



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θέμα: «Θερινοί πληθυσμοί εδαφόβιων Κολλεμβόλων: Εποχιακότητα και επίδραση της βλάστησης»

Φοιτητής: Βασιλειάδης Νικόλαος

ΑΜ: 210213

Τριμελής επιτροπή: Β. Δέτσης (Επιβλέπων)

: Α. Κυριακού

: Ν. Γιαννακούρης

ΑΘΗΝΑ, 2013

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έρχεται να ολοκληρώσει τη φοίτησή μου στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών «Βιώσιμη Ανάπτυξη» με ειδίκευση στη Διαχείριση Περιβάλλοντος του Τμήματος Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου Αθηνών. Το αντικείμενο της έρευνας είναι η εποχιακότητα θερινών πληθυσμών εδαφόβιων Κολλεμβόλων και η επίδραση της βλάστησης σε αυτούς.

Με τη διεκπεραίωση της εργασίας αυτής θεωρώ υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Βασίλειο Δέτση, τόσο για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του, όσο και για την άριστη συνεργασία που είχαμε καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας. Επίσης θερμά ευχαριστήρια απευθύνω προς τα μέλη της τριμελούς επιτροπής, την κ. Αδαμαντίνη Κυριακού και τον κ. Νικόλαο Γιαννακούρη για τις χρήσιμες παρατηρήσεις και συμβουλές τους, τον καθηγητή του Τμήματος Επιστήμης Διαιτολογίας – Διατροφής κ. Νικόλαο Καλογερόπουλο για τη σημαντική συμβολή του στην εκπόνηση της εργασίας, αλλά και προς το προσωπικό της βιβλιοθήκης του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου για τη βοήθεια που μου παρείχε κατά τη διάρκεια της εργασίας.

Τέλος, δε θα μπορούσα να μην απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησής μου στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία εξετάζει τους πληθυσμούς τεσσάρων εδαφόβιων ειδών που ανήκουν στην κοινότητα των Κολλεμβόλων (*Seira ferrarii*, *Entomobrya handschini*, *Fasciosminthurus circumfasciatus*, *Pseudosinella octopunctata*) και προτιμούν τις θερμές εποχές του έτους. Αντικείμενο της εργασίας είναι ο βαθμός επίδρασης της βλάστησης στην κατανομή τους σε επίπεδο μικροθέσεων ($<1\text{m}^2$), καθώς επίσης και η φαινολογία τους. Η δειγματοληψία διεξήχθη με τη μέθοδο των παγίδων παρεμβολής σε μηνιαία βάση περίπου, την περίοδο Αύγουστος – Οκτώβριος στην περιοχή των Σπάτων. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν μέσω του στατιστικού πακέτου SPSS 19 και του υπολογιστικού προγράμματος ECOSIM.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η *Seira ferrarii* ευνοείται από τις συνθήκες ξηρασίας, ενώ ο πληθυσμός της υπερτερεί συντριπτικά έναντι των άλλων ειδών. Από την άλλη μεριά, έχουμε τα είδη *Entomobrya handschini* και *Fasciosminthurus circumfasciatus* τα οποία ευνοούνται από συνθήκες σχετικά αυξημένης υγρασίας, ενώ για την *Pseudosinella octopunctata* δε μπορούμε να υιοθετήσουμε ασφαλή συμπεράσματα. Αυτό όμως που είναι σίγουρο, είναι ότι η επίδραση της βλάστησης σε γενικές γραμμές είναι ασήμαντη για όλα τα είδη, εκτός του αγρωστώδους *Stipa sp.* το οποίο δρα ανασταλτικά στην παρουσία τους.

Λέξεις Κλειδιά: Κολλέμβολα, βλάστηση, βιοποικιλότητα, ενδιαίτημα

ABSTRACT

This thesis examines the populations of four soil Collembolan species (*Seira ferrarii*, *Entomobrya handschini*, *Fasciosminthurus circumfasciatus* and *Pseudosinella octopunctata*). The object of the study is the influence of the vegetation at microsite level ($<1\text{m}^2$) as well as the phenology of the species under study. The sampling was carried out by means of pitfall traps in circa monthly base, in the period August-October in Spata. Analyses were performed using the statistical package SPSS 19 and the program ECOSIM.

The results showed that *Seira ferrarii* is favored by dry conditions, while its population overwhelmingly surpasses all the other species. On the other hand, *Entomobrya handschini* and *Fasciosminthurus circumfasciatus* are favored by relatively humid conditions, while concerning *Pseudosinella octopunctata*, we cannot reach safe conclusions. The effect of vegetation is generally insignificant for all species, except for the grass *Stipa sp.*, which acts as an inhibitor of the presence of those species.

Keywords: Collembola, vegetation, biodiversity, habitat

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελ.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
---------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Περιγραφή των Κολλεμβόλων

1.1 Γενικά.....	7
1.2 Ταξινόμηση των Κολλεμβόλων.....	7
1.3 Μορφολογία-Βιολογία.....	8
1.4 Οικολογία.....	10
1.5 Σχέση με τον άνθρωπο.....	11
1.6 Βιοτικές μορφές Κολλεμβόλων.....	12
1.7 Προσαρμογές σε ακραία περιβάλλοντα.....	13
1.8 Εξεταζόμενα είδη.....	13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ ΚΟΛΛΕΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ

2.1 Εισαγωγή.....	20
2.2 Δυναμική των Κολλεμβόλων.....	21
2.3 Κατανομή Κολλεμβόλων σε διαφορετικές τοποθεσίες και οικοσυστήματα.....	23
2.4 Διατροφικές συνήθειες.....	25
2.5 Επίδραση της βλάστησης.....	28
2.6 Επιδράσεις των χρήσεων γης.....	30
2.7 Επιδράσεις κλιματικών συνθηκών.....	32

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΕΡΕΥΝΑ

3.1 Γενική περιγραφή της περιοχής έρευνας.....	33
3.2 Υλικά και μέθοδοι δειγματοληψίας.....	34
3.3 Στατιστική Ανάλυση.....	36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Εισαγωγή.....	39
4.2 Περιγραφική στατιστική.....	39
4.3 Συσχέτιση πληθυσμών μεταξύ τους ανά είδος και ανά δειγματοληψία.....	41
4.4 Συσχέτιση πληθυσμών με βλάβηση ανά είδος και ημερομηνία.....	45
4.5 Φαινολογία ανά είδος.....	54
4.6 Ρυθμός αύξησης ανά είδος.....	58
4.7 Συσχέτιση των ρυθμών αύξησης ανά είδος.....	62
4.8 Επικάλυψη θώκου ανά δειγματοληψία.....	64
4.9 Ανάλυση λιπιδίων.....	68

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1 Συζήτηση-συμπεράσματα.....	70
5.2 Προτάσεις.....	72
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	74
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	79

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε μια περίοδο που η ανθρωπότητα αντιμετωπίζει έντονες περιβαλλοντικές αλλαγές, η ανθρώπινη παρέμβαση θεωρείται ως η σημαντικότερη αιτία των αλλαγών αυτών. Έτσι, ως συνέπεια των ανθρώπινων δραστηριοτήτων σε χειρσαία οικοσυστήματα έχουμε σημαντική μείωση της βιοποικιλότητας, η οποία όμως επιδρά άμεσα σε αρκετές λειτουργίες ενός ενδιαιτήματος. Ειδικά αν λάβουμε υπόψη την πανίδα του εδάφους, η οποία επιδρά π.χ. στην αποσύνθεση και στην ανάπτυξη της χλωρίδας του εδάφους, τότε καταλαβαίνουμε πόσο σημαντικό ρόλο διαδραματίζει σε ένα οικοσύστημα.

Ωστόσο, για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε τη σημασία της εδαφόβιας πανίδας σε ένα φυσικό ενδιαίτημα θα πρέπει να διερευνήσουμε τους μηχανισμούς που συντελούν στην αφθονία και ποικιλομορφία των ειδών. Έτσι λοιπόν, σε μια χώρα όπως η Ελλάδα που διαθέτει μεγάλο φυσικό πλούτο, προκύπτει εύλογα το ερώτημα αν η αφθονία της πανίδας αυτής επηρεάζεται από εξωγενείς παράγοντες και σε πιο βαθμό.

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες σχετικά με την ποικιλομορφία των ζωντανών οργανισμών του εδάφους, ιδίως σε επίπεδο ειδών. Το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι η κατανομή της βιοποικιλότητας του εδάφους σχετίζεται κατά κύριο λόγο με την ετερογενή φύση του περιβάλλοντος του εδάφους σε διαφορετικές χωρικές και χρονικές κλίμακες, και ότι αυτή η ετερογένεια παρέχει μεγάλες δυνατότητες στους εδαφόβιους οργανισμούς για επιλογή ενδιαιτήματος. Εντούτοις, υπάρχουν διφορούμενες απόψεις όσον αφορά ορισμένους παράγοντες όπως π.χ. η βλάστηση, οι κλιματικές συνθήκες κ.α. και γι' αυτό το λόγο υπάρχουν αρκετές υποθέσεις, οι οποίες όμως δε μας επιτρέπουν να διεξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα.

Με δεδομένα λοιπόν όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της εποχιακότητας τεσσάρων θερινών ειδών από την κοινότητα των Κολλεμβόλων, η οποία μαζί με αυτή των Ακάρεων θεωρούνται οι σημαντικότερες και πολυπληθέστερες ομάδες εδαφικών αρθροπόδων. Επιπλέον, θα ερευνηθεί η επίδραση της βλάστησης στους πληθυσμούς των εξεταζόμενων ειδών, αφού όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως οι απόψεις δίστανται ως προς το ζήτημα αυτό.

Στο πρώτο κεφάλαιο δίνεται μια γενική περιγραφή, αρχικά της κοινότητας των Κολλεμβόλων και στη συνέχεια των υπό εξέταση ειδών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση, όπου παρουσιάζονται διάφορα παραδείγματα κατανομής των Κολλεμβόλων σε διάφορα χερσαία οικοσυστήματα, καθώς και παραδείγματα σχετικά με τις τροφικές προτιμήσεις τους. Επίσης γίνεται αναφορά της επίδρασης διαφόρων εξωγενών παραγόντων, όπως είναι η βλάστηση, οι χρήσεις γης και οι κλιματικές συνθήκες.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται η περιοχή έρευνας και η μεθοδολογία της δειγματοληψίας, αλλά και οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο έχουμε τα αποτελέσματα των αναλύσεων που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της περιγραφικής στατιστικής, των συσχετίσεων των πληθυσμών μεταξύ τους αλλά και με τη βλάστηση, καθώς επίσης η φαινολογία και ο ρυθμός αύξησης ανά είδος. Επιπλέον, μέσω του υπολογιστικού προγράμματος ECOSIM, θα εξετάσουμε τις επικαλύψεις θέσεων ανά δειγματοληψία, ενώ μέσω της ανάλυσης των λιπιδίων θα δούμε εάν τα εξεταζόμενα είδη έχουν παρόμοιες ή διαφορετικές τροφικές προτιμήσεις.

Ακολουθεί το πέμπτο κεφάλαιο, όπου συζητούνται τα αποτελέσματα και εξάγονται τα συμπεράσματα της έρευνας, ενώ διατυπώνονται και ορισμένες προτάσεις που θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη σε επόμενες έρευνες.

Στο τέλος της εργασίας παραθέτονται η Βιβλιογραφία και το Παράρτημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΚΟΛΛΕΜΒΟΛΩΝ

1.1 Γενικά

Τα Κολλέμβολα αποτελούν τη μεγαλύτερη από τις τρεις φυλογενετικές γραμμές των σύγχρονων εξαπόδων που δε θεωρούνται πλέον έντομα. Αρθρόποδα συγγενικά με τα Κολλέμβολα έχουν βρεθεί στις πρώτες Δεβονιακές αποθέσεις στη Σκωτία. Πιο συγκεκριμένα στην περιοχή αυτή βρέθηκε απολίθωμα του *Rhyniella praecursor*, το οποίο χρονολογείται 400 εκατομμυρίων ετών περίπου και θεωρείται το παλαιότερο χερσαίο αρθρόποδο.

Τα Κολλέμβολα θεωρούνται σήμερα ως η σημαντικότερη ομάδα εδαφικών αρθροπόδων. Φημίζονται ότι είναι ένα από τα πιο άφθονα μακροσκοπικά ζώα, με τις εκτιμήσεις να λένε για 100.000 άτομα ανά κυβικό μέτρο εδάφους. Ουσιαστικά υπάρχουν παντού, όπου υπάρχει έδαφος και σχετικοί βιότοποι. Αριθμητικά, έρχονται συνήθως δεύτερα μετά τα Ακάρεα, αν και μερικές φορές τα ξεπερνούν.

Αν και πολυάριθμα, η συνεισφορά τους στην εδαφική βιομάζα είναι μικρή εξαιτίας του μικρού τους μεγέθους. Το μήκος τους δεν ξεπερνά τα 6 mm. Πρόκειται για ομάδα με πολύ ευρεία κατανομή. Συναντάται στους πόλους, σε ερήμους, σε τροπικά δάση και σε παραλιακές ζώνες. Επιπλέον, μπορούν να βρεθούν σε λιβάδια, σπηλιές, φωλιές πουλιών, μυρμηγκιών και τερμιτών, στην επιφάνεια του νερού και αλλού.

1.2 Ταξινόμηση των Κολλεμβόλων

Η λεπτομερής συστηματική κατάταξη των Κολλεμβόλων είναι η ακόλουθη:

Βασίλειο: Ζωικό

Υποβασίλειο: Ευμετάζωα

Φύλο: Αρθρόποδα

Υποφύλο: Εξάποδα

Κλάση: Ενδόγναθα

Τάξη: Κολλέμβολα

Παραδοσιακά τα Κολλέμβολα χωρίζονταν σε τρεις ομάδες:

- 1) Τα Arthropleona, τα οποία έχουν σώμα επίμηκες, κυλινδρικό, με εμφανή μεταμερή,
- 2) Τα Symphypleona, τα οποία έχουν σώμα κοντό, σφαιρικό, χωρίς διακριτά μεταμερή, και
- 3) Τα Neelipleona, τα οποία εμφανίζονται περιστασιακά και για το λόγο αυτό είναι αμφισβητούμενα.

Τα τελευταία χρόνια όμως η πρώτη ομάδα καταργήθηκε και εμφανίστηκαν δύο νέες ομάδες, τα Entomobryomorpha και τα Poduromorpha. Έτσι οι τέσσερις ομάδες των Κολλεμβόλων διαμορφώθηκαν ως εξής:

- 1) Τα Entomobryomorpha, τα οποία περιλαμβάνουν τις οικογένειες Actaletidae, Cyphoderidae, Entomobryidae, Isotomidae, Oncopoduridae, Paronellidae και Tomoceridae.
- 2) Τα Poduromorpha, τα οποία περιλαμβάνουν τις οικογένειες Brachystomellidae, Hypogasturidae, Isotogasturidae, Neanuridae, Odontellidae, Onychiuridae, Poduridae, και Tullbergiidae.
- 3) Τα Symphypleona, τα οποία περιλαμβάνουν τις οικογένειες Arrhopalitidae, Bourletiellidae, Dicyrtomidae, Katiannidae, Mackenziellidae, Sminthuridae και Sminthurididae.
- 4) Τα Neelipleona, τα οποία περιλαμβάνουν μια μόνο οικογένεια, αυτή των Neelidae.

1.3 Μορφολογία-Βιολογία

Τα Κολλέμβολα διακρίνονται από τα υπόλοιπα εξάποδα από το γεγονός ότι έχουν έξι το πολύ κοιλιακά μέρη ή αλλιώς μεταμερή. Στο πρώτο κοιλιακό μεταμερές φέρουν τον κοιλιακό σωλήνα, που χρησιμεύει για την προσκόλληση του ζώου στο υπόστρωμα, καθώς επίσης και για την αναπνοή του. Η κύρια όμως λειτουργία του κοιλιακού σωλήνα είναι η ανταλλαγή νερού και ιόντων ανάμεσα στο ζώο και το περιβάλλον του.

Το χαρακτηριστικό γνώρισμα των Κολλεμβόλων είναι το έμβολό τους, που είναι ένα είδος διχαλωτής ουράς, το οποίο φέρεται στο τέταρτο κοιλιακό μεταμερές τους και αποτελεί όργανο γρήγορης μετακίνησης. Όταν το ζώο ενοχληθεί, χτυπά το έμβολο με δύναμη στο υπόστρωμα και πραγματοποιεί μεγάλα άλματα. Όταν το έμβολο δε χρησιμοποιείται, διπλώνεται κάτω από την κοιλιά, σε παράλληλη με αυτήν θέση και συγκρατείται από ένα εξάρτημα που βρίσκεται στο τρίτο κοιλιακό μεταμερές, το retinaculum – ονομασία λατινικής προέλευσης, από το ρήμα

retinere που σημαίνει συγκρατώ-. Το μέγεθος του εμβόλου ποικίλλει από είδος σε είδος. Στο πέμπτο κοιλιακό μεταμερές βρίσκεται η γεννητική οπή, η οποία δε φέρει εξωτερικές προσαρτήσεις, ενώ στο τελευταίο μεταμερές βρίσκεται η έδρα.

Ο θώρακας χωρίζεται σε τρία μεταμερή. Το καθένα από αυτά φέρει ένα ζεύγος ποδιών. Το πόδι χωρίζεται σε υποίσχυο, ισχύο, τροχαντήρα, κνημοτάρσιο και προτάρσιο, που φέρει το νύχι.

Οι κεραίες χωρίζονται σε τέσσερα άρθρα. Κοντά στη βάση τους βρίσκονται οι οφθαλμοί, οι οποίοι μπορεί να είναι είτε σύνθετοι (με οκτώ το πολύ μικρά μάτια), είτε απλοί. Σε κάποια είδη λείπουν εντελώς. Επιπλέον, ο αριθμός των ομματοειδών των σύνθετων οφθαλμών ποικίλλει από είδος σε είδος. Σε μερικές οικογένειες, σε αυτή την περιοχή βρίσκεται ένα ειδικό αισθητήριο όργανο, το μετακεραϊκό όργανο (postantennal organ). Επίσης, μερικά είδη, κυρίως αυτά στα οποία οι οφθαλμοί είτε λείπουν είτε έχουν μειωμένο αριθμό ομματοειδών, έχουν ανεπτυγμένες κεραϊκές αισθητήριες τρίχες (bristles) ή/και ένα αισθητήριο όργανο στο τρίτο άρθρο της κεραίας, το κεραϊκό όργανο (antennal organ). Άλλα αισθητήρια όργανα είναι τα ψευδοομματοειδή (pseudocelli), που είναι συχνά διασκορπισμένα σε όλη την επιφάνεια του σώματος. Τα οργανίδια αυτά έχουν και προστατευτική λειτουργία, γιατί από αυτά εκκρίνεται υγρό που απωθεί τους θηρευτές.

Τα Κολλέμβολα είναι ενδότροφα ζώα, δηλαδή τα στοματικά τους μόρια βρίσκονται μέσα στην κεφαλική κάψουλα. Η μορφή των στοματικών τους μορίων είναι ανάλογη των τροφικών τους απαιτήσεων. Τα ζώα που μασούν την τροφή τους διαθέτουν καλά ανεπτυγμένες σιαγόνες και γομφιακή πλάκα στην κάτω γνάθο. Οι μορφές που δαγκώνουν έχουν δόντια στις σιαγόνες τους, αλλά η κάτω γνάθος είναι πιο λεπτή και δε διαθέτει γομφιακή πλάκα. Στις μυζητικές μορφές, οι γνάθοι έχουν μορφή στιλέτου για να διεισδύουν και να ρουφούν χυμούς. Η συνηθέστερη μορφή στα Κολλέμβολα είναι η πρώτη.

Σχεδόν όλα τα Κολλέμβολα που ανήκουν στην πρώην ομάδα των Arthropleona αναπνέουν μέσω του δέρματος και του κοιλιακού σωλήνα. Για να εξασφαλίζεται η διαπερατότητα της εφυμενίδας, το κηρώδες στρώμα της είναι ασυνεχές. Οι υδρόφοβες τρίχες προσφέρουν προστασία έναντι τόσο της αφυδάτωσης, όσο και της υπερβολικής υγρασίας, παγιδεύοντας ένα λεπτό στρώμα αέρα, που επιτρέπει τη συνέχιση της επιδερμικής αναπνοής, ακόμη και μέσα στο νερό για κάποιες ώρες. Τα Symphypleona αναπνέουν με τραχείες. Το οξυγόνο εισέρχεται στο τραχειακό σύστημα από ένα ζεύγος πόρων (spiracles), που βρίσκονται στα πλάγια της κεφαλής, κοντά στην περιοχή του λαιμού. Η ανάπτυξη των τραχειών οδηγεί στο σχηματισμό συνεχούς κηρώδους στρώματος της εφυμενίδας και επιτρέπει τον αποικισμό περισσότερο εκτεθειμένων στις περιβαλλοντικές συνθήκες ενδιαιτημάτων.

Η απέκκριση εξασφαλίζεται από το δέρμα, το έντερο, τον κοιλιακό σωλήνα και από τους κεφαλικούς σωληνοειδείς αδένες. Τα Κολλέμβολα δε διαθέτουν μαλπιγγιανούς σωλήνες.

Τα Κολλέμβολα είναι αμετάβολα αρθρόποδα. Δεν έχουν διακριτή μεταμόρφωση και δεν αναπτύσσουν πτέρυγες σε κανένα στάδιο της ζωής τους. Το πρώτο στάδιο που βγαίνει από το αυγό, διαθέτει τρία ζεύγη ποδιών και τον ίδιο αριθμό κοιλιακών μεταμερών με αυτόν του ώριμου ατόμου. Μοιάζει δηλαδή με το ώριμο άτομο σε όλα εκτός από το μέγεθος και το χρωματισμό. Με τις διαδοχικές εκδύσεις γίνεται ολοένα μεγαλύτερο και σκουρότερο. Σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν παρατηρηθεί αλλαγές στη διάταξη των τριχών και των ψευδοκοιλοτήτων στο πέμπτο κοιλιακό μεταμερές. Ο αριθμός των εκδύσεων διαφέρει από είδος σε είδος. Η διάρκεια των σταδίων, δηλαδή το χρονικό διάστημα ανάμεσα σε δύο διαδοχικές εκδύσεις, αυξάνει με την ηλικία. Ακόμη και όταν το ζώο έχει φτάσει στο μέγιστο μέγεθός του, οι εκδύσεις συνεχίζονται κατά διαστήματα, τα οποία μεταβάλλονται χωρίς κανονικότητα.

Αν και έχουν παρατηρηθεί λίγες περιπτώσεις παρθενογένεσης, η σεξουαλική αναπαραγωγή είναι η συνηθέστερη στα Κολλέμβολα. Το αρσενικό αποθέτει στο υπόστρωμα είτε ένα σπερματοφόρο είτε μια σπερματική σταγόνα, που προσλαμβάνεται αργότερα από το θηλυκό. Σε μερικές οικογένειες των Symphypleona τα αρσενικά φέρουν στις κεραίες τους ειδικά εξαρτήματα, για να γαντζώνονται στις κεραίες των θηλυκών και να τα αναγκάζουν να λάβουν τέτοια θέση ώστε η πρόσληψη του σπέρματος από το γεννητικό τους πόρο να είναι ευκολότερη. Τα αυγά αποτίθενται είτε το καθένα μόνο του είτε πολλά μαζί, σχηματίζοντας συσσωματώματα. Η διάρκεια ανάπτυξής τους εξαρτάται από το είδος και τη θερμοκρασία.

Παρόλο που υπάρχουν εποχές κατά τις οποίες η αναπαραγωγική δραστηριότητα μεγιστοποιείται, οι γεννήσεις μπορούν να συνεχίζονται όλο το χρόνο, στην πλειονότητα των ειδών. Η χρονική στιγμή κατά την οποία αποτίθενται τα αυγά στο πεδίο παίζει σημαντικό ρόλο στο ρυθμό αύξησης των Κολλεμβόλων.

1.4 Οικολογία

Τα Κολλέμβολα, όπως αναφέραμε και παραπάνω, μπορούμε να τα βρούμε παντού. Στις εύκρατες περιοχές μερικά είδη (*Entomobrya albocincta*, *Xenylla xavieri*,) είναι αποκλειστικώς δενδρόβια. Στις τροπικές περιοχές ένα τετραγωνικό μέτρο οικοτόπου μπορεί να υποστηρίξει πολλά είδη Κολλεμβόλων.

Ο κύριος οικολογικός παράγοντας που επηρεάζει την τοπική κατανομή των ειδών είναι η κάθετη διαστρωμάτωση του περιβάλλοντος: στο δάσος μπορεί να παρατηρηθεί μια συνεχής αλλαγή στους πληθυσμούς των ειδών από τις σκιές των δέντρων στη βλάστηση του εδάφους. Αυτός είναι ένας σύνθετος παράγοντας που περιλαμβάνει τόσο τις θρεπτικές όσο και τις φυσιολογικές απαιτήσεις, μαζί με πιθανές αλληλεπιδράσεις των ειδών.

Ως ομάδα τα Κολλέμβολα είναι πολύ ευαίσθητα λόγω του συστήματος αναπνοής τους. Η κοινωνική συμπεριφορά των Κολλεμβόλων, υποκινούμενη κυρίως από την ελκυστική δύναμη των φερομονών που εκκρίνονται από τα ενήλικα, δίνει περισσότερες ευκαιρίες σε κάθε ανώριμο ή ενήλικο άτομο να βρει τις κατάλληλες και καλύτερα προστατευόμενες περιοχές, όπου η ξηρασία θα μπορούσε να αποφευχθεί και ο ρυθμός αναπαραγωγής θα μπορούσε να διατηρηθεί σε ένα βέλτιστο σημείο. Η ευαισθησία στην ξηρασία διαφέρει από είδος σε είδος και αυξάνει κατά τη διάρκεια της έκδυσης. Δεδομένου ότι τα Κολλέμβολα αλλάζουν εξωσκελετό επανειλημμένα κατά τη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου (τυπικό χαρακτηριστικό των εξάποδων), περνούν πολύ χρόνο σε απόκρυφες τοποθεσίες όπου μπορούν να βρουν προστασία από την ξηρασία αλλά και τις επιθέσεις εναντίον τους κατά τη διάρκεια της έκδυσης. Επίσης η υψηλή υγρασία του περιβάλλοντος των σπηλιών είναι ευνοϊκή για τα Κολλέμβολα, γι' αυτό και υπάρχει μεγάλη αφθονία ειδών μέσα σε σπηλιές.

1.5 Σχέση με τον άνθρωπο

Τα Κολλέμβολα είναι ευρέως γνωστά ως παράσιτα ορισμένων γεωργικών καλλιεργειών. Το είδος *Sminthurus viridis* έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί σοβαρές βλάβες και θεωρείται ως ένα παράσιτο στην Αυστραλία. Επίσης, η οικογένεια των Onychiuridae είναι γνωστό ότι τρέφεται με κονδύλους και ότι τους καταστρέφει ως ένα βαθμό. Ωστόσο, εξαιτίας της ικανότητάς τους να μεταφέρουν τα σπόρια των μυκορριζικών μυκήτων στην εφυμενίδα τους, τα Κολλέμβολα διαδραματίζουν θετικό ρόλο στις συμβιώσεις φυτών και μυκήτων και ως εκ τούτου είναι ευεργετικά για τη γεωργία. Επίσης συμβάλλουν στον έλεγχο μυκητιακών ασθενειών των φυτών. Έχει ειπωθεί ότι θα μπορούσαν να ανατραφούν για να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο παθογόνων μυκήτων σε θερμοκήπια και άλλες καλλιέργειες εσωτερικού χώρου.

Διάφορες πηγές και δημοσιεύσεις έχουν υποστηρίξει ότι ορισμένα Κολλέμβολα μπορεί να παρασιτούν στον άνθρωπο, αλλά αυτό είναι εντελώς ασυμβίβαστο με τη βιολογία τους. Κανένα τέτοιο φαινόμενο δεν έχει επιβεβαιωθεί επιστημονικά, παρότι έχει τεκμηριωθεί ότι οι τρίχες των Κολλεμβόλων μπορούν να προκαλέσουν ερεθισμό όταν τρίβονται επάνω στο δέρμα. Μπορούν

να εμφανιστούν σε αφθονία σε εσωτερικούς χώρους όπου επικρατεί αυξημένη υγρασία, όπως μπάνια και υπόγεια.

1.6 Βιοτικές μορφές Κολλεμβόλων

Τα Κολλέμβολα δε μπορούν να σκάψουν. Χρησιμοποιούν τα διάκενα στο έδαφος για τις μετακινήσεις τους. Η κατακόρυφη κατανομή των ειδών έχει ως αποτέλεσμα μια διαδοχή βιοτικών μορφών. Συνήθως, όσο αυξάνεται το βάθος στο οποίο βρίσκονται τα είδη, τόσο μειώνεται το μέγεθος του σώματος, ο χρωματισμός, το μήκος του εμβόλου και των κεραίων, η ανάπτυξη των φωτοϋποδοχέων και η κινητικότητα. Οι δύο ακραίες βιοτικές μορφές είναι οι ακόλουθες:

1) ΕΠΙΕΔΑΦΙΚΑ ΕΙΔΗ: Ζουν στην επιφάνεια του εδάφους. Έχουν μεγάλο σώμα, σκούρο χρώμα, συχνά πυκνό κάλυμμα από τρίχες ή λέπια (scales). Διαθέτουν σύνθετους οφθαλμούς, συχνά με οκτώ ομματίδια ο καθένας. Οι κεραίες είναι μακριές. Συχνά το τέταρτο άρθρο τους εμφανίζει δευτερογενή διαχωρισμό. Το μετακεραϊκό όργανο λείπει στα περισσότερα είδη. Το έμβολο είναι μακρύ και καλά ανεπτυγμένο. Τα περισσότερα είδη των οικογενειών Entomobryidae και Sminthuridae ανήκουν σε αυτή τη βιοτική μορφή.

2) ΕΥΕΔΑΦΙΚΑ ΕΙΔΗ: Κατοικούν στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Έχουν μακρύ κυλινδρικό σώμα, που σπάνια ξεπερνά τα 2 mm. Οι κεραίες και τα πόδια είναι κοντά. Το έμβολο είναι μη λειτουργικό ή απουσιάζει εντελώς. Χρώμα και τρίχες είτε λείπουν είτε είναι πολύ μειωμένα. Δεν υπάρχουν σύνθετοι οφθαλμοί. Αντιθέτως, το μετακεραϊκό όργανο είναι καλά ανεπτυγμένο, όπως επίσης το κεραϊκό όργανο του τρίτου άρθρου της κεραίας και οι κεραϊκές αισθητήριες τρίχες. Επιπλέον, τα ψευδοομματίδια είναι πολλά και διασκορπισμένα σε όλο το σώμα. Τα είδη της οικογένειας των Onychiuridae είναι τυπικοί εκπρόσωποι αυτής της βιοτικής μορφής.

Οι δύο αυτές βιοτικές μορφές θα πρέπει να θεωρηθούν ως άκρα μιας διαβάθμισης, κατά μήκος της οποίας τα χαρακτηριστικά μεταβάλλονται ανάλογα με την κατακόρυφη κατανομή των ειδών. Τα περισσότερα είδη της οικογένειας των Isotomidae έχουν αναπτύξει ενδιάμεσα χαρακτηριστικά. Παρόλο που έχουν σύνθετους οφθαλμούς, ο αριθμός των ομματιδίων είναι μειωμένος. Το μήκος των κεραίων και του εμβόλου είναι μέτριο. Ο χρωματισμός δεν είναι εξαπλωμένος σε όλη την επιφάνεια του σώματος. Το μετακεραϊκό όργανο είναι παρόν, αλλά έχει πολύ απλή διάταξη. Από πολλούς συγγραφείς (Rusek, 1989) τα είδη αυτά αντιμετωπίζονται ως εκπρόσωποι μιας τρίτης βιοτικής μορφής, των ημιεδαφικών ειδών.

1.7 Προσαρμογές σε ακραία περιβάλλοντα

Η ευρεία κατανομή των Κολλεμβόλων και ο αποικισμός ‘ακραίων’ περιβαλλόντων οδήγησε στην ανάπτυξη ειδικών προσαρμοστικών στρατηγικών για την αντιμετώπιση των αντίξοων περιβαλλοντικών συνθηκών. Οι κυριότερες από αυτές τις στρατηγικές είναι οι ακόλουθες:

- **ΚΥΚΛΟΜΟΡΦΩΣΗ (cyclomorphosis):** Αποτελεί προσαρμογή σε αρκτικά ή αλπικά περιβάλλοντα. Συνίσταται σε εποχιακές αλλαγές των μορφολογικών χαρακτηριστικών (π.χ. το χειμώνα τα ζώα αναπτύσσουν οδοντοειδείς προεξοχές στο έμβολό τους, οι οποίες βοηθούν στη μετακίνηση πάνω στο χιόνι).
- **ΟΛΙΓΟΠΑΥΣΗ (oligopause):** Προσαρμογή των εύκρατων ειδών στις χαμηλές θερμοκρασίες. Η συνολική ποσότητα της αφομοιούμενης ενέργειας μειώνεται, κατανέμεται περισσότερη ενέργεια στην επιβίωση, ενώ η αναπαραγωγή σταματά.
- **ΟΙΚΟΜΟΡΦΩΣΗ (ecomorphosis):** Συχνή προσαρμογή των εύκρατων ειδών, ιδιαιτέρως αυτών που ανήκουν στις οικογένειες Isotomidae και Hypogasturidae, σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και ξηρασίας. Τα είδη εμφανίζουν μορφολογικές αλλαγές στην εφυμενίδα, καθώς και εσωτερικές αλλαγές. Ο όγκος του λιπώδους ιστού αυξάνει μέχρι και 70% του συνολικού όγκου του σώματος, και τα ζώα διατηρούν σταθερό το υδατικό τους περιεχόμενο. Κατά τη διαδικασία αυτή τα ζώα μετακινούνται σε βαθύτερα στρώματα και σταματούν να τρέφονται.
- **ΑΝΥΔΡΟΒΙΩΣΗ (anhydrobiosis):** Στα μεσογειακά οικοσυστήματα πολλά Κολλέμβολα διαθερίζουν ως αυγά. Κάποια είδη διαθερίζουν ως ώριμα μετά από μια διαδικασία αφυδάτωσης, κατά την οποία χάνουν μέχρι και το 65% του υδατικού τους περιεχομένου. Η διαδικασία αυτή συνοδεύεται από μορφολογικές αλλαγές στο μεσοέντερο και είναι αντιστρεπτή.
- **ΛΑΘΡΟΒΙΩΣΗ (quiescence):** Συχνή απόκριση των εύκρατων ειδών στην ξηρασία. Η διατροφή σταματά, μειώνεται ο μεταβολικός ρυθμός και ο ρυθμός διαπνοής, ενώ σταματούν η αύξηση, η αναπαραγωγή και η κινητικότητα.

1.8 Εξεταζόμενα είδη

ΓΕΝΙΚΑ

Τα είδη των Κολλεμβόλων που εξετάζονται στην παρούσα μελέτη ανήκουν στους λεγόμενους θερινούς πληθυσμούς εδαφόβιων Κολλεμβόλων και είναι τα εξής:

- *Seira ferrarii* (Parona, 1888)
- *Entomobrya handschini* (Stach, 1922)
- *Fasciosminthurus circumfasciatus* (Stach, 1956)
- *Pseudosinella octopunctata* (Borner, 1901)

Το *Fasciosminthurus circumfasciatus* ανήκει στην ομάδα των Symphypleona, ενώ τα υπόλοιπα τρία ανήκουν στην ομάδα των Entomobryomorpha και μάλιστα προέρχονται από την ίδια οικογένεια, αυτή των Entomobryidae. Η αναλυτική συστηματική κατάταξη των τεσσάρων ειδών των Κολλεμβόλων είναι η ακόλουθη:

Πίνακας 1.1: Συστηματική κατάταξη των εξεταζόμενων ειδών

ΤΑΞΗ	Collembola	Collembola	Collembola	Collembola
ΟΜΑΔΑ	Entomobryomorpha	Entomobryomorpha	Symphypleona	Entomobryomorpha
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ	Entomobryidae	Entomobryidae	Bourletiellidae	Entomobryidae
ΥΠΟΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ	Lepidocyrtinae	Entomobryinae		Lepidocyrtinae
ΓΕΝΟΣ	<i>Seira</i>	<i>Entomobrya</i>	<i>Fasciosminthurus</i>	<i>Pseudosinella</i>
ΕΙΔΟΣ	<i>ferrarii</i>	<i>handschini</i>	<i>circumfasciatus</i>	<i>octopunctata</i>

Seira ferrarii

Περιγραφή

Το είδος αυτό έχει μήκος σώματος μέχρι 3mm. Το χρώμα του σώματος είναι κιτρινωπό, με εξαίρεση τους οφθαλμούς οι οποίοι αποτελούνται από 8 ομματίδια, ενώ υπάρχουν διάσπαρτες κηλίδες σκούρας χρωστικής. Οι κεραίες είναι χρώματος μπλε, ή και ανοιχτού μπλε σε ορισμένα δείγματα, ενώ το μήκος τους είναι έως 3,5 φορές μεγαλύτερο από το μήκος της κεφαλής. Σε όλο το σώμα υπάρχουν καφέ επιμήκεις ρίγες, ενώ μέρος του τέταρτου κοιλιακού τμήματος καλύπτεται από τρίχες. Το εσωτερικό των νυχιών εμφανίζει 2 συμμετρικά δόντια και άλλα 2 δόντια ακανόνιστης μορφής.

Κατανομή

Σύμφωνα με την ιστοσελίδα www.Faunaeuropaea.org, το συγκεκριμένο είδος εντοπίζεται στη Βουλγαρία, τη Μολδαβία τη Ρουμανία, την Αρμενία, τη Γεωργία, το Αζερμπαϊτζάν, τη Μάλτα, την Κορσική, τη Σικελία, τα Κανάρια νησιά και την Πορτογαλία, αλλά και σε πολλές περιοχές της Ελλάδας, όπως Δωδεκάνησα, Εύβοια, νησιά Ιονίου Πελάγους, Βόρειες Σποράδες, Σαμοθράκη και Θάσο. Τέλος, εμφανίζεται και σε περιοχές της Μέσης ανατολής όπως Τουρκία, Λίβανος, Συρία, Ισραήλ, Ιορδανία, Αίγυπτος, Ιράκ και Ιράν.

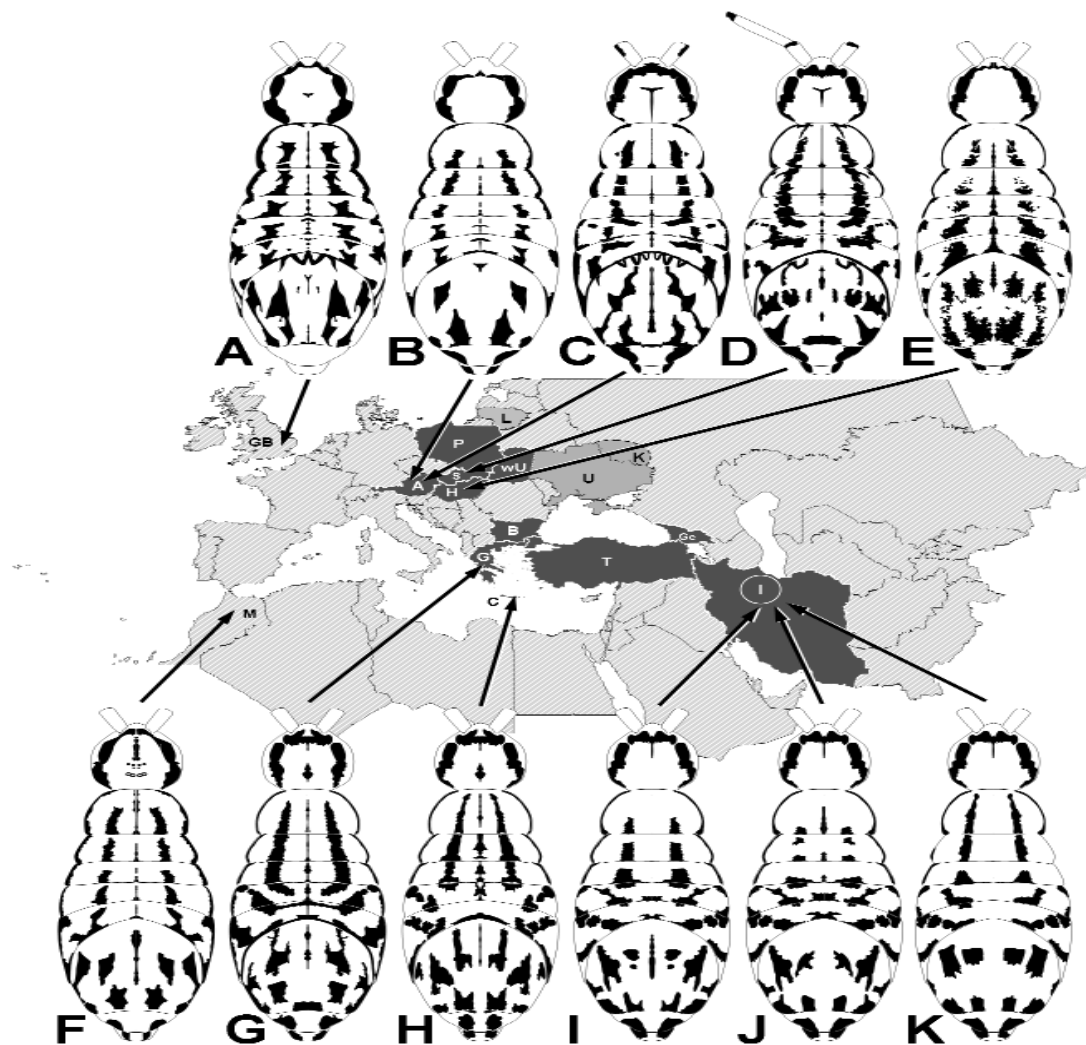


Εικόνα 1.1: *Seira ferrarii* (Ισπανία, 2012) -www.collembola.org

Entomobrya handschini

Περιγραφή

Έχει μήκος σώματος μέχρι 2,3 mm, χωρίς κεραίες. Βασικό χρώμα υποκίτρινο, με 8 πολύ μικρά μάτια. Οι βούλες των ματιών και η βάση των κεραιών έχουν χρώμα σκούρο μπλε, με μια αταίριαστη διαμήκη βούλα στο ραχιαίο κορμό. Συνήθως μια άλλη μικρή βούλα διάχυτης μπλε χρωστικής ουσίας εμφανίζεται στη μέση της κεφαλής. Οι βούλες των ματιών εκτείνουν πάντα τις χρωστικές τους μέχρι το τέλος του πλευρικού τμήματος της κεφαλής. Κεραίες με ομοιόμορφα ομοιογενή γαλαζωπή όψη, με τις άκρες των τριών πρώτων από τα έξι μέρη πιο σκούρες.



Εικόνα 1.2: Παραλλαγές του είδους *Entomobrya handschini* σε διάφορες περιοχές, όπου έχει εμφανιστεί. (On the identity and geographical distribution of *Entomobrya handschini*, 2008)

Το πιο τυπικό πρότυπο φαίνεται στα σχήματα 1C, 1D και 1G, με πέντε διαμήκεις ρίγες που ξεκινούν από το δεύτερο θωρακικό τμήμα και καταλήγουν στο δεύτερο κοιλιακό μεταμερές (τρεις ραχιαίες και δύο πλευρικές). Η κεντρική ρίγα βρίσκεται στο μέσο του τέταρτου κοιλιακού τμήματος. Οι δύο επόμενες ραχιαίες ρίγες καταλήγουν στο δεύτερο κοιλιακό μεταμερές, πλάγια προς το κέντρο. Στο ίδιο μεταμερές υπάρχει μια άλλη πλάγια βούλα η οποία φθάνει στο τρίτο μεταμερές. Στο τέταρτο κοιλιακό μεταμερές υπάρχουν 4-5 βούλες γύρω από μία που βρίσκεται στη μέση. Μερικές παραλλαγές των πρότυπων χρωμάτων που παρατηρούνται: στο κεφάλι απουσιάζει η μεσαία ρίγα ή βρίσκεται μόνο στο μέτωπο, στο σώμα απουσιάζει η μεσαία διαμήκης ρίγα και τέλος η διακοπή των ραχιαίων ριγών σε διαχωρισμένες βούλες.

Κατανομή

Το είδος αυτό προέρχεται από την Κεντρική Ευρώπη (Stach, 1922). Αργότερα, σύμφωνα με την ιστοσελίδα www.Faunaeuropaee.org, καταγράφηκε η κατανομή του σε Ουγγαρία, Σλοβακία, Δυτική Ουκρανία, Γεωργία, Τουρκία, Βουλγαρία και Αυστρία, όπου εξετάστηκαν από τον ίδιο. Επιπλέον εμφανίζεται στην Ελλάδα (Κρήτη), την Κροατία, την Ισπανία, την Ιταλία, καθώς και στη Μέση Ανατολή, στα κράτη όπου προαναφέραμε για τη *Seira ferrarii*.



Εικόνα 1.3: *Entomobrya handschini* (Κεντρική Ευρώπη, 2007) -www.collembola.org

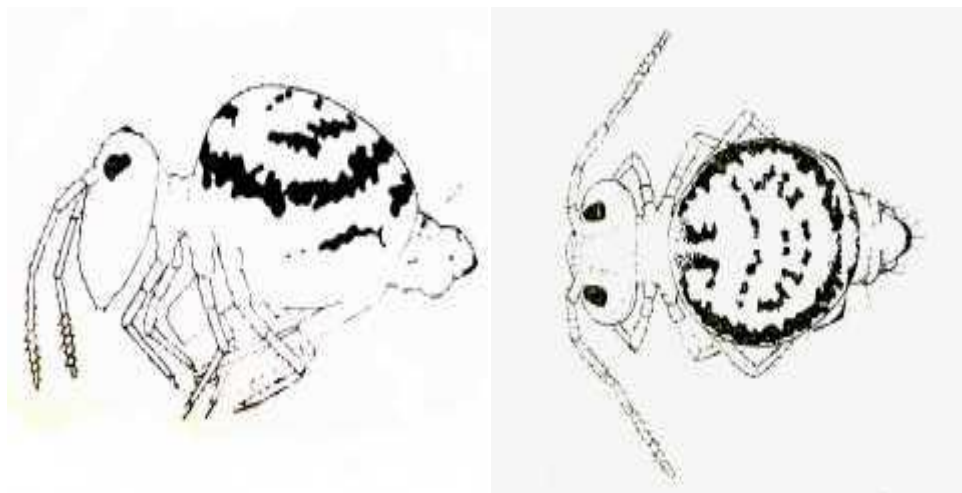
Fasciosminthurus circumfasciatus

Περιγραφή

Το θερινό αυτό είδος των Κολλεμβόλων έχει σώμα σφαιρικό, ενώ το συνολικό μήκος του ανέρχεται έως 0,9 mm. στα θηλυκά και 0,6 mm. στα αρσενικά. Το πίσω μέρος του σώματος έχει χρώμα λευκοκίτρινο, ενώ εμφανίζεται να έχει χρωστικές χρώματος σκούρου μπλε, κυρίως σε διαμήκειες ρίγες σε ολόκληρη την κοιλιακή χώρα, όχι όμως στο κεφάλι (εικόνα 1). Έχει μεγάλες δαγκάνες με μικρά εσωτερικά δόντια και μερικές φορές μικρότερα εξωτερικά δόντια. Η αναλογία του μήκους των κεραιών ως προς το μήκος της κεφαλής είναι 1,7 στα θηλυκά και 1,9 στα αρσενικά. Το είδος αυτό διαχειμάζει σε χαμηλή βλάστηση, και σε ηλιόλουστα ενδιαιτήματα έως 1.200 μέτρα υψόμετρο.

Κατανομή

Σύμφωνα με την ιστοσελίδα www.Faunaeuropaea.org, το συγκεκριμένο είδος εντοπίζεται στη Λευκορωσία, τη νότια Γαλλία, την Ουγγαρία, την Πολωνία, τη Σλοβακία και την Ουκρανία, καθώς και στην Κεντρική Ασία και πιο συγκεκριμένα στη Μογγολία.



Εικόνα 1.4: *Fasciosminthurus Circumfasciatus* (Πολωνία, 1956) www.collembola.org

Pseudosinella octopunctata

Περιγραφή

Το είδος αυτό έχει μήκος σώματος μέχρι 1,2 mm. Το χρώμα του είναι άσπρο και σε κάθε πλευρά της κεφαλής του έχει 4 ομματίδια σε τετράγωνα, μαύρες οφθαλμικές κηλίδες. Οι κεραίες και οι άκρες των ποδιών του είναι χρώματος ανοιχτού μωβ, ενώ το σώμα του εμφανίζει μερικές φορές διάσπαρτες κηλίδες χρωστικής ουσίας. Όπως και στη *Seira ferrarii* –η οποία ανήκει στην ίδια οικογένεια με την *P.octopunctata* –, έτσι και σε αυτό το είδος εμφανίζονται 1-2 δόντια στο εσωτερικό των νυχιών.

Κατανομή

Σύμφωνα με την ιστοσελίδα www.Faunaeuropaea.org, το συγκεκριμένο είδος εντοπίζεται στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης και όχι μόνο, καθώς έχει εμφανιστεί σε ολόκληρο τον κόσμο. Τέλος εμφανίζεται και σε περιοχές της Ελλάδας, όπως τα Δωδεκάνησα (Ellis, 1974).



Εικόνα 5: *Pseudosinella octopunctata* (Ηνωμένο Βασίλειο, 2012) www.collembola.org

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ ΚΟΛΛΕΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ

2.1 Εισαγωγή

Η τάξη των εξάποδων που κυριαρχεί αριθμητικά στα περισσότερα χερσαία οικοσυστήματα είναι αυτή των Κολλεμβόλων. Παρόλα αυτά όμως δε γίνεται σύγκριση ως προς την ποικιλομορφία με άλλες συννομοταξίες, αφού τα Κολεόπτερα αριθμούν περίπου 350.000 είδη και τα Δίπτερα 125.000 είδη (Parker, 1982), ενώ μέχρι σήμερα έχουν προσδιοριστεί περίπου 7.000 είδη Κολλεμβόλων πάνω στη γη.

Η πρώτη επιστημονική περιγραφή Κολλεμβόλων δημοσιεύτηκε στα μέσα του 18^{ου} αιώνα (Linne, 1758) και αναφέρονταν στο είδος *Podura aquatica*. Η πρώτη αναλυτική λίστα με τα μέχρι τότε γνωστά είδη δημοσιεύτηκε από τους Christiansen και Bellinger (1998) και περιελάμβανε 6.688 είδη. Από τότε έχουν δημοσιευτεί και άλλοι κατάλογοι με μικρές διαφοροποιήσεις, με αποτέλεσμα ο σημερινός αριθμός των ειδών των Κολλεμβόλων να κυμαίνεται λίγο πάνω από τις 7.000.



Διάγραμμα 2.1: Εξέλιξη του αριθμού των γνωστών στην επιστήμη ειδών Κολλεμβόλων από το 1750 έως το 2000

2.2 Δυναμική πληθυσμών των Κολλεμβόλων

Η διανομή στο χρόνο ενός πληθυσμού, καθώς επίσης και η μορφή του φαινολογικού του προτύπου εξαρτώνται από τον κύκλο ζωής του είδους στο πεδίο, αλλά και από τη δραστηριότητά του. Η φαινολογία αντικατοπτρίζει ως ένα βαθμό τη δυναμική ενός πληθυσμού στο πεδίο –στην περίπτωση μας των Κολλεμβόλων-, και κατ' επέκταση την εποχιακότητά του. Επιπλέον, φαινόμενα δραστηριότητας όπως η κάθετη μετακίνηση ή η συναθροιστική συμπεριφορά, μπορούν να παίζουν σημαντικό ρόλο όσον αφορά την εποχιακότητα του πληθυσμού, ιδιαιτέρως στην περίπτωση των εδαφόβιων Κολλεμβόλων. Συνεπώς, η φαινολογία αντικατοπτρίζει επίσης και τις φυσιολογικές αποκρίσεις των οργανισμών στις διακυμάνσεις των περιβαλλοντικών παραμέτρων.

Η μελέτη του κύκλου ζωής των αρθροπόδων –όπως είναι τα Κολλέμβολα- σε έντονα εποχικά περιβάλλοντα, όπως είναι το μεσογειακό της χώρας μας, προϋποθέτει την περιγραφή του συγχρονισμού της ανάπτυξης του βιολογικού τους κύκλου με τις ταλαντώσεις των περιβαλλοντικών μεταβλητών. Ως ένα βαθμό, το ίδιο ισχύει και για τα αρθρόποδα που προέρχονται από περιβάλλοντα με λιγότερο έντονες διακυμάνσεις.

Ο μεγάλος όγκος των διαθέσιμων φαινολογικών δεδομένων για εδαφόβια αρθρόποδα που προέρχονται από πολλά διαφορετικά οικοσυστήματα, αποτελεί εναρκτήριο σημείο για πολλές οικολογικές μελέτες. Πολλοί ερευνητές έχουν προσπαθήσει να διακρίνουν τις φαινολογίες των αρθροπόδων με τη βοήθεια ποιοτικών συστημάτων ομαδοποίησης (Lebrun 1971, Wolda 1988). Αντιθέτως, δεν έχουν γίνει πολλές προσπάθειες όσον αφορά την κατασκευή αναλυτικών μοντέλων για την περιγραφή και την ερμηνεία των φαινολογικών τους προτύπων.

Τα εδαφόβια Κολλέμβολα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αποσύνθεση και έχουν αποδειχθεί ότι είναι καλοί δείκτες των περιβαλλοντικών παραμέτρων (Hagvar 1982, Van Straalen et al. 1988, Hopkin 1997). Έχουν υπάρξει αρκετές μακροχρόνιες μελέτες στα εδαφόβια Κολλέμβολα (π.χ. Dunger και Schulz 1995, Rusek 1998, Chernova και Kuznetsova 2000). Σε μερικές από αυτές τα διαστήματα μεταξύ δύο δειγματοληψιών ήταν αρκετά μεγάλα. Οι τακτικές παρατηρήσεις των Κολλεμβόλων μπορούν να παρέχουν καλύτερα δεδομένα για την αξιολόγηση των τάσεων των αλλαγών μιας κοινότητας και την εξάρτησή τους από περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τη σταθερότητα της κοινότητας των Κολλεμβόλων και τη δυναμική τους θα αναφέρουμε δύο έρευνες που πραγματοποιήθηκαν, η πρώτη σε πευκοδάσος της βόρειας Λετονίας και η δεύτερη σε δάσος οξιάς στο Γκέτινγκεν της Γερμανίας.

Στην πρώτη περίπτωση (Jucevica και Melecis, 2002) 66 είδη εδαφόβιων Κολλεμβόλων συλλέχθηκαν κατά την περίοδο 1992-1997 σε οικοσύστημα δασικής πεύκης (*Pinus sylvestris*). Η έρευνα διεξήχθη σε τρία διαφορετικά ενδιαίτηματα: σε νεαρά δέντρα ηλικίας 30-40 ετών, σε δέντρα μέσης ηλικίας 50-70 ετών και σε παλιές συστάδες πεύκου ηλικίας 150-200 ετών. Η δειγματοληψία πραγματοποιούνταν μια φορά το χρόνο, στα τέλη Αυγούστου ή αρχές Σεπτεμβρίου, όπου 100 δείγματα εδάφους ελήφθησαν από κάθε ενδιαίτημα κάθε χρόνο.

Στο ενδιαίτημα με τα μεγαλύτερα δέντρα είχαμε τη μεγαλύτερη πυκνότητα και αριθμό ειδών. Τα κυρίαρχα είδη κάθε χρονιά ήταν τα *Isotoma notabilis* και *Isotomiella minor*. Σε επίπεδο οικογένειας, κυρίαρχη αναδείχθηκε αυτή των Isotomidae συμβάλλοντας σε ποσοστό 39-52 % του συνόλου. Επιπλέον εδώ παρατηρήθηκαν και οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις της πυκνότητας. Μια σταδιακή μείωση της πυκνότητας συνέβη μόνο στα νεαρά δέντρα, αλλά η τάση αυτή δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Γενικώς στα περισσότερα είδη Κολλεμβόλων παρουσιάστηκαν ακανόνιστες διακυμάνσεις, σε άλλα τα πρώτα τρία χρόνια και σε άλλα και τα έξι χρόνια, γενικώς όμως είχαμε και στα τρία ενδιαίτηματα μια σταδιακή μείωση στον αριθμό αλλά και στην αφθονία των ειδών.

Οι γραμμικές τάσεις τόσο του κλίματος, όσο και της ρύπανσης αποτέλεσαν δυνητικούς παράγοντες που θα μπορούσαν πιθανό να σχετίζονται με τις τάσεις στα χαρακτηριστικά των Κολλεμβόλων της συγκεκριμένης έρευνας. Αρκετά είδη Κολλεμβόλων (*Sminthuridae* spp., *P. binoculatus*, και *A. septentrionalis*) έδειξαν στατιστικά σημαντική μείωση στην πυκνότητά τους. Σε γενικές γραμμές πάντως τα αποτελέσματα έδειξαν ενδιαφέρουσες αλλαγές στη δυναμική των Κολλεμβόλων, οι οποίες φαίνονται να σχετίζονται με το κλίμα και τη ρύπανση όπως αναφέραμε και προηγουμένως, αλλά χρειάζονται περαιτέρω έρευνες για να επιβεβαιώσουν αυτές τις τάσεις.

Στη δεύτερη περίπτωση (Wolters, 1998) μελετήθηκε η δυναμική των Κολλεμβόλων σε ένα δάσος οξιάς για μια περίοδο 10 ετών (1980-1989). Στόχος της μελέτης αυτής ήταν η αφθονία των Κολλεμβόλων και η σχέση τους με το μακροκλίμα (βροχοπτώσεις, θερμοκρασία). Έχει υποστηριχθεί ότι οι αλλαγές στη δομή της κοινότητας δείχνουν περιβαλλοντική καταπόνηση (Hagvar, 1994). Μέσα από τη μελέτη θέλαμε να δώσουμε απαντήσεις στα εξής ερωτήματα:

A) Οι διακυμάνσεις στο μακροκλίμα επηρεάζουν την δυναμική των Κολλεμβόλων;

B) Διασφαλίζεται μια σχετική σταθερότητα στην κοινότητα;

Συνολικά, βρέθηκαν 48 είδη. Η μέση ετήσια πυκνότητα κυμαίνονταν από 18.600-46.800 άτομα ανά τετραγωνικό μέτρο κάθε χρόνο. Οι δυναμικές των πληθυσμών των διαφόρων ειδών δε συσχετίζονταν σημαντικά. Δεν ανιχνεύθηκαν ξεκάθαρες τάσεις όσον αφορά τη δυναμική

αφθονίας της κοινότητας των Κολλεμβόλων και οι πραγματικές πυκνότητες των μεμονωμένων ειδών δε συσχετίστηκαν με τις αντίστοιχες πυκνότητες του επόμενου έτους.

Η ανάλυση της πολλαπλής παλινδρόμησης αποκάλυψε ότι η πυκνότητα των Κολλεμβόλων συσχετίζονταν σημαντικά με τη μέση ετήσια θερμοκρασία για το προηγούμενο έτος. Η μέση θερμοκρασία όμως για το ίδιο έτος δεν είχε καμιά επίδραση στο σύνολο της κοινότητας, αλλά με μερικά είδη είχε θετική συσχέτιση και με άλλα αρνητική συσχέτιση. Επίσης η μέση βροχόπτωση δεν είχε καμιά επίδραση στην πυκνότητα των Κολλεμβόλων, ούτε σε επίπεδο ειδών, αλλά ούτε και σε επίπεδο κοινότητας. Η πραγματική πυκνότητα δε συσχετίστηκε με την πυκνότητα κατά το προηγούμενο έτος.

Οι έντονες ετήσιες διακυμάνσεις στην πυκνότητα μπορεί να οφείλονται σε σημαντικές αλλαγές χρόνο με το χρόνο στη φέρουσα ικανότητα του περιβάλλοντος του εδάφους, οι οποίες προκαλούνται από μακροπρόθεσμες επιδράσεις της θερμοκρασίας. Παρόμοιες μελέτες είχαν διεξαχθεί σε ένα πευκοδάσος στην Ιαπωνία (Takeda, 1987). Τα αποτελέσματα τέλος, έδειξαν μια σταθερότητα στην αφθονία του πληθυσμού σε όλες τις εποχές. Ωστόσο είναι απαραίτητες περισσότερες μελέτες σε διαφορετικά οικοσυστήματα, προτού εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν τη δυναμική των Κολλεμβόλων.

2.3 Κατανομή Κολλεμβόλων σε διαφορετικές τοποθεσίες και οικοσυστήματα

Η οριζόντια κατανομή των Κολλεμβόλων επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες οι οποίοι δρουν σε κλίμακα τοπίου, όπως η οξύτητα του εδάφους, η υγρασία και το φως. Οι υψομετρικές αλλαγές στην κατανομή των ειδών μπορούν τουλάχιστον να εξηγηθούν εν μέρει από την αυξημένη οξύτητα σε μεγαλύτερο υψόμετρο. Οι απαιτήσεις σε υγρασία εξηγούν γιατί μερικά είδη δε μπορούν να ζήσουν πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, αλλά και γιατί μερικά είδη βρίσκονται πάντα σε λίμνες όπως το υγρόφιλο *Isotomurus palustris*. Πάντως σε γενικές γραμμές οι πληθυσμοί των εδαφόβιων Κολλεμβόλων εμφανίζουν ένα μη τυχαίο πρότυπο κατανομής, το οποίο συσχετίζεται με μια σειρά περιβαλλοντικών μεταβλητών τις οποίες και αναφέραμε παραπάνω.

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε δύο διαφορετικές τοποθεσίες στο δυτικό τμήμα της ευρύτερης περιοχής στο Δέλτα του ποταμού Νέστου στη βορειοανατολική Ελλάδα την περίοδο 1992-1993 (Δέτσης, 2009), σκοπός ήταν η διερεύνηση προτύπων συγκεντρώσεων πληθυσμών και η σχέση της πυκνότητας του πληθυσμού επιλεγμένων εδαφόβιων ειδών με τις περιβαλλοντικές μεταβλητές, καθώς και ο έλεγχος εάν η αριθμητική αφθονία και η βιομάζα ως

μονάδες μέτρησης της πυκνότητας του πληθυσμού οδηγούν σε συνεπή αποτελέσματα όσον αφορά αυτές τις πτυχές της οικολογίας τους. Στην έρευνα αυτή μετρήθηκαν το ποσοστό της οργανικής ύλης αλλά και το pH. Τα είδη που μελετήθηκαν παρουσίασαν διαφορετικές πληθυσμιακές πυκνότητες. Αυτές οι διαφορές σχετίζονται με τις διαφορές που βρέθηκαν στη σχέση μεταξύ πυκνότητας πληθυσμού και οργανικής ύλης ή pH, ανάλογα με την εξεταζόμενη τοποθεσία.

Μια άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Ελλάδα για το σκοπό αυτό ήταν την περίοδο 1997-1998 στη Λέσβο (Detsis et al., 2000). Σκοπός της ήταν να ανιχνεύσει τις διαφορές, είτε σε επίπεδο ειδών, είτε στην κατανομή του πληθυσμού, οι οποίες μπορούν να αποδοθούν σε περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η μελέτη διεξήχθη σε τρεις τοποθεσίες χαρακτηριζόμενες από υψηλή, ενδιάμεση και χαμηλή βροχόπτωση. Η πρώτη τοποθεσία βρίσκεται ανατολικά του χωριού Φίλια σε υψόμετρο 400 μέτρων, η δεύτερη ανάμεσα στα χωριά Σκαλοχώρι και Βατούσσα σε υψόμετρο 200 μέτρων και η τρίτη δυτικά του χωριού Άντισσα σε υψόμετρο 280 μέτρων. Επιπλέον, στις τρεις υπό έρευνα περιοχές υπήρχαν δύο τύποι βλάστησης, φυλλοβόλα δάση δρυός και φρύγανα. Τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών έδειξαν ένα μεγάλο αριθμό των ακραία υποδεέστερων ειδών στα δάση βελανιδιάς και μια αλλαγή επίσης –στις ίδιες τοποθεσίες– όσον αφορά τα πρότυπα κυριαρχίας, με τα πιο άφθονα είδη να γίνονται ολοένα και πιο κυρίαρχα σε πιο υγρές περιοχές. Αντιστοίχως, οι πληθυσμοί στις περιοχές με φρύγανα είχαν μια πιο ομοιόμορφη κατανομή στα είδη που αφθονούν. Παρατηρήθηκαν διαφορές στο επίπεδο των ειδών, οι οποίες μπορούν να αποδοθούν σε περιβαλλοντικούς παράγοντες, αλλά θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η γεωγραφική απόσταση ανάμεσα στις τοποθεσίες. Σε επίπεδο πληθυσμού, είχαμε μεγαλύτερη αφθονία και ποικιλομορφία στις πιο υγρές τοποθεσίες βελανιδιάς από τις περιοχές που ήταν λιγότερο ευνοϊκές από πλευράς βλάστησης και βροχόπτωσης.

Φυσικά διαφορές στην κατανομή των Κολλεμβόλων έχουν παρατηρηθεί και σε γειτονικές τοποθεσίες, όπου η σύνθεση και η δομή του οικοσυστήματος όμως είναι διαφορετική. Έτσι ερευνήθηκαν οι κατανομές των πληθυσμών των Κολλεμβόλων σε ένα δάσος ερυθρελάτης και σε ένα γειτονικό ξηρό φυσικό λιβάδι στα προάστια της Μόσχας στη Ρωσία, την περίοδο 1991-1998 (Kuznetsova, 2006). Συγκρίθηκαν οι πληθυσμοί των Κολλεμβόλων έτσι ώστε να κατανοήσουμε το ρόλο των εξωτερικών και των εσωτερικών παραγόντων που ευθύνονται για τις αλλαγές με την πάροδο του χρόνου. Οι δύο κοινότητες ήταν παρόμοιες όσον αφορά την ποικιλία των ειδών (54 και 52 είδη), καθώς επίσης και στο βαθμό κυριαρχίας κάποιων ειδών, ενώ η δομή τους που μελετήσαμε για 8 χρόνια παρέμεινε αρκετά σταθερή, παρά τις διακυμάνσεις που είχαμε στις καιρικές συνθήκες. Όσον αφορά όμως την κατανομή, ήταν πολύ πιο σταθερή διαχρονικά στο δάσος από ότι στο λιβάδι. Οι πυκνότητες του πληθυσμού των δύο κυρίαρχων ειδών στο δάσος

άλλαξαν συγχρόνως και συσχετίζονταν με τη μέση μηνιαία θερμοκρασία. Αντιθέτως, στο ξηρό λιβάδι τα σύνολα των κυρίαρχων ειδών διέφεραν μεταξύ τους.

Μια άλλη έρευνα διεξήχθη στην περιοχή των Γαλλικών Πυρηναίων (Ang et al., 2007), όπου διερευνήθηκε η κατανομή των Κολλεμβόλων σε ένα έλος τύρφης σε σχέση με το γύρω περιβάλλον του, το οποίο αποτελούνταν από δασικές εκτάσεις. Οι κοινότητες που βρίσκονταν στο βάλτο έδειξαν ότι είναι καλά διαχωρισμένες από εκείνες των δασών, με πολύ λίγες επικαλύψεις όσον αφορά τη σύνθεση των ειδών. Σε γενικές γραμμές βρέθηκαν διακυμάνσεις στην κατανομή των ειδών των Κολλεμβόλων, οι οποίες σχετίζονταν έντονα με μια σειρά περιβαλλοντικών παραμέτρων, όπως είναι η περιεκτικότητα του υποστρώματος σε νερό, αλλά και η φυτοκάλυψη.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί και μια έρευνα που διεξήχθη πριν από μερικά χρόνια σε τέσσερα δασικά οικοσυστήματα στα παράκτια εύκρατα δάση του Βανκούβερ στον Καναδά (Addison et al., 2003). Η μελέτη αυτή περιελάμβανε αναγεννημένες συστάδες δέντρων ηλικίας 7-9 ετών, ανώριμες συστάδες ηλικίας 35-46 ετών, ώριμες συστάδες ηλικίας 80-102 ετών και παλαιές συστάδες ηλικίας 248 ετών και πάνω. Τα Κολλέμβολα συλλέγονταν μια φορά το χρόνο, τέλη φθινοπώρου για τέσσερα διαδοχικά χρόνια. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αφθονία των ειδών ήταν μεγαλύτερη στα παλαιότερες συστάδες και μικρότερη στις νεότερες.

2.4 Διατροφικές συνήθειες

Οι διατροφικές συνήθειες των Κολλεμβόλων έχουν μελετηθεί εντατικά αρχικά με το έργο του Macnamara (1924). Τα Κολλέμβολα είναι γνωστό ότι τρέφονται με ένα πολύ ευρύ φάσμα διαφορετικών ειδών τροφών, συμπεριλαμβανομένων των φυτικών υλικών αποσύνθεσης (Takeda και Ichimura, 1983, Ponge, 2000), σπόρων και υφών μυκήτων (Sadaka-Laulan et al., 1998), φυκών (Vegter, 1983), γύρης (Kato, 1995), βακτηρίων, κοπράνων αρθροπόδων, νηματωδών (Lee και Widden, 1996), μερών ζωικού σώματος, αλλά και άμορφα υλικά. Μερικά είδη έχει αναφερθεί επίσης ότι τρέφονται με τη βλέννα ή τα ούρα των γαιοσκωλήκων (Salmon και Ponge, 2001). Οι παρατηρήσεις αυτές ενισχύουν την ιδέα ότι τα Κολλέμβολα είναι σε γενικές γραμμές παμφάγα.

Για να διακρίνουμε τα είδη με βάση τις διατροφικές τους συνήθειες, δύο μεθοδολογίες χρησιμοποιούνται συχνά, η ανάλυση του πεπτικού σωλήνα (Poole, 1959, Bodvarsson, 1970, Hagvar και Kjondal, 1981), και οι δοκιμές προτίμησης της τροφής (Verhoef et al., 1988, Klironomos et al., 1992, Bardgett et al., 1993, Lee και Widden, 1996). Και οι δύο μέθοδοι έχουν

τους περιορισμούς τους. Η ανάλυση του πεπτικού σωλήνα χρησιμοποιείται για τη μελέτη των διατροφικών συνηθειών των Κολλεμβόλων. Η μέθοδος αυτή τονίζει τη σχετική σημασία των ανθεκτικών, μη εύπεπτων υλικών, ενώ αγνοείται η γρήγορα εύπεπτη ύλη, καθώς και οι υγρές ουσίες (McMillan και Healey, 1971). Επιπλέον, ένα υψηλό ποσοστό των Κολλεμβόλων που λαμβάνονται από το πεδίο δεν έχουν εμφανές περιεχόμενο στον πεπτικό τους σωλήνα. (Bodvarsson, 1970, McMillan, 1975, Sauer και Ponge, 1988). Οι δοκιμές προτίμησης της τροφής έχουν χρησιμοποιηθεί για να διερευνηθεί η εξειδίκευση της διατροφής σε είδη Κολλεμβόλων στο εργαστήριο. Αξίζει να αναφερθεί ότι οι συνθήκες καλλιέργειας επηρεάζουν την τροφική προτίμηση των Κολλεμβόλων (Leonard, 1984, Sadaka-Laulan et al., 1998).

Υπάρχουν μελέτες που βρίσκουν μια σαφή συσχέτιση μεταξύ της επιλογής τροφής και της φυσικής κατάστασης των Κολλεμβόλων, υπονοώντας έτσι ότι τα Κολλέμβολα είναι σε θέση να επιλέξουν την καλύτερη διατροφή γι' αυτά (Chen et al., 1995, Sabatini και Innocenti, 2000), ενώ άλλες μελέτες θεωρούν μικρή τη συσχέτιση ανάμεσα στην επιλογή της τροφής και την καλή φυσική κατάσταση (Walsh και Bolger, 1990). Λόγω των πρακτικών δυσκολιών σχετικά με την ανίχνευση της επιλογής τροφής των εδαφόβιων οργανισμών στο φυσικό τους περιβάλλον, έχουμε λίγες γνώσεις για την επιλογή τροφής των Κολλεμβόλων και τη βελτίωση της φυσικής τους κατάστασης. Εντούτοις, από εργαστηριακές μελέτες που έχουν διεξαχθεί, είναι σαφές ότι η κατανομή της τροφής σε βασικές μεταβολικές δραστηριότητες είναι χαρακτηριστική σε ορισμένα είδη (Testerink, 1982). Αυτό σημαίνει ότι διαφορετικά είδη Κολλεμβόλων μπορούν να επιλέξουν διαφορετικές πηγές τροφής. Οι Scheu και Falca (2000) και οι Chahartaghi et al. (2005) έδειξαν ότι διαφορετικά είδη Κολλεμβόλων θα μπορούσαν να ταξινομηθούν σε τροφικές ομάδες: μια ομάδα με είδη που τρέφονται κυρίως με λειχήνες, άλγη και φυτικούς ιστούς, μια άλλη ομάδα που τρέφεται κυρίως με φυτικά υπολείμματα και μια τρίτη ομάδα που τρέφεται κυρίως με μύκητες.

Γενικώς τα Κολλέμβολα έχουν επιδείξει μεγάλες προτιμήσεις σε εδάφη όπου αναπτύσσονται μύκητες. Έτσι λοιπόν, για να διερευνηθεί η επιλεκτικότητα των Κολλεμβόλων ως προς αυτό το είδος τροφής χρησιμοποιήθηκαν τρία είδη, *Folsomia fimetaria*, *Protaphorura armata* και *Heteromurus nitidus*, τα οποία ετράφησαν με τρία είδη μυκήτων, *Alternaria infectoria*, *Mucor hiemalis* και *Penicillium hordei*, οι οποίοι αντιπροσωπεύουν μύκητες υψηλής, μεσαίας και χαμηλής προτίμησης (Jorgensen et al., 2008). Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν την ανάπτυξη, την επιβίωση και τη γονιμότητα των ειδών αυτών. Ο μύκητας *Alternaria infectoria* υποστήριξε καλύτερα την ανάπτυξη, την επιβίωση και την αναπαραγωγή και στα τρία είδη των Κολλεμβόλων, ενώ ο μύκητας *Penicillium hordei* αποδείχθηκε τροφή χαμηλής ποιότητας. Ο μύκητας *Mucor hiemalis* ήταν μέτριας ποιότητας και το είδος *Folsomia fimetaria*

ήταν το μοναδικό είδος που κατόρθωσε να αναπαραχθεί τρεφόμενο με το συγκεκριμένο μύκητα, υποδηλώνοντας ότι ο μύκητας αυτός στερείται θρεπτικών συστατικών που απαιτούνται για την αναπαραγωγή. Το είδος *Heteromurus nitidus* δεν είχε καλές επιδόσεις τρεφόμενο με οποιονδήποτε από τους προσφερόμενους μύκητες, οι οποίοι σε γενικές γραμμές αποτέλεσαν χαμηλής ποιότητας τροφές για αυτό το είδος. Σύμφωνα με τα παραπάνω παρατηρούμε ότι τα είδη επιλέγουν μεταξύ των μυκήτων αυτούς που ευνοούν την ανάπτυξη και τη γονιμότητά τους. Ακόμη όμως κι αν η ποιότητα τροφής ορισμένων μυκήτων είναι χαμηλή, τα Κολλέμβολα μπορούν να επιβιώσουν με αυτούς, μέχρι να υπάρξουν διαθέσιμοι τροφές υψηλότερης ποιότητας, καθώς σύμφωνα με τη μελέτη τα Κολλέμβολα έχουν την ικανότητα να τις επιλέξουν.

Μια άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε με σκοπό την επίδραση της τροφής και ειδικά των μυκήτων στο βιολογικό κύκλο των Κολλεμβόλων, ήταν αυτή των Sabatini et al. (2000), όπου χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις εδαφογενείς φυτοπαθογόνοι μύκητες, *Gaeumannomyces graminis*, *Fusarium culmorum*, *Rhizoctonia cerealis* και *Bipolaris sorokiniana* ως πηγές τροφής για το είδος *Mesaphorura krausbaueri*. Οι τέσσερις μύκητες είχαν διαφορετική επίδραση στις διαδικασίες ζωής του συγκεκριμένου είδους. Ανάλογα με το είδος του μύκητα, τα άτομα παρήγαγαν σημαντικά διαφορετικούς αριθμούς αυγών και είχαν διαφορετικές διάρκειες ζωής. Πιο συγκεκριμένα, ο μύκητας *Gaeumannomyces graminis* αποδείχτηκε ότι είναι η καλύτερη πηγή διατροφής, αφού συντελεί στην πρόωρη ωρίμανση, την παραγωγή περισσότερων αυγών σε μικρότερο χρονικό διάστημα, αλλά οδηγεί σε πρόωρη απώλεια της αναπαραγωγικής ικανότητας και πρόωρο θάνατο. Από την άλλη μεριά, μια διατροφή με *Rhizoctonia cerealis* να μεν οδήγησε στην παραγωγή υψηλότερου αριθμού αυγών κατά τη δοκιμασία και μέγιστη παραγωγή αυγών στο τέλος του κύκλου ζωής, είχε όμως μια πολύ διαφορετική επίδραση στη δυναμική του πληθυσμού, κυρίως στη διάρκεια της αναπαραγωγικής ικανότητας. Επιπλέον, αξίζει να αναφέρουμε ότι οι μύκητες *Gaeumannomyces graminis*, *Fusarium culmorum* και *Rhizoctonia cerealis* ήταν εύπεπτοι για το *Mesaphorura krausbaueri* χωρίς σημαντικές προτιμήσεις, ενώ οι υφές του *Bipolaris sorokiniana* είχαν μέχρι και θανατηφόρα επίδραση.

Τέλος, για να εκτιμηθεί η δυναμική της σύνθεσης των λιπαρών οξέων των Κολλεμβόλων που δρουν ως βιοδείκτες στο τροφικό πλέγμα του εδάφους, χρησιμοποιήθηκαν δύο είδη Κολλεμβόλων, τα *Folsomia candida* και *Proisotoma minuta*, τα οποία υπεβλήθησαν σε τέσσερις αντιπροσωπευτικές δίαιτες των οικοσυστημάτων εδάφους: *Cladosporium cladosporioides* (ένας κοινός μύκητας του εδάφους), *Panagrellus redivivus* (βακτήριο που τρέφεται με νηματώδεις), *Zea mays* (καλαμπόκι) και *Alnus glutinosa* (σκλήθρο) (Chamberlain et al., 2005). Η αλλαγή στο περιεχόμενο των λιπαρών οξέων μελετήθηκε κατά τις επόμενες 39 ημέρες. Οι τέσσερις δίαιτες προκάλεσαν σημαντικές μεταβολές στις συνθέσεις των λιπαρών οξέων, με το βακτήριο να

προκαλεί τις πιο ακραίες αλλαγές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι συνθέσεις των λιπαρών οξέων των Κολλεμβόλων επηρεάζονται από τη διατροφή και ότι οι αφθονίες τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιοδείκτες κατανάλωσης νηματωδών από τα Κολλέμβολα.

2.5 Επίδραση της βλάστησης

Σημαντική δουλειά έχει γίνει σχετικά με τη σχέση των Κολλεμβόλων με τις κοινότητες των φυτών (Cassagnau, 1961, Nosek, 1967, Szeptycki, 1967, Hagvar, 1982, Ponge, 1993, Kuznetsova, 2002). Αυτοί οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει άμεση σχέση ανάμεσα στις κοινότητες των Κολλεμβόλων και τα σχετικά φυτικά ενδιαιτήματα. Αντίθετα, τόνισαν τη σημασία της υγρασίας ως καθοριστικό παράγοντα που επηρεάζει την οριζόντια κατανομή των Κολλεμβόλων. Η θερμοκρασία, η μορφή του χούμου (Nosek, 1967, Kubikova και Rusek, 1976, Ponge, 1993), η γονιμότητα του εδάφους, οι ιστορικές και βιογεωγραφικές σχέσεις είναι άλλοι καθοριστικοί παράγοντες.

Ενώ όμως αυτοί οι παράγοντες δεν είναι άμεσα χαρακτηριστικοί των κοινοτήτων των φυτών, εντούτοις σχετίζονται όλοι με τη βλάστηση. Ο Hagvar (1982) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η βλάστηση έχει μια ορισμένη άλλα όχι καθοριστική επίδραση στην οριζόντια κατανομή των κοινοτήτων των Κολλεμβόλων. Από αυτή την άποψη, η βλάστηση θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μόνο ως ένας πρόχειρος δείκτης των περιβαλλοντικών παραγόντων, οι οποίοι προβλέπουν τις βασικές παραμέτρους μιας κοινότητας Κολλεμβόλων (Kuznetsova, 2002). Από την άλλη πλευρά, η επίδραση της βλάστησης στο έδαφος και το μικροκλίμα δε μπορούν να αγνοηθούν (Nosek, 1967). Έτσι, η επίδραση της βλάστησης στα Κολλέμβολα φαίνεται να είναι έμμεση, πιθανόν να ασκείται μέσω της επίδρασής της στο περιβάλλον του εδάφους (τύπος εδάφους, σύνθεση μικροχλωρίδας ή υγρασία του εδάφους), η οποία με τη σειρά της καθορίζει τη σύνθεση των κοινοτήτων των Κολλεμβόλων (Wallwork, 1970, Usher et al., 1982).

Αρκετές μελέτες διερεύνησαν τη σχέση μεταξύ Κολλεμβόλων και βλάστησης σε μακροκλίμακα, όπου είναι δύσκολο να εξαλειφθεί η επίδραση του υψομέτρου, οι κλιματολογικές συνθήκες, οι ιστορικές σχέσεις και άλλοι παράγοντες. Ο Hagvar (1982), ο οποίος συνέκρινε την πανίδα εδαφόβιων Κολλεμβόλων από επτά διαφορετικά σημεία βλάστησης σε δύο διαφορετικές τοποθεσίες, διαπίστωσε ότι τα τοπικά χαρακτηριστικά της πανίδας των Κολλεμβόλων θα μπορούσαν να καλύψουν τις επιδράσεις της βλάστησης και του εδάφους. Έτσι, προτείνει η σύγκριση να γίνεται μόνο μεταξύ αυτών των περιοχών που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Μικρής κλίμακας μελέτες μπορούν καλύτερα να

μας επιτρέψουν να εξαλείψουμε την επίδραση των μακροπεριβαλλοντικών παραγόντων και να επικεντρωθούμε αποκλειστικά και μόνο στη σχέση μεταξύ Κολλεμβόλων και βλάστησης (Lienhard, 1980, Rusek, 1989 και 2001, Ehrnsberger et al., 1997, Sławski και Sławska, 2000).

Για να εξετάσουμε την επίδραση της βλάστησης στα Κολλέμβολα και κατά πόσο αυτή η επίδραση είναι εποχική ή όχι διενεργήθηκε έρευνα σε πειραματικό αγρό, ο οποίος αποτελείται από χορτολιβαδικές εκτάσεις στη Γερμανία (Sabais et al., 2011). Ο αγρός αυτός αποτελείται από 60 αυτόχθονα είδη φυτών τα οποία υπάγονται σε τέσσερις λειτουργικές ομάδες φυτών: αγρωστώδη (16 είδη), χαμηλά βότανα (12 είδη), υψηλά βότανα (20 είδη) και ψυχανθή (12 είδη). Πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες, το Μάιο και το Νοέμβριο του 2006, όπου συλλέχθηκαν άτομα από τις εξής οικογένειες: Entomobryidae, Isotomidae, Onychiuridae, Hypogastruridae και Sminthuridae. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πυκνότητα και η ποικιλία των Κολλεμβόλων αυξήθηκε σημαντικά με την αφθονία των φυτικών ειδών. Συνολικά, η αφθονία των φυτικών ειδών είχε την ισχυρότερη και συνεπέστερη επίδραση στην πυκνότητα και την ποικιλομορφία των Κολλεμβόλων. Η πυκνότητα του συνόλου των Κολλεμβόλων αυξήθηκε σημαντικά με την αύξηση της αφθονίας των φυτικών ειδών, η οποία οφείλεται κυρίως σε αλλαγές στην πυκνότητα των Entomobryidae, Isotomidae και Onychiuridae. Η θετική αυτή σχέση ήταν συνεπής και μεταξύ των εποχών. Η έρευνα αυτή έρχεται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα προηγούμενων πειραμάτων (Spehn et al., 2000, Salamon et al., 2004). Στη μελέτη των Spehn et al. (2000) τα Κολλέμβολα αποκρίθηκαν χωρίς συνέπεια στην αύξηση των φυτών και της αφθονίας των λειτουργικών τους ομάδων. Επίσης, η μελέτη των Salamon et al. (2004) έδειξε ότι η πυκνότητα και η ποικιλία του συνόλου των Κολλεμβόλων δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από την ποικιλία των φυτών, ενώ σε ορισμένες οικογένειες μειώθηκε με την αύξηση αφθονίας των φυτικών ειδών.

Μια άλλη παράμετρος που πρέπει να εξεταστεί είναι ο βαθμός επίδρασης κάθε λειτουργικής ομάδας φυτών στα Κολλέμβολα. Έτσι, το Μάιο του 2008 πραγματοποιήθηκε έρευνα (Salamon et al., 2011) σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις που βρίσκονταν σε αγρανάπαυση και αποτελούνταν από φυτά διαφορετικών ομάδων: η μηδική (*Medicago sativa*) αντιπροσώπευε τα ψυχανθή, η πικραλίδα (*Taraxacum officinale*) τα βότανα και η βρώμη (*Bromus sterilis*) τα αγρωστώδη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο αριθμός των ειδών των Κολλεμβόλων και οι πυκνότητες του συνόλου και πιο συγκεκριμένα των ευεδαφικών ειδών ήταν σημαντικά μεγαλύτερες στη βρώμη από αυτές στην πικραλίδα, με τα άτομα της μηδικής να βρίσκονται σε ενδιάμεση θέση. Αντιθέτως, οι πυκνότητες των ημιεδαφικών και των επιεδαφικών ειδών δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ των φυτικών ειδών. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η βρώμη και γενικώς τα

αγρωστώδη έχουν ριζικό σύστημα πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά σε σχέση με τις άλλες ομάδες φυτών, ευνοώντας την παρουσία εδαφόβιων μικροοργανισμών.

2.6 Επιδράσεις των χρήσεων γης

Η γεωργία έχει προσδιοριστεί ως ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες απώλειας της βιοποικιλότητας σε παγκόσμιο επίπεδο, εξαιτίας της μεγάλης έκτασης που απαιτείται για αυτή την πρακτική (McLaughlin και Mineau, 1995). Η μειωμένη βιοποικιλότητα σχετίζεται με την αυξημένη διαχείριση της γης και την μειωμένη περιβαλλοντική ετερογένεια (Erwin, 1996). Ωστόσο, το πρόβλημα αυτό περιορίζεται για ορισμένα αγροτικά συστήματα (Paoletti, 1988), τα οποία σχεδιάστηκαν για να είναι βιώσιμα και τα οποία προωθούν φιλικές προς το περιβάλλον στρατηγικές διαχείρισης και γεωπονικές πρακτικές (Gardi et al., 2002). Σε χερσαία περιβάλλοντα, η κατάσταση της βιοποικιλότητας σε τοπικό ή περιφερειακό επίπεδο επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες πέρα της γεωργίας, όπως η δασοκομία και η αστικοποίηση. Οι παράγοντες αυτοί προκαλούν αλλαγές στη χρήση γης (π.χ. κατακερματισμός, εντατικοποίηση, δενδροφύτευση, αναδάσωση), οι οποίες επηρεάζουν άμεσα τις ποικιλίες των ζωντανών οργανισμών.

Οι κοινότητες των Κολλεμβόλων αντιδρούν σε όλες αυτές τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Η αναδάσωση με τα εξωτικά είδη δέντρων είναι γνωστό ότι προκαλεί μια μείωση στην ποικιλία (Bonnet et al., 1977, Gama et al., 1994, Deharveng, 1996, Pinto et al., 1997, Sousa et al., 1997, Barrocas et al., 1998, Sousa et al., 2000), ενώ και η υλοτομία μπορεί να προκαλέσει μια αναστάτωση στη δυναμική των Κολλεμβόλων με την πάροδο των ετών (Bengtsson et al., 1997). Η εναλλαγή των καλλιεργειών μπορεί επίσης να οδηγήσει σε αλλαγές στους πληθυσμούς των ειδών και στην ποικιλομορφία (Nakamura, 1988, Dekkers et al., 1994, Reddy et al., 1996, Loranger et al., 1999, Frampton, 2000, Alvarez et al., 2001; Gardi et al., 2002). Επιπλέον, η διαμόρφωση του τοπίου (π.χ. ετερογένεια, κατακερματισμός) και το είδος της χρήσης (π.χ. βοσκότοποι, αγρόκτημα, δάσος) ρυθμίζουν επίσης τη σύνθεση των κοινοτήτων των Κολλεμβόλων (Filser et al., 1996, Lauga-Reyrel και Deconchat, 1999, Alvarez et al., 2000, Dombos, 2001). Τα Κολλέμβολα ανταποκρίνονται και σε αλλαγές που προκαλούνται από διάφορες γεωργικές πρακτικές, όπως είναι το όργωμα, η άρδευση, η λίπανση, η χρήση φυτοφαρμάκων κ.α.. Όλες αυτές οι διεργασίες μεταβάλλουν το pH του εδάφους, ενώ προκαλούν αλλαγές σε μικροκλιματικές και μικροενδιατηματικές συνθήκες, όπως η εδαφική υγρασία και ο τύπος του χούμου.

Μια έρευνα που σκοπό είχε να διερευνήσει τις επιδράσεις διαφορετικών πρακτικών διαχείρισης της γης πραγματοποιήθηκε σε έναν Μεσογειακό αμπελώνα στη νότια Γαλλία (Renaud et al., 2004). Οι τέσσερις πρακτικές που πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικές τοποθεσίες του αμπελώνα ήταν οι εξής: α) χρήση μεταφυτρωτικού ζιζανιοκτόνου που περιέχει τη δραστική ουσία glyphosate, β) χρήση προφυτρωτικών και μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων που περιέχουν τις δραστικές ουσίες glyphosate, terbuthylazine, diuron και oryzalin, γ) φυσική χλωρίδα και δ) επιφανειακό όργωμα σε βάθος 10-15 εκατοστών. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε μεταξύ Δεκεμβρίου του 2000 και Ιουνίου του 2002. Δεν ελήφθησαν δείγματα το καλοκαίρι του 2001 λόγω της ξηρασίας. Η συνολική αφθονία ήταν σημαντικά υψηλότερη σε όλη την περίοδο της δειγματοληψίας στην τρίτη πρακτική, όπου δεν υπήρχε έλεγχος ή παρέμβαση στη χλωρίδα. Στις δύο πρώτες πρακτικές όπου είχαμε τη χρήση ζιζανιοκτόνων προέκυψαν οι χαμηλότερες τιμές όσον αφορά την αφθονία και την ποικιλομορφία των Κολλεμβόλων, ενώ και στην περίπτωση της άροσης είχαμε μια αρνητική σχέση με το συνολικό αριθμό των Κολλεμβόλων.

Οι επιδράσεις των εντομοκτόνων στην πυκνότητα και τη δομή της κοινότητας των Κολλεμβόλων διερευνήθηκαν σε μια έκταση που τελούσε σε αγρανάπαυση στο Halle της Γερμανίας (Endlweber et al., 2006). Εντομοκτόνα εφαρμόστηκαν χωριστά στο έδαφος (chlorpyrifos) και στη βλάστηση (dimethoate). Ελήφθησαν δείγματα το Μάρτιο και τον Ιούνιο του 2000 πριν και μετά την εφαρμογή τους. Και τα δύο εντομοκτόνα αποδείχτηκαν θανατηφόρα για τα Κολλέμβολα και οδήγησαν σε μια μεγάλη μείωση της πυκνότητας του συνόλου των Κολλεμβόλων. Γενικώς τα εντομοκτόνα άλλαξαν τη δομή της κυριαρχίας αλλά δεν είχαν επιδράσεις στη σύνθεση των ειδών.

Σε γενικές γραμμές οι διάφορες γεωργικές πρακτικές οι οποίες είναι απαραίτητες, προκαλούν τη μείωση του πληθυσμού των Κολλεμβόλων λόγω της μετακίνησης ή ακόμη και αφαίρεσης της οργανικής ύλης κατά τη διάρκεια της διατάραξης του εδάφους. Δε συμβαίνει όμως το ίδιο με την άρδευση και με τη λίπανση, καθώς η αυξημένη εδαφική υγρασία και η προσθήκη θρεπτικών συστατικών και οργανικής ουσίας (κοπριά) ευνοούν την παρουσία τους. Σε αυτά έρχεται να προστεθεί και η άροση διατήρησης, η οποία συντελεί σε αυξημένες αφθονίες των περισσότερων ειδών των Κολλεμβόλων σε σύγκριση με τις πρακτικές της συμβατικής άροσης. Αυτό είναι πιθανώς συνέπεια της μειωμένης διαταραχής στο έδαφος αλλά και της αυξημένης παρουσίας μυκήτων ως πηγή τροφής.

2.7 Επιδράσεις κλιματικών συνθηκών

Υπάρχει μια ευρεία αποδοχή ότι οι κλιματικές αλλαγές μπορούν να επηρεάσουν τους εδαφόβιους οργανισμούς και τις λειτουργίες τους (Schröter et al., 2004, Hagvar και Klanderud, 2009, Kardol et al., 2010, Lindroth, 2010).

Η ξηρασία έχει αποδειχθεί από πολλούς συγγραφείς ότι είναι ένας περιοριστικός παράγοντας για τα Κολλέμβολα (Frampton et al. 2000, Pflug και Wolters 2001, Lindberg, 2003). Μάλιστα ο Lindberg (2003) ανέφερε ότι τόσο τα ευεδαφικά είδη όσο και τα ημιεδαφικά επηρεάζονταν αρνητικά από την ξηρασία σε δάση ερυθρελάτης στη Σουηδία. Επιπλέον τα ευεδαφικά είδη καταπονούνται κυρίως από την αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ τα ημιεδαφικά είδη εμφανίζονται να είναι πιο ευαίσθητα σε συνθήκες υγρασίας.

Ένα άλλο που χρειάζεται να αναφερθεί είναι ότι η μεταβολή της εδαφικής υγρασίας, ως άμεση επίδραση των βροχοπτώσεων έχει πολύ θετική επίδραση στις κοινότητες των Κολλεμβόλων, ενώ μπορεί να επηρεάσει σημαντικά και διάφορες λειτουργίες ενός οικοσυστήματος, όπως είναι η αποσύνθεση. Τούτο έδειξε και η έρευνα που πραγματοποιήθηκε στη νότια Αγγλία την άνοιξη του 1997 και κράτησε μέχρι το καλοκαίρι του ίδιου έτους (Frampton et al., 2000). Υποθέσαμε ότι η σύνθεση των ειδών των Κολλεμβόλων σε μια καλλιεργήσιμη έκταση θα μεταβάλλονταν ανάλογα με τις μεταβολές των βροχοπτώσεων την άνοιξη διότι: α) η ευαισθησία των Κολλεμβόλων στην υγρασία έχει μεγάλες διακυμάνσεις (Davies, 1928, Joosse, 1970, Ashraf, 1971, Verhoef και Van Selm, 1983), β) αρκετά είδη είναι ανθεκτικά σε ορισμένες συνθήκες ξηρασίας (Davidson, 1932, Poinsot, 1971, Blancquaert et al., 1981, Alvarez et al., 1999), γ) τα είδη που τρέφονται με μύκητες θα μπορούσαν να επηρεαστούν έμμεσα από τις επιδράσεις των βροχοπτώσεων μέσω της τροφής τους (Schnürer et al., 1986), δ) το ίδιο και για τα φυτοφάγα είδη (Mattson και Haack, 1987) και ε) το χρονοδιάγραμμα των βροχοπτώσεων μπορεί να επηρεάσει τη χρονική δυναμική μερικών ειδών (Davidson, 1932). Τα αποτελέσματα που προέκυψαν επιβεβαίωσαν το γεγονός ότι οι βροχοπτώσεις είναι καθοριστικός παράγοντας της αφθονίας των Κολλεμβόλων, που είναι σημαντικοί ρυθμιστές στις διαδικασίες ενός οικοσυστήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΕΡΕΥΝΑ

3.1 Γενική περιγραφή της περιοχής έρευνας

Την περιοχή έρευνας αποτέλεσε ένας μικρός λόφος, ο οποίος βρίσκεται δίπλα από έναν πειραματικό αμπελώνα ο οποίος ανήκει στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών και βρίσκεται 20 χιλιόμετρα ανατολικά της Αθήνας και σε υψόμετρο 120 m περίπου (Εικόνα 1). Η ευρύτερη περιοχή υπάγεται στο δήμο Σπάτων-Λούτσας και η συγκεκριμένη περιοχή έρευνας τοποθετείται 3 περίπου χιλιόμετρα έξω από την πόλη των Σπάτων.



Εικόνα 3.1: Γενική άποψη της περιοχής έρευνας

Το κλίμα της περιοχής είναι μεσογειακό, και χαρακτηρίζεται από ήπιους και υγρούς αμπελώνες και ζεστά και ξηρά καλοκαίρια. Σύμφωνα με το Μετεωρολογικό Σταθμό που

υπάρχει στην περιοχή, η μέση ετήσια θερμοκρασία ανέρχεται στους 18,6⁰C, ενώ η ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται στα 350 mm περίπου.

Η πλαγιά του λόφου, στην οποία πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες των εδαφικών αρθροπόδων, καλύπτεται από χαμηλούς θάμνους, στη συντριπτική τους πλειοψηφία από θυμάρι (*Thymus atticus*), ενώ εμφανίζονται σε μικρότερο ποσοστό ελιές. Επιπλέον αξιοσημείωτη ήταν και η παρουσία, ακόμη και δίπλα από τις παγίδες, του αγρωστώδους φυτού *Stipa sp.* (Εικόνα 2).



Εικόνα 3.2: Περιοχή έρευνας

3.2 Υλικά και μέθοδοι δειγματοληψίας

Για να προσδιοριστεί η εποχιακότητα των εδαφόβιων Κολλεμβόλων, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των παγίδων παρεμβολής (pitfall traps). Έτσι, εννιά (9) παγίδες τέθηκαν στην προαναφερθείσα περιοχή κατά μηνιαία περίπου διαστήματα. Τα πειραματικά δεδομένα προέρχονται από δειγματοληψίες που διενεργήθηκαν από αρχές Αυγούστου μέχρι τέλη Οκτωβρίου του 2010.

Όπως αναφέραμε παραπάνω, κάθε δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε με 9 παγίδες παρεμβολής, διαμέτρου 7,5 cm, οι οποίες ήταν κατανεμημένες κατά τριάδες, με τέτοιο τρόπο ώστε να απέχουν μεταξύ τους κατά μήκος και κατά πλάτος 10 m, σχηματίζοντας έτσι ένα τετράγωνο συνολικής έκτασης 400 m². Μόνιμοι πλαστικοί κύλινδροι τοποθετήθηκαν μέσα στο έδαφος, στους οποίους οι παγίδες τοποθετούνταν κάθε φορά χωρίς την ανάγκη περαιτέρω διατάραξης του εδάφους. Εντός των παγίδων τοποθετήθηκαν 100 ml αιθυλενογλυκόλης 50%. Οι παγίδες παρέμειναν στο πεδίο επί τρεις (3) ημέρες και κατόπιν μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο.

Εκεί, τα δείγματα τοποθετήθηκαν με δόσεις σε τρυβλία Petri και εξετάστηκαν με τη χρήση στερεομικροσκοπίου. Εν συνεχεία πραγματοποιήθηκε η αναγνώριση των ειδών των Κολλεμβόλων και η καταγραφή τους, η συλλογή τους με εργαστηριακή λαβίδα και η αποθήκευσή τους σε μικρά γυάλινα φιαλίδια με οινόπνευμα και τέλος η προσθήκη ετικετών σε αυτά με την αναγραφή του αριθμού της παγίδας και της ημερομηνίας της δειγματοληψίας,

Επιπλέον, για τον προσδιορισμό της βλάστησης, χρησιμοποιήθηκε πειραματικό δίχτυ ακτίνας 1 m, με χωρίσματα ανά 20cm. Το δίχτυ τοποθετήθηκε σε κάθε παγίδα και με τη βοήθεια τετραγωνισμένου χαρτιού (millimetre) καταγράφηκε η κάλυψη του εδάφους γύρω από κάθε παγίδα, καθώς και οι αποστάσεις από τον πλησιέστερο κορμό ή ακόμη και θάμνο σε περίπτωση που ήταν εκτός της ακτίνας του δικτυού.

Η ίδια διαδικασία, που σαν στόχο είχε να μαζευτεί υλικό για την ανάλυση των λιπιδίων, πραγματοποιήθηκε και κατά την έρευνά μας, τον Ιούνιο του 2012. Σε αυτή την περίπτωση όμως στις παγίδες προσθέταμε νερό και τις αφήναμε για 24 ώρες. Κατόπιν τις φέρναμε στο εργαστήριο, όπου συγκεντρώνουμε τα άτομα σε φιαλίδια με μείγμα χλωροφορμίου και μεθανόλης και στη συνέχεια τα τοποθετούσαμε στην κατάψυξη για συντήρηση. Έπειτα πάλι στο εργαστήριο για τον προσδιορισμό των λιπαρών οξέων, όπου ακολουθήθηκε η εξής πειραματική διαδικασία:

Αρχικά τα άτομα (ή το εκχύλισμά τους) τοποθετούνται σε δοκιμαστικούς σωλήνες με βιδωτό πώμα καλυμμένο εσωτερικά με Teflon. Εφαρμόζεται προσθήκη 2 ml διαλύματος KOH/MeOH 0.5 M και ανακινούνται καλά σε ειδική συσκευή ανάδευσης σωληναρίων τύπου Vortex. Στη συνέχεια παραμένουν σε υδατόλουτρο στους 95°C για 20 λεπτά περίπου και κατόπιν ψύχονται με νερό βρύσης. Ακολουθεί προσθήκη 1.5 ml BF₃/MeOH και στη συνέχεια η ίδια διαδικασία που αναφέραμε προηγουμένως, μόνο που σε αυτή την περίπτωση η παραμονή σε υδατόλουτρο διαρκεί μόλις 3 λεπτά. Έπειτα έχουμε προσθήκη 4 ml κορεσμένου διαλύματος NaCl και 1.5 ml εξανίου που περιέχει αντιοξειδωτικό BHT 100 ppm και ακολουθεί ξανά καλή ανακίνηση. Τέλος, εφαρμόζουμε φυγοκέντρωση στις 2500 στροφές ανά λεπτό για 5 λεπτά και λήψη της

υπερκείμενης εξαινικής στοιβάδας για προσδιορισμό λιπαρών οξέων σε φιαλίδια GC. Τα φιαλίδια σφραγίζονται και τα δείγματα είναι έτοιμα για μέτρηση με GC/FID.

Τα λιπαρά οξέα προσδιορίστηκαν υπό τη μορφή των μεθυλεστέρων τους σε αεριοχρωματογράφο Agilent HP-6890 (Avondale, PA, USA) εφοδιασμένο με ανιχνευτή ιονισμού φλόγας, διάταξη εισαγωγής δείγματος split-splitless και αυτόματο δειγματολήπτη HP 6890. Ο όγκος δείγματος ήταν 1 ml, το φέρον αέριο υψηλής καθαρότητας ήλιο με ροή 0,8 ml ανά λεπτό, και ο διαχωρισμός των λιπαρών οξέων έγινε σε τριχοειδή στήλη BPX70, μήκους 50 mm, εσωτερικής διαμέτρου 0,25 mm, με εσωτερική επικάλυψη κυανοπροπυλσιλικόνης πάχους 0,25 μ m. Ο χώρος εισαγωγής δείγματος και ο ανιχνευτής ήταν στους 230 και 290°C αντίστοιχα. Το θερμοκρασιακό πρόγραμμα του φούρνου του χρωματογράφου ήταν: 130°C αρχικά, στη συνέχεια αύξηση μέχρι τους 250°C με ρυθμό 3°C ανά λεπτό και παραμονή στην τελική θερμοκρασία επί 5 λεπτά. Οι χρόνοι κατακράτησης των λιπαρών οξέων επιβεβαιώθηκαν με χρήση πολυπροτύπου 37 μεθυλεστέρων λιπαρών οξέων της Sigma (Sigma L9405, St Louis, MO, USA). Από τη σύγκριση των χρόνων κατακράτησης των κορυφών στα δείγματα και το πρότυπο έγινε η ταυτοποίηση των λιπαρών οξέων, ενώ για την ποσοτικοποίησή τους χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό HP-Chemstation, με το οποίο έγινε ο υπολογισμός των εμβαδών των κορυφών των λιπαρών οξέων και η έκφρασή τους ως ποσοστό επί τοις εκατό των συνολικών λιπαρών οξέων του κάθε δείγματος.

3.3 Στατιστική Ανάλυση

Έχοντας σαν δεδομένα τους πληθυσμούς των Κολλεμβόλων ανά είδος (*Seira ferrarii*, *Entomobrya handschini*, *Fasciosminthurus circumfasciatus*, *Pseudosinella octopunctata*) και ανά χρόνο δειγματοληψίας (6/8, 10/9, 1/10/, 22/10), καθώς και το ποσοστό βλάστησης γύρω από τις παγίδες, προχωρήσαμε σε αναλύσεις μέσω του στατιστικού πακέτου SPSS 19, προκειμένου να κατανοήσουμε την κατανομή τους στο χώρο ανά χρονική περίοδο, αλλά και το βαθμό επίδρασης της βλάστησης σε αυτήν.

Έτσι, αρχικά υπολογίσαμε για κάθε είδος ανά χρονική στιγμή το μέσο όρο (mean), το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου (standard error of mean) και τη διάμεσο (median). Στη συνέχεια εφαρμόσαμε συσχέτιση κατά Spearman μεταξύ των ειδών και για τις τέσσερις χρονικές στιγμές δειγματοληψίας και κατόπιν την ίδια διαδικασία αλλά αυτή τη φορά για κάθε είδος ανά ημερομηνία με τους έξι τύπους βλάστησης.

Στη συνέχεια εξετάσαμε τη φαινολογία των Κολλεμβόλων ανά είδος, έτσι ώστε να ερευνήσουμε τη δυναμική τους σε χρονική κλίμακα και κατά πόσο επηρεάζονται από το πέρασμα του χρόνου, που στη συγκεκριμένη περίπτωση σημαίνει μετάβαση από το καλοκαίρι στο φθινόπωρο. Επειδή όμως οι διακυμάνσεις τους ήταν αρκετά μεγάλες – από μηδενική παρουσία ενός είδους έως αρκετές εκατοντάδες άτομα σε μια μόνο δειγματοληψία-, αλλά και το γεγονός ότι δεν πήραμε δείγμα και από τις εννιά παγίδες σε όλες τις δειγματοληψίες, κατέστη αναγκαίο για την αντικειμενικότητα της έρευνας να χρησιμοποιήσουμε τους μέσους όρους των ειδών και όχι τα σύνολά τους. Επιπλέον, για να έχουμε μια πλήρη εικόνα για τα εξεταζόμενα είδη, χρησιμοποιήσαμε τους μέσους όρους και από τις πέντε προηγούμενες δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν μέσα στο ίδιο έτος και έχουν αφετηρία τις 22/4 μέχρι και τις 8/7.

Όσον αφορά τη διαγραμματική απεικόνιση της φαινολογίας ανά είδος, χρησιμοποιήσαμε την εφαρμογή JULIAN DAYS, η οποία υποκαθιστά τις ημέρες ενός ημερολογιακού έτους σε φυσικούς αριθμούς, π.χ. η 1/1/2010 είναι ο αριθμός 1 και η 31/12/2010 ο αριθμός 365. Έτσι πήραμε το διάστημα από 2/4/2010 έως 31/10/2010 όπου έλαβαν χώρα οι δειγματοληψίες, το οποίο σύμφωνα με την παραπάνω εφαρμογή αντιστοιχεί στις μέρες 92-304, και εκεί τοποθετήσαμε αντίστοιχα τις εννιά ημερομηνίες, δηλαδή στο 112 την πρώτη δειγματοληψία, στο 127 τη δεύτερη, στο 141 την τρίτη και στο 162 την τέταρτη, στο 189 την πέμπτη, στο 218 την έκτη, στο 253 την έβδομη, στο 274 την όγδοη και στο 295 την τελευταία.

Κατόπιν, χρησιμοποιώντας τις παραπάνω μετρήσεις προσδιορίσαμε το ρυθμό αύξησης κάθε είδους ανά ημερομηνία δειγματοληψίας. Ο μαθηματικός τύπος που εκτιμήθηκε και είναι ευρέως αποδεκτός, είναι ο εξής: $\ln N_{t+1} - \ln N_t$, όπου N ο αριθμός των δειγμάτων ενός είδους που συλλέχθηκαν μια συγκεκριμένη ημερομηνία, t η συγκεκριμένη ημερομηνία δειγματοληψίας και t+1 η επόμενη ημερομηνία δειγματοληψίας. Στην περίπτωση που το N παίρνει μηδενική τιμή, την αντικαθιστούμε με την τιμή 0,1 έτσι ώστε να έχουμε ένα αποδεκτό αποτέλεσμα. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν χρησιμοποιήθηκαν στη διαγραμματική απεικόνιση του ρυθμού αύξησης κάθε είδους, με τη βοήθεια πάλι της εφαρμογής JULIAN DAYS. Σημειώνεται ότι το χρονικό βήμα (δηλαδή η διαφορά μεταξύ t και t+1) δεν είναι σταθερού μήκους στην περίπτωσή μας.

Η μελέτη των ρυθμών αύξησης κάθε είδους ολοκληρώθηκε με την εφαρμογή συσχέτισης κατά Spearman μεταξύ των τεσσάρων ειδών.

Έπειτα, υπολογίσαμε την επικάλυψη του θώκου ανά ημερομηνία μέσω του υπολογιστικού προγράμματος ECOSIM (Gotelli, 2001). Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιούνται με το δείκτη επικάλυψης Pianka (1973), ο οποίος μετράει το σχετικό μέγεθος της επικάλυψης του

ενδιαιτήματος ανάμεσα σε κάθε ζεύγος ειδών και κυμαίνεται από 0 (μη κοινά ενδιαιτήματα) μέχρι 1 (ταυτόχρονη χρήση ενδιαιτήματος). Τα δεδομένα τυχαιοποιήθηκαν 1000 φορές και οι δείκτες υπολογίστηκαν εκ νέου, προκειμένου να δημιουργηθεί μια κατανομή αναφοράς που θα χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της στατιστικής σημαντικότητας της διαφοράς μεταξύ παρατηρούμενης και τυχαίας επικάλυψης. Η τυχαιοποίηση αυτή διεξήχθη δύο φορές σε κάθε περίπτωση, την πρώτη σε τυχαία σειρά και τη δεύτερη περιορίζοντας τα δεδομένα όπως ήταν στην παρατηρούμενη επικάλυψη (Lawlor, 1980). Αυτή η διαδικασία διεξήχθη για να δοκιμάσουμε τη στατιστική σημαντικότητα του μέσου όρου της επικάλυψης ανάμεσα σε όλα τα πιθανά ζευγάρια των ειδών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Εισαγωγή

Προτού ξεκινήσουμε την επεξήγηση των αποτελεσμάτων πρέπει να αναφέρουμε ότι για λόγους ευκολίας αντικαταστήσαμε τον κάθε τύπο βλάστησης με κάποιο συμβολισμό. Έτσι, χρησιμοποιήσαμε τα γράμματα TB ακολουθούμενα από έναν αριθμό, ο οποίος υποδηλώνει το βαθμό κάλυψης του εδάφους από ποώδη βλάστηση, ανάλογα με την πυκνότητά της στην περιοχή γύρω από τις παγίδες, ενώ στην περίπτωση όπου είχαμε παρουσία της Στύπας (*Stipa sp.*) χρησιμοποιήσαμε το λατινικό γράμμα S. Οι ενδείξεις της βλάστησης που θα συναντήσουμε στους παρακάτω πίνακες είναι οι εξής:

TB0: 0% κάλυψη

TB1: <33% κάλυψη

TB2: 33%-67% κάλυψη

TB3: >67% κάλυψη

TB4: θάμνος (κυρίως θυμάρι)

S: Στύπα

Επίσης θα πρέπει να αναφέρουμε ότι στους πίνακες 1 και 2 του Παραρτήματος βλέπουμε τις συσχετίσεις ανάμεσα στους έξι τύπους βλάστησης, καθώς και το συνολικό ποσοστό της επιφάνειας που καταλαμβάνει κάθε τύπος βλάστησης γύρω από τις παγίδες.

4.2 Περιγραφική στατιστική

Seira ferrarii

Πίνακας 4.1: Περιγραφικά στοιχεία. Οι τιμές αναφέρονται σε αριθμό ατόμων ανά παγίδα και δειγματοληψία.

	6/8	10/9	1/10	22/10
μέσος όρος	185,50	64,88	15,56	2,56
τυπικό σφάλμα μ. ο.	91,59	33,26	7,04	1,09
διάμεσος	45	21,5	10	1

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι τη μεγαλύτερη τιμή όσον αφορά το μέσο όρο του συγκεκριμένου είδους την έχουμε κατά την πρώτη δειγματοληψία του Αυγούστου, ενώ ακολουθεί μειωμένος κατά 65% ο μέσος όρος κατά τη δειγματοληψία του Σεπτεμβρίου. Στη συνέχεια έχουμε τη δειγματοληψία της 1/10 για να καταλήξουμε στην τελευταία δειγματοληψία όπου ο μέσος όρος είναι μόλις 2,5 άτομα ανά παγίδα. Ανάλογα αποτελέσματα έχουμε όσον αφορά τη διάμεσο και το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου της *Seira ferrarii* ανά δειγματοληψία.

Entomobrya handschini

Πίνακας 4.2: Περιγραφικά στοιχεία. Οι τιμές αναφέρονται σε αριθμό ατόμων ανά παγίδα και δειγματοληψία.

	6/8	10/9	1/10	22/10
μέσος όρος	0,13	0	0,67	4,56
τυπικό σφάλμα μ. ο.	0,13	0	0,29	0,78
διάμεσος	0	0	0	5

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα τη μεγαλύτερη τιμή στο μέσο όρο την έχουμε στην τελευταία δειγματοληψία, ενώ στις υπόλοιπες παίρνει τιμές από 0 έως 1. Όσον αφορά τη διάμεσο του συγκεκριμένου είδους σε όλες τις δειγματοληψίες πριν της τελευταίας παίρνει την τιμή 0, πράγμα φυσιολογικό αφού η εμφάνισή του ήταν από ελάχιστη έως μηδαμινή, ενώ φυσική απόρροια του γεγονότος αυτού είναι και οι τιμές που βρίσκονται κοντά στο 0 όσον αφορά το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου.

Fasciosminthurus circumfasciatus

Πίνακας 4.3: Περιγραφικά στοιχεία. Οι τιμές αναφέρονται σε αριθμό ατόμων ανά παγίδα και δειγματοληψία.

	6/8	10/9	1/10	22/10
μέσος όρος	0,25	0	2,67	1
τυπικό σφάλμα μ. ο.	0,16	0	0,80	0,29
διάμεσος	0	0	2	1

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα τη μεγαλύτερη τιμή όσον αφορά το μέσο όρο την έχουμε στην τρίτη δειγματοληψία, ενώ στις υπόλοιπες παίρνει τιμές από 0 έως 1. Ανάλογα αποτελέσματα έχουμε στη διάμεσο του συγκεκριμένου είδους, όπου έχουμε τις τιμές 2 και 1

στην τρίτη και τέταρτη δειγματοληψία αντίστοιχα και την τιμή 0 στις δύο πρώτες, ενώ στο τυπικό σφάλμα του μέσου όρου οι τιμές και στις τέσσερις δειγματοληψίες είναι κοντά στο μηδέν.

Pseudosinella octopunctata

Πίνακας 4.4: Περιγραφικά στοιχεία. Οι τιμές αναφέρονται σε αριθμό ατόμων ανά παγίδα και δειγματοληψία.

	6/8	10/9	1/10	22/10
μέσος όρος	0	0	0,11	0,11
τυπικό σφάλμα μ. ο.	0	0	0,11	0,11
διάμεσος	0	0	0	0

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα όλες οι τιμές όσον αφορά το μέσο όρο, τη διάμεσο και το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου είναι είτε 0 είτε 0,1, πράγμα απολύτως φυσιολογικό, αφού στις δύο πρώτες δειγματοληψίες δε συλλέξαμε κανένα δείγμα από το συγκεκριμένο είδος, ενώ στις επόμενες δύο δειγματοληψίες συλλέξαμε από ένα μόλις δείγμα.

4.3 Συσχέτιση πληθυσμών μεταξύ τους ανά είδος και ανά δειγματοληψία

Αρχικά εφαρμόσαμε συσχέτιση κατά Spearman για κάθε είδος ανά δειγματοληψία, έτσι ώστε να δούμε εάν οι κατανομές του κάθε είδους ανά δειγματοληψία σχετίζονται μεταξύ τους. Για να γίνει αυτός ο έλεγχος, εφαρμόζω το γενικό κανόνα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης H_0 έναντι της εναλλακτικής H_1 σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,1$. Έστω ότι:

H_0 : δεν συσχετίζονται οι πληθυσμοί μεταξύ τους και

H_1 : σχετίζονται οι πληθυσμοί μεταξύ τους

Επιπλέον, εκτός του δείκτη p-value που μας δείχνει εάν ισχύει η μηδενική υπόθεση ή όχι, έχουμε και το συντελεστή συσχέτισης του Spearman, ο οποίος λαμβάνει τιμές από -1 έως 1 και δεν εξαρτάται από τις μονάδες μέτρησης. Έτσι:

- αν ο συντελεστής αυτός παίρνει τιμές κοντά ή ακριβώς στο 0, τότε δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των πληθυσμών,

- αν ο συντελεστής αυτός παίρνει τιμές κοντά στο 1, τότε υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ των πληθυσμών και
- αν ο συντελεστής αυτός παίρνει τιμές κοντά στο -1, τότε υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ των πληθυσμών.

Seira ferrarii

Πίνακας 4.5: Συσχετίσεις κατά Spearman μεταξύ των πληθυσμών σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.

		10/9	1/10	22/10
6/8	συντελεστής συσχέτισης	0,786	0,667	0,651
	επίπεδο σημαντικότητας	0,036	0,071	0,08
10/9	συντελεστής συσχέτισης	1	0,347	0,29
	επίπεδο σημαντικότητας		0,399	0,486
1/10	συντελεστής συσχέτισης		1	0,612
	επίπεδο σημαντικότητας			0,08

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνουμε ότι ο πληθυσμός του είδους *Seira ferrarii* της πρώτης δειγματοληψίας του Αυγούστου έχει θετικό συντελεστή με τους πληθυσμούς των επόμενων δειγματοληψιών. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει μια θετική συσχέτιση μεταξύ τους, δηλαδή ακολουθούν μια παρόμοια χωρική κατανομή χωρίς σημαντικές μεταβολές.

Όσον αφορά το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας στο οποίο σχετίζονται ή όχι, παρατηρούμε ότι ανάμεσα στις δύο πρώτες δειγματοληψίες το p-value ισούται με $0,036 < 0,1$ ανάμεσα στην πρώτη και την τρίτη το p-value ισούται με $0,071 < 0,1$ και ανάμεσα στην πρώτη και την τέταρτη το p-value ισούται με $0,08 < 0,1$ συνεπώς και στις τρεις περιπτώσεις οι πληθυσμοί σχετίζονται σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 10%.

Παρατηρώντας τον πληθυσμό της δεύτερης δειγματοληψίας σε σχέση με τους πληθυσμούς των δύο επόμενων δειγματοληψιών, βλέπουμε ότι οι συντελεστές είναι πάλι θετικοί, αλλά αυτή τη φορά η θετική συσχέτιση είναι αδύναμη. Όσον αφορά το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας, οι τιμές p είναι αρκετά υψηλές. Έτσι έχουμε αντίστοιχα τις τιμές $0,399 > 0,1$ και $0,486 > 0,1$, συνεπώς δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, ότι η κατανομή των συλλήψεων ανά παγίδα μεταξύ αυτών των χρονικών στιγμών δε σχετίζονται σε επίπεδο σημαντικότητας 10%.

Τέλος, όσον αφορά τους πληθυσμούς της τρίτης και της τέταρτης δειγματοληψίας, παρατηρούμε ότι έχουν θετικό συντελεστή, άρα ακολουθούν μια αντίστοιχη χωρική κατανομή χωρίς σημαντικές μεταβολές αφού υπάρχει αυτή η θετική συσχέτιση μεταξύ τους. Σχετικά με το

επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας παρατηρούμε ότι το $p\text{-value}$ ισούται με $0,08 < 0,1$, συνεπώς η συσχέτιση ανάμεσα στους πληθυσμούς των δύο τελευταίων δειγματοληψιών είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 10%.

Entomobrya handschini

Πίνακας 4.6: Συσχετίσεις κατά Spearman μεταξύ των πληθυσμών σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.

		1/10	22/10
6/8	συντελεστής συσχέτισης	0,571	0
	επίπεδο σημαντικότητας	0,139	1
1/10	συντελεστής συσχέτισης	1	-0,348
	επίπεδο σημαντικότητας		0,358

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα θα εξετάσουμε μόνο τις συσχέτισεις ανάμεσα στους πληθυσμούς της πρώτης, της τρίτης και της τέταρτης δειγματοληψίας, αφού κατά τη δεύτερη δειγματοληψία δε βρέθηκε κανένα άτομο του είδους αυτού. Παρατηρώντας τις συσχέτισεις των πληθυσμών ανάμεσα στην πρώτη δειγματοληψία και τις άλλες δύο, βλέπουμε ότι οι συντελεστές έχουν τιμές 0,571 και 0 αντίστοιχα, υπάρχει μια σχετικά ισχυρή θετική συσχέτιση ανάμεσα στους πληθυσμούς της πρώτης και της τρίτης δειγματοληψίας, ενώ δεν υπάρχει καμιά απολύτως συσχέτιση ανάμεσα στους πληθυσμούς της πρώτης και της τέταρτης δειγματοληψίας. Ως εκ τούτου, οι τιμές p ισούνται με $0,139 > 0,1$ και $1 > 0,1$ αντίστοιχα, συνεπώς δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, ότι δηλαδή οι πληθυσμοί δε σχετίζονται μεταξύ τους σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 10%.

Όσον αφορά τώρα τους πληθυσμούς της τρίτης και της τέταρτης δειγματοληψίας, παρατηρούμε για πρώτη φορά το φαινόμενο να έχουμε αρνητικό συντελεστή συσχέτισης. Η συσχέτιση αυτή είναι αρκετά αδύναμη, δείχνει όμως ότι υπάρχει μια μεταβολή όσον αφορά την κατανομή των πληθυσμών του συγκεκριμένου είδους. Έτσι, η τιμή p ισούται με $0,358 > 0,1$, συνεπώς και σε αυτή την περίπτωση δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, ότι δηλαδή η συσχέτιση ανάμεσα στην κατανομή των συλλήψεων ανά παγίδα κατά τις δύο τελευταίες δειγματοληψίες δεν είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 10%.

Fasciosminthurus circumfasciatus

Πίνακας 4.7: Συσχετίσεις κατά Spearman μεταξύ των πληθυσμών σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.

		1/10	22/10
6/8	συντελεστής συσχέτισης	0,13	0,47
	επίπεδο σημαντικότητας	0,759	0,24
1/10	συντελεστής συσχέτισης	1	-0,731
	επίπεδο σημαντικότητας		0,025

Όπως και στην περίπτωση της *Entomobrya handschini*, έτσι κι εδώ θα εξετάσουμε τις συσχετίσεις ανάμεσα στους πληθυσμούς της πρώτης, τρίτης και τέταρτης δειγματοληψίας. Παρατηρώντας τις συσχετίσεις των πληθυσμών ανάμεσα στην πρώτη δειγματοληψία και τις άλλες δύο, βλέπουμε ότι οι συντελεστές είναι θετικοί, αλλά αυτές οι θετικές συσχετίσεις είναι αρκετά αδύναμες. Έτσι, οι τιμές p είναι $0,759 > 0,1$ και $0,24 > 0,1$ αντίστοιχα, συνεπώς οι πληθυσμοί δε σχετίζονται μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 10%.

Όσον αφορά τώρα τους πληθυσμούς της τρίτης και της τέταρτης δειγματοληψίας, παρατηρούμε ξανά αρνητικό συντελεστή και μάλιστα αυτή τη φορά η αρνητική συσχέτιση είναι ισχυρή, δηλαδή έχουμε μια σημαντική μεταβολή όσον αφορά την κατανομή στο χώρο του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Την παρατήρηση αυτή έρχεται να επιβεβαιώσει και η τιμή p που ισούται με $0,025 < 0,1$, συνεπώς η συσχέτιση των πληθυσμών του συγκεκριμένου είδους κατά τις δύο τελευταίες δειγματοληψίες είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 10%.

Pseudosinella octopunctata

Πίνακας 4.8: Συσχετίσεις κατά Spearman μεταξύ των πληθυσμών σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.

		22/10
1/10	συντελεστής συσχέτισης	-0,125
	επίπεδο σημαντικότητας	0,749

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα θα εξετάσουμε τη συσχέτιση ανάμεσα στους πληθυσμούς των δύο τελευταίων δειγματοληψιών, αφού στις δύο πρώτες δε βρέθηκαν καθόλου άτομα του συγκεκριμένου είδους. Βλέπουμε ότι και σε αυτή την περίπτωση υπάρχει μια αρνητική

συσχέτιση μεταξύ τους αρκετά αδύναμη, που δείχνει όμως ότι υπάρχει μια μεταβολή όσον αφορά την κατανομή των πληθυσμών του συγκεκριμένου είδους. Ως εκ τούτου, το p-value ισούται με $0,749 > 0,05$, συνεπώς δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση που αναφέρει ότι η κατανομή των πληθυσμών στο χώρο κατά τις δύο αυτές χρονικές στιγμές δε σχετίζεται μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 10%.

4.4 Συσχέτιση πληθυσμών με βλάστηση ανά είδος και ημερομηνία

Στη συνέχεια εφαρμόσαμε την ίδια συσχέτιση ανά είδος και ανά δειγματοληψία με τους έξι τύπους βλάστησης που αναφέραμε και παραπάνω, έτσι ώστε να δούμε εάν και κατά πόσο επηρεάζουν την κατανομή των εξεταζόμενων ειδών των Κολλεμβόλων σε κάθε δειγματοληψία.

Για να γίνει αυτός ο έλεγχος, εφαρμόζω το γενικό κανόνα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης H_0 έναντι της εναλλακτικής H_1 σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,1$. Έστω ότι:

H_0 : δεν συσχετίζονται οι τύποι βλάστησης με το κάθε είδος ανά δειγματοληψία

H_1 : σχετίζονται οι τύποι βλάστησης με το κάθε είδος ανά δειγματοληψία

Και εδώ ισχύουν ότι και προηγουμένως, δηλαδή όταν ο συντελεστής πλησιάζει την τιμή 1 έχουμε θετική συσχέτιση ανάμεσα στον πληθυσμό κάθε είδους και τον εξεταζόμενο τύπο βλάστησης, όταν ο συντελεστής πλησιάζει των τιμή -1 τότε έχουμε αρνητική συσχέτιση, ενώ όταν ο συντελεστής πλησιάζει την τιμή 0 δεν έχουμε συσχέτιση.

Seira ferrarii

Πίνακας 4.9: Συσχετίσεις κατά Spearman μεταξύ του πληθυσμού του είδους *Seira ferrarii* και των τύπων βλάστησης κατά τη δειγματοληψία της 6/8

βλάστηση	TB0	TB1	TB2	TB3	TB4	S
συντελεστής συσχέτισης	-0,571	-0,108	0,323	0,683	-0,575	-0,592
επίπεδο σημαντικότητας	0,139	0,799	0,435	0,062	0,136	0,122

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι το είδος *Seira ferrarii* κατά την πρώτη δειγματοληψία έχει αρνητικό συντελεστή συσχέτισης με τους τύπους βλάστησης TB0, TB1, TB4 και S. Αυτό σημαίνει ότι όταν έχουμε χαμηλή πυκνότητα ποώδους βλάστησης γύρω από την παγίδα, συνεπάγεται μείωση του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Επιπλέον, όταν έχουμε παρουσία θάμνου ή στύπας, και σε αυτές τις περιπτώσεις παρατηρούμε μια μειωμένη παρουσία γύρω από τις παγίδες. Πάντως σε όλες τις αρνητικές συσχετίσεις βλέπουμε ότι οι τιμές

p ισούνται αντίστοιχα με τις τιμές $0,139 > 0,1$, $0,799 > 0,1$, $0,136 > 0,1$ και $0,122 > 0,1$ αντίστοιχα, συνεπώς οι συσχετίσεις ανάμεσα στον πληθυσμό της *Seira ferrarii* κατά την πρώτη δειγματοληψία και τους τέσσερις προαναφερθέντες τύπους βλάστησης δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο 10%.

Όσον αφορά τη συσχέτιση της *Seira ferrarii* με τους άλλους δύο τύπους βλάστησης, παρατηρούμε ότι έχουμε θετικό συντελεστή, κάτι που σημαίνει ότι όταν έχουμε αυξημένη παρουσία πυκνής ποώδους βλάστησης γύρω από τις παγίδες, έχουμε και αυξημένη παρουσία του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Πάντως παρατηρούμε μια διαφοροποίηση ως προς το βαθμό σημαντικότητας, αφού το p-value στην πρώτη περίπτωση ισούται με $0,435 > 0,1$, ενώ στη δεύτερη περίπτωση ισούται με $0,062 < 0,1$. Άρα προκύπτει το συμπέρασμα ότι ο πληθυσμός της *Seira ferrarii* κατά την πρώτη δειγματοληψία δε σχετίζεται με τον τύπο βλάστησης TB2 σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 10%, ενώ σχετίζεται με τον τύπο βλάστησης TB3 σε επίπεδο 10%.

Πίνακας 4.10: Συσχετίσεις κατά Spearman μεταξύ του πληθυσμού του είδους *Seira ferrarii* και των τύπων βλάστησης κατά τη δειγματοληψία της 10/9

βλάστηση	TB0	TB1	TB2	TB3	TB4	S
συντελεστής συσχέτισης	-0,199	-0,184	0,078	0,778	-0,470	-0,782
επίπεδο σημαντικότητας	0,637	0,663	0,854	0,023	0,240	0,022

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι το είδος *Seira ferrarii* κατά τη δεύτερη δειγματοληψία έχει ακριβώς το ίδιο πρόσημο όσον αφορά το συντελεστή συσχέτισης με όλους τους τύπους βλάστησης που είχε και κατά την πρώτη δειγματοληψία. Αυτό σημαίνει ότι έχουμε μια σταθερή κατανομή του συγκεκριμένου είδους σε σχέση με την επίδραση της βλάστησης. Πιο συγκεκριμένα έχουμε αρνητικό συντελεστή συσχέτισης με τους τύπους βλάστησης TB0, TB1, TB4 και S, πράγμα που σημαίνει ότι η παρουσία των συγκεκριμένων τύπων βλάστησης συντελεί στη μειωμένη εμφάνιση του πληθυσμού της *Seira ferrarii*. Η μόνη διαφοροποίηση ως προς την προηγούμενη δειγματοληψία είναι ότι στην περίπτωση της στύπας το p-value ισούται με $0,022 < 0,1$, άρα η συσχέτιση ανάμεσα στον πληθυσμό της *Seira ferrarii* κατά τη δεύτερη δειγματοληψία και τον τύπο βλάστησης Στύπα είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 10%. Αντίθετα, στις υπόλοιπες τρεις αρνητικές συσχετίσεις οι τιμές p ισούνται με $0,637 > 0,1$, $0,663 > 0,1$ και $0,24 > 0,1$ για τους τύπους βλάστησης TB0, TB1 και TB4 αντίστοιχα, άρα η συσχέτιση ανάμεσα στο συγκεκριμένο είδος και τους συγκεκριμένους τύπους βλάστησης κατά τη δεύτερη δειγματοληψία δεν είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 10%.

Όσον αφορά τη συσχέτιση της *Seira ferrarii* με τους τύπους βλάστησης TB2 και TB3, ο συντελεστής είναι θετικός, πράγμα που σημαίνει ότι η παρουσία της πυκνής ποώδους βλάστησης συντελεί στην αυξημένη εμφάνιση του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Ως προς το επίπεδο σημαντικότητας, ισχύει ότι και στην πρώτη δειγματοληψία, δηλαδή στην περίπτωση του TB2 το $p\text{-value}$ ισούται με $0,854 > 0,1$, ενώ στην περίπτωση του TB3 ισούται με $0,023 < 0,1$. Συνεπώς ο πληθυσμός της *Seira ferrarii* κατά τη δεύτερη δειγματοληψία δε σχετίζεται με τον τύπο βλάστησης TB2 σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 10%, ενώ σχετίζεται με τον τύπο βλάστησης TB3 σε επίπεδο 10%.

Πίνακας 4.11: Συσχετίσεις κατά Spearman μεταξύ του πληθυσμού του είδους *Seira ferrarii* και των τύπων βλάστησης κατά τη δειγματοληψία της 1/10

βλάστηση	TB0	TB1	TB2	TB3	TB4	S
συντελεστής συσχέτισης	-0,427	-0,458	-0,293	0,348	-0,301	-0,307
επίπεδο σημαντικότητας	0,252	0,215	0,444	0,359	0,431	0,422

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε μια διαφοροποίηση στην τρίτη δειγματοληψία που έχει να κάνει με το γεγονός ότι το είδος *Seira ferrarii* έχει ξανά αρνητικό συντελεστή συσχέτισης με τους τύπους βλάστησης που είχε και στις δύο προηγούμενες δειγματοληψίες συν τον τύπο βλάστησης TB2 αυτή τη φορά. Αυτό σημαίνει ότι όταν έχουμε παρουσία των συγκεκριμένων τύπων βλάστησης, έχουμε μειωμένη εμφάνιση του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Παρατηρούμε όμως ότι όλες αυτές οι αρνητικές συσχέτισεις είναι αδύναμες. Η παρατήρηση αυτή αποδεικνύεται και από το γεγονός ότι οι τιμές p για τους συγκεκριμένους τύπους βλάστησης είναι $0,252 > 0,1$, $0,215 > 0,1$, $0,444 > 0,1$, $0,431 > 0,1$ και $0,422 > 0,1$ αντίστοιχα. Άρα δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, ότι δηλαδή ο πληθυσμός του είδους *Seira ferrarii* κατά την τρίτη δειγματοληψία δε σχετίζεται με τους τύπους βλάστησης TB0, TB1, TB2, TB4 και S σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 10%.

Όσον αφορά τη συσχέτιση της *Seira ferrarii* με τον τύπο βλάστησης TB3, ο συντελεστής είναι θετικός, πράγμα που σημαίνει ότι η παρουσία πυκνής ποώδους βλάστησης οδηγεί στην αυξημένη εμφάνιση του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Όμως και σε αυτή την περίπτωση παρατηρούμε ότι η αρνητική συσχέτιση είναι αδύναμη. Ως εκ τούτου, είναι φυσιολογικό η τιμή p να ισούται με $0,359 > 0,1$, άρα και σε αυτή την περίπτωση δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, ότι δηλαδή η συσχέτιση ανάμεσα στο είδος *Seira ferrarii* και τον τύπο βλάστησης TB3 κατά την τρίτη δειγματοληψία δεν είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 10%.

Πίνακας 4.12: Συσχετίσεις κατά Spearman μεταξύ του πληθυσμού του είδους *Seira ferrarii* και των τύπων βλάστησης κατά τη δειγματοληψία της 22/10

βλάστηση	TB0	TB1	TB2	TB3	TB4	S
συντελεστής συσχέτισης	-0,066	-0,178	-0,105	0,146	0,145	-0,582
επίπεδο σημαντικότητας	0,866	0,647	0,787	0,708	0,710	0,100

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι το είδος *Seira ferrarii* κατά την τέταρτη και τελευταία δειγματοληψία έχει αρνητικό συντελεστή συσχέτισης με τους τύπους βλάστησης TB0, TB1, TB2 και S. Αυτό σημαίνει ότι όταν έχουμε παρουσία των συγκεκριμένων τύπων βλάστησης, έχουμε μειωμένη εμφάνιση του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Και σε αυτή την περίπτωση βλέπουμε ότι οι αρνητικές συσχετίσεις είναι αδύναμες, εκτός από την περίπτωση της Στύπας, όπου η αρνητική συσχέτιση είναι ισχυρή. Έτσι βλέπουμε ότι οι τιμές p για τους τύπους βλάστησης TB0, TB1 και TB2 είναι $0,866 > 0,1$, $0,647 > 0,1$ και $0,787 > 0,1$ αντίστοιχα, ενώ για τον τύπο S η τιμή p ισούται με 0,1. Επομένως ο πληθυσμός της *Seira ferrarii* κατά την τέταρτη και τελευταία δειγματοληψία δε σχετίζεται με τους τύπους βλάστησης TB0, TB1 και TB2 σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 10%, ενώ σχετίζεται οριακά με τον τύπο βλάστησης S σε επίπεδο 10%.

Όσον αφορά τη συσχέτιση της *Seira ferrarii* με τους τύπους βλάστησης TB3 και TB4, ο συντελεστής είναι θετικός, πράγμα που σημαίνει ότι η παρουσία των συγκεκριμένων τύπων βλάστησης συντελεί στην αυξημένη εμφάνιση του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Όμως και εδώ παρατηρούμε ότι οι θετικές συσχετίσεις είναι αδύναμες. Έτσι βλέπουμε ότι οι τιμές p για τους συγκεκριμένους τύπους βλάστησης είναι $0,708 > 0,1$ και $0,71 > 0,1$ αντίστοιχα, οπότε οι συσχετίσεις ανάμεσα στο είδος *Seira ferrarii* και στους τύπους βλάστησης TB3 και TB4 κατά την τέταρτη και τελευταία δειγματοληψία δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο 10%.

Entomobrya handschini

Πίνακας 4.13: Συσχετίσεις κατά Spearman μεταξύ του πληθυσμού του είδους *Entomobrya handschini* και των τύπων βλάστησης κατά τη δειγματοληψία της 6/8

βλάστηση	TB0	TB1	TB2	TB3	TB4	S
συντελεστής συσχέτισης	0,082	0,415	0,581	-0,085	0,083	-0,216
επίπεδο σημαντικότητας	0,846	0,307	0,131	0,842	0,845	0,607

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι το είδος *Entomobrya handschini* κατά την πρώτη δειγματοληψία έχει θετικό συντελεστή συσχέτισης με τους τύπους βλάστησης TB0, TB1, TB2 και TB4, πράγμα που σημαίνει ότι η παρουσία των συγκεκριμένων τύπων βλάστησης συντελεί στην αυξημένη εμφάνιση του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Πάντως σε όλες τις θετικές συσχετίσεις βλέπουμε ότι οι τιμές p ισούνται με τις τιμές $0,846 > 0,1$, $0,307 > 0,1$, $0,131 > 0,1$ και $0,845 > 0,1$ αντίστοιχα, άρα δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, ότι δηλαδή οι συσχετίσεις ανάμεσα στον πληθυσμό της *Entomobrya handschini* κατά την πρώτη δειγματοληψία και τους τέσσερις προαναφερθέντες τύπους βλάστησης δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο 10%.

Όσον αφορά τη συσχέτιση της *Entomobrya handschini* με τους τύπους βλάστησης TB3 και S, ο συντελεστής είναι αρνητικός, πράγμα που σημαίνει ότι η παρουσία των συγκεκριμένων τύπων βλάστησης συντελεί στην μειωμένη εμφάνιση του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Όμως και εδώ παρατηρούμε ότι οι αρνητικές συσχετίσεις είναι αδύναμες. Έτσι βλέπουμε ότι οι τιμές p για τους συγκεκριμένους τύπους βλάστησης είναι $0,842 > 0,1$ και $0,607 > 0,1$ αντίστοιχα, οπότε οι συσχετίσεις ανάμεσα στο είδος *Entomobrya handschini* και στους τύπους βλάστησης TB3 και S κατά την πρώτη δειγματοληψία δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο 10%.

Κατά τη δειγματοληψία της 10/9 δε συλλέξαμε ούτε ένα άτομο από το συγκεκριμένο είδος, συνεπώς δεν υφίσταται πίνακας συσχετίσεων.

Πίνακας 4.14: Συσχετίσεις κατά Spearman μεταξύ του πληθυσμού του είδους *Entomobrya handschini* και των τύπων βλάστησης κατά τη δειγματοληψία της 1/10

βλάστηση	TB0	TB1	TB2	TB3	TB4	S
συντελεστής συσχέτισης	0,134	0,516	0,546	-0,125	0,222	-0,323
επίπεδο σημαντικότητας	0,731	0,155	0,128	0,748	0,565	0,396

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι το είδος *Entomobrya handschini* κατά την τρίτη δειγματοληψία έχει ακριβώς το ίδιο πρόσημο όσον αφορά το συντελεστή συσχέτισης με όλους τους τύπους βλάστησης που είχε και κατά την πρώτη δειγματοληψία. Αυτό σημαίνει ότι έχουμε μια σταθερή κατανομή του συγκεκριμένου είδους σε σχέση με την επίδραση της βλάστησης.

Πιο συγκεκριμένα έχουμε θετικό συντελεστή συσχέτισης με τους τύπους βλάστησης TB0, TB1, TB2 και TB4, πράγμα που σημαίνει ότι η παρουσία των συγκεκριμένων τύπων βλάστησης συντελεί στη μειωμένη εμφάνιση του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Και σε αυτή την περίπτωση βλέπουμε ότι οι τιμές p ισούνται με $0,731 > 0,1$, $0,155 > 0,1$, $0,128 > 0,1$ και $0,222 > 0,1$.

Συνεπώς δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, ότι δηλαδή ο πληθυσμός του συγκεκριμένου είδους κατά την τρίτη δειγματοληψία δε σχετίζεται με τους τύπους βλάστησης TB0, TB1, TB2 και TB4 σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 10%.

Όσον αφορά τη συσχέτιση της *Entomobrya handschini* με τους τύπους βλάστησης TB3 και S, ο συντελεστής είναι αρνητικός, πράγμα που σημαίνει ότι η παρουσία τους συντελεί στη μειωμένη εμφάνιση του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Παρατηρούμε όμως ότι οι αρνητικές συσχετίσεις είναι αδύναμες. Έτσι, οι τιμές p για τους συγκεκριμένους τύπους βλάστησης είναι $0,748 > 0,1$ και $0,396 > 0,1$ αντίστοιχα, οπότε οι συσχετίσεις ανάμεσα στο είδος *Entomobrya handschini* και στους τύπους βλάστησης TB3 και S κατά την τρίτη δειγματοληψία δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο 10%.

Πίνακας 4.15: Συσχετίσεις κατά Spearman μεταξύ του πληθυσμού του είδους *Entomobrya handschini* και των τύπων βλάστησης κατά τη δειγματοληψία της 22/10

βλάστηση	TB0	TB1	TB2	TB3	TB4	S
συντελεστής συσχέτισης	-0,329	-0,169	-0,110	0,607	-0,527	-0,499
επίπεδο σημαντικότητας	0,387	0,664	0,779	0,083	0,145	0,172

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε μια πλήρη διαφοροποίηση όσον αφορά το πρόσημο των συντελεστών συσχέτισης σε σχέση με τις προηγούμενες δειγματοληψίες. Πιο συγκεκριμένα έχουμε θετικό συντελεστή μόνο για τον τύπο βλάστησης TB3, με το p -value να ισούται με $0,083 < 0,1$. Άρα ο πληθυσμός της *Entomobrya handschini* σχετίζεται με τον τύπο βλάστησης TB3 κατά την τέταρτη και τελευταία δειγματοληψία σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 10%.

Όσον αφορά τη συσχέτιση του συγκεκριμένου είδους με τους υπόλοιπους πέντε τύπους βλάστησης παρατηρούμε ότι έχουν αρνητικό συντελεστή, πράγμα που σημαίνει ότι η παρουσία των συγκεκριμένων τύπων βλάστησης συντελεί στην μειωμένη εμφάνιση του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Πάντως σε όλες τις αρνητικές συσχετίσεις βλέπουμε ότι οι τιμές p ισούνται με τις τιμές $0,387 > 0,1$, $0,664 > 0,1$, $0,779 > 0,1$, $0,145 > 0,1$ και $0,172 > 0,1$ αντίστοιχα, συνεπώς οι συσχετίσεις ανάμεσα στον πληθυσμό της *Entomobrya handschini* και τους υπόλοιπους πέντε τύπους βλάστησης κατά την τέταρτη και τελευταία δειγματοληψία δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο 10%.

Fasciosminthurus circumfasciatus

Πίνακας 4.16: Συσχετίσεις κατά Spearman μεταξύ του πληθυσμού του είδους *Fasciosminthurus circumfasciatus* και των τύπων βλάστησης κατά τη δειγματοληψία της 6/8

βλάστηση	TB0	TB1	TB2	TB3	TB4	S
συντελεστής συσχέτισης	-0,126	-0,190	-0,190	0,387	-0,063	-0,330
επίπεδο σημαντικότητας	0,766	0,652	0,652	0,343	0,881	0,425

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι το είδος *Fasciosminthurus circumfasciatus* κατά την πρώτη δειγματοληψία έχει αρνητικό συντελεστή συσχέτισης με τους τύπους βλάστησης TB0, TB1, TB2, TB4 και S. Αυτό σημαίνει ότι όταν έχουμε παρουσία των συγκεκριμένων τύπων βλάστησης, έχουμε και μειωμένη εμφάνιση του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Και σε αυτή την περίπτωση βλέπουμε ότι οι αρνητικές συσχετίσεις είναι αδύναμες. Έτσι βλέπουμε ότι οι τιμές p για τους συγκεκριμένους τύπους βλάστησης είναι $0,766 > 0,1$, $0,652 > 0,1$, $0,652 > 0,1$, $0,881 > 0,1$ και $0,425 > 0,1$ αντίστοιχα. Συνεπώς, δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, ότι δηλαδή ο πληθυσμός του *Fasciosminthurus circumfasciatus* δε σχετίζεται με τους τύπους βλάστησης TB0, TB1, TB2, TB4 και S κατά την πρώτη δειγματοληψία σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 10%.

Όσον αφορά τη συσχέτιση του συγκεκριμένου είδους με τον τύπο βλάστησης TB3, ο συντελεστής είναι θετικός, πράγμα που σημαίνει ότι η παρουσία πυκνής ποώδους βλάστησης οδηγεί στην αυξημένη εμφάνιση του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Όμως και εδώ παρατηρούμε ότι η θετική συσχέτιση είναι αδύναμη. Ως εκ τούτου, η τιμή p ισούται με $0,343 > 0,1$, άρα δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, ότι δηλαδή η συσχέτιση ανάμεσα στο είδος *Fasciosminthurus circumfasciatus* και τον τύπο βλάστησης TB3 κατά την πρώτη δειγματοληψία δεν είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 10%.

Κατά τη δειγματοληψία της 10/9 δε συλλέξαμε ούτε ένα άτομο από το συγκεκριμένο είδος, συνεπώς δεν υφίσταται ούτε κι εδώ πίνακας συσχετίσεων.

Πίνακας 4.17: Συσχετίσεις κατά Spearman μεταξύ του πληθυσμού του είδους *Fasciosminthurus circumfasciatus* και των τύπων βλάστησης κατά τη δειγματοληψία της 1/10

βλάστηση	TB0	TB1	TB2	TB3	TB4	S
συντελεστής συσχέτισης	0,004	0,157	0,228	-0,255	0,129	0,406
επίπεδο σημαντικότητας	0,991	0,688	0,556	0,509	0,741	0,278

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε μια πλήρη διαφοροποίηση όσον αφορά το πρόσημο των συντελεστών συσχέτισης σε σχέση με την πρώτη δειγματοληψία. Πιο συγκεκριμένα έχουμε αρνητικό συντελεστή μόνο για τον τύπο βλάστησης TB3, με το p-value να ισούται με $0,509 > 0,1$. Επομένως, δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, ότι δηλαδή ο πληθυσμός του είδους *Fasciosminthurus circumfasciatus* δε σχετίζεται με τον τύπο βλάστησης TB3 κατά την τρίτη δειγματοληψία σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 10%.

Όσον αφορά τη συσχέτιση του συγκεκριμένου είδους με τους υπόλοιπους πέντε τύπους βλάστησης παρατηρούμε ότι έχουν θετικό συντελεστή, πράγμα που σημαίνει ότι η παρουσία των συγκεκριμένων τύπων βλάστησης συντελεί στην αυξημένη εμφάνιση του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Πάντως όλες οι θετικές συσχετίσεις είναι αδύναμες. Έτσι, τα p-value ισούνται με τις τιμές $0,991 > 0,1$, $0,688 > 0,1$, $0,556 > 0,1$, $0,741 > 0,1$ και $0,278 > 0,1$ αντίστοιχα, συνεπώς οι συσχετίσεις ανάμεσα στον πληθυσμό του *Fasciosminthurus circumfasciatus* και τους υπόλοιπους πέντε τύπους βλάστησης κατά την τρίτη δειγματοληψία δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο 10%.

Πίνακας 4.18: Συσχετίσεις κατά Spearman μεταξύ του πληθυσμού του είδους *Fasciosminthurus circumfasciatus* και των τύπων βλάστησης κατά τη δειγματοληψία της 22/10

βλάστηση	TB0	TB1	TB2	TB3	TB4	S
συντελεστής συσχέτισης	0,053	-0,322	-0,476	0,358	0,185	-0,626
επίπεδο σημαντικότητας	0,892	0,399	0,195	0,344	0,633	0,071

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα έχουμε κι εδώ διαφοροποιήσεις, αλλά σε μικρότερη κλίμακα. Πιο συγκεκριμένα έχουμε αρνητικό συντελεστή για τους τύπους βλάστησης TB1, TB2 και S. Και σε αυτή την περίπτωση βλέπουμε ότι οι αρνητικές συσχετίσεις είναι αδύναμες, εκτός από την περίπτωση της Στύπας όπου η αρνητική συσχέτιση είναι ισχυρή. Έτσι βλέπουμε ότι οι τιμές p για τους τύπους βλάστησης TB1 και TB2 είναι $0,399 > 0,1$ και $0,195 > 0,1$ αντίστοιχα, ενώ για τον τύπο S η τιμή p ισούται με $0,071 < 0,1$. Άρα ο πληθυσμός του *Fasciosminthurus circumfasciatus* δε σχετίζεται με τους συγκεκριμένους τύπους βλάστησης κατά την τέταρτη και τελευταία δειγματοληψία σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 10%, ενώ σχετίζεται με τον τύπο βλάστησης S σε επίπεδο 10%.

Όσον αφορά τη συσχέτιση του συγκεκριμένου είδους με τους τύπους βλάστησης TB0, TB3 και TB4 παρατηρούμε ότι έχουν θετικό συντελεστή, πράγμα που σημαίνει ότι η παρουσία των συγκεκριμένων τύπων βλάστησης συντελεί στην αυξημένη εμφάνιση του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Πάντως όλες οι θετικές συσχετίσεις είναι αδύναμες. Έτσι, τα p-value

ισούνται με τις τιμές $0,892 > 0,1$, $0,344 > 0,1$ και $0,633 > 0,1$ αντίστοιχα, συνεπώς οι συσχετίσεις ανάμεσα στον πληθυσμό του *Fasciosminthurus circumfasciatus* και τους τύπους βλάστησης TB0, TB3 και TB4 κατά την τέταρτη και τελευταία δειγματοληψία δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο 10%.

Pseudosinella octopunctata

Κατά τις δύο πρώτες δειγματοληψίες δε συλλέξαμε ούτε ένα άτομο από το συγκεκριμένο είδος, συνεπώς δεν υφίστανται ούτε κι εδώ πίνακες συσχετίσεων.

Πίνακας 4.19: Συσχετίσεις κατά Spearman μεταξύ του πληθυσμού του είδους *Pseudosinella octopunctata* και των τύπων βλάστησης κατά τη δειγματοληψία της 1/10

βλάστηση	TB0	TB1	TB2	TB3	TB4	S
συντελεστής συσχέτισης	-0,138	0,557	0,138	-0,358	-0,275	0,651
επίπεδο σημαντικότητας	0,724	0,119	0,724	0,345	0,474	0,058

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι το είδος *Pseudosinella octopunctata* κατά την τρίτη δειγματοληψία έχει αρνητικό συντελεστή συσχέτισης με τους τύπους βλάστησης TB0, TB3 και TB4. Αυτό σημαίνει ότι όταν έχουμε παρουσία των συγκεκριμένων τύπων βλάστησης, έχουμε μειωμένη εμφάνιση του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Και σε αυτή την περίπτωση παρατηρούμε ότι οι αρνητικές συσχετίσεις είναι αδύναμες. Έτσι βλέπουμε ότι οι τιμές p για τους συγκεκριμένους τύπους βλάστησης είναι $0,724 > 0,1$, $0,345 > 0,1$ και $0,474 > 0,1$ αντίστοιχα. Συνεπώς δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, ότι δηλαδή ο πληθυσμός της *Pseudosinella octopunctata* δε σχετίζεται με τους τύπους βλάστησης TB0, TB3 και TB4 κατά την τρίτη δειγματοληψία σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 10%.

Όσον αφορά τη συσχέτιση του συγκεκριμένου είδους με τους τύπους βλάστησης TB1, TB2 και S παρατηρούμε ότι έχουν θετικό συντελεστή, πράγμα που σημαίνει ότι η παρουσία των συγκεκριμένων τύπων βλάστησης συντελεί στην αυξημένη εμφάνιση του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Σε αυτή την περίπτωση οι τιμές p για τους δύο πρώτους τύπους βλάστησης είναι $0,119 > 0,1$ και $0,724 > 0,1$, ενώ για τον τύπο S η τιμή p ισούται με $0,058 < 0,1$. Άρα ο πληθυσμός της *Pseudosinella octopunctata* δε σχετίζεται με τους τύπους βλάστησης TB1 και TB2 κατά την τρίτη δειγματοληψία σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 10%, ενώ σχετίζεται με τον τύπο βλάστησης S σε επίπεδο 10%.

Πίνακας 4.20: Συσχετίσεις κατά Spearman μεταξύ του πληθυσμού του είδους *Pseudosinella octopunctata* και των τύπων βλάστησης κατά τη δειγματοληψία της 22/10

βλάστηση	TB0	TB1	TB2	TB3	TB4	S
συντελεστής συσχέτισης	-0,481	-0,557	-0,138	0,572	-0,481	-0,244
επίπεδο σημαντικότητας	0,190	0,119	0,724	0,107	0,190	0,527

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι το είδος *Pseudosinella octopunctata* κατά την τέταρτη και τελευταία δειγματοληψία έχει αρνητικό συντελεστή συσχέτισης με τους τύπους βλάστησης TB0, TB1, TB2, TB4 και S. Αυτό σημαίνει ότι όταν έχουμε παρουσία των συγκεκριμένων τύπων βλάστησης, έχουμε μειωμένη εμφάνιση του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Και σε αυτή την περίπτωση βλέπουμε ότι οι αρνητικές συσχετίσεις είναι αδύναμες. Ως εκ τούτου, οι τιμές p-value για τους συγκεκριμένους τύπους βλάστησης είναι $0,19 > 0,1$, $0,119 > 0,1$, $0,724 > 0,1$, $0,19 > 0,1$ και $0,527 > 0,1$ αντίστοιχα. Συνεπώς δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, ότι δηλαδή οι συσχετίσεις του είδους *Pseudosinella octopunctata* με τους τύπους βλάστησης TB0, TB1, TB2, TB4 και S κατά την τέταρτη και τελευταία δειγματοληψία δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο 10%.

Όσον αφορά τη συσχέτιση της *Pseudosinella octopunctata* με τον τύπο βλάστησης TB3, ο συντελεστής είναι θετικός, πράγμα που σημαίνει ότι η παρουσία πυκνής ποώδους βλάστησης οδηγεί στην αυξημένη εμφάνιση του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Επίσης παρατηρούμε ότι η τιμή p για τον συγκεκριμένο τύπο βλάστησης ισούται με $0,107 > 0,1$, άρα και σε αυτή την περίπτωση δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, ότι δηλαδή η συσχέτιση ανάμεσα στο είδος *Pseudosinella octopunctata* και τον τύπο βλάστησης TB3 κατά την τέταρτη και τελευταία δειγματοληψία δεν είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 10%.

4.5 Φαινολογία ανά είδος

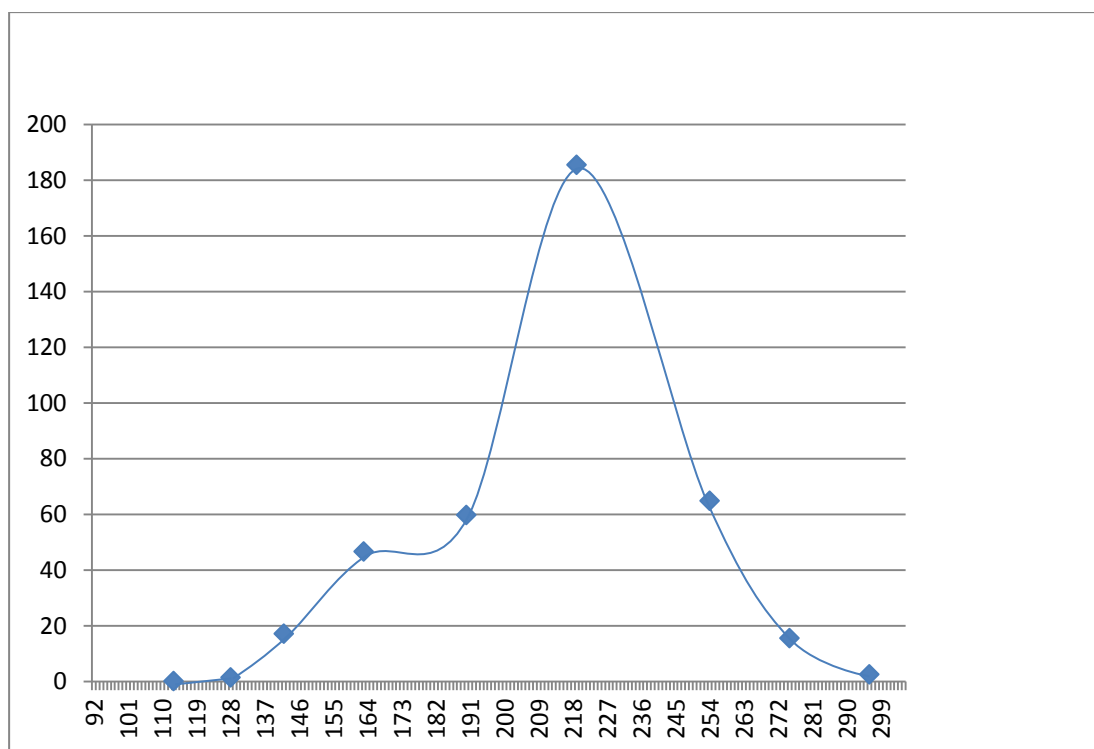
Όπως αναφέραμε και στη στατιστική ανάλυση, για να έχουμε μια πιο πλήρη και αντικειμενική εικόνα όσον αφορά τη δυναμική των εξεταζόμενων ειδών, χρησιμοποιήσαμε και τα δεδομένα από τις πέντε προηγούμενες δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν το διάστημα Απρίλιος-Ιούλιος του 2010. Επιπλέον λόγω της μεγάλης διακύμανσης της *Seira ferrarii* ανά δειγματοληψία, αλλά και λόγω του ότι δεν είχαμε δείγματα και από τις εννιά παγίδες σε όλες τις δειγματοληψίες, χρησιμοποιήσαμε στην έρευνά μας τους μέσους όρους και όχι το σύνολο των πληθυσμών τους, έτσι ώστε να έχουμε μεγαλύτερη ακρίβεια και αντικειμενικότητα όσον αφορά τη φαινολογία των ειδών. Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τους μέσους όρους των συλληφθέντων ανά παγίδα ατόμων των ειδών ανά δειγματοληψία.

Πίνακας 4.21: Κατανομή μέσων όρων ανά είδος και ανά δειγματοληψία.

Ημερομηνίες	<i>Seira ferrarii</i>	<i>Entomobrya handschini</i>	<i>Fasciosminthurus circumfasciatus</i>	<i>Pseudosinella octopunctata</i>
22/4	0,2	9,9	1,1	0,8
7/5	1,5	7,4	0,6	1,6
21/5	17,2	4,8	0	0
11/6	46,7	6,9	0,1	0,4
8/7	59,8	1,1	0,3	0
6/8	185,5	0,1	0,3	0
10/9	64,9	0	0	0
1/10	15,6	0,7	2,7	0,1
22/10	2,6	4,6	1	0,1

Σε γενικές γραμμές, παρατηρούμε ότι στα τρία πρώτα είδη έχουμε εναλλαγές στη διακύμανση των μέσων όρων. Έτσι στα είδη *Entomobrya handschini* και *Fasciosminthurus circumfasciatus* παρατηρούμε πιο έντονη την παρουσία τους μήνες Απρίλιο, Μάιο και Οκτώβριο, όπου έχουμε σχετικά αυξημένη υγρασία και εμφάνιση βροχοπτώσεων, ενώ το αντίθετο συμβαίνει στη *Seira ferrarii*, όπου σε αυτούς τους μήνες έχουμε τη μικρότερη εμφάνιση του συγκεκριμένου είδους. Όσο για το είδος *Pseudosinella octopunctata*, οι διακυμάνσεις του είναι ανεπαίσθητες, αφού καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών η παρουσία του ήταν από ελάχιστη έως μηδαμινή.

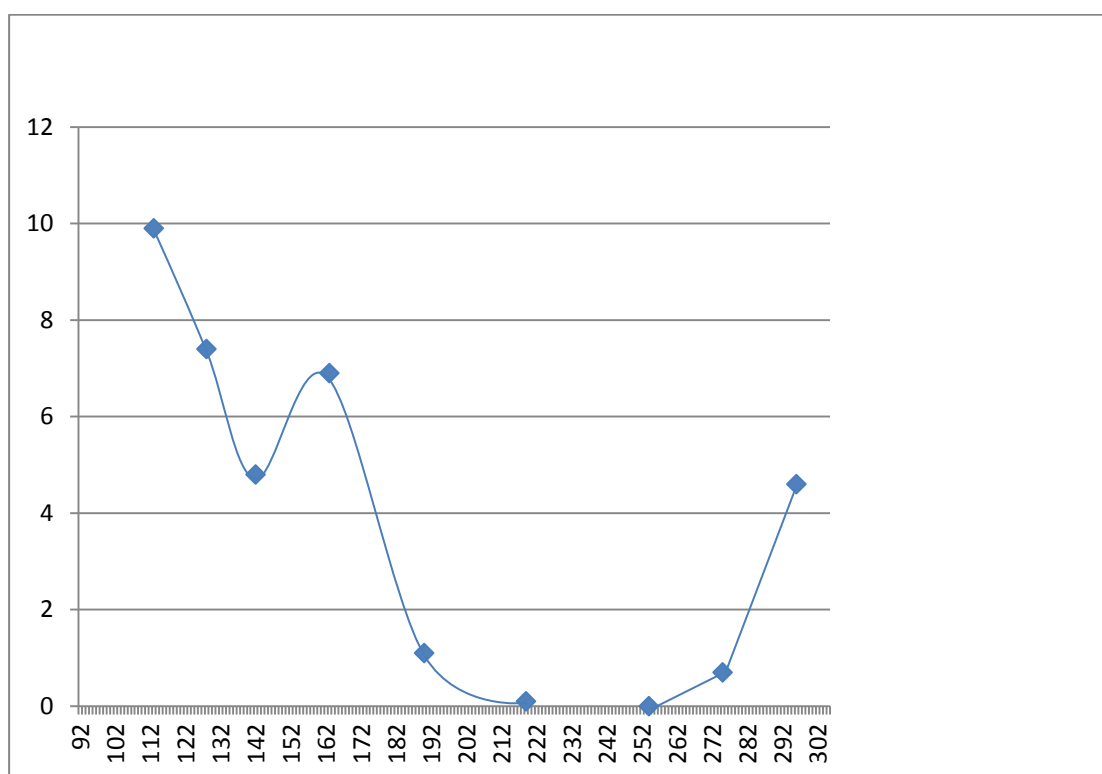
Seira ferrarii



Διάγραμμα 4.1: Φαινολογία του είδους *Seira ferrarii* - μέσος όρος ατόμων ανά δειγματοληψία στον κατακόρυφο άξονα, Ιουλιανή ημερομηνία στον οριζόντιο άξονα

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η κατανομή των μέσων όρων των συλλήψεων ανά ημερομηνία δειγματοληψίας, όπου στον οριζόντιο άξονα έχουμε το χρόνο της δειγματοληψίας, ενώ στον κατακόρυφο άξονα έχουμε τον αντίστοιχο μέσο όρο του συγκεκριμένου είδους. Σύμφωνα με αυτό κατά τους πρώτους μήνες δειγματοληψίας έχουμε μια συνεχή και μάλιστα ραγδαία αύξηση του μέσου όρου του πληθυσμού του συγκεκριμένου είδους. Από τη δειγματοληψία του Σεπτεμβρίου όμως και έπειτα βλέπουμε μια εξίσου σημαντική μείωση του μέσου όρου, ο οποίος κατά την τελευταία δειγματοληψία αγγίζει την τιμή 0.

Entomobrya handschini

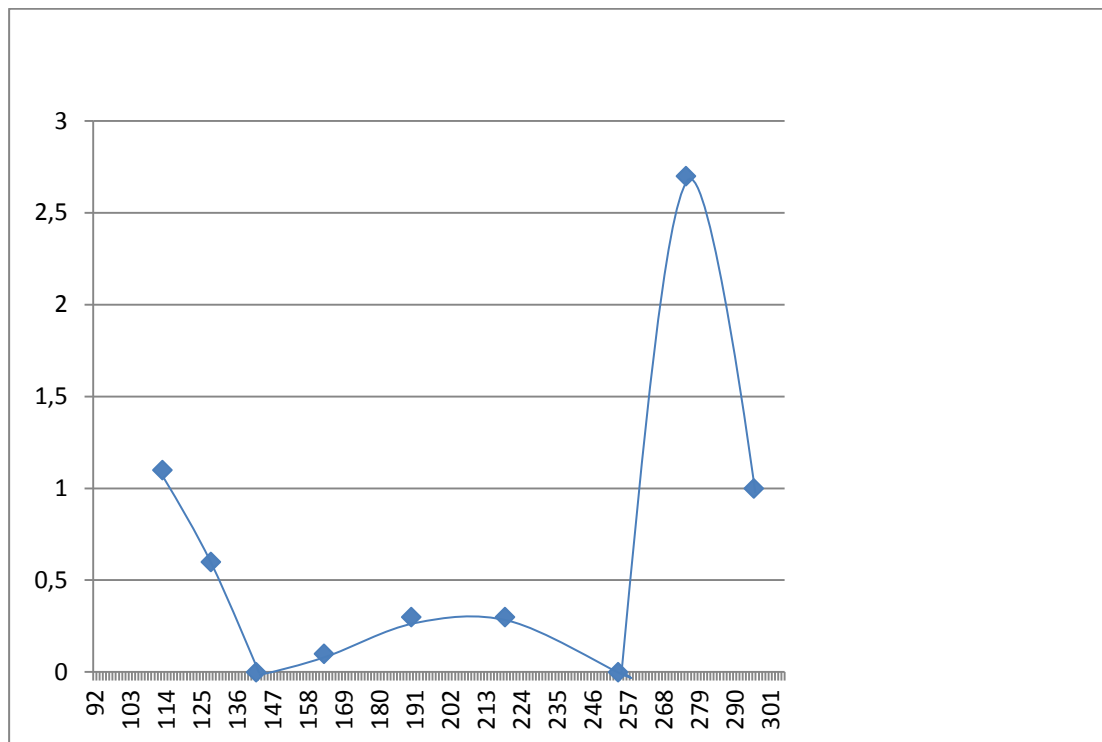


Διάγραμμα 4.2: Φαινολογία του είδους *Entomobrya handschini* - μέσος όρος ατόμων ανά δειγματοληψία στον κατακόρυφο άξονα, Ιουλιανή ημερομηνία στον οριζόντιο άξονα

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε μια ικανοποιητική εμφάνιση του συγκεκριμένου είδους κατά την πρώτη δειγματοληψία του Απριλίου, του οποίου όμως ο μέσος όρος παρουσιάζει μια σχετική μείωση κατά τις δύο επόμενες δειγματοληψίες του Μαΐου για να αυξηθεί πάλι τον Ιούνιο. Από κει και ύστερα όμως ακολουθεί μια συνεχή πτωτική πορεία όπου

αγγίζει την τιμή 0 κατά τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο για να καταλήξουμε σε μια σχετική αύξηση του μέσου όρου κατά τις δύο τελευταίες δειγματοληψίες του Οκτωβρίου.

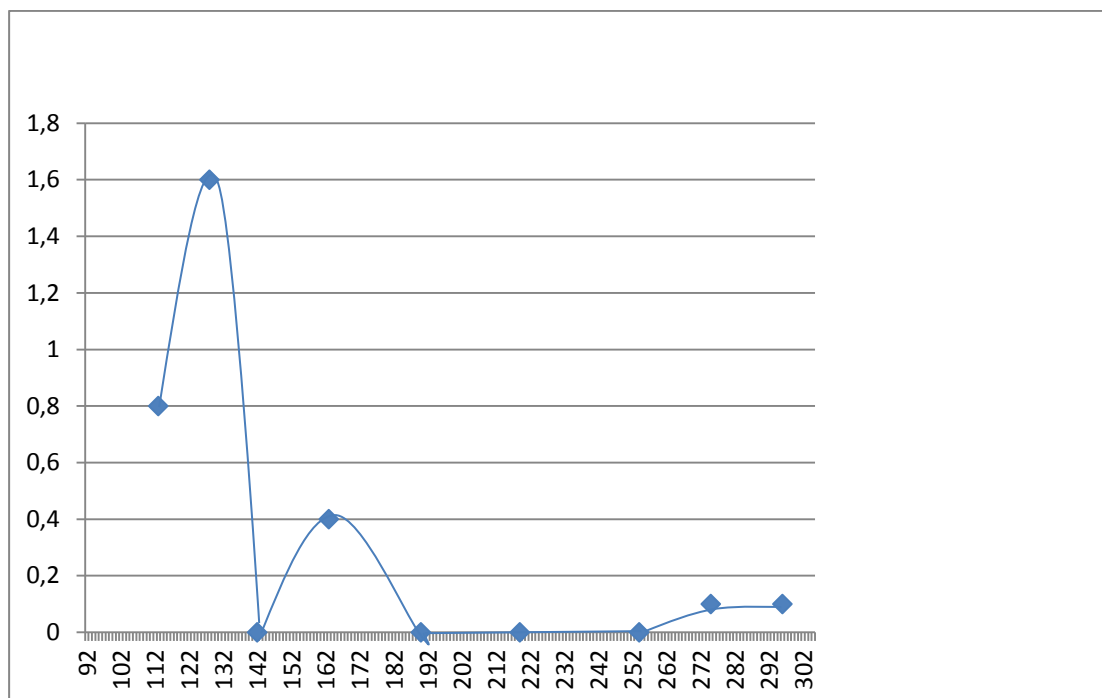
Fasciosminthurus circumfasciatus



Διάγραμμα 4.3: Φαινολογία του είδους *Fasciosminthurus circumfasciatus* - μέσος όρος ατόμων ανά δειγματοληψία στον κατακόρυφο άξονα, Ιουλιανή ημερομηνία στον οριζόντιο άξονα

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε συνεχείς εναλλαγές στη διακύμανση του μέσου όρου του συγκεκριμένου είδους, όπως συνέβη και στην περίπτωση της *Entomobrya handschini*. Βεβαίως στη συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε να κάνουμε με μέσους όρους μικρότερης κλίμακας αφού σε καμία περίπτωση δεν ξεπερνούν την τιμή 3. Παρ' όλα αυτά όμως παρατηρούμε μια σχετική μείωση του μέσου όρου κατά τις δειγματοληψίες του Μαΐου σε σχέση με αυτή του Απριλίου, η οποία αγγίζει την τιμή 0, ενώ κατά του μήνες Ιούνιο και Ιούλιο έχουμε μια πολύ μικρή αύξηση που δεν φτάνει καν την τιμή 1. Ακολουθεί μια μείωση τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο για να καταλήξει με μια εναλλαγή αύξησης και μείωσης αντίστοιχα κατά τις δύο τελευταίες δειγματοληψίες του Οκτωβρίου.

Pseudosinella octopunctata



Διάγραμμα 4.4: Φαινολογία του είδους *Pseudosinella octopunctata* - μέσος όρος ατόμων ανά δειγματοληψία στον κατακόρυφο άξονα, Ιουλιανή ημερομηνία στον οριζόντιο άξονα

Και σε αυτό το διάγραμμα όπως και στο προηγούμενο έχουμε συνεχείς εναλλαγές στη διακύμανση του μέσου όρου, αλλά σε πολύ μικρή κλίμακα, αφού σε καμιά περίπτωση ο μέσος όρος του συγκεκριμένου είδους δεν φτάνει την τιμή 2. Κατά τις δειγματοληψίες της περιόδου Απριλίου-Ιουλίου του 2012 έχουμε συνεχείς αυξομειώσεις στο μέσο όρο. Από τον Ιούλιο όμως μέχρι και την τελευταία δειγματοληψία η διακύμανση είναι ανεπαίσθητη ή και ανύπαρκτη αφού ο μέσος όρος του συγκεκριμένου είδους κατά τις πέντε τελευταίες δειγματοληψίες παίρνει τις τιμές 0 και 0,1.

4.6 Ρυθμός αύξησης ανά είδος

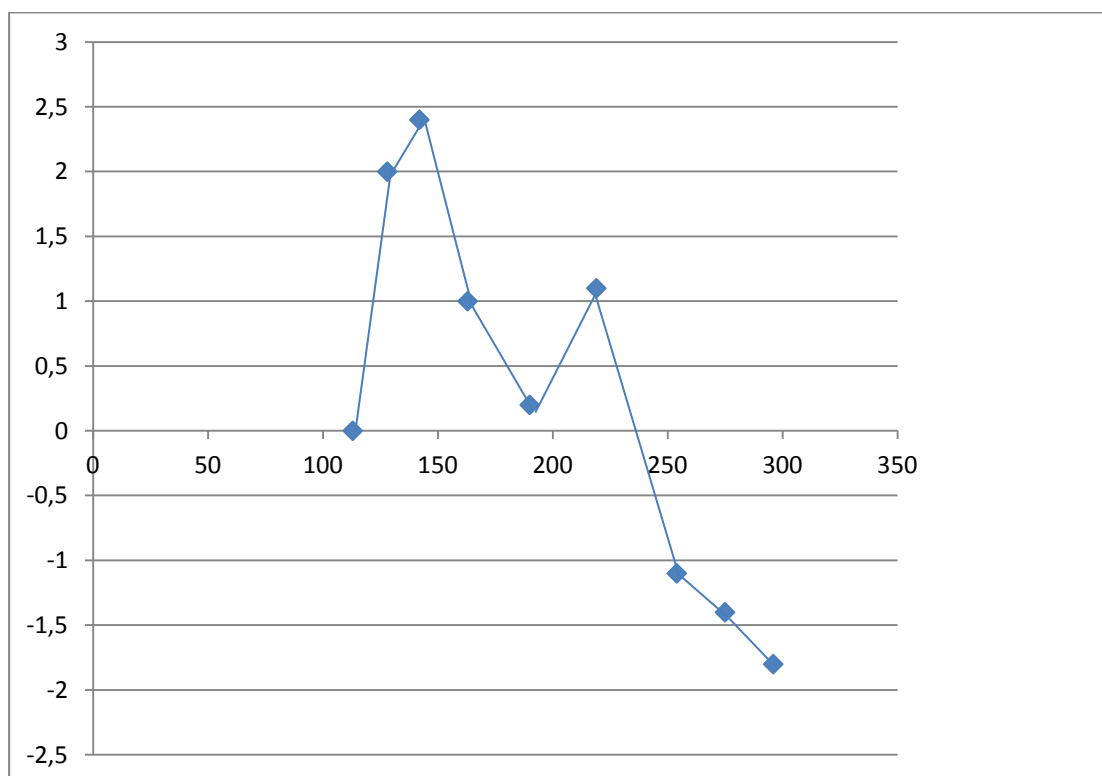
Σαν συνέχεια της προηγούμενης έρευνας, χρησιμοποιήσαμε τους μέσους όρους από κάθε είδος με σκοπό να προσδιορίσουμε το ρυθμό αύξησης, πάντα με τη βοήθεια του μαθηματικού τύπου που αναφέραμε στην ενότητα της στατιστικής ανάλυσης. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτή τη διαδικασία φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.22: Ρυθμός αύξησης πληθυσμού ανά είδος και ανά δειγματοληψία

Ημερομηνίες	<i>Seira ferrarii</i>	<i>Entomobrya handschini</i>	<i>Fasciosminthurus circumfasciatus</i>	<i>Pseudosinella octopunctata</i>
22/4 - 7/5	2	-0,3	-0,6	0,7
7/5 - 21/5	2,4	-0,4	-1,8	-2,8
21/5 - 11/6	1	0,4	0	1,4
11/6 - 8/7	0,2	-1,8	1,1	-1,4
8/7 - 6/8	1,1	-2,4	0	0
6/8 - 10/9	-1,1	0	-1,1	0
10/9 - 1/10	-1,4	1,9	3,3	0
1/10 - 22/10	-1,8	1,9	-1	0

Σε γενικές γραμμές βλέπουμε εναλλαγές στη διακύμανση του ρυθμού αύξησης ανά είδος. Όπως παρατηρούμε, έχουμε θετικό πρόσημο όταν πρόκειται για αύξηση του μέσου όρου, αρνητικό πρόσημο όταν έχουμε μείωση, ενώ σε μερικές περιπτώσεις όπου ο ρυθμός αύξησης παραμένει σταθερός – κυρίως στην περίπτωση της *Pseudosinella octopunctata*, η οποία ήταν απύσχα σε αρκετές δειγματοληψίες-, παίρνει την τιμή 0. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν χρησιμοποιήθηκαν στη διαγραμματική απεικόνιση του ρυθμού αύξησης κάθε είδους στο χρόνο.

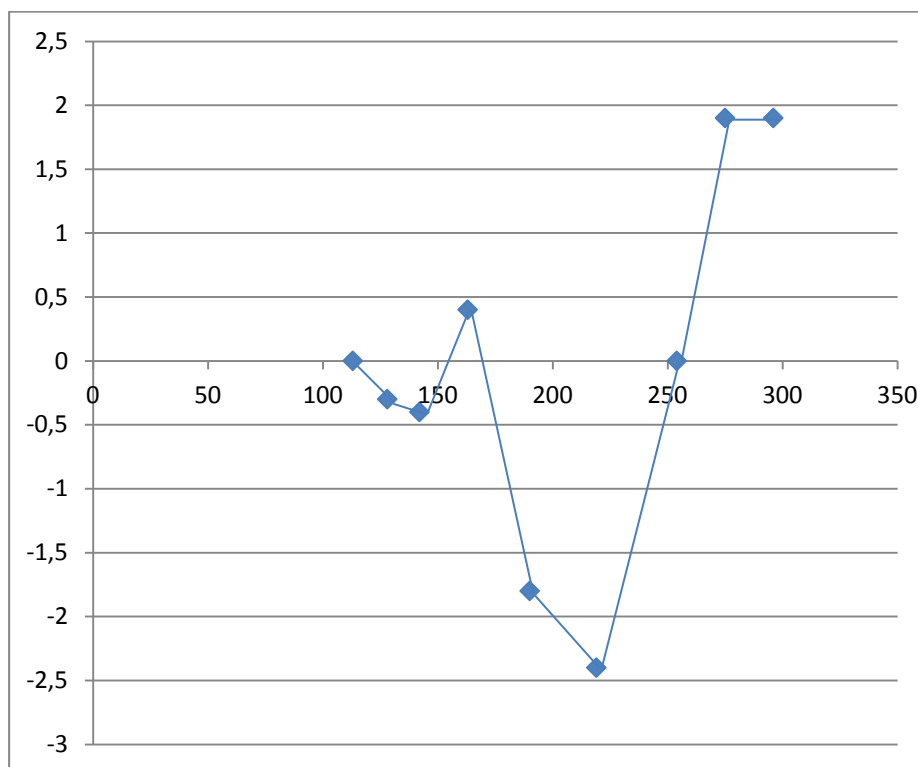
Seira ferrarii



Διάγραμμα 4.5: Ρυθμός αύξησης του είδους *Seira ferrarii* – ρυθμός αύξησης στον κατακόρυφο άξονα, Ιουλιανή ημερομηνία στον οριζόντιο άξονα

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρούμε έναν σταθερά θετικό ρυθμό αύξησης του συγκεκριμένου είδους κατά τις δύο δειγματοληψίες του Μαΐου, ο οποίος παραμένει και για τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο αλλά με φθίνουσα πορεία. Ο ρυθμός αυτός αυξάνεται πάλι τον Αύγουστο, αλλά στις τρεις τελευταίες δειγματοληψίες του Σεπτεμβρίου και του Οκτωβρίου αλλάζει πρόσημο και μετατρέπεται σε αρνητικό ρυθμό αύξησης, ο οποίος έχει μια διαρκώς φθίνουσα πορεία μέχρι και την τελευταία δειγματοληψία.

Entomobrya handschini

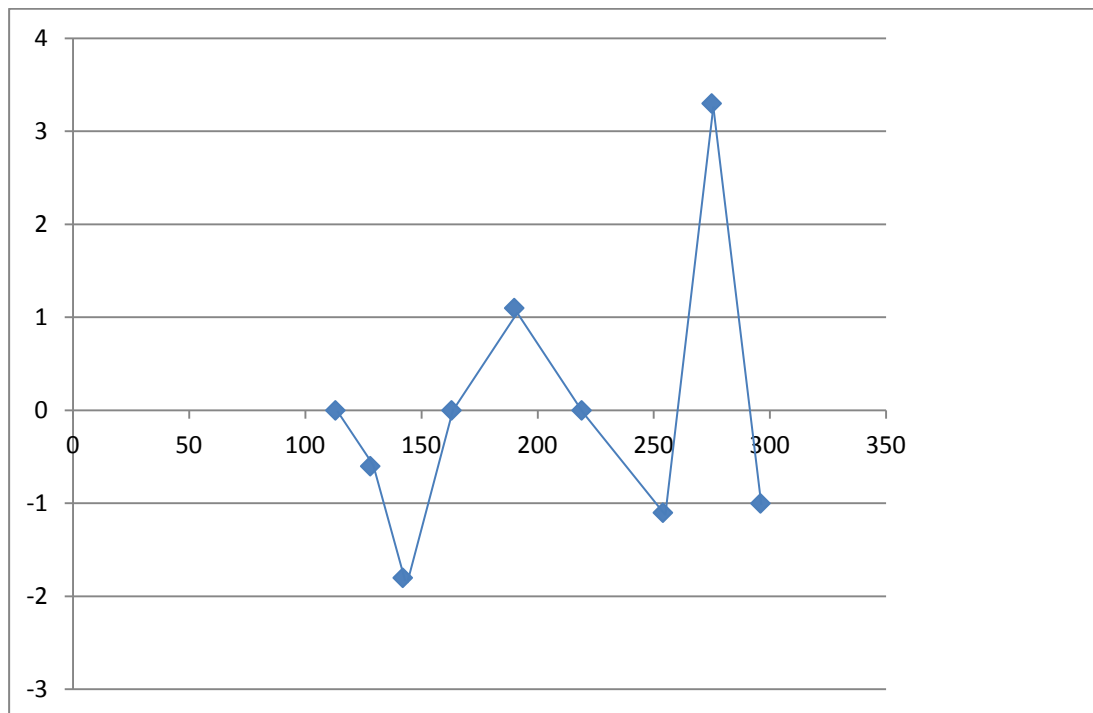


Διάγραμμα 4.6: Ρυθμός αύξησης του είδους *Entomobrya handschini* – ρυθμός αύξησης στον κατακόρυφο άξονα, Ιουλιανή ημερομηνία στον οριζόντιο άξονα

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρούμε ένα σταθερά αρνητικό ρυθμό αύξησης του συγκεκριμένου είδους κατά τις δύο δειγματοληψίες του Μαΐου, ο οποίος όμως τον Ιούνιο αλλάζει πρόσημο και μετατρέπεται σε θετικό ρυθμό αύξησης. Η κατάσταση αυτή ανατρέπεται πάλι για τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο όπου έχουμε ξανά αρνητικό ρυθμό αύξησης, ενώ για το Σεπτέμβριο παραμένει σταθερός και παίρνει την τιμή 0. Τέλος, για τις δύο δειγματοληψίες

του Οκτωβρίου, ο ρυθμός παίρνει για δεύτερη φορά θετικό πρόσημο και έτσι έχουμε ξανά θετικό ρυθμό αύξησης.

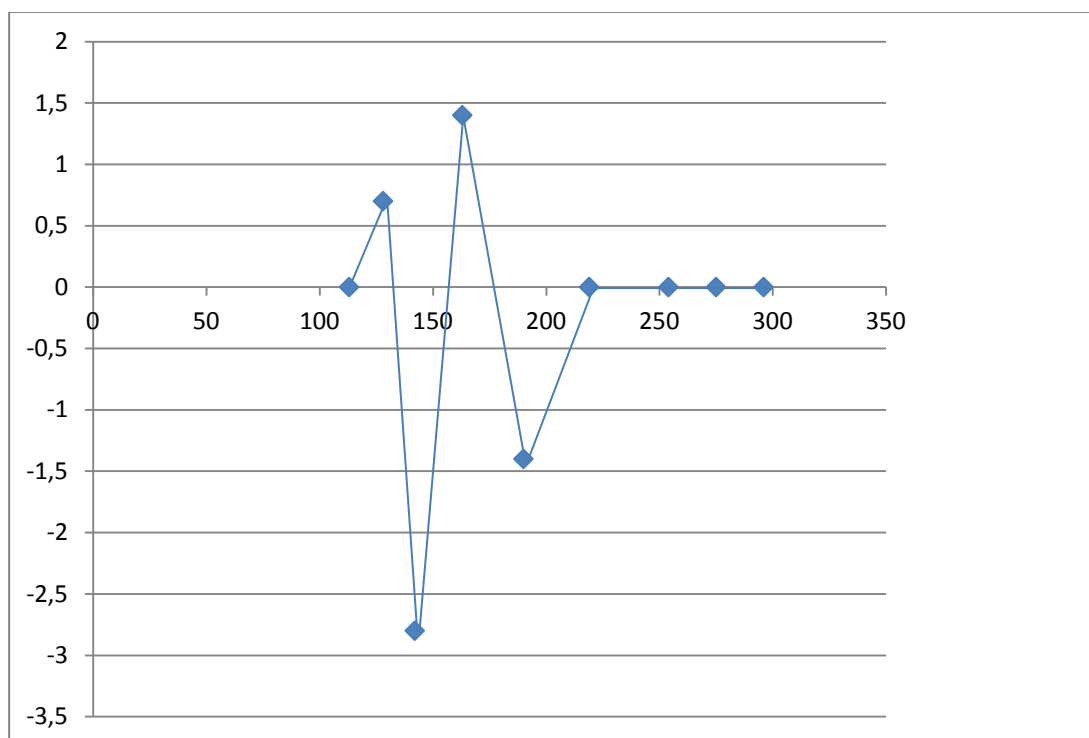
Fasciosminthurus circumfasciatus



Διάγραμμα 4.7: Ρυθμός αύξησης του είδους *Fasciosminthurus circumfasciatus* – ρυθμός αύξησης στον κατακόρυφο άξονα, Ιουλιανή ημερομηνία στον οριζόντιο άξονα

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρούμε ένα σταθερά αρνητικό ρυθμό αύξησης του μέσου όρου του συγκεκριμένου είδους κατά τις δύο δειγματοληψίες του Μαΐου, όπως ακριβώς συνέβη και στην περίπτωση της *Entomobrya handschini*, ο οποίος όμως παραμένει σταθερός τον Ιούνιο. Τον Ιούλιο αλλάζει πρόσημο και μετατρέπεται σε θετικό ρυθμό αύξησης, ο οποίος όμως παραμένει τον Αύγουστο σταθερός για δεύτερη φορά. Τέλος, κατά τις τρεις τελευταίες δειγματοληψίες του Σεπτεμβρίου και του Οκτωβρίου παρατηρούμε μια συνεχή εναλλαγή του πρόσημου του ρυθμού αύξησης, από αρνητικό σε θετικό και ξανά πάλι σε αρνητικό.

Pseudosinella octopunctata



Διάγραμμα 4.8: Ρυθμός αύξησης του είδους *Pseudosinella octopunctata* – ρυθμός αύξησης στον κατακόρυφο άξονα, Ιουλιανή ημερομηνία στον οριζόντιο άξονα

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρούμε συνεχείς εναλλαγές όσον αφορά το πρόσημο του ρυθμού αύξησης κατά την περίοδο Μάιος- Ιούλιος. Από τον Αύγουστο όμως μέχρι και την τελευταία δειγματοληψία του Οκτωβρίου ο ρυθμός παραμένει αμετάβλητος, πράγμα φυσιολογικό αφού σε αυτές τις δειγματοληψίες η εμφάνιση του συγκεκριμένου είδους ήταν από ελάχιστη έως μηδαμινή.

4.7 Συσχέτιση των ρυθμών αύξησης ανά είδος

Και σε αυτή την περίπτωση εφαρμόζουμε τη συσχέτιση κατά Spearman ανάμεσα στους ρυθμούς αύξησης των μέσων όρων ανά είδος, έτσι ώστε να δούμε εάν σχετίζονται μεταξύ τους. Για να γίνει αυτός ο έλεγχος, εφαρμόζω το γενικό κανόνα απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης H_0 έναντι της εναλλακτικής H_1 σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,1$. Έστω ότι:

H_0 : δεν συσχετίζονται οι ρυθμοί αύξησης των μέσων όρων των ειδών μεταξύ τους και

H_1 : σχετίζονται οι ρυθμοί αύξησης των μέσων όρων των ειδών μεταξύ τους

Πίνακας 4.23: Συσχετίσεις κατά Spearman μεταξύ των ρυθμών αύξησης των μέσων όρων των εξεταζόμενων ειδών

		<i>Entomobrya handschini</i>	<i>Fasciosminthurus circumfasciatus</i>	<i>Pseudosinella octopunctata</i>
<i>Seira ferrarii</i>	συντελεστής συσχέτισης επίπεδο σημαντικότητας	-0,683 0,062	-0,299 0,471	-0,076 0,858
<i>Entomobrya handschini</i>	συντελεστής συσχέτισης επίπεδο σημαντικότητας	1	0,048 0,910	0,396 0,332
<i>Fasciosminthurus circumfasciatus</i>	συντελεστής συσχέτισης επίπεδο σημαντικότητας		1	0,211 0,617

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των ρυθμών αύξησης των μέσων όρων του είδους *Seira ferrarii* και των αντίστοιχων των τριών άλλων ειδών είναι αρνητικοί. Πιο συγκεκριμένα, η αρνητική συσχέτιση μεταξύ των ειδών *Seira ferrarii* και *Entomobrya handschini* είναι ισχυρή, που σημαίνει ότι όταν μεταβάλλεται ο ρυθμός αύξησης του ενός είδους, μεταβάλλεται αντιστρόφως και μάλιστα με μεγάλη συχνότητα ο ρυθμός αύξησης του άλλου είδους, π.χ. όταν σε μια δειγματοληψία έχουμε θετικό ρυθμό αύξησης της *Seira ferrarii*, στην *Entomobrya handschini* έχουμε αρνητικό ρυθμό αύξησης και το αντίστροφο. Όσον αφορά την αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στη *Seira ferrarii* και τα άλλα δύο είδη, βλέπουμε ότι αυτές οι συσχετίσεις είναι αδύναμες, άρα και οι μεταβολές του ρυθμού αύξησης των δύο ειδών σε σχέση με αυτές της *Seira ferrarii* είναι ασήμαντες.

Έτσι, στην πρώτη περίπτωση η τιμή p ισούται με $0,062 < 0,1$, συνεπώς οι ρυθμοί αύξησης των ειδών *Seira ferrarii* και *Entomobrya handschini* σχετίζονται σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 10%. Στις άλλες δύο περιπτώσεις οι τιμές p ισούνται με $0,471 > 0,1$ και $0,858 > 0,1$, άρα δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, ότι δηλαδή οι συσχετίσεις ανάμεσα στους ρυθμούς αύξησης της *Seira ferrarii* και τους αντίστοιχους των δύο άλλων ειδών είναι στατιστικά ασήμαντες σε επίπεδο 10%.

Όσον αφορά τη συσχέτιση ανάμεσα στην *Entomobrya handschini* και τα είδη *Fasciosminthurus circumfasciatus* και *Pseudosinella octopunctata* παρατηρούμε ότι οι συντελεστές είναι θετικοί, αλλά αυτές οι θετικές συσχετίσεις είναι αδύναμες, άρα και οι μεταβολές του ρυθμού αύξησης των δύο ειδών σε σχέση με αυτές της *Entomobrya handschini* είναι ανάλογες αλλά ασήμαντες. Ως εκ τούτου, οι τιμές p ισούνται με $0,91 > 0,1$ και $0,332 > 0,1$, άρα και σε αυτή την περίπτωση δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση, ότι δηλαδή οι συσχετίσεις ανάμεσα στους ρυθμούς αύξησης της *Entomobrya handschini* και τους αντίστοιχους των άλλων δύο ειδών είναι στατιστικά ασήμαντες σε επίπεδο 10%.

Τέλος, όσον αφορά τη συσχέτιση ανάμεσα στα είδη *Fasciosminthurus circumfasciatus* και *Pseudosinella octopunctata* παρατηρούμε ότι ο συντελεστής έχει θετικό πρόσημο, αλλά αυτή η θετική συσχέτιση είναι αδύναμη, δηλαδή οι μεταβολές του ρυθμού αύξησης των δύο ειδών είναι ανάλογες αλλά ασήμαντες. Έτσι, το p-value ισούται με $0,617 > 0,1$, άρα και εδώ οι ρυθμοί αύξησης των ειδών *Fasciosminthurus circumfasciatus* και *Pseudosinella octopunctata* δε σχετίζονται σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 10%.

4.8 Επικάλυψη θώκου ανά δειγματοληψία

Ο δείκτης Pianka της εξειδικευμένης χωρικής επικάλυψης για κάθε είδος, καθώς επίσης και ο μέσος όρος των τιμών του δείκτη υπολογίστηκαν χωριστά για κάθε δειγματοληψία. Ο πίνακας του ECOSIM περιλαμβάνει τα είδη ανά παγίδα και ανά δειγματοληψία. Στην περίπτωση αυτή, η μηδενική υπόθεση ήταν μια τυχαία διαίρεση της χρήσης του χώρου, επομένως διεξήχθη ένα μοντέλο μηδενικής ανάλυσης για να ελεγχθεί εάν οι παρατηρούμενες επικαλύψεις ήταν σημαντικά μικρότερες από αυτές που αναμένονταν κατά τύχη. Έτσι λοιπόν σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$ έχουμε:

H_0 : οι παρατηρούμενες επικαλύψεις δεν ήταν σημαντικά μικρότερες από αυτές που αναμένονταν κατά τύχη.

H_1 : οι παρατηρούμενες επικαλύψεις ήταν σημαντικά μικρότερες από αυτές που αναμένονταν κατά τύχη.

Στους παρακάτω πίνακες θα δούμε το ποσοστό επικάλυψης που προκύπτει ανά ζεύγος ειδών σε κάθε δειγματοληψία, πλην εκείνης που πραγματοποιήθηκε το Σεπτέμβριο εξαιτίας της απουσίας των τριών από τα τέσσερα εξεταζόμενα είδη. Επιπλέον στις τυχαιοποιήσεις δεν επιλέχθηκε το είδος *Pseudosinella octopunctata*, επειδή δε συλλέχθηκε τουλάχιστον μια φορά από κάθε παγίδα.

Η τυχαιοποίηση αυτή έγινε 1000 φορές για κάθε δειγματοληψία, ακολουθώντας δύο διαφορετικές παραδοχές: την πρώτη χωρίς περιορισμούς (niche breadth relaxed) και τη δεύτερη περιορίζοντας τα δεδομένα όπως ήταν στην παρατηρούμενη επικάλυψη (niche breadth retained). Αυτή η διαδικασία διεξήχθη για να δοκιμάσουμε τη σημαντικότητα του μέσου όρου της επικάλυψης ανάμεσα σε όλα τα πιθανά ζευγάρια των ειδών. Έτσι θα αναφερθούμε στο μέσο όρο των παρατηρούμενων επικαλύψεων, το μέσο όρο και τη διακύμανση των τυχαιοποιημένων επικαλύψεων, αλλά και τον αριθμό των τυχαιοποιημένων επικαλύψεων που βρέθηκαν εντός και εκτός του διαστήματος που ήταν ο μέσος όρος των παρατηρούμενων επικαλύψεων. Τέλος, θα

δούμε πόσες φορές ο δείκτης Pianka των παρατηρούμενων επικαλύψεων είναι μικρότερος και πόσες μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο των τυχαιοποιημένων επικαλύψεων, έτσι ώστε να προσδιορίσουμε την πιθανότητα οι μέσες παρατηρούμενες επικαλύψεις θώκου να είναι λιγότερες από τις αναμενόμενες που υπολογίστηκαν κατά τύχη και εάν η πιθανότητα αυτή είναι στατιστικά σημαντική.

Δειγματοληψία 6/8

Αφού περάσαμε στον πίνακα του ECOSIM τους πληθυσμούς των τριών ειδών ανά παγίδα και ανά δειγματοληψία, στη συνέχεια εφαρμόσαμε την τυχαιοποίηση με τους δύο προαναφερθέντες τρόπους. Οι τιμές του δείκτη επικάλυψης Pianka φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.24: Τιμές του δείκτη επικάλυψης Pianka ανά ζεύγος ειδών κατά τη δειγματοληψία της 6/8

	<i>Entomobrya handschini</i>	<i>Fasciosminthurus circumfasciatus</i>
<i>Seira ferrarii</i>	0,05	0,57
<i>Entomobrya handschini</i>		0

Παρατηρούμε ότι ο δείκτης επικάλυψης ανάμεσα στην *Entomobrya handschini* και το *Fasciosminthurus circumfasciatus* έχει την τιμή 0, πράγμα που σημαίνει ότι κατά την πρώτη δειγματοληψία δε βρήκαμε σε καμία παγίδα ταυτόχρονα άτομα και από τα δύο είδη. Αντίθετα, η *Seira ferrarii* έχει ως δείκτη επικάλυψης με την *Entomobrya handschini* την τιμή 0,05, πράγμα που σημαίνει ότι είχαν ελάχιστα κοινά ενδιαίτηματα τα δύο είδη, ενώ με το *Fasciosminthurus circumfasciatus* το ποσοστό επικάλυψης ήταν 0,57, πράγμα που σημαίνει ότι είχαν αρκετά κοινά ενδιαίτηματα.

Ο μέσος όρος των παρατηρούμενων επικαλύψεων ισούται με 0,21, ενώ ο μέσος όρος και η διακύμανση των τυχαιοποιημένων επικαλύψεων στην περίπτωση των περιορισμένων τυχαιοποιήσεων (retained) παίρνουν τις τιμές 0,24 και 0,03 αντίστοιχα. Παρακάτω παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος των παρατηρούμενων επικαλύψεων θώκου (0,21) εμπίπτει στο διάστημα 0,15-0,22. Τα 12 διαστήματα είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα ανάμεσα στην ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή των τυχαιοποιημένων επικαλύψεων θώκου. Σε αυτή την περίπτωση υπήρχαν 238 προσομοιώσεις σε αυτό το διάστημα και 504 που έπεσαν στα μεγαλύτερα διαστήματα. Οι υπόλοιπες 268 προσομοιώσεις είχαν μέσες επικαλύψεις θώκου μικρότερες από αυτό το διάστημα. Τέλος, ο δείκτης Pianka είναι 438 φορές μεγαλύτερος στις παρατηρούμενες επικαλύψεις από τις τυχαιοποιημένες και 562 φορές μικρότερος από τον αντίστοιχο των τυχαιοποιημένων επικαλύψεων. Αυτό σημαίνει ότι η πιθανότητα οι παρατηρούμενες

επικαλύψεις να είναι μικρότερες από αυτές που αναμένονταν κατά τύχη είναι 43,8% - μας δείχνει ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική- ενώ η πιθανότητα να είναι μεγαλύτερες φτάνει το 56,2%

Στην αντίστοιχη περίπτωση των τυχαιοποιήσεων σε τυχαία σειρά (relaxed), ο μέσος όρος και η διακύμανση των τυχαιοποιημένων επικαλύψεων παίρνουν τις τιμές 0,76 και 0,006 αντίστοιχα. Παρακάτω παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος των παρατηρούμενων επικαλύψεων θώκου δεν εμπίπτει σε κανένα διάστημα των προσομοιώσεων, αφού όλα έχουν μεγαλύτερες τιμές από αυτόν. Άρα και οι 1000 προσομοιώσεις έπεσαν σε μεγαλύτερα διαστήματα. Τέλος, ο δείκτης Pianka είναι και τις 1000 φορές μικρότερος στις παρατηρούμενες επικαλύψεις από τις τυχαιοποιημένες Αυτό σημαίνει ότι ο βαθμός σημαντικότητας οι παρατηρούμενες επικαλύψεις να είναι μικρότερες από αυτές που αναμένονταν κατά τύχη είναι 0%, άρα είναι στατιστικά σημαντικός.

Δειγματοληψία 1/10

Και εδώ ακολουθήσαμε την ίδια διαδικασία όπως και προηγουμένως. Οι τιμές του δείκτη επικάλυψης δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.25: Τιμές του δείκτη επικάλυψης Pianka ανά ζεύγος ειδών κατά τη δειγματοληψία της 1/10

	<i>Entomobrya handschini</i>	<i>Fasciosminthurus circumfasciatus</i>
<i>Seira ferrarii</i>	0,26	0,25
<i>Entomobrya handschini</i>		0,69

Παρατηρούμε ότι ο δείκτης επικάλυψης ανάμεσα στη *Seira ferrarii* και τα άλλα δύο είναι 0,26 και 0,25 αντίστοιχα , πράγμα που σημαίνει ότι έχουν σχεδόν τον ίδιο αριθμό κοινών ενδιαιτημάτων, ο οποίος όμως είναι μικρός. Σε ότι αφορά την *Entomobrya handschini* και το *Fasciosminthurus circumfasciatus* παρατηρούμε ότι το ποσοστό επικάλυψης παίρνει την τιμή 0,69, πράγμα που σημαίνει ότι έχουν ικανοποιητικό αριθμό κοινών ενδιαιτημάτων.

Ο μέσος όρος των παρατηρούμενων επικαλύψεων ισούται με 0,40, ενώ ο μέσος όρος και η διακύμανση των τυχαιοποιημένων επικαλύψεων στην περίπτωση των περιορισμένων τυχαιοποιήσεων (retained) παίρνουν τις τιμές 0,45 και 0,01 αντίστοιχα. Παρακάτω παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος των παρατηρούμενων επικαλύψεων θώκου (0,40) εμπίπτει στο διάστημα 0,38-0,44. Σε αυτή την περίπτωση υπήρχαν 196 προσομοιώσεις σε αυτό το διάστημα και 497 που

έπεσαν στα μεγαλύτερα διαστήματα. Οι υπόλοιπες 307 προσομοιώσεις είχαν μέσες επικαλύψεις θώκου μικρότερες από αυτό το διάστημα. Τέλος, ο δείκτης Pianka είναι 357 φορές μεγαλύτερος στις παρατηρούμενες επικαλύψεις από τις τυχαιοποιημένες και 643 φορές μικρότερος από τον αντίστοιχο των τυχαιοποιημένων επικαλύψεων. Αυτό σημαίνει ότι η πιθανότητα οι παρατηρούμενες επικαλύψεις να είναι μικρότερες από αυτές που αναμένονταν κατά τύχη είναι 35,7% - μας δείχνει ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική- ενώ η πιθανότητα να είναι μεγαλύτερες φτάνει το 64,3%

Στην αντίστοιχη περίπτωση των τυχαιοποιήσεων σε τυχαία σειρά (relaxed), ο μέσος όρος και η διακύμανση των τυχαιοποιημένων επικαλύψεων παίρνουν τις τιμές 0,76 και 0,005 αντίστοιχα. Παρακάτω παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος των παρατηρούμενων επικαλύψεων θώκου δεν εμπίπτει σε κανένα διάστημα των προσομοιώσεων, αφού όλα έχουν μεγαλύτερες τιμές από αυτόν. Άρα και οι 1000 προσομοιώσεις έπεσαν σε μεγαλύτερα διαστήματα. Τέλος, ο δείκτης Pianka είναι και τις 1000 φορές μικρότερος στις παρατηρούμενες επικαλύψεις από τις τυχαιοποιημένες Αυτό σημαίνει ότι ο βαθμός σημαντικότητας οι παρατηρούμενες επικαλύψεις να είναι μικρότερες από αυτές που αναμένονταν κατά τύχη είναι 0%, άρα είναι στατιστικά σημαντικός.

Δειγματοληψία 22/10

Και στην τελευταία δειγματοληψία ακολουθήσαμε την ίδια διαδικασία και οι τιμές του δείκτη επικάλυψης δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.26: Τιμές του δείκτη επικάλυψης Pianka ανά ζεύγος ειδών κατά τη δειγματοληψία της 22/10

	<i>Entomobrya handschini</i>	<i>Fasciosminthurus circumfasciatus</i>
<i>Seira ferrarii</i>	0,67	0,81
<i>Entomobrya handschini</i>		0,83

Παρατηρούμε ότι ο δείκτης επικάλυψης ανάμεσα στη *Seira ferrarii* και τα άλλα δύο είναι 0,67 και 0,81 αντίστοιχα , πράγμα που σημαίνει ότι έχουν σχεδόν αρκετά μεγάλο αριθμό κοινών ενδιαιτημάτων. Σε ότι αφορά την *Entomobrya handschini* και το *Fasciosminthurus circumfasciatus* παρατηρούμε ότι ο δείκτης επικάλυψης παίρνει την τιμή 0,83, πράγμα που σημαίνει ότι και αυτά τα είδη έχουν πολύ υψηλό αριθμό κοινών ενδιαιτημάτων.

Ο μέσος όρος των παρατηρούμενων επικαλύψεων ισούται με 0,77, ενώ ο μέσος όρος και η διακύμανση των τυχαιοποιημένων επικαλύψεων στην περίπτωση των περιορισμένων τυχαιοποιήσεων (retained) παίρνουν τις τιμές 0,59 και 0,006 αντίστοιχα. Παρακάτω παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος των παρατηρούμενων επικαλύψεων θώκου (0,77) εμπίπτει στο διάστημα 0,76-0,79. Σε αυτή την περίπτωση υπήρχαν 12 προσομοιώσεις σε αυτό το διάστημα και μόλις 6 σε μεγαλύτερα διαστήματα. Οι υπόλοιπες 982 προσομοιώσεις είχαν μέσες επικαλύψεις θώκου μικρότερες από αυτό το διάστημα. Τέλος, ο δείκτης Pianka είναι 987 φορές μεγαλύτερος στις παρατηρούμενες επικαλύψεις από τις τυχαιοποιημένες και μόλις 13 φορές μικρότερος από τον αντίστοιχο των τυχαιοποιημένων επικαλύψεων. Αυτό σημαίνει ότι η πιθανότητα οι παρατηρούμενες επικαλύψεις να είναι μικρότερες από αυτές που αναμένονταν κατά τύχη είναι 98,7% - μας δείχνει ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική- ενώ η πιθανότητα να είναι μεγαλύτερες φτάνει το 1,3% - η οποία είναι στατιστικά σημαντική-.

Στην αντίστοιχη περίπτωση των τυχαιοποιήσεων σε τυχαία σειρά (relaxed), ο μέσος όρος και η διακύμανση των τυχαιοποιημένων επικαλύψεων παίρνουν τις τιμές 0,76 και 0,005 αντίστοιχα. Παρακάτω παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος των παρατηρούμενων επικαλύψεων θώκου εμπίπτει στο διάστημα 0,73-0,77. Σε αυτή την περίπτωση υπήρχαν 224 προσομοιώσεις σε αυτό το διάστημα και 439 σε μεγαλύτερα διαστήματα. Οι υπόλοιπες 337 προσομοιώσεις είχαν μέσες επικαλύψεις θώκου μικρότερες από αυτό το διάστημα. Τέλος, ο δείκτης Pianka είναι 545 φορές μεγαλύτερος στις παρατηρούμενες επικαλύψεις από τις τυχαιοποιημένες και 455 φορές μικρότερος από τον αντίστοιχο των τυχαιοποιημένων επικαλύψεων. Αυτό σημαίνει ότι η πιθανότητα οι παρατηρούμενες επικαλύψεις να είναι μικρότερες από αυτές που αναμένονταν κατά τύχη είναι 54,5% -μας δείχνει ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική- ενώ η πιθανότητα να είναι μεγαλύτερες φτάνει το 45,5%.

4.9 Ανάλυση λιπιδίων

Η συγκεκριμένη πειραματική έρευνα διενεργήθηκε για όλα τα είδη εκτός της *Pseudosinella octopunctata*, έτσι ώστε να διαπιστώσουμε μέσω της σύνθεσης κορεσμένων και ακόρεστων λιπαρών οξέων εάν τα εξεταζόμενα είδη έχουν παρόμοιες ή διαφορετικές τροφικές προτιμήσεις. Η περιορισμένη όμως ποσότητα (λιγότερο από 8 mg βάρους) των ατόμων που αναλύθηκαν για λιπαρά οξέα δεν επιτρέπει ασφαλή συμπεράσματα. Για το λόγο αυτό αναφέρεται ενδεικτικά μόνο η σύνθεση των λιπαρών οξέων για τα είδη *Seira ferrarii* και *Entomobrya handschini* στον πίνακα 3 του Παραρτήματος, όπου προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

- Από τα κορεσμένα λιπαρά οξέα το μεγαλύτερο ποσοστό και στα δύο είδη το εμφάνισε το παλμιτικό οξύ (16:0) ακολουθούμενο από το στεατικό (18:0), ενώ το ποσοστό των κορεσμένων λιπαρών οξέων για το είδος *Seira ferrarii* ήταν 39% περίπου και για το είδος *Entomobrya handschini* 47%-51%.
- Στα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα κυρίαρχο και στα δύο είδη ήταν το ελαϊκό οξύ (18:1ω9), ενώ το ποσοστό των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων για τη *Seira ferrarii* ήταν 28% περίπου και για την *Entomobrya handschini* 29%.
- Στα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα κυρίαρχο και στα δύο είδη ήταν το λινελαϊκό οξύ (18:2ω6), ενώ το ποσοστό των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων για τη *Seira ferrarii* ήταν 30-32% περίπου και για την *Entomobrya handschini* 18%.
- Το συνολικό ποσοστό των ακόρεστων λιπαρών οξέων για τη *Seira ferrarii* κυμαίνεται στο 59% περίπου και ο λόγος κορεσμένων/ακόρεστων λιπαρών οξέων είναι 0,6-0,7, ενώ οι αντίστοιχες τιμές για την *Entomobrya handschini* είναι 46%-48% και 1-1,1 αντίστοιχα.

Η μεγαλύτερη αναλογία ακόρεστων λιπαρών οξέων στο είδος *Seira ferrarii* ενδεχομένως υποδηλώνει διαφορετικές τροφικές προτιμήσεις (περισσότερη συμβολή νηματωδών σε σχέση με τους μύκητες στη διαίτά του- σε κανένα από τα δύο είδη δεν εντοπίστηκαν οξέα χαρακτηριστικά κατανάλωσης βακτηρίων). Καθώς όμως οι διαφορές στα επιμέρους οξέα δεν είναι σαφείς, δεν είναι εύκολο να αποδοθεί κάπου συγκεκριμένα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1 Συζήτηση- συμπεράσματα

Σε ένα περιβάλλον το οποίο εξαιτίας ανθρωπογενών παρεμβάσεων έχει υποστεί σημαντικές αρνητικές μεταβολές όπως π.χ. είναι η απώλεια της βιοποικιλότητας, η κοινότητα των Κολλεμβόλων εξακολουθεί να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε αρκετές λειτουργίες ενός ενδιαιτήματος. Μπορεί να επηρεάσει άμεσα το ρυθμό της αποσύνθεσης (McBrayer et al., 1977, Cragg και Bardgett, 2001), καθώς επίσης και την ανάπτυξη των φυτών (Anderson et al., 1983, Faber και Verhoff, 1991).

Η παρούσα εργασία ασχολείται με την εποχιακότητα τεσσάρων θερινών εδαφόβιων ειδών Κολλεμβόλων και το βαθμό επίδρασης της βλάστησης στην κατανομή τους σε χωρική και χρονική κλίμακα. Η δειγματοληψία διεξήχθη με τη μέθοδο των παγίδων παρεμβολής σε μηνιαία βάση περίπου, την περίοδο Αύγουστος – Οκτώβριος στην περιοχή των Σπάτων. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν μέσω του στατιστικού πακέτου SPSS 18 και του υπολογιστικού προγράμματος ECOSIM.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα το είδος *Seira ferrarii* με 2.166 άτομα είχε μακράν τη μεγαλύτερη αφθονία. Ακολούθησαν τα είδη *Entomobrya handschini* και *Fasciosminthurus circumfasciatus* με 48 και 35 άτομα αντίστοιχα, ενώ το είδος *Pseudosinella octopunctata* είχε μόλις 2 άτομα. Ενώ όμως στη μελετώμενη περίοδο της *Seira ferrarii* είχαμε μια συνεχή πτωτική τάση από δειγματοληψία σε δειγματοληψία, το ακριβώς αντίθετο συνέβη με την *Entomobrya handschini*. Αυτή η διαφοροποίηση εξηγείται από το γεγονός ότι τα δύο είδη αντιδρούν διαφορετικά στις κλιματικές συνθήκες. Το πρώτο ευνοείται περισσότερο από συνθήκες ξηρασίας, ενώ το δεύτερο από βροχοπτώσεις και γενικότερα από αυξημένη υγρασία στις ενδιάμεσες εποχές. Στην περίπτωση του *Fasciosminthurus circumfasciatus* παρατηρούμε τάσεις παρόμοιες με της *Entomobrya handschini*, αν και έχει αρκετές διακυμάνσεις ως προς την κατανομή του, κάτι που συμβαίνει αρκετά συχνά σε Μεσογειακά οικοσυστήματα (Stamou et al., 1993). Όσο για την περίπτωση της *Pseudosinella octopunctata* δεν έχουμε να πούμε κάτι αφού σε όλες τις δειγματοληψίες συλλέχθηκαν είτε ένα είτε κανένα άτομο από το συγκεκριμένο είδος.

Στις συσχετίσεις των πληθυσμών ανά είδος παρατηρήσαμε ότι η *Seira ferrarii* είχε σε όλες τις περιπτώσεις θετικό πρόσημο, πράγμα που σημαίνει ότι το συγκεκριμένο είδος ακολουθεί μια σταθερή χωρική κατανομή χωρίς σημαντικές μεταβολές. Επιπλέον παρατηρούμε ότι οι

συσχετίσεις ως επί το πλείστον είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο 10%. Αντιθέτως, στα είδη *Entomobrya handschini* και *Fasciosminthurus circumfasciatus* παρατηρείται μια μεταβολή στην κατανομή κατά το μήνα Οκτώβριο, ενώ και οι συσχετίσεις στην κατανομή των συλλήψεων ανά παγίδα δεν είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο 10%. Όσο για την *Pseudosinella octopunctata*, κι εδώ έχουμε αρνητική συσχέτιση αλλά λόγω της ελάχιστης παρουσίας της, δε μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

Όσον αφορά την επίδραση της βλάστησης, παρατηρούμε ότι δεν είναι ιδιαίτερα σημαντική στα εξεταζόμενα είδη εκτός από την περίπτωση της *Stipa sp.* (Στύπα), η οποία σε όλα τα είδη πλην της *Entomobrya handschini* επηρεάζει την κατανομή τους. Πιο συγκεκριμένα η *Seira ferrarii* ευνοείται γενικώς από την παρουσία πυκνής ποώδους βλάστησης αν και η συσχέτισή τους δεν είναι πάντα στατιστικά σημαντική, ενώ η παρουσία θάμνου ή Στύπας αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για την εμφάνισή τους. Αντιθέτως η *Entomobrya handschini* ευνοείται από χαμηλή πυκνότητα ποώδους βλάστησης, ενώ όπως αναφέραμε και προηγουμένως είναι το είδος που επηρεάζεται λιγότερο από οποιαδήποτε μορφή βλάστησης. Το είδος *Fasciosminthurus circumfasciatus* σε γενικές γραμμές έχει την ίδια επίδραση με τη *Seira ferrarii*, ενώ η *Pseudosinella octopunctata* είναι το μοναδικό είδος που έχει θετική συσχέτιση με τη Στύπα και μάλιστα στατιστικά σημαντική, αλλά όπως αναφέραμε και προηγουμένως δε μπορεί να μας δώσει ασφαλή συμπεράσματα.

Στη φαινολογία των ειδών όπου προστέθηκαν τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών της περιόδου Απριλίου – Ιουλίου, βλέπουμε τις μεγαλύτερες τιμές πληθυσμών για τη *Seira ferrarii* την περίοδο Ιούλιο – Σεπτέμβριο, ενώ για την *Entomobrya handschini* τότε έχουμε τις χαμηλότερες τιμές, γιατί όπως αναφέραμε και προηγουμένως τα δύο είδη αντιδρούν εντελώς διαφορετικά στις κλιματικές συνθήκες. Το *Fasciosminthurus circumfasciatus* έχει κάποιες διακυμάνσεις αλλά σε γενικές γραμμές ακολουθεί την τάση της *Entomobrya handschini*, ενώ η *Pseudosinella octopunctata* είχε κι αυτή κάποιες διακυμάνσεις κατά την περίοδο Απρίλιο - Ιούνιο όπου είχε μια σχετική παρουσία.

Παρόμοια αποτελέσματα είχαμε όσον αφορά το ρυθμό αύξησης των ειδών. Στη *Seira ferrarii* είχαμε θετικό ρυθμό αύξησης μέχρι τον Αύγουστο και αρνητικό μετά, ενώ ακριβώς το αντίθετο συνέβη με την *Entomobrya handschini*. Όσο για τα άλλα δύο είδη είχαμε κι εδώ εναλλαγές στο πρόσημο του ρυθμού αύξησης, για το *Fasciosminthurus circumfasciatus* σε όλη την περίοδο των δειγματοληψιών, ενώ για την *Pseudosinella octopunctata* μόνο μέχρι τον Ιούνιο όπου είχε μια σχετική παρουσία. Στην εξέταση των συσχετίσεων μεταξύ των ρυθμών αύξησης των ειδών, παρατηρούμε ότι η *Seira ferrarii* έχει αρνητική συσχέτιση με όλα τα είδη, η οποία με την

Entomobrya handschini είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 10%, ενώ με τα άλλα δύο είδη δεν είναι. Αντιθέτως τα άλλα τρία είδη έχουν θετικές συσχετίσεις μεταξύ τους όσον αφορά το ρυθμό αύξησης, αλλά όχι στατιστικά σημαντικές.

Στην ενότητα των επικαλύψεων βλέπουμε αρχικά ότι τα εξεταζόμενα είδη έχουν από λίγα έως καθόλου κοινά ενδιαιτήματα. Σταδιακά όμως αυξάνουν με αποτέλεσμα στην τελευταία δειγματοληψία τα είδη να έχουν την πλειοψηφία των ενδιαιτημάτων τους κοινά. Πάντως το ζεύγος των ειδών με τα περισσότερα κοινά ενδιαιτήματα είναι αυτό των *Entomobrya handschini* - *Fasciosminthurus circumfasciatus*, ενώ το ζεύγος με τα λιγότερα κοινά ενδιαιτήματα είναι αυτό των *Seira ferrarii* - *Entomobrya handschini*. Όσον αφορά τις τυχαιοποιήσεις, παρατηρούμε ότι σε όλες τις δειγματοληψίες πλην της τελευταίας ο δείκτης επικάλυψης Pianka στις παρατηρούμενες επικαλύψεις ήταν τις περισσότερες φορές μικρότερος από τον αντίστοιχο των τυχαιοποιημένων επικαλύψεων. Οι διαφορές της στατιστικής σημαντικότητας ανάλογα με τον αλγόριθμο της τυχαιοποίησης ερμηνεύεται από το ότι ο αλγόριθμος της τυχαίας σειράς (relaxed) θεωρείται από ορισμένους συγγραφείς «υπερβολικά μηδενική» υπόθεση και τείνει να δίνει συχνότερα στατιστικά αποτελέσματα που να δείχνουν διαχωρισμό θώκων (αναφορά ECOSIM).

Τέλος, όσον αφορά την ανάλυση των λιπιδίων, η αυξημένη αναλογία των 18:0 και 18:3ω3 οξέων καθώς και των πολυακόρεστων C₂₀ οξέων θα μπορούσε να παραπέμπει στη συμμετοχή νηματωδών στη δίαιτα των ειδών. Ωστόσο, καθώς όλα αυτά τα οξέα μπορούν να βιοσυντεθούν, δε μπορεί κανείς να εκφραστεί με βεβαιότητα.

Συνοπτικά λοιπόν, μπορούμε να πούμε ότι η *Seira ferrarii* ευνοείται από τις συνθήκες ξηρασίας, ενώ ο πληθυσμός της υπερτερεί συντριπτικά έναντι των άλλων ειδών. Από την άλλη μεριά έχουμε τα είδη *Entomobrya handschini* και *Fasciosminthurus circumfasciatus* τα οποία ευνοούνται από συνθήκες αυξημένης υγρασίας, ενώ για την *Pseudosinella octopunctata* δε μπορούμε να υιοθετήσουμε ασφαλή συμπεράσματα, λόγω της ελάχιστης παρουσίας της. Αυτό όμως που είναι σίγουρο είναι ότι η επίδραση της βλάστησης σε γενικές γραμμές είναι ασήμαντη για όλα τα είδη, εκτός του αγρωστώδους *Stipa sp.* το οποίο δρα ανασταλτικά στην κατανομή τους.

5.2 Προτάσεις

Είναι πολύ σημαντικό να συνειδητοποιήσουμε το ρόλο που διαδραματίζει η κοινότητα των Κολλεμβόλων σε ένα φυσικό ενδιαίτημα. Η μείωση της βιοποικιλότητας είναι μια από τις

σημαντικότερες συνέπειες των ανθρωπογενών παρεμβάσεων στο οικοσύστημα, αλλά οι επιδράσεις της στους εδαφόβιους οργανισμούς δεν έχουν διευκρινιστεί επαρκώς.

Γι' αυτό θα πρέπει να διερευνηθούν και άλλες περιβαλλοντικές μεταβλητές - όπως είναι η εδαφική υγρασία, η μορφή του χούμου, το pH, η γονιμότητα και η σύνθεση του εδάφους -, για να δούμε εάν και κατά πόσο επηρεάζουν την οριζόντια κατανομή των κοινοτήτων των Κολλεμβόλων.

Ένα άλλο που πρέπει να επισημανθεί είναι ότι η έρευνά μας διαπραγματεύεται δεδομένα 2,5 μηνών σε μια περιοχή έκτασης 400 m² περίπου. Για να έχουμε ασφαλή συμπεράσματα ως προς τη φαινολογία των ειδών αλλά και τις επιδράσεις διαφόρων περιβαλλοντικών παραμέτρων, θα πρέπει οι έρευνες να είναι διάρκειας τουλάχιστον τριών ετών και σε αρκετά μεγαλύτερες εκτάσεις, όπου σαφώς και θα έχουμε μεγαλύτερες διακυμάνσεις ως προς τη μορφή και τη σύνθεση του εδάφους. Έτσι τα συμπεράσματα που θα διεξάγονται θα είναι πιο ορθά και αντικειμενικά και θα περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα επιδράσεων, όπως είναι οι κλιματικές συνθήκες, οι χρήσεις γης κ.α..

Εν κατακλείδι, η συστηματική έρευνα θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε πέρα από την εποχιακότητα των Κολλεμβόλων και άλλες παραμέτρους του ιστορικού τους, όπως π.χ. οι τροφικές προτιμήσεις τους, η οικοφυσιολογία τους, αλλά και τα χαρακτηριστικά του βιολογικού τους κύκλου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

1) Αργυροπούλου, Μ. (1993), «Δυναμική και δραστηριότητα των Κολλεμβόλων σε εδαφικό υποσύστημα αείφυλλων-σκληρόφυλλων του Χορτιάτη», Διδακτορική διατριβή. Τμήμα βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

1) Addison, J.A., Trofymow, J.A. and V.G. Marshall (2003), “Abundance, species diversity and community structure of Collembola in succesional coastal temperate forests on Vancouver Island, Canada”, *Applied soil ecology*, Vol. 24, pp.233-246.

2) Ang, S.L., Park, Y.S., Mouloud, S.A. and L. Deharveng (2007), “Collembolan communities in a peat bog versus surrounding forest analysed using Principal Response Curves”, *Ecological Modelling*, Vol. 203, pp. 9-17.

3) Bandyopadhyaya, I., Choudhuri, D.K. and J.F. Ponge (2002), “Effects of some physical factors and agricultural practices on Collembola in a multiple cropping programme in West Bengal (India)”, *European journal of soil biology*, Vol. 38, pp. 111-117.

4) Baquero, E., Shulz, H.J., Moravvej, A. and R. Jordana (2008), “On the identity and geographical distribution of *Entomobrya handschini*, Stach 1922 (Collembola, Entomobryidae)”, *Staatliches Museum fur Naturkunde Gorlitz*, Vol. 79, pp.257-269.

5) Bardget, R.D., G.W. Yeates and J.M. Anderson (2005), “Patterns and determinants of soil biological diversity”, *Cambridge University Press*, pp.100-118.

6) Barra, J.A. (2004), “Le gene Seira (Collembola, Entomobryidae) du Yemen Continental”, *Zoosystema*, Vol. 26(2), pp. 291-306.

7) Bengston, G., Erlandsson, A. and S. Rundgren (1988), “Fungal odour attracts soil Collembola”, *Pergamon journals Ltd*, Vol. 20(1), pp. 25-30.

- 8) Berg, M.P., Stoffer, M. and H.H. Van de Heuvel (2004), "Feeding guilds in Collembola based on digestive enzymes" *Pedobiologia*, Vol. 48, pp. 589-601.
- 9) Brennan, A., Fortune, T. and T. Bolger (2006), "Collembola abundances and assemblage structures in conventionally tilled and conservation tillage arable systems", *Pedobiologia*, Vol. 50, pp. 135-145.
- 10) Bretfeld, G. (1999), "Symphypleona", *Staatliches Museum für Naturkunde Göttingen*, Vol. 2, pp. 247-249.
- 11) Caballero, M., Baquero, E., Ariko, A.H. and R. Jordana (2004), "Indirect biomass estimations in Collembola", *Pedobiologia*, Vol. 48, pp. 551-557.
- 12) Chagnon, M., Herbert, C. and D. Pare (2000), "Community structures of Collembola in sugar maple forests: relations to humus type and seasonal trends", *Pedobiologia*, Vol. 44, pp. 148-174.
- 13) Chamberlain, P.M., Bull, I.D., Black, H.I.D., Ineson, P. and R.P. Evershed (2005), "Fatty acid composition and change in Collembola fed differing diets: identifications of trophic biomarkers", *Soil biology and biochemistry*, Vol. 37, pp. 1608-1624.
- 14) Culic, M.P., De Souza, J.L. and J.A. Ventura (2002), "Biodiversity of Collembola in tropical agricultural environments of Espírito Santo, Brazil", *Applied soil ecology*, Vol. 21, pp. 49-58.
- 15) Deharveng, L. (2004), "Recent advances in Collembola systematics", *Pedobiologia*, Vol. 48, pp. 415-433.
- 16) Detsis, V. (2000), "Vertical distribution of Collembola in deciduous forests under Mediterranean climatic conditions", *Belg. J. Zool.*, Vol. 130(1), pp. 55-59.
- 17) Detsis, V. (2009), "Relationships of some environmental variables to the aggregation patterns of soil microarthropod populations in forests", *European journal of soil biology*, Vol. 45, pp. 409-416.
- 18) Detsis, V., Diamantopoulos, J. and C. Kosmas (2000), "Collembolan assemblages in Lesvos, Greece. Effects of differences in vegetation and precipitation", *Acta Oecologica*, Vol. 21(2), pp. 149-159.
- 19) Eaton, R.J., Barbercheck, M., Buford, M. and W. Smith (2004), "Effects of organic matter removal, soil compaction and vegetation control on Collembolan populations", *Pedobiologia*, Vol. 48, pp. 121-128.

- 20) Endlweber, K., Shadler, M. and S. Sheu (2006), "Effects of foliar and soil insecticide applications on the collembolan community of an early set-aside arable field", *Applied soil ecology*, Vol. 31, pp.136-146.
- 21) Fountain, M.T., Brown, V.K., Cange, A.C., Symondson, W.O.C. and P.J. Murray (2007), "The effects of the insecticide chlorpyrifos on spider and Collembolan community", *Pedobiologia*, Vol. 51, pp. 147-158.
- 22) Frampton, G.K., Van den Brink, P.J. and P.J.L. Gould (2000), "Effects of spring precipitation on a temperate arable Collembolan community analysed using Principal Response Curves", *Applied soil ecology*, Vol. 14, pp. 231-248.
- 23) Giller, P.S. (1996), "The diversity of soil communities, the poor man's tropical rainforest", *Biodiversity and Conservation*, Vol. 5, pp. 135-168.
- 24) Gisin, H. (1960), "Collembolen Fauna Europas", *Museum d' Histoire Naturelle*, Geneve.
- 25) Jorgensen, H.B., Hedlund, K. and J.A. Axelsen (2008), "Life-history traits of soil Collembolans in relation to food quality", *Applied soil ecology*, Vol. 38, pp. 146-151.
- 26) Jucevica, E. and V. Melecis (2002), "Long-term dynamics of Collembola in a pine forest ecosystem", *Pedobiologia*, Vol. 46, pp. 365-372.
- 27) Jucevica, E. and V. Melecis (2006), "Global warming affect Collembolan community: A long-term study", *Pedobiologia*, Vol. 50, pp. 177-184.
- 28) Kardol, P., Reynolds, W.N., Norby, R.J. and A.T. Classen (2011), "Climate change effects on soil microarthropod abundance and community structure", *Applied soil ecology*, Vol. 47, pp. 37-44.
- 29) Kuznetsova, N.A. (2006), "Long-term dynamics of Collembola in two contrasting ecosystems", *Pedobiologia*, Vol. 50, pp. 157-164.
- 30) Larsen, T., Schjonning, P. and J. Axelsen (2004), "The impact of soil compaction on euedaphic Collembola", *Applied soil ecology*, Vol. 26, pp. 273-281.
- 31) Materna, J. (2004), "Does forest type and vegetation patchiness influence horizontal distribution of soil Collembola in two neighbouring forest sites?" *Pedobiologia*, Vol. 48, pp. 339-347.

- 32) Ngosong, C., Raupp, J., Richnow, H. and L. Ruess (2011), "Tracking Collembola feeding strategies by the natural ^{13}C signal of fatty acids in an arable soil with different fertilizer regimes", *Pedobiologia*, Vol. 54, pp. 225-233.
- 33) Petersen, H. (2000), "Collembolan populations in an organic crop rotation: Population dynamics and metabolism after conversion from clover-grass lay to spring barley", *Pedobiologia*, Vol. 44, pp. 502-515.
- 34) Renaud, A., Poinso- Balaguer, N., Cortet, J. and J. Le Petit (2004), "Influence of four soil maintenance practices on Collembolan communities in a Mediterranean vineyard", *Pedobiologia*, Vol. 48, pp. 623-630.
- 35) Ruess, L., Schutz, K., Haubert, D., Haggblom, M.M. and E. Kandeler (2005), "Application of lipid analysis to understand trophic interactions in soil", *Ecology*, Vol. 86(8), pp. 2075-2082.
- 36) Sabais, A., Sheu, S. and N. Eisenhauer (2011), "Plant species richness drives the density and diversity of Collembola in temperate grassland", *Acta Oecologica*, Vol. 37, pp. 195-202.
- 37) Sabatini, M.A. and G. Innocenti (2000), "Functional relationships between Collembola and plant pathogenic fungi of agricultural soils", *Pedobiologia*, Vol. 44, pp. 467-475.
- 38) Salamon, J.A., Wissuwa, J., Moder, K. and T. Frank (2011), "Effects of *Medicago Sativa*, *Taraxacum Officinale* and *Bromus Sterilis* on the density and diversity of Collembola in grassy arable fallows of different ages", *Pedobiologia*, Vol. 54, pp. 63-70.
- 39) Slawski, M. and M. Slawska (2000), "The forest edge as a border between forest and meadow. Vegetation and Collembolan communities", *Pedobiologia*, Vol. 44, pp. 442-450.
- 40) Sousa, J.P., Da Gama, M.M., Pinto, C., Keating, A., Calhoa, F., Lemos, M., Castro, C., Luz, T., Leitao, P. and S. Dias (2004), "Effects of land use on Collembola diversity patterns in a Mediterranean landscape", *Pedobiologia*, Vol. 48, pp. 609-622.
- 41) Stamou, G.P., Asikidis, M.P., Argyropoulou, M.P. and S.P. Sgardelis (1993), "Ecological time versus standard clock time: the asymmetry of phenologies and the life history strategies of some soil arthropods from Mediterranean ecosystems", *Oikos*, Vol. 66(1), pp. 27-35.
- 42) Ulrich, W. and C. Fiera (2009), "Environmental correlates of species richness of European springtails (Hexapoda: Collembola)" *Acta Oecologica*, Vol. 35, pp. 45-52.

43) Wolters, V. (1998), “Long-term dynamics of a Collembolan community”, *Applied soil ecology*, Vol. 9, pp. 221-227.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ

- 1) <http://www.animaldiversity.ummz.umich.edu/accounts/Collembola/classification>
- 2) <http://www.collembola.org>
- 3) <http://www.en.wikipedia.org/wiki/Springtail>
- 4) <http://www.faunaeur.org>
- 5) <http://www.penteli.meteo.gr/stations/spata>
- 6) <http://www.thefreedictionary.com/collembolan>

Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης σε όλες τις ηλεκτρονικές διευθύνσεις: 22/05/2013

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1: Συσχετίσεις κατά Spearman μεταξύ των διαφορετικών τύπων βλάστησης

		TB1	TB2	TB3	TB4	S
TB0	συντελεστής συσχέτισης	0,136	-0,546	-0,424	0,769	-0,085
	επίπεδο σημαντικότητας	0,727	0,128	0,256	0,015	0,829
TB1	συντελεστής συσχέτισης	1	0,536	-0,363	0,085	0,171
	επίπεδο σημαντικότητας		0,137	0,337	0,828	0,660
TB2	συντελεστής συσχέτισης		1	0,066	-0,437	0,094
	επίπεδο σημαντικότητας			0,867	0,240	0,809
TB3	συντελεστής συσχέτισης			1	-0,629	-0,698
	επίπεδο σημαντικότητας				0,069	0,037
TB4	συντελεστής συσχέτισης				1	0,030
	επίπεδο σημαντικότητας					0,939

Πίνακας 2: Έκταση και ποσοστό που καταλαμβάνει κάθε τύπος βλάστησης

ΤΥΠΟΙ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	ΕΜΒΑΔΟ	ΠΟΣΟΣΤΟ
TB 0	2,75 m ²	9,7%
TB 1	4,55 m ²	16,1%
TB 2	4,95 m ²	17,5%
TB 3	6,32 m ²	22,4%
TB 4	8,28 m ²	29,3%
S	1,41 m ²	5%
ΣΥΝΟΛΟ	28,26 m ²	100%

Πίνακας 3: Ανάλυση λιπαρών οξέων για *Seira ferrarii* και *Entomobrya handschini*.

ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ	<i>Entomobrya handschini</i> 1	<i>Entomobrya handschini</i> 2	<i>Seira ferrarii</i> 1	<i>Seira ferrarii</i> 2
ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ				
10:00	0,00	0,00	2,28	2,23
11:0	0,00	0,00	0,00	0,00
12:0	0,00	6,65	1,22	1,18
14:0	3,95	3,78	3,37	3,29
16:0	25,46	24,40	20,05	20,11
17:0	0,24	0,00	0,39	0,40
18:0	17,30	16,54	10,77	10,57
20:0	0,46	0,46	0,51	0,76
Σύνολο κορεσμένων	47,41	51,83	38,59	38,55
ΜΟΝΟΑΚΟΡΕΣΤΑ ΧΩΡΙΣ TRANS				
16:1 ω9	5,44	5,27	4,15	4,02
16:1 ω7	1,46	1,24	1,25	1,22
17:1	0,03	0,03	0,00	0,17
18:1ω9	22,82	21,83	20,73	20,33
18:1 ω7	0,03	0,02	2,01	1,83
20:1ω9	0,01	0,04	0,00	0,00
Σύνολο μονοακόρεστων	29,78	28,43	28,14	27,57
ΠΟΛΥΑΚΟΡΕΣΤΑ ΧΩΡΙΣ TRANS				
18:2ω6cc	5,90	5,66	9,06	8,89
18:3ω3	4,48	4,38	5,60	5,54
20:2ω6	0,00	0,00	0,00	0,00
20:3ω6	0,00	0,00	3,34	3,22
20:4ω6 +20:3ω3	5,90	5,58	4,85	7,09
20:5ω3	1,86	1,78	6,52	6,41
22:2ω6	0,03	0,01	0,00	0,00
22:5ω3	0,00	0,01	0,52	0,51
22:6ω3	0,00	0,00	0,07	0,06
Σύνολο πολυακόρεστων	18,17	17,42	29,97	31,73
Συνολικά ακόρεστα (χωρίς trans)	47,95	45,85	58,11	59,29
TRANS				
14:1 9 trans	0,90	0,00	1,78	1,73
18:1 trans	0,41	0,49	0,25	0,24
18:2 trans (9t, 12c)	0,82	1,46	0,54	0,56
Σύνολο trans	1,23	1,95	0,78	0,79
ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ/ΑΚΟΡΕΣΤΑ	0,99	1,13	0,66	0,65