



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Διακύμανση των πληθυσμών
εδαφόβιων αρπακτικών εντόμων σε οργανικούς και
συμβατικούς οπωρώνες στα Λεχώνια Μαγνησίας»**

Μάριος Αϊβάζογλου

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Παπαδόπουλος Νικόλαος

ΒΟΛΟΣ, 2023

Τίτλος πτυχιακής εργασίας:

«Διακύμανση των πληθυσμών εδαφόβιων αρπακτικών εντόμων σε οργανικούς και συμβατικούς οπωρώνες στα Λεχώνια Μαγνησίας»

Τίτλος στην αγγλική γλώσσα: 'Population dynamics of insect predators in organic and convectional farms of Lechonia, Magnesia, Greece'

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Νικόλαος Παπαδόπουλος: Καθηγητής Εφαρμοσμένης Εντομολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Επιβλέπων

Χρήστος Αθανασίου: Καθηγητής Εντομολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Κωνσταντίνος Ζάρπας: Μέλος ΕΔΙΠ (Εντομολογία), Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Υπεύθυνη δήλωση

«Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος».

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου εργασίας κ. Νικόλαο Παπαδόπουλο, για τις πολύτιμες συμβουλές κατά την εκτέλεση του πειράματος καθώς και τις υποδείξεις-διορθώσεις του κατά την συγγραφή.

Επίσης, οφείλω να ευχαριστήσω τον γεωπόνο, υποψήφιο διδάκτορα κ. Βασίλειο Ροδοβίτη για την βοήθεια και τις συμβουλές και διορθώσεις του για την εκτέλεση του πειράματος, την ανάλυση των αποτελεσμάτων αλλά και την συγγραφή.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, για την διαρκή στήριξη και βοήθεια που μου προσέφεραν σε όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή	1
1.1	Βιοποικιλότητα	1
1.1.1	Αγροοικοσυστήματα και βιοποικιλότητα	1
1.1.2	Δείκτες Βιοποικιλότητας	3
1.1.2.1	Δείκτης βιοποικιλότητας Shannon-Wiener	3
1.1.2.2	Δείκτης βιοποικιλότητας Simpson	4
1.1.2.3	Δείκτης ισοδιανομής ή ισομέρειας Pielou (J) (evenness)	5
1.1.2.4	Αριθμοί ποικιλότητας του Hill	5
1.1.3	Παράγοντες που επηρεάζουν την βιοποικιλότητα	6
1.2	Βιοποικιλότητα αρθροπόδων	8
1.2.1	Βιοποικιλότητα αρθροπόδων σε αγρούς	8
1.2.2	Βιοποικιλότητα αρθροπόδων σε οργανικούς και συμβατικούς αγρούς	9
1.2.3	Αρθρόποδα ως δείκτες βιοποικιλότητας	10
1.2.4	Παράγοντες που επηρεάζουν την βιοποικιλότητα αρθροπόδων σε οργανικούς και συμβατικούς οπωρώνες	12
1.3	Έντομα ως αρπακτικά	14
1.3.1	Φυσικοί εχθροί εντόμων εχθρών των καλλιεργειών	14
1.3.1.1	Ο ρόλος των φυσικών εχθρών στην αντιμετώπιση των εχθρών των καλλιεργειών	14
1.3.1.2	Οικογένειες που αναφέρονται ως φυσικοί εχθροί εντόμων εχθρών των καλλιεργειών	17
1.3.2	Αρπακτικά εδαφόβια έντομα- Οικογένειες εδαφόβιων	20
1.3.3	Παράγοντες που επηρεάζουν την εμφάνιση και την ανάπτυξη των πληθυσμών των αρπακτικών	21
1.3.4	Ο ρόλος των ξενιστών στην βιολογία των εδαφόβιων αρπάκτικων	22
1.3.5	Ο ρόλος της υγρασίας και της θερμοκρασίας στην βιολογία και στην αφθονία των πληθυσμών των αρπακτικών	23
1.3.6	Η σημαντικότητα καταγραφής των πληθυσμών των αρπακτικών σε συστηματική κλίμακα και ο ρόλος τους στην διαχείριση των εχθρών	25
1.4	Σκοπός	26
2.	Υλικά και μέθοδοι	26
2.1	Περιοχή έρευνας και ανάρτηση παγίδων	26
2.2	Τοποθέτηση παγίδων	32
2.3	Παρασκευή διαλύματος	34
2.4	Συλλογή και προετοιμασία δειγμάτων για αναγνώριση	34
2.5	Διαδικασία αναγνώρισης	36
2.6	Στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων	45

3. Αποτελέσματα	46
3.1 Επίδραση της εποχής, του ξενιστή και του τύπου του αγρού στις συλλήψεις των εδαφόβιων αρπακτικών	46
3.2 Δείκτες βιοποικιλότητας	55
3.2.1 Simpson (D)	55
3.2.2 Shannon (H)	56
3.2.3 Δείκτης ισοδιανομής ή ισομέρειας Pielou (evenness)	57
3.2.4 Δείκτης ισοδιανομής F2/1: Αριθμοί Hill	58
3.3 Αναγνώριση εντόμων	59
3.3.1 Αναγνώριση οικογενειών	59
3.3.2 Αναγνώριση γένους-είδους	64
4. Συμπεράσματα-Συζήτηση	69
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	73

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα έτη 2021-2022 μελετήθηκε η διακύμανση των πληθυσμών εδαφόβιων άρπ εντόμων σε τρεις μικτούς οπωρώνες στα Κάτω Λεχώνια, Μαγνησίας στους οποίους καλλιεργούνταν πλήθος διαφορετικών ξενιστών (αχλαδιά, βερικοκιά, δαμασκηλιά, κυδωνιά, μανταρινιά, νεκταρινιά, νεραντζιά, πορτοκαλιά, ροδακινιά). Η παρακολούθηση των πληθυσμών των εδαφόβιων αρπακτικών πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια 15 παγίδων εδάφους τύπου Pitfall που τοποθετήθηκαν σε δύο οργανικούς οπωρώνες και έναν συμβατικό. Οι παγίδες τοποθετήθηκαν μία φορά κάθε εποχή για το έτος 2022 (4 δειγματοληψίες) και μία φορά την άνοιξη του 2021 για διάστημα 5 ημέρων. Τα συλλεχθέντα έντομα προσδιορίζονταν ταξινομικά σε επίπεδο οικογένειας με διχοτομικές κλείδες. Επιπλέον, έγινε αναγνώριση έως το επίπεδο του γένους και του είδους για ορισμένα taxa. Τέλος, υπολογίστηκαν οι δείκτες βιοποικιλότητας Simpson, Shannon και ισοδιανομής Pielou, F2/1: αριθμοί Hill. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με την πολυμεταβλητή ανάλυση διακύμανσης (MANOVA). Η ανάλυση έγινε δύο φορές, μία με όλες τις οικογένειες και μία χωρίς την οικογένεια Formicidae, καθώς οι αυξημένες συλλήψεις της οικογένειας αυτής σε σχέση με τις υπόλοιπες πιθανώς οδηγούσαν σε διαφορετικά συμπεράσματα.

Η μελέτη της επίδρασης της εποχής, του ξενιστή και του τύπου του αγρού έδειξε ότι αυξημένες συλλήψεις εδαφόβιων αρπακτικών σημειώθηκαν στους οργανικούς σε σχέση με τον συμβατικό οπωρώνα καθ' όλη την περίοδο της μελέτης. Το φυτό-ξενιστής με την μεγαλύτερη επίδραση στις συλλήψεις ήταν η ροδακινιά όταν τα Formicidae συμπεριλαμβάνονταν στην ανάλυση, ενώ όταν τα Formicidae εξαιρούνταν το φυτό ξενιστής δεν ήταν σημαντικός παράγοντας. Οι συλλήψεις ήταν υψηλότερες την άνοιξη του 2022 ενώ τον χειμώνα του 2022 σημειώθηκαν οι λιγότερες καταγραφές. Κυρίαρχη οικογένεια στα δείγματα ήταν η Formicidae. Όταν τα Formicidae εξαιρούνταν από την ανάλυση κυρίαρχες ήταν οι οικογένειες Carabidae (Coleoptera), και Tenebrionidae (Coleoptera) και η τάξη Araneae, κυρίως στους οργανικούς διαχείρισης αγρούς. Επίσης, οι οργανικοί οπωρώνες εμφάνισαν μεγαλύτερες τιμές δεικτών βιοποικιλότητας συγκριτικά με τον συμβατικό ενώ οι δείκτες ισοδιανομής παρουσιάστηκαν αυξημένοι στον συμβατικό οπωρώνα. Συνολικά,

συλλέχθηκαν εδαφόβιοι οργανισμοί από δύο (2) διαφορετικές κλάσεις (Arachnida, Insecta), πέντε (5) διαφορετικές τάξεις (Araneae, Coleoptera, Dermaptera, Hemiptera, Hymenoptera) και δεκαεπτά (17) διαφορετικές οικογένειες. Ταυτοποιήθηκαν συνολικά δώδεκα (12) διαφορετικά γένη εντόμων.

Οι συλλήψεις των εδαφόβιων αρπακτικών φαίνεται ότι συνδέεται στενά με τον τρόπο διαχείρισης του αγρού, την εποχή και τον ξενιστή. Επίσης, η ταυτοποίηση των δειγμάτων συμβάλλει στην καταγραφή της βιοποικιλότητας της συγκεκριμένης περιοχής αλλά και στην κατανόηση της βιολογίας των φυτών ξενιστών και των αρπακτικών των εχθρών των καλλιεργειών.

SUMMARY

During the years 2021-2022, the fluctuations of populations of soil-dwelling predatory insects in three mixed orchards in Kato Lechonia, Magnesia, Greece was recorded and analyzed. These orchards cultivated a variety of different host plants (pear, apricot, plum, quince, mandarin, nectarine, bitter orange, orange and peach). Monitoring of soil-dwelling predator populations was carried out using 15 Pitfall-type ground traps placed in two organic orchards and one conventional. The traps were set up once per season in 2022 (four sampling periods) and once in the spring of 2021 for a 5-day period. Insects collected were identified at the family level using dichotomous keys, with some taxa identified to the genus and species levels. Additionally, commonly used biodiversity indices such as Simpson's, Shannon's, and Pielou's evenness indices, as well as Hill's numbers ($F2/1$), were calculated. Statistical analysis of the data was performed using Multivariate Analysis of Variance (MANOVA), with one analysis including all families and another excluding the Formicidae family due to its potentially distorting effect on the results.

The study of the effects of season, host plant, and orchard management type revealed that increased captures of soil-dwelling predators were observed in organic orchards compared to the conventional orchard throughout the study period. The host plant with the most significant impact on captures was peach when Formicidae were included in the analysis, whereas it was not a significant factor when Formicidae were excluded. Higher captures were observed in the spring of 2022, while the lowest captures were recorded in the winter of 2022. The dominant family in the samples was Formicidae. However, when Formicidae were excluded from the analysis, the dominant families were Carabidae (Coleoptera), Tenebrionidae (Coleoptera), and the order Araneae, primarily in organic orchards. Additionally, organic orchards exhibited higher biodiversity index values compared to the conventional orchard, while evenness indices were higher in the conventional orchard. In total, soil-dwelling organisms from two (2) different classes (Arachnida, Insecta), five (5) different orders (Araneae, Coleoptera, Dermaptera, Hemiptera, Hymenoptera), and

seventeen (17) different families were collected. A total of twelve (12) different insect genus were identified.

The captures of soil-dwelling predators appear to be closely related to orchard management practices, season, and host plants. Furthermore, the identification of collected specimens contributes to the documentation of the biodiversity in the specific area and aids in understanding the biology of the host plants and the predators of crop enemies.

1. Εισαγωγή

1.1 Βιοποικιλότητα

Ο όρος βιοποικιλότητα σχετίζεται με τον πλούτο των ειδών, δηλαδή τον αριθμό των ειδών σε ένα συγκεκριμένο ενδιαίτημα. Η έννοια της βιοποικιλότητας χρησιμοποιείται επίσης με σκοπό την γενικότερη απόδοση του πληθυσμού όπως ανά τύπο κοινοτήτων, υποείδη και υποπληθυσμούς. Πέρα από την αφθονία των ειδών (πλούτο) μπορεί να αναφέρεται και στην ισομέρεια, δηλαδή την κατανομή των ατόμων του ενδιαίτηματος σε διάφορα είδη (Begon et al., 2014). Η βιοποικιλότητα μπορεί να οριστεί επίσης και ως η έκφραση της ποικιλίας των μορφών ζωής σε όλα τα επίπεδα οργάνωσης των οργανικών μορίων, γονιδίων, σε επίπεδο είδους, βιοκοινοτήτων, τοπίων και μεγαδιαπλάσεων, με κύριο επίπεδο αυτό των ειδών (Βώκου, 2009).

Η βιοποικιλότητα εκφράζει την παραλλακτικότητα που παρατηρείται σε κάθε είδος φυτού και ζώου σε ένα συγκεκριμένο βιότοπο (Μπαμνάρας, 2007). Η παραλλακτικότητα αυτή, σχετίζεται με αλλαγές στην γενετική σύσταση καθώς και στην επίδραση του περιβάλλοντος (Μπαμνάρας, 2007). Ο πλούτος της βιοποικιλότητας συμβάλλει στην διατήρηση της ισορροπίας, της σταθερότητας και της ομαλής λειτουργίας του οικοσυστήματος, παράλληλα δημιουργεί απρόσκοπτες εισροές βιομάζας και ενέργειας, καθώς ευνοεί την ανακύκλωση θρεπτικών στοιχείων μεταξύ των βιολογικών μηχανισμών των διαφορετικών οργανισμών (Μπαμνάρας, 2007). Η παρακολούθηση και καταγραφή της βιοποικιλότητας είναι ζωτικής σημασίας για την βιωσιμότητα ενός οικοσυστήματος. Οι περιοχές με έντονη, υψηλή βιοποικιλότητα ειδών ονομάζονται περιοχές “θύλακες” (hot spots) ή αλλιώς κέντρα βιοποικιλότητας και προφανώς αποτελούν θύλακες προστασίας ειδών (Βώκου, 2009).

1.1.1 Αγροοικοσυστήματα και βιοποικιλότητα

Αγροοικοσυστήματα ονομάζονται τα φυσικά οικοσυστήματα που έχουν τροποποιηθεί από τον άνθρωπο για την παραγωγή αγροτικών προϊόντων. Τα οικοσυστήματα αυτά αποτελούνται από μια ή περισσότερες καλλιέργειες αλλά και συστήματα που συνδυάζουν την κτηνοτροφία με τον δασικό χώρο και την

γεωργία, ενώ τα όρια τους είναι ασαφή (Μπασιάκου, 2015). Παράλληλα, χαρακτηρίζονται από έντονη πολυπλοκότητα και δυναμικότητα λόγω της αλληλεπίδρασης παραγόντων που σχετίζονται με την εμπορική εκμετάλλευση και με φυσικές και βιολογικές διαδικασίες (Conway, 1987).

Τα αγροοικοσυστήματα διατηρούν μεγάλο μέρος της χλωρίδας και της πανίδας, διαδραματίζοντας καθοριστικό ρόλο στην διατήρηση της βιοποικιλότητας, όμως οι σύγχρονες πρακτικές έχουν περιορίσει αυτόν τον πλούτο. Πιο συγκεκριμένα, η ανθρώπινη παρέμβαση μεταλλάσσει το οικοσύστημα από φυσικό σε εμπορικά εκμεταλλεύσιμο. Η συχνή και μακροχρόνια εμπορική εκμετάλλευση συγκεκριμένων ειδών φυτών, οδηγεί στην εξάπλωση αυτών, των ξενιστών τους και των αρπάγων τους εις βάρος των υπολοίπων. Ωστόσο, λοιπές εμπορικές ή μη εκμεταλλεύσεις όπως αρδευτικά κανάλια, φράγματα και τεχνητές λίμνες που γειτνιάζουν με το αγροτικό οικοσύστημα δημιουργούν θύλακες βιοποικιλότητας που εκλείπουν από το φυσικό τοπίο και διατηρούν μερικώς την ορθή λειτουργία του περιβάλλοντος (Sahoo et al., 2022).

Η ύπαρξη υψηλής βιοποικιλότητας σε ένα οικοσύστημα συμβάλλει στη ρύθμιση της εσωτερικής λειτουργίας του (δομή και σταθερότητα). Τα υψηλά επίπεδα είναι ικανά στη διαχείριση της μεταβολής κάποιου βιοτικού ή αβιοτικού παράγοντα και την επαναφορά του στα επιθυμητά επίπεδα (Altieri, 1999; Βώκου, 2009).

Ο ρόλος της βιοποικιλότητας στα αγροτικά οικοσυστήματα συνδέεται με την απόδοση και ποσότητα της βιομάζας των καλλιεργειών, την αποδόμηση και αποσύνθεση θρεπτικών συστατικών προκειμένου να διατεθούν στα φυτά, την διαμόρφωση του μικροκλίματος και τις τοπικές υδρολογικές διεργασίες. Ακόμη, οι ωφέλιμοι οργανισμοί, που τα επίπεδα του πληθυσμού τους συνδέονται άρρηκτα με τα επίπεδα βιοποικιλότητας στο ενδιαίτημα, είναι ικανοί να αντιμετωπίζουν ανεπιθύμητους οργανισμούς και συμβάλλουν στην αποτοξίνωση του εδάφους από την συσσώρευση ανεπιθύμητων χημικών συστατικών. Έτσι, εξασφαλίζεται η γονιμότητα του εδάφους, η εξοικονόμηση νερού και η προστασία των καλλιεργειών (Altieri, 1999; Pimbert, 1999).

1.1.2 Δείκτες Βιοποικιλότητας

Οι δείκτες βιοποικιλότητας είναι μαθηματικές εκτιμήσεις που συνδυάζουν τόσο τον πλούτο των ειδών όσο και την ομοιομορφία κατανομής των ατόμων μεταξύ των ειδών και εστιάζουν σε διαφορετικά χαρακτηριστικά του οικοσυστήματος όπως η κυριαρχία ή η σπανιότητα (Βώκου, 2009; Καρανδεινός, 2007). Οι δείκτες βιοποικιλότητας χρησιμοποιούνται για εκτίμηση της ποικιλότητας των ειδών μιας βιοκοινότητας. Οι τιμές των δεικτών βιοποικιλότητας μεγιστοποιούνται στην κατάσταση ισοδιανομής, όταν δηλαδή τα είδη αντιπροσωπεύονται εξίσου ενώ η απόκλιση από την κατάσταση αυτή εκφράζεται ως το πηλίκο της τιμής του δείκτη ως προς την μέγιστή του τιμή (Βώκου, 2009). Γενικά, οι τιμές των δεικτών αυξάνουν όσο πιο ισοκατανεμημένα είναι τα είδη του οικοσυστήματος ενώ για δεδομένο μέγεθος του δείγματος είναι και ανάλογες του πλούτου, επομένως αυξάνονται με την αύξηση της βιοποικιλότητας (Βώκου, 2009).

1.1.2.1 Δείκτης βιοποικιλότητας Shannon-Wiener

Ο δείκτης Shannon (H') εκφράζει την εντροπία, δηλαδή τον βαθμό της αβεβαιότητας ενός ατόμου, τυχαία επιλεγμένου, να ανήκει σε ένα συγκεκριμένο είδος. Εξαρτάται από τον πλούτο των ειδών και αυξάνει αναλογικά με αυτόν (Καρανδεινός, 2007). Λαμβάνει τιμές από 0, όταν στο οικοσύστημα βρίσκεται ένα μοναδικό είδος, οι τιμές του φτάνουν συνήθως το 3,5 έως 4,5, όταν συναντάται πληθώρα διαφορετικών ειδών, ενώ μέγιστη τιμή εμφανίζεται στην κατάσταση ισοδιανομής (Καρανδεινός, 2007). Ο δείκτης Shannon-Wiener χρησιμοποιείται ευρέως καθώς τα είδη συμμετέχουν ισομερώς στον υπολογισμό του, δηλαδή εκφράζει και τα πιο σπάνια είδη εξίσου (Καρανδεινός, 2007). Το κυρίαρχο είδος συνεισφέρει περίπου 2,5 φορές περισσότερο σε σχέση με το πιο σπάνιο είδος (Βώκου, 2009).

Ο πλούτος των ειδών (S), δηλαδή ο αριθμός των διαφορετικών ειδών του δείγματος και ο πιο απλός δείκτης βιοποικιλότητας για την απλή σύγκριση του μεγέθους δύο οικοσυστημάτων, αποτελεί και μέρος των μαθηματικών εξισώσεων των περισσότερων δεικτών βιοποικιλότητας (Καρανδεινός, 2007).

Για τον υπολογισμό του δείκτη χρησιμοποιείται ο τύπος:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (n_i/N) \ln (n_i/N) \quad \text{ή}$$

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

όπου:

p_i = η σχετική αφθονία του i-οστού είδους στη βιοκοινότητα

S = ο πλούτος ειδών

Εκφράζει την πιθανότητα (p_i) ενός τυχαία επιλεγμένου ατόμου από ένα S να ανήκει στο είδος i και συνήθως εκφράζεται από τον τύπο:

$$p_i = n/N$$

n: αριθμός ατόμων του είδους i

N: συνολικός αριθμός ατόμων

1.1.2.2 Δείκτης βιοποικιλότητας Simpson

Ο δείκτης Simpson συμβολίζεται με το λ και εκφράζει την κυριαρχία ενός είδους, μετρώντας το αντίθετο της ποικιλότητας. Εκφράζει την πιθανότητα δύο τυχαία επιλεγμένων ατόμων που θα ληφθούν από την βιοκοινότητα να ανήκουν στο ίδιο είδος και όχι αναγκαστικά το κυρίαρχο. Όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης τόσο μικρότερη είναι η αφθονία των ειδών εντός της βιοκοινότητας αλλά και η ισοδιανομή της (ισομέρεια) (Καρανδρινός, 2007).

Ο δείκτης δύναται να μετατραπεί από δείκτη έκφρασης κυριαρχίας, σε δείκτη έκφρασης ποικιλότητας και δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$D = 1 - \lambda \text{ ή } D = 1 - \sum p_i^2 \text{ ή } D = 1 - \sum \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$$

όπου: n_i = ο αριθμός των ατόμων του είδους i στο δείγμα,

N = ο συνολικός αριθμός των ατόμων στο δείγμα,

S = ο αριθμός των ειδών στο δείγμα

Ο δείκτης λ λαμβάνει τιμές από το 0 έως το 1.

Το D εκφράζει την πιθανότητα δύο τυχαία επιλεγμένων ατόμων μετά από επανατοποθέτηση να ανήκουν σε διαφορετικά είδη (Καρανδρινός, 2007). Ο δείκτης Simpson, σε αντίθεση με τον Shannon, δίνει βαρύτητα στην συμμετοχή των συχνά παρατηρούμενων ειδών ενώ είναι λιγότερο ευαίσθητος στο πλούτο των ειδών, καθώς ενσωματώνει τη διακύμανση της κατανομής της

αφθονίας των ειδών (Magurran, 2004). Το κυρίαρχο είδος συνεισφέρει στην τιμή του δείκτη 64 φορές περισσότερο από το σπανιότερο (Βώκου, 2009).

1.1.2.3 Δείκτης ισοδιανομής ή ισομέρειας Pielou (J) (evenness)

Οι δείκτες ισοδιανομής Pielou (J) (ή δείκτης ισομερούς κατανομής) εκφράζει την ομοιομορφία στην κατανομή των πληθυσμών των διαφόρων ειδών σε μία συγκεκριμένη βιοκοινότητα και την απόκλιση από την ισοδιανομή. Η ισοδιανομή συνδέεται με τις αλληλεπιδράσεις των ειδών και τις σχέσεις που εμφανίζουν, όπως αυτές του ανταγωνισμού, της θήρευσης και της συμβίωσης (Καρανδρινός, 2007). Ορίζεται ως το πηλίκο του δείκτη Shannon (της ποικιλότητας μιας βιοκοινότητας) προς το $\ln$ του πλούτου των ειδών του δείγματος (S), δηλαδή του μέγιστου δείκτη Shannon και υπολογίζεται από τον τύπο (Καρανδρινός, 2007):

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}} = \frac{H'}{\ln S}$$

όπου: S = ο πλούτος ειδών του δείγματος

H' = ο δείκτης του Shannon

1.1.2.4 Αριθμοί ποικιλότητας του Hill

Το μοντέλο των «αριθμών ποικιλότητας του Hill» θεωρείται ενοποιητικό μοντέλο για όλους τους δείκτες ποικιλότητας καθώς μετατρέπει τον ενεργό αριθμό των ειδών σε μονάδες. Έτσι, οι δείκτες κατατάσσονται με βάση τη βαρύτητα που δίνουν στα σπάνια είδη (Jost, 2006a).

Ως ενεργός αριθμός ειδών ορίζεται ο αριθμός των εξίσου άφθονων ειδών που δίνουν ποικιλότητα ίση με τη τιμή του δείκτη που θέλουμε να μετατρέψουμε σε μονάδες ενεργού αριθμού ειδών.

Αριθμοί ποικιλότητα του Hill, N_α :

$$N_\alpha = \begin{cases} \sum_{i=1}^S (p_i)^{\frac{1}{1-\alpha}} & \text{for } \alpha \neq 1 \\ \exp(-\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i) & \text{for } \alpha = 1 \end{cases}$$

όπου: p_i = η αναλογική αφθονία του είδους i στο δείγμα

- όταν $a = 0$ το N_a ταυτίζεται με τον αριθμό ειδών (S) στο δείγμα
- όταν $a = 1$ το N_a ταυτίζεται με την εκθετική συνάρτηση του δείκτη Shannon (H')
- όταν $a = 2$ το N_a ταυτίζεται με τον αντίστροφο του δείκτη του Simpson (λ)

Έτσι, με την αύξηση του a δίνεται έμφαση περισσότερο στα άφθονα είδη, ενώ η μείωση εκφράζει αντίστοιχα τα πολύ σπάνια είδη.

Ο δείκτης N_a παίρνει τιμές από 0 (απόλυτη κυριαρχία) έως 1 (απόλυτη ισοδιανομή). Από τον μετασχηματισμό του λόγου ποικιλότητας μπορεί να προκύψει ο δείκτης ισοδιανομής $F2/1$, με την χρήση των δεικτών ποικιλότητας. Η σχέση του παραπάνω δείκτη δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$F2/1 = N2 \text{ (όταν } a=2) / N1 \text{ (όταν } a=1) \text{ (Hill, 1973)}$$

Ο $F2/1$ προτιμάται έναντι του κλασικού δείκτη ισοδιανομής του Pielou J , καθώς είναι ανεξάρτητος του πλούτου των ειδών και του μεγέθους του δείγματος (Hill, 1973; Alatalo, 1981; Tuomisto, 2012). Τέλος, το βασικότερο μειονέκτημα των προαναφερθέντων δεικτών είναι η άμεση εξάρτησή τους από τους δείκτες Shannon και Simpson, γεγονός που προκαλεί την εμφάνιση ρίσκου κατά τον υπολογισμό τους (Καρανδρινός, 2007).

1.1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την βιοποικιλότητα

Η βιοποικιλότητα ενός δεδομένου οικοσυστήματος αποτελεί ένα δυναμικό χαρακτηριστικό αυτού και μεταβάλλεται άμεσα και έμμεσα συναρτήσει πληθώρας βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων. Ο προσδιορισμός της βιοποικιλότητας αποτελεί μια διαδικασία εξαιρετικά δύσκολη λόγω της έντονης εξάρτησής της από αυτούς. Η μεταβολή των χαρακτηριστικών των οικοσυστημάτων σε βάθος χρόνου σε συνάρτηση με τις εδαφοκλιματικές αλλαγές οδηγούν σε έμμεση και βαθμιαία αυξομείωση της δεδομένη βιοποικιλότητας. Οι ανθρώπινες παρεμβάσεις και οι φυσικές καταστροφές οδηγούν αντίστοιχα σε άμεσες μεταβολές της βιοποικιλότητας.

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την βιοποικιλότητα σε ένα δεδομένο οικοσύστημα είναι δύο κατηγοριών βιοτικών και αβιοτικών.

Από την πλευρά των βιοτικών παραγόντων, ο άνθρωπος φαίνεται να διαδραματίζει βασικό ρόλο αφού ευθύνεται για την υπερεκμετάλλευση του φυσικού περιβάλλοντος, καθώς ο διαρκής αγώνας για την εξασφάλιση περισσότερων υλικών πόρων οδηγεί στην αξιοποίηση του περιβάλλοντος πέρα των ορίων ξεπερνώντας την ανανεωτική του ικανότητα, δηλαδή ο ρυθμός παρέμβασης είναι μεγαλύτερος από τον φυσιολογικό ρυθμό θνησιμότητας και αναπαραγωγής των πληθυσμών της χλωρίδας και της πανίδας του τόπου εκμετάλλευσης.

Η θήρευση, η αστική και βιομηχανική εξάπλωση, η χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων, οι πυρκαγιές, η υπερβόσκηση, η αλόγιστη χρήση νερού καθώς και η χρήση βαρέων μηχανημάτων είναι μερικές από τις δραστηριότητες που υποβαθμίζουν και κατακερματίζουν τους οικοτόπους και προκαλούν την μείωση της βιοποικιλότητας (Begon et al., 2014).

Ακόμη, η εισαγωγή νέων ειδών είτε με φυσικούς τρόπους είτε μετά από ανθρώπινη παρέμβαση σε ένα ενδιαίτημα προκαλεί μειώσεις των ιθαγενών πληθυσμών και διαταραχή των βιοκοινοτήτων ειδικά αν αποτελούν και θηρευτές αυτών (Begon et al., 2014). Πιο συγκεκριμένα, τα εισβάλλοντα είδη επηρεάζουν τα ιθαγενή είδη μιας περιοχής δρώντας ως ανταγωνιστές, θηρευτές, παθογόνα, παράσιτα ή φορείς ξένου γενετικού υλικού μέσω υβριδισμού καθώς τα αυτόχθονα είδη δεν έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα από την διαδικασία της αλληλεπίδρασης με αυτά. Μια από τις σημαντικότερες επιδράσεις είναι η αρπακτικότητα που αναπτύσσουν τα εισβάλλοντα είδη έναντι των αυτόχθονων πληθυσμών, η οποία πυροδοτείται από την κλιματική αλλαγή καθώς τροποποιεί την δράση τόσο των ιθαγενών όσο και των εισβαλλόντων ειδών ενώ είναι υπεύθυνη στην γεωγραφική εξάπλωση των ειδών προκειμένου να βρουν τις κατάλληλες συνθήκες ανάπτυξης (Hellman et al., 2008; Sodhi et Ehrlich, 2010).

Παράλληλα, από αβιοτικής πλευράς η κλιματική αλλαγή ευθύνεται για την αποξήρανση του εδάφους, την άνοδο της θερμοκρασίας και την έλλειψη βροχοπτώσεων συντελώντας με αυτό τον τρόπο στην αλλαγή της δυναμικότητας και της αντοχής των πληθυσμών και τον περιορισμό των καταφυγίων των εκάστοτε ειδών (Begon et al., 2014). Η βιοποικιλότητα

επηρεάζεται, επίσης, αντιστρόφως ανάλογα με την αύξηση του γεωγραφικού πλάτους ενώ για δεδομένο γεωγραφικό πλάτος μειώνεται και με την αύξηση του υψομέτρου. Ωστόσο, δεν αποτελεί κανόνα ότι περιοχές με ίδιο γεωγραφικό πλάτος και υψόμετρο εμφανίζουν την ίδια αφθονία ειδών (Βώκου, 2009). Τέλος, η εξάπλωση μιας μολυσματικής ασθένειας μπορεί να οδηγήσει στην συρρίκνωση ενός πληθυσμού και επομένως σχετίζεται άμεσα με την αυξομείωση συγκεκριμένων ειδών και κατ' επέκταση της βιοποικιλότητας (Begon et al., 2014).

1.2 Βιοποικιλότητα αρθροπόδων

1.2.1 Βιοποικιλότητα αρθροπόδων σε αγρούς

Τα αρθρόποδα αποτελούν συνομοταξία (Φύλο) κάτω από το Βασίλειο των ζώων και ανήκουν στα Ασπόνδυλα (μη δόκιμη ταξινομική κατηγορία πάνω από τα Φύλα). Έχουν καταγραφεί και ταξινομηθεί περίπου 1 εκατομμύριο είδη εντόμων ενώ υπολογίζεται ότι τα εδαφόβια είδη αρθροπόδων αριθμούν περίπου τα 7 εκατομμύρια και τα έντομα τα 5,5. Το μεγαλύτερο μέρος των αρθροπόδων επιβιώνουν σε όλους τους τύπους οικοσυστημάτων πέρα των πολικών περιοχών (Stork, 2018).

Το έδαφος αποτελεί το οικοσύστημα με την μεγαλύτερη αφθονία ζώντων οργανισμών που συνυπάρχουν και αλληλοεπιδρούν, συνεισφέροντας στην διατήρηση της ζωής στον πλανήτη (Wolters, 2006). Εκτιμάται ότι η πανίδα του εδάφους αντιπροσωπεύει το 1/3 του συνολικού αριθμού των αρθροπόδων. Τα αρθρόποδα συμβάλλουν καθοριστικά στην επικοινωνία των φυτών και αποτελούν τροφή για άλλους οργανισμούς. Μερικά από αυτά είναι οι νηματώδεις, τα μυρμήγκια, τα σκαθάρια, οι τερμίτες, τα ακάρεα κ.ά.

Τα αρθρόποδα θεωρούνται «μετασχηματιστές» των υπολειμμάτων του εδάφους. Η ύγρανση και ο θρυμματισμός των υπολειμμάτων δημιουργεί ένα ιδανικό περιβάλλον για την περαιτέρω αποσύνθεσή τους και ανοργανοποίησή τους, αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο την ανακύκλωση των θρεπτικών και της οργανικής ουσίας του εδάφους. Παράλληλα, συμβάλλουν στον αερισμό του εδάφους και στην συγκράτηση νερού μέσω των διόδων που ανοίγουν για την

μετακίνηση τους εντός του εδάφους, βελτιώνοντας έτσι την δομή του (Bagyaraj et al., 2016).

1.2.2 Βιοποικιλότητα αρθροπόδων σε οργανικούς και συμβατικούς αγρούς

Στην διαχείριση των αγρών πρωταρχική είναι η σημασία που δίνουν οι παραγωγοί προκειμένου να αυξήσουν την παραγωγή τους και να μεγιστοποιήσουν τα έσοδά τους. Οι δραστηριότητες αυτές έχουν αρνητικό αντίκτυπο στην παραγωγικότητα του εδάφους αλλά και στην πανίδα των ενδιαιτημάτων, μεταβάλλοντας την αφθονία των ειδών (Bagyaraj et al., 2016). Η παρακολούθηση του πλούτου των ειδών όσο και της περιεκτικότητας του χωραφιού σε οργανική ουσία είναι σημαντική καθώς αποτελεί εργαλείο μελέτης του βαθμού υποβάθμισης του εδάφους από τις ανθρώπινες δραστηριότητες (Walmsley and Cerdà, 2017).

Οι δύο κύριοι τύποι διαχείρισης που εφαρμόζονται στους αγρούς είναι ο οργανικός ή βιολογικός και ο συμβατικός. Ο οργανικός ή βιολογικός τύπος διαχείρισης, περιλαμβάνει πρακτικές που στοχεύουν στην μη επιβάρυνση του περιβάλλοντος με χρήση χημικών μέσων για την φυτοπροστασία και την θρέψη των καλλιεργειών. Τέτοιες πρακτικές είναι ο βιολογικός περιορισμός των εχθρών των καλλιεργειών, η αμειψισπορά και ο μηχανικός έλεγχος των ζιζανίων. Η επίδραση που ασκείται με αυτόν τον τρόπο σε οργανισμούς μη στόχους είναι περιορισμένη ενώ δεν επηρεάζεται δυσμενώς και η ανάπτυξη των καλλιεργειών (Hole et al., 2005). Παράλληλα, η διατήρηση της χλωρίδας στους αγρούς συμβάλει στην παροχή νέκταρος, γύρης και καταφυγίου στα ωφέλιμα αρθρόποδα δηλαδή τροφή και ασφάλεια για την ενίσχυση του σημαντικού τους ρόλου (Bostanian et al., 2004). Από την άλλη πλευρά, ο συμβατικός τύπος αποβλέπει στην χρήση χημικών σκευασμάτων τόσο για τον ανεφοδιασμό του εδάφους με θρεπτικά συστατικά όσο και για την αντιμετώπιση εχθρών των καλλιεργειών. Η εμπορική επιτυχία αποτελεί προτεραιότητα, αδιαφορώντας για τις αυξημένες χημικές εισροές στο περιβάλλον και τις δυσμενείς επιδράσεις που προκαλούν στην άσκηση των φυσικών διεργασιών του και την ομαλή λειτουργία του. Άμεση είναι, λοιπόν, η σύνδεση των απωλειών της βιοποικιλότητας με την χρήση φυτοπροστατευτικών ουσιών (Simon et al., 2010). Ωστόσο, η διατήρηση ακατέργαστων περιοχών γύρω από τους συμβατικής διαχείρισης αγρούς μπορούν να περιορίσουν τις απώλειες

καθώς αποτελούν κέντρα συγκέντρωσης-δεξαμενές ανεφοδιασμού (ρεζερβουάρ) φυσικών εχθρών και άλλων οργανισμών, λόγω της έμφυτης ανάγκης των ζώντων οργανισμών για επιβίωση (Thorbek and Bilde, 2004; Miliczky and Horton, 2005). Όπως αναφέρθηκε, στόχος της βιολογικής διαχείρισης είναι η αποκατάσταση της οικολογικής ισορροπίας, η διατήρηση της γενετικής ποικιλομορφίας καθώς και ο περιορισμός των πληθυσμών των επιζήμιων εντόμων και παθογόνων σε επίπεδα τέτοια ώστε να μην δημιουργούν προβλήματα οικονομικής σημασίας στους παραγωγούς με τις προσβολές τους (Κομνηνός, 2011; Αναγνωστόπουλος, 2017). Ακόμη, τα προϊόντα που παράγονται με αυτές τις μεθόδους χαρακτηρίζονται από υψηλότερη διατροφική και εμπορική αξία, όμως, απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις και ενέργεια για την ενσωμάτωση και προσθήκη θρεπτικών στο έδαφος, με απώτερο στόχο την μέγιστη παραγωγή (Αναγνωστόπουλος, 2017).

Από την άλλη πλευρά, η συμβατική διαχείριση είναι υπεύθυνη για την πρόκληση οικολογικών και περιβαλλοντικών αλλαγών στα πλαίσια του ενδιαίτηματος υποβαθμίζοντας την γονιμότητα των εδαφών, συντελώντας στην διάβρωση τους. Ακόμη, προωθεί την μείωση της βιοποικιλότητας, την αλλαγή της σύνθεσης της πανίδας και της χλωρίδας των ενδιαιτημάτων ενώ η συνεχής χρήση χημικών προϊόντων δημιουργεί ανθεκτικότητες σε οργανισμούς στόχους ή μη, καθιστώντας δύσκολη την αντιμετώπισή τους. Έτσι, ο βιολογικός τρόπος αποτελεί τον πιο βιώσιμο και ενδεδειγμένο τρόπο διαχείρισης του αγρού με ιδιαίτερο σεβασμό στο περιβάλλον (Αναγνωστόπουλος, 2017).

1.2.3 Αρθρόποδα ως δείκτες βιοποικιλότητας

Ως δείκτες βιοποικιλότητας ορίζεται η καταμέτρηση των ατόμων ενός είδους ή μιας οικογένειας ειδών σε ένα οικοσύστημα, των οποίων η ύπαρξη και η αυξομείωση αποτελεί μέτρο αξιολόγησής της (Gerlach et al., 2013). Συγκεκριμένα, τα αρθρόποδα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανίχνευση όποιας οικολογικής, περιβαλλοντικής αλλαγής καθώς και αλλαγής της βιοποικιλότητας ενός ενδιαίτηματος. Ως δείκτες μπορούν να θεωρηθούν ορισμένες ταξινομικές ομάδες αρθροπόδων ή ασπόνδυλων, λαμβάνοντας τον ρόλο του περιβαλλοντικού δείκτη, του οικολογικού δείκτη καθώς και του δείκτη βιοποικιλότητας, αντίστοιχα (McGeoch, 1998).

Οι περιβαλλοντικοί και οι οικολογικοί δείκτες, διακρίνονται σε αυτούς των ανιχνευτών, όπου ο πληθυσμός τους μειώνεται ύστερα από κάποια περιβαλλοντική αλλαγή, των εκμεταλλευτών, όπου ο πληθυσμός τους ευδοκιμεί ύστερα από κάποια περιβαλλοντική καταπόνηση και των συσσωρευτών που αντιλαμβάνονται χημικές αποκρίσεις όπως για παράδειγμα η συσσώρευση βαρέων μετάλλων (Gerlach et al., 2013).

Παράλληλα, η διακύμανση του πληθυσμού τους είναι ικανή να δώσει πληροφορίες για την σύνθεση της πανίδας του ενδιαιτήματος και τον πλούτο των ειδών σε αυτό. Ωστόσο, η επιλογή, η καταμέτρηση και ταξινόμηση αυτών των ομάδων για την λήψη της πληροφορίας οφείλει να πληροί ορισμένα κριτήρια όπως, την αφθονία της επιλεγμένης τάξης στο δείγμα συλλογής, την διακύμανση της ευαισθησίας της συγκεκριμένης ταξινομικής ομάδας σε κάποιο παράγοντα, την γνώση πάνω στην ταξινόμηση της συγκεκριμένης ομάδας, την επιλογή του ιδανικότερου τρόπου συλλογής του δείγματος ανάλογα του σημείου διαβίωσης του αρθροπόδου στόχου καθώς και την επιλογή ομάδας που είναι εύκολα συγκρίσιμη με κάποια άλλη γεωγραφική περιοχή (McGeoch, 1998; Gerlach et al., 2013).

Οι κύριες τάξεις αρθροπόδων που χρησιμοποιούνται ως βιοδείκτες είναι: τα Araneae (Αράχνες), Acari (Ακάρια), Coleoptera (Κολεόπτερα), Chilopoda (Χηλόποδα), Hymenoptera (Υμενόπτερα) και τα Anellida (δακτυλιοσκώληκες). Ευρέως χρησιμοποιούμενες οικογένειες είναι τα μυρμήγκια (Hymenoptera: Formicidae) (Lobry de Bruyn, 1999), οι μέλισσες (*Apis* spp. Hymenoptera: Apidae) (Sadeghi et al., 2012), τα Carabidae και Staphylinidae (Coleoptera).

Ευρήματα ερευνών καταδεικνύουν την χρήση των αραχνών ως δείκτες βιοποικιλότητας και ανιχνευτές βαρέων μετάλλων λόγω της ικανότητάς τους να τροποποιούν την πυκνότητα των πληθυσμών τους (ρυθμός ανάπτυξης και αναπαραγωγής) λόγω των ανθρώπινων παρεμβάσεων (Marc et al., 1999; Gerlach et al., 2013). Η χρήση των Formicidae για τον προσδιορισμό της φάσης ανάκαμψης του ενδιαιτήματος μετά από κάποια διαταραχή, μέσω της παρατήρησης της διακύμανσης του πληθυσμού τους θεωρείται το ίδιο αξιοσημείωτη κατά τους Gerlach et al., (2013). Παράλληλα, οι έρευνες υπέδειξαν την αύξηση των ειδών Carabidae (πχ. *Brachinus sclopeta*) σε οργανικές έναντι συμβατικές μεταχειρίσεις αγρών (Melnychuk et al., 2003), μια κατάσταση που τα καθιστά σημαντικά ως δείκτες βιοποικιλότητας για την

αξιολόγηση των διαφορετικών συστημάτων καλλιέργειας (Burgio et al., 2015). Επίσης, η χρήση των Staphylinidae ως δεικτών βιοποικιλότητας είναι αξιοσημείωτη καθώς ο πληθυσμός τους μειώνεται σε περίπτωση της χρήσης χημικών σκευασμάτων και κυρίως αυτών των ειδών που χρειάζονται για την επιβίωσή τους αυξημένη υγρασία αλλά και των πιο ευαίσθητων ειδών τους στα χημικά όπως (*Lathrobium longulum*, *Tachyporus* spp). Τέλος, η αύξηση της οργανικής ουσίας των ενδαιτημάτων μέσω της βιολογικής διαχείρισης αυξάνει τον πληθυσμό των προνυμφών της οικογένειας των Staphylinidae καθώς και τα εντομοφάγα και σαπροφάγα είδη της οικογένειας όπως τα *Philonthus* spp. και *Oxytelus* spp. (Bohac, 1999).

1.2.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την βιοποικιλότητα αρθροπόδων σε οργανικούς και συμβατικούς οπωρώνες

Η βιοποικιλότητα των οπωρώνων μπορεί να επηρεαστεί από πληθώρα παραγόντων. Η επίδραση του κλίματος είναι σημαντική για την διακύμανση των πληθυσμών των αρθροπόδων τόσο σε οργανικούς όσο και στους συμβατικούς οπωρώνες. Το κλίμα περικλείει και άλλους αβιοτικούς παράγοντες όπως την θερμοκρασία, την υγρασία, την δομή του εδάφους, την αλατότητα και το pH. Πιο συγκεκριμένα, η θερμοκρασία και η υγρασία που αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι του κλίματος δύνανται να επηρεάζουν τον ρυθμό αύξησης και ανάπτυξης των πληθυσμών του εκάστοτε είδους, πόσο μάλλον των αρθροπόδων που αποτελούν εκτοθερμικούς οργανισμούς, δηλαδή η θερμοκρασία τους επηρεάζεται άμεσα από το περιβάλλον στο οποίο ζουν (Puentes et al., 2015; Laws, 2017; Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018). Σύμφωνα με τους Tan et al., (2021) η τροποποίηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας επιδρά στην εδαφόβια πανίδα αλλά με αντίθετο τρόπο δηλαδή η αύξηση της υγρασίας προωθεί την βιοποικιλότητα ενώ η αύξηση της θερμοκρασίας προωθεί την αύξηση της πυκνότητας των πληθυσμών αλλά όχι των μεγαλύτερων οργανισμών και συσχετίζεται αρνητικά με την αφθονία των ειδών, δημιουργώντας μια τεράστια αντίφαση.

Παράλληλα, τα εδάφη αποτελούν οργανωτές της πανίδας του εδάφους μέσω των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα. Οι διεργασίες αυτές φέρουν φυσικό, χημικό ή βιολογικό χαρακτήρα με κυριότερες, την ανοργανοποίηση

ουσιών, τον μετασχηματισμό ορυκτών, την ενζυμική δραστηριότητα και σταθερότητα. Ασπόνδυλοι οργανισμοί όπως οι νηματώδεις σκώληκες είναι υπεύθυνοι για την αποτοξικοποίηση ουσιών που καταλήγουν στο έδαφος, συμβάλλουν στη βελτίωση του υποστρώματος για την μικροβιακή δραστηριότητα καθώς και στην διασπορά των μικροοργανισμών. Ακόμη, ευνοούν την διαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών στο έδαφος κατά διαστήματα ώστε να αποφεύγεται η απώλειά τους από το σύστημα ενώ προσφέρουν, καλύτερο αερισμό και συγκράτηση νερού. Όσον αφορά την σύσταση του εδάφους τα αργιλώδη καθώς και τα μέσης σύστασης εδάφη ευνοούν την δραστηριότητα των μικροοργανισμών και των γαιοσκωλήκων ενώ τα αμμώδη θεωρούνται λιγότερο κατάλληλα για την υποβοήθηση της βιοποικιλότητας. Η αυξημένη οργανική ουσία που περιέχουν τα αργιλώδη εδάφη, για την αποσύνθεση της οποίας είναι υπεύθυνα τα αρθρόποδα, αποτελεί τον κύριο λόγο της αφθονίας τους σε αυτό τον εδαφικό τύπο (Wanjiku Kamau et al., 2019).

Επιπρόσθετα, το pH σχετίζεται άμεσα με την βιοποικιλότητα του εδάφους. Η οργανική διαχείριση επιδρά στην τιμή του αφού η αύξηση των θρεπτικών καθώς και η ποσότητα της οργανικής ουσίας του εδάφους, το μετατοπίζει προς τις πιο ουδέτερες τιμές του. Οι τιμές αυτές του εδαφικού pH καθιστούν τα θρεπτικά πιο εύκολα αξιοποιήσιμα από τους μικροοργανισμούς, προκειμένου να επιτελέσουν τον ρόλο τους και να ανοργανοποιήσουν την οργανική ύλη του εδάφους ενώ αυξάνουν και την αφθονία τους (Maeder et al., 2002a). Ωστόσο, οι ακραίες τιμές του, οι οποίες συνδέονται άμεσα με ανθρώπινες δραστηριότητες μειώνουν την βιωσιμότητα των πληθυσμών των αρθροπόδων (Κομνηνός, 2011; Wanjiku Kamau et al., 2019). Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος άρδευσης και η προσθήκη αζωτούχων λιπασμάτων σχετίζονται με το ποσοστό της αλατότητας του εδάφους των οπωρώνων, με τις μεγαλύτερες τιμές της να προκαλούν ταυτόχρονη αύξηση του pH των εδαφών. Έτσι, η αλατότητα είναι υπεύθυνη για την αρνητική επίδραση στην δομή και την λειτουργία των κοινοτήτων των μικροοργανισμών αλλά και στην απώλεια της βιοποικιλότητας (Haj-Amor et al., 2022).

Τέλος, η χρήση χημικών λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών ουσιών είναι υπεύθυνη για τη μειωμένη βιοποικιλότητα. Με την επίδραση, μάλιστα, των

μη εκλεκτικών ζιζανιοκτόνων να φαίνεται να είναι μεγαλύτερη σε αρθρόποδα όπως τα μυρμήγκια σε σχέση με τα εντομοκτόνα (Sonoda et al., 2011).

1.3 Έντομα ως αρπακτικά

Αρπακτικά καλούνται τα έντομα που τρέφονται καταναλώνοντας άτομα-θηράματα άλλων οργανισμών, τα οποία χαρακτηρίζονται συχνά από μικρότερο μέγεθος σε σχέση με τον θηρευτή (Ζωάκη-Μαλισιόβα, 2015). Οι κύριες κατηγορίες λείας των αρπακτικών εντόμων είναι άλλα έντομα καθώς και ακάρεα. Τα αρπακτικά χαρακτηρίζονται κυρίως από μασητικού τύπου στοματικά μόρια. Ελάχιστες είναι οι περιπτώσεις αρπακτικών με μυζητικού τύπου στοματικά μόρια όπως οι προνύμφες των χρύσωπων (Neuroptera: Chrysopidae) με σημαντικότερο είδος το *Chrysoperla carnea* καθώς και είδη των οικογενειών Anthocoridae, Miridae (Hemiptera) και Syrphidae (Diptera), τα οποία μυζούν την λεία τους αφού την έχουν ακινητοποιήσει προηγουμένως μέσω έκκρισης τοξινών (Ζωάκη-Μαλισιόβα, 2015). Η αρπακτική ικανότητα των εντόμων, συναντάται ανάλογα του είδους του εντόμου στα ανήλικα και στα ενήλικα στάδια του βιολογικού κύκλου. Στα ανήλικα στάδια του βιολογικού τους κύκλου, αρπακτική συμπεριφορά εμφανίζουν έντομα όπως οι προνύμφες των *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) και οι νύμφες κάποιων ειδών του γένους *Orius* sp. (Hemiptera: Anthocoridae) (Μπαρμπετάκη, 2011). Κυρίως όμως αρπακτικές συμπεριφορές συναντιούνται στα ενήλικα όπως το *Anthocoris nemoralis* (Hemiptera: Anthocoridae) έναντι της ψύλλας (*Cacopsylla* spp. Hemiptera: Psyllidae) (Shaltiel & Coll, 2004), το *Feltiella acarisuga* και *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae) έναντι τετρανύχων και αφίδων, αντίστοιχα (Thacker, 2002).

1.3.1 Φυσικοί εχθροί εντόμων εχθρών των καλλιεργειών

1.3.1.1 Ο ρόλος των φυσικών εχθρών στην αντιμετώπιση των εχθρών των καλλιεργειών

Φυσικοί εχθροί καλούνται οι οργανισμοί που έχουν την ικανότητα να τρέφονται με οργανισμούς εχθρούς των καλλιεργειών και συχνά αναφέρονται ως “ωφέλιμοι οργανισμοί”. Η ύπαρξή τους σε καλλιεργούμενες εκτάσεις συμβάλλει στην επιτυχημένη εφαρμογή της βιολογικής καταπολέμησης. Οι

φυσικοί εχθροί μπορεί να είναι είτε αρπακτικά τα οποία καταναλώνουν την λεία τους είτε παρασιτοειδή που αναπτύσσουν μια συμβιωτική σχέση με τους εχθρούς-ξενιστές, η οποία καταλήγει στο θάνατο των δευτέρων (Thacker, 2002).

Ο ρόλος της ύπαρξης των φυσικών εχθρών στα πλαίσια του αγροτικού οικοσυστήματος είναι ιδιαίτερα σημαντικός καθώς αποτελεί εναλλακτική λύση στη χρήση χημικών σκευασμάτων για την αντιμετώπιση των εχθρών των καλλιεργειών, στοχεύοντας στην βιολογική αντιμετώπισή τους. Ο όρος βιολογική καταπολέμηση επικεντρώνεται στην χρήση φυσικών εχθρών με στόχο την μείωση της πυκνότητας των πληθυσμών των εχθρών των καλλιεργειών και την διατήρησή τους σε ανεκτά επίπεδα, που δεν προκαλούν σημαντικές ζημιές (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018). Μια από τις πιο κοινές μεθόδους βιολογικής καταπολέμησης αποτελεί η εισαγωγή φυσικών εχθρών, όταν ο στόχος του προγράμματος καταπολέμησης αφορά ένα εντομολογικό εχθρό από εξωτική χώρα. Η σειρά των ενεργειών που πρέπει να πραγματοποιηθούν για να είναι επιτυχημένο ένα τέτοιο πρόγραμμα διαχείρισης των εχθρών των καλλιεργειών είναι: α) η διερεύνηση φυσικών εχθρών στις χώρες από όπου κατάγεται ο εχθρός-στόχος ή σε περιοχές με παρόμοιες συνθήκες, β) η συλλογή και αποστολή των φυσικών εχθρών με στόχο την διατήρησή τους κάτω από ιδιαίτερα προσεκτικές συνθήκες, διερευνώντας παράλληλα τυχόν αρνητικές επιδράσεις σε οργανισμούς μη στόχους. Για παράδειγμα, η διαχείριση που εφαρμόζεται στο επίπεδο του οπωρώνα μπορεί να περιορίσουν την δράση του επιθυμητού εχθρού αλλά και να έχει αντίκτυπο σε οργανισμούς μη στόχους, γ) η εκτροφή των φυσικών εχθρών για την αύξηση των πληθυσμών τους, δ) η εξαπόλυση των πληθυσμών του φυσικού εχθρού και η παρακολούθησή της εγκατάστασή τους με ταυτόχρονη παρακολούθηση της πορείας του πληθυσμού εντόμου στόχου και ε) η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων από την παρακολούθηση της πυκνότητας του πληθυσμού των φυσικών εχθρών όσο και των οργανισμών στόχων (Μπαρμπετάκη, 2011; Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

Η κλασική αυτή μέθοδος της βιολογικής καταπολέμησης που βασίζεται στην εξαπόλυση εντομοφάγων ειδών εφαρμόζεται είτε με εξαπολύσεις μεγάλων πληθυσμών των φυσικών εχθρών, είτε με περιοδικές εξαπολύσεις που είναι όμοιες με τις μαζικές με την διαφορά της μικρής κλίμακας επέμβασης.

Οι εξαπολύσεις, ωστόσο, μπορούν να πραγματοποιηθούν και με την τροποποίηση της βιοκοινότητας με στόχο την προσαρμογή των αρπακτικών ειδών που εξαπολύονται (Thacker, 2002; Μπαρμπετάκη, 2011; Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

Εναλλακτική μέθοδος αποτελεί η υποβοήθηση των ιθαγενών εντομοφάγων πληθυσμών όπου στηρίζεται στην μέθοδο της εξαπόλυσης (συλλογή, μαζική παραγωγή, εξαπόλυση) με την διαφορά, ότι έπειτα γίνεται τεχνητή επιλογή για την χρήση φυλών με την καλύτερη προσαρμοστικότητα στις συνθήκες της περιοχής. Παράλληλα, παρέχεται τροφή για την ανάπτυξη μεγαλύτερων πληθυσμών αρπακτικών εντόμων και γίνεται προσθήκη ξενιστών που αποτελούν καταφύγιο για τα αρπακτικά. Τα αποτελέσματα αυτής της μεθόδου υποβοηθούνται και από την μη ταυτόχρονη συγκομιδής του προϊόντος στον αγρό (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018). Άλλες μέθοδοι που εντάσσονται στα πλαίσια της βιολογικής αντιμετώπισης είναι η καταπολέμηση με χρήση παθογόνων μικροοργανισμών, νηματωδών, με εξαπόλυση στερωμένων εντόμων αλλά και με την χρήση ανθεκτικών φυτών. Η χρήση φυσικών εχθρών δεν επαρκεί στην εξασφάλιση των μεγίστων αποτελεσμάτων και οφείλει να συνδυάζεται με άλλες μεθόδους (καλλιεργητικές πρακτικές, βιολογικά σκευάσματα) στα πλαίσια μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης (IPM). Μερικές από τις καλλιεργητικές τεχνικές που συνδυάζεται είναι η αμειψισπορά. Πιο συγκεκριμένα, η συγκεκριμένη πρακτική έχει ως στόχο τον περιορισμό της διαθέσιμης τροφής του εχθρού με το φυτό ξενιστή για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα με στόχο την μείωση του πληθυσμού του εχθρού λόγω μειωμένης διαθέσιμης τροφής. Ακόμη, η φύτευση φυτών-παγίδων συμβάλλει στην προσέλκυση εντόμων και άλλων οργανισμών (ακάρεα, νηματώδεις) με στόχο την προστασία των καλλιεργειών ενώ και η φύτευση φυτών της ίδιας ποικιλίας είναι ικανή στον αποπροσανατολισμό του εχθρού με στόχο την προσέλκυση τους σε φυτά δευτερεύουσας σημασίας. Παράλληλα, η ενίσχυση της ελκυστικότητας των φυτών-παγίδων αυξάνεται με την βοήθεια φερομόνων (καίρομόνες), φαγοδιεργητικών ουσιών ή άλλες ελκυστικές ουσίες (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018). Άλλες μέθοδοι αντιμετώπισης αποτελούν οι μηχανικές, οι οποίες περιλαμβάνουν την καταστροφή των φυτικών υπολειμμάτων και των ζιζανίων που μπορεί να αποτελέσουν καταφύγια των εχθρών των καλλιεργειών. Η χρήση τροφικών παγίδων με τροφικό ελκυστικό, φερομονικών

παγίδων και φωτεινών παγίδων. Επίσης, είναι απαραίτητα να εφαρμόζονται ορθολογιστική άρδευση, λίπανση, προετοιμασία του εδάφους, κλάδεμα, αραίωμα καρπών καθώς η μη ορθή διαχείριση μπορεί να οδηγήσει σε μια παρατεταμένη περίοδο ύπαρξης νεαρών φύλλων και τρυφερών βλαστών που μπορούν να ευνοήσουν την ανάπτυξη κάποιων εχθρών (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

Επομένως, απαραίτητο κρίνεται ο συνδυασμός όλων των παραπάνω μεθόδων προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα ενώ η εξαπόλυση φυσικών εχθρών οφείλει να αποτελεί μέρος ενός προγράμματος ολοκληρωμένης διαχείρισης.

1.3.1.2 Οικογένειες που αναφέρονται ως φυσικοί εχθροί εντόμων εχθρών των καλλιεργειών

Στους φυσικούς εχθρούς περιλαμβάνονται διάφορα παρασιτοειδή, αρπακτικά έντομα και ακάρεα. Μερικές από τις κύριες οικογένειες παρασιτοειδών παραθέτονται στους Πίνακες 1 και 2:

Πίνακας 1: Σημαντικές οικογένειες αρπακτικών και ο κύριος στόχος τους (από Thacker, 2002).

Οικογένεια αρπακτικού	Κύριος στόχος
Coccinellidae (Coleoptera)	Αφίδες, Κοκκοειδή, Τετράνυχτοι, Αλευρώδεις
Phytoseiidae (Acari)	Θρίπες, Τετράνυχτοι, Σκιαρίδες
Anthocoridae (Hemiptera)	Αφίδες, Ομόπτερα, Θρίπες
Chrysopidae (Neuroptera)	Ομόπτερα
Cybocephalidae (Coleoptera)	Κοκκοειδή
Cecidomyiidae (Diptera)	Τετράνυχτοι
Miridae (Hemiptera)	Αλευρώδεις
Pentatomidae (Hemiptera)	Λεπιδόπτερα

Πίνακας 2: Σημαντικές οικογένειες παρασιτοειδών και ο κύριος στόχος τους (από Thacker, 2002).

Οικογένειες παρασιτοειδών	Στόχος
Aphelinidae (Hymenoptera)	Κοκκοειδή, Αλευρώδεις, Αφίδες
Encyrtidae (Hymenoptera)	Κοκκοειδή
Eulophidae (Hymenoptera)	Φυλλορुकτικά έντομα (λυριόμυζες), Κολεόπτερα
Mymaridae (Hymenoptera)	Ομόπτερα (τζιτζικάκια), Κοκκοειδή (ψευδόκοκκοι) <i>Lygus</i> spp.
Trichogrammatidae (Hymenoptera)	Λεπιδόπτερα
Aphidiidae (Hymenoptera)	Αφίδες, Προνύμφες λεπιδοπτέρων
Braconidae (Hymenoptera)	Φυλλορुकτικά έντομα (λυριόμυζες), Λεπιδόπτερα
Ichneumonidae (Hymenoptera)	Λεπιδόπτερα
Platygasteridae (Hymenoptera)	Αλευρώδεις
Scelionidae (Hymenoptera)	Ομόπτερα

Η οικογένεια των Clubionidae (Araneae) περιέχει αρκετούς άρπαγες εχθρών καλλιεργειών. Μερικοί από τους εχθρούς που αποτελούν λεία τους είναι το *Cacopsylla* spp. (Hemiptera: Psyllidae), το *Stefanitis pyri* (Hemiptera: Tingidae) και προνύμφες των Tortricidae (Lepidoptera). Η οικογένεια αυτή είναι πιο δραστήρια την άνοιξη την περίοδο δηλαδή της έντονης βλάστησης. Η δράση της βασίζεται στην δημιουργία ιστών για την σύλληψη της τροφής τους (Bogya, 1999). Ακόμη, το *Trichogramma platneri* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) σε μηλιές και αχλαδιές αποτελεί παρασιτοειδές υμενόπτερο και έχει βρεθεί να ωοτοκεί σε αυγά της καρπόκαψας των μήλων (*Carpocapsa pomonella* Lepidoptera: Tortricidae) και άλλων λεπιδοπτέρων μειώνοντας έτσι τις προσβολές του εντόμου (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018). Σημαντικό εξίσου αποτελεί το αρπακτικό *Rodolia cardinalis* (Coleoptera: Coccinelidae) που στην Καλιφόρνια έδωσε εξαιρετικά αποτελέσματα στην

αντιμετώπισή του *Icerya purchasi* (Hemiptera: Monophlebidae) (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

Το *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) αποτελεί ένα γενικό αρπακτικό ειδών με μαλακό σώμα. Μερικές από τις κύριες λείες του αποτελούν οι αφίδες, οι θρίπες, οι αλευρώδεις και τα κοκκοειδή. Κυρίως τρέφονται με είδη μικρότερου μεγέθους ή με τα αυγά αυτών. Έρευνες έχουν δείξει τον αποτελεσματικό έλεγχο του αρπακτικού έναντι της αφίδας *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) σε πολύ υψηλά επίπεδα της τάξης του 97-100% (Symondson et al., 2002; Alghamdi et al., 2018).

Το *Pterostichus melanarius* (Coleoptera: Carabidae), αποτελεί ένα αρπακτικό με ευρύ διατροφικό κύκλο, το οποίο είναι αποτελεσματικό στην αντιμετώπιση άλλων αρθροπόδων και σκουληκιών. Παρόμοιες διατροφικές συνήθειες εμφανίζουν και είδη της οικογένειας των Staphylinidae και των Formicidae (Symondson et al., 2002). Πιο συγκεκριμένα, το είδος *Ocypus nero semilanatus* (Coleoptera: Staphylinidae) κυριάρχησε στις συλλήψεις των παγίδων παρεμβολής (Pitfalls traps) ενός οπωρώνα με μήλα και αποτελεί είδος που καταναλώνει αφίδες, νύμφες διπτέρων και ακάρεα (Honěk et al., 2012). Τα μυρμήγκια (Hymenoptera: Formicidae), σύμφωνα με τους Wang et al., (1984), Sanchez et al., (2019) μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην μείωση των πληθυσμών της ψύλλας της αχλαδιάς (*Cacopsylla pyri*), καθώς αποτελούν ικανό θηρευτή των νυμφών αυτών. Παρόλα αυτά, ο ρόλος των μυρμηγκιών σε ορισμένες περιπτώσεις επιδρά έμμεσα, αρνητικά στην αγροτική παραγωγή καθώς πολλά είδη πέραν της αρπακτικότητας συμβάλλουν στην προστασία κύριων εχθρών των καλλιεργειών κυρίως Ομόπτερων από τους φυσικούς τους εχθρούς τους, ενώ τρέφονται και με ωφέλιμα έντομα και μελιτώδεις εκκρίσεις των εντόμων εχθρών (π.χ. αφίδες) (Pekas, 2010; Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018). Επίσης, ένα αξιοσημείωτο παράδειγμα αποτελεί και ο θηρευτικός τους ρόλος απέναντι σε pupae(=νύμφες) της οικογένειας των Tephritidae (Diptera), μια οικογένεια με σημαντικούς εχθρούς καλλιεργειών όπως η μύγα της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*) και ο δάκος της ελιάς (*Dacus oleae*) (Allen & Hagley, 1990; Urbaneja et al., 2006). Τέλος, σημαντική αποτελεί η δράση του *Labidura riparia* (Dermaptera: Labiduridae), η οποία μέσω της χρήσης των κερκών της συμβάλλει στην μείωση, σε εργαστηριακές συνθήκες, του

Drosophila suzukii (Diptera: Drosophilidae) τόσο στο προνυμφικό στάδιο όσο και στο στάδιο της νύμφης (Gabarra et al., 2015).

1.3.2 Αρπακτικά εδαφόβια έντομα- Οικογένειες εδαφόβιων

Στους οπωρώνες υπάρχουν τα εδαφόβια αρπακτικά τα οποία θεωρούνται ιδιαιτέρως ωφέλιμα καθώς αποτελούν φυσικούς εχθρούς των επιβλαβών εντόμων (Thacker, 2002). Μερικά από τις κύριες οικογένειες εδαφόβιων αρπακτικών καθώς και του εντόμου στόχου παρουσιάζονται στον πίνακα 3 (η σπουδαιότητα του θηρευτικού τους ρόλου έχει αναφερθεί στο 1.3.1.2):

Πίνακας 3: Ταξινόμηση και ρόλος εδαφόβιων αρθροπόδων που αποτελούν αρπακτικά των εχθρών των καλλιεργειών (από Thacker, 2002).

Αρπακτικά εχθρών των καλλιεργειών		
Τάξη	Οικογένεια	Ρόλος
Coleoptera	Coccinellidae	Πασχαλίτσες που τρέφονται με ομόπτερα
	Staphylinidae	Πολυφάγα σκαθάρια
	Carabidae	Πολυφάγα σκαθάρια εδάφους
Neuroptera	Chrysopidae	Χρύσωπες που τρέφονται με ομόπτερα
	Hemerobiidae	Καφέ χρύσωπες που τρέφονται με ομόπτερα
Hymenoptera	Formicidae	Μυρμήγκια που τρέφονται με λεπιδοπτερα σε εσπεριδοειδή
	Vespidae	Σφήκες που τρέφονται με προνύμφες λεπιδοπτερών
Diptera	Syrphidae	Τρέφονται με αφίδες
	Asilidae	Τρέφονται με έντομα εδάφους
Hemiptera	Anthocoridae	Πολυφάγα
Dictyoptera	Mantidae	Πολυφάγα
Odonata	Πολλές	Λιβελούλες και οδοντόγναθα που τρέφονται με κουνούπια ως προνύμφες και ως ενήλικα

Acari	Phytoseiidae	Αρπακτικά ακάρεα που τρέφονται με φυτοφάγα ακάρεα και θρίπες
Araneae	Πολλές	Πολυφάγες αράχνες

Ωστόσο, η πυκνότητα εμφάνισής τους σχετίζεται με τον βιολογικό κύκλο του εντόμου ξενιστή. Αναλυτικότερα, μεταξύ του αρπακτικού και της λείας θα πρέπει να υπάρχει θετική συσχέτιση, κατά την οποία οι πληθυσμοί τους εμφανίζουν ταυτόχρονη ανάπτυξη και έτσι με μικρού βαθμού θήρευση οι πληθυσμοί των εντόμων-εχθρών να διατηρούνται σε επιτρεπτά όρια. Αντίθετα, μια αρνητική συσχέτιση δημιουργείται όταν η απόκριση του θηρευτή στην αλλαγή της πυκνότητας του θηράματος είναι αργή. Η περίπτωση αυτή συναντάται κυρίως σε πολυφάγους άρπαγες που τρέφονται με έναν τύπο θηράματος αφού πρώτα έχει αυξηθεί ο πληθυσμός του (Jervis, 1997). Συνήθως, η στρατηγική ωοτοκίας των ενηλίκων αρπακτικών είναι πιθανό να καθορίζεται από τα σημεία όπου παρατηρείται μεγαλύτερη πυκνότητα της λείας κατά την περίοδο ανάπτυξης των απογόνων, δηλαδή όταν αυτά βρίσκονται στο στάδιο των προνυμφών. Τα αρπακτικά με τον μεγαλύτερο χρόνο ανάπτυξης από την λεία τους είναι δύσκολο να ακολουθήσουν την πυκνότητα του θηράματος, που ίσως μπορεί να έχει και περισσότερες γενιές, καθιστώντας δύσκολο την άσκηση βιολογικού ελέγχου. Ο περιορισμός της πυκνότητας των πληθυσμών-εχθρών των καλλιεργειών από την δράση των φυσικών εχθρών μπορεί να οδηγήσει είτε στην επαναφορά του πληθυσμού στα σταθερά επίπεδα είτε στο περιορισμό του πληθυσμού των εντόμων-εχθρών εντός κάποιων ορίων μέσα στα οποία εμφανίζει διακυμάνσεις. Γενικά, ο πληθυσμός των αρπακτικών περιορίζει τον πληθυσμό του θηράματος ενώ ο δικός τους πληθυσμός αυξάνεται μέχρι η λεία να φτάσει σε χαμηλά επίπεδα, όπου και αναγκάζεται να μειωθεί (Kindlmann & Dixon, 1999).

1.3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την εμφάνιση και την ανάπτυξη των πληθυσμών των αρπακτικών

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την εμφάνιση και την ανάπτυξη των φυσικών εχθρών είναι:

- πυκνο-ανεξάρτητοι, δηλαδή δεν σχετίζονται με την πυκνότητα του πληθυσμού. Μερικοί τέτοιοι παράγοντες είναι οι τοξικές ουσίες, οι εδαφοκλιματικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία) και οι φωτοπερίοδος
- πυκνο-εξαρτώμενοι, δηλαδή σχετίζονται με την πυκνότητα του πληθυσμού ενώ κάτω από κάποια τιμή της γίνονται μη αποτελεσματικοί. Σε αυτή την περίπτωση, εντάσσονται η διαθεσιμότητα τροφής, ο ανταγωνισμός τόσο εντός του είδους όσο και εκτός, οι οποίοι όταν είναι κατάλληλα διαμορφωμένοι είναι ικανοί να ευνοήσουν την δράση και την ανάπτυξη των φυσικών εχθρών και των εδαφόβιων αρπαγών ώστε να διατηρήσει το πληθυσμό ενός εχθρού σε ικανοποιητικά και ανεκτά επίπεδα (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

1.3.4 Ο ρόλος των ξενιστών στην βιολογία των εδαφόβιων αρπακτικών

Τα φυτά-ξενιστές των εντόμων-εχθρών των καλλιεργειών ανήκουν στους βιοτικούς παράγοντες που επηρεάζουν την βιολογία και την επιβίωση των εδαφόβιων αρπακτικών. Η σχέση μεταξύ ξενιστή-φυτού και αρπακτικού στηρίζεται στην αφθονία τροφής που το φυτό παρέχει και συμβάλλει στην ανάπτυξη του αρπακτικού εντόμου και την κάλυψη των διατροφικών του αναγκών (νέκταρ, γύρη). Παράλληλα, το φυτό χρησιμοποιείται από πληθώρα εντόμων ως καταφύγιο κατά την διαχείμαση, ως θέση προστασίας από εχθρούς και ως θέση εναπόθεσης των ωών τους, κυρίως στο φλοιό και τον κορμό του (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018). Ακόμη, η αφθονία και η φαινολογία των φυτών-ξενιστών επιδρά σημαντικά στην πληθυσμιακή διακύμανση, αύξηση και ανάπτυξη των αρπακτικών των εχθρών των καλλιεργειών. Η οργανική διαχείριση της καλλιέργειας συμβάλλει στην ομαλή διαδοχή των φαινολογικών σταδίων και στην διατήρηση πληθώρα εναλλακτικών ξενιστών εντός του αγρού, με αποτέλεσμα οι αρπαγες να έχουν άμεση πρόσβαση για μεγάλο χρονικό διάστημα σε τροφή, σε θέσεις κατάλληλες για αναπαραγωγή και σε θέσεις προστασίας (Bogya, 1999; Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

Έντονη κρίνεται, επίσης, και η επίδραση στην συμπεριφορά, στην φυσιολογία και την φαινολογία των εντόμων-αρπακτικών αφού σε ορισμένες περιπτώσεις ακραίων συνθηκών έλλειψης τροφής παρατηρείται μετανάστευση σε γειτονικούς ξενιστές ή και μείωση του μεγέθους τους (Τζανακάκης και

Κωβαίος, 2018; Souza et al., 2019). Γενικά, η συγκέντρωση των εντόμων-αρπακτικών από τα φυτά-ξενιστές πυροδοτείται από έκλυση ουσιών προσέλκυσης ή αποτροπής των διάφορων εντόμων, δημιουργώντας έτσι διακυμάνσεις των πληθυσμών των εδαφόβιων αρπακτικών (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018). Οι ουσίες αυτές ονομάζονται καιρομόνες και αποτελούν χημικά μηνύματα για εντομοφάγα έντομα, με στόχο την αναπαραγωγή, την ανεύρεση τροφής, την συνάθροιση και την εγκατάσταση (Souza et al., 2019). Μερικές από αυτές τις ουσίες αποτελούν οι γιββερελλίνες, οι κυτοκινίνες, το αμπισισικό οξύ (Murali-Baskaran et al., 2018). Τέλος, εξίσου σημαντικά αποτελούν και τα οπτικά ερεθίσματα με τις διαστάσεις, το σχήμα και το χρώμα των φυτών-ξενιστών να επιδρά στην προσέλκυση εντόμων (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

1.3.5 Ο ρόλος της υγρασίας και της θερμοκρασίας στην βιολογία και στην αφθονία των πληθυσμών των αρπακτικών

Ο πληθυσμός των αρπακτικών, επηρεάζεται έντονα από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν. Πιο συγκεκριμένα, η θερμοκρασία και η υγρασία επιδρούν σημαντικά στην βιολογία και την φαινολογία των ειδών του εκάστοτε ενδιαιτήματος παραλλάσσοντας την πληθυσμιακή τους διακύμανση.

Τα έντομα αποτελούν ποικιλόθερμους οργανισμούς-εκτοθερμικοί, δηλαδή η θερμοκρασία του σώματός τους ακολουθεί αυτήν του περιβάλλοντος, επηρεάζοντας άμεσα την συμπεριφορά τους. Οι αυξομειώσεις στην θερμοκρασία είτε κατά την διάρκεια της ημέρας είτε κατά την διάρκεια του έτους καθορίζουν άμεσα την πληθυσμιακή διακύμανση τους (Χριστοδουλίδης, 2021) ενώ αξιοσημείωτες αποτελούν και οι επιδράσεις τους στην συμπεριφορά και κατανομή των πληθυσμών των αρπακτικών ενός ενδιαιτήματος (Laws, 2017). Τα αποτελέσματα της επίδρασης του κλίματος (θερμοκρασία, υγρασία) στα αρπακτικά μπορεί να είναι είτε καταναλωτικά, όπου παρατηρούνται αυξομειώσεις του πληθυσμού των θηραμάτων τους, είτε μη καταναλωτικά, όπου σχετίζονται με αλλαγές στην μορφολογία, στην συμπεριφορά (αλλαγή των διατροφικών τους συνηθειών) και στα ποσοστά ανάπτυξης τους (Laws, 2017). Πιο συγκεκριμένα, η αυξημένη θερμοκρασία συνδέεται με την ταχύτερη πραγματοποίηση των μεταβολικών διεργασιών τους, η οποία δημιουργεί την

ανάγκη για περισσότερη τροφή και στην περίπτωση των αρπάγων για θήρευση, συνεπώς και στην μείωση της πυκνότητας του πληθυσμού των θηραμάτων (Laws, 2017). Επίσης, η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί μείωση του χρόνου ανάπτυξης που μεσολαβεί μεταξύ των διαφορετικών αναπτυξιακών σταδίων και επομένως την μείωση του χρόνου εμφάνισης των επόμενων γενεών. Η γρήγορη αυτή εμφάνιση της γενιάς επιδρά αρνητικά στο σωματικό μέγεθος των εντόμων και στην προσαρμοστικότητά τους καθώς δημιουργείται μια αναντιστοιχία ανάμεσα στον χρόνο εμφάνισης της λείας και του βιολογικού σταδίου που εντοπίζεται το αρπακτικό (Laws, 2017). Παράλληλα, η θερμοκρασία σχετίζεται με την διάπαυση κατά την οποία παύουν να τρέφονται και να αναπτύσσονται, έως ότου οι συνθήκες αποτελέσουν ευνοϊκές ξανά (Χριστοδουλίδης, 2021). Η διαχείμαση αυτή αποτελεί και ένας μηχανισμός επιβίωσης εξαιτίας της έλλειψης μηχανισμού ρύθμισης της θερμοκρασίας τους ενώ ευνοεί να συμπέσουν οι βιολογικοί κύκλοι του αρπακτικού με το θήραμα (Laws, 2017). Ακόμη, η επιβίωση των αρπακτικών στις επιδράσεις της θερμοκρασίας σχετίζεται και με το μέγεθος με τα μικρότερα να υποδεικνύονται πιο ευπαθή σε δυσμενείς συνθήκες λόγω της ευρείας προσαρμοστικότητας των μεγαλύτερων (Chown et al., 2001; Angilletta, 2004). Η αντοχή των αρπακτικών σε ακραίες θερμοκρασίες οφείλεται στην θέση που έχουν εγκατασταθεί για την διαχείμασή τους, την ικανότητα τους να μειώνουν την περιεκτικότητα τους σε νερό αλλά και στην παραγωγή κρυοπροστατευτικών ουσιών (Lee, 1989). Κατά το ξεχειμώνιασμα, τα αρπακτικά έχουν αποθηκεύσει την απαραίτητη ενέργεια ώστε να αντέξουν τις χαμηλές θερμοκρασίες των περιόδων που αποτελούν δύσκολες για την εύρεση της τροφής τους. Οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες εκείνη την περίοδο προκαλούν την διατάραξη της ισορροπίας των ιστών τους, προκαλώντας την ψύξη και τελικά των θάνατο των αρπακτικών ακόμα και καθυστερημένα. Από την άλλη οι υψηλότερες θερμοκρασίες διαχείμασης ενεργοποιεί τον μεταβολισμό των εντόμων που αδυνατώντας την κάλυψη των αναγκών τους λόγω έλλειψης τροφής οδηγούν σε αυξημένη θνησιμότητα και επίδραση στην μετέπειτα περίοδο (Marshall et al., 2020). Ωστόσο, είδη που παραμένουν ενεργά τον χειμώνα επωφελούνται από τις υψηλές θερμοκρασίες εκείνης της περιόδου (Marshall et al., 2020).

Όσον αφορά, τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος έχει αντίκτυπο στο έδαφος καθώς αυξάνει την σκληρότητα του, καθιστώντας την μετακίνηση των

εδαφόβιων οργανισμών πιο δύσκολη ενώ κατευθύνονται σε βαθύτερα στρώματα για εύρεση κατάλληλων συνθηκών (Ροδιτάκης, 2003). Έντονες επιρροές παρατηρούνται και στην πυκνότητα των πληθυσμών των εδαφόβιων αρπακτικών αφού η ξηρασία που δημιουργείται δεν ευνοεί την επιβίωση τους λόγω της απώλειας υγρασίας και από το σώμα τους αλλά και ανομοιόμορφη ανάπτυξη των διαφόρων σταδίων (πχ προνυμφών) (Ροδιτάκης, 2003; Coyle et al., 2017). Τέλος, αρνητικές επιπτώσεις προκαλούν και από τις υψηλές τιμές της καθώς ευνοούν τις προσβολές τους από παθογόνους μικροοργανισμούς ενώ μπορούν να τους προκαλέσουν και ασφυξία (Speight et al., 1999; Χριστοδουλίδης, 2021).

1.3.6 Η σημαντικότητα καταγραφής των πληθυσμών των αρπακτικών σε συστηματική κλίμακα και ο ρόλος τους στην διαχείριση των εχθρών

Η συστηματική καταγραφή των πληθυσμών των εδαφόβιων αρπακτικών σε οπωρώνες και αγρούς συμβάλλει στην γνώση της βιοποικιλότητας του οικοσυστήματος και στην εφαρμογή μεθόδων ολοκληρωμένης αντιμετώπισης (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018). Η συστηματική καταγραφή σε συνάρτηση με την καταγραφή των περιβαλλοντικών συνθηκών οδηγεί σε στοχευμένες εφαρμογές και σε ακριβέστερη διατήρηση της βιοποικιλότητας των αρθροπόδων στους οπωρώνες. Κύριοι στόχοι της καταγραφής αποτελεί ο περιορισμός της χρήσης των χημικών μεθόδων αντιμετώπισης εχθρών και η επικέντρωση σε βιολογικές μεθόδους. Η καταγραφή στοχεύει στον καλύτερο σχεδιασμό προγραμμάτων ολοκληρωμένης καταπολέμησης (IPM) των εχθρών των καλλιεργειών καθώς η κατανόηση της βιολογίας των φυσικών εχθρών και των ξενιστών βοηθάει στην επιλογή των κατάλληλων αρπακτικών για την αντιμετώπιση του προβλήματος-στόχου. Ακόμα, συμβάλλει στον καλύτερο σχεδιασμό των μαζικών εξαπολύσεων και στον συγχρονισμό τους με την δραστηριοποίηση του εχθρού ενώ αποτελεί αναγκαιότητα και για την πρόληψη τυχόν προβλημάτων του χωραφιού όπως η υποβάθμιση, τα επίπεδα των ρύπων στο έδαφος, η μείωση της οργανικής ουσίας και η προειδοποίηση για κάποια ερχόμενη αλλαγή καθώς πολλά από αυτά αποτελούν βιοδείκτες. Επίσης, με την καταγραφή αξιολογείται η αποδοτικότητα των αρπακτικών και η καταγραφή νέων τυχόν φυσικών εχθρών που μπορεί να μην έχουν ερευνηθεί

ακόμα και χρήζουν περαιτέρω έρευνας. Τέλος, ο συνδυασμός των καταγεγραμμένων αρπακτικών με νέα φυτά-ξενιστές μπορούν να προσελκύουν διάφορους οργανισμούς με στόχο την αύξηση της πυκνότητας των πληθυσμών των αρπακτικών ενώ ο συνδυασμός τους με άλλους φυσικούς εχθρούς μπορεί να επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα (McGEOCH, 1998; Thacker, 2002; Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

1.4 Σκοπός

Η διατήρηση της εδαφόβιας βιοποικιλότητας σε υψηλά επίπεδα αποτελεί αναγκαιότητα και προϋπόθεση για την ολοκληρωμένη διαχείριση της καλλιέργειας. Η βιολογική διαχείριση των εχθρών των καλλιεργειών στον οπωρώνα και ο περιορισμός των χημικών φυτοφαρμάκων επιδρά θετικά στους πληθυσμούς των ωφέλιμων εντόμων και αρπακτικών. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η εκτίμηση της διακύμανσης των πληθυσμών των εδαφόβιων αρπακτικών εντόμων σε βιολογικούς και συμβατικούς αγρούς στα Κάτω Λεχώνια, Μαγνησίας την περίοδο από το άνοιξη 2021 έως το καλοκαίρι του 2022. Καταγράφηκε η βιοποικιλότητα των εδαφόβιων αρπακτικών σε σχέση με την εποχή δειγματοληψίας, τον ξενιστή τοποθέτησης της παγίδας και τον τύπο διαχείρισης του οπωρώνα. Τα αποτελέσματα της εργασίας μπορούν να χρησιμεύσουν στην καταγραφή νέων ειδών για την περιοχή των Λεχωνίων, στην ανάδειξη της υψηλής βιοποικιλότητας της περιοχής και στην αποτελεσματικότερη και ορθολογική εφαρμογή της ολοκληρωμένης και βιολογικής αντιμετώπισης των εχθρών των καλλιεργειών.

2. Υλικά και μέθοδοι

2.1 Περιοχή έρευνας και ανάρτηση παγίδων

Η παρακολούθηση της πληθυσμιακής διακύμανσης των εδαφόβιων αρπακτικών (Araneae, Coleoptera, Dermaptera, Hemiptera, Hymenoptera) πραγματοποιήθηκε σε χωράφια στην περιοχή των Κάτω Λεχωνίων, Μαγνησίας (39.33° βόρειο γεωγραφικό πλάτος, 23.03° γεωγραφικό μήκος) (Εικόνα 2.1.1). Οι πειραματικοί οπωρώνες βρίσκονται στο ίδιο υψόμετρο και κοντά στην

επιφάνεια της θάλασσας και περίπου 11 χλμ. Νοτιοανατολικά του Βόλου. Το κλίμα της περιοχής είναι εύκρατο με ήπιους χειμώνες, απουσία συχνών παγετών, ενώ οι περισσότερες βροχές παρατηρούνται το φθινόπωρο έως την άνοιξη. Στην περιοχή καλλιεργείται πλήθος καρποφόρων δέντρων, κυρίως ελιές και εσπεριδοειδή (πορτοκάλια, μανταρίνια, νεράντζια, λεμόνια), γιγαρτόκαρπα (κυδώνια, μήλα, αχλάδια), πυρηνόκαρπα (βερίκοκα, ροδάκινα, βανίλιες, δαμάσκηνα, κεράσια, βύσσινα), λοιπά κηπευτικά και καλλωπιστικά. Οι οπωρώνες έχουν ως κύριο γνώρισμα την συγκαλλιέργεια πολλών διαφορετικών φρούτων και λαχανικών στον ίδιο αγρό, προϊόν του μικρού κλήρου, της παρουσίας εξοχικών κατοικιών και τα σημεία τουριστικού ενδιαφέροντος. Το έδαφος στην εμπορικά καλλιεργήσιμη περιοχή, χαρακτηρίζεται ως αμμώδες με υψηλό pH.

Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν σε τρεις οπωρώνες μικτής καλλιέργειας, από τους οποίους οι δύο τελούσαν υπό το καθεστώς βιολογικής διαχείρισης (Εικόνα 2.1.3 και 2.1.4) και ο τρίτος ήταν συμβατικός αγρός ολοκληρωμένης διαχείρισης (Εικόνα 2.1.5). Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 15 παγίδες εδάφους, τύπου Pitfall, που τοποθετήθηκαν ανά 5 σε κάθε οπωρώνα. Κάθε παγίδα τοποθετούνταν κάτω από την κόμη διαφορετικού ξενιστή ανάλογα την εποχή ωρίμανσης των καρπών και το φαινολογικό στάδιο. Οι παγίδες ενεργοποιούνταν για 5 – 6 συνεχόμενες ημέρες, μία φορά κάθε εποχή. Με το πέρας των 5 – 6 ημερών πραγματοποιούνταν συλλογή των δειγμάτων τα οποία και αναλυόταν στο εργαστήριο, με τον τρόπο που περιγράφεται παρακάτω (βλ. 2.4). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 5 δειγματοληψίες μία για κάθε εποχή τους έτους 2022 και μια για την άνοιξη του 2021 (πίνακας 4).

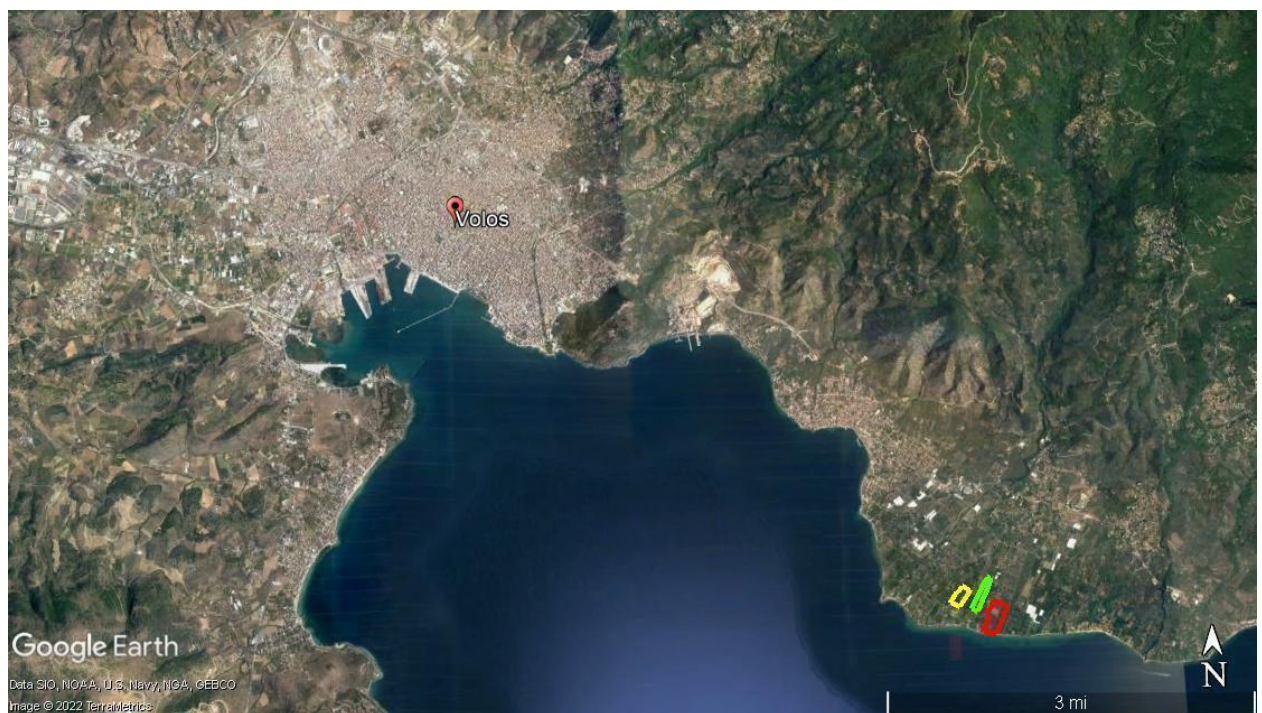
Πίνακας 4: Αριθμός και ημερομηνία τοποθέτησης των παγίδων τύπου Pitfall στην περιοχή των Κ. Λεχωνίων την περίοδο 2021-2022.

Πίνακας 4			
a/a	Ημερομηνία ανάρτησης	Οπωρώνας	Ξενιστής
1	16/04/2021	Οργανικός 1	Πορτοκαλιά
2	16/04/2021	Οργανικός 1	Νεραντζιά
3	16/04/2021	Οργανικός 1	Δαμασκηλιά
4	16/04/2021	Οργανικός 1	Αχλαδιά

5	16/04/2021	Οργανικός 1	Αχλαδιά
6	16/04/2021	Οργανικός 2	Νεκταρινιά
7	16/04/2021	Οργανικός 2	Πορτοκαλιά
8	16/04/2021	Οργανικός 2	Αχλαδιά
9	16/04/2021	Οργανικός 2	Ροδακινιά
10	16/04/2021	Οργανικός 2	Βερικοκιά
11	16/04/2021	Συμβατικός	Δαμασκηνιά
12	16/04/2021	Συμβατικός	Μανταρινιά
13	16/04/2021	Συμβατικός	Κυδωνιά
14	16/04/2021	Συμβατικός	Βερικοκιά
15	16/04/2021	Συμβατικός	Κυδωνιά
16	15/11/2021	Οργανικός 1	Πορτοκαλιά
17	15/11/2021	Οργανικός 1	Νεραντζιά
18	15/11/2021	Οργανικός 1	Δαμασκηνιά
19	15/11/2021	Οργανικός 1	Αχλαδιά
20	15/11/2021	Οργανικός 1	Αχλαδιά
21	15/11/2021	Οργανικός 2	Νεκταρινιά
22	15/11/2021	Οργανικός 2	Πορτοκαλιά
23	15/11/2021	Οργανικός 2	Αχλαδιά
24	15/11/2021	Οργανικός 2	Ροδακινιά
25	15/11/2021	Οργανικός 2	Βερικοκιά
26	15/11/2021	Συμβατικός	Δαμασκηνιά
27	15/11/2021	Συμβατικός	Μανταρινιά
28	15/11/2021	Συμβατικός	Κυδωνιά
29	15/11/2021	Συμβατικός	Βερικοκιά
30	15/11/2021	Συμβατικός	Κυδωνιά
31	22/02/2022	Οργανικός 1	Πορτοκαλιά
32	22/02/2022	Οργανικός 1	Νεραντζιά
33	22/02/2022	Οργανικός 1	Δαμασκηνιά
34	22/02/2022	Οργανικός 1	Αχλαδιά
35	22/02/2022	Οργανικός 1	Αχλαδιά
36	22/02/2022	Οργανικός 2	Νεκταρινιά

37	22/02/2022	Οργανικός 2	Πορτοκαλιά
38	22/02/2022	Οργανικός 2	Αχλαδιά
39	22/02/2022	Οργανικός 2	Ροδακινιά
40	22/02/2022	Οργανικός 2	Βερικοκιά
41	22/02/2022	Συμβατικός	Δαμασκηνιά
42	22/02/2022	Συμβατικός	Μανταρινιά
43	22/02/2022	Συμβατικός	Κυδωνιά
44	22/02/2022	Συμβατικός	Βερικοκιά
45	22/02/2022	Συμβατικός	Κυδωνιά
46	17/05/2022	Οργανικός 1	Πορτοκαλιά
47	17/05/2022	Οργανικός 1	Νεραντζιά
48	17/05/2022	Οργανικός 1	Δαμασκηνιά
49	17/05/2022	Οργανικός 1	Αχλαδιά
50	17/05/2022	Οργανικός 1	Αχλαδιά
51	17/05/2022	Οργανικός 2	Νεκταρινιά
52	17/05/2022	Οργανικός 2	Πορτοκαλιά
53	17/05/2022	Οργανικός 2	Αχλαδιά
54	17/05/2022	Οργανικός 2	Ροδακινιά
55	17/05/2022	Οργανικός 2	Βερικοκιά
56	17/05/2022	Συμβατικός	Δαμασκηνιά
57	17/05/2022	Συμβατικός	Μανταρινιά
58	17/05/2022	Συμβατικός	Κυδωνιά
59	17/05/2022	Συμβατικός	Βερικοκιά
60	17/05/2022	Συμβατικός	Κυδωνιά
61	22/06/2022	Οργανικός 1	Πορτοκαλιά
62	22/06/2022	Οργανικός 1	Νεραντζιά
63	22/06/2022	Οργανικός 1	Δαμασκηνιά
64	22/06/2022	Οργανικός 1	Αχλαδιά
65	22/06/2022	Οργανικός 1	Αχλαδιά
66	22/06/2022	Οργανικός 2	Νεκταρινιά
67	22/06/2022	Οργανικός 2	Πορτοκαλιά
68	22/06/2022	Οργανικός 2	Αχλαδιά

69	22/06/2022	Οργανικός 2	Ροδακινιά
70	22/06/2022	Οργανικός 2	Βερικοκιά
71	22/06/2022	Συμβατικός	Δαμασκηνιά
72	22/06/2022	Συμβατικός	Μανταρινιά
73	22/06/2022	Συμβατικός	Κυδωνιά
74	22/06/2022	Συμβατικός	Βερικοκιά
75	22/06/2022	Συμβατικός	Κυδωνιά



Εικόνα 2.1.1: Γεωγραφική θέση της πειραματικής περιοχής σε σχέση με την πόλη του Βόλου.



Εικόνα 2.1.2: Γεωγραφική θέση των σπρωρώνων στα Κάτω Λεχώνια, Μαγνησίας, με κίτρινο περίγραμμα είναι ο σπρωρώνας οργανικός 1, με πράσινο ο οργανικός 2, με κόκκινο ο συμβατικός.



Εικόνα 2.1.3: Γεωγραφική θέση του οργανικού σπρωρώνα 1.



Εικόνα 2.1.4: Γεωγραφική θέση του οργανικού οπωρώνα 2.



Εικόνα 2.1.5: Γεωγραφική θέση του συμβατικού οπωρώνα .

2.2 Τοποθέτηση παγίδων

Η καταγραφή της βιοποικιλότητας γινόταν με την μέθοδο που βασίζεται στην χρήση των παγίδων παρεμβολής (Pitfall traps), μια μέθοδο όπου η διαμόρφωση του δείγματος εξαρτάται από την κινητικότητα των οργανισμών, την πυκνότητα των πληθυσμών τους, καθώς και το σχήμα και το βάθος της παγίδας (Χρυσός, 2022). Οι παγίδες παρεμβολής που χρησιμοποιήθηκαν στην

συγκεκριμένη εργασία αποτελούνταν από ένα πλαστικό κύπελλο (ύψους 11,8cm και $\varnothing$ 7,5cm), μέσα στο οποίο τοποθετείται διάλυμα αποτελούμενο από προπυλενογλυκόλη, νερό και σαπούνι με στόχο την θανάτωση και συντήρηση των εντόμων που παγιδεύονται σε αυτή. Ωστόσο, το κύπελλο που χρησιμοποιούνταν στο πείραμα ήταν διπλό για μεγαλύτερη ασφάλεια και ευκολότερη παραλαβή του δείγματος. Η τοποθέτησή των παγίδων στο έδαφος πραγματοποιούνταν με στόχο την πλήρη επαφή της άνω επιφάνειας του κυπέλλου με αυτήν του εδάφους ώστε να αποφεύγεται η παρεμπόδιση εισόδου των εντόμων σε αυτήν (Εικόνα 2.2.1-2.2.3). Την εγκατάσταση διαδεχόταν η τοποθέτηση του υγρού στο εσωτερικό, ενώ τέλος η παγίδα καλύπτονταν με πλαστικό πιάτο ($\varnothing$ 23cm) σε ύψος περίπου 3cm από την επιφάνεια του εδάφους υποστηριζόμενο σε 3 ξύλινα στηρίγματα (Εικόνα 2.2.4). Η κάλυψη της παγίδας γινόταν με στόχο την προστασία του δείγματος από ανεπιθύμητους οργανισμούς-μη στόχους, φύλλα και κλαδιά ενώ η συλλογή τους γινόταν συνήθως 5 ή 6 μέρες μετά την τοποθέτηση της παγίδας ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες. Τα δείγματα συλλέγονταν με την χρήση μεταλλικής σίτας διαχωρισμού, τοποθετούνταν σε πλαστικά σακουλάκια και μεταφέρονταν στο εργαστήριο για περεταίρω αναγνώριση. Τα δείγματα τοποθετούνταν στην κατάψυξη με σκοπό την διατήρησή τους έως την πλήρη αναγνώριση.



Εικόνα 2.2.1: (α) Προετοιμασία του εδάφους για την τοποθέτηση της παγίδας, (β) Τοποθέτηση της παγίδας, (γ) γέμισμα της παγίδας με διάλυμα προπυλενογλυκόλης, (δ) τοποθέτηση της προστασίας της παγίδας, (ε) παγίδα έτοιμη για συλλογή.



Εικόνα 2.2.2: Τοποθετημένη παγίδα εδάφους σε βερικοκιά.

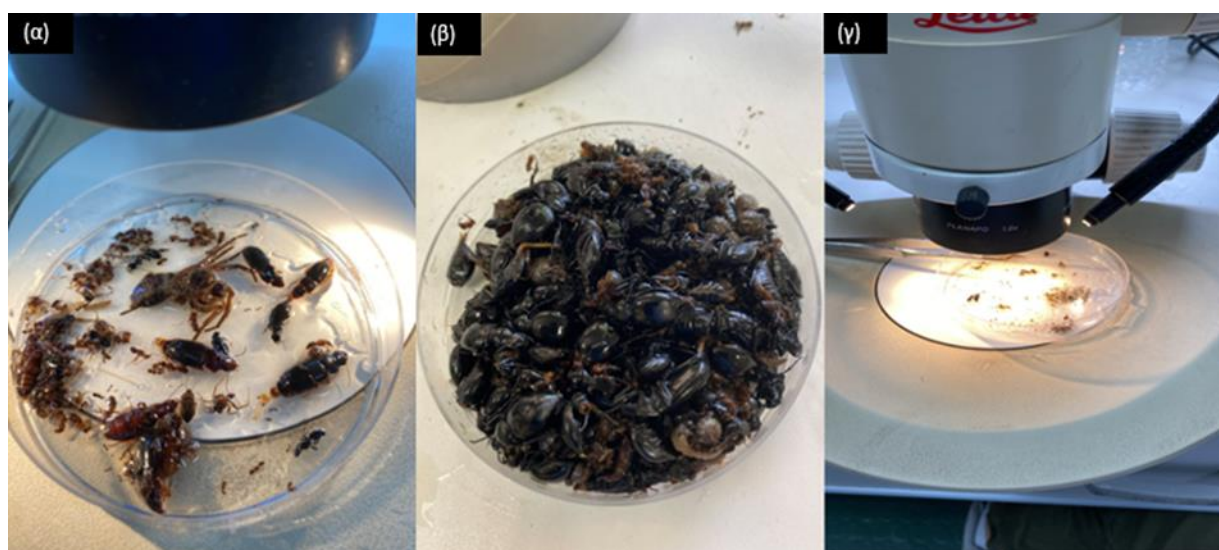
2.3 Παρασκευή διαλύματος

Το διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε στις παγίδες για την θανάτωση των εντόμων και την συλλογή τους δημιουργήθηκε στο εργαστήριο και αποτελούνταν από προπυλενογλυκόλη, σαπούνι χεριών και νερό σε αναλογία 4:1:15, αντίστοιχα. Κατόπιν το διάλυμα ανακινούνταν με σκοπό την ομογενοποίησή του.

2.4 Συλλογή και προετοιμασία δειγμάτων για αναγνώριση

Η αναγνώριση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια στερεοσκοπίου (LEICA MZ12). Αρχικά, το κάθε δείγμα ξεπλένονταν με νερό μέσω υδροβολέα ώστε να απομακρυνθούν οι ξένες ύλες (πχ. χώμα, πέτρες) και περνούσε από μεταλλική σίτα για την απομόνωση των υπό εξέταση

εντόμων. Έπειτα, το δείγμα τοποθετούνταν σε τρυβλίο τύπου petri (Ø 9cm) για την περεταίρω αναγνώριση. Η συντήρηση των εντόμων γινόταν με την τοποθέτησή τους σε αλκοόλη 70%. Από κάθε δείγμα αφαιρούνταν οι οργανισμοί μη στόχοι που δεν αποτελούσαν αντικείμενο της συγκεκριμένης πειραματικής διαδικασίας (πχ. Δίπτερα, Διπλόποδα, Ισόποδα, Αμφίποδα) ενώ πρέπει να τονιστεί ότι κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών σε παγίδες που περιείχαν τρωκτικά το δείγμα δεν ήταν δυνατό να καταγραφεί και να μελετηθεί περεταίρω. Η ταξινόμησή του κάθε εντόμου πραγματοποιούνταν σε επίπεδο κλάση, τάξης, οικογένειας και σε ορισμένα από αυτά επιπλέον σε γένος και είδος. Τέλος, τα διαφορετικά είδη των συλλήψεων, που είχαν ικανοποιητικό μέγεθος, τοποθετούνταν σε φελιζόλ όπου και καρφισώνονταν (Εικόνα 2.5.1) προκειμένου να διευκολυνθεί η διαδικασία της αναγνώρισης. Τέλος, τα μικρότερα σε μέγεθος δείγματα διατηρούνταν σε μπουκαλάκια καθώς το καρφίτσωμα τους ήταν αδύνατο όπως και τα αρπακτικά των δειγμάτων με την μικρότερη συχνότητα εύρεσης, προκειμένου να αποφευχθεί η αλλοίωσή τους.



Εικόνες 2.4.1: (α), (β) Δείγματα τοποθετημένα στο τρυβλίο petri και παρατήρησή τους στο στερεοσκόπιο, (γ) Αρχικός διαχωρισμός του δείγματος κατά όμοια πριν την τοποθέτησή τους στα μπουκαλάκια με την βοήθεια λαβίδας.

2.5 Διαδικασία αναγνώρισης

Η αναγνώριση των δειγμάτων στηρίχθηκε αρχικά σε ειδικές δημοσιευμένες κλείδες που περιγράφουν την τάξη των κολεοπτέρων (Πελεκάσης, 1986; Choate, 1999; Cannings and Scudder, 2006). Περαιτέρω αναγνώριση πραγματοποιήθηκε μέσω βιβλιογραφικών αναφορών (Robertson, 2004; Purtauf et al., 2005, Triplehorn et al., 2005; Edde, 2022) καθώς και ηλεκτρονικών εφαρμογών διαθέσιμων στο διαδίκτυο: iNaturalist (<https://www.inaturalist.org>) και στο κινητό- Picture insect.



Εικόνα 2.5.1: Τα καρφισωμένα έντομα στο φελιζόλ.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε στην αναγνώριση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια των χαρακτηριστικών που καταγράφηκαν από τις παραπάνω κλείδες. Αναλυτικότερα:

Coleoptera

Η τάξη διαιρείται σε δύο υποτάξεις: Adephaga, Polyphaga
Adephaga

Το πρώτο ουρόστερνο είναι στο μεγαλύτερο μέρος του καλυμμένο από τα οπίσθια ισχία και ορατό μόνο στα δύο πλάγια μέρη.

Μεμβρανοειδείς πτέρυγες με εγκάρσια νεύρα

Φέρει εγκάρσια μεταστερνική ραφή

Ταρσοί με 5-αρθροί (Ταρσικός τύπος: 5-5-5)

Κεραίες κυρίως νηματοειδείς

Χειλικές προσακτρίδες 3-άρθροι

Στην υποτάξη αυτή ανήκει η υπεροικογένεια Caraboidea, η οποία φέρει οφθαλμούς ολόκληρους, μη διαιρεμένους, κεραίες μακριές και λεπτοφυείς και περιλαμβάνει κυρίως αρπακτικά είδη της οικογένειας των Carabidae.

Polyphaga

Το πρώτο ουρόστερνο μη καλυμμένο από τα οπίσθια ισχία και ορατό κατά το μεγαλύτερο μέρος

Μεμβρανοειδείς πτέρυγες χωρίς εγκάρσια νεύρα ή φέρει ελάχιστα

Χωρίς εγκάρσια μεταστερνική ραφή

Ταρσοί και κεραίες διαφόρων τύπων

Τα χαρακτηριστικά των οικογενειών των Polyphaga είναι:

Carabidae

Μέγεθος: 0,1-50mm

Κεφαλή:

μεγάλη, διακριτή από το υπόλοιπο σώμα

οφθαλμοί: απλοί ή σύνθετοι, προεξέχουν στα πλάγια της κεφαλής τους

Κεραίες: νηματοειδείς ή σμηριγγοειδείς 11 άρθρων

Στοματικά μόρια: καλώς αναπτυγμένη πρόγναθος, clypeus (επιστόμιο) που δεν ξεπερνά την βάση των κεραιών και εσωτερικός λοβός κάτω γνάθων χωρίς κινητό αγκιστροειδές άκρο (δύο τελευταίοι χαρακτήρες διαφοροποιούν την οικογένεια από την Cicindelidae), galea (εξωτερικός λοβός κάτω γνάθων) με 2 άρθρα

Σώμα:

Σκληρό, επίμηκες, πεπλατυσμένο με σκοτεινά κυρίως χρώματα και κάποιες φορές λαμπερά.

Προθώρακας: καρδιόσχημος, στενότερος ή ίδιου πλάτους με το σημείο που φύονται τα έλυτρα

Πτέρυγες: μεμβρανοειδείς χωρίς εγκάρσια νεύρα, ατροφικές ή δεν υπάρχουν

Έλυτρα: επιμήκη που καλύπτουν μεγάλο μέρος της κοιλιάς, λεία, στικτά, ή γραμμωτά ενώ το χρώμα τους μπορεί να είναι μαύρο έως γυαλιστερά και έντονα (Lövei & Sunderland, 1996)

Ταρσοί: με 5 άρθρα

Πόδια: καλώς αναπτυγμένα, μακριά, λεπτά, βαδιστικά

Κοιλιά:

Με 6 ουρόστερνα (που τα διαχωρίζει από τα Dytiscidae τα οποία έχουν 8 ουρόστερνα)

Χαρακτηριστικά οικογένειας

Η οικογένεια περιλαμβάνει 21000 περίπου περιεγραμμένα είδη κατατασσόμενα σε πολλά γένη. Αποτελούν νυκτόβια αρπακτικά έντομα, εντομοφάγα, τόσο ως ακμαία όσο και ως προνύμφες και θεωρούνται ιδιαίτερος ωφέλιμα στην γεωργία.

Staphylinidae

Μέγεθος: 0,7-30mm

Κεφαλή:

μεγάλη, διακριτή από το υπόλοιπο σώμα

οφθαλμοί: απλοί ή σύνθετοι

Κεραίες: νηματοειδείς ή ροπαλοειδείς 10 ή 11 άρθρων

Στοματικά μόρια: ευδιάκριτα, άνω γνάθοι μεγάλου μεγέθους

Σώμα:

Μαλακό έως δερματοειδές, κυλινδρικό ή πεπλατυσμένο, με ή χωρίς τρίχες

Πτέρυγες: μεμβρανοειδείς χωρίς εγκάρσια νεύρα, ατροφικές ή δεν υπάρχουν

Έλυτρα: μικρά σε μέγεθος αφήνοντας ακάλυπτο μεγάλο μέρος της κοιλιάς

Ταρσοί: τύπου 3-5-5 ή 4-5-5 ή 5-5-5

Πόδια: καλώς αναπτυγμένα

Κοιλιά:

Οξύληκτη, εύκολα κινούμενη άνω και κάτω

Ορατά ουρόστερνα 6-7

Χαρακτηριστικά οικογένειας

20000 είδη, με ωφέλιμο ρόλο

Σαρκοφάγα, εντομοφάγα τρεφόμενα με φυτοφάγα έντομα, σαπροφάγα

Ο αρπακτικός ρόλος των Staphylinidae βασίζεται στην ευκινησία τους και έχουν ευρύ διατροφικό κύκλο όπως νηματώδεις, ακάρεα ακόμα και έντομα μεγαλύτερα σε μέγεθος από αυτά (Newton, 1990).

Dermestidae

Μικρού μεγέθους

Κεφαλή: κεραίες βραχείες καταλήγουσες σε εξόγκωμα

Σώμα: καλυμμένο με πυκνό τρίχωμα

Elateridae

Μικρού έως μέτριου μεγέθους

Κεφαλή: καλυμμένη στο μεγαλύτερο τμήμα της από τον προθώρακα

Σώμα: επίμηκες που στενεύει όσο πλησιάζει το πίσω μέρος, πρόστερνο με μεσαία απόφυση που καταλήγει στο μεσόστερνο

Tenebrionidae

Μικρού έως μέτριου μεγέθους

Σώμα: ευμεγέθους προθώρακας

Έλυτρα: καλύπτουν πλήρως την κοιλιά

Πόδια: πρόσθια ισχία σφαιρικά

Χαρακτηριστικά οικογένειας: άτομα ανομοιομόρφους κατασκευής και με μεγάλη ποικιλομορφία. Κάποιες φορές ο θώρακας φέρει παρυφές μυτερές.

Chrysomelidae

Μικρού έως μέτριου μεγέθους (2-20mm)

Κεφαλή: βυθισμένη κεφαλή εντός του προθώρακα με ένα μέρος διακριτό από το πάνω μέρος

Σώμα: σχήμα ωοειδές, με ζωηρά, έντονα, μεταλλικά χρώματα

Έλυτρα: καλύπτουν εντελώς την κοιλιά, με κυκλικό ακραίο τμήμα, ραβδωτά ή στικτά

Πόδια: πρόσθια ισχία σφαιρικά

Χαρακτηριστικά οικογένειας: Αποτελείται κυρίως από φυλλοφάγα είδη εντόμων

Cerambycidae

Μικρού έως μέτριου μεγέθους(6-50mm)

Κεφαλή: ελεύθερη, ευδιάκριτη από το υπόλοιπο τμήμα

Κεραίες: πολύ μακριές που κάποιες φορές ξεπερνούν το μήκος του σώματος των εντόμων

Σώμα: επίμηκες

Προθώρακας: στενότερος της βάσης των ελύτρων με χαρακτηριστικές οδοντοειδείς ή ακανθώδεις αποφύσεις

Έλυτρα: καλύπτουν εντελώς την κοιλιά, συγκολλημένα

Πόδια: πρόσθια ισχία σφαιρικά

Χαρακτηριστικά οικογένειας: Αποτελείται κυρίως από ξυλοφάγα είδη εντόμων

Curculionidae

Μικρού έως μέτριου μεγέθους(1,5-25mm)

Κεφαλή: ευδιάκριτη που καταλήγει σε ρύγχος, το οποίο έχει ποικίλα μεγέθη και φέρει αύλακα υποδεχόμενο εν μέρη ή εξ' ολοκλήρου τον σκάππο

Κεραίες: γονατοειδείς 12 άρθρων, με το πρώτο πολύ μακρύ και τα τρία τελευταία να σχηματίζουν ροπαλοειδές εξόγκωμα (κορύνη)

Σώμα:

Προθώρακας: κυλινδρικός, στενότερος της βάσης των ελύτρων

Έλυτρα: καλύπτουν πλήρως το σώμα ή όχι, κυρτά, ωοειδή

Χαρακτηριστικά οικογένειας: Αποτελείται κυρίως από επιβλαβή φυτοφάγα είδη, που προσβάλλουν τόσο το υπέργειο όσο και το υπόγειο τμήμα του φυτού.

Scarabaeidae

Μεγάλου μεγέθους

Κεφαλή:

Κεραίες: ελασματοειδείς, αποτελούμενες από πλάκες που καταλήγουν σε ένα στενό άκρο (3-8 άρθρα)

Σώμα: ωοειδές

Έλυτρα: καλύπτουν πλήρως την κοιλιά

Geotrupidae

Μεγάλου μεγέθους

Κεφαλή:

Κεραίες: ελασματοειδείς 11 άρθρων, αποτελούμενες από πλάκες που καταλήγουν σε ένα στενό άκρο

Σώμα: ωοειδές

Έλυτρα: καλύπτουν πλήρως την κοιλιά

Πόδια: μπροστινή κνήμη πεπλατυσμένη με ένα ή περισσότερα δόντια στην εξωτερική άκρη, τροχαντήρες κρυμμένους

Ταρσοί: με 5 άρθρα

Hydrophilidae

Ποικίλου μεγέθους

Κεφαλή:

Κεραίες: με 3-4 άρθρα που σχηματίζουν μια ράβδος

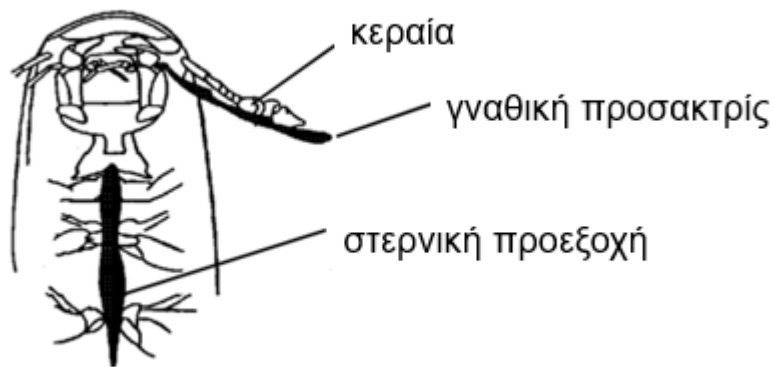
Maxillary palpus (γναθική προσακτρίδα) ίσο ή μεγαλύτερο από την κεραία

Σώμα: ωοειδές

Έλυτρα: καλύπτουν πλήρως την κοιλιά.

Πόδια: κολυμβητικά

Ταρσοί: με 5 άρθρα



Εικόνα 2.5.2: Κοιλιακή όψη της οικογένειας Hydrophilidae (από Choate, 1999).

Hemiptera

Cycnidae

Μικρού μεγέθους 8mm, μαύρου ως κοκκινωπού χρώματος έντομα

Φέρει ημιέλυτρα

Κεφαλή: στοματικά μόρια-ρύγχος

Κεραίες: νηματοειδείς, 5 άρθρων

Σώμα:

Πόδια: κνήμες με αγκάθια

Ταρσοί: αδύναμοι με 3 άρθρα

Χαρακτηριστικά οικογένειας: Αποτελείται κυρίως από επιβλαβή φυτοφάγα είδη, που προσβάλλουν το υπόγειο τμήμα του φυτού. Ομοιάζουν με τις κοινές βρωμούσες της οικογένειας Pentadomidae

(Triplehorn et al., 2005)

Rhyparochromidae

Φέρει ημιέλυτρα

Κεφαλή: στοματικά μόρια-ρύγχος

Σώμα: Μεταξύ του 3^{ου} και 4^{ου} τεργίτη παρατηρείται ένα βαθούλωμα που έρχεται σε σαφή αντίθεση από τους παρακάτω τεργίτες

Πόδια: κνήμες με αγκάθια

(Mike Hackston, 2020)

Pyrrhocoridae

Μέτριου έως μεγάλου μεγέθους(5-30mm)

Κεφαλή:

Κεραίες: με 4 άρθρα

Οφθαλμοί: οι απλοί απουσιάζουν

Σώμα: επίμηκες, ωοειδές, τα μεγαλόσωμα έχουν στρογγυλεμένη την άκρη του πρόνωτου

Έλυτρα: Μεμβράνη αρχίζει από δύο βασικά κύτταρα, από τα οποία εκτείνονται 7-8 διακλαδιζόμενες φλέβες μέχρι το χείλος της κορυφής

Χαρακτηριστικά οικογένειας: Έντονα χρώματα, είναι φυτοφάγα και κυρίως τρέφονται με βαμβάκι ή παρόμοια φυτά, ομοιάζουν με τα Lygaeidae αλλά αυτά διαθέτουν απλούς οφθαλμούς

(Robertson, 2004; Edde, 2022)

Dermaptera

Μικρού έως μετρίου μεγέθους

Κεφαλή: σφαιρική

Στοματικά μόρια: μασητικά

Κεραίες: με πολλά άρθρα, λεπτές

Οφθαλμοί: σύνθετοι κυρίως καλώς ανεπτυγμένοι

Σώμα: επίμηκες, πεπλατυσμένο με σκληρό εξωσκελετό, πρόνωτο καλώς αναπτυγμένο

Ψευδέλυτρα: υπάρχουσα ή όχι, σκληροποιημένα, οι οπίσθιες πτέρυγες μεγάλες και στρογγυλές με ακτινοειδείς νευρώσεις

Πόδια: κοντά και πλατιά

Κοιλιά: με 11 ουρομεροί όπου το τελευταίο ζεύγος έχει μετατραπεί σε σκληρούς κερκούς στα θηλυκά άτομα και σε μακριά λαβίδα στα αρσενικά

Χαρακτηριστικά οικογένειας: πολυφάγα, εντομοφάγα, ωφέλιμα έντομα κυρίως έντομα

2.6 Στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων

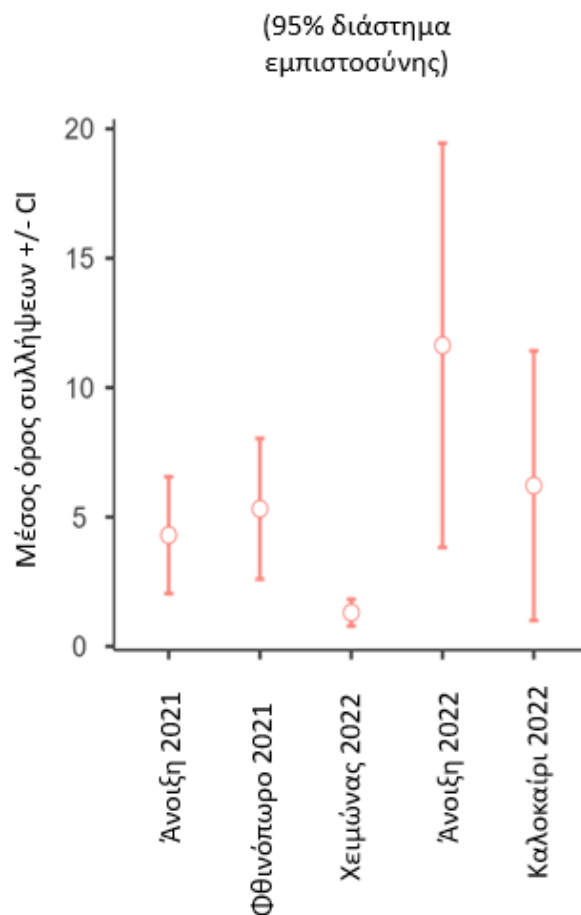
Οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS 24.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Η επίδραση της εποχής παγίδευσης, του τύπου καλλιέργειας του οπωρώνα και του ξενιστή στις συλλήψεις συνολικά των εντόμων και των διαφόρων οικογενειών, καθ' όλη την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας καθώς και μεμονωμένα στην κάθε εποχή δειγματοληψίας υπολογίστηκε με πολυμεταβλητή ανάλυση παραλλακτικότητας (Repeated Measures MANOVA). Τα δεδομένα των συλλήψεων ελέγχθηκαν με το κριτήριο Levene ($p > 0,05$) για την κανονικότητα και την ομοιογένεια των παραλλακτικότητων τους. Οι ανά δύο συγκρίσεις των μέσων όρων έγιναν με το κριτήριο Tukey B ($p < 0,05$).

3. Αποτελέσματα

3.1 Επίδραση της εποχής, του ξενιστή και του τύπου του αγρού στις συλλήψεις των εδαφόβιων αρπακτικών

Το πείραμα επικεντρώθηκε στην επίδραση της εποχής, του ξενιστή και του τύπου του αγρού στις συλλήψεις των εδαφόβιων αρπακτικών καθώς και η σύγκριση των παραγόντων μεταξύ τους.

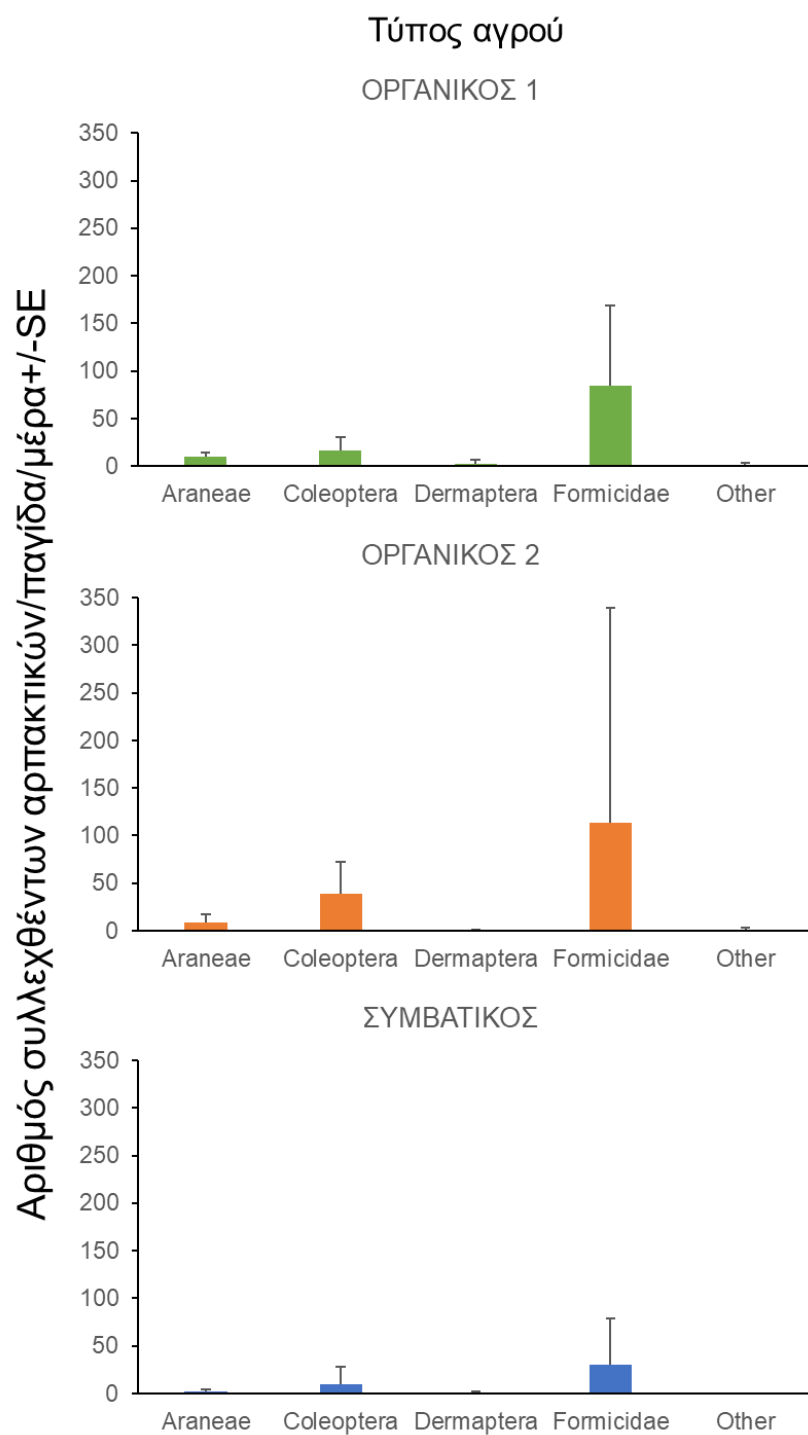
Στο Διάγραμμα 3.1 δίνεται ο μέσος όρος συλλήψεων ανά εποχή δειγματοληψίας. Πιο συγκεκριμένα, η εποχή είχε σημαντική επίδραση στις συλλήψεις αρπακτικών ($F_{\text{εποχής}} = 7,50$, $df = 4$, $MS = 6021,30$, $p < 0,05$). Η άνοιξη του 2022 έδειξε να παρουσιάζει διαφορά με τον χειμώνα του 2022 σε σχέση με τις άλλες εποχές.



Διάγραμμα 3.1: Διάγραμμα απεικόνισης του μέσου όρου των συλληφθέντων αρπακτικών ανά εποχή των δειγματοληψιών.

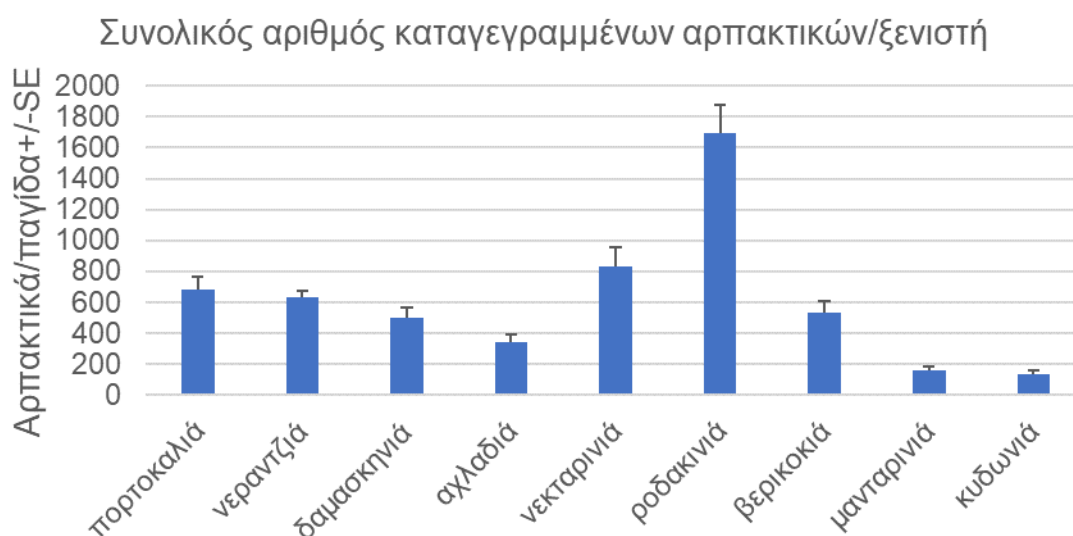
Στο Διάγραμμα 3.2 δίνεται ο μέσος αριθμός των συλλεχθέντων εντόμων των εδαφόβιων αρπακτικών εντόμων. Ο αριθμός αυτός εκφράστηκε ανά παγίδα και μέρα συλλήψεως ανά τύπο αγρού. Ο υψηλότερος αριθμός συλλήψεων σημειώθηκε στους οργανικούς οπωρώνες και κυρίως στον Οργανικό 2 (113 συλλήψεις) σε σχέση με τον συμβατικό αγρό (30 συλλήψεις). Ωστόσο, ο τύπος του αγρού ($F_{\text{αγρού}} = 0,84$, $df = 2$, $MS = 674,02$, $p = 0,43$) δεν έδειξε να επηρέασε σημαντικά τις αντίστοιχες συλλήψεις.

Ακόμη, οι συνολικές καταγραφές αποδεικνύουν την στατιστική επιρροή της οικογένειας στα αποτελέσματα ($F_{\text{οικογένεια}} = 30,85$, $df = 18$, $MS = 24786,57$, $p < 0,05$) Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκαν αυξημένες συλλήψεις των Formicidae καθώς και η στατιστική σπουδαιότητα τους από τις υπόλοιπες οικογένειες-κλάσεις σε όλους τους τύπους αγρού και κυρίως στους οργανικούς. Αντίθετα, οι άλλες οικογένειες-taxa δεν φέρουν μεταξύ τους κάποια στατιστική διαφορά.



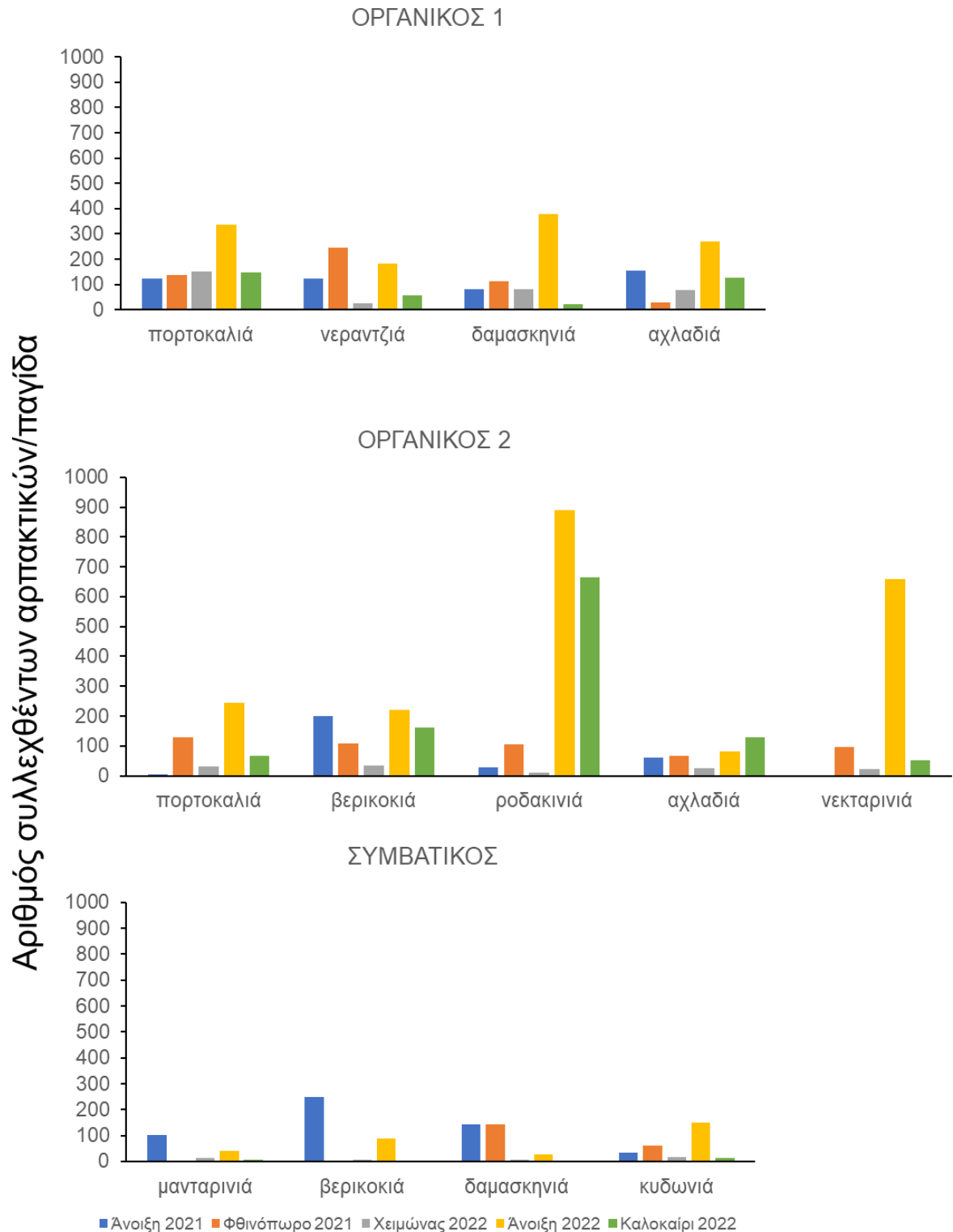
Διάγραμμα 3.2: Ο μέσος όρος συλλήψεων των σημαντικότερων οικογενειών-τάξεων αρπακτικών ανά παγίδα και μέρα σε κάθε τύπο αγρού σε όλη την διάρκεια του πειράματος.

Στο Διάγραμμα 3.3 δίνεται ο αριθμός των καταγεγραμμένων αρπακτικών ανά ξενιστή. Αυξημένη συγκέντρωση αρπακτικών σημειώθηκε στην ροδακινιά (1698 εδαφόβια αρπακτικά). Η ανάλυση παραλλακτικότητας επαναλαμβανόμενων μετρήσεων κατέδειξε την επίδραση του ξενιστή στις συλλήψεις των ενήλικων διαφορετικών οικογενειών ($F_{\text{ξενιστή}} = 2,35$, $df = 8$, $MS = 1885,05$, $p < 0,05$).



Διάγραμμα 3.3: Συνολικός αριθμός καταγεγραμμένων αρπακτικών ανά ξενιστή. Τα στοιχεία αφορούν όλη την περίοδο του πειράματος.

Ακόμα, η ανάλυση των αποτελεσμάτων αποδεικνύει τη διαφορά από την αλληλεπίδραση των ξενιστών και της εποχής δειγματοληψίας ($F_{\text{εποχής*ξενιστή}} = 1,73$, $df = 31$, $MS = 1388,51$, $p < 0,05$). Αναλυτικότερα, στο Διάγραμμα 3.4 την άνοιξη του 2021 η βερικοκιά παρουσιάζει αυξημένες συλλήψεις ανεξάρτητα του τύπου του αγρού. Έτσι, στον συμβατικό αγρό (250 συλλήψεις) παρατηρούνται αυξημένες κατά 49 οι συλλήψεις των εδαφόβιων αρπακτικών σε σχέση με τον οργανικό 2 αγρό (201 συλλήψεις).



Διάγραμμα 3.4: Συνολικός αριθμός καταγεγραμμένων αρπακτικών ανά ξενιστή, τύπο αγρού και περίοδο δειγματοληψίας σε όλη την διάρκεια του πειράματος. Το SE δεν υπάρχει καθώς ο αριθμός των συλλεχθέντων αρπακτικών προκύπτει από μία ή δύο παγίδες για κάθε φυτό ξενιστή.

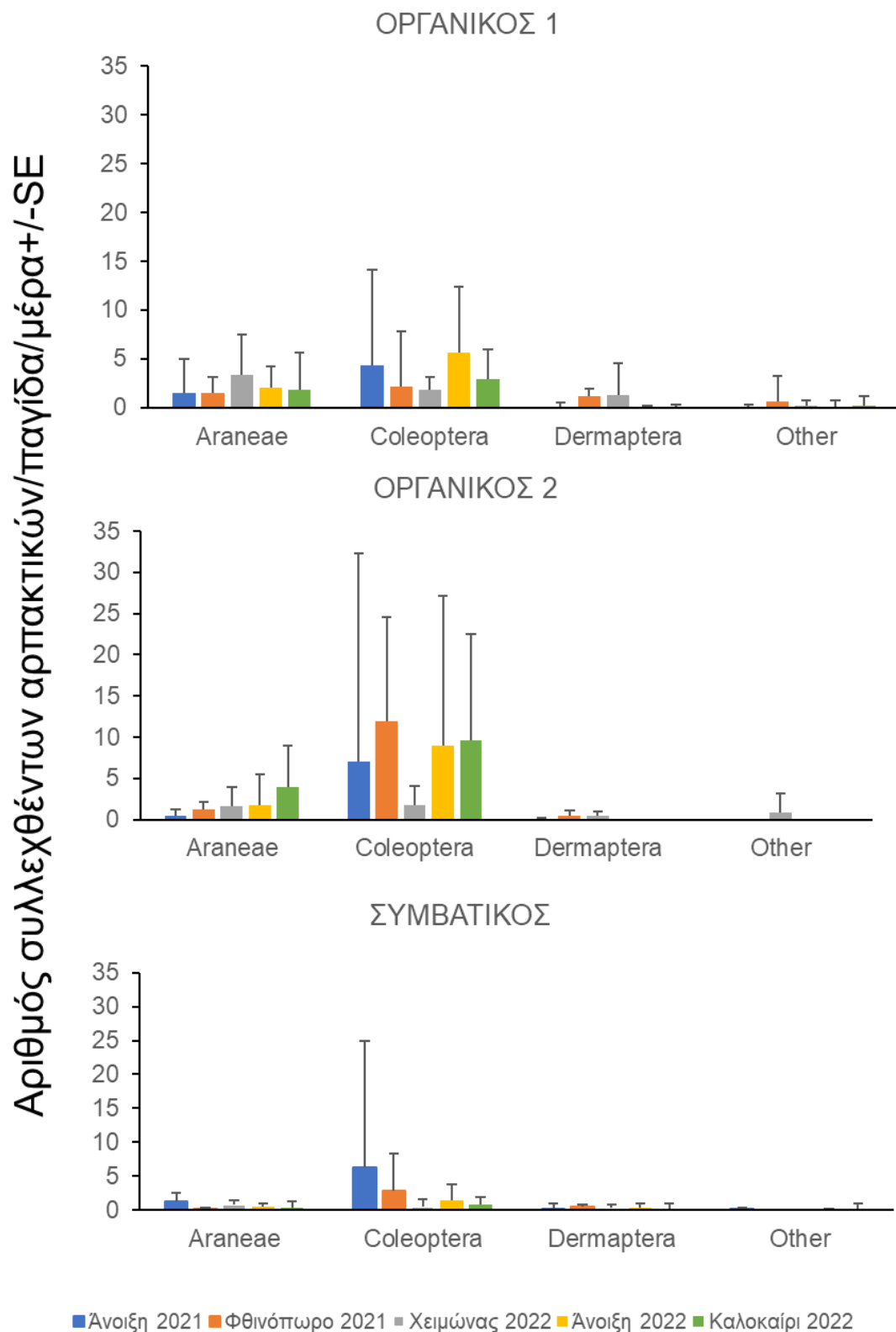
Το φθινόπωρο του 2021 στην δαμασκηλιά οι συλλήψεις στον οργανικό 1 αγρό είναι 111 ενώ στον συμβατικό 142. Ταυτόχρονα, ιδιαίτερα αυξημένο είναι το δείγμα των συλλεχθέντων εντόμων στην πορτοκαλιά και στους δύο οργανικούς αγρούς καθώς και στην νεραντζιά στον οργανικό 1 αγρό. Σημαντική διαφορά παρατηρείται στα συλλεχθέντα δείγματα ως προς τον αριθμό των συλλήψεων τον χειμώνα του 2022 σε σχέση με τις άλλες εποχές των δειγματοληψιών. Ως προς τους αγρούς αυξημένες συλλήψεις παρατηρούνται παρά την μειωτική τάση της εποχής στους οργανικούς αγρούς ενώ ως προς τους ξενιστές σημαντικές είναι οι συλλήψεις στην πορτοκαλιά. Την άνοιξη του 2022, οι συλλήψεις είναι ιδιαίτερα αυξημένες σε όλους τους ξενιστές και κυρίως αυτούς των οργανικής διαχείρισης αγρών με την ροδακινιά να υπερισχύει έναντι των άλλων ξενιστών. Το ίδιο έντονες είναι και οι συλλήψεις στους οργανικούς αγρούς και στην ροδακινιά το καλοκαίρι του 2022. Έτσι, η πολυμεταβλητή ανάλυση διακύμανσης (MANOVA) έδειξε ότι η εποχή ($F_{\text{εποχής}} = 7,50$, $df = 4$, $MS = 6021,30$, $p < 0,05$) και ο ξενιστής ($F_{\text{ξενιστή}} = 2,35$, $df = 8$, $MS = 1885,05$, $p < 0,05$) επηρέασαν σημαντικά τις συλλήψεις των ενηλίκων διαφορετικών οικογενειών στις παγίδες. Αντίθετα, ο τύπος του αγρού ($F_{\text{αγρού}} = 0,84$, $df = 2$, $MS = 674,02$, $p = 0,43$) δεν επηρέασε σημαντικά τις αντίστοιχες συλλήψεις. Οι συλλήψεις διέφεραν σημαντικά όσον αφορά και την αλληλεπίδραση του ξενιστή και της εποχής δειγματοληψίας ($F_{\text{εποχής*ξενιστή}} = 1,73$, $df = 31$, $MS = 1388,51$, $p < 0,05$).

Πίνακας 5: Αποτελέσματα της πολυμεταβλητής ανάλυσης (AMOVA), συμπεριλαμβανομένων των Formicidae.

ΠΗΓΗ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ (df)	ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ (MS)	F	P
Εποχή	4	6021.30	7.50	0.00
Τύπος αγρού	2	674.02	0.84	0.43
Οικογένεια	18	24786.57	30.85	0.00
Ξενιστής	8	1885.05	2.35	0.02
Εποχή*Οικογένεια	72	3777.77	4.70	0.00
Εποχή*Ξενιστής	31	1388.51	1.73	0.01
Οικογένεια*Ξενιστής	144	1977.12	2.46	0.00

Καθώς, η κυριαρχία των Formicidae είναι ιδιαίτερα φανερή και δεν επιτρέπει να εξετάσουμε επιμέρους διαφορές πραγματοποιήθηκε και στατιστική ανάλυση μεταξύ των υπόλοιπων οικογενειών-κλάσεων προκειμένου να διαπιστώσουμε αν υπάρχουν παράγοντες που επηρεάζουν περισσότερο σε αυτή την δεύτερη ανάλυση.

Στο Διάγραμμα 3.5 δίνεται ο μέσος αριθμός των συλλεχθέντων αρπακτικών ανά παγίδα και μέρα σε κάθε τύπο αγρού σε όλη την διάρκεια του πειράματος.



Διάγραμμα 3.5: Ο μέσος όρος των συλλεχθέντων οικογενειών-τάξεων των εδαφόβιων αρπακτικών (εκτός των Formicidae) ανά παγίδα και μέρα σε κάθε τύπο αγρού και περίοδο δειγματοληψίας σε όλη την διάρκεια του πειράματος.

Πιο συγκεκριμένα, την άνοιξη του 2021 τα Coleoptera παρουσιάζουν αυξημένες συλλήψεις σε όλους τους τύπους αγρών με υψηλότερες εκείνες του Οργανικού 2. Ταυτόχρονα, από το Διάγραμμα 3.5 φαίνονται οι αυξημένες συλλήψεις των Araneae τον χειμώνα του 2022. Οι συλλήψεις των οργανικών οπωρώνων παραμένουν υψηλότερες από αυτές του συμβατικού οπωρώνα. Την άνοιξη του 2022 τα Coleoptera παρουσιάζουν μια άνοδο ενώ τα Araneae παραμένουν περίπου στα προηγούμενα επίπεδα ενώ οι συνολικές καταγραφές είναι περισσότερες στους οργανικού τύπου αγρού σε σχέση με τον συμβατικού τύπου. Τέλος, το καλοκαίρι του 2022 υπερισχύουν οι συλλήψεις των οργανικών αγρών σε σχέση με του συμβατικού ενώ κυρίαρχη κλάση εκείνη την εποχή αποτελούν και πάλι τα Coleoptera.

Η πολυμεταβλητή ανάλυση διακύμανσης (MANOVA) έδειξε ότι η εποχή ($F_{\text{εποχής}} = 0,84$, $df = 4$, $MS = 25,04$, $p = 0,5$) δεν επηρέασε σημαντικά τις συλλήψεις των ενηλίκων διαφορετικών οικογενειών στις παγίδες, σε αντίθεση με την πρώτη περίπτωση. Παράλληλα, όμως ο τύπος του αγρού ($F_{\text{αγρού}} = 3,52$, $df = 2$, $MS = 105,03$, $p < 0,05$) επηρέασε σημαντικά τις αντίστοιχες συλλήψεις με τον οργανικό 2 αγρό να υπερισχύει έναντι των άλλων δύο. Ακόμη, σε αυτή την περίπτωση αποδείχθηκε ότι οι οικογένειες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τις άλλες συλλεχθέντες οικογένειες ($F_{\text{οικογένειας}} = 17,07$, $df = 17$, $MS = 509,53$, $p < 0,05$) ενώ οι κυρίαρχες οικογένειες είναι οι Tenebrionidae, Carabidae (Coleoptera) και η τάξη Araneae.

Τέλος, οι συλλήψεις δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ των ξενιστών σε κάθε εποχή δειγματοληψίας ($F_{\text{εποχής*ξενιστή}} = 1,14$, $df = 30$, $MS = 33,97$, $p = 0,28$) ενώ η αλληλεπίδραση του ξενιστή με την οικογένεια ($F_{\text{οικογένεια*ξενιστή}} = 0,83$, $df = 136$, $MS = 24,69$, $p = 0,92$) καθώς και με τον αγρό δεν παρουσιάζει κάποια στατιστική διαφορά ($F_{\text{αγρός*ξενιστή}} = 1,89$, $df = 2$, $MS = 56,42$, $p = 0,15$).

Πίνακας 6: Αποτελέσματα της πολυμεταβλητής ανάλυσης (ΑΜΟΝΑ), εκτός των Formicidae.

ΠΗΓΗ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑ Σ	ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ (df)	ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ (MS)	F	P
Εποχή	4	25.04	0.84	0.50
Τύπος αγρού	2	105.03	3.52	0.03
Οικογένεια	17	509.53	17.07	0.00
Εποχή*αγρός	7	45.99	1.54	0.15
Εποχή*Ξενιστής	30	33.97	1.14	0.28
Εποχή*Οικογένεια	68	59.83	2.00	0.00
Αγρός*Ξενιστής	2	56.42	1.89	0.15
Αγρός*Οικογένεια	34	60.02	2.01	0.00
Ξενιστής*Οικογένεια	136	24.69	0.83	0.92

3.2 Δείκτες βιοποικιλότητας

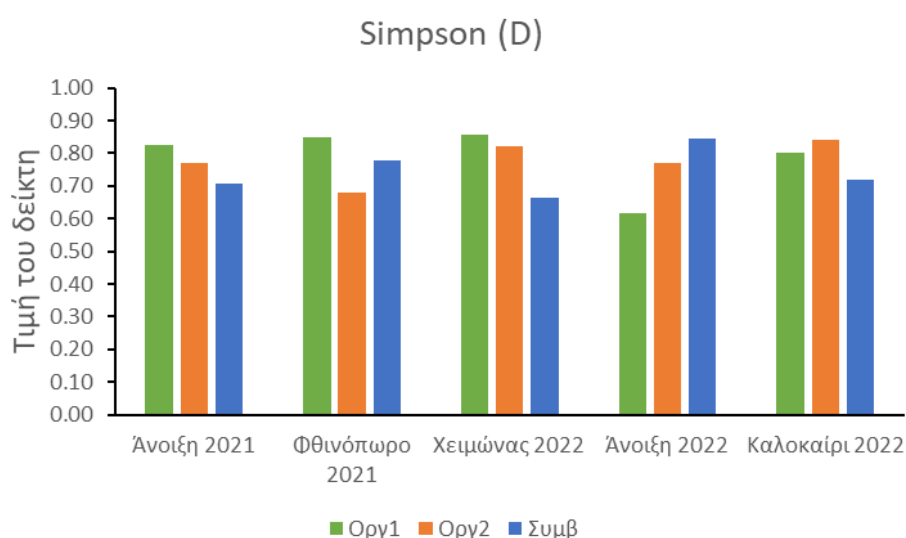
Υπολογίστηκαν οι δείκτες ποικιλότητας Simpson(D), Shannon(H), Pielou(J), οι αριθμοί Hill-N1 και N2 και ο δείκτης ισοδιανομής F2/1, με την βοήθεια του excel, έπειτα από λεπτομερή εισαγωγή των δειγμάτων και του τύπου υπολογισμού του εκάστοτε δείκτη. Ωστόσο, δεν λήφθηκαν υπόψιν τα Araneae και τα Formicidae λόγω της μη αναγνώριση τους και ταξινόμησή τους σε οικογένειες είδη.

3.2.1 Simpson (D)

Μετά από σύγκριση των διαφόρων εποχών αλλά και τύπων αγρού στο Διάγραμμα 3.6 διαπιστώθηκε ότι η μεγαλύτερη τιμή του δείκτη παρατηρήθηκε στους οργανικού τύπου αγρούς και ειδικότερα, στην πλειονότητα του στον Οργανικό 1. Ο δείκτης έλαβε τιμές από 0,66 έως 0,85. Ακόμη, χρειάζεται να επισημανθεί ότι ο δείκτης λαμβάνει τιμές από το 0 έως το 1. Πιο αναλυτικά, στον οργανικό 1 οπωρώνα στις πρώτες εποχές υπάρχει μια σταθερότητα στις υψηλές τιμές του δείκτη η οποία μειώνεται την άνοιξη του 2022 και ξανά αυξάνεται το καλοκαίρι του 2022. Συγχρόνως, στον οργανικό 2 αγρό παρατηρούνται συνεχείς αυξομειώσεις όπως και στον συμβατικό με μια μείωση

τον χειμώνα του 2022 και μία απότομη αύξηση στην μέγιστη τιμή του αγρού την άνοιξη του 2022 που θα καταλήξει σε χαμηλότερα επίπεδα το καλοκαίρι του 2022.

Ειδικότερα, στον οργανικό 1 σπωρώνα η μεγαλύτερη τιμή (0,85) παρατηρήθηκε το φθινόπωρο του 2021 και τον χειμώνα του 2022 ενώ η ελάχιστη (0,62) την άνοιξη του 2022. Στον οργανικό 2 η μεγαλύτερη (0,84) το καλοκαίρι του 2022 και η μικρότερη (0,68) το φθινόπωρο του 2021. Τέλος, στον συμβατικό η μέγιστη (0,84) παρατηρήθηκε την άνοιξη του 2022 και η ελάχιστη (0,66) τον χειμώνα του 2022.

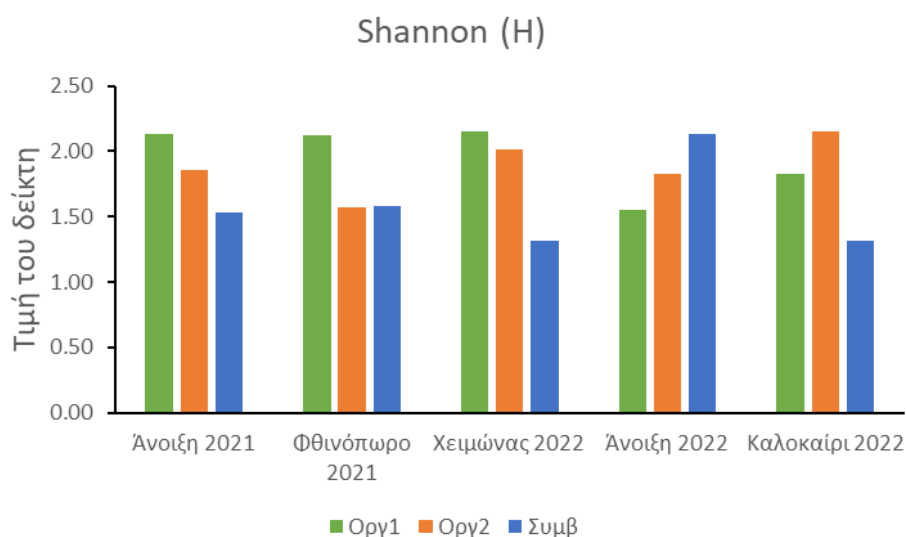


Διάγραμμα 3.6: Η τιμή του δείκτη Simpson (D) στους διάφορους τύπους αγρού σε όλη την διάρκεια του πειράματος.

3.2.2 Shannon (H)

Αντίστοιχα αποτελέσματα, με τον δείκτη Simpson (D) δίνονται και στο Διάγραμμα 3.7 για τον δείκτη Shannon (H). Ο δείκτης κυμαίνεται σε τιμές από 1,31 (συμβατικός-χειμώνας 2022, καλοκαίρι 2022) έως 2,16 (οργανικός-χειμώνας 2022). Πιο συγκεκριμένα, οργανικός 1 (Οργ1) εμφανίζει την μέγιστη τιμή του (2,16) τον χειμώνα του 2022 και την μικρότερη (1,83) την άνοιξη του 2022. Ο οργανικός 2 (Οργ2) εμφανίζει την μέγιστη τιμή του (2,15) το καλοκαίρι του 2022 και την μικρότερη (1,58) το φθινόπωρο του 2021. Ο συμβατικός

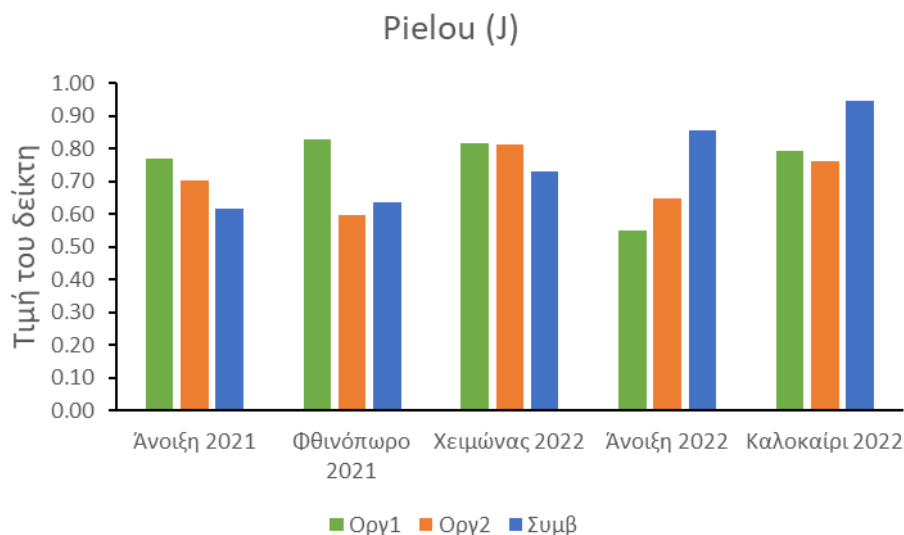
(Συμβ) εμφανίζει την μέγιστη τιμή του (2,13) την άνοιξη του 2022 και την μικρότερη (1,31) τον χειμώνα του 2022 και το καλοκαίρι του 2022.



Διάγραμμα 3.7: Η τιμή του δείκτη Shannon (H) στους διάφορους τύπους αγρού σε όλη την διάρκεια του πειράματος.

3.2.3 Δείκτης ισοδιανομής ή ισομέρειας Pielou (evenness)

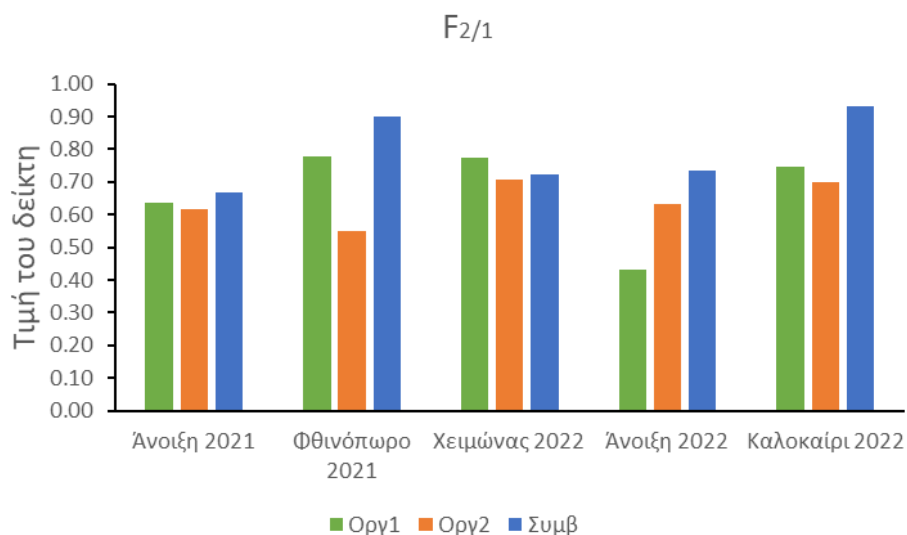
Παράλληλα, υπολογίστηκε ο δείκτης Pielou, ο οποίος σχετίζεται με την ισοδιανομή-ομοιομορφία των πληθυσμών ενώ συνδέεται με τις αλληλεπιδράσεις των ειδών και τις σχέσεις που εμφανίζουν όπως αυτές του ανταγωνισμού, της θήρευσης και της συμβίωσης. Ο δείκτης σε όλη την διάρκεια του πειράματος κυμαίνεται από τιμές 0,55 έως 0,95. Στον οργανικό 1 οπωρώνα η μέγιστη τιμή του (0,83) παρατηρήθηκε το φθινόπωρο του 2021 ενώ η ελάχιστη (0,55) την άνοιξη του 2022. Στον οργανικό 2 η υψηλότερη τιμή (0,81) τον χειμώνα του 2022 ενώ η ελάχιστη (0,60) το φθινόπωρο του 2021. Τέλος, στον συμβατικό κυμάνθηκε μεταξύ 0,63 την άνοιξη του 2021 έως 0,95 το καλοκαίρι 2022 ενώ κατά την διάρκεια του πειράματος αυξανόταν συνεχώς.



Διάγραμμα 3.8: Η τιμή του δείκτη ισοδιανομής ή ισομέρειας Pielou (evenness) στους διάφορους τύπους αγρού σε όλη την διάρκεια του πειράματος.

3.2.4 Δείκτης ισοδιανομής $F_{2/1}$: Αριθμοί Hill

Τέλος, υπολογίστηκε ο δείκτης ποικιλότητας Hill για $\alpha=1$ (N_1) και $\alpha=2$ (N_2) προκειμένου να υπολογιστεί ο δείκτης ισοκατανομής $F_{2/1}$ που αποτελεί μια τροποποίηση του λόγου N_2/N_1 καθώς προτιμάται του δείκτη ισοδιανομής της Pielou J' επειδή δεν χρησιμοποιείται στον υπολογισμό του ο πλούτος των ειδών. Στο Διάγραμμα 3.9 ο δείκτης φέρει ένα εύρος τιμών από 0,43 έως 0,93. Αναλυτικότερα, στον οργανικό 1 παρατηρείται η ελάχιστη τιμή την άνοιξη του 2022 (0,43) και η μέγιστη το φθινόπωρο του 2021 (0,78). Παράλληλα, στον οργανικό 2 η ελάχιστη την άνοιξη του 2022 (0,55) και η μέγιστη τον χειμώνα του 2022 (0,71). Τέλος, στον συμβατικό η ελάχιστη τιμή του δείκτη παρουσιάζεται την άνοιξη του 2021 (0,67) και η μέγιστη το καλοκαίρι 2022 (0,93) ενώ σε όλους τους τύπους οπωρώνων και κάθε εποχή παρατηρούνται αυξομειώσεις.

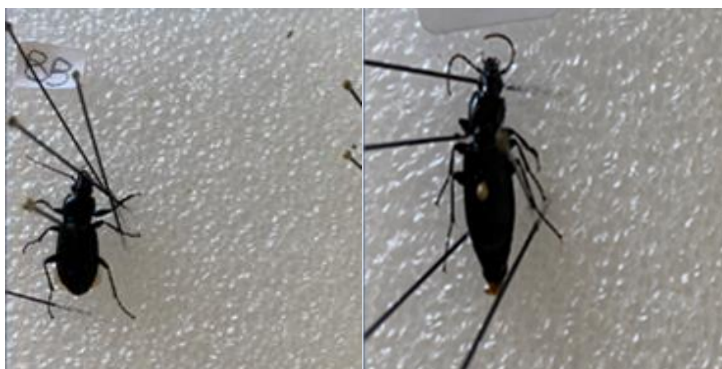


Διάγραμμα 3.9: Η τιμή του δείκτη ισοδιανομής $F_{2/1}$ στους διάφορους τύπους αγρού σε όλη την διάρκεια του πειράματος.

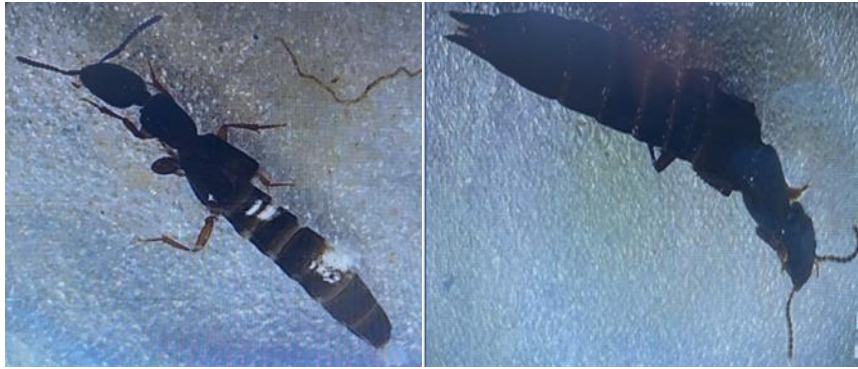
3.3 Αναγνώριση εντόμων

3.3.1 Αναγνώριση οικογενειών

Η αναγνώριση πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την διαδικασία αναγνώρισης που περιεγράφηκε στο κεφάλαιο Υλικά και Μέθοδοι (βλ. 2.5) και τα έντομα που βρέθηκαν ήταν τα εξής:



Οικογένεια: **Carabidae**



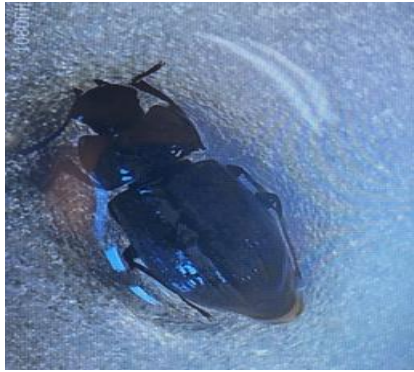
Οικογένεια: **Staphylinidae**



Οικογένεια: **Dermestidae**



Οικογένεια: **Elateridae**



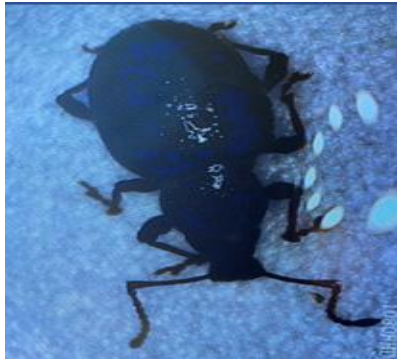
Οικογένεια: **Tenebrionidae**



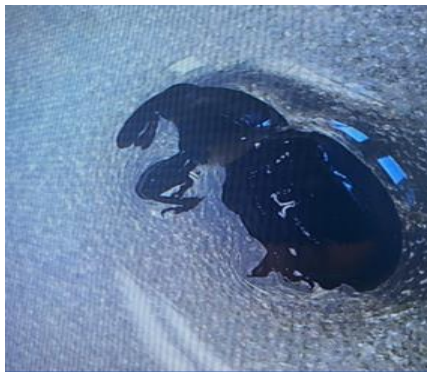
Οικογένεια: **Chrysomelidae**



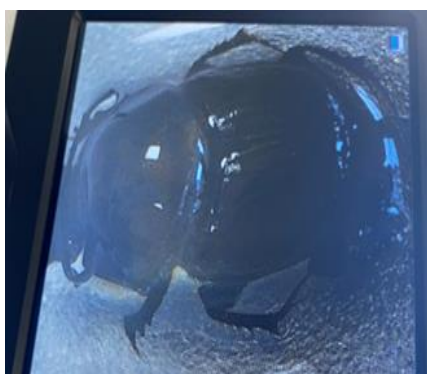
Οικογένεια: **Cerambycidae**



Οικογένεια: **Curculionidae**



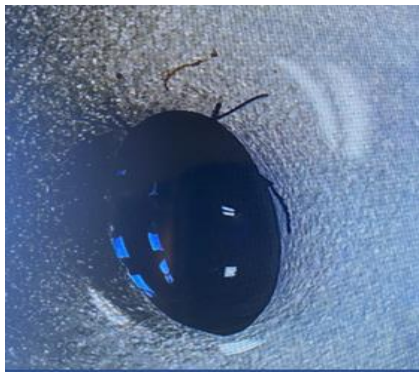
Οικογένεια: **Curculionidae** (Υποοικογένεια: **Dryophthoridae**)



Οικογένεια: **Scarabaeidae**



Οικογένεια: **Geotrupidae**



Οικογένεια: **Hydrophilidae**

Hemiptera



Οικογένεια: **Cynidae**



Οικογένεια: **Rhyparochromidae**

3.3.2 Αναγνώριση γένους-είδους



Carabus graecus (Οικογένεια: Carabidae)



Brachinus crepitans (Οικογένεια: Carabidae)



MC: *Harpalus rufipes* (Οικογένεια: Carabidae)



Poecilus cupreus (Οικογένεια: Carabidae)



Zabrus spp. (Οικογένεια: Carabidae)



***Ocupys* spp.** (Οικογένεια: Staphylinidae)



Tentyria rotundata (Οικογένεια: Tenebrionidae)



Otiorhynchus ovatus (Οικογένεια: Curculionidae)



Scantius aegyptius (Οικογένεια: Pyrrhocoridae)



Euborellia femoralis (Οικογένεια: Anisolabidae)



Euborellia annulipes (Οικογένεια: Anisolabidae)



Forficula auricularia (Οικογένεια: Forficulidae)

4. Συμπεράσματα-Συζήτηση

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας οδηγούν στα ακόλουθα συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση της εποχής, του ξενιστή και του τύπου του αγρού στις συλλήψεις των εδαφόβιων αρπακτικών. Πιο συγκεκριμένα, οι αγροί που δεχόταν οργανική διαχείριση παρουσίασαν σημαντική αύξηση των συλλήψεων των εδαφόβιων εντόμων σε σχέση με τον συμβατικό αγρό καθ' όλη την πειραματική διαδικασία, με την περίπτωση της συμμετοχής των Formicidae (Hymenoptera) στην στατιστική ανάλυση να δείχνει ότι ο τύπος του αγρού δεν επηρέασε σημαντικά τις αντίστοιχες συλλήψεις. Όσον αφορά, το φυτό-ξενιστή με την μεγαλύτερη προσέλκυση εδαφόβιων εντόμων φαίνεται ότι ήταν η ροδακινιά, ενώ στην περίπτωση της αφαίρεσης των Formicidae από την στατιστική ανάλυση ο ξενιστής δε φαίνεται να επηρέασε τις συλλήψεις στις παγίδες ακόμα και συνδυαστικά με κάποιον άλλο παράγοντα (τύπος αγρού, εποχή). Ταυτόχρονα, οι συλλήψεις των εδαφόβιων εντόμων κυμάνθηκαν σε υψηλά επίπεδα την άνοιξη του 2022 ενώ τον χειμώνα του 2022 σημειώθηκαν οι λιγότερες καταγραφές, καταδεικνύοντας την όχι και τόσο άμεση επίδραση της εποχής στις συλλήψεις στην περίπτωση που δεν συμπεριλήφθηκαν τα Formicidae. Κυρίαρχη οικογένεια εδαφόβιων εντόμων στα δείγματα ήταν τα Formicidae, ενώ στην περίπτωση της μη εισαγωγής τους στην στατιστική ανάλυση, κυρίαρχες οικογένειες αποτέλεσαν τα Carabidae (Coleoptera), τα Tenebrionidae (Coleoptera) καθώς και η τάξη Araneae, κυρίως στους αγρούς οργανικής διαχείρισης. Οι δείκτες βιοποικιλότητας διαπιστώθηκε ότι διέφεραν μεταξύ τους αναλόγως του τύπου αγρού (οργανικός ή συμβατικός) με τους αγρούς οργανικής διαχείρισης να εμφανίζουν μεγαλύτερη τιμή συγκριτικά με τους αγρούς συμβατικής ενώ οι δείκτες ισοδιανομής εμφάνισαν τις πιο αυξημένες τους τιμές κυρίως στους συμβατικούς αγρούς. Τέλος, συλλέχθηκαν εδαφόβιοι οργανισμοί από δύο (2) διαφορετικές κλάσεις (Arachnida, Insecta). Τα εδαφόβια έντομα άνηκαν σε πέντε (5) διαφορετικές τάξεις (Araneae, Coleoptera, Dermaptera, Hemiptera, Hymenoptera), δεκαεπτά (17) διαφορετικές οικογένειες και ταυτοποιήθηκαν δώδεκα (12) διαφορετικά γένη-είδη εντόμων.

Η διαχείριση του αγρού συνδέεται άρρηκτα με την διακύμανση των πληθυσμών των εδαφόβιων αρπακτικών στα ενδιαίτηματα. Η οργανική διαχείριση προάγει την βιοποικιλότητα στο χωράφι καθώς και τα επίπεδα της

εδαφόβιας πανίδας. Οι συμβατικοί αγροί λόγω της εντατικοποίησης και των αυξημένων χημικών εισροών προκαλούν δυσμενείς επιδράσεις σε οργανισμούς μη στόχους και μειώνουν τους πληθυσμούς των ωφέλιμων εντόμων (πχ. *Carabidae*) αλλά και υποβαθμίζουν το έδαφος (Hole et al., 2005). Ωστόσο, οι Simon et al., (2010), αναφέρουν ότι η βιοποικιλότητα προάγεται από την γύρω βλάστηση (ρεζερβουάρ), η οποία λειτουργεί ως πηγή ενδιαιτημάτων που καταστέλλουν εχθρούς των καλλιεργειών. Στους οργανικούς αγρούς παρατηρήθηκαν αρκετά μεγαλύτεροι πληθυσμοί εδαφόβιων αρπακτικών σε σχέση με τους συμβατικούς, καθόλη την διάρκεια του πειράματος. Η επίδραση της διαχείρισης στα αποτελέσματα που συμπεριλήφθηκαν τα *Formicidae* δεν ήταν στατιστικά σημαντική και μπορεί να οφείλεται στην περιφερειακή βλάστηση των οπωρώνων ή στην ορθή διαχείριση του οπωρώνα που είναι ικανή να επιδράσει στην άνοδο της βιοποικιλότητας σε επίπεδα συγκρίσιμα με αυτά των οργανικών αγρών (Gomiero et al., 2011; Σολωμού, 2013; Galloway et al., 2021). Παράλληλα, το φυτό-ξενιστής ροδακινιά φαίνεται να παρουσίασε στατιστική διαφορά σε σχέση με τους άλλους ξενιστές στην περίπτωση που στην στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν τα *Formicidae*. Η συγκέντρωση μεγάλων πληθυσμών εκείνη την εποχή (άνοιξη 2022) μπορεί να οφείλεται στο ότι ο ξενιστής βρισκόταν στο στάδιο της συγκομιδής, όποτε λόγω της έντονης βλάστησης και τους αυξημένους χυμούς των καρπών να προσέλκυσε περισσότερα έντομα. Αυξημένες παρατηρήθηκαν οι συλλήψεις την ίδια περίοδο (άνοιξη 2022), και στην νεκταρινιά που βρισκόταν και αυτή στο στάδιο της συγκομιδής. Ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να συνέβαλε στην αύξηση των *Formicidae* στον ξενιστή εκείνη την περίοδο μπορεί να αποτέλεσαν οι αφίδες, λόγω των αυξημένων μελιτωδών εκκριμάτων που αποτελούν τροφή για αυτά (Jervis, 1997; Pekas, 2010).

Όσον αφορά στην εποχή των μεγαλύτερων συλλήψεων φάνηκε ότι ήταν η άνοιξη του 2022 ενώ οι λιγότερες συλλήψεις καταγράφηκαν τον χειμώνα του 2022 λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών εκείνης της εποχής (Marshall et al., 2020) καθώς και από αντίστοιχα αποτελέσματα παρόμοιων ερευνών που διεξήχθησαν από τους Gkisakis et al., (2017) σε οργανικούς και συμβατικούς ελαιώνες. Η υπερίσχυση των εποχών αυτών στις συλλήψεις, επίσης, οφείλεται κυρίως στις οικογένειες των *Carabidae* και των *Formicidae*. Πιο συγκεκριμένα, οι αυξημένες συλλήψεις των *Carabidae* δικαιολογούνται από την ετερογένεια

του τοπίου, που είναι υψηλότερη στους οργανικούς αγρούς (Chapman, 2014; Edde, 2022), καθώς είναι γνωστό ότι αντιπρόσωποι της οικογένειας των Carabidae είναι γνωστά αρπακτικά (πχ. *Harpalus* spp.) (Lövei & Sunderland, 1996) αλλά και αποδομητές, οπότε η αυξημένη παρουσία τους μπορεί να οφείλεται στην πλουσιότερη οργανική ουσία των βιολογικών οπωρώνων (Eyre et al., 2012). Ταυτόχρονα, οι αυξημένες συλλήψεις των Formicidae κυρίως την άνοιξη και το καλοκαίρι δικαιολογούνται από την αντοχή της οικογένειας στις υψηλές θερμοκρασίες και στην χαμηλή υγρασία των εποχών (Gkisakis et al., 2017).

Οι δείκτες βιοποικιλότητας ο Simpson (D) και ο δείκτης Shannon-Wiener, δεν ακολούθησαν κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο ανάμεσα στους τρεις αγρούς και τους δύο τύπους διαχείρισης. Ωστόσο, οι δείκτες εμφάνισαν μια ομοιόμορφη διακύμανση μεταξύ τους ακολουθώντας παρόμοια πορεία. Οι υψηλότερες τιμές τους εντοπίστηκαν κυρίως στους οργανικούς αγρούς, καταδεικνύοντας η μεγαλύτερη βιοποικιλότητα. Όσον αφορά τους δείκτες ομοιομορφίας (Pielou, F2/1: αριθμοί Hill) παρουσίασαν διακυμάνσεις ανάμεσα στους τύπους των αγρών αλλά και τις εποχές. Αναλυτικότερα, ο δείκτης Pielou αποδεικνύει την ομοιόμορφη κατανομή των δειγμάτων στους οργανικούς αγρούς σε όλες τις εποχές εκτός από την άνοιξη του 2022 και το καλοκαίρι του 2022 όπου το δείγμα είναι πιο ισοδιανομημένο στον συμβατικό αγρό. Οι υψηλότερες τιμές που υπολογίστηκαν με βάση τα στοιχεία των συλλήψεων εκείνων των εποχών (άνοιξη 2022, καλοκαίρι 2022) μπορεί να οφείλεται κυρίως στις αυξημένες συλλήψεις των Formicidae και των Carabidae, καθιστώντας το δείγμα λιγότερο ομοιόμορφο, όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματα των Gkisakis et al., (2017) και Αγαπάκης, (2008), σε ελαιώνες διαφορετικού τύπου διαχείρισης.

Αντίθετα, ο δείκτης ισοδιανομής F2/1 αποδεικνύει την ομοιομορφία του συμβατικού οπωρώνα σε όλες τις δειγματοληψίες εκτός του χειμώνα του 2022 αποδεικνύοντας την διαφορετική ευαισθησία που παρουσιάζει ο δείκτης σε σχέση με τον δείκτη Pielou (J) στην μεταβολή της κατανομής των ατόμων στα είδη αλλά και στον αριθμό των ειδών (Καρανδεινός, 2007).

Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας πτυχιακής εργασίας προέκυψαν ορισμένα σημαντικά συμπεράσματα σχετικά με την σπουδαιότητα την επίδρασης της βιολογικής διαχείρισης του αγρού στην διακύμανση των πληθυσμών των εδαφόβιων αρπακτικών. Τα παραπάνω αποτελέσματα είναι

ικανά να αποτελέσουν τον εναρκτήριο παράγοντα για μια ολοκληρωμένη διαχείριση (IPM) με στόχο την ενίσχυση της εδαφόβιας πανίδας σε επίπεδα ικανά να αντιμετωπίσουν τους εχθρούς των καλλιεργειών. Ταυτόχρονα, η αναγνώριση οικογενειών και η ταυτοποίηση κάποιων ειδών εντομών που συλλέχθηκαν από την περιοχή των Κάτω Λεχωνίων, Μαγνησίας θα μπορούσε να αποβεί χρήσιμη στην ενίσχυση των γνώσεων των παραγωγών της περιοχής καθώς δεν έχει πραγματοποιηθεί σχετική έρευνα που να υποδεικνύει την ευρύτητα της βιοποικιλότητάς της. Καταληκτικά, οι πληροφορίες της παραπάνω πειραματικής μελέτης θα μπορούσαν να αποτελέσουν το εφαλτήριο για την κατανόηση της βιολογίας των ξενιστών και των αρπακτικών των εχθρών των καλλιεργειών, με αποτέλεσμα την έγκαιρη αντιμετώπιση τους.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Alatalo R. V., 1981. Problems in the Measurement of Evenness in Ecology. *Oikos*, 37(2), 199.

Alghamdi A., Al-Otaibi S. and Sayed S. M., 2018. Field evaluation of indigenous predacious insect, *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neuroptera: Chrysopidae), fitness in controlling aphids and whiteflies in two vegetable crops. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28(1), 20.

Allen W. R. and Hagley E. A. C., 1990. Epigeal Arthropods as Predators of Mature Larvae and Pupae of the Apple Maggot (Diptera: Tephritidae). *Environmental Entomology*, 19(2), 327-331.

Altieri M. A., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74, 19–31.

Angilletta M. J., 2004. Temperature, Growth Rate, and Body Size in Ectotherms: Fitting Pieces of a Life-History Puzzle. *Integrative and Comparative Biology*, 44(6), 498–509.

Bagyaraj D. J., Nethravathi C. J. and Nitin K. S., 2016. Soil Biodiversity and Arthropods: Role in Soil Fertility. In A. K. Chakravarthy & S. Sridhara (Eds.), *Economic and Ecological -Significance of Arthropods in Diversified Ecosystems*, Springer Singapore, pp. 17-51.

Begon M., Howarth R. W. and Townsend C. R., 2014. *Essentials of ecology* (4th edition). Wiley, Hoboken.

Bohac J., 1999. Staphylinid beetles as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1–3), 357–372.

Bogya S., 1999. Spiders (Araneae) as polyphagous natural enemies in orchards. Dissertation. Wageningen University and Research, Wageningen, Holland.

Bostanian N. J., Goulet H., O'Hara J., Masner L. and Racette G., 2004. Towards Insecticide Free Apple Orchards: Flowering Plants to Attract Beneficial Arthropods, *Biocontrol Science and Technology*, 14(1), 25–37.

Burgio G., Campanelli G., Leteo F., Ramilli F., Depalo L., Fabbri R. and Sgolastra F., 2015. Ecological Sustainability of an Organic Four-Year Vegetable Rotation System: Carabids and Other Soil Arthropods as Bioindicators. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 39(3), 295–316.

Chapman A., 2014. The Influence of Landscape Heterogeneity - Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) in Fthiotida, Central Greece. *Biodiversity Data Journal*, 2, e1082.

Conway G. R., 1987. The properties of agroecosystems. *Agricultural systems*, 24(2), 95-117.

Chown S. L., 2001. Physiological variation in insects: hierarchical levels and implications. *Journal of Insect Physiology*, 47(7), 649-660.

Coyle D. R., Nagendra U. J., Taylor M. K., Campbell J. H., Cunard C. E., Joslin A. H., Mundepi A., Phillips C. A. and Callaham M. A., 2017. Soil fauna responses to natural disturbances, invasive species, and global climate change: Current state of the science and a call to action. *Soil Biology and Biochemistry*, 110, 116–133.

Duelli P., Obrist M. K. and Schmatz D. R., 1999. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: Above-ground insects. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1–3), 33–64.

Edde P. A., 2022. Arthropod pests of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). In *Field Crop Arthropod Pests of Economic Importance*, Elsevier, pp. 208–274.

Eyre M. D., Sanderson R. A., Shotton P. N. and Leifert C., 2009. Investigating the effects of crop type, fertility management and crop protection on the activity of beneficial invertebrates in an extensive farm management comparison trial. *Annals of Applied Biology*, 155(2), 267–276.

Gabarra R., Riudavets J., Rodríguez G. A., Pujade-Villar J. and Arnó, J., 2015. Prospects for the biological control of *Drosophila suzukii*. *BioControl*, 60(3), 319-327.

Galloway A. D., Seymour C. L., Gaigher R. and Pryke J. S., 2021. Organic farming promotes arthropod predators, but this depends on neighbouring patches of natural vegetation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 310, 107295.

Gerlach, J., Samways, M., & Pryke, J. (2013). Terrestrial invertebrates as bioindicators: An overview of available taxonomic groups. *Journal of Insect Conservation*, 17(4), 837-855.

Gkisakis V. D., Kollaros D., Bårberi P., Livieratos I. C. and Kabourakis E. M., 2015. Soil Arthropod Diversity in Organic, Integrated, and Conventional Olive Orchards and Different Agroecological Zones in Crete, Greece. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 39(3), 276–294.

Gomiero T., Pimentel D. and Paoletti M. G., 2011. Environmental Impact of Different Agricultural Management Practices: Conventional vs. Organic Agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(1–2), 95–124.

Haj-Amor Z., Araya T., Kim D. G., Bouri S., Lee J., Ghiloufi W., Yang Y., Kang H., Jhariya M. K., Banerjee A. and Lal R., 2022. Soil salinity and its associated effects on soil microorganisms, greenhouse gas emissions, crop yield, biodiversity and desertification: A review. *Science of The Total Environment*, 843, 156946.

Hellmann J. J., Byers J. E., Bierwagen B. G. and Dukes J. S., 2008. Five Potential Consequences of Climate Change for Invasive Species. *Conservation Biology*, 22(3), 534–543.

Hill M. O., 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54(2), 427-432.

Hole D. G., Perkins A. J., Wilson J. D., Alexander I. H., Grice P. V. and Evans, A. D., 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*, 122(1), 113–130.

Honěk A., Kocian M. and Martinková Z., 2012. Rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) in an apple orchard. *Plant Protection Science*, 48(3), 116–122.

Jervis M. A. (Ed.), 2012. Insect natural enemies: practical approaches to their study and evaluation. Springer Science & Business Media.

Jost L., 2006a. Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363–375.

Kindlmann P. and Dixon A. F. G., 1999. Generation Time Ratios—Determinants of Prey Abundance in Insect Predator–Prey Interactions. *Biological Control*, 16(2), 133–138.

Laws A. N., 2017. Climate change effects on predator–prey interactions. *Current Opinion in Insect Science*, 23, 28–34.

Lee Jr R. E., 1989. Insect cold-hardiness: to freeze or not to freeze. *Bioscience*, 39(5), 308–313.

Lobry de Bruyn L. A., 1999. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. In *Invertebrate Biodiversity as Bioindicators of Sustainable Landscapes*, Elsevier, pp. 425–441.

Lövei G. L. and Sunderland K. D., 1996. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual review of entomology*, 41(1), 231–256.

Maeder P., Fliessbach A., Dubois D., Gunst L., Fried P. and Niggli U., 2002a. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science*, 296(5573), 1694–1697.

Magurran A. E., 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing, USA.

Marc P., Canard A. and Ysnel, F., 1999. Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1–3), 229–273.

Marshall K. E., Gotthard K. and Williams C. M., 2020. Evolutionary impacts of winter climate change on insects. *Current Opinion in Insect Science*, 41, 54–62.

McGEOCH M. A., 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 73(2), 181–201.

Melnychuk N. A., Olfert O., Youngs B. and Gillott C., 2003. Abundance and diversity of Carabidae (Coleoptera) in different farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 95(1), 69–72.

Miliczky E. R. and Horton D. R., 2005. Densities of beneficial arthropods within pear and apple orchards affected by distance from adjacent native habitat and association of natural enemies with extra-orchard host plants. *Biological Control*, 33(3), 280-294.

Murali-Baskaran R. K., Sharma K. C., Kaushal P., Kumar J., Parthiban P., Senthil-Nathan S. and Mankin R. W., 2018. Role of kairomone in biological control of crop pests-A review. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 101, 3–15.

Pekas A., 2010. Ο ρόλος των μυρμηγκιών στην αντιμετώπιση εντομολογικών εχθρών. *Γεωργία – Κτηνοτροφία*, 2/2010.

Pimbert M., 1999. SUSTAINING THE MULTIPLE FUNCTIONS OF AGRICULTURAL BIODIVERSITY. International Institute for Environment and Development.

Puentes A., Torp M., Weih M. and Björkman C., 2015. Direct effects of elevated temperature on a tri-trophic system: *Salix*, leaf beetles and predatory bugs. *Arthropod-Plant Interactions*, 9(6), 567–575.

Purtauf T., Dauber J. and Wolters V., 2005. The Response of Carabids to Landscape Simplification Differs between Trophic Groups. *Oecologia*, 142(3), 458–464.

Robertson I. A. D., 2004. The Pyrrhocoroidea (Hemiptera-Heteroptera) of the Ethiopian region. *Journal of Insect Science*, 4(1), 14.

Sadeghi A., Mozafari A. A., Bahmani R. and Shokri K., 2012. Use of Honeybees as Bio-Indicators of Environmental Pollution in the Kurdistan Province of Iran. *Journal of Apicultural Science*, 56(2), 83–88.

Sahoo et al., 2022. IMPACT OF RURAL ACTIVITIES ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES. *Journal of Tianjin University Science and Technology*, 54(7).

Sanchez J. A., López-Gallego E. and La-Spina M., 2020. The impact of ant mutualistic and antagonistic interactions on the population dynamics of sap-sucking hemipterans in pear orchards. *Pest Management Science*, 76(4), 1262-1270.

Shaltiel L. and Coll M., 2004. Reduction of Pear Psylla Damage by the Predatory Bug *Anthocoris nemoralis* (Heteroptera: Anthocoridae): The Importance of Orchard Colonization Time and Neighboring Vegetation. *Biocontrol Science and Technology*, 14(8), 811–821.

Simon S., Bouvier J. C., Debras J. F. and Sauphanor B., 2010. Biodiversity and pest management in orchard systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30(1), 139–152.

Shaltiel L. and Coll M., 2004. Reduction of Pear Psylla Damage by the Predatory Bug *Anthocoris nemoralis* (Heteroptera: Anthocoridae): The Importance of Orchard Colonization Time and Neighboring Vegetation. *Biocontrol Science and Technology*, 14(8), 811–821.

Sodhi N. S. and Ehrlich P. R. (Eds.), 2010. *Conservation biology for all*. Oxford University Press.

Sonoda S., Izumi Y., Kohara Y., Koshiyama Y. and Yoshida, H., 2011. Effects of pesticide practices on insect biodiversity in peach orchards. *Applied Entomology and Zoology*, 46(3), 335–342.

Souza B., Dos Santos-Cividanes T. M., Cividanes F. J. and De Sousa A. L. V. (2019). Predatory Insects. In B. Souza, L. L. Vázquez, & R. C. Marucci (Eds.), *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems*, Springer International Publishing, pp. 73–87.

Speight M. R., Hunter M. D. and Watt, A. D., 1999. *Ecology of insects: Concepts and applications*. Blackwell Science.

Stork N. E., 2018. How Many Species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth? *Annual Review of Entomology*, 63(1), 31–45.

Symondson W. O. C., Sunderland K. D. and Greenstone M. H., 2002. Can Generalist Predators be Effective Biocontrol Agents? *Annual Review of Entomology*, 47(1), 561–594.

Tan B., Yin R., Zhang J. et al., 2021. Temperature and Moisture Modulate the Contribution of Soil Fauna to Litter Decomposition via Different Pathways. *Ecosystems* 24, 1142–1156.

Thacker J. R. M., 2002. An introduction to arthropod pest control. Cambridge University Press.

Thorbek P. and Bilde T., 2004. Reduced numbers of generalist arthropod predators after crop management. *Journal of Applied Ecology*, 41(3), 526-538.

Triplehorn C. A., Johnson N. F. and Borror D. J., 2005. Borror and DeLong's introduction to the study of insects (7th ed). Thomson, Brooks/Cole.

Tuomisto, H., Zuquim, G. and Cárdenas G., 2014. Species richness and diversity along edaphic and climatic gradients in Amazonia. *Ecography*, 37(11), 1034-1046.

Urbaneja, A., Marí, F. G., Tortosa, D., Navarro, C., Vanaclocha, P., Bargues, L. and Castañera, P., 2006. Influence of Ground Predators on the Survival of the Mediterranean Fruit Fly Pupae, *Ceratitis capitata*, in Spanish Citrus Orchards. *Biocontrol*, 51(5), 597-612.

Walmsley A. and Cerdà, A., 2017. Soil macrofauna and organic matter in irrigated orchards under Mediterranean climate. *Biological Agriculture & Horticulture*, 33(4), 247–257.

Wanjiku Kamau J., Biber-Freudenberger L., Lamers J. P. A., Stellmacher T. and Borgemeister, C., 2019. Soil fertility and biodiversity on organic and conventional smallholder farms in Kenya. *Applied Soil Ecology*, 134, 85–97.

Wolters V., 2001. Biodiversity of soil animals and its function. *European Journal of Soil Biology*, 37(4), 221-227.

Αγαπάκης Γ., 2008. Ποικιλότητα εδαφόβιας πανίδας σε βιολογικό, εγκαταλελειμμένο και συμβατικό ελαιώνα. Πτυχιακή Διατριβή, Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Κρήτη.

Αναγνωστόπουλος Π., 2017. Βιολογική έναντι συμβατικής γεωργίας: ποιες οι επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα και ποια η σχέση γεωργίας-επικοινωνιαστών. Πτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.

Βώκου Δ., 2009. ΓΕΝΙΚΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ: Μια εισαγωγή. Univ. Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Καρανδεινός Μ.Γ., 2007. Ποσοτικές οικολογικές μέθοδοι. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.

Κομνηνός Ε., 2011. Εναέρια εντομοπανίδα σε ένα βιοκαλλιεργούμενο ελαιώνα ποικιλίας Καλαμών, την άνοιξη του 2008. Πτυχιακή Διατριβή, Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Κρήτη.

Μπαμνάρας Α., 2007. Χρονική και χωρική μελέτη της πανίδας εντόμων σε καλλιέργειες σιτηρών στην περιοχή της Ελασσόνας Λάρισας. Πτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Μπασιάκου Α.Χ., 2015. Τα οικοσυστήματα των ορίων των αγρών και η συμβολή τους στο αγροτικό τοπίο. Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Μπαρμπετάκη Α.Ε., 2011. Είδη του γένους *Orius* ως παράγοντες βιολογικής καταπολέμησης εντόμων εχθρών βιολογικών καλλιεργειών. Διδακτορική διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Πελεκάσης Κ., 1986. Μαθήματα γεωργικής εντομολογίας (α' τόμος). Εκδόσεις Καραμπερόπουλος, Αθήνα.

Ροδιτάκης Ζ., 2003. Σύγκριση της δομής της εδαφοπανίδας σε τέσσερα δασικά οικοσυστήματα (*Quercus macrolepis*, *Quercus ilex*, *Quercus coccifera*, *Cupressus sempervirens*) της Δυτικής Κρήτης. Πτυχιακή Διατριβή, Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Κρήτη.

Σολωμού Α., 2013. Επίδραση της διαχείρισης στην εξέλιξη των οικοσυστημάτων των ελαιώνων. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Τζανακάκης Μ.Ε. και Κωβαίος Δ.Σ., 2018. Εντομολογία. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Τσιαφούλη Μ.Α., 2007. Εδαφική βιοποικιλότητα σε οργανικά και συμβατικά αγρο-οικοσυστήματα. Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Χριστοδουλίδης Χ.Μ., 2021. Επίδραση της θερμοκρασίας στα δημογραφικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού της μύγας της Μεσογείου που προήλθε από την Κροατία και αναπτύχθηκε σε νεράντζια. Πτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Χρυσός Π., 2022. Μελέτη εδαφοπανίδας και τροφικών δικτύων σε δενδρόκηπους εσπεριδοειδών. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο, Κρήτη.

Διαδικτυακή πηγή

Ζωάκη-Μαλισιόβα Δ., 2015. Ολοκληρωμένη Φυτοπροστασία Θεωρία, Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, Άρτα. <https://eclass.teiep.gr/courses/TEXG104/>

Choate P. M., 2003. Beetles. Introduction to the Identification of Beetles (Coleoptera). <https://entnemdept.ufl.edu/choate/beetles1a.pdf>

iNaturalist <https://www.inaturalist.org>