους. Η αρχική σχεδίαση έγινε από την πρώην σοβιετική ένωση το 1976 και μετά τον διαχωρισμό συνεχίστηκε από την Ρωσία. Η πρώτη εκτόξευση δορυφόρων έγινε το 1982 και ολοκληρώθηκε το 1995. Υπήρξαν αρκετά μοντέλα δορυφόρων όπως το GLONASS M που έκανε την εμφάνισή του το 2003 με όριο ζωής τα 7 χρόνια και το πιο νέο μοντέλο του 2011 το GLONASS K με όριο ζωής τα 10 χρόνια (Kumar et.al., 2021).

GALILEO

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αναπτύξει το δικό της ανεξάρτητο σύστημα GNSS με το όνομα GALILEO. Αυτό αποτελείται από 30 δορυφόρους σε 3 επίπεδα, με γωνία κλήσης 56 μοίρες και περίπου 24.000 χιλιόμετρα απόσταση από την επιφάνεια της γης (Zaidi,2006). Το σύστημα παρέχει τόσο ελεύθερη δωρεάν πρόσβαση για βασικές πληροφορίες όπως οι συντεταγμένες όσο και πρόσβαση επι πληρωμή για πιο εξειδικευμένες πληροφορίες όπως οι βάσεις δεδομένων. Επίσης χρησιμοποιείται για θέματα ασφαλείας όπως είναι η προστασία των πολιτών ή η χρήση από την αστυνομία για τον εντοπισμό ενός εγκληματία (Trautenberg et.al, 2004).

BeiDou

Η Κίνα και αυτή με τη σειρά της σχετικά πρόσφατα έχει αναπτύξει ένα σύστημα που να έχει παγκόσμια εμβέλεια (Kumar et.al., 2021). Το αρχικό σύστημα αποτελούνταν από τρεις γεωστατικούς δορυφόρους, στη συνέχεια έγινε επέκτασή του με το νέο σύστημα BeiDou 2, όπου καλύφθηκε μεγαλύτερη επιφάνεια της γης και τέλος προστέθηκαν και οι δορυφόροι της τρίτης γενιάς και δημιουργήθηκε το τελικό σύστημα BeiDou 3 (Guerova et.al, 2022). Το τελευταίο αποτελείται από 39 δορυφόρους (Kumar et.al., 2021) και είναι πλήρως λειτουργικό από το 2018 (Guerova et.al., 2022).

QZSS

Η Ιαπωνία μπορεί να μην έχει το δικό της παγκόσμιο σύστημα, ωστόσο έχει σχεδιάσει ένα δορυφορικό σύστημα πλοήγησης το QZSS : Quasi-Zenith Satellite System με σκοπό, να συμπληρώνει τα παραπάνω παγκόσμια συστήματα για την μεγαλύτερη ακρίβεια κυρίως στην περιοχή της Ιαπωνίας και της ανατολικής Ασίας (Zhang et.al., 2007). Η λειτουργία του ξεκίνησε το 2018 και αποτελείται από 4 γεωστατικούς δορυφόρους. Ο πρώτος εκτοξεύθηκε το 2010 και οι υπόλοιποι τρεις το 2017 (Xie et.al., 2019).

2.2.2 Χρήση των GNSS στη γεωργία

Τα GNSS συστήματα βρίσκουν εφαρμογή στον χώρο της γεωργίας ακριβείας. Πολύ συχνά απαντώνται στην τεχνολογία RTK (Real Time Kinematic) που έχει την ικανότητα παροχής πληροφοριών για την θέση με πολύ μεγάλη ακρίβεια (Perez-Ruiz et.al, 2012). Το δορυφορικό σύστημα RTK – GPS αποτελείται από ένα σταθερό σταθμό (base station) και από ένα κινητό σταθμό (rover station) που μπορεί να είναι ένας γεωργικός ελκυστήρας. Και οι δύο σταθμοί είναι εξοπλισμένοι με δέκτες GPS καθώς και κεραίες που εκπέμπουν και λαμβάνουν ραδιοκύματα (Mekik et.al., 2009). Αξίζει να σημειωθεί ότι το τρακτέρ μπορεί να έχει λειτουργία auto-guidance που χρησιμοποιεί GNSS για να πλοηγείτε μόνο του στο χωράφι χωρίς την φυσική παρουσία του οδηγού (Perez-Ruiz et.al, 2012).

Επίσης ένα πολύ σημαντικό σύστημα στο οποίο χρησιμοποιούνται τα GNSS είναι αυτό της καταγραφής δεδομένων τόσο του χωραφιού όσο και της καλλιέργειας. Κυρίως έχουν αναπτυχθεί τέτοια συστήματα για τα σιτηρά. Στην θεριζοαλωνιστική τοποθετούνται μια κεραία GPS, μια κονσόλα που εμφανίζονται σε πραγματικό χρόνο τα δεδομένα, ένα αισθητήρας υγρασίας και ένας αισθητήρας μέτρησης της δύναμης (Perez-Ruiz et.al, 2012).

Ακόμη χρησιμοποιούνται στην πλειοψηφία των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων, όπου υπάρχουν ενσωματωμένοι δέκτες GPS, οι οποίοι καταγράφουν τη θέση του οχήματος σε κάθε λήψη εναέριας εικόνας, κατά τη διάρκεια της πτήσης (Γράβαλος et.al., 2024).

2.3 Γενικά για την χαρτογράφηση παραγωγής

Στο τέλος κάθε καλλιεργητικής περιόδου, οι παραγωγοί θα έχουν είτε οικονομικό κέρδος είτε οικονομική ζημία, αυτό συνδέεται στενά με την παραγωγή των καλλιεργούμενων χωραφιών κάθε χρονιά. Στόχος των παραγωγών είναι η αύξηση της

παραγωγής των προϊόντων τους, με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Η χαρτογράφηση της παραγωγής μπορεί να βοηθήσει στην υλοποίηση αυτού του στόχου, διότι με την προαναφερθείσα δίνεται η δυνατότητα ταυτόχρονης καταγραφής τόσο της παραγωγής όσο και της θέσης σε αρκετά σημεία του χωραφιού. Έτσι με τους χάρτες παραγωγής που θα δημιουργηθούν γίνεται μια πρώτη διερεύνηση προβλημάτων που μπορεί να επηρεάζουν την παραγωγή. Βέβαια οι χάρτες παραγωγής της καλλιέργειας μπορούν να τοποθετηθούν μαζί και με άλλους χάρτες που να περιέχουν εδαφολογικές πληροφορίες για τον αγρό ή ακόμη μπορούν να συνδυαστούν και με άλλα δεδομένα όπως είναι τα μετεωρολογικά. Τελικά αν τα αποτελέσματα δείξουν ότι υπάρχει μεγάλη παραλλακτικότητα στο χωράφι, ίσως η σχεδίαση και εφαρμογή ενός συστήματος γεωργίας ακριβείας να είναι καθοριστική για την βελτίωση της παραγωγής (Φουντάς et.al., 2015).

2.3.1 Συστήματα χαρτογράφησης παραγωγής

Τα συστήματα καταγραφής της παραγωγής αφορούν κυρίως φυτά μεγάλης καλλιέργειας με τελικό προϊόν τους σπόρους. Δηλαδή τοποθετούνται σε θεριζοαλωνιστικές μηχανές συγκομιδής και χρειάζονται τρεις παράμετροι για την αποτελεσματική λειτουργία τους. Αυτοί είναι πρώτον, η ταχύτητα με την οποία κινείται η θεριζοαλωνιστική στον αγρό, δεύτερον το πλάτος εργασίας της και τρίτων η ροή του σπόρου (Φουντάς et.al., 2015) .

Ένα τέτοιο σύστημα καταγραφής της παραγωγής (εικόνα 7) συνήθως αποτελείται από παρακάτω 6 μέρη.

1^ο) αισθητήρες μέτρησης ταχύτητας της μηχανής συγκομιδής

Αυτοί οι αισθητήρες είναι τοποθετημένοι στις ρόδες της θεριζοαλωνιστικής ώστε να μετρούν την ταχύτητά της. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιούν τεχνολογία υπερήχων, ραντάρ, GPS ή proximity sensors (μαγνήτες) (Φουντάς et.al., 2015).

2^ο) Αισθητήρας θέσης μηχανισμού θερισμού μηχανής συγκομιδής

Με τον παραπάνω αισθητήρα γίνεται ο έλεγχος της ροής των σπόρων, της αποθήκευσης των δεδομένων και υπολογίζεται η έκταση που συγκομίζεται. Όταν ο αισθητήρας ανιχνεύει ότι ο μηχανισμός θερισμού είναι ανυψωμένος, τότε σταματάει

την καταγραφή των δεδομένων επειδή καταλαβαίνει ότι εκείνη τη στιγμή το μηχάνημα έχει σταματήσει τη συγκομιδή (Φουντάς et.al., 2015).

3°) Αισθητήρες μέτρησης ροής του σπόρου

Η θέση που τοποθετούνται οι αισθητήρες μέτρησης της ροής είναι πάντα σε σημείο της μηχανής από όπου περνάει ο καθαρός σπόρος. Υπάρχουν διάφοροι τύποι αισθητήρων που λειτουργούν με διαφορετικούς τρόπους ο κάθε ένας. Για παράδειγμα αισθητήρες μέτρησης πίεσης που μετρούν τη δύναμη που ασκεί η ροή του σπόρου σε κάποιο σημείο του σωλήνα μεταφοράς του προϊόντος ή αισθητήρες μέτρησης μετατόπισης που μετρούν με ποτενσιόμετρο τη μετατόπιση που ασκεί η ροή του σπόρου, καθώς προσκρούει σε κάποιο σημείο του σωλήνα μεταφοράς του προϊόντος (Φουντάς et.al., 2015).

4°) Αισθητήρες μέτρησης υγρασίας σπόρου

Οι αισθητήρες που μετρούν την υγρασία εγκαθίστανται στο σύστημα καθαρισμού του σπόρου και συνήθως είναι πυκνωτές που αποθηκεύουν ηλεκτρικό ρεύμα σε δύο μεταλλικούς οπλισμούς οι οποίοι χωρίζονται από ένα διηλεκτρικό. Ο σπόρος περνά ανάμεσα από τους δύο οπλισμούς και μετράτε η διηλεκτρική σταθερά του η οποία είναι ανάλογη της υγρασίας του σπόρου (Φουντάς et.al., 2015).

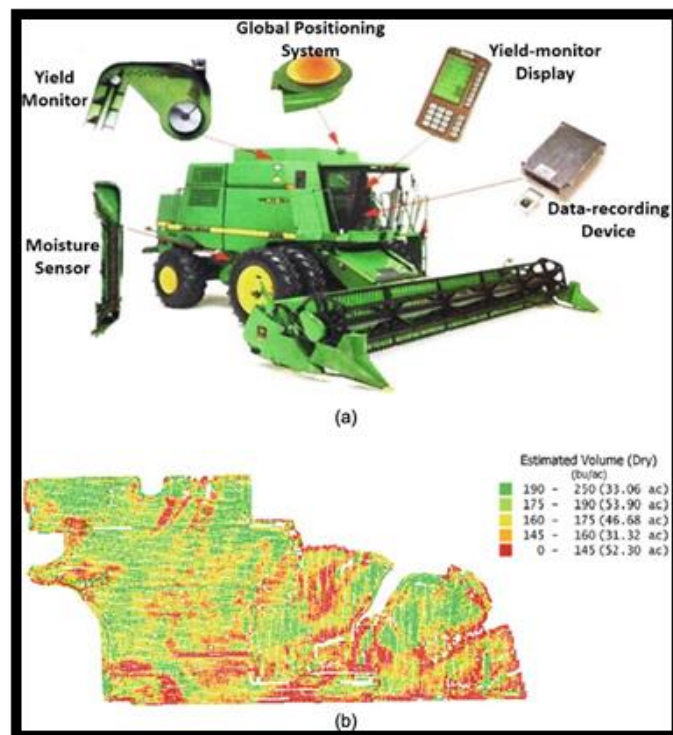
5°) Δέκτη GPS με κεραία

Η οποία κάνει την καταγραφή της θέσης της θεριζοαλωνιστικής στο χωράφι (Φουντάς et.al., 2015) .

6°) Κεντρική μονάδα με οθόνη

Είναι ένα απαραίτητο κομμάτι για την ακριβείς καταγραφή της παραγωγής. Η μονάδα συλλέγει και αποθηκεύει τα δεδομένα από τους επιμέρους αισθητήρες ενώ έχει και την ικανότητα να τα δείχνει στην οθόνη σε πραγματικό χρόνο. Τοποθετείται σε σημείο της καμπίνας, εύκολα προσβάσιμο και ορατό για τον χειριστή (Φουντάς et.al., 2015).

Με το πέρας των ετών αναπτύχθηκαν αντίστοιχες μηχανές καταγραφής της παραγωγής και για άλλες καλλιέργειες όπως είναι το βαμβάκι, η πατάτα, η τομάτα και το αμπέλι (Φουντάς et.al., 2015).



Εικόνα 7: Σύστημα χαρτογράφησης Παραγωγής (www.researchgate.net)

2.3.2 Χρήση της χαρτογράφησης παραγωγής στη γεωργία

Με την χαρτογράφηση της παραγωγής δημιουργούνται χάρτες που απεικονίζουν την διαφοροποίηση της παραγωγής που καταγράφηκε στον αγρό. Μπορεί επίσης να δημιουργηθεί μία βάση με δεδομένα από πολλά έτη και να παρατηρηθεί η παραλλακτικότητα του χωραφιού σε βάθος χρόνων. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να γίνει η διερεύνηση των παραγόντων που επηρέασαν την παραγωγή ή ακόμη υπάρχει και η δυνατότητα συνδυασμού με άλλες ιδιότητες όπως είναι οι εδαφολογικές ή με εδαφολογικά προβλήματα όπως αυτό της γονιμότητας του εδάφους κλπ. Συνεπώς με τα δεδομένα της παραγωγής ή τον συνδυασμό των δεδομένων μπορεί να ξεκινήσει ένα καινούργιο πρόγραμμα εφαρμογής εισροών στο καλλιεργούμενο αγρό (Φουντάς et.al., 2015).

2.4 Γενικά για την ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC_a) του εδαφικού διαλύματος, μας υποδεικνύει με έμμεσο τρόπο την συγκέντρωση των αλάτων του εδάφους. Πιο συγκεκριμένα το καθαρό νερό είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού, όμως με την αύξηση του αριθμού των αλάτων που διαλύονται σε αυτό, αυξάνεται η αγωγιμότητά του. Μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι τα deciSimens ανά μέτρο (dS/m), ενώ παλαιότερα

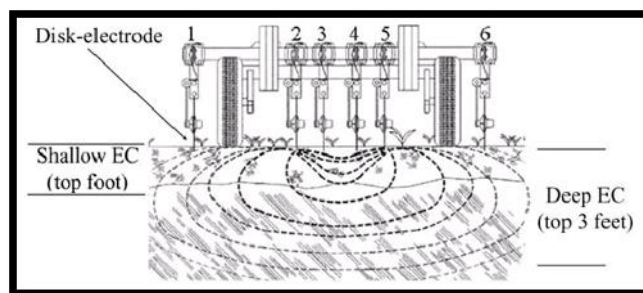
χρησιμοποιούνταν τα millimhos ανά εκατοστό (mmhos/cm). (Brady et.al., 2011.) Σύμφωνα με μια έρευνα που διεξάχθηκε στην Τουρκία, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα : ότι η φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα λειτουργεί συνδυαστικά με την ποσότητα του νερού, το πορώδες, την περιεκτικότητα των αλάτων και την υφή του εδάφους. (kurtulus et.al, 2009). Σε αυτό το σημείο χρειάζεται να αναφερθούν και οι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα. Αυτοί μπορούν να διακριθούν σε τρεις ομάδες. Στη πρώτη ομάδα ανήκουν παράγοντες που αφορούν το έδαφος, δηλαδή το περιεχόμενο νερό, το πορώδες και η δομή του εδάφους. Στην δεύτερη ομάδα περιέχονται παράγοντες που αφορούν τις ιδιότητες του εδάφους όπως είναι η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και η ικανότητα συγκράτησης νερού. Επίσης ένας ακόμη παράγοντας επηρεασμού της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι το μέγεθος των στερεών σωματιδίων του εδάφους και η κατανομή τους μέσα σε αυτό. Στην τρίτη ομάδα κατατάσσονται οι παράγοντες που οφείλονται σε περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η θερμοκρασία και η συγκέντρωση των αλάτων (Friedman, 2005).

2.4.1 Μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας

Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορεί να γίνει είτε με επαφή είτε με ηλεκτρομαγνητική επαγωγή.

Στη πρώτη μέθοδο με επαφή, χρησιμοποιούνται 4 ηλεκτρόδια με συγκεκριμένες αποστάσεις μεταξύ τους, αυτά τοποθετούνται πάνω σε άξονες ή στους δίσκους της δισκοσβάρνας, η οποία είναι συνδεδεμένη στο πίσω μέρος του γεωργικού ελκυστήρα. Έτσι τα ηλεκτρόδια εισέρχονται στο έδαφος παρελκόμενα από το γεωργικό όχημα, καταγράφοντας απευθείας τα επίπεδα της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας στον αγρό. Το βάθος όπου φθάνουν και κάνουν μετρήσεις τα ηλεκτρόδια εξαρτάται από την απόσταση τους. Αυτή η συσκευή μπορεί να δώσει συνεχείς μετρήσεις με αρκετά μεγάλη ευκολία και ταχύτητα. (Brady et.al., 2011)

Παράδειγμα μιας τέτοιας συσκευής μέτρησης είναι ο ευρέως διαδεδομένος Veris 3100, που χρησιμοποιεί 6 ηλεκτρόδια και κάνει μετρήσεις σε 2 βάθη (στα 30cm και στα 90cm). Για να γίνει η μέτρηση κάποια από τα ηλεκτρόδια στέλνουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα στο έδαφος και τα υπόλοιπα ηλεκτρόδια μετρούν τη διαφορά του δυναμικού που δημιουργήθηκε (εικόνα 8). Οι μετρήσεις για να είναι σωστές πρέπει να εκτελούνται με ταχύτητα από 13 έως και 25 km/h. (Adhikari et.al., 2009)

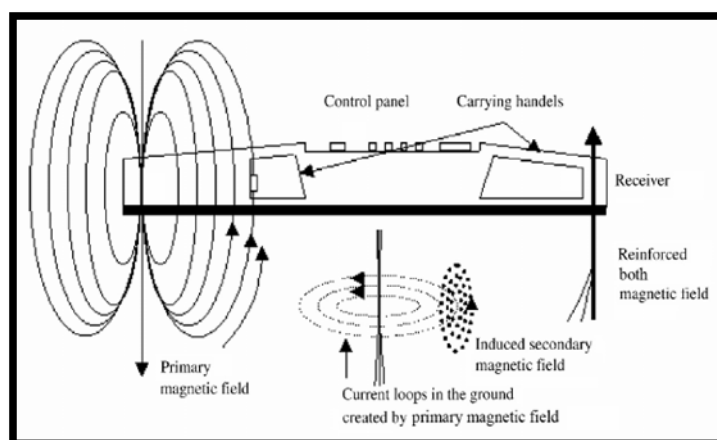


Εικόνα 8: Τρόπος Λειτουργίας Συσκευής με τη Μέθοδο της επαφής (www.researchgate.net)

Στη δεύτερη μέθοδο με ηλεκτρομαγνητική επαγωγή, για την πραγματοποίηση της μέτρησης γίνεται χρήση ενός φορητού ηλεκτρομαγνητικού φορητού αισθητήρα, στην άκρη του οποίου είναι τοποθετημένο μικρό πηνίο που λειτουργεί με μπαταρίες και δημιουργεί μαγνητικό πεδίο που διαπερνά το έδαφος του αγρού. Στη συνέχεια το μαγνητικό πεδίο επάγει μικρά ηλεκτρικά φορτία του εδάφους και αυτά με τη σειρά τους φτιάχνουν δευτερεύοντα μαγνητικά παιδιά, τα οποία μετριοούνται από ένα δέκτη που βρίσκεται στην άλλη μεριά του οργάνου (εικόνα 9). Έτσι δίνεται η δυνατότητα για μετρήσεις σε μεγάλο βάθος χωρίς όμως την επαφή της συσκευής με το έδαφος. (Brady et.al, 2011.)

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός τέτοιου αισθητήρα είναι ο EM38 της εταιρίας Geonics, που αποτελείται από δύο δίπολα εκ των οποίων το ένα δημιουργεί ηλεκτρομαγνητικό πεδίο στο έδαφος και το άλλο το μετράει (Adhikari et.al, 2009). Ο αισθητήρας μπορεί να κάνει μετρήσεις σε ένα βάθος. Ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησης το βάθος διαφέρει, δηλαδή αν τοποθετηθεί οριζόντια η μέτρηση γίνεται

στο 1m ενώ αν τοποθετηθεί κάθετα προς το έδαφος η μέτρηση πραγματοποιείται στα 2m. (Brady et.al, 2011.)



Εικόνα 9: Τρόπος Λειτουργίας Συσκευής με τη Μέθοδο της Ηλεκτρομαγνητικής Επαγωγής (www.researchgate.net)

Ωστόσο υπάρχει και η παραδοσιακή μέθοδος μέτρησης της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας, όπου αρχικά συλλέγουμε δείγματα εδάφους, τα τοποθετούμε σε δοκιμαστικούς σωλήνες και στη συνέχεια ρίχνουμε απιονισμένο νερό, ανακατεύοντάς το με ειδική σπάτουλα, μέχρι το σημείο κορεσμού του. Το μείγμα (πάστα) που έχει δημιουργηθεί αφήνεται στο κλειστό δοχείο για 12 ώρες, για να διαλυθούν τα άλατα και να εισέλθουν στο διάλυμα. Στο τέλος της διαδικασίας κάνουμε διήθηση το διάλυμα σε ελεγχόμενες συνθήκες υποπίεσης και μετράμε την ηλεκτρική αγωγιμότητα. (Brady et.al, 2011.)

2.4.2 Χρήση της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας στη γεωργία

- Η φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα μπορεί να προσφέρει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την υφή του εδάφους καθώς και για την περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό δηλαδή την υγρασία. (Corwin et.al, 2003).
- Εκτός από τις παραπάνω πληροφορίες μπορεί να δώσει πληροφορίες που να αφορούν την παραγωγή. Υπάρχουν συσχετίσεις είτε θετικές είτε αρνητικές σχετικά με την φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα και τη παραγωγή σε διάφορες καλλιέργειες (Corwin et.al., 2003).

- Ακόμη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση και αντιμετώπιση προβλημάτων νερού του εδάφους. Δηλαδή μπορεί να γίνει βελτίωση του αρδευτικού και αποστραγγιστικού συστήματος στον αγρό ή να γίνει εξακρίβωση και επισκευή τυχόν βλάβης τους σε συγκεκριμένα σημεία του χωραφιού. (Corwin et.al, 2003).

2.5 Γενικά για την τηλεπισκόπιση

Η τηλεπισκόπιση (Remote Sensing) μπορεί να ορισθεί ως η μέτρηση των ιδιοτήτων ενός αντικειμένου που βρίσκεται στην επιφάνια της γης, μέσω δεδομένων από που συλλέγονται είτε από δορυφόρους, είτε από εναέρια οχήματα. Δηλαδή γίνεται μέτρηση από απόσταση. Εφόσον λοιπόν δεν υπάρχει επαφή, χρησιμοποιούνται κύματα όπως τα οπτικά ή τα μικροκύματα για την συλλογή των δεδομένων (Schowengerdt, 2006). Η πρώτη παρουσιάζει κάποια πλεονεκτήματα συγκριτικά με παραδοσιακές μεθόδους παρατήρησης και συλλογής δεδομένων. Κάποια από αυτά είναι :

- η ικανότητα συνεχής και γρήγορης παρακολούθησης και συλλογής δεδομένων μεγάλων εκτάσεων
- η χρήση δεδομένων σε διάφορα μήκη κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. (π.χ. υπερφασματικές εικόνες)
- το χαμηλό κόστος
- η μεγαλύτερη ακρίβεια (Sinha et.al., 2018)

2.5.1 Χρήση της τηλεπισκόπισης στη γεωργία

Η τηλεπισκόπιση έχει βοηθήσει σε μεγάλο βαθμό την εξέλιξη της γεωργίας ακριβείας με τις πληροφορίες που παρέχει για τις καλλιεργούμενες εκτάσεις. Μερικές από τις εφαρμογές της παρατίθενται παρακάτω.

- Στη χαρτογράφηση εδαφών. Η πιο συχνή αλλά και πιο σημαντική εφαρμογή, διότι δείχνει τον τύπο του εδάφους και κατά συνέπεια δείχνει και το πόσο καλά αποστραγγίζεται το κάθε σημείο του χωραφιού. Έτσι ο παραγωγός διευκολύνεται στην απόφαση της ιδανική καλλιέργειας για τον αγρό.
- Στη χαρτογράφηση της ροής του νερού. Εδώ ο παραγωγός βλέπει το πως ρέει το νερό στον αγρό του ή ακόμη βλέπει που υπάρχει διαθέσιμο νερό για την άρδευση της καλλιέργειας.

- Στην μέτρηση της εδαφικής υγρασίας. Συλλέγει τα δεδομένα της υγρασίας του εδάφους που κατ' επέκταση βοηθάν στην επιλογή της σωστής καλλιέργειας που θα έχει ικανοποιητική ανάπτυξη.
- Στην πρόβλεψη της παραγωγής. Δίνεται η δυνατότητα στους παραγωγούς να προβλέψουν την παραγωγή τους για ένα χωράφι στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου με βάση το εκτιμώμενο προϊόν που θα συγκομιστεί κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες.
- Στην αναγνώριση των καλλιεργειών. Μπορεί να αναγνωρίζει το είδος του φυτού ή ακόμη και να αναγνωρίζει μη φυσιολογικά χαρακτηριστικά που ίσως εμφανιστούν.
- Στην αναγνώριση των προσβολών από ασθένειες και από έντομα καθώς και στα μέτρα αντιμετώπισης τους. (Sinha et.al., 2018)

2.5.2 Γενικά για τους δείκτες ευρωστίας

Τα φύλλα των φυτών έχουν ικανότητα να ανακλούν τα διάφορα μήκη κύματος της ηλιακής ακτινοβολίας. Πιο συγκεκριμένα, η ανάκλαση της ακτινοβολίας στο ορατό φάσμα του φωτός είναι μικρή, λόγω της απορρόφησης της από την χλωροφύλλη. Ενώ αντίθετα η αντανάκλαση της ακτινοβολίας στο κοντινό υπέρυθρο είναι μεγάλη, λόγω της διασκόρπισής της σε διάφορες διευθύνσεις στο εσωτερικό των φύλλων και την μη απορρόφησή της από αυτό. Σε περιπτώσεις καταπόνησης (stress) ή προσβολής από κάποια ασθένεια, τα φυτά αλλάζουν συμπεριφορά ως προς την αντανάκλαση και περισσότερο επηρεάζεται αυτή στο ορατό φάσμα. Αυτό γιατί η χλωροφύλλη των φυτών είναι πολύ ευαίσθητη και διαταράσσεται η λειτουργία της στο φυτό (Knippling, 1970).

2.5.3 Δείκτης NDVI και Τηλεπισκόπηση

Οι δείκτες βλάστησης βρίσκονται με τη βοήθεια της τηλεπισκόπησης μέσω απλών και αποτελεσματικών αλγορίθμων. Μας δείχνουν την ευρωστία των φυτών, δηλαδή την ποσοτική και ποιοτική κατάσταση της βλάστησης. Η καταγραφή των πληροφοριών συνήθως γίνεται με την λήψη δορυφορικών εικόνων μέσω ιστοσελίδων, οι οποίες προσφέρουν υψηλή χωρική ανάλυση και δεδομένα από προηγούμενα έτη ή μπορεί να χρησιμοποιηθούν εικόνες που λήφθηκαν από μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα (drones). Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις εικόνες, είναι βασισμένα στην διαφοροποίηση του πράσινου χρώματος των φύλλων και στα φασματικά τους δεδομένα. Με τους δείκτες μπορούμε εκτός από την ευρωστία των φυτών να

εκτιμήσουμε το ποσοστό της φυτοκάλυψης καθώς και τον δείκτη LAI. Επιπροσθέτως τα αποτελέσματα ευρωστίας πολλές φορές κρίνονται απαραίτητα για την πρόβλεψη της παραγωγής μιας καλλιέργειας (Jinru et.al, 2017).

Ένας από τους πιο διαδεδομένους και πολυχρησιμοποιημένους δείκτες στη γεωργία είναι ο Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) που καταγράφει πληροφορίες στο κοντινό υπέρυθρο και στο κόκκινο του ορατού φάσματος (Jinru et.al, 2017). Υπολογίζεται από την διαφορά της αντανάκλασης στο κοντινό υπέρυθρο διά το άθροισμά τους. Ο τύπος είναι :

$$NDVI_i = (NIR - RED) / (NIR + RED), (Agenagnew et.al, 2019)$$

Πειραματικό μέρος

Abstract

The main aim of this research is to compare the yield variability of an olive orchard to soil electrical conductivity and tree canopy characteristics. One important stage of the current research is yield mapping. Actually, there was a try to simplify the yield recording and yield mapping processes. An android App «My GPS Coordinates» was utilized to record yield variability by taking photos of the harvested olives. Initially, harvested olives were placed in crates, under the trees witch they were originally collected from. Also, the coordinates of the taking point are depicted on the photo. So, in any particular photo its shown the quantity of the yield production and at the same time its exact place on the field. Apart from yield, soil apparent electrical conductivity recorded, with the use of an inductive sensor. The vigor of the tree canopy recorded by calculating the normalized difference vegetation index (NDVI) via Sentinel 2 satellite images. All recorded data are inserted into two software, one for creating maps and the other for statistical correlations. The results that arose from the maps where compared with each other and it came to the conclusion that in the areas with big production, the values of apparent electrical conductivity were also increased correspondingly while in the areas with low production, the values of electrical conductivity were decreased. Furthermore, in the areas where the values of the NDVI were increased, the production was high especially to the center of the field. The above results are confirmed from the statistical analysis witch shows significant correlations between the variables.

Περίληψη

Το πείραμα έχει ως βασικό σκοπό την παρατήρηση, τη μελέτη και την σύγκριση της παραλλακτικότητας, της παραγωγής σε σχέση με την ηλεκτρική αγωγιμότητα και τα χαρακτηριστικά του ελαιώνα. Ένα σημαντικό στάδιο της παρούσας έρευνας ήταν η χαρτογράφηση της παραγωγής. Βασικά έγινε προσπάθεια απλοποίησης τόσο της καταγραφής δεδομένων όσο και της διαδικασίας της χαρτογράφησης παραγωγής. Για την καταγραφή χρησιμοποιήθηκε μια εφαρμογή «My GPS Coordinates» που μπορεί να γίνει δωρεάν η λήψη της σε κινητό τηλέφωνο. Μέσω της εφαρμογής τραβήχτηκαν φωτογραφίες τα τελάρα με τους καρπούς όπου ήταν τοποθετημένα κάτω από τα δέντρα στα οποία μαζεύτηκαν οι ελαιόκαρποι. Και πάνω σε κάθε φωτογραφία φαίνονταν και οι συντεταγμένες του σημείου της λήψης. Έτσι σε μία φωτογραφία απεικονίζονται ταυτόχρονα η ποσότητα της παραγωγής καθώς και η θέση του στο χωράφι. Εκτός από τη παραγωγή έγινε και μέτρηση των τιμών της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας με τη χρήση επαγωγικού αισθητήρα καθώς επίσης και της ευρωστίας των δέντρων, με τον δείκτη βλάστησης NDVI μέσω δορυφορικών εικόνων. Όλα τα δεδομένα εισαχθήκαν σε δύο λογισμικά, για την δημιουργία χαρτών και στατιστικών συσχετίσεων αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα των χαρτών που προέκυψαν συγκρίθηκαν μεταξύ τους και έδειξαν ότι στα περισσότερα σημεία όπου η παραγωγή ήταν μεγαλύτερη, ήταν αυξημένες και οι τιμές της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας και αντίστοιχα όπου η παραγωγή ήταν μειωμένη ήταν χαμηλές και οι τιμές της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Ακόμη στα σημεία όπου ο δείκτης ευρωστίας NDVI έχει τις μεγαλύτερες τιμές, η παραγωγή ήταν αυξημένη δηλαδή κυρίως στο κέντρο του χωραφιού. Τα παραπάνω αποτελέσματα επιβεβαιώνονται και από τα στατιστικά στοιχεία διότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.

Εισαγωγή

Υπάρχουν αρκετά παραδείγματα χαρτογράφησης παραγωγής σε δενδρώδεις καλλιέργειες. Πιο συγκεκριμένα το 2003 οι Annamalai et.al. τοποθέτησαν έναν δέκτη GPS σε ένα όχημα που κινούνταν μέσα σε οπωρώνα με πορτοκάλια, για να καταγράφει την πορεία του και ταυτόχρονα το είχαν επανδρώσει με μία φωτογραφική μηχανή όπου φωτογράφιζε τα δέντρα. Η ανάλυση αυτών των φωτογραφιών έγινε με έναν αλγόριθμο που δημιούργησαν, ο οποίος αναγνώριζε και μετρούσε τον αριθμό των πορτοκαλιών που απεικονίζονταν. Λίγα χρόνια αργότερα οι Chinchuluun et.al. (2006) διεξήγαγαν ένα παρόμοιο πείραμα σε οπωρώνα με πορτοκάλια. Χρησιμοποίησαν έναν δέκτη GPS, δύο διαφορετικές κάμερες για την φωτογράφιση των δέντρων και δημιούργησαν ένα αλγόριθμο για την ανάλυσή τους. Τα αποτελέσματα συγκριτικά με τα δύο πειράματα ήταν καλύτερα στο δεύτερο, διότι ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ της υπολογισμένης ποσότητας φρούτων με τη χρήση φωτογραφιών και της πραγματικής παραγωγής ήταν υψηλότερος (0.82) από το πρώτο (0.76). Οι παραπάνω έρευνες αφορούν τα ώριμα πορτοκάλια. Όμως το 2009 ο Okamoto και ο Lee ανέπτυξαν έναν αλγόριθμο που να αναγνωρίζει τα πράσινα ανώριμα πορτοκάλια από φωτογραφίες που τραβήχτηκαν με υπερφασματική κάμερα. Τα ποσοστά επιτυχίας αναγνώρισης του πράσινου καρπού από τα πράσινα φύλλα ήταν αρκετά υψηλά στο 80% με 89% .

Σε ελαιώνα τις Ισπανίας οι Castillo-Ruiz et.al. (2015) διεξήγαγαν ένα πείραμα όπου τοποθέτησαν σε δύο μηχανές συγκομιδής ένα σύστημα GNSS ένα σύστημα GMS και ένα σύστημα χαρτογράφησης της παραγωγής (yield monitor) που σχεδίασαν οι ίδιοι ειδικά για την συγκεκριμένη έρευνα. Τα αποτελέσματα έδειξαν το σύστημα καταγραφής παρείχε έναν σχετικά ακριβείς υπολογισμό της παραγωγής.

Είναι πολύ σπάνια έως μηδαμινή η εύρεση χαρτογραφήσεων παραγωγής σε ελαιώνες ειδικά στην Ελλάδα. Ακόμη και για αυτές που γίναν σε πειραματικό κυρίως στάδιο, χρησιμοποιήθηκαν μηχανήματα συλλογής καρπών που απαιτούν μεγάλο κεφάλαιο και έχουν τεράστιο κόστος λειτουργίας. Όμως στην Ελλάδα η πλειοψηφία των ελαιόδεντρων είναι κλαδεμένα με παραδοσιακό τρόπο, για παράδειγμα σε σχήμα κύπελο και όχι μονόκλωνο (ή χρήση νάνας ποικιλίας) που απαιτείται για τις μηχανές συγκομιδής. Για αυτό στην εργασία δίνεται βάση στον τρόπο της χαρτογράφησης της παραγωγής, έτσι ώστε να γίνει εύκολα γρήγορα και με όσο το δυνατό μικρότερο κόστος, ενώ ταυτόχρονα να μπορεί να εξυπηρετήσει οπουδήποτε σχήμα και να έχει το δέντρο.

Ο τελικός στόχος του πειράματος είναι η απλοποίηση της χαρτογράφησης παραγωγής ώστε ο κάθε παραγωγός να μπορεί να την κάνει καθώς επίσης και η σύγκριση του χάρτη της παραγωγής με χάρτες που να περιέχουν άλλα δεδομένα όπως εδαφολογικά (φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα). Συνεπώς, με τη καταγραφή και τη σύγκριση των δεδομένων των ιδιοτήτων ενός οποιουδήποτε ελαιώνα, μπορεί να γίνει η αξιολόγηση του, και η σχεδίαση ενός προγράμματος, για την εφαρμογή των απαραίτητων παρεμβάσεων που χρειάζεται να γίνουν είτε τώρα είτε σε μελλοντικό χρόνο.

Υλικά και Μέθοδοι

Η συγκεκριμένη εργασία έχει ως στόχο την παρατήρηση, τη μελέτη και την σύγκριση της παραλλακτικότητας, της παραγωγής σε σχέση με την ηλεκτρική αγωγιμότητα και τα χαρακτηριστικά του ελαιώνα. Ο τελευταίος βρίσκεται στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας, στον Πλάτανο Τρικάλων. Το πείραμα διεξάχθηκε την καλλιεργητική περίοδο 2023-2024.

Η χρονική περίοδος όπου έγινε η συγκομιδή των ελαιόκαρπων είναι ο Οκτώβριος του 2023 και διήρκησε τρεις ημέρες μιας εβδομάδας στις 7/11 στις 8/11 και στις 12/11. Αυτό έγινε επειδή οι παραπάνω καρποί, προορίζονταν για ελαιόλαδο που συνεπάγεται σύντομο χρονικό διάστημα συγκομιδής και γρήγορη μεταφορά τους στο ελαιοτριβείο για την καλύτερη ποιότητα του ελαιόλαδου. Η συγκομιδή των καρπών έγινε χειρωνακτικά με την χρήση ραβδιστικών μηχανημάτων όπου έριχναν τους καρπούς στα ελαιόπανα και ελαιόδυχα που είχαν αρχικά τοποθετηθεί κάτω από τα δέντρα. Στην συνέχεια οι ελαιόκαρποι τοποθετήθηκαν σε τελάρα με στάνταρ βάρος τα είκοσι κιλά. Τα τελάρα που μαζεύτηκαν ήταν στο σύνολο τους 38 και από αυτά ενδεικτικά ζυγίστηκαν 10 για να υπολογιστεί το μέσο βάρος των γεμάτων τελάρων.

Το επόμενο βήμα ήταν η χαρτογράφηση της παραγωγής, για την οποία χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή My GPS Coordinates, είναι δωρεάν διαθέσιμη για όλα τα λειτουργικά συστήματα Android που διαθέτουν στην πλειοψηφία τους τα κινητά τηλέφωνα κοινώς γνωστά ως smartphones. Στους κατόχους της συσκευής που κάνουν χρήση της εφαρμογής δίνεται η δυνατότητα λήψης και αποθήκευσης φωτογραφιών μέσω του φακού του κινητού, στις οποίες απεικονίζονται οι συντεταγμένες του σημείου μαζί με άλλες πληροφορίες από όπου τραβήχτηκε η φωτογραφία. Ενώ ταυτόχρονα μπορεί να προστεθούν και επιπρόσθετες σημειώσεις που μπορεί να θέλει να κάνει ο παραγωγός. Έτσι, τραβήχτηκαν και αποθηκεύτηκαν φωτογραφίες με τα τελάρα των ελαιόκαρπων, τα οποία νωρίτερα είχαν τοποθετήσει οι εργάτες κάτω από τα δέντρα στα οποία μαζεύτηκαν οι καρποί (εικόνα 10).



Εικόνα 10: Φωτογραφίες από την Εφαρμογή όπου Απεικονίζονται η ποσότητα των συγκομισμένων καρπών και οι συντεταγμένες

Στις 30 Μάρτιου έγινε η χαρτογράφηση της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας του ελαιώνα και χρησιμοποιήθηκε ο επαγωγικός αισθητήρας EM38 της εταιρίας Geonics, μαζί με μια συσκευή με δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης (GNSS : Global Navigation Satellite System). Ο τρόπος με τον οποίο έγινε η μέτρηση ήταν και εδώ χειρωνακτικά δηλαδή κρατήθηκε ο αισθητήρας με τα χέρια, περπατώντας το αγροτεμάχιο του πειράματος. Ο προαναφερθέν αισθητήρας κάνει μέτρηση της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε ένα βάθος, εδώ συγκεκριμένα έγινε καταγραφή της των τιμών στο 1m μέτρο από την εδαφική επιφάνεια (εικόνα 11).



Εικόνα 11: Φωτογραφίες του Επαγωγικού Αισθητήρα EM38 και του Σύστηματος GNSS

Ακόμη χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες με δεδομένα Sentinel 2 και χωρική ανάλυση 10m από την ιστοσελίδα climateengine.org. Σε αυτές παρουσιάζεται η ευρωστία των δέντρων αλλά και πόσο πλούσια είναι η κόμη τους. Η εξαγωγή του αρχικού χάρτη με την μέση τιμή του δείκτη NDVI έγινε για την χρονική περίοδο 1/4/2023 – 31/10/2023. Η λήψη των εικόνων είχε σκοπό την δημιουργία χάρτη και σύγκριση του με τους χάρτες παραγωγής και φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας το έτος 2023.

Μετά όλα τα προαναφερθέντα δεδομένα της παραγωγής όσο της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας και του δείκτη NDVI που προέκυψαν, εισάχθηκαν στο λογισμικό ArcMap της εταιρίας ESRI. Εκεί έγινε η επεξεργασία τους για τη δημιουργία των χαρτών, που τελικά δείχνει την παραλλακτικότητα του χωραφιού. Πιο αναλυτικά έγινε η δημιουργία Raster δεδομένων με τη μέθοδο Inverse Distance Weighted και για την ταξινόμηση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Quantile, η οποία παίρνει τα δεδομένα που έχουμε εισάγει, τα βάζει σε σειρά από το μικρότερο στο μεγαλύτερο και στην συνέχεια τα τοποθετεί ισόποσα σε κάθε κλάση. Εδώ οι χάρτες χωρίστηκαν σε τρεις κλάσεις, για παράδειγμα υψηλό ποσοστό παραγωγής, μεσαίο ποσοστό παραγωγής και χαμηλό ποσοστό παραγωγής στο χωράφι και αντίστοιχα υψηλό ποσοστό φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας, μεσαίο ποσοστό φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας και χαμηλό ποσοστό φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Τα ποσοστά απεικονίζονται με διαφορετικά χρώματα στους χάρτες, κόκκινο για

χαμηλά ποσοστά κίτρινο για μεσαία ποσοστά και πράσινο για αυξημένα ποσοστά, έτσι η ανάγνωση του χάρτη γίνεται ποιο εύκολη.

Ταυτόχρονα έγινε και εισαγωγή όλων των δεδομένων σε δεύτερο λογισμικό αυτό του SPSS, για να γίνει μια στατιστική ανάλυση και συσχέτιση των αποτελεσμάτων. Για τη συσχέτιση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Pearson Correlation που δείχνει το πόσο σημαντική γραμμική συσχέτιση υπάρχει μεταξύ των μεταβλητών.

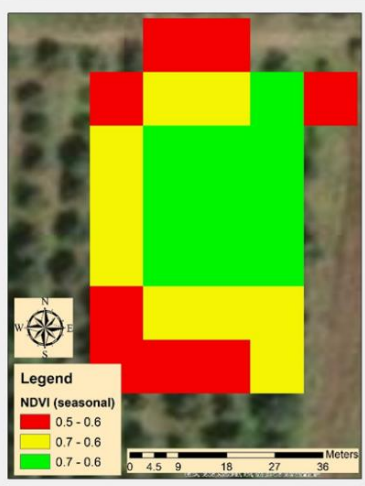
Παρακάτω θα παρατεθούν τα αποτελέσματα της σύγκρισης των χαρτών μεταξύ τους και μεταξύ των στατιστικών συσχετίσεων.

Αποτελέσματα Πειράματος



Χάρτης παραγωγής

Χάρτης δείκτη βλάστησης NDVI



Χάρτης ηλεκτρικής αγωγιμότητας

Από τους παραπάνω χάρτες παρατηρούμε ότι στο κεντρικό και νοτιοανατολικό τμήμα του χωραφιού όπου η παραγωγή ήταν μεγαλύτερη, ήταν αυξημένες και οι τιμές της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας και αντίστοιχα περιμετρικά στις άκρες του χωραφιού όπου η παραγωγή ήταν μειωμένη, ήταν χαμηλές και οι τιμές της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Επίσης παρατηρούμε ότι στα σημεία όπου ο δείκτης ευρωστίας NDVI έχει τις μεγαλύτερες τιμές, η παραγωγή ήταν αυξημένη δηλαδή κυρίως στο κέντρο του χωραφιού.

Πίνακας 1

ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ			
	ΠΑΡΑΓΩΓΗ	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	NDVI
ΠΑΡΑΓΩΓΗ	1	.850**	.883**
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	.850**	1	.756**
NDVI	.883**	.756**	1
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).			

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα (πίνακας 1), η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών είναι στατιστικώς σημαντική. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται σημαντική συσχέτιση μεταξύ της παραγωγής και της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας καθώς και μεταξύ της παραγωγής με τον δείκτη ευρωστίας NDVI. Αυτό συνεπάγεται ότι στις περισσότερες περιοχές του χωραφιού όπου η παραγωγή ήταν αυξημένη, αυξημένες ήταν και οι τιμές της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας και του NDVI αντίστοιχα. Ακόμη υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας και του δείκτη ευρωστίας NDVI, που σημαίνει ότι στην πλειοψηφία τα σημεία όπου οι τιμές και των δύο ήταν είτε αυξημένες, είτε μειωμένες είναι κοινά.

Συζήτηση

Και στα τέσσερα πειράματα {Annamalai et.al. (2003), Chinchuluun et.al. (2006), Okamoto et.al.(2009), Castillo-Ruiz et.al. (2015)} που αναγράφονται σε παραπάνω παράγραφο, παρατηρείται ένα κοινό σημείο. Σε όλα χρησιμοποιείται για την καταγραφή της παραγωγής τροχοφόρο όχημα που διασχίζει το χωράφι έχοντας ενσωματωμένα σύστημα GNSS και σύστημα λήψης φωτογραφιών (εικόνων). Αυτή είναι και η μεγαλύτερη διαφορά με την παρούσα μελέτη. Εδώ χρησιμοποιήθηκε μια εφαρμογή που η λήψη της είναι δωρεάν για τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα (smartphones), στα οποία είναι ήδη ενσωματωμένα σύστημα GNSS (κεραία κινητής τηλεφωνίας) και σύστημα λήψης φωτογραφιών (κάμερα / φακός). Οπότε η καταγραφή της παραγωγής γίνεται με τρόπο φιλικό προς τον παραγωγό, λόγω της εξοικείωσης με τα κινητά τηλέφωνα ο χειρισμός της εφαρμογής γίνεται εύκολα κατανοητός. Πιο αναλυτικά για την καταγραφή της παραγωγής ο παραγωγός ή ο εργάτης τραβάει φωτογραφία το δέντρο, κάτω από το οποίο έχουν τοποθετηθεί τα τελάρα με τους συγκομισμένους από εκείνο καρπούς. Πάνω στην φωτογραφία απεικονίζονται οι συντεταγμένες του σημείου λήψης (LONG / LAT), η ημερομηνία και η ώρα που έγινε η λήψη και η ποσότητα των συγκομισμένων καρπών καθώς επίσης υπάρχει και η δυνατότητα επιπρόσθετων προσωπικών σημειώσεων.

Επιπροσθέτως η χρήση της εφαρμογής διευκολύνει την καταγραφή δεδομένων ιδιαίτερα στην Ελληνικούς ελαιώνες, στους οποίους η συγκομιδή γίνεται στην πλειοψηφία χειρωνακτικά λόγω του παραδοσιακού κλαδέματος των δέντρων. Ακόμη το κόστος παραγωγής μειώνεται σημαντικά διότι δεν χρησιμοποιήθηκε κεφάλαιο για αγορά μηχανής συγκομιδής, όπως στο πείραμα των Ισπανών Castillo-Ruiz et.al. (2015) και συγχρόνως έγινε αποφυγή της συμπίεσης του εδάφους που προκαλείται από ένα τέτοιο όχημα.

Δεν βρέθηκαν βιβλιογραφικές αναφορές και αποτελέσματα για τη συσχέτιση μεταξύ της παραγωγής και του δείκτη ευρωστίας NDVI, κάτι που καθιστά την παρούσα εργασία πρωτότυπη.

Αξίζει επίσης να σημειωθούν τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προέκυψαν με βάση τα αποτελέσματα της παραπάνω μελέτης και ήταν τα εξής :

Για τους χάρτες της παραγωγής και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, στα σημεία όπου η παραγωγή ήταν μεγαλύτερη, ήταν αυξημένες και οι τιμές της φαινόμενης ηλεκτρικής

αγωγιμότητας. Αυτό έχει μια βάση διότι η ελιά κατατάσσεται στα φυτά μέσης ανθεκτικότητας στην αλατότητα. Και η υψηλότερη τιμή της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας συνεπάγεται ότι το έδαφος μπορεί να συγκρατήσει περισσότερη υγρασία η οποία μπορεί να είναι διαθέσιμη στα δέντρα.

Για τους χάρτες της παραγωγής και της ευρωστίας των δέντρων, στα σημεία όπου ο δείκτης βλάστησης NDVI έχει τις μεγαλύτερες τιμές, η παραγωγή ήταν αυξημένη κάτι που παρατηρείται έντονα στο κέντρο του χωραφιού.

Είναι πολύ σημαντική η καταγραφή και η σύγκριση των δεδομένων των ιδιοτήτων ενός οποιουδήποτε ελαιώνα, τόσο για την αξιολόγηση του όσο και για την εφαρμογή των απαραίτητων παρεμβάσεων που χρειάζεται να γίνουν είτε τώρα είτε σε μελλοντικό χρόνο.

Εν κατακλείδι με τη χρήση ιστορικών δεδομένων χαρτών παραγωγής (περισσότερα από 5 έτη), NDVI αλλά και δεδομένων φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης για τον διαχωρισμό ζωνών διαχείρισης και την επέμβαση καλλιεργητικών τεχνικών μόνο στα σημεία που το έχουν ανάγκη.

Το παρόν πείραμα, μπορεί να εξελιχθεί περαιτέρω, με την συλλογή επιπρόσθετων χαρακτηριστικών, βοηθώντας έτσι την καλύτερη κατανόηση της παραλλακτικότητας και συνεπώς την βελτίωση της παραγωγής. Σημαντική θα ήταν η καταγραφή των ποιοτικών χαρακτηριστικών των ελαιόκαρπων κατά τη διάρκεια της διαλογής τους, όταν αυτοί προορίζονται για επιτραπέζια χρήση. Κάποια από τα χαρακτηριστικά είναι το μέγεθος, το χρώμα και η ύπαρξη χτυπημένων – παραμορφωμένων καρπών. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα χάρτη, με τη θέση των ποιητικά καλύτερων καρπών στο χωράφι και γίνει σύγκρισή του με τους υπόλοιπους. Ακόμη μπορούμε να τοποθετήσουμε αισθητήρες υγρασίας στο χωράφι και κάνοντας τις απαραίτητες μετρήσεις να δημιουργήσουμε το χάρτη της υδατοϊκανότητας του χωραφιού. Επίσης, με βάση τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ελαιόκαρπων μπορεί να γίνει μια εκτενέστερη μελέτη πάνω στην μεταποίηση τους. Για παράδειγμα το παρθένο ελαιόλαδο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν βασικό συστατικό για την παρασκευή καλλυντικών προϊόντων, σαπουνιών ή και ως φαρμακευτικό προϊόν, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ο πυρήνας της ελιάς σε προϊόντα ομορφιάς όπως είναι

τα απολεπίστηκα της επιδερμίδας. Βέβαια είναι σημαντικό ότι ο πυρήνας μπορεί να μεταποιηθεί και σε ένα είδος καυσίμου το πυρηνόξυλο.

Βιβλιογραφία

Ξένη βιβλιογραφία

Άρθρα

Adhikari K., Carre F., Toth G., Montanarella L. (2009). Site Specific Land Management General Concepts and Applications. EU-Joint Research Center / European Commission.

Agenagnew A. Gessesse , Assefa M. Melesse. (2019). Temporal relationships between time series CHIRPS-rainfall estimation and eMODIS-NDVI satellite images in Amhara Region, Ethiopia. Extreme Hydrology and Climate Variability Monitoring, Modelling, Adaptation and Mitigation. 81-92.

Ali Bozkurt, Cengiz Kurtulus, Hasan Endes. (2009). Measurements of apparent electrical conductivity and water content using a resistivity meter. International Journal of the Physical Sciences. 4 (12), 784-795.

A.S. Zaidi; M.R. Suddle. (2006). Global Navigation Satellite Systems: A Survey. International Conference on Advances in Space Technologies.

Cetin Mekik, Murat Arslanoglu. (2009). Investigation on Accuracies of Real Time Kinematic GPS for GIS Applications. Remote Sensing. 1 (1), 1-35.

D. L. Corwin, S. M. Lesch. (2003). Application of Soil Electrical Conductivity to Precision Agriculture. Agronomy Journal. 95 (3), 455-47.

Shmulik P. Friedman. (2005). Properties influencing apparent electrical conductivity: a review. Computers and Electronics in Agriculture. 46 (1–3), 45-70.

Edward B. Knipling. (1970). Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. Remote Sensing of Environment. 1 (3), 155-159.

Francisco J. Castillo-Ruiz, Manuel Pérez-Ruiz 2, Gregorio L. Blanco-Roldán, Jesús A. Gil-Ribes, Juan Agüera. Development of a Telemetry and Yield-Mapping System of Olive Harvester. Sensors. 15 (2), 4001-4018.

Guergana Guerova, Tzvetan Simeonov. (2022). Global Navigation Satellite System (GNSS-GPS, GLONASS, Galileo). Global Navigation Satellite System Monitoring of the Atmosphere. 1-13

Hans L. Trautenberg, Thomas Weber, Christof Schäfer. (2004). GALILEO system overview. *Acta Astronautica*. 55 (3-9), 643-647.

Hiroshi Okamoto, Won Suk Lee. (2009). Green citrus detection using hyperspectral imaging. *Computers and Electronics in Agriculture*. 66 (2), 201-208.

J. Böhner, T. Selige, R. Köthe. (2005). GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS. *Encyclopedia of Soils in the Environment*. 121-129.

Manuel Perez-Ruiz, Shrini K. Upadhyaya. (2012). GNSS in precision agricultural operation. *New Approach of Indoor and Outdoor Localization Systems*. IntechOpen

Nishant K Sinha, M Mohanty, J Somasundaram, Shinogi KC, KM Hati, RS Chaudhary. (2018). Application of remote sensing in agriculture. *HARIT DHARA*. 1 (1), 15-16.

Palaniappan Annamalai, Won Suk Lee. (2003). Citrus Yield Mapping System Using Machine Vision. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*.

Parmita Ghosh, Siva P. Kumpatla. (2022). GIS Applications in Agriculture. *Geographic Information Systems and Applications in Coastal Studies*. IntechOpen

Pavan Kumar, Prashant K. Srivastava, Prasoon Tiwari, R.K. Mall. (2021). Application of GPS and GNSS technology in geosciences. *GPS and GNSS Technology in Geosciences*. 415-427.

Radnaabazar Chinchuluun, Won Suk Lee. (2006). Citrus Yield Mapping System in Natural Outdoor Scenes using the Watershed Transform. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*.

Wei Xie, Guanwen Huang, Bobin Cui, Pingli Li, Yu Cao, Haohao Wang, Zi Chen, Bo Shao. (2019). Characteristics and Performance Evaluation of QZSS Onboard Satellite Clocks. *Sensors*. 19 (23), 5147

Xue Jinru, Baofeng Su. (2017). Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. *Journal of Sensors*. 2017 (1), 1-17.

Yun ZHANG, Falin WU, Akio YASUDA. (2007). impact of Integrated GPS and the Quasi-Zenith Satellite System in the East Asian Region. TRANSACTIONS OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES. 50 (168), 105-112.

Βιβλία

Khalid A. Eldrandaly. (2011). GIS AND SPATIAL DECISION MAKING. Geographic Information Systems. Nova Science Publishers.

Krista Merry, Pete Bettinger, Michael Crosby, Kevin Boston. (2023). Geographic information systems. Geographic Information System Skills for Foresters and Natural Resource Managers. Elsevier

Nyle C. Brady, Ray R. Weil. (2008). NATURE AND PROPERTIES OF SOILS. Pearson Education. Fourteenth edition.

Paul A. Longley, Michael F. Goodchild, David J. Maguire, David W. Rhind. (2001). Geographic Information Systems and Science. John Wiley & Son's. First edition.

Paul A. Longley, Michael F. Goodchild, David J. Maguire, David W. Rhind. (2015). Geographic Information Systems and Science. John Wiley & Son's. Fourth edition.

Robert A. Schowengerdt. (2006). Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. Academic Press. third edition

Terry A. Brase. (2006). Precision Agriculture. Delmar Cengage Learning. First edition.

Ελληνική βιβλιογραφία

Άρθρα

Αντώνιος Παρασκευόπουλος, Σπυριδούλα Μπέσσα. (1999). Θρέψη – Λίπανση της Ελιάς. Ελιά και Ελαιόλαδο, τεύχος 8^ο, 33 – 47.

Αντώνιος Παρασκευόπουλος, Σπυριδούλα Μπέσσα. (2000). Σηψηρριζίες της ελιάς : Οι ασθένειες που προκαλούν σήψη των ριζών και τη μερική ή ολική ξήρανσή τους. Ελιά και Ελαιόλαδο, τεύχος 18^ο, 55 – 57.

Ευάγγελος Μπαδιεριτάκης. (2004). Σημαντικοί εντομολογικοί εχθροί της ελιάς. Ελιά και Ελαιόλαδο, τεύχος 38^ο, 45 – 47.

Ιωάννης Μτζιδάκης. (2003). Το κλάδεμα της ελιάς. Ελιά και Ελαιόλαδο, τεύχος 32°, 56 – 62.

Κωνσταντίνος Χαρτζουλάκης. (2003). Η άρδευση της ελιάς – υδατικές ανάγκες και ποιότητα νερού. Ελιά και Ελαιόλαδο, τεύχος 33°, 33 – 39.

Πέτρος Ρούσσος. (2005). Πολλαπλασιασμός της ελιάς. Ελιά και Ελαιόλαδο, τεύχος 43°, 54 – 59.

Βιβλία

Γιώργος Δ. Μπαλατσούρας. 1999. Η Ελαιουργεία. Αφοί Φραγκούδη. Τόμος Τέταρτος.

Ιωάννης Ν. Θεριός. 2005. Ελαιοκομία. Γαρταγάνη

Φώτιος Θ. Γραβάνης. 2018. Ειδική Φυτοπαθολογία Νοσολογία Καλλιεργούμενων Φυτών. CCITY PUBLISH.

