



UNIVERSITY OF
PATRAS
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΧΘΡΩΝ ΚΑΙ
ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ ΤΗΣ ΕΛΙΑΣ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ:

ΑΣΤΕΡΙΟΣ ΛΥΤΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2026

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....σελ.	1
1.1 Η καλλιέργεια της ελιάς: Οικονομική και Πολιτιστική Σημασία.....σελ.	1
1.2 Σημαντικότεροι εχθροί της ελιάς.....σελ.	3
1.3 Κυριότερες ασθένειες της ελιάς.....σελ.	20
1.4 Προβλήματα στην Αντιμετώπιση Εχθρών και Ασθενειών.....σελ.	34
1.4.1 Εχθροί.....σελ.	35
1.4.2 Ασθένειες.....σελ.	35
1.5 Σκοπός της παρούσας διατριβής.....σελ.	36
2. Σύγχρονες Τεχνολογίες Γεωργίας Ακριβείας.....σελ.	38
2.1 Έξυπνες Ηλεκτρονικές Παγίδες.....σελ.	38
2.2 Μη Επανδρωμένα Εναέρια Οχήματα και Τηλεπισκόπηση.....σελ.	41
2.3 Αισθητήρες Εδάφους και Φυτών.....σελ.	42
2.4 Χρήση Big Data στην Ελαιοκαλλιέργεια και την Ιχνηλασιμότητα.....σελ.	43
3. Παραδείγματα.....σελ.	45
3.1 Παραδείγματα εφαρμογής της γεωργίας ακριβείας στην αντιμετώπιση εχθρών της ελιάς.....σελ.	45
3.2 Παραδείγματα εφαρμογής της γεωργίας ακριβείας στην αντιμετώπιση ασθενειών της ελιάς.....σελ.	49
4. Συζήτηση και Συμπεράσματα.....σελ.	53
4.1 Γενική Αποτίμηση της Γεωργίας Ακριβείας στην Ελαιοκαλλιέργεια.....σελ.	53
4.2 Συγκριτική Εξέταση Εχθρών και Ασθενειών.....σελ.	53
4.3 Κοινωνικοοικονομικές και Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις.....σελ.	54
4.4 Μελλοντικές Προοπτικές και Προτάσεις.....σελ.	55

4.5 Συνολική Εκτίμηση.....σελ. 55
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....σελ. 56

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή/της φοιτήτριας («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο/η συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του/της συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του/της συγγραφέα/δημιουργού. Ο/Η συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες προς τον Καθηγητή κ. Νικόλαο Παπαδόπουλο για την επιστημονική καθοδήγηση, την επικοινωνιακή κριτική και τις πολύτιμες υποδείξεις του κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η συμβολή του υπήρξε καθοριστική στη διαμόρφωση και ολοκλήρωση της εργασίας, καθώς και στη διασφάλιση της επιστημονικής της ποιότητας

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή διερευνά την εφαρμογή τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας στη διαχείριση των κυριότερων εχθρών και ασθενειών της ελαιοκαλλιέργειας στην Ελλάδα. Η ελιά αποτελεί βασική καλλιέργεια της Μεσογειακής γεωργίας και συνδέεται άρρηκτα με την οικονομική, πολιτιστική και περιβαλλοντική ταυτότητα της χώρας μας. Ωστόσο, πλήθος εχθρών – όπως ο δάκος της ελιάς (*Bactrocera oleae*), ο πυρηνοτρήτης (*Prays oleae*), το λεκάνιο (*Saissetia oleae*), αλλά και ασθένειες όπως η Βερτισιλλίωση (*Verticillium dahliae*), το κυκλοκόνιο (*Fusicladium oleagineum*), το γλοιοσπόριο (*Colletotrichum spp.*) και η φυματίωση (*Pseudomonas savastanoi pv. savastanoi*) – απειλούν τη βιωσιμότητα της παραγωγής.

Η εργασία διερευνά τις δυνατότητες και τις προοπτικές εφαρμογής προηγμένων τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας για την ολοκληρωμένη διαχείριση των κυριότερων εχθρών και ασθενειών της ελιάς. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται σε ψηφιακά συστήματα παρακολούθησης και λήψης αποφάσεων, σε πλατφόρμες αυτοματοποιημένης ανίχνευσης μέσω μη επανδρωμένων αεροσκαφών (UAVs), καθώς και σε έξυπνες παγίδες, αισθητήρες πεδίου και αλγορίθμους μηχανικής μάθησης που υποστηρίζουν τη συλλογή, επεξεργασία και ερμηνεία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Η μελέτη υιοθετεί συστηματική ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας και αξιοποιεί παραδείγματα εφαρμοσμένης έρευνας για να αναδείξει σύγχρονες στρατηγικές εντοπισμού και καταπολέμησης εχθρών, καθώς και την αποτελεσματικότητα των τεχνολογιών αυτών στη μείωση των απωλειών παραγωγής και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Παράλληλα, αναλύονται σημαντικές τεχνικές παράμετροι, όπως η αξιοπιστία των αισθητηριακών συστημάτων, η ακρίβεια

ταξινόμησης, η διαλειτουργικότητα των πλατφορμών και η ενσωμάτωσή τους σε υφιστάμενα μοντέλα ολοκληρωμένης φυτοπροστασίας.

Επιπλέον, η εργασία εξετάζει τους περιορισμούς και τις προκλήσεις που συνοδεύουν την υιοθέτηση έξυπνων λύσεων στη σύγχρονη ελαιοκαλλιέργεια, όπως ζητήματα υποδομών, κόστους, διαχείρισης δεδομένων, τεχνικής τεχνογνωσίας και κοινωνικής αποδοχής. Εξετάζονται επίσης οι ευκαιρίες για ανάπτυξη καινοτόμων πρακτικών που ενισχύουν την ακρίβεια, την αυτοματοποίηση και τη βιωσιμότητα της παραγωγής.

Συνολικά, τα ευρήματα της εργασίας υπογραμμίζουν τον κρίσιμο ρόλο των τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας στην ενίσχυση της ανθεκτικότητας, της παραγωγικότητας και της περιβαλλοντικής ευθύνης του ελαιοκομικού τομέα, αναδεικνύοντας την ανάγκη ολοκληρωμένης στρατηγικής υιοθέτησης και υποστήριξης, ιδιαίτερα στο ελληνικό αγροτικό πλαίσιο.

Abstract

This thesis investigates the potential of precision agriculture technologies to enhance the detection, monitoring, and management of major pests and diseases affecting olive cultivation in Greece. Given the agronomic, economic, and cultural importance of olive production in the Mediterranean region, the sustainability of the sector is increasingly threatened by phytosanitary pressures caused by pests such as *Bactrocera oleae*, *Prays oleae*, *Saissetia oleae* and pathogens including *Verticillium dahliae*, *Fusicladium oleagineum*, *Colletotrichum* spp., and *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi*.

The study adopts a systematic review of recent scientific literature and applied research to evaluate digital tools and data-driven strategies that support early detection, targeted interventions, and integrated pest management (IPM). Particular emphasis is placed on Decision Support Systems (DSS), Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), electronic traps, pheromone-based mating disruption devices, field sensors, and machine learning algorithms capable of processing real-time, high-resolution data. The analysis highlights their capacity to improve situational awareness, automate monitoring processes, and optimize treatment deployment based on spatial and temporal variability.

The findings suggest that precision agriculture technologies can significantly reduce pesticide inputs, increase resource-use efficiency, and minimize environmental externalities, while maintaining productivity and crop health. However, their widespread adoption is constrained by technological, infrastructural, and socio-economic barriers, including system interoperability, high installation costs, limited connectivity in rural areas, data governance issues, and farmers' digital literacy. Moreover, the integration of heterogeneous data streams and the operational scalability of emerging tools remain active research challenges.

Overall, the thesis underscores the transformative potential of precision agriculture in enabling more sustainable, resilient, and data-driven olive production systems. It provides analytical insights into current technological capabilities, identifies barriers that hinder practical deployment, and outlines key directions for future research, innovation, and policy support, particularly within the Greek agricultural context.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η καλλιέργεια της ελιάς: Οικονομική και Πολιτιστική Σημασία

Η ελιά (*Olea europaea*) αποτελεί ένα από τα αρχαιότερα και σημαντικότερα δέντρα και τις αρχαιότερες καλλιέργειες στο Μεσογειακό χώρο, με ιστορία που εκτείνεται σε βάθος χιλιάδων ετών. Η καλλιέργεια της ελιάς στην Ανατολική Μεσόγειο αναπτύχθηκε ήδη από την 3η χιλιετία π.Χ., με αρχαιολογικά δεδομένα να επιβεβαιώνουν την παρουσία της σε μινωικούς οικισμούς και την ένταξή της στο σύστημα παραγωγής και ανταλλαγής αγαθών. Στη Μινωική Κρήτη, το ελαιόλαδο αποτελούσε βασικό αγροτικό προϊόν με πολυδιάστατη χρήση, από τη διατροφή και τον φωτισμό μέχρι τις τελετουργικές πρακτικές και το διακρατικό εμπόριο, λειτουργώντας ως σημαντικός πόρος για την οικονομική και πολιτιστική ανάπτυξη της εποχής (Τζανακάκης, 2006; Θεριός, 2015).

Η ύπαρξη εγκαταστάσεων επεξεργασίας ελαιοκάρπου, αποθηκευτικών χώρων και εξειδικευμένων δομών σε μινωικά ανάκτορα, όπως στην Κνωσό και τη Φαιστό, καταδεικνύει την οργανωμένη και συστηματική παραγωγή ελαιολάδου, καθώς και τη στρατηγική σημασία του ως εμπορεύσιμου προϊόντος κατά την Ύστερη Εποχή του Χαλκού. Τα δεδομένα αυτά υποστηρίζουν ότι η ελιά δεν αποτελούσε μόνο στοιχείο της διατροφής, αλλά και βασικό μοχλό κοινωνικοοικονομικής οργάνωσης (Τζανακάκης, 2006).

Η διάδοση της ελαιοκαλλιέργειας δεν περιορίστηκε στον ελλαδικό χώρο αλλά εξαπλώθηκε σταδιακά σε ολόκληρη τη Μεσόγειο, αποκτώντας εξέχουσα θέση στις οικονομίες και τις κοινωνίες των λαών της περιοχής. Η ελιά θεωρείται αναπόσπαστο κομμάτι της ιστορίας και της πολιτιστικής κληρονομιάς του ελληνικού χώρου. Κατά τη Βυζαντινή περίοδο, τα μοναστήρια διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο στη διατήρηση και την ανάπτυξη της καλλιέργειας, καθώς και στην εμπορία του ελαιολάδου, το οποίο παρέμεινε βασικό διατροφικό και οικονομικό αγαθό ακόμα και μετά την πτώση της Κωνσταντινούπολης (Ζαρταλούδης, 2006).

Εκτός από τη σημαντική οικονομική συμβολή της, η ελιά έχει έντονες πολιτιστικές και θρησκευτικές διαστάσεις. Στην αρχαιότητα, το στεφάνι από κλαδί ελιάς, γνωστό ως "κότινος", αποτελούσε το ύψιστο έπαθλο στους Ολυμπιακούς Αγώνες, συμβολίζοντας την ανδρεία και τη νίκη. Στη χριστιανική παράδοση, το ελαιόλαδο κατέχει κεντρική θέση, καθώς χρησιμοποιείται στο Άγιο Μύρο και σε πολλά

θηρσκευτικά μυστήρια. Επίσης, στη Βίβλο, η ελιά συμβολίζει την ειρήνη και την αναγέννηση, όπως αποτυπώνεται στην ιστορία του Νώε, όταν το περιστέρι επιστρέφει στην Κιβωτό κρατώντας ένα κλαδί ελιάς (Θεριός, 2015).

Σήμερα, η Ελλάδα κατατάσσεται μεταξύ των κορυφαίων παραγωγών ελαιολάδου παγκοσμίως. Η ελαιοπαραγωγή συνιστά βασική οικονομική δραστηριότητα για εκατοντάδες χιλιάδες οικογένειες, με περισσότερους από 500.000 παραγωγούς να εξαρτώνται άμεσα ή έμμεσα από την καλλιέργεια της ελιάς και την παραγωγή ελαιολάδου και επιτραπέζιων ελιών. Σε πολλές ημιορεινές και ξηροθερμικές περιοχές, η ελιά αποτελεί το κυρίαρχο ή και το μοναδικό καλλιεργούμενο είδος, στηρίζοντας την τοπική οικονομία και διατηρώντας το φυσικό περιβάλλον (Ζαρταλούδης, 2006).

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται βασικά δεδομένα για την ελαιοκαλλιέργεια στην Ελλάδα την περίοδο 2021–2023, όπως καταγράφονται από την ΕΛΣΤΑΤ.

Πίνακας 1. Βασικά στοιχεία για την ελαιοκαλλιέργεια στην Ελλάδα (2021–2023), βάσει δεδομένων της ΕΛΣΤΑΤ.

Δείκτης	Τιμή/Έτος
Έκταση ελαιώνων (στρέμματα)	2021: 7.531.600 στρέμματα
Παραγωγή νωπών ελιών (τόνοι)	2022: 3.208.900 τόνοι
Παραγωγή ελαιολάδου (τόνοι)	2022: 248.300 τόνοι
Αριθμός ελαιόδεντρων	~132 εκατ. Δέντρα
Τιμή παραγωγού ελαιολάδου (€/kg) – 2023	Άνοιξη: 4,0–4,5 €/kg Φθινόπωρο: 8,0–8,5 €/kg (λόγω μειωμένης παραγωγής)
Εξαγωγές (tn)	2023: 158.000 tn ελαιολάδου (€976M)

Η ελιά είναι ένα ιδιαίτερα ανθεκτικό δέντρο, το οποίο μπορεί να ευδοκιμήσει ακόμα και σε περιοχές με φτωχά εδάφη και περιορισμένους υδατικούς πόρους. Η μεγάλη μακροβιότητά της –καθώς μπορεί να ζήσει και να παράγει καρπούς για εκατοντάδες χρόνια– σε συνδυασμό με τη χαμηλή ανάγκη για καλλιεργητικές παρεμβάσεις, την καθιστούν ιδανική για τη βιώσιμη γεωργία και την προστασία των

αγροτικών τοπίων. Το ελαιόλαδο, το οποίο προέρχεται από τους καρπούς της, αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο της Μεσογειακής διατροφής, γνωστό για τα υψηλά θρεπτικά του οφέλη. Έρευνες έχουν δείξει ότι η συστηματική κατανάλωση ελαιολάδου συμβάλλει στην πρόληψη καρδιαγγειακών παθήσεων, μειώνει τις φλεγμονές και έχει αντιοξειδωτική δράση, προσφέροντας σημαντικά οφέλη στην ανθρώπινη υγεία (Θερίος, 2015).

Η διαχρονική παρουσία της ελιάς στον ελλαδικό χώρο, η πολιτιστική και θρησκευτική της σημασία, καθώς και ο καθοριστικός ρόλος της στην εθνική οικονομία, αναδεικνύουν την αναγκαιότητα προστασίας και αειφόρου διαχείρισης των ελαιώνων. Η ελαιοπαραγωγή αντιμετωπίζει προκλήσεις, όπως η κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις από εχθρούς και ασθένειες, ωστόσο, η προσαρμοστικότητα της καλλιέργειας και η εφαρμογή νέων τεχνολογιών μπορούν να διασφαλίσουν τη διατήρησή της ως βασικό πυλώνα της αγροτικής παραγωγής.

1.2 Σημαντικότεροι εχθροί της ελιάς

Ο Δάκος της Ελιάς (*Bactrocera oleae*)

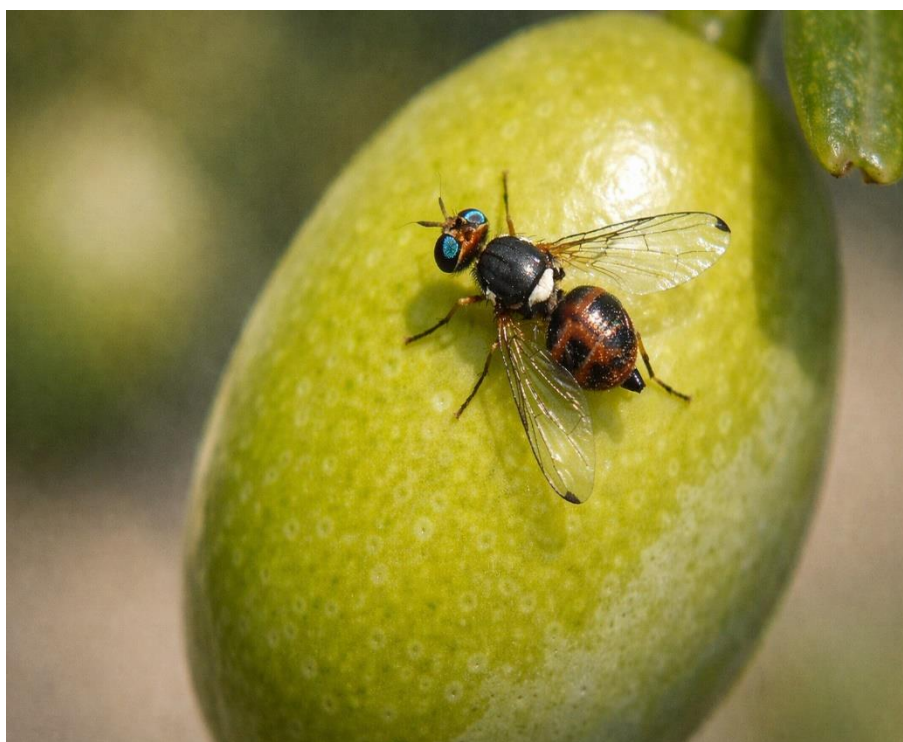
Εισαγωγή

Ο δάκος της ελιάς (*Bactrocera oleae* [Rossi], Diptera: Tephritidae) αποτελεί τον πιο σημαντικό εχθρό της ελαιοκαλλιέργειας στις Μεσογειακές χώρες. Το έντομο αυτό είναι μονοφάγο και αναπτύσσεται αποκλειστικά στους καρπούς της ελιάς. Η προσβολή προκαλεί άμεσες απώλειες στην ποσότητα και την ποιότητα του ελαιολάδου, ενώ υποβαθμίζεται και η εμπορική αξία των επιτραπέζιων ελιών (Τζανακάκης, 2006).

Μορφολογικά Χαρακτηριστικά

Το ενήλικο έχει μήκος περίπου 5 mm και χρώμα που κυμαίνεται από σκούρο έως ανοιχτό καστανό. Ο θώρακας παρουσιάζει τρεις σκοτεινές επιμήκεις γραμμές και ένα υπόλευκο θυρέο (*scutellum*), ενώ στις πτέρυγες εμφανίζεται ένα σκοτεινό στίγμα στο άκρο τους, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1. Ο ωσθέτης του θηλυκού είναι ευδιάκριτος και αιχμηρός (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).

Τα αυγά του *Bactrocera oleae* είναι επιμήκη, λευκά και τοποθετούνται συνήθως ένα ανά καρπό, κοντά στον πυρήνα. Η εκκόλαψη διαρκεί 2–3 ημέρες κατά τους θερινούς μήνες. Οι προνύμφες είναι άποδες, με χρώμα υπόλευκο και μήκος που φτάνει τα 7–8 mm στην πλήρη ανάπτυξή τους. Επίσης, οι προνύμφες δε διαθέτουν διακριτή κεφαλική κάψα, και η λήψη της τροφής πραγματοποιείται μέσω του στόματος με κεράτια άγκιστρα. Η νύμφωση λαμβάνει χώρα εντός του καρπού ή στο έδαφος, ανάλογα με την εποχή, και η νύμφη χαρακτηρίζεται από καστανό, σκληρυμένο εξωσκελετικό περίβλημα, μήκους 5–6 mm (Τζανακάκης, 2006).



Εικόνα 1. Ενήλικο έντομο του δάκου.

(Η εικόνα δημιουργήθηκε με χρήση εργαλείου τεχνητής νοημοσύνης (AI))



Εικόνα 2. Προσβολή του δάκου σε καρπό ελιάς.

(Η εικόνα δημιουργήθηκε με χρήση εργαλείου τεχνητής νοημοσύνης (AI))

Βιολογία και κύκλος Ζωής

Ο δάκος της ελιάς συμπληρώνει συνήθως 3 ή περισσότερες γενεές ετησίως στην Ελλάδα. Τα ενήλικα αρχίζουν να δραστηριοποιούνται όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 15,5°C. Τα αυγά εκκολάπτονται σε 2-3 ημέρες, οι προνύμφες αναπτύσσονται σε περίπου 20 ημέρες, και το στάδιο της νύμφης διαρκεί 8-10 ημέρες κατά το καλοκαίρι, ενώ τον χειμώνα μπορεί να φτάσει και τους 6 μήνες. Τα ενήλικα έντομα ζουν από 2 έως 6 μήνες, ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τη διαθεσιμότητα τροφής (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).

Τα ενήλικα θηλυκά ωοτοκούν από 200 έως 500 αυγά στη διάρκεια της ζωής τους, τα οποία τοποθετούν στους καρπούς της ελιάς όταν ο πυρήνας έχει αρχίσει να σκληραίνει. Η προνύμφη δημιουργεί στοά στο μεσοκάρπιο, καταστρέφοντας τον καρπό, και νυμφώνεται είτε μέσα στον καρπό (εάν είναι πράσινος) είτε στο έδαφος (όταν ο καρπός έχει ωριμάσει και περιέχει περισσότερο λάδι) (Ζαρταλούδης, 2006).

Η αντιμετώπιση του δάκου της ελιάς γίνεται με χημικές και βιολογικές μεθόδους και ολοκληρωμένες στρατηγικές.

Χημική Καταπολέμηση

Η χημική καταπολέμηση του δάκου της ελιάς στη χώρα μας εφαρμόζεται κατά κύριο λόγο από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων με το Εθνικό Πρόγραμμα Συλλογικής Δακοκτονίας, το οποίο υλοποιείται υπό την εποπτεία των Διευθύνσεων Αγροτικής Οικονομίας και Κτηνιατρικής (ΔΑΟΚ) σε επίπεδο Περιφερειακών Ενοτήτων. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει συστηματική παρακολούθηση του πληθυσμού του δάκου μέσω παγίδων McPhail, δειγματοληψία καρπών για εκτίμηση της προσβολής και εκτέλεση δολωματικών ψεκασμών.

Η επέμβαση πραγματοποιείται όταν διαπιστωθεί ότι η προσβολή υπερβαίνει συγκεκριμένα πληθυσμιακά κατώφλια και εντομολογικά κριτήρια. Εκτός από τα ποσοστά προσβολής καρπών (π.χ. >2% για επιτραπέζιες και >3% για ελαιοποιήσιμες ποικιλίες), αξιολογούνται επίσης:

- ο αριθμός συλληφθέντων ενηλίκων ανά παγίδα/ημέρα
- η αναλογία θηλυκών προς αρσενικά
- το ποσοστό γόνιμων θηλυκών (με ώριμα ωοθυλάκια)
- η παρουσία νέας γενιάς (προνυμφών) εντός των καρπών.

Η ύπαρξη υψηλού ποσοστού γόνιμων θηλυκών (>60–70%) αποτελεί κρίσιμο δείκτη επικείμενης έξαρσης και δικαιολογεί άμεση επέμβαση, ακόμη και όταν τα ποσοστά προσβολής δεν έχουν ακόμη υπερβεί τα τυπικά οικονομικά κατώφλια. Αντιθέτως, σε περιόδους χαμηλής γονιμότητας, η επέμβαση μπορεί να καθυστερήσει, μειώνοντας το κόστος και την περιβαλλοντική επιβάρυνση (Ζαρταλούδης, 2006; Τζανακάκης, 2006).

Επιπλέον, λαμβάνονται υπόψη μετεωρολογικές συνθήκες (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, βροχόπτωση), καθώς επηρεάζουν άμεσα τη δραστηριότητα του δάκου, τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου και την αποτελεσματικότητα των εφαρμογών. Ο συνδυασμός πληθυσμιακών, βιολογικών και περιβαλλοντικών δεικτών επιτρέπει στοχευμένη και έγκαιρη παρέμβαση, μειώνοντας τη χρήση φυτοπροστατευτικών και τις απώλειες παραγωγής.

Οι επεμβάσεις περιλαμβάνουν:

- **Δολωματικούς ψεκασμούς:** Εφαρμόζεται διάλυμα εντομοκτόνου (συνήθως 0,3%) μαζί με ελκυστικά πρωτεϊνικά δολώματα σε στοχευμένα δέντρα. Έχει επιλεκτική δράση, μικρότερη επίδραση στα ωφέλιμα έντομα και μειωμένο κόστος εφαρμογής.
- **Καθολικούς (καλυπτικούς) ψεκασμούς:** Γίνονται σε περιοχές με υψηλό πληθυσμό του εντόμου ή σε περιπτώσεις αποτυχίας των δολωματικών εφαρμογών. Εφαρμόζονται σε όλο το φύλλωμα του ελαιόδεντρου.

Οι δραστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση του δάκου της ελιάς διαφοροποιούνται ανάλογα με τη μέθοδο εφαρμογής (δολωματικός ή καλυπτικός ψεκασμός), καθώς και με το σύστημα διαχείρισης (συμβατικό ή βιολογικό).

• **Στον δολωματικό ψεκασμό,** χρησιμοποιούνται κυρίως εντομοκτόνα με υψηλή εκλεκτικότητα και στοχευμένη δράση, σε συνδυασμό με πρωτεϊνούχα ελκυστικά. Ενδεικτικά αναφέρονται:

• **Spinosad,** φυσικής προέλευσης, με υψηλή εκλεκτικότητα και μειωμένη επίδραση στα ωφέλιμα έντομα.

• **Στους καλυπτικούς (καθολικούς) ψεκασμούς,** οι οποίοι εφαρμόζονται σε περιπτώσεις υψηλών πληθυσμών ή αποτυχίας των δολωματικών εφαρμογών, χρησιμοποιούνται δραστικές ουσίες ευρύτερου φάσματος, όπως:

• **Lambda-cyhalothrin, deltamethrin** (συνθετικά πυρεθροειδή),

• Σε **βιολογικά προγράμματα καταπολέμησης,** δεν εφαρμόζονται δολωματικοί ή καλυπτικοί ψεκασμοί με χημικά εντομοκτόνα. Αντίθετα, αξιοποιούνται βιολογικοί παράγοντες, όπως:

• **Beauveria bassiana,** εντομοπαθογόνος μύκητας, ο οποίος εφαρμόζεται με ψεκασμό επαφής και δεν χρησιμοποιείται σε δολωματικές εφαρμογές.

Η επιλογή του κατάλληλου σκευάσματος εξαρτάται από την ένταση της προσβολής, το στάδιο ανάπτυξης του εντόμου, τις κλιματικές συνθήκες, το σύστημα καλλιέργειας και τη χρονική απόσταση από τη συγκομιδή, ώστε να διασφαλίζεται η αποτελεσματικότητα και η ασφάλεια της παραγωγής.

Προληπτική Μέθοδος

Η βασική προληπτική μέθοδος είναι οι δολωματικοί ψεκασμοί. Σε αυτή τη διαδικασία, εντομοκτόνα (0,3%) αναμιγνύονται με ελκυστικά (2-3%) και ψεκάγονται

σε τμήματα της κόμης συγκεκριμένων δέντρων. Η εφαρμογή των ψεκασμών εποπτεύεται από τις αρμόδιες γεωργικές υπηρεσίες και βασίζεται στην παρακολούθηση του πληθυσμού του εντόμου μέσω παγίδων McPhail όπως αναφέρθηκε και παραπάνω (Ζαρταλούδης, 2006).

Θεραπευτική Μέθοδος

Όταν τα επίπεδα προσβολής από τον δάκο της ελιάς υπερβούν τα καθορισμένα οικονομικά κατώφλια (περίπου 3% για τις ελαιοποιήσιμες και 2% για τις επιτραπέζιες ποικιλίες), εφαρμόζονται θεραπευτικές επεμβάσεις με καθολικό (καλυπτικό) ψεκασμό της κόμης των δέντρων. Οι επεμβάσεις αυτές πραγματοποιούνται με εγκεκριμένα φυτοπροστατευτικά σκευάσματα, σύμφωνα με τις ισχύουσες οδηγίες φυτοπροστασίας και τις συστάσεις των αρμόδιων γεωργικών υπηρεσιών.

Στην πράξη, ο χρόνος και ο τρόπος εφαρμογής των θεραπευτικών ψεκασμών καθορίζονται από τις κατά τόπους Διευθύνσεις Αγροτικής Οικονομίας και Κτηνιατρικής (ΔΑΟΚ), στο πλαίσιο των εθνικών ή περιφερειακών προγραμμάτων δακοκτονίας. Κατά τον σχεδιασμό των επεμβάσεων λαμβάνονται υπόψη το στάδιο ανάπτυξης του εντόμου, οι επικρατούσες κλιματικές συνθήκες, η ποικιλία της ελιάς και η χρονική απόσταση από τη συγκομιδή, με στόχο την αποτελεσματική μείωση της προσβολής και την αποφυγή υπολειμμάτων στο τελικό προϊόν. (Ζαρταλούδης, 2006; ΥπΑΑΤ).

Βιολογική Καταπολέμηση

Τα τελευταία χρόνια, η διεθνής επιστημονική βιβλιογραφία αναγνωρίζει τη βιολογική καταπολέμηση του δάκου της ελιάς ως βασικό στοιχείο της ολοκληρωμένης διαχείρισης εχθρών (IPM). Σύμφωνα με συνθετικές μελέτες υψηλού κύρους, η αξιοποίηση φυσικών εχθρών, όπως παρασιτοειδή υμενόπτερα, καθώς και εντομοπαθογόνων μικροοργανισμών, μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στη μείωση των πληθυσμών του *Bactrocera oleae*, ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με συστηματική παρακολούθηση και στοχευμένες παρεμβάσεις.

Ωστόσο, επισημαίνεται ότι η αποτελεσματικότητα των βιολογικών μεθόδων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις τοπικές οικολογικές συνθήκες, τη σωστή χρονική εφαρμογή και την ενσωμάτωσή τους σε ολοκληρωμένα προγράμματα διαχείρισης, σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές χαμηλής περιβαλλοντικής επιβάρυνσης.

Ένας από τους πιο υποσχόμενους βιολογικούς παράγοντες είναι ο εντομοπαθογόνος μύκητας *Beauveria bassiana*. Σύμφωνα με τη μελέτη των Mantzoukas et al. (2024), η εφαρμογή του μύκητα τόσο σε συνθήκες εδάφους όσο και εκτός εδάφους, οδήγησε σε σημαντική μείωση της διάρκειας ανάπτυξης του νυμφικού σταδίου νυμφών του δάκου της ελιάς. Συγκεκριμένα, η μέση διάρκεια ανάπτυξης των νυμφών μειώθηκε από 9,83–9,90 ημέρες (στο δείγμα ελέγχου) σε $5,56 \pm 0,42$ ημέρες υπό εδαφικές συνθήκες και σε $6,76 \pm 0,46$ ημέρες σε μη-εδάφειες συνθήκες. Το εύρημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς επιβεβαιώνει την εντομοκτόνο δράση του *B. bassiana* και την αποτελεσματικότητά του σε περιβαλλοντικά ρεαλιστικές συνθήκες, ειδικά όταν συνδυάζεται με πρωτεϊνικά δολώματα (Mantzoukas et al., 2024).

Παράλληλα, η ανακάλυψη νέων παρασιτικών ειδών ανοίγει προοπτικές για βιολογική καταπολέμηση σε μη παραδοσιακά περιβάλλοντα. Η μελέτη των Stockton et al. (2023), η οποία πραγματοποιήθηκε στη Χαβάη, κατέγραψε για πρώτη φορά την παρουσία του παρασιτοειδούς *Forpūs arisanus* σε ελαιώνες που είχαν προσβληθεί από *B. oleae*. Το είδος αυτό είναι γνωστό για την ικανότητά του να παρασιτοποιεί ωά και προνύμφες άλλων δίπτερων και η παρουσία του σε νέες γεωγραφικές περιοχές ενισχύει τη δυνατότητα βιολογικής καταπολέμησης του δάκου και εκτός Μεσογείου (Stockton et al., 2023). Αυτή η παρατήρηση κρίνεται κρίσιμη για την επεκτασιμότητα των βιολογικών στρατηγικών σε παγκόσμιο επίπεδο.

Ακόμη, η εφαρμογή γενετικών μεθόδων όπως η Τεχνική Στείρωσης Εντόμων (Sterile Insect Technique – SIT) αποτελεί μία από τις πλέον μελετημένες στρατηγικές βιολογικού ελέγχου του δάκου της ελιάς. Στην κλασική μορφή της, η SIT βασίζεται στη μαζική εκτροφή αρσενικών εντόμων, τα οποία στη συνέχεια στερώνονται μέσω ακτινοβόλησης και απελευθερώνονται στο περιβάλλον, όπου ανταγωνίζονται τα άγρια αρσενικά, οδηγώντας σε μείωση της αναπαραγωγικής επιτυχίας του πληθυσμού.

Η μέθοδος αυτή έχει εξελιχθεί τα τελευταία χρόνια με την ανάπτυξη πιο εξειδικευμένων και στοχευμένων τεχνολογιών.

Η τεχνική fsRIDL (female-specific Release of Insects carrying a Dominant Lethal) επιτρέπει την εξαπόλυση γενετικά τροποποιημένων αρσενικών εντόμων, τα οποία φέρουν ένα θανατηφόρο γονίδιο που μεταβιβάζεται μόνο στα θηλυκά, περιορίζοντας έτσι τη δυνατότητα αναπαραγωγής του πληθυσμού του δάκου. Η προσέγγιση αυτή θεωρείται περιβαλλοντικά φιλική, καθώς ελαχιστοποιεί τις

επιπτώσεις σε μη-στόχους οργανισμούς και δεν απαιτεί τη χρήση χημικών φυτοφαρμάκων (Stavrianakis et al., 2025).

Τέλος, μια συστηματική ανασκόπηση των Balampekou et al. (2024) επιχειρεί να χαρτογραφήσει το σύνολο των στρατηγικών αντιμετώπισης του δάκου που έχουν μελετηθεί έως σήμερα. Η μελέτη αναλύει τόσο τη γεωγραφική όσο και τη θεματική κατανομή των ερευνών, εντοπίζοντας σημαντικά ερευνητικά κενά – κυρίως στον συνδυασμό βιολογικών, γενετικών και τηλεπισκοπικών μεθόδων στο πλαίσιο της γεωργίας ακριβείας. Η συστηματική ανασκόπηση των Balampekou et al. (2024) καταδεικνύει ότι η πλειονότητα των μελετών για τη διαχείριση του δάκου της ελιάς εστιάζει είτε σε μεμονωμένες βιολογικές μεθόδους είτε σε τεχνολογίες παρακολούθησης, με περιορισμένο αριθμό εφαρμογών που ενσωματώνουν συνδυαστικές προσεγγίσεις. Παράλληλα, επισημαίνεται η άνιση γεωγραφική κατανομή της έρευνας, με έμφαση σε συγκεκριμένες περιοχές της Μεσογείου, καθώς και η έλλειψη μακροχρόνιων πειραματικών δεδομένων πεδίου. Οι συγγραφείς τονίζουν την ανάγκη ανάπτυξης ολοκληρωμένων και προσαρμοσμένων στρατηγικών ανά περιοχή και ποικιλία ελιάς, ιδίως μέσω του συνδυασμού βιολογικών, γενετικών και τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας, για τη βιώσιμη αντιμετώπιση του δάκου.

Συμπερασματικά, οι σύγχρονες μέθοδοι βιολογικής καταπολέμησης του δάκου της ελιάς δείχνουν ιδιαίτερα ελπιδοφόρες και υποστηρίζουν τη μετάβαση προς ένα πιο περιβαλλοντικά υπεύθυνο και τεχνολογικά προηγμένο σύστημα φυτοπροστασίας.

Ο Πυρηνοτρήτης της Ελιάς (*Prays oleae*)

Εισαγωγή

Ο πυρηνοτρήτης της ελιάς (*Prays oleae*) είναι ένα από τα σημαντικότερα έντομα που προσβάλλουν την ελιά, προκαλώντας ζημιές στα φύλλα, τα άνθη και τους καρπούς. Έχει τρεις γενεές ετησίως, οι οποίες επηρεάζουν διαφορετικά όργανα του δέντρου. Η καταπολέμησή του αποτελεί βασική δραστηριότητα για τους ελαιοπαραγωγούς, καθώς οι ζημιές από την καρπόβια γενεά οδηγούν σε μείωση της παραγωγής (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).

Μορφολογικά Χαρακτηριστικά

Τα ενήλικα έχουν μήκος 6-6,5 mm και άνοιγμα πτερύγων 13-15 mm. Ο χρωματισμός τους κυμαίνεται από τεφρά έως ανοιχτοκάστανά, με μεταλλικές ανταύγειες στις πτέρυγες, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4. Τα αυγά είναι μικρά, σχεδόν κυκλικά (0,5 x 0,4 mm) και έχουν ανοιχτοκίτρινο χρώμα. Οι προνύμφες είναι πρασινωπές ή καστανόπράσινες και φτάνουν τα 7-8,5 mm. Η νύμφη έχει καστανό χρώμα με μήκος 5-6 mm και βρίσκεται μέσα σε αραιό βομβύκιο πάνω στο δέντρο ή στο έδαφος (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).



Εικόνα 4. Ενήλικο του πυρηνοτρύτη της ελιάς.

(Η εικόνα δημιουργήθηκε με χρήση εργαλείου τεχνητής νοημοσύνης (AI))

Βιολογία και Ζημιές

Ο πυρηνοτρήτης έχει τρεις γενεές τον χρόνο:

1. **Η φυλλόβια γενεά** εμφανίζεται το φθινόπωρο και οι προνύμφες δημιουργούν στοές στα φύλλα, καταστρέφοντας το παρέγχυμα και οδηγώντας σε αποδυνάμωση του φυτού, όπως δείχνει και η Εικόνα 5.



Εικόνα 5. Προσβεβλημένο φύλλο ελιάς από πυρηνοτρύτη.

(Η εικόνα δημιουργήθηκε με χρήση εργαλείου τεχνητής νοημοσύνης (AI))

2. **Η ανθόβια γενεά** δρα την άνοιξη και καταναλώνει τα άνθη όπως στην Εικόνα 6., επηρεάζοντας την καρποφορία. Κάθε προνύμφη μπορεί να καταστρέψει 3-10 άνθη.



Εικόνα 6. Προσβεβλημένο άνθος ελιάς.

(Η εικόνα δημιουργήθηκε με χρήση εργαλείου τεχνητής νοημοσύνης (AI))

3. **Η καρπόβια γενεά** εμφανίζεται το καλοκαίρι και οι προνύμφες εισέρχονται στον πυρήνα του καρπού, καταστρέφοντας τους ιστούς, όπως στην εικόνα 7, και οδηγώντας σε πτώση των καρπών (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).

Η ένταση της προσβολής μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες. Οι υψηλές θερμοκρασίες τους καλοκαιρινούς μήνες μπορεί να μειώσουν την

επιβίωση του εντόμου, ενώ ήπιοι χειμώνες ευνοούν την ανάπτυξή του (Ζαρταλούδης, 2006).



Εικόνα 7. Προσβεβλημένοι καρποί από πυρηνοτρύτη.

(Η εικόνα δημιουργήθηκε με χρήση εργαλείου τεχνητής νοημοσύνης (AI))

Μέθοδοι Καταπολέμησης

Η αντιμετώπιση του πυρηνοτρήτη γίνεται με χημικές, βιολογικές και βιοτεχνολογικές μεθόδους.

Χημική Καταπολέμηση

Η κλασική προσέγγιση περιλαμβάνει δύο ψεκασμούς φυτοπροστατευτικών προϊόντων:

- Ένας ψεκασμός κατά την έναρξη της ανθοφορίας με ήπια εντομοκτόνα για την προστασία των ωφέλιμων εντόμων.
- Ένας ψεκασμός στην περίοδο του καρπιδίου (όταν ο καρπός έχει το μέγεθος φακής) για την καταπολέμηση της καρπόβιας γενεάς (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).

Βιολογική Καταπολέμηση

Η βιολογική αντιμετώπιση βασίζεται στη χρήση ωφέλιμων εντόμων και μικροβιακών σκευασμάτων.

- Φυσικοί εχθροί του πυρηνοτρήτη είναι τα *Ageniaspis fuscicollis* (Hymenoptera: Encyrtidae), *Chelonus eleaphilus* (Hymenoptera: Braconidae) και *Trichogramma* sp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Τα είδη *A. fuscicollis* και *C. eleaphilus* παρασιτούν κυρίως στις προνύμφες του εντόμου, ενώ τα είδη του γένους *Trichogramma* παρασιτούν στο στάδιο του αυγού.
- Εξαιρετικά αποτελέσματα έχει δώσει η χρήση *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, ενός βακτηρίου που δρα εκλεκτικά στις προνύμφες του πυρηνοτρήτη, χωρίς να επηρεάζει τα ωφέλιμα έντομα. Οι ψεκασμοί με *B. thuringiensis* γίνονται συνήθως στην ανθόβια γενεά, στην έναρξη της ανθοφορίας, και επαναλαμβάνονται εάν ο πληθυσμός είναι υψηλός (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).

Βιοτεχνολογική Καταπολέμηση

- Φερομονικές παγίδες χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση του πληθυσμού και την εκτίμηση του κατάλληλου χρόνου ψεκασμού. Οι παγίδες περιέχουν φιαλίδιο φερομόνης φύλου και αντικαθίστανται κάθε 30 ημέρες.
- Η μέθοδος σύγχυσης φύλου βασίζεται στη χρήση εξατμιστήρων φερομόνης, οι οποίοι απελευθερώνουν συνθετική σεξουαλική φερομόνη στο περιβάλλον του ελαιώνα, παρεμποδίζοντας τον εντοπισμό των θηλυκών από τα αρσενικά άτομα του πυρηνοτρήτη (*Prays oleae*). Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται κυρίως έναντι της ανθόβιας και καρπόβιας γενεάς του εντόμου και έχει δείξει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε εκτεταμένους και σχετικά απομονωμένους ελαιώνες, όπου περιορίζεται η είσοδος εντόμων από γειτονικές περιοχές. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου εξαρτάται από την έγκαιρη τοποθέτηση των εξατμιστήρων, την πυκνότητά τους ανά μονάδα επιφάνειας και τη σωστή παρακολούθηση του πληθυσμού μέσω φερομονικών παγίδων. Η σύγχυση φύλου εντάσσεται κυρίως σε προγράμματα ολοκληρωμένης και βιολογικής διαχείρισης, καθώς μειώνει σημαντικά την ανάγκη χημικών επεμβάσεων (Ζαρταλούδης, 2006).

Συμπέρασμα

Ο πυρηνοτρήτης της ελιάς αποτελεί έναν από τους κυριότερους εχθρούς της ελαιοπαραγωγής. Η ολοκληρωμένη διαχείρισή του απαιτεί τον συνδυασμό χημικών, βιολογικών και βιοτεχνολογικών μεθόδων, με ιδιαίτερη έμφαση στη χρήση φιλικών προς το περιβάλλον πρακτικών, όπως οι βιολογικές μέθοδοι και η φερομονική παρακολούθηση (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012, Ζαρταλούδης, 2006).

Λεκάνιο της Ελιάς (*Saissetia oleae*)

Εισαγωγή

Το λεκάνιο της ελιάς (*Saissetia oleae*), γνωστό και ως «μαύρη ψώρα της ελιάς», ανήκει στην οικογένεια Coccidae και αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους εχθρούς της ελιάς. Προκαλεί ζημιές κυρίως στα φύλλα, τους νεαρούς βλαστούς και τους μικρούς κλάδους, επηρεάζοντας την ανάπτυξη του δέντρου και την παραγωγή. Παράλληλα, τα μελιτώδη αποχωρήματά του συμβάλλουν στην ανάπτυξη μυκήτων της καπνιάς, που μειώνουν την ικανότητα φωτοσύνθεσης των φυτών (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).

Μορφολογικά Χαρακτηριστικά

Στην Ελλάδα, εμφανίζεται μόνο το θηλυκό άτομο, το οποίο αναπαράγεται παρθενογενετικά. Το αρσενικό αναφέρθηκε μόνο στη Βόρεια Αμερική. Το σώμα του έχει σχήμα κυρτού ελλειψοειδούς, με διαστάσεις 2-5 mm σε μήκος και 1-4 mm σε πλάτος. Η χαρακτηριστική του επιφάνεια εμφανίζει τρεις τρίπιδες που σχηματίζουν ένα ανάγλυφο «Η». Το χρώμα του κυμαίνεται από σκούρο τεφρό έως μαύρο, γεγονός που το κάνει εύκολα αναγνωρίσιμο, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 8. Τα αυγά του, τα οποία αριθμούν περίπου 2.000 ανά θηλυκό, τοποθετούνται κάτω από το σώμα του μητρικού ατόμου και εκκολάπτονται εντός 30 ημερών (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).

Οι νύμφες περνούν από τρεις ηλικίες ανάπτυξης. Στην πρώτη είναι κινητές και περιφέρονται σε φύλλα και νεαρούς βλαστούς, όπου εισάγουν τα στοματικά τους μόρια και αρχίζουν να μυζούν χυμούς. Στις επόμενες ηλικίες εγκαθίστανται μόνιμα και αποκτούν το χαρακτηριστικό τους σχήμα και χρωματισμό.



Εικόνα 8. Λεκάριο της ελιάς.

(Η εικόνα δημιουργήθηκε με χρήση εργαλείου τεχνητής νοημοσύνης (AI))

Βιολογία και Ζημιές

Το λεκάριο της ελιάς έχει μία έως δύο γενεές ετησίως, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες. Διαχειμάζει κυρίως ως νύμφη δεύτερης ή τρίτης ηλικίας και σπανιότερα ως ενήλικο. Τα ενήλικα θηλυκά εμφανίζονται την άνοιξη ή στις αρχές του καλοκαιριού, ενώ η ωοτοκία λαμβάνει χώρα από τον Ιούνιο έως τον Ιούλιο. Οι νεαρές προνύμφες αναπτύσσονται στα φύλλα και τους βλαστούς κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και του φθινοπώρου (Ζαρταλούδης, 2006).

Οι βασικές ζημιές που προκαλεί είναι:

- Μύζηση φυτικών χυμών, που οδηγεί σε αποδυνάμωση των δέντρων.
- Μελιτώδη αποχωρήματα, τα οποία ευνοούν την ανάπτυξη της καπνιάς, μειώνοντας τη φωτοσύνθεση.
- Φυλλόπτωση και εξασθένηση της ελιάς, ιδιαίτερα σε έντονες προσβολές (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).

Μέθοδοι Καταπολέμησης

Η αντιμετώπιση του λεκανίου γίνεται με χημικές, βιολογικές και βιοτεχνολογικές μεθόδους.

Χημική Καταπολέμηση

Η χημική καταπολέμηση του *Saissetia oleae* είναι ιδιαίτερα απαιτητική, καθώς τα ενήλικα και τα προνυμφικά στάδια προστατεύονται από τον κηρώδη εξωσκελετό του εντόμου. Οι ψεκασμοί είναι πιο αποτελεσματικοί όταν στοχεύουν τις πρώτες νυμφικές ηλικίες, πριν ολοκληρωθεί η σκληροποίηση του σώματος. Σύμφωνα με τη λίστα εγκεκριμένων φυτοπροστατευτικών προϊόντων του ΥΠΑΑΤ, για την αντιμετώπιση του λεκανίου στην ελιά επιτρέπεται η χρήση:

- **Paraffin oil**, το οποίο εφαρμόζεται σε εποχές που ευνοούν την έξοδο των προνυμφών, συνήθως τον Ιούλιο και Σεπτέμβριο.
- **Pyriproxyfen**, ρυθμιστής ανάπτυξης εντόμων, εφαρμόζεται λίγο πριν ή κατά την έξοδο των νεαρών σταδίων.
- **Spinosad**, φυσικής προέλευσης σκεύασμα, με στοχευμένη δράση και χαμηλή τοξικότητα προς ωφέλιμους οργανισμούς.

Τα παραπάνω σκευάσματα είναι καταχωρισμένα στην επίσημη βάση δεδομένων του ΥΠΑΑΤ και χρησιμοποιούνται σε προγράμματα ολοκληρωμένης φυτοπροστασίας, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις έντονων προσβολών (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2024).

Βιολογική Καταπολέμηση

Η βιολογική αντιμετώπιση βασίζεται στη δράση φυσικών εχθρών, όπως τα παρασιτικά υμενόπτερα της οικογένειας Encyrtidae, τα οποία τρέφονται με τις προνύμφες του λεκανίου της ελιάς. Μερικά από τα πιο σημαντικά είδη είναι:

- *Metaphycus helvolus*
- *Metaphycus swirskii*
- *Metaphycus lounsburyi*
- *Diversinervus elegans* (Ζαρταλούδης, 2006).

Επιπλέον, τα αυτοφυή φυτά, όπως το *Carduus ruscocephalus*, μπορούν να διατηρούν υψηλούς πληθυσμούς ωφέλιμων εντόμων στον ελαιώνα, συμβάλλοντας στον φυσικό περιορισμό του λεκανίου (Ζαρταλούδης, 2006).

Βιοτεχνολογική Καταπολέμηση

Η βιολογική καταπολέμηση του λεκάνιου της ελιάς (*S. oleae*) έχει αποτελέσει αντικείμενο πολυετών μελετών, με στόχο τη μείωση της χρήσης χημικών φυτοπροστατευτικών ουσιών και την ενίσχυση της οικολογικής ισορροπίας στους ελαιώνες. Στη Σαρδηνία, οι Delrio και Foxi (2010) μελέτησαν τη μακροχρόνια επίδραση της εισαγωγής παρασιτοειδών εντόμων των γενών *Metaphycus helvolus* και *Metaphycus lounsburyi* — είδη της οικογένειας Encyrtidae — τα οποία απελευθερώθηκαν οργανωμένα τη δεκαετία του 1980. Η μελέτη, που κάλυψε την περίοδο 1993–2008, έδειξε ότι τα παρασιτοειδή αυτά εγκαταστάθηκαν με επιτυχία στο οικοσύστημα και συνεισέφεραν στον έλεγχο των πληθυσμών του λεκάνιου, αν και τα ποσοστά παρασιτισμού παρουσίασαν διακυμάνσεις. Συγκεκριμένα, σε νύμφες, τα ποσοστά κυμάνθηκαν από 6,7 το 1981 σε 5,3 % το 2008, ενώ στα ενήλικα από 21,0 σε 7,7 % αντίστοιχα, γεγονός που υποδηλώνει την επίδραση περιβαλλοντικών και βιολογικών παραμέτρων στην αποτελεσματικότητα των εχθρών (Delrio & Foxi, 2010).

Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται και στη μελέτη των Tena, Soto και Garcia-Marí (2008), οι οποίοι διερεύνησαν το παρασιτοειδές σύμπλεγμα του *S. oleae* σε ελαιώνες και εσπεριδοειδή στην Ανατολική Ισπανία. Η έρευνα αποκάλυψε την κυριαρχία του *Scutellista caerulea* (Pteromalidae), το οποίο παρουσίασε ποσοστά παρασιτισμού που ανήλθαν έως και 22,4 % στα άτομα του λεκάνιου στους ελαιώνες. Τα είδη *Metaphycus flavus* και *M. lounsburyi* εμφανίστηκαν επίσης, αλλά σε χαμηλότερες συχνότητες. Η εποχιακή κατανομή του πληθυσμού των παρασιτοειδών αποδείχθηκε καθοριστική, καθώς ορισμένα είδη παρουσίασαν δραστηριότητα μόνο κατά συγκεκριμένες περιόδους του έτους, καθιστώντας αναγκαίο τον χρονικό συγχρονισμό των παρεμβάσεων (Tena et al., 2008).

Πέρα από τα παρασιτοειδή, οι Mahzoum et al. (2020) εστίασαν στους φυσικούς θηρευτές του λεκάνιου και ειδικότερα στο αρπακτικό έντομο *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Μέσω εργαστηριακών πειραμάτων, αξιολόγησαν την αποδοτικότητα των προνυμφικών σταδίων του θηρευτή έναντι των νυμφών του *S. oleae*, σε διαφορετικές πυκνότητες πληθυσμού. Διαπιστώθηκε ότι οι τρίτης ηλικίας νύμφες ήταν οι πιο αποτελεσματικές, παρουσιάζοντας τον υψηλότερο ρυθμό θήρευσης και μικρότερο χρόνο χειρισμού της λείας. Η μελέτη υποδηλώνει ότι το *C. carnea* μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο βιολογικό παράγοντα, ιδιαίτερα σε καλλιέργειες με μέτριο πληθυσμό λεκάνιου, όπου η δράση των θηρευτών δεν αναστέλλεται από την υπερβολική αφθονία θηραμάτων (Mahzoum et al., 2020).

Συνολικά, τα αποτελέσματα αυτών των μελετών επιβεβαιώνουν ότι η βιολογική καταπολέμηση του λεκάνιου μπορεί να ενισχυθεί με τη στοχευμένη αξιοποίηση τόσο παρασιτοειδών όσο και θηρευτών. Ωστόσο, η μεταβλητότητα των ποσοστών παρασιτισμού και η επιρροή των οικολογικών συνθηκών καθιστούν απαραίτητη τη συνέργεια αυτών των μεθόδων με άλλες τεχνικές γεωργίας ακριβείας και την παρακολούθηση μέσω αισθητήρων ή ψηφιακών συστημάτων, προκειμένου να επιτευχθεί αποτελεσματική και βιώσιμη φυτοπροστασία.

Συμπέρασμα

Το λεκάνιο της ελιάς είναι ένας από τους σοβαρότερους εχθρούς της καλλιέργειας, με σημαντικές επιπτώσεις τόσο στην ανάπτυξη των δέντρων όσο και στην παραγωγή. Η καταπολέμησή του απαιτεί έναν συνδυασμό χημικών, βιολογικών και ολοκληρωμένων μεθόδων, με έμφαση στη διατήρηση των φυσικών εχθρών του εντόμου και στη σωστή χρονική εφαρμογή των ψεκασμών (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012; Ζαρταλούδης, 2006).

1.3 Κυριότερες ασθένειες της ελιάς

Γλοιοσπόριο της Ελιάς (*Colletotrichum* spp.)

Εισαγωγή

Το γλοιοσπόριο είναι μια μυκητολογική ασθένεια που προσβάλλει κυρίως τους ώριμους καρπούς της ελιάς και προκαλεί σημαντικές ζημιές σε περιοχές με υψηλή βροχόπτωση. Στην Ελλάδα, καταγράφηκε για πρώτη φορά το 1920 από τον Σαρακομένο στην Κέρκυρα, όπου είναι γνωστό με την ονομασία «παστέλλα». Η ασθένεια ενδημεί σε παράκτιες περιοχές, όπως η Ήπειρος (Πάργα, Πρέβεζα), οι Παξοί, η Χαλκιδική και η Λέσβος. Σε συνθήκες υψηλής υγρασίας μπορεί να οδηγήσει ακόμα και σε πλήρη απώλεια της παραγωγής (Παναγόπουλος, 2007).

Συμπτώματα

Η ασθένεια εκδηλώνεται κυρίως στους καρπούς, αλλά μπορεί να επηρεάσει και τα φύλλα, τους ποδίσκους και τους νεαρούς βλαστούς. Η προσβολή ξεκινά με την εμφάνιση καστανών ή κοκκινωπών κηλίδων στην κορυφή του καρπού ή στο σημείο προσκόλλησής του στον ποδίσκο. Οι κηλίδες επεκτείνονται γρήγορα, καλύπτοντας μεγάλο μέρος ή ολόκληρη την επιφάνεια του καρπού. Οι προσβεβλημένοι ιστοί

βυθίζονται, παρουσιάζουν έντονες ρυτιδώσεις και σε συνθήκες υψηλής υγρασίας καλύπτονται από μαύρα στίγματα, που αντιστοιχούν στις καρποφορίες του μύκητα, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στην Εικόνα 9. Οι ώριμοι καρποί είτε πέφτουν στο έδαφος και αποσυντίθενται είτε παραμένουν στο δέντρο, συρρικνώνονται και μετατρέπονται σε «μούμιες» (Ζαρταλούδης, 2006). Στα φύλλα εμφανίζονται καστανόχρωμες ή χλωρωτικές κηλίδες, που με υγρό καιρό καλύπτονται από ρόδινες μάζες σπορίων.



Εικόνα 9. Προσβεβλημένες ελιές από γλοιοσπόριο.

(Η εικόνα δημιουργήθηκε με χρήση εργαλείου τεχνητής νοημοσύνης (AI))

Αιτιολογία και Συνθήκες Ανάπτυξης

Η ασθένεια προκαλείται από τον ασκομύκητα *Glomerella cingulata*, με την παρασιτική του μορφή να ανήκει στο γένος *Colletotrichum* (*Colletotrichum gloeosporioides* και *Colletotrichum acutatum*). Σύμφωνα με μελέτες, το *C. acutatum* είναι το κυρίαρχο είδος, ευθύνεται για τις περισσότερες μολύνσεις και συχνά συνυπάρχει με το *C. gloeosporioides* (Θεριός, 2015).

Οι μολύνσεις συμβαίνουν όταν επικρατούν:

- Θερμοκρασίες 10-25°C, με βέλτιστη ανάπτυξη στους 25°C.
- Υψηλή σχετική υγρασία (92-100%) για διάστημα 48-120 ωρών.
- Συνεχείς βροχοπτώσεις, που διευκολύνουν τη διασπορά των σπορίων.

Ο μύκητας διαχειμάζει σε προσβεβλημένους καρπούς και φύλλα από την προηγούμενη χρονιά, που λειτουργούν ως αρχικές εστίες μόλυνσης. Οι πράσινοι καρποί είναι ανθεκτικοί, ενώ γίνονται ευπαθείς όταν αρχίζουν να αλλάζουν χρώμα προς το ιώδες, στάδιο που σηματοδοτεί την ωρίμανση (Ζαρταλούδης, 2006).

Παράγοντες που Επιτείνουν την Επιδημία

- Υψηλές βροχοπτώσεις το φθινόπωρο επιταχύνουν την ανάπτυξη της ασθένειας.
- Η προσβολή από το δάκο της ελιάς επιδεινώνει την κατάσταση, καθώς τα νύγματα ωστοκίας του εντόμου δημιουργούν πύλες εισόδου για τον μύκητα.
- Η κακή αποστράγγιση σε βαριά αργιλώδη εδάφη ή η εγκατάσταση ελαιώνων σε υγρές περιοχές συμβάλλουν στη διατήρηση υψηλής υγρασίας, γεγονός που ευνοεί τον μύκητα (Παναγόπουλος, 2007).

Η μελέτη του Moral et al. (2021) διερεύνησε τη γενετική ποικιλομορφία των ειδών *Colletotrichum* spp. που σχετίζονται με την ανθράκωση της ελιάς σε διεθνές επίπεδο. Διαπιστώθηκε ότι διαφορετικά στελέχη ευθύνονται για την ασθένεια σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές, κάτι που έχει σημαντικές επιπτώσεις στη στρατηγική αντιμετώπισης. Για παράδειγμα, το *C. acutatum* είναι κυρίαρχο στην Ευρώπη, ενώ το *C. gloeosporioides* επικρατεί στη Λατινική Αμερική. Η μελέτη υπογραμμίζει την ανάγκη για εξατομικευμένη φυτοπροστασία ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή και την ποικιλία της ελιάς (Moral et al., 2021).

Μέθοδοι Αντιμετώπισης

Η διαχείριση της ασθένειας βασίζεται σε προληπτικά μέτρα και στη χρήση μυκητοκτόνων.

Χημική Καταπολέμηση

Οι ψεκασμοί γίνονται κατά την κρίσιμη περίοδο της επιδημίας, από το τέλος Οκτωβρίου έως τα μέσα Νοεμβρίου. Συνήθως απαιτούνται δύο εφαρμογές:

1. Πρώτος ψεκασμός: Τέλος Οκτωβρίου, πριν την έναρξη της έντονης υγρασίας.
2. Δεύτερος ψεκασμός: Τρίτο δεκαήμερο Νοεμβρίου, για προστασία κατά την ωρίμανση.

Οι πιο αποτελεσματικές δραστικές ουσίες περιλαμβάνουν:

- **Χαλκούχα μυκητοκτόνα**, όπως βορδιγάλειος πολτός και οξυχλωριούχος χαλκός.
- **Pyraclostrobin**, μυκητοκτόνο της ομάδας των στρομπιλουρινών.
- **Copper hydroxide**, υδροξείδιο του χαλκού, με προληπτική δράση κατά του παθογόνου (ΥΠΑΑΤ, 2024).

Προληπτικά Μέτρα

- Κατάλληλο κλάδεμα για την αραίωση της κόμης, ώστε να βελτιωθεί ο αερισμός και να μειωθεί η υγρασία.
- Απομάκρυνση των μολυσμένων καρπών από το έδαφος για τον περιορισμό των πρωτογενών μολύνσεων.
- Εγκατάσταση ελαιώνων σε καλά αεριζόμενες τοποθεσίες και αποφυγή περιοχών με κακή αποστράγγιση (Ζαρταλούδης, 2006).

Συμπέρασμα

Το γλοιοσπόριο αποτελεί σημαντική ασθένεια της ελιάς, κυρίως σε περιοχές με έντονη βροχόπτωση. Η ολοκληρωμένη διαχείρισή του απαιτεί τη συνδυασμένη εφαρμογή χημικών, καλλιεργητικών και προληπτικών μέτρων, ενώ η έγκαιρη παρακολούθηση των καιρικών συνθηκών και η σωστή χρονική εφαρμογή των ψεκασμών είναι καθοριστικής σημασίας (Παναγόπουλος, 2007; Θεριός, 2015; Ζαρταλούδης, 2006).

Κυκλοκόνιο της Ελιάς (*Spilocaea oleaginea*)

Εισαγωγή

Το κυκλοκόνιο είναι μία από τις πιο διαδεδομένες και καταστροφικές μυκητολογικές ασθένειες της ελιάς, γνωστό και ως «μάτι παγωνιού» λόγω της χαρακτηριστικής μορφής των κηλίδων στα φύλλα. Προκαλεί σοβαρή φυλλόπτωση, η οποία οδηγεί σε εξασθένηση των δέντρων, μείωση της ανθοφορίας και της καρπόδεσης, καθώς και σε μειωμένη παραγωγή. Σε ορισμένες περιοχές, όπως η

Κέρκυρα, η ένταση της ασθένειας μπορεί να προκαλέσει ακόμα και πλήρη απώλεια της παραγωγής (Ζαρταλούδης, 2006).

Συμπτώματα

Η ασθένεια προσβάλλει κυρίως τα φύλλα, αλλά μπορεί να επηρεάσει επίσης τους ποδίσκους των ανθέων, ταξιανθιών και καρπών, καθώς και τους νεαρούς βλαστούς. Στα φύλλα, εμφανίζονται κυκλικές, τεφροκαστανές κηλίδες με ασαφή περιγράμματα και χαρακτηριστική καπνώδη εμφάνιση. Με την εξέλιξη της μόλυνσης, οι κηλίδες αποκτούν διάμετρο 2-12 mm, περιβάλλονται από χλωρωτική άλω και οδηγούν σε εκτεταμένη φυλλόπτωση, σύμφωνα με την Εικόνα 10 η οποία αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα. Στους ποδίσκους των ανθέων και των καρπών, οι κηλίδες είναι επιμήκεις, τεφροκαστανές και μπορεί να προκαλέσουν ανθόπτωση και πρόωρη καρπόπτωση (Θέριος, 2015).



Εικόνα 10. Χαρακτηριστικό σύμπτωμα κυκλοκόνιου.

(Η εικόνα δημιουργήθηκε με χρήση εργαλείου τεχνητής νοημοσύνης (AI))

Αίτια και Συνθήκες Ανάπτυξης

Το κυκλοκόνιο προκαλείται από τον μύκητα *Spilocaea oleaginea* (παλαιότερα *Cycloconium oleaginum*), ο οποίος αναπτύσσεται σε συνθήκες υψηλής υγρασίας και χαμηλών θερμοκρασιών. Οι μολύνσεις εμφανίζονται κυρίως:

- Το φθινόπωρο και την άνοιξη, όταν οι θερμοκρασίες κυμαίνονται μεταξύ 6-12°C και επικρατούν υψηλά επίπεδα υγρασίας.
- Οι βροχοπτώσεις, η πρωινή δροσιά και η ομίχλη διευκολύνουν τη διασπορά των σπορίων του μύκητα, ενώ οι ξηρές και θερμές συνθήκες του καλοκαιριού περιορίζουν την ανάπτυξή του (Παναγόπουλος, 2007).

- Οι μολύνσεις μπορεί να συνεχιστούν όλο το χρόνο σε περιοχές με ήπιους χειμώνες και συχνές βροχοπτώσεις.

Παράγοντες που ενισχύουν την ένταση της προσβολής

Η ένταση της προσβολής επηρεάζεται από:

- Τις βροχοπτώσεις και τη σχετική υγρασία (ιδιαίτερα την υψηλή πρωινή υγρασία την άνοιξη και το καλοκαίρι).
- Την πυκνότητα φύτευσης και το επίπεδο αερισμού των δέντρων.
- Την ποικιλία της ελιάς, καθώς ορισμένες ποικιλίες είναι πιο ανθεκτικές από άλλες. Για παράδειγμα, η Κορωνέικη παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή σε σχέση με τη Λιανολιά Κέρκυρας, η οποία είναι εξαιρετικά ευαίσθητη (Θέριος, 2015).

Μέθοδοι Αντιμετώπισης

Η αντιμετώπιση του κυκλοκονίου βασίζεται κυρίως σε προληπτικά μέτρα και χημική καταπολέμηση.

Χημική Καταπολέμηση

Η εφαρμογή χαλκούχων μυκητοκτόνων έχει αποδειχθεί η πιο αποτελεσματική μέθοδος αντιμετώπισης, ο βορδιγάλειος πολτός προσφέρει την καλύτερη προστασία. Συνήθως απαιτούνται δύο έως τέσσερις ψεκασμοί ετησίως, ανάλογα με την ένταση της ασθένειας:

1. Πρώτος ψεκασμός: Αρχές φθινοπώρου, πριν από την έναρξη των βροχών.
2. Δεύτερος ψεκασμός: Αρχές άνοιξης, μετά το κλάδεμα.
3. Τρίτος ψεκασμός (προαιρετικός): Τέλος χειμώνα, εφόσον η περιοχή έχει υψηλή υγρασία.
4. Τέταρτος ψεκασμός (σε περιοχές υψηλού κινδύνου): Μέσα στην άνοιξη, εάν οι καιρικές συνθήκες παραμένουν ευνοϊκές για την ανάπτυξη του μύκητα (Παναγόπουλος, 2007).

Σύγχρονες μελέτες και οδηγίες φυτοπροστασίας αναφέρουν ότι τα μυκητοκτόνα της ομάδας των στρομπιλουρινών, όπως το kresoxim-methyl, παρουσιάζουν ικανοποιητική προστατευτική και θεραπευτική δράση έναντι του κυκλοκονίου, όταν

εφαρμόζονται σύμφωνα με τις συνιστώμενες πρακτικές και λαμβάνοντας υπόψη τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Προληπτικά Μέτρα

- Κατάλληλο κλάδεμα: Η αραίωση της κόμης βελτιώνει τον αερισμό και μειώνει τη διατήρηση υγρασίας.
- Αποφυγή αρδευόμενων καλλιεργειών: Η υπερβολική υγρασία ευνοεί την εξάπλωση του μύκητα.
- Χρήση ανθεκτικών ποικιλιών: Η Κορωνέικη εμφανίζει μεγαλύτερη αντοχή σε σχέση με ποικιλίες όπως η Λιανολιά Κέρκυρας, η Χονδρολιά Αγρινίου και η Άμφισσας, που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες (Θέριος, 2015).

Συμπέρασμα

Το κυκλοκόνιο αποτελεί σοβαρή απειλή για τους ελαιώνες, ιδιαίτερα σε περιοχές με υψηλή υγρασία και συχνές βροχοπτώσεις. Η σωστή διαχείριση περιλαμβάνει την εφαρμογή χαλκούχων μυκητοκτόνων, την έγκαιρη παρακολούθηση των καιρικών συνθηκών και τη λήψη προληπτικών μέτρων, όπως το κλάδεμα και η αποφυγή υπερβολικής υγρασίας. Οι ελαιοπαραγωγοί πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί σε χρονιές με αυξημένες βροχοπτώσεις, καθώς η ασθένεια μπορεί να μειώσει δραματικά την παραγωγή (Παναγόπουλος, 2007; Θέριος, 2015; Ζαρταλούδης, 2006).

Βερτισιλλίωση της Ελιάς (*Verticillium dahliae*)

Εισαγωγή

Η βερτισιλλίωση της ελιάς αποτελεί μία από τις σοβαρότερες εδαφογενείς ασθένειες που πλήττουν την καλλιέργεια, προκαλώντας σημαντικές απώλειες στην παραγωγή και μείωση της ζωτικότητας των δέντρων. Στην Ελλάδα, καταγράφηκε για πρώτη φορά το 1952 από τον Ζάχο στη Στερεά Ελλάδα. Η ασθένεια προσβάλλει κυρίως τις αρδευόμενες εκτάσεις και τις ποικιλίες Κονσερβολιά και Καλαμών, χωρίς όμως να αποκλείεται η εμφάνισή της και σε άλλες ποικιλίες (Ζαρταλούδης, 2006).

Συμπτώματα

Η εκδήλωση της ασθένειας μπορεί να έχει δύο μορφές:

1. Απότομος μαρασμός (αποπληξία): Εμφανίζεται κυρίως σε νεαρά δέντρα και φυτώρια. Τα φύλλα συστρέφονται προς τα κάτω, αποκτούν σκούρο γκρι ή καστανό χρώμα, ξηραίνονται και παραμένουν πάνω στο δέντρο.
2. Προοδευτική αποξήρανση (ημιπληγία): Παρατηρείται σταδιακή αποξήρανση κλάδων, ιδιαίτερα σε χρονιές με έντονη καρποφορία. Τα συμπτώματα εντείνονται κατά την περίοδο της ανθοφορίας, ενώ μπορεί να εμφανιστεί και νέκρωση ταξιανθιών ή αφυδάτωση των καρπών λίγο πριν από τη συγκομιδή (Παναγόπουλος, 2007). Χαρακτηριστικό παράδειγμα ημιπληγίας φαίνεται στην Εικόνα 11.



Εικόνα 11. Ημιπληγία ελιάς.

(Η εικόνα δημιουργήθηκε με χρήση εργαλείου τεχνητής νοημοσύνης (AI))

Η ασθένεια συχνά εμφανίζεται εντοπισμένα σε λίγα δέντρα, αλλά σταδιακά επεκτείνεται, προκαλώντας εκτεταμένες ζημιές στον ελαιώνα.

Αιτίες και Διασπορά του Παθογόνου

Η βερτισιλλίωση προκαλείται από τον μύκητα *Verticillium dahliae*, ο οποίος βρίσκεται στο έδαφος και προσβάλλει τις ρίζες των φυτών μέσω του μυκηλίου του. Ο μύκητας διαχειμάζει στο έδαφος με τη μορφή μικροσκληρωτίων, τα οποία παραμένουν βιώσιμα για πολλά χρόνια και λειτουργούν ως κύριες εστίες μόλυνσης (Ζαρταλούδης, 2006).

Οι βασικοί τρόποι διασποράς του μύκητα περιλαμβάνουν:

- Φύτευση μολυσμένου πολλαπλασιαστικού υλικού.
- Προηγούμενη καλλιέργεια ευπαθών φυτών, όπως βαμβάκι, τομάτα, πιπεριά, μελιτζάνα, φράουλα και πυρηνόκαρπα.
- Μεταφορά μολυσμένου εδάφους ή φυτικών υπολειμμάτων μέσω καλλιεργητικών μηχανημάτων, άρδευσης και βροχοπτώσεων.
- Υψηλή εδαφική υγρασία και θερμοκρασίες 24-27°C, οι οποίες ευνοούν την ανάπτυξη του μύκητα. Αντίθετα, θερμοκρασίες άνω των 30°C επιβραδύνουν την εξέλιξή του (Θέριος, 2015).

Μέθοδοι Αντιμετώπισης

Η αντιμετώπιση της βερτισιλλίωσης βασίζεται κυρίως σε προληπτικά μέτρα και καλλιεργητικές πρακτικές, καθώς δεν υπάρχουν αποτελεσματικά χημικά μέσα για την εξάλειψη του παθογόνου.

Προληπτικά Μέτρα

1. Χρήση υγιούς φυτικού υλικού για την εγκατάσταση νέων ελαιώνων.
2. Αποφυγή φύτευσης ελιάς σε μολυσμένα εδάφη, ιδίως σε αγρούς όπου προϋπήρχαν ευπαθείς καλλιέργειες.
3. Αποφυγή μεταφοράς χώματος από μολυσμένους αγρούς και ελαχιστοποίηση των καλλιεργητικών εργασιών που μπορεί να δημιουργήσουν τραυματισμούς στις ρίζες.

Μέτρα Περιορισμού της Διασποράς

1. Μείωση των καλλιεργητικών εργασιών που προκαλούν διασπορά του μύκητα, όπως βαθιά άροση.
2. Ξεχωριστό κλάδεμα των προσβεβλημένων δέντρων, απομάκρυνση και κάψιμο των μολυσμένων κλαδιών.
3. Αποφυγή διέλευσης αρδευτικού νερού από μολυσμένες περιοχές. Συνιστάται η εφαρμογή στάγδην άρδευσης.

Βιολογικές και Βιοτεχνολογικές Μέθοδοι

1. Ηλιοαπολύμανση του εδάφους: Η κάλυψη του εδάφους με διαφανές πλαστικό για 8-10 εβδομάδες κατά τη θερμή περίοδο μπορεί να μειώσει σημαντικά το μολυσματικό φορτίο.
2. Χρήση ανταγωνιστικών μικροοργανισμών, όπως *Talaromyces flavus* και *Trichoderma viride*, οι οποίοι περιορίζουν την ανάπτυξη του *V. dahliae*.
3. Χρήση ανθεκτικών ποικιλιών, όπως η Κορωνέικη, η Manzanillo και η Oblonga, που εμφανίζουν υψηλότερη αντοχή σε σχέση με τις μεγαλόκαρπες ποικιλίες (Θέριος, 2015).

Συμπέρασμα

Η βερτισιλλίωση αποτελεί μία από τις πιο επικίνδυνες ασθένειες της ελιάς, καθώς δεν υπάρχει άμεση θεραπεία. Η πρόληψη και η διαχείριση του παθογόνου απαιτούν την εφαρμογή ολοκληρωμένων καλλιεργητικών πρακτικών, με έμφαση στην υγιεινή του εδάφους, την αποφυγή μεταφοράς του μολύσματος και τη χρήση ανθεκτικών ποικιλιών. Οι ελαιοπαραγωγοί πρέπει να δίνουν ιδιαίτερη προσοχή στην έγκαιρη αναγνώριση των συμπτωμάτων και την εφαρμογή βιολογικών και βιοτεχνολογικών μεθόδων για τη μείωση της εξάπλωσης της ασθένειας (Παναγόπουλος, 2007; Θέριος, 2015; Ζαρταλούδης, 2006).

Φυματίωση της Ελιάς (*Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi*)

Εισαγωγή

Η φυματίωση της ελιάς, γνωστή και ως καρκίνωση, είναι μία από τις πιο παλιές ασθένειες των φυτών, η οποία περιγράφηκε ήδη από τον Θεόφραστο. Η βακτηριακή φύση της ασθένειας τεκμηριώθηκε το 1886 από τον Ιταλό L. Savastano, ενώ η πλήρης ταξινόμηση του παθογόνου έγινε το 1908 από τον Αμερικανό φυτοπαθολόγο Erwin F. Smith. Η ασθένεια είναι ευρέως διαδεδομένη σε όλες τις ελαιοπαραγωγικές περιοχές του κόσμου, προκαλώντας μείωση της ζωτικότητας των δέντρων, ξήρανση κλαδιών και, σε σοβαρές περιπτώσεις, θάνατο ολόκληρων δέντρων (Παναγόπουλος, 2007).

Συμπτώματα

Το χαρακτηριστικό σύμπτωμα της φυματίωσης είναι ο σχηματισμός εξογκωμάτων (φυματίων) σε διάφορα σημεία του δέντρου:

- Στους κλαδίσκους, τους κλάδους, τον κορμό και τις ρίζες, εμφανίζονται μικροί όγκοι, οι οποίοι αρχικά είναι μαλακοί και έχουν ανοιχτό χρώμα.
- Με την πάροδο του χρόνου, οι όγκοι μεγαλώνουν, αποκτούν σφαιρικό σχήμα, σκληραίνουν και παρουσιάζουν βαθιές σχισμές, όπως στην Εικόνα 12.
- Σε έντονες προσβολές, οι κλάδοι εξασθενούν και μπορεί να ξηρανθούν, ενώ σε νεαρά δέντρα η ασθένεια μπορεί να προκαλέσει εκτεταμένη εξασθένηση ή ακόμα και νέκρωση.
- Στους καρπούς, ιδιαίτερα στις μεγαλόκαρπες ποικιλίες, εμφανίζονται κυκλικές κηλίδες διαμέτρου 0,5-2,5 mm, που αρχικά είναι υπερυψωμένες και αργότερα βυθίζονται, σχηματίζοντας σχισμές από τις οποίες εκκρίνεται βακτηριακή βλέννα.

Η προσβολή περιορίζεται στα εξωτερικά στρώματα του καρπού και μειώνει την ποιότητά του, ειδικά στις ποικιλίες που προορίζονται για κονσερβοποίηση.



Εικόνα 12. Φυματίωση της ελιάς.

(Η εικόνα δημιουργήθηκε με χρήση εργαλείου τεχνητής νοημοσύνης (AI))

Αιτιολογία και Συνθήκες Ανάπτυξης

Η ασθένεια προκαλείται από το βακτήριο *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi*. Το βακτήριο είναι αερόβιο, αρνητικό κατά Gram, και παράγει την ορμόνη ινδολυλοξικό οξύ (IAA), η οποία διεγείρει τον πολλαπλασιασμό των φυτικών κυττάρων, οδηγώντας στο σχηματισμό των φυμάτων. Η ανάπτυξη του ευνοείται σε θερμοκρασίες 25-26°C, με μέγιστο όριο τους 35°C και ελάχιστο τους 1°C.

Το βακτήριο επιβιώνει:

- Μέσα στα εξωγκώματα των δέντρων
- Επιφυτικά στην επιφάνεια των φύλλων και των βλαστών, όπου μπορεί να μεταφερθεί σε νέες περιοχές μέσω του ανέμου, της βροχής και των καλλιεργητικών εργαλείων.

Οι μολύνσεις γίνονται πάντα μέσω πληγών, που μπορεί να προκληθούν από:

- Ράβδισμα δέντρων για τη συγκομιδή του ελαιοκάρπου
- Κλάδεμα με μη απολυμασμένα εργαλεία
- Τραυματισμούς από παγετό, χαλάζι ή πτώση φύλλων

Οι ιστοί της ελιάς είναι ευπαθείς σε μολύνσεις καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, εφόσον επικρατεί υγρός καιρός και υπάρχουν ανοιχτές πληγές.

Διασπορά και Επιδημιολογία

Το βακτήριο εξαπλώνεται μέσω:

- Βροχοπτώσεων και ανέμου, που μεταφέρουν το παθογόνο από μολυσμένα δέντρα σε γειτονικά φυτά.
- Μολυσμένου πολλαπλασιαστικού υλικού, που αποτελεί τη βασική πηγή εξάπλωσης σε νέους ελαιώνες.
- Εντόμων, τα οποία μπορεί να δράσουν ως παθητικοί φορείς.

Μέθοδοι Αντιμετώπισης

Δεν υπάρχουν αποτελεσματικά χημικά μέσα για τη θεραπεία της ασθένειας. Η καταπολέμηση βασίζεται σε προληπτικά και καλλιεργητικά μέτρα.

Καλλιεργητικά και Προληπτικά Μέτρα

1. Αφαίρεση και καταστροφή των προσβεβλημένων κλάδων, ιδιαίτερα αν οι όγκοι εντοπίζονται σε μεγάλους βραχίονες ή στον κορμό.
2. Απολύμανση των εργαλείων κλαδέματος με διάλυμα φορμόλης 5% ή άλλο κατάλληλο απολυμαντικό.
3. Αποφυγή κλαδέματος και συγκομιδής με ράβδισμα σε υγρό καιρό, καθώς αυξάνει τον κίνδυνο μολύνσεων.
4. Άμεση εφαρμογή χαλκούχων ψεκασμών (π.χ. βορδιγάλειος πολτός 1%) μετά από παγετό ή χαλάζι, ώστε να μειωθεί η πιθανότητα μόλυνσης.
5. Επιλογή ανθεκτικών ποικιλιών, καθώς η Κορωνέικη και η Άμφισσας είναι ιδιαίτερα ευπαθείς, ενώ η Καλαμών, η Μεγαρίτικη και η Θασίτικη παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή.

Βιολογική Αντιμετώπιση

Η φυματίωση της ελιάς (*Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi*) αποτελεί μία από τις σημαντικότερες βακτηριακές ασθένειες που προσβάλλουν τον ελαιώνα, με επιπτώσεις τόσο στην υγεία των δέντρων όσο και στην εμπορική αξία του ελαιολάδου και των επιτραπέζιων καρπών. Παρά την ευρεία χρήση χαλκούχων σκευασμάτων και την έμφαση στην υγιεινή των καλλιεργητικών πρακτικών, τα τελευταία χρόνια η έρευνα στρέφεται προς πιο στοχευμένες, περιβαλλοντικά φιλικές και καινοτόμες λύσεις.

Μία ιδιαίτερα υποσχόμενη στρατηγική είναι η εφαρμογή ωφέλιμων μικροοργανισμών με δράση κατά του παθογόνου. Σύμφωνα με πρόσφατη *in vivo* μελέτη των Ali et al. (2024), εξετάστηκε η βιολογική δράση στελεχών του *Bacillus* sp. και *Pseudomonas fluorescens* σε δέντρα προσβεβλημένα από φυματίωση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τόσο μεμονωμένα όσο και σε συνδυασμό, οι μικροοργανισμοί αυτοί παρουσίασαν ανασταλτική επίδραση στην ανάπτυξη των όγκων, ενώ παράλληλα προήγαγαν την ανάπτυξη του φυτού, υποδεικνύοντας διπλή ωφέλεια: καταπολέμηση του παθογόνου και ενίσχυση της φυτικής ζωτικότητας (Ali et al., 2024).

Παράλληλα, η ευαισθησία των ποικιλιών φαίνεται να παίζει καθοριστικό ρόλο στην έκταση της προσβολής. Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην Ιταλία, αξιολογήθηκαν 36 ποικιλίες ελιάς ως προς την ευαισθησία τους στο παθογόνο, ενώ εξετάστηκε και η σύνθεση των ενδοφυτικών μικροβιακών κοινοτήτων (Κοῦσάκ et al., 2024). Τα αποτελέσματα έδειξαν σαφείς διαφορές στη σύνθεση των μικροβιωμάτων μεταξύ ανθεκτικών και ευαίσθητων ποικιλιών, ενισχύοντας τη θεωρία ότι η παρουσία συγκεκριμένων ενδοφυτικών μικροοργανισμών μπορεί να συμβάλλει στην καταστολή του παθογόνου.

Επιπλέον, σε γεωργικές περιοχές της νοτιοανατολικής Τουρκίας, μελέτη καταγραφής του Bayman et al. (2025) εστίασε στον χαρακτηρισμό διαφόρων απομονώσεων του *Pseudomonas savastanoi* και τη γεωγραφική κατανομή τους. Τα ευρήματα προσφέρουν πολύτιμη γνώση για την επιδημιολογία του παθογόνου, επιτρέποντας την ανάπτυξη προσαρμοσμένων στρατηγικών ανά περιοχή. Τέτοιου είδους επιδημιολογικές καταγραφές συμβάλλουν καθοριστικά στη χάραξη στοχευμένων πολιτικών φυτοπροστασίας και στην καλλιέργεια ανθεκτικών ποικιλιών.

Τέλος, η Vergine et al. (2024) προσέγγισε τη φυματίωση από τη σκοπιά της μικροβιακής οικολογίας. Μελετώντας τα ενδοφυτικά μικροβιώματα σε ελαιόδεντρα με διαφορετικά επίπεδα συμπτωματολογίας, η μελέτη κατέδειξε ότι ορισμένοι μικροοργανισμοί, όταν απουσιάζουν ή μειώνονται, σχετίζονται με αυξημένη ευπάθεια στην ασθένεια. Η ανακάλυψη αυτή ενισχύει την αντίληψη ότι η διατήρηση μιας ισορροπημένης μικροβιακής κοινότητας εντός των φυτών ενδέχεται να λειτουργεί ως φυσικός μηχανισμός άμυνας.

Συνολικά, οι παραπάνω μελέτες φωτίζουν νέες, περισσότερο στοχευμένες και οικολογικά συμβατές προσεγγίσεις για τη διαχείριση της φυματίωσης της ελιάς. Η ενσωμάτωση βιολογικών παραγόντων, η κατανόηση της ποικιλιακής ευαισθησίας και η αξιοποίηση της μικροβιακής οικολογίας αναμένεται να αποτελέσουν το επίκεντρο της μελλοντικής έρευνας και εφαρμογής στον αγρό.

1.4 Προβλήματα στην Αντιμετώπιση Εχθρών και Ασθενειών

Η προστασία της ελιάς από εχθρούς και ασθένειες συνιστά μια από τις σημαντικότερες προκλήσεις για τη βιωσιμότητα και την ανταγωνιστικότητα της ελαιοκαλλιέργειας στη Μεσόγειο. Παρά τη σημαντική πρόοδο στις τεχνολογίες

παρακολούθησης και παρέμβασης, εξακολουθούν να υφίστανται σημαντικοί περιορισμοί, τόσο τεχνικής όσο και οικονομικής φύσης, που δυσχεραίνουν την αποτελεσματική διαχείριση των εχθρών και των παθογόνων παραγόντων.

1.4.1 Εχθροί

Όπως παρουσιάζεται παραπάνω, οι σημαντικότεροι εντομολογικοί εχθροί της ελιάς περιλαμβάνουν τον δάκο της ελιάς (*B. oleae*), τον πυρηνοτρήτη (*P. oleae*) και το λεκάνιο (*S. oleae*). Η καταπολέμησή τους έχει βασιστεί διαχρονικά στη χρήση εντομοκτόνων, όμως η επαναλαμβανόμενη εφαρμογή των ίδιων δραστικών ουσιών έχει οδηγήσει σε φαινόμενα ανθεκτικότητας, ιδίως έναντι των πυρεθρινοειδών και νεονικοτινοειδών (Lantero et al., 2023). Αυτό μειώνει την αποτελεσματικότητα των επεμβάσεων και αυξάνει την ανάγκη για νέες στρατηγικές ελέγχου.

Η κλιματική αλλαγή επιδρά σημαντικά στη βιολογία των εχθρών της ελιάς, επεκτείνοντας τις περιόδους δραστηριότητάς τους και αυξάνοντας τον αριθμό των γενεών ανά έτος. Για παράδειγμα, η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας ευνοεί τη συνεχή παρουσία ενηλίκων του δάκου της ελιάς ακόμη και σε περιόδους που παλαιότερα θεωρούνταν ανενεργές (Caselli & Petacchi, 2021). Αυτές οι συνθήκες περιπλέκουν τον χρονισμό των επεμβάσεων και απαιτούν προσαρμογή των προγραμμάτων καταπολέμησης. Επιπρόσθετα, η γεωγραφική εξάπλωση ορισμένων εχθρών παρουσιάζει τάσεις ανόδου σε περιοχές που προηγουμένως θεωρούνταν ασφαλείς.

Αξιοσημείωτη είναι και η κοινωνικοοικονομική διάσταση του προβλήματος. Πολλοί παραγωγοί δεν διαθέτουν τους πόρους ή τη θεσμική στήριξη για την εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων καταπολέμησης. Η έλλειψη συλλογικών προγραμμάτων παρακολούθησης σε περιφερειακό επίπεδο οδηγεί σε αποσπασματικές δράσεις, οι οποίες δεν επαρκούν για να περιορίσουν την εξάπλωση των εχθρών σε επίπεδο τοπίου (B.H. Hall, 2011).

1.4.2 Ασθένειες

Οι ασθένειες της ελιάς προκαλούν σοβαρές ζημιές τόσο σε επίπεδο παραγωγής όσο και σε βάθος χρόνου, λόγω της αποδυνάμωσης των δέντρων. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το κυκλοκόνιο (*V. oleaginea*), το οποίο προκαλεί έντονη

φυλλόπτωση, μειώνοντας την ικανότητα φωτοσύνθεσης και καθιστώντας τα δέντρα πιο ευάλωτα σε άλλες προσβολές (Buonaurio et al., 2022).

Η δυσκολία στη διαχείριση των ασθενειών οφείλεται κυρίως στην απουσία έγκαιρης διάγνωσης. Πολλά παθογόνα προκαλούν λανθάνουσες μολύνσεις, χωρίς εμφανή συμπτώματα κατά τα αρχικά στάδια. Η έλλειψη σύγχρονων διαγνωστικών εργαλείων στα περισσότερα αγροκτήματα δυσχεραίνει την εφαρμογή προληπτικών μέτρων και οδηγεί σε καθυστερημένες επεμβάσεις, συχνά όταν η ζημιά είναι ήδη εκτεταμένη (Civantos et al., 1993).

Παράλληλα, η περιορισμένη πρόσβαση σε βιολογικά μυκητοκτόνα ή σε ποικιλίες με ενδογενή ανθεκτικότητα οδηγεί σε αυξημένη εξάρτηση από χημικά σκευάσματα. Ωστόσο, η συνεχής χρήση των ίδιων δραστικών ουσιών δημιουργεί προβλήματα τοξικότητας και συσσώρευσης υπολειμμάτων. Ορισμένες ασθένειες, όπως το έλκος του κλαδιού ή η βακτηρίωση της ελιάς, ενδέχεται να εξαπλωθούν μέσω καλλιεργητικών πρακτικών, όπως η μη απολύμανση των εργαλείων κλαδέματος ή η ακατάλληλη άρδευση.

Σημαντική είναι και η παράμετρος της κλιματικής αστάθειας, η οποία ευνοεί την εξάπλωση παθογόνων σε συνθήκες υγρασίας και θερμότητας, τροποποιώντας τη συχνότητα και τη σοβαρότητα των επιδημιών. Η προσαρμογή των καλλιεργητικών τεχνικών, όπως η πυκνότητα φύτευσης και το είδος της άρδευσης, μπορεί να συμβάλει στον περιορισμό της έντασης των μολύνσεων (Hall, 2011).

1.5 Σκοπός της παρούσας διατριβής

Η παρούσα διατριβή αποσκοπεί στη συστηματική διερεύνηση των κυριότερων φυτοπροστατευτικών προκλήσεων που αντιμετωπίζει η ελαιοκαλλιέργεια στην Ελλάδα, με έμφαση στους σημαντικότερους εντομολογικούς εχθρούς και στις βασικότερες ασθένειες που υποβαθμίζουν την παραγωγικότητα και την ποιότητα της ελιάς.

Κεντρικός στόχος είναι η αποτίμηση της συνεισφοράς τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας στην πρόληψη, παρακολούθηση και καταπολέμηση αυτών των παραγόντων, υπό το πρίσμα της βιώσιμης ανάπτυξης και της μείωσης της χημικής επιβάρυνσης.

Πιο συγκεκριμένα, η εργασία επιχειρεί να απαντήσει σε ερευνητικά ερωτήματα που αφορούν:

- την αποτελεσματικότητα εφαρμοσμένων τεχνολογικών λύσεων (όπως ηλεκτρονικές παγίδες, μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα, αισθητήρες και ψηφιακά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων),
- τον βαθμό στον οποίο οι τεχνολογίες αυτές ενισχύουν την ακρίβεια στη διάγνωση και την έγκαιρη επέμβαση,
- τις δυνατότητες ενσωμάτωσής τους σε ολοκληρωμένα συστήματα φυτοπροστασίας.

Μέσω της επισκόπησης της βιβλιογραφίας και της ανάλυσης υπαρκτών παραδειγμάτων εφαρμογής, η διατριβή φιλοδοξεί να τεκμηριώσει πώς η υιοθέτηση της γεωργίας ακριβείας μπορεί να αποτελέσει λειτουργική καινοτομία για τη μετάβαση σε μία περισσότερο αποδοτική, οικολογικά υπεύθυνη και τεχνολογικά ενισχυμένη ελαιοκαλλιέργεια.

2. Σύγχρονες Τεχνολογίες Γεωργίας Ακριβείας

Η γεωργία ακριβείας αποτελεί μια καινοτόμα προσέγγιση στη διαχείριση της αγροτικής παραγωγής, ενσωματώνοντας τεχνολογίες αιχμής που στοχεύουν στη βελτιστοποίηση των εισροών και στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Μέσω της συλλογής και ανάλυσης δεδομένων από το πεδίο, ο αγρότης μπορεί να λάβει αποφάσεις βασισμένες σε πραγματικά στοιχεία, προσαρμοσμένα στις ανάγκες της κάθε καλλιέργειας.

2.1 Έξυπνες Ηλεκτρονικές Παγίδες

Οι ηλεκτρονικές παγίδες χρησιμοποιούνται κυρίως για την παρακολούθηση πληθυσμών του δάκου της ελιάς (*Bactrocera oleae*). Η λειτουργία τους βασίζεται στη χρήση φερομονικών ή τροφικών ελκυστικών, τα οποία προσελκύουν τα ενήλικα έντομα στο εσωτερικό της παγίδας. Εκεί, ενσωματωμένες κάμερες καταγράφουν εικόνες των συλληφθέντων εντόμων, οι οποίες αποστέλλονται αυτόματα σε διαδικτυακή πλατφόρμα. Μέσω αλγορίθμων ανάλυσης εικόνας, πραγματοποιείται αναγνώριση του είδους και εκτίμηση της πυκνότητας του πληθυσμού, παρέχοντας αξιόπιστα δεδομένα για την έγκαιρη λήψη αποφάσεων φυτοπροστασίας (Molina-Rotger et al., 2023).

Αντίστοιχα, οι Cardim Ferreira Lima et al. (2020) περιγράφουν ηλεκτρονικές παγίδες σχεδιασμένες για τη συνεχή παρακολούθηση πληθυσμών του δάκου της ελιάς (*Bactrocera oleae*) σε αγρούς με περιορισμένη πρόσβαση. Οι παγίδες αυτές λειτουργούν αυτόνομα, αξιοποιώντας ηλιακή ενέργεια, και καταγράφουν δεδομένα παρουσίας και πληθυσμιακής διακύμανσης του εντόμου. Τα συλλεγόμενα δεδομένα αποστέλλονται σε κεντρική πλατφόρμα, επιτρέποντας την έγκαιρη εκτίμηση του επιπέδου προσβολής και τη λήψη αποφάσεων για στοχευμένες παρεμβάσεις φυτοπροστασίας

Στη μελέτη των Potamitis, Rigakis και Fysarakis (2014), παρουσιάζεται η ανάπτυξη μιας καινοτόμου ηλεκτρονικής παγίδας τύπου McPhail, η οποία χρησιμοποιεί ακουστικά μικρόφωνα για την αναγνώριση της παρουσίας εντόμων. Η παγίδα αυτή λειτουργεί αυτόνομα, καταγράφοντας τα ηχητικά μοτίβα από τα φτερουγίσματα των εντόμων και επιτρέποντας έτσι την αυτόματη ταυτοποίηση

συγκεκριμένων ειδών, όπως ο πυρηνοτρήτης της ελιάς. Η τεχνολογία αυτή αξιοποιεί μοτίβα ταξινόμησης ήχου μέσω αλγορίθμων μηχανικής μάθησης για να ξεχωρίζει είδη εντόμων, αποφεύγοντας την ανάγκη για φυσική συλλογή και τακτική επιθεώρηση.

Η παγίδα είναι ενεργειακά αυτόνομη (με χρήση ηλιακής ενέργειας) και μπορεί να μεταδίδει ασύρματα τα δεδομένα σε κεντρική βάση ή σε Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (DSS), καθιστώντας εφικτή την πραγματική παρακολούθηση σε απομακρυσμένους ελαιώνες. Έτσι, οι γεωπόνοι και παραγωγοί μπορούν να λαμβάνουν αποφάσεις για στοχευμένες επεμβάσεις με ακριβή χρονισμό, μειώνοντας τη χρήση φυτοφαρμάκων και εξασφαλίζοντας καλύτερη προστασία των καλλιεργειών. Το σύστημα αυτό αποτελεί παράδειγμα ενσωμάτωσης της γεωργίας ακριβείας στη βιοπαρακολούθηση επιβλαβών οργανισμών, παρέχοντας ποσοτικά δεδομένα που μπορούν να αξιοποιηθούν και σε ευρύτερες μοντελοποιήσεις πληθυσμιακής δυναμικής.



Εικόνα 13: Έξυπνη ηλεκτρονική παγίδα.

(Η εικόνα δημιουργήθηκε με χρήση εργαλείου τεχνητής νοημοσύνης (AI))

Συμπληρωματικά παραδείγματα και εφαρμογές

Σε παγκόσμιο επίπεδο, έχουν αναπτυχθεί ολοκληρωμένες πλατφόρμες παρακολούθησης εντόμων, όπως η Trapview (EFOS, Σλοβενία), η οποία χρησιμοποιείται κυρίως για την παρακολούθηση πληθυσμών του δάκου της ελιάς (*Bactrocera oleae*), καθώς και άλλων σημαντικών εχθρών δενδρωδών καλλιεργειών. Το σύστημα βασίζεται στη χρήση φερομονικών παγίδων εξοπλισμένων με κάμερες υψηλής ανάλυσης, οι οποίες καταγράφουν εικόνες των συλληφθέντων εντόμων. Μέσω αλγορίθμων ανάλυσης εικόνας και τεχνητής νοημοσύνης, πραγματοποιείται αυτόματη αναγνώριση του είδους και εκτίμηση της πληθυσμιακής πυκνότητας, επιτρέποντας τη χωρική χαρτογράφηση των προσβολών και την υποστήριξη αποφάσεων φυτοπροστασίας σε πραγματικό χρόνο (Trapview, 2023).

Η iScout της Pessl Instruments ενσωματώνει οπτικούς και κλιματικούς αισθητήρες και συνεργάζεται με την πλατφόρμα FieldClimate για την πρόβλεψη προσβολών. Η Semios παρέχει μια πλήρη λύση για δενδρώδεις καλλιέργειες, συνδυάζοντας παγίδες, μετεωρολογικούς αισθητήρες και μοντέλα πιθανοτήτων.

Στην Ελλάδα, εφαρμογές αυτών των τεχνολογιών βρίσκονται σε πιλοτικό στάδιο, κυρίως μέσω έργων όπως το SmartOliveNet του ΕΛΓΟ Δήμητρα (2023), που χρησιμοποίησε παγίδες Trapview σε ελαιώνες της Κρήτης και της Ηλείας. Πειραματικά χρησιμοποιούνται επίσης λύσεις όπως το OliveSense, το οποίο βασίζεται σε Raspberry Pi και χαμηλού κόστους φερομονικές παγίδες.

Παρά τις σημαντικές δυνατότητες, εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις: το κόστος κτήσης (400–700 € ανά μονάδα), οι ανάγκες τεχνικής κατάρτισης των χρηστών, καθώς και οι περιορισμοί λειτουργίας σε απομακρυσμένες περιοχές χωρίς επαρκή σύνδεση ή ισχύ. Παρ' όλα αυτά, η τεχνολογία αυτή συμβάλλει αποφασιστικά στη μετάβαση σε βιώσιμη γεωργία, βελτιστοποιώντας τη φυτοπροστασία, μειώνοντας τα χημικά και ενισχύοντας τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων.

2.2 Μη Επανδρωμένα Εναέρια Οχήματα και Τηλεπισκόπηση

Η χρήση μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (drones) και τηλεπισκοπικών δεδομένων συμβάλλει καθοριστικά στη γεωργία ακριβείας, παρέχοντας τη δυνατότητα παρακολούθησης των καλλιεργειών σε υψηλή ανάλυση και σε πραγματικό χρόνο. Τα drones επιτρέπουν τη χαρτογράφηση των αγρών μέσω πολυφασματικών και θερμικών καμερών, οι οποίες ανιχνεύουν παραμέτρους όπως η υδατική καταπόνηση, η υγεία της φυτικής βλάστησης και ενδείξεις εντομολογικών ή παθογενετικών προσβολών.

Σύμφωνα με τους Tsouros et al. (2019), η επεξεργασία δεδομένων από μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα σε περιβάλλον GIS επιτρέπει τον χωρικό εντοπισμό εστιών καταπόνησης των καλλιεργειών, όπως περιοχές με μειωμένη φυτική ζωτικότητα ή αυξημένη υδατική καταπόνηση. Στην ελαιοκαλλιέργεια, τέτοιες ανωμαλίες στη φασματική απόκριση της κόμης μπορούν να συσχετιστούν με εντομολογικές προσβολές ή φυτοπαθολογικά προβλήματα, οδηγώντας στον προσδιορισμό ζωνών που απαιτούν στοχευμένη φυτοπροστασία ή άρδευση. Με τον τρόπο αυτό, οι παρεμβάσεις περιορίζονται μόνο στις προβληματικές περιοχές του αγρού, συμβάλλοντας στη μείωση των εισροών και στη βελτιστοποίηση του κόστους παραγωγής

Επιπλέον, η χρήση δορυφορικών δεδομένων, όπως αυτών του συστήματος Sentinel-2, παρέχει εικόνες μεγάλης κλίμακας με χαμηλό κόστος και υψηλή περιοδικότητα. Όπως σημειώνουν οι Segarra et al. (2020), οι εικόνες αυτές χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της χωρικής και χρονικής εξέλιξης της καλλιέργειας, διευκολύνοντας την πρόγνωση και τον προγραμματισμό των γεωργικών επεμβάσεων με βάση δείκτες βλάστησης όπως ο NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).

Η τεχνολογία UAV εξελίσσεται συνεχώς, με την ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης, αυτόνομων πτήσεων και αλγορίθμων για την ταξινόμηση εντομολογικών ή ασθeneιακών προσβολών απευθείας από αεροφωτογραφίες. Σε πιλοτικές εφαρμογές, όπως στο έργο CropEye, έχουν αναπτυχθεί drones που συλλέγουν εικόνες και αυτόματα αναγνωρίζουν συμπτώματα προσβολών π.χ. από περονόσπορο ή ωίδιο σε αμπέλι και τομάτα, με ακρίβεια άνω του 85%. Παράλληλα, drones τύπου spraying χρησιμοποιούνται για στοχευμένη εφαρμογή φυτοπροστατευτικών ουσιών, μειώνοντας τη διασπορά και την κατανάλωση ενέργειας κατά έως και 30%.

Η διασύνδεση UAVs με πλατφόρμες υποστήριξης αποφάσεων (DSS), μετεωρολογικά μοντέλα, συστήματα IoT και 5G, επιτρέπει πλέον την πραγματική αυτοματοποίηση στη γεωργία, με άμεση ροή δεδομένων από το πεδίο προς τους παραγωγούς. Η τεχνολογία αυτή προσφέρει τεράστιες δυνατότητες στη βελτιστοποίηση των επεμβάσεων και στην ελαχιστοποίηση των απωλειών, αποτελώντας θεμέλιο λίθο για τη γεωργία του μέλλοντος.



Εικόνα 14: Χαρτογράφηση ελαιώνα μεσω UAV

(Η εικόνα δημιουργήθηκε με χρήση εργαλείου τεχνητής νοημοσύνης (AI))

2.3 Ενοποίηση μέσω IoT και Έξυπνης Ανάλυσης Δεδομένων

Η έννοια του «έξυπνου αγρού» βασίζεται στη διασύνδεση ετερογενών τεχνολογιών, όπως παγίδες, αισθητήρες, UAVs και δορυφορικά δεδομένα, σε μια ενιαία πλατφόρμα Internet of Things (IoT). Η ολοκληρωμένη αυτή προσέγγιση

επιτρέπει την αυτόματη συλλογή, μετάδοση και επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, διασφαλίζοντας συνεχή εποπτεία των παραμέτρων του χωραφιού. Μέσω της αδιάλειπτης ροής πληροφορίας, επιτυγχάνεται ακριβής εντοπισμός των χωροχρονικών διαφορών στις ανάγκες φυτοπροστασίας, λίπανσης ή άρδευσης.

Τα δεδομένα που συλλέγονται αναλύονται με τη χρήση τεχνητής νοημοσύνης και αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, αξιοποιώντας big data τεχνικές. Η διαδικασία αυτή υποστηρίζει την ανάπτυξη προηγμένων προγνωστικών μοντέλων που μπορούν να εντοπίζουν πρόδρομες ενδείξεις προβλημάτων, όπως προσβολές από εχθρούς ή ασθένειες. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα δυναμικού επαναπρογραμματισμού των γεωργικών εργασιών, με στόχο τη βελτιστοποίηση του χρονοδιαγράμματος εφαρμογών και την ενίσχυση της απόδοσης των καλλιεργειών (Soussi et al., 2024).

Η χρήση τέτοιων ολοκληρωμένων συστημάτων καθιστά τη γεωργία ακριβείας περισσότερο προσαρμοστική και αποδοτική, ελαχιστοποιώντας τα κόστη παραγωγής και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, ενώ ταυτόχρονα αυξάνει την ανταγωνιστικότητα των παραγωγών.

Σύγχρονες πλατφόρμες όπως το Agriculus, το CropX και το AgriSens επιτρέπουν την ενοποίηση δεδομένων από αισθητήρες εδάφους, μετεωρολογικά μοντέλα και συστήματα πρόγνωσης ασθενειών σε μια ενιαία διεπαφή. Οι πληροφορίες παρουσιάζονται στον παραγωγό μέσω εργαλείων απεικόνισης (π.χ. θερμικοί και γεωγραφικοί χάρτες), επιτρέποντας στοχευμένες παρεμβάσεις.

Στην Ελλάδα, εφαρμογές IoT στη γεωργία προωθούνται μέσω προγραμμάτων όπως το GAIA Sense, το οποίο έχει εγκατασταθεί σε δεκάδες αγροτεμάχια παρέχοντας αισθητήρες εδάφους, μετεωρολογικούς σταθμούς και υπηρεσίες συμβουλευτικής. Ο συνδυασμός αυτών των δεδομένων με εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης επιτρέπει την παροχή εξατομικευμένων οδηγιών ανά παραγωγό και χωράφι (GAIA Επιχειρείν, 2023).

Τελικά, η σύγκλιση IoT – AI – γεωργίας ακριβείας καθιστά εφικτό ένα νέο επίπεδο βιώσιμης παραγωγής, στο οποίο οι αποφάσεις λαμβάνονται βάσει συνεχώς ανανεούμενων δεδομένων, ενισχύοντας τη βιωσιμότητα και την αποδοτικότητα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων.

2.4 Χρήση Big Data στην Ελαιοκαλλιέργεια και την Ιχνηλασιμότητα

Η εφαρμογή των τεχνολογιών Big Data στη γεωργία, και ειδικότερα στη γεωργία ακριβείας, αναδεικνύεται ως μία από τις σημαντικότερες εξελίξεις στον αγροδιατροφικό τομέα. Σύμφωνα με τον Wolfert et al. (2017), η αξιοποίηση μεγάλου όγκου δεδομένων επιτρέπει την ανάπτυξη “έξυπνων” γεωργικών συστημάτων, που βασίζονται στην ανάλυση και ερμηνεία πληροφορίας από πολλαπλές πηγές.

Στο πλαίσιο της ελαιοκαλλιέργειας, τα Big Data μπορούν να αξιοποιηθούν για την παρακολούθηση αγρονομικών παραμέτρων όπως η υγρασία του εδάφους, οι καιρικές συνθήκες και η ανάπτυξη φυτοπαθογόνων οργανισμών. Μέσω της συλλογής και διασύνδεσης δεδομένων από αισθητήρες, δορυφόρους, καλλιεργητικές πρακτικές και μηχανήματα, επιτυγχάνεται η δημιουργία ψηφιακών μοντέλων λήψης αποφάσεων.

Ένας βασικός τομέας εφαρμογής είναι η ιχνηλασιμότητα της παραγωγής. Όπως υπογραμμίζουν οι Wolfert et al. (2017), τα Big Data υποστηρίζουν τη διαφάνεια στην αγροτική εφοδιαστική αλυσίδα, επιτρέποντας την παρακολούθηση των προϊόντων από το αγρόκτημα μέχρι τον τελικό καταναλωτή. Η δυνατότητα αυτή ενισχύει την εμπιστοσύνη στην ποιότητα και την ασφάλεια των προϊόντων, ενώ παράλληλα επιτρέπει στους παραγωγούς να τεκμηριώσουν πιστοποιήσεις όπως ΠΟΠ ή ΠΓΕ.

Η διαχείριση τέτοιων δεδομένων δεν είναι χωρίς προκλήσεις. Η μελέτη αναφέρει ζητήματα όπως η ετερογένεια των δεδομένων, η έλλειψη προτύπων διαλειτουργικότητας και η ανάγκη για ισχυρές υποδομές αποθήκευσης και ανάλυσης. Επιπλέον, εγείρονται ερωτήματα σχετικά με την ιδιοκτησία των δεδομένων, την προστασία της ιδιωτικότητας και τη διασφάλιση του οφέλους για τον ίδιο τον αγρότη.

Παρά τις προκλήσεις αυτές, οι προοπτικές είναι ιδιαίτερα θετικές. Η στοχευμένη εφαρμογή Big Data σε παραδοσιακές καλλιέργειες, όπως η ελιά, μπορεί να μετασχηματίσει την αγροτική παραγωγή, ενισχύοντας τη βιωσιμότητα, την αποδοτικότητα και την ανταγωνιστικότητα του τομέα.

Στην πράξη, η χρήση Big Data στην ελαιοκαλλιέργεια εφαρμόζεται ήδη μέσω πλατφορμών όπως η GAIA Sense, η οποία συγκεντρώνει δεδομένα αισθητήρων, δορυφορικών εικόνων και αγρονομικών καταγραφών για τη δημιουργία μοντέλων πρόγνωσης φυτοπροστασίας και παραγωγής. Το OliveTrace, ένα έργο ιχνηλασιμότητας της εταιρείας Agroknow, χρησιμοποιεί δεδομένα από όλη την αλυσίδα αξίας για την τεκμηρίωση της προέλευσης, της ασφάλειας και της ποιότητας του ελαιολάδου. Η πλατφόρμα ενσωματώνει τεχνολογίες blockchain για την αδιάβλητη

καταγραφή συμβάντων και αλγορίθμους για την ανίχνευση αποκλίσεων (anomaly detection).

Στην Ευρώπη, έργα όπως το DataBio (H2020) συνδύασαν Big Data και γεωργικά δεδομένα για να παρέχουν υπηρεσίες πρόγνωσης απόδοσης και πρόβλεψης ασθενειών σε ελαιοκαλλιέργειες στην Ισπανία και την Ιταλία. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται σε DSS (Decision Support Systems), επιτρέποντας προγραμματισμένες παρεμβάσεις, αποδοτικότερη χρήση των πόρων και διαφάνεια στην πιστοποίηση προϊόντων.

Ιδιαίτερη σημασία έχει επίσης η διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών συστημάτων και πηγών δεδομένων, καθώς η σύνθεση τους είναι απαραίτητη για τη δημιουργία αξιόπιστων μοντέλων. Η χρήση προτύπων όπως το ISO 11783 (AgriBus) και οι αρχές FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) συμβάλλουν προς αυτή την κατεύθυνση.

Ωστόσο, ζητήματα δεοντολογίας και κανονιστικής συμμόρφωσης (όπως ο Κανονισμός GDPR) καθιστούν απαραίτητη την προσεκτική διαχείριση των προσωπικών και γεωχωρικών δεδομένων. Η πρόκληση δεν είναι μόνο τεχνική, αλλά και κοινωνική: να διασφαλιστεί ότι ο αγρότης δεν παραμένει απλός παθητικός πάροχος δεδομένων, αλλά ότι επωφελείται ουσιαστικά από την αξιοποίησή τους.

3. Παραδείγματα

3.1 Παραδείγματα εφαρμογής της γεωργίας ακριβείας στην αντιμετώπιση εχθρών της ελιάς

Δάκος ελιάς (*Bactrocera oleae*)

Η γεωργία ακριβείας έχει βρει ουσιαστική εφαρμογή στην ελαιοκαλλιέργεια, ιδίως στην αντιμετώπιση του δάκου της ελιάς (*B. oleae*), ενός εντόμου που αποτελεί τον σημαντικότερο εχθρό της καλλιέργειας. Η σύγχρονη έρευνα εστιάζει στην ανάπτυξη τεχνολογικών εργαλείων που μειώνουν την εξάρτηση από χημικά σκευάσματα, ενώ βελτιώνουν την ακρίβεια και την αποδοτικότητα των παρεμβάσεων φυτοπροστασίας.

Η μελέτη των Miranda et al. (2019) εστιάζει στην ανάπτυξη ενός Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων (Decision Support System - DSS) για τη διαχείριση του δάκου σε μεσογειακούς ελαιώνες. Το DSS στηρίζεται σε ημιαυτόματη παρακολούθηση πληθυσμών μέσω παγίδων και μετεωρολογικών δεδομένων, παρέχοντας προβλέψεις για τις χρονικές περιόδους υψηλού κινδύνου προσβολής. Η πλατφόρμα αναλύει παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η πυκνότητα του πληθυσμού του εντόμου, επιτρέποντας στοχευμένες παρεμβάσεις με χαμηλότερη χρήση εντομοκτόνων και περιορισμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Το σύστημα δοκιμάστηκε επιτυχώς σε περιοχές της Ισπανίας και της Ιταλίας, αποδεικνύοντας τη λειτουργικότητά του και τη συμβολή του στη βιώσιμη φυτοπροστασία.

Στο ίδιο πλαίσιο, οι de Castro et al. (2023) αναπτύσσουν έναν αλγόριθμο προσαρμοστικού σχεδιασμού διαδρομής για UAVs, προκειμένου να επιθεωρούν παγίδες δάκου με τρόπο αυτόνομο. Χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία των “Rapidly Exploring Random Trees” (RRT), τα UAVs καθοδηγούνται σε βέλτιστες διαδρομές για την επίσκεψη συγκεκριμένων σημείων, βελτιστοποιώντας τον χρόνο πτήσης και μειώνοντας την ανάγκη ανθρώπινης παρουσίας. Το σύστημα αυτό ενισχύει την αποτελεσματικότητα της παρακολούθησης, προσφέροντας συνεχή και συστηματική συλλογή δεδομένων πεδίου.

Τέλος, οι Balamprekou et al. (2024) σε μια εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση, εξετάζουν τις σύγχρονες στρατηγικές ελέγχου του δάκου και προτείνουν την ενσωμάτωση τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας σε ολοκληρωμένα σχήματα φυτοπροστασίας. Αναφέρονται σε εφαρμογές αισθητήρων, ευφυών μοντέλων πρόβλεψης, καθώς και στη σημασία της συλλογής δεδομένων σε πραγματικό χρόνο για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η μελέτη υπογραμμίζει τη σημασία της διασύνδεσης διαφορετικών εργαλείων (UAVs, παγίδες, DSS) σε ενιαία συστήματα για μέγιστη αποτελεσματικότητα.

Η σύγχρονη ερευνητική δραστηριότητα αναδεικνύει τη γεωργία ακριβείας ως βασικό πυλώνα στην αντιμετώπιση του δάκου, συμβάλλοντας στη βιωσιμότητα της ελαιοκαλλιέργειας και στη μείωση του χημικού αποτυπώματος στην παραγωγική διαδικασία.

Πυρηνοτρήτης της ελιάς (*Prays oleae*) και εφαρμογές γεωργίας ακριβείας

Αποτελεί έναν από τους πλέον διαδεδομένους εχθρούς της ελαιοκαλλιέργειας στις μεσογειακές χώρες και μπορεί να προκαλέσει σημαντικές απώλειες στην παραγωγή, τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά. Η έγκαιρη και αποτελεσματική παρακολούθηση του πληθυσμού του πυρηνοτρήτη είναι κρίσιμη για την επιτυχή αντιμετώπισή του, γεγονός που καθιστά τις τεχνολογίες γεωργίας ακριβείας εξαιρετικά χρήσιμες στη φυτοπροστασία.

Διατάραξη σύζευξης με συσκευές αερολύματος

Μια τεχνολογική εφαρμογή που εντάσσεται στη γεωργία ακριβείας είναι η τεχνική της διατάραξης σύζευξης μέσω φερομονών. Η τεχνική αυτή εντάσσεται στη γεωργία ακριβείας, καθώς βασίζεται στον στρατηγικό χωρικό σχεδιασμό και την αυτόματη απελευθέρωση φερομονών σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές, μειώνοντας την ανάγκη για γενικευμένες παρεμβάσεις και περιορίζοντας την κατανάλωση πόρων. Οι Ortiz et al. (2021) διερεύνησαν την αποτελεσματικότητα της μεθόδου αυτής για την καταπολέμηση του πυρηνοτρήτη της ελιάς σε ελαιώνες της Ανδαλουσίας, Ισπανία, κατά τη διάρκεια δύο ετών. Η τεχνική βασίστηκε στη χρήση αυτόματων διανεμητών φερομονών τύπου αερολύματος (aerosol dispensers) που τοποθετήθηκαν στρατηγικά μέσα στους ελαιώνες, με σκοπό να παρεμποδίσουν την εύρεση θηλυκών από τα αρσενικά έντομα, μειώνοντας έτσι τη σύζευξη και την ωοτοκία.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι στις περιοχές όπου εφαρμόστηκε η τεχνική της διατάραξης σύζευξης παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στις συλλήψεις αρσενικών εντόμων, όπως και μείωση της προσβολής στα άνθη και τους καρπούς. Επιπλέον, επισημαίνεται πως η συγκεκριμένη προσέγγιση, αν και αρχικά εφαρμόστηκε ως συμπληρωματική της χημικής καταπολέμησης, έχει τη δυνατότητα να λειτουργήσει ως βασική μέθοδος ελέγχου του πυρηνοτρήτη, εφόσον συνδυαστεί με άλλα εργαλεία παρακολούθησης (Ortiz et al., 2021).

Οι διανεμητές μπορούν να προγραμματιστούν ώστε να απελευθερώνουν τις φερομόνες τις ώρες υψηλής δραστηριότητας των εντόμων, μειώνοντας έτσι την άσκοπη κατανάλωση υλικού. Το άρθρο προτείνει επίσης την ενσωμάτωση αυτής της τεχνικής με πληροφορίες από αισθητήρες πεδίου ή συστήματα GIS, ενισχύοντας τη στοχευμένη φυτοπροστασία και βελτιώνοντας τη σχέση κόστους-οφέλους στην καλλιέργεια.

Σε αυτή την κατεύθυνση, η πρόσφατη έρευνα των Mdhaftar et al. (2022) παρουσιάζει την ανάπτυξη μιας έξυπνης παγίδα βασισμένης στο διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) και σε τεχνικές βαθιάς μάθησης (deep learning). Η συσκευή αποτελείται από έναν εικονικό αισθητήρα (κάμερα) ενσωματωμένο σε παγίδα, που τραβάει φωτογραφίες εντόμων στο εσωτερικό της, αποστέλλοντάς τες σε απομακρυσμένο εξυπηρετητή για επεξεργασία ή χρησιμοποιώντας ενσωματωμένο επεξεργαστή για επιτόπια αναγνώριση. Οι συγγραφείς ανέπτυξαν ένα προσαρμοσμένο σύνολο δεδομένων εικόνων του πυρηνοτήτη, λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους όπως η φωτεινότητα, το σχήμα και η θέση του εντόμου.

Για την αναγνώριση των εντόμων χρησιμοποιήθηκαν αλγόριθμοι YOLOv5 και YOLOv7, οι οποίοι είναι state-of-the-art τεχνικές για εντοπισμό αντικειμένων σε εικόνες σε πραγματικό χρόνο. Τα αποτελέσματα έδειξαν mean average precision (mAP) από 87% έως 89%, τιμές που θεωρούνται εξαιρετικά υψηλές για πεδία όπως η βιοπαρακολούθηση.

Επιπλέον, η παγίδα είναι ενεργειακά αυτόνομη, με τροφοδοσία μέσω ηλιακού πάνελ, και προσφέρει ασύρματη σύνδεση για αποστολή δεδομένων ή παρακολούθηση από απόσταση. Το σύστημα μπορεί να ενσωματωθεί σε πλατφόρμες γεωργίας ακριβείας, όπως τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (DSS), βελτιώνοντας τη δυνατότητα έγκαιρης επέμβασης και περιορισμού της χρήσης φυτοφαρμάκων.

Η συγκεκριμένη έρευνα αναδεικνύει τη δυναμική της συνδυαστικής χρήσης τεχνολογιών AI, IoT και edge computing για την ακριβή και αυτοματοποιημένη αναγνώριση εχθρών της ελιάς. Η λύση αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για απομακρυσμένες ή δυσπρόσιτες περιοχές, όπου η συνεχής ανθρώπινη επιτήρηση είναι δύσκολη.

Το Λεκάνιο της ελιάς (*Saissetia oleae*) και η έλλειψη έρευνας στο πλαίσιο της γεωργίας ακριβείας

Το λεκάνιο της ελιάς (*Saissetia oleae*) αποτελεί σημαντικό εντομολογικό πρόβλημα της ελαιοκαλλιέργειας στη Μεσόγειο, κυρίως λόγω της έμμεσης ζημιάς που προκαλεί μέσω της ανάπτυξης καπνιάς και της υποβάθμισης της φυσιολογικής λειτουργίας του φυτού. Παρά τη σημασία του, η ερευνητική προσέγγιση του

συγκεκριμένου εχθρού παραμένει περιορισμένη, ιδίως σε ό,τι αφορά την εφαρμογή τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας για την παρακολούθηση και τη διαχείρισή του.

Παρά τη σημαντικότητα του εντόμου για την ελαιοκαλλιέργεια, η σύγχρονη διεθνής βιβλιογραφία δεν διαθέτει μέχρι σήμερα εξειδικευμένες επιστημονικές μελέτες που να εξετάζουν την εφαρμογή τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας ειδικά για την παρακολούθηση ή την αντιμετώπιση του *S. oleae*. Σε αντίθεση με άλλους βασικούς εχθρούς της ελιάς, όπως ο δάκος (*B. oleae*) και ο πυρηνοτρήτης (*P. oleae*), για τους οποίους έχουν αναπτυχθεί συστήματα όπως έξυπνες παγίδες, παρακολούθηση μέσω UAVs και συστήματα υποστήριξης αποφάσεων (DSS), η αντίστοιχη έρευνα για το λεκάνιο παραμένει εξαιρετικά περιορισμένη ή ανύπαρκτη.

Η απουσία αυτής της έρευνας επισημαίνει την ανάγκη για περαιτέρω επιστημονική μελέτη και ανάπτυξη καινοτόμων εργαλείων παρακολούθησης και ελέγχου, με στόχο την ένταξη του *S. oleae* σε ολοκληρωμένες στρατηγικές ευφυούς φυτοπροστασίας. Παράλληλα, οι υπάρχουσες τεχνολογικές λύσεις που εφαρμόζονται σε συγγενή κοκκοειδή είδη θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν ως βάσεις για μελλοντικές εφαρμογές και στην περίπτωση του λεκάνιου.

Συμπεράσματα και σύνδεση με γεωργία ακριβείας

Η εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας στην καταπολέμηση των κυριότερων εχθρών της ελιάς, όπως ο δάκος και ο πυρηνοτρήτης, αναδεικνύει τη δυναμική της σύγχρονης τεχνολογίας στην προστασία της ελαιοπαραγωγής. Μέσα από τη χρήση UAV, αισθητήρων, συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων και τεχνικών χαρτογράφησης, επιτυγχάνεται στοχευμένη παρέμβαση, περιορισμός της χρήσης φυτοπροστατευτικών προϊόντων και μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Παρότι για ορισμένους εχθρούς, όπως το λεκάνιο, απουσιάζει μέχρι σήμερα εξειδικευμένη έρευνα, η υπάρχουσα τεχνογνωσία δημιουργεί ισχυρές προοπτικές για μελλοντική ανάπτυξη ολοκληρωμένων στρατηγικών ευφυούς φυτοπροστασίας στον ελαιώνα.

3.2 Παραδείγματα εφαρμογής της γεωργίας ακριβείας στην αντιμετώπιση ασθενειών της ελιάς

Βερτισιλλίωση της ελιάς (*Verticillium dahliae*)

Η βερτισιλλίωση της ελιάς, προκαλούμενη από το παθογόνο *Verticillium dahliae*, αποτελεί μία από τις πλέον επίμονες και καταστροφικές ασθένειες στους ελαιώνες της Μεσογείου. Το παθογόνο επιβιώνει στο έδαφος για πολλά έτη και προκαλεί σημαντικές απώλειες τόσο στην παραγωγή όσο και στην υγεία των δέντρων, ιδιαίτερα σε ευαίσθητες ποικιλίες. Η πρόκληση έγκειται κυρίως στην έλλειψη ορατών συμπτωμάτων κατά τα αρχικά στάδια της μόλυνσης και στην απουσία αποτελεσματικής χημικής αντιμετώπισης.

Η τεχνολογική πρόοδος, ωστόσο, έχει επιτρέψει την ανάπτυξη και εφαρμογή προηγμένων μεθόδων τηλεπισκόπησης, απεικόνισης και πρόγνωσης, που ενισχύουν τη δυνατότητα έγκαιρης διάγνωσης και διαχείρισης της νόσου στο πλαίσιο της γεωργίας ακριβείας.

Θερμική και υπερφασματική απεικόνιση

Σημαντικές μελέτες έχουν δείξει ότι η βερτισιλλίωση μπορεί να εντοπιστεί πριν την εμφάνιση εμφανών συμπτωμάτων μέσω συνδυασμένης θερμικής και υπερφασματικής απεικόνισης. Στο άρθρο των Calderón et al. (2013), επιβεβαιώθηκε η δυνατότητα εντοπισμού πρώιμων μεταβολών στη θερμοκρασία φυλλώματος και στη φασματική απόκριση των φύλλων που σχετίζονται με την προσβολή από *V. dahliae*. Οι τεχνολογίες αυτές, όταν εφαρμόζονται από UAVs ή εναέρια μέσα, επιτρέπουν την επιτήρηση μεγάλων περιοχών με υψηλή ακρίβεια, προσφέροντας ισχυρό εργαλείο πρόληψης και στοχευμένης παρέμβασης.

Πολυφασματικά συστήματα και υποστήριξη αποφάσεων

Αντίστοιχα, το έργο MyOGC ανέπτυξε μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα που συνδυάζει πολυφασματική ανάλυση, αισθητήρες και συστήματα υποστήριξης αποφάσεων (DSS), επιτρέποντας στους παραγωγούς να παρακολουθούν την υγεία των ελαιώνων και να αξιολογούν τον κίνδυνο εξάπλωσης της νόσου με βάση χωρικά και βιοφυσικά δεδομένα. (Blekos et. al., 2021)

Επιπλέον, ελληνική μελέτη των Iatrou et al. (2021), προτείνει τη χρήση δεικτών βλάστησης NDVI και CRI2, οι οποίοι βασίζονται στη φασματική ανάλυση της χλωροφύλλης και της φυσιολογικής κατάστασης των φυτών, για την έμμεση ανίχνευση

συμπτωμάτων της βερτισιλλίωσης. Οι δείκτες αυτοί ενσωματώνονται σε εργαλεία τηλεπισκόπησης με UAVs ή δορυφορικά δεδομένα και επιτρέπουν μαζική και επαναλαμβανόμενη παρακολούθηση των καλλιεργειών.

Κυκλοκόνιο της ελιάς (*Fusicladium oleagineum*)

Το κυκλοκόνιο της ελιάς είναι μια εξαιρετικά διαδεδομένη ασθένεια σε περιοχές με υγρό και ήπιο κλίμα. Προκαλεί χαρακτηριστικές καστανές κηλίδες στα φύλλα, οι οποίες οδηγούν σε πρόωρη φυλλόπτωση, μειωμένη φωτοσύνθεση και σημαντική πτώση της καρποφορίας και της ποιότητας του ελαιολάδου (Hamzaoui et al., 2025).

Η γεωργία ακριβείας εισάγει ένα νέο επίπεδο ανίχνευσης και διαχείρισης της ασθένειας, με βασικά εργαλεία:

- **Πολυφασματική/υπερφασματική τηλεπισκόπηση με UAVs:** Οι Hamzaoui et al. (2025) ανέπτυξαν ένα UAV-based σύστημα με χρήση NDVI, NDRE και Red Edge για εντοπισμό πρώιμων εστιών προσβολής πριν την εμφάνιση συμπτωμάτων.
- **Αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης:** Οι Navrozidis et al. (2023) εφάρμοσαν μοντέλα όπως Random Forest και Neural Networks σε υπερφασματικά δεδομένα, επιτυγχάνοντας >90% ακρίβεια στην ταξινόμηση των προσβεβλημένων φύλλων.
- **Αυτόματη ανίχνευση με Τεχνητή Νοημοσύνη:** Η προσέγγιση των Huaquiraco et al. (2024) βασίστηκε σε τεχνικές self-supervised learning (SSL), εκπαιδύοντας μοντέλα όπως το SSL-XceVNet με περιορισμένο αριθμό δεδομένων, προσφέροντας ταχύτητα και ακρίβεια σε πραγματικές συνθήκες.

Η ανασκόπηση των Marques et al. (2024) επιβεβαιώνει ότι το κυκλοκόνιο αποτελεί ιδανική περίπτωση για ανίχνευση από απόσταση λόγω της ορατής συμπτωματολογίας, υπογραμμίζοντας την ανάγκη ανάπτυξης τοπικών βάσεων δεδομένων για περαιτέρω ακριβεία.

Ανθράκωση της ελιάς (*Colletotrichum* spp.)

Η ανθράκωση (γλοιοσπόριο) προκαλεί σοβαρές ζημιές στους καρπούς της ελιάς, οδηγώντας σε σήψεις και σημαντική ποιοτική υποβάθμιση του ελαιολάδου. Τα είδη *C.*

acutatum και *C. gloeosporioides* είναι υπεύθυνα για την ασθένεια σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές (Moral et al., 2021).

Η έρευνα επικεντρώνεται σε:

- **Γενετική ποικιλομορφία:** Η εξατομίκευση της φυτοπροστασίας απαιτεί γνώση των στελεχών που επικρατούν ανά περιοχή.
- **Βιολογικός κύκλος και φάσεις μόλυνσης:** Η μελέτη του Moral et al. (2009) τονίζει τη λανθάνουσα μόλυνση και την ευνοϊκή επίδραση της υγρασίας και των τραυματισμών.
- **Υπερφασματική απεικόνιση και CNNs:** Οι Fazari et al. (2021) ενσωμάτωσαν τεχνικές deep learning (convolutional neural networks) σε VIS/NIR εικόνες καρπών, επιτυγχάνοντας αναγνώριση πριν την εμφάνιση ορατών συμπτωμάτων.
- **UAVs και transfer learning:** Οι Raouhi et al. (2024) εφάρμοσε μεταφορά μάθησης σε drone imagery για την αναγνώριση μολυσμένων περιοχών με ακρίβεια άνω του 90%.
- **Δείκτες βλάστησης και θερμοκρασίας:** Οι Marques et al. (2024) επεσήμαναν ότι δείκτες όπως NDVI, Red Edge και θερμικά δεδομένα παρουσιάζουν συσχέτιση με την ένταση μόλυνσης, επιτρέποντας προληπτική επέμβαση.

Φυματίωση της ελιάς (*Pseudomonas savastanoi*)

Η φυματίωση αποτελεί σημαντική βακτηριακή ασθένεια με χαρακτηριστική εμφάνιση κόμβων στους βλαστούς. Η Farmonaut (2023) ανέπτυξε πλατφόρμα γεωργίας ακριβείας βασισμένη σε δορυφορικά δεδομένα και δείκτες φυτικής βλάστησης (όπως NDVI), για τον εντοπισμό τοπικών περιοχών στρες. Οι τεχνικές αυτές επιτρέπουν:

- Εντοπισμό ύποπτων περιοχών με ακρίβεια,
- Προγραμματισμό στοχευμένων παρεμβάσεων,
- Ιχνηλασιμότητα και παρακολούθηση της εξέλιξης της νόσου.

Η χρήση τεχνολογιών GPS επιτρέπει την ενσωμάτωση των παρεμβάσεων σε ένα οργανωμένο σχέδιο φυτοπροστασίας, βελτιώνοντας τη διαχείριση κόστους και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

Συμπεράσματα

Η γεωργία ακριβείας αναδεικνύεται ως βασικό εργαλείο στη διαχείριση των ασθενειών της ελιάς. Από την πρόωμη ανίχνευση μέσω UAVs και υπερφασματικών δεδομένων, μέχρι την πρόβλεψη κινδύνου με ασαφή λογική και τεχνητή νοημοσύνη, η σύγχρονη τεχνολογία επιτρέπει στοχευμένη και περιβαλλοντικά υπεύθυνη φυτοπροστασία. Το ερευνητικό ενδιαφέρον είναι έντονο και πολυεπίπεδο, ενώ η ανάγκη για τοπική προσαρμογή των λύσεων και ανάπτυξη βάσεων δεδομένων παραμένει κρίσιμη.

4. Συζήτηση και Συμπεράσματα

4.1 Γενική αποτίμηση της γεωργίας ακριβείας στην ελαιοκαλλιέργεια

Η εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας στην ελαιοκαλλιέργεια αποτελεί ένα καινοτόμο και ταυτόχρονα αναγκαίο βήμα προς την κατεύθυνση μιας βιώσιμης, αποδοτικής και περιβαλλοντικά φιλικής γεωργίας. Οι σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις καθιστούν δυνατή την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των παραμέτρων που επηρεάζουν την υγεία των ελαιοδέντρων, τον εντοπισμό εχθρών και ασθενειών πριν την εκδήλωση συμπτωμάτων, καθώς και τη λήψη στοχευμένων αποφάσεων με βάση την ανάλυση δεδομένων πεδίου.

Η παρούσα εργασία ανέδειξε τη σημασία αυτών των τεχνολογιών, παρουσιάζοντας πλήθος εφαρμογών όπως τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (Decision Support Systems - DSS), οι παγίδες με αισθητήρες, οι μετεωρολογικοί σταθμοί, τα UAVs (μη επανδρωμένα αεροσκάφη), αλλά και συστήματα τεχνητής νοημοσύνης για ανάλυση εικόνας και ήχου (Potamitis et al., 2014). Τα εργαλεία αυτά μπορούν να συνδυαστούν για τη διαρκή παρακολούθηση των καλλιεργειών, τον έγκαιρο εντοπισμό προβλημάτων και την αποδοτική χρήση εισροών.

4.2 Συγκριτική εξέταση εχθρών και ασθενειών

Η τεχνολογική πρόοδος δεν εφαρμόζεται ομοιόμορφα σε όλους τους εχθρούς και ασθένειες της ελιάς. Από την ανάλυση της βιβλιογραφίας προκύπτει διαφοροποίηση

τόσο στο επίπεδο της ωριμότητας των τεχνολογιών όσο και στην αποτελεσματικότητά τους.

Για τον δάκο της ελιάς (*B. oleae*), έχουν αναπτυχθεί ολοκληρωμένα συστήματα παρακολούθησης πληθυσμών, που συνδυάζουν παγίδες με αισθητήρες, μικρόφωνα για ακουστική καταγραφή της πτήσης, και αλγορίθμους τεχνητής νοημοσύνης που αναγνωρίζουν το έντομο με βάση τα ηχητικά του χαρακτηριστικά (Potamitis et al., 2014).

Για τον πυρηνοτρήτη (*P. oleae*), η τεχνολογία έχει επικεντρωθεί στην ανάπτυξη εξειδικευμένων παγίδων με οπτικούς ή φερομονικούς μηχανισμούς και στη χρήση τεχνολογιών deep learning για την ταξινόμηση των συλλεγόμενων εντόμων. Η εφαρμογή τεχνικών σύζευξης παρεμπόδισης (mating disruption) με αυτοματοποιημένες μονάδες aerosol έχει επίσης δοκιμαστεί επιτυχώς.

Σε ό,τι αφορά τις ασθένειες, τα πράγματα είναι πιο σύνθετα. Στην περίπτωση της βερτισιλλίωσης ή του γλοιοσπορίου, η εφαρμογή τηλεπισκοπικών μεθόδων (π.χ. υπερφασματική και θερμική απεικόνιση) μπορεί να εντοπίσει αλλαγές στη φυσιολογία των δέντρων που προμηνύουν προσβολή, επιτρέποντας έτσι πρόωπη παρέμβαση (Tsouros et al. 2019). Το ίδιο ισχύει και για το κυκλοκόνιο, του οποίου η εξάπλωση συνδέεται με κλιματικούς παράγοντες που μπορούν να μοντελοποιηθούν.

Η φυματίωση, λόγω της βακτηριακής της φύσης και της ανθεκτικότητάς της, παρουσιάζει μεγαλύτερες δυσκολίες στη διαχείριση. Ωστόσο, μεθοδολογίες που βασίζονται στη χαρτογράφηση του δείκτη NDVI μέσω δορυφορικών εικόνων επιτρέπουν τον έμμεσο εντοπισμό του φυτικού στρες και τη στοχευμένη λήψη μέτρων (Tsouros et al. 2019)

Συνολικά, προκύπτει η ανάγκη ενίσχυσης της έρευνας στον τομέα των ασθενειών, ώστε να φτάσουν στο ίδιο επίπεδο τεχνολογικής υποστήριξης με τους εντομολογικούς εχθρούς.

4.3 Κοινωνικοοικονομικές και Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Η γεωργία ακριβείας επιφέρει πολυδιάστατα οφέλη για την ελαιοκομία, τόσο από οικονομική όσο και από περιβαλλοντική σκοπιά.

Οικονομικά, η μείωση των απωλειών από εχθρούς και ασθένειες, σε συνδυασμό με την καλύτερη ποιότητα παραγωγής, ενισχύει την ανταγωνιστικότητα του προϊόντος. Η αποφυγή περιττών ψεκασμών και αρδεύσεων περιορίζει τις δαπάνες σε φυτοφάρμακα και νερό, κάτι που μεταφράζεται σε αύξηση της καθαρής κερδοφορίας

Περιβαλλοντικά, η στοχευμένη επέμβαση περιορίζει τη ρύπανση υδάτων και εδαφών, την καταστροφή ωφέλιμων οργανισμών και τη διατάραξη του οικοσυστήματος. Επιπλέον, η μείωση των μηχανικών επεμβάσεων στον αγρό περιορίζει τη διάβρωση και συμβάλλει στη διατήρηση της δομής του εδάφους (Tsouros et al. 2019). Παρά τα παραπάνω, η υιοθέτηση της γεωργίας ακριβείας από τους ελαιοπαραγωγούς είναι ακόμη περιορισμένη. Τα κύρια εμπόδια εντοπίζονται στο υψηλό κόστος του εξοπλισμού, στην έλλειψη τεχνικής κατάρτισης και στη χαμηλή πρόσβαση σε ψηφιακές υποδομές στις αγροτικές περιοχές.

4.4 Μελλοντικές Προοπτικές και Προτάσεις

Για να επιτευχθεί η καθολική ενσωμάτωση των τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας στην ελαιοπαραγωγή, απαιτούνται:

- Στοχευμένα προγράμματα κατάρτισης για την εκπαίδευση των ελαιοπαραγωγών στις νέες τεχνολογίες και την εξοικείωσή τους με τα εργαλεία.
- Ενίσχυση της εφαρμοσμένης έρευνας για την ανάπτυξη οικονομικότερων, απλούστερων και ανοικτού τύπου λύσεων που να ανταποκρίνονται στις ανάγκες μικρών και μεσαίων εκμεταλλεύσεων.
- Δημιουργία ολοκληρωμένων πλατφορμών, που θα επιτρέπουν τη συλλογή, ανάλυση και αξιοποίηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από διαφορετικές πηγές (αισθητήρες, UAVs, δορυφόρους).
- Χαρτογράφηση των αναγκών ανά περιοχή, ώστε να αναπτυχθούν τοπικά προσαρμοσμένα συστήματα πρόγνωσης για συγκεκριμένες ασθένειες ή εντομολογικούς εχθρούς, όπως το κυκλοκόνιο ή το γλοιοσπόριο.

4.5 Συνολική Εκτίμηση

Η γεωργία ακριβείας αναδεικνύεται ως μία στρατηγική αιχμής για την αντιμετώπιση των πολυσύνθετων προκλήσεων της σύγχρονης ελαιοκομίας. Η χρήση δεδομένων, η ακριβής διάγνωση και η στοχευμένη παρέμβαση συνιστούν την καρδιά της νέας αυτής προσέγγισης. Η τεχνολογία είναι διαθέσιμη – το ζητούμενο είναι η υιοθέτησή της στην πράξη.

Η επιτυχία της γεωργίας ακριβείας εξαρτάται από τη γεφύρωση του χάσματος ανάμεσα στην ερευνητική κοινότητα, την πολιτεία και τους παραγωγούς. Αν επιτευχθεί αυτή η σύνδεση, τότε η Ελλάδα μπορεί να εξελιχθεί σε πρότυπο εφαρμογής ευφυών συστημάτων ελαιοπαραγωγής στη Μεσόγειο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ναβροζίδης Ε. Ι., Ανδρεάδης Σ., 2012. Ειδική Γεωργική Εντομολογία. Εκδόσεις CITY PUBLISH, Θεσσαλονίκη.

Τζανακάκης, Μ.Ε., 2006. Έντομα και ακάρεα των καλλιεργειών. Εκδόσεις ΑγροΤύπος.

Παναγόπουλος Χ. Γ., 2007. Ασθένειες Καρποφόρων Δένδρων και Αμπέλου. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε., Αθήνα.

Θεριός Ι. Ν., 2015. Ελαιοκομία. Εκδόσεις Άγρις – Σάββας Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη.

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2023. Πρόγραμμα συλλογικής δακοκτονίας – Οδηγίες εφαρμογής και τεχνικές λεπτομέρειες. Αθήνα: ΥπΑΑΤ.
<https://www.minagric.gr>

Τζανακάκης, Μ.Ε. (2006) Insects and Mites Feeding on Olive: Distribution, Importance, Habits, Seasonal Development, and Dormancy. Applied Entomology Library Ed, Brill, Leiden, Boston, 182.

Ζαρταλούδης Ζ. Δ., 2006. Αντιμετώπιση Εχθρών & Ασθενειών της Ελιάς. Εκδόσεις Γερμανός. Θεσσαλονίκη.

B.H. Hall (2011). *New challenges for pest and disease management in olive orchards and nurseries*. ISHS. https://www.ishs.org/ishs-article/924_15

Caselli, A. & Petacchi, R. (2021). Climate Change and Major Pests of Mediterranean Olive Orchards: Are We Ready to Face the Global Heating? *Insects*, 12(9), 802.
<https://www.mdpi.com/2075-4450/12/9/802>

Buonaurio, R., Almadi, L., Famiani, F., Moretti, C., Agosteo, G. E., & Schena, L. (2022). Olive leaf spot caused by *Venturia oleaginea*: An updated review. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1061136. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1061136>

Lantero, E., Matallanas, B., & Callejas, C. (2023). Current Status of the Main Olive Pests: Useful Integrated Pest Management Strategies and Genetic Tools. *Applied Sciences*, 13(21), 12078. <https://doi.org/10.3390/app132112078>

Civantos, M. & Caballero, J.M. (1993). Integrated pest management in olive in the Mediterranean area. *Bulletin of Entomological Research*, 83(3), 385–392. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.1993.tb01338.x>

Cardim Ferreira Lima, L. et al. (2020). Automatic Detection and Monitoring of Insect Pests—A Review. *Agriculture*, 10(5), 161. <https://doi.org/10.3390/agriculture10050161>

Molina-Rotger, C., Morán, J., & Miranda, D. R. (2023). Remote fruit fly detection using computer vision and machine learning on an ‘e-trap’ system. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1241576. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1241576>

Segarra, J., Buchailot, M. L., Araus, J. L., & Kefauver, S. C. (2020). Remote sensing for precision agriculture: Sentinel-2 improved features and applications. *Agronomy*, 10(5), 641. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050641>

Tsouros, D. C., Bibi, S., & Sarigiannidis, P. G. (2019). A review on UAV-based applications for precision agriculture. *Information*, 10(11), 349. <https://doi.org/10.3390/info10110349>

Soussi, A. et al. (2024). Smart Sensors and Smart Data for Precision Agriculture: A Review. *Sensors*, 24(8), 2647. <https://doi.org/10.3390/s24082647>

Balampekou, E.I., Koutsos, T.M., Menexes, G.C., Koveos, D.S. & Kouloussis, N.A. (2024). Pest Management Pathways: Control Strategies for the Olive Fruit Fly (*Bactrocera oleae*)—A Systematic Map. *Agronomy*, 14(12), 2929. <https://doi.org/10.3390/agronomy14122929>

de Castro, G.G.R., Berger, G.S., Cantieri, A., Teixeira, M., Lima, J., Pereira, A.I. and Pinto, M.F., 2023. *Adaptive Path Planning for Fusing Rapidly Exploring Random Trees and Deep Reinforcement Learning in an Agriculture Dynamic Environment UAVs*

Agriculture, 13(2), 354.

<https://doi.org/10.3390/agriculture13020354>

Miranda, M.Á., Barceló, C., Valdés, F., Feliu, J.F., Nestel, D., Papadopoulos, N., Sciarretta, A., Ruiz, M. and Alorda, B., 2019. *Developing and Implementation of Decision Support System (DSS) for the Control of Olive Fruit Fly, Bactrocera oleae, in Mediterranean Olive Orchards.* Agronomy, 9(10), 620.

<https://www.mdpi.com/2073-4395/9/10/620>

Ortiz, A., Porras, A., Marti, J., Tudela, A., Rodríguez-González, Á. and Sambado, P., 2021. *Mating Disruption of the Olive Moth Prays oleae (Bernard) in Olive Groves Using Aerosol Dispensers.* Insects, 12(12), p.1113.

<https://doi.org/10.3390/insects12121113>

Potamitis, I., Rigakis, I. and Fysarakis, K., 2014. *The Electronic McPhail Trap.* Sensors, 14(12), pp.22285–22299. <https://doi.org/10.3390/s141222285>

Hamzaoui, H., et al. (2025). *Assessment of Peacock Spot Disease (Fusicladium oleagineum) in Olive Orchards Through Agronomic Approaches and UAV-Based Multispectral Imaging.* Horticulturae, 11(1), 46.

<https://doi.org/10.3390/horticulturae11010046>

Navrozidis, I., Pantazi, X.E., Lagopodi, A., Bochtis, D., & Alexandridis, T.K. (2023). *Application of Machine Learning for Disease Detection Tasks in Olive Trees Using Hyperspectral Data.* Remote Sensing, 15(24), 5683.

<https://doi.org/10.3390/rs15245683>

Huaquipaco, E., et al. (2024). *Peacock Spot Detection in Olive Leaves Using Self-Supervised Learning.* IEEE Access.

https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/150690/1/Huaquipaco_etal_2024_IEEEAccess.pdf

Marques, P., Pádua, L., Sousa, J.J., & Fernandes-Silva, A. (2024). *Advancements in Remote Sensing Imagery Applications for Precision Management in Olive Growing: A Systematic Review*. *Remote Sensing*, 16(8), 1324. <https://doi.org/10.3390/rs16081324>

Fazari, A., et al. (2021). Application of deep convolutional neural networks for the detection of anthracnose in olives using VIS/NIR hyperspectral images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 187, 106252. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106252>

Moral, J., et al. (2009). Elucidation of the disease cycle of olive anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum*. *Phytopathology*, 99(5), 548–556. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-99-5-0548>

Moral, J., et al. (2021). Diversity of *Colletotrichum* Species Associated with Olive Anthracnose Worldwide. *Journal of Fungi*, 7(9), 741. <https://doi.org/10.3390/jof7090741>

Raouhi, E.M., Lachgar, M., Hrimech, H. & Kartit, A. (2024). Optimizing olive disease classification through transfer learning with unmanned aerial vehicle imagery. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 14(1), 891–903. <https://doi.org/10.11591/ijece.v14i1.pp891-903>

Farmonaut. (2023). *Managing Olive Knot Disease Caused by Pseudomonas savastanoi: Organic vs. Chemical Control*. [online]. <https://farmonaut.com/precision-farming/organic-vs-chemical-control-managing-olive-knot-disease-caused-by-pseudomonas-savastanoi-in-olive-trees>

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80.

<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>

Trapview Official Website <https://www.trapview.com>

Pessl Instruments – <https://www.metos.at>

Semios – <https://semios.com>

SmartOliveNet – ΕΛΓΟ Δήμητρα (2023). Πιλοτική εφαρμογή τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας στην ελιά.

Cropeye Project – <https://cropeye.com>

CropX Technologies – <https://www.cropx.com>

GAIA Sense Project – <https://www.neuropublic.gr/en/gaia-sense/>

Agricolus – <https://www.agricolus.com>

OliveTrace – Agroknow. <https://www.agroknow.com/olivetrace>

DataBio H2020 Project. <https://www.databio.eu>

Mantzoukas, S., Margaritis, A., Sourouni, T., Georgopoulou, V., Zarmakoupi, C., Papantzikos, V., Lagogiannis, I., Eliopoulos, P.A. & Patakioutas, G. (2024). Insecticidal action of local isolates of entomopathogenic fungi against *Bactrocera oleae* pupae.

Biology, 14(1), 5.
<https://doi.org/10.3390/biology14010005>

Stavrianakis, G., Sentas, E., Zafeirelli, S., Tscheulin, T., & Kizos, T. (2025). Utilizing olive fly ecology towards sustainable pest management. *Biology*, 14(2), 125.
<https://doi.org/10.3390/biology14020125>

Stockton, D. G., Aldebron, C., Gutierrez-Coarite, R. & Manoukis, N. C. (2023). Previously introduced braconid parasitoids target recent olive fruit fly (*Bactrocera oleae*) invaders in Hawai'i. *Scientific Reports*, 13, 22559.
<https://doi.org/10.1038/s41598-023-49999-x>

Mahzoum, A.M., Villa, M., Benhadi-Marín, J. & Pereira, J.A. (2020).

Functional response of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae on *Saissetia oleae* (Olivier) (Hemiptera: Coccidae): Implications for biological control.

Agronomy, 10(10), 1511. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101511>

Tena, A., Soto, A., Garcia-Marí, F. (2008). Parasitoid complex of black scale *Saissetia oleae* on citrus and olives: Parasitoid species composition and seasonal trend. *BioControl*, 53(3), 473-487. <https://doi.org/10.1007/s10526-007-9084-2>

Delrio, G., & Foxi, C. (2010). Current status of *Saissetia oleae* biological control in Sardinia (Italy). *IOBC/WPRS Bulletin*, 59, 171-176.

Ali, A. O., Awla, H. K., & Rashid, T. S. (2024). Investigating the in vivo biocontrol and growth-promoting efficacy of *Bacillus* sp. and *Pseudomonas fluorescens* against olive knot disease. *Microbial Pathogenesis*, 191, 106645. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2024.106645>

Košćak, L., Lamovšek, J., Lukić, M., Kovačević, T.K., Đermić, E., Goreta Ban, S., Major, N. & Godena, S. (2024). Varietal susceptibility of olive to *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi* and the antibacterial potential of plant-based agents. *Microorganisms*, 12(7), 1301. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12071301>

Bayman, S. & Kavak, H. (2025). Characterization and prevalence of different isolates of *Pseudomonas savastanoi* and pathogenicity properties on olive and oleander plants. *Diversity*, 17(9), 646. <https://doi.org/10.3390/d17090646>

Vergine, M., et al. (2024). Characterization of the olive endophytic community in relation to disease symptoms. *BMC Plant Biology*, 24, Article 198. DOI: 10.1186/s12870-024-04980-2 <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04980-2>

Calderón, R., Navas-Cortés, J.A., Lucena, C. & Zarco-Tejada, P.J. (2013).

High-resolution airborne hyperspectral and thermal imagery for early detection of *Verticillium* wilt of olive using fluorescence, temperature and narrow-band spectral indices.

Remote Sensing of Environment, 139, 231–245. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.07.031>

Blekos, K., Tsakas, A., Xouris, C., Evdokidis, I., Alexandropoulos, D., Alexakos, C., Katakis, S., Makedonas, A., Theoharatos, C. & Lalos, A. (2021). Analysis, modeling and multi-spectral sensing for the predictive management of *Verticillium* wilt in olive

groves. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 10(1), 15.
<https://doi.org/10.3390/jsan10010015>

Iatrou, M. et al. (2021). Remote sensing for the management of Verticillium wilt of olive.

Mdhaffar, A., Zalila, B., Moalla, R., Kharrat, A., Rebai, O., Hsairi, M.M., Sallemi, A., Kobbli, H., Kolsi, A., Chatti, D., Jmaiel, M. & Freisleben, B. (2022).

A smart trap for counting olive moths based on the Internet of Things and deep learning. In 2022 IEEE/ACS 19th International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA), pp. 1–8.
<https://doi.org/10.1109/AICCSA56895.2022.10017905>

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε

μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.