

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή



**Επίδραση Ζιζανιοκτόνων στην Ανάπτυξη Γαιοσκωλήκων
και η Επίδρασή τους στο Περιβάλλον**

Τρισεύγενη Γκότση

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Δημήτριος Μπιλάλης**

Μάιος 2016

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**Επίδραση Ζιζανιοκτόνων στην Ανάπτυξη Γαιοσκωλήκων
και η Επίδρασή τους στο Περιβάλλον**

Τρισεύγενη Γκότση

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Δημήτριος Μπιλάλης**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών
Στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος
από τη Σχολή Θετικών Επιστημών
του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Μάιος 2016

Σκοπός της διατριβής είναι ο προσδιορισμός επιπτώσεων των ζιζανιοκτόνων στην ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων με στόχο την χρήση τους για την αξιολόγηση περαιτέρω περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Τα ερωτήματα που θα μας απασχολήσουν σχετίζονται με τον προσδιορισμό των πιθανών επιπτώσεων αλλά και το είδος των επιπτώσεων που προκαλούνται από τη χρήση των ζιζανιοκτόνων στην ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων, η συσχέτιση αυτή με τις επιπτώσεις σε περιβαλλοντικό επίπεδο, αλλά και οι επιπτώσεις που προκαλούνται στο περιβάλλον από την επιρροή των ζιζανιοκτόνων στην ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων. Η χρήση ζιζανιοκτόνων θεωρείται απαραίτητη από τους καλλιεργητές φυτών μεγάλης καλλιέργειας. Είναι σημαντικό όμως να γνωρίζουμε τις πολυπαραγοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από τη χρήση τους, στο περιβάλλον. Οι γαιοσκώληκες, αυτοί οι τόσο σημαντικοί οργανισμοί, είναι τόσο ευαίσθητοι στις αλλαγές του περιβάλλοντος που δραστηριοποιούνται, έτσι ώστε μπορούν να αποδειχθούν εργαλείο σημαντικό για τον προσδιορισμό των άμμεσων αλλά και έμμεσων επιπτώσεων στο περιβάλλον και τον άνθρωπο αλλά και την καλύτερη αντιμετώπιση των ζιζανίων ελαχιστοποιώντας τη ταυτόχρονη επίδρασή τους σε οργανισμούς μη στόχους του εδάφους. Έτσι η σπουδαιότητα αυτής της μελέτης δεν είναι μονοδιάστατη αλλά πολυδιάστατη. Τέλος γίνεται συζήτηση σχετικά με παρόμοιες εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί ανά τον κόσμο, και αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη συνδυάζοντας τις γνώσεις που αποκομίσθηκαν από τις υφιστάμενες μελέτες με τα αποτελέσματα και συμπεράσματα που προέκυψαν στην παρούσα μελέτη. Πιο συγκεκριμένα στην παρούσα εργασία, τα δύο ζιζανιοκτόνα έδειξαν πως επηρεάζουν το βάρος των γαιοσκωλήκων αλλά και τις πιθανότητες επιβίωσης τους ιδιαίτερα όταν η δόση εφαρμογής της δραστικής ουσίας διπλασιάζεται.

Summary

The goal of this dissertation is to determine the effects that herbicides have on earthworms regarding their growth so they can be used to access further environmental implications. The questions that will interest us is to determine the possible side effects as well as the exact effects that herbicides can have on the growth of earthworms and how this effects are linked to the environment. The use of herbicides is considered to be essential on large-scale crop cultivation. It is very important though to know the multifaceted implications that occur from their use in the environment. Earthworms are very important organisms and very sensitive to their environment that they live in, that makes them a very important mean of determine the direct and indirect effects on the environment and humans and gives us a better understanding as to how weeds can be treated in order to minimize the impact on non target organisms. The above makes this study multidimensional. Finally there is a discussion on similar studies that have taken place all over the world and their conclusions are mentioned in regards with this study. Specifically in this study the results showed that the two herbicides that were used affected the weight of the earthworms as well us their survival odds when the herbicide dose was doubled.

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και οι εργασίες της μελέτης έγιναν στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου, της σχολής Θετικών Επιστημών του τμήματος Διαχείρισης και Προστασίας Περιβάλλοντος.

Πρωτίστως θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που χωρίς την βοήθεια τους δεν θα ήταν εφικτή η ολοκλήρωση αυτής της μελέτης.

Ευχαριστώ ιδιαίτερος τον καθηγητή μου, Δρ. Δημήτριο Μπιλάλη, για την ανάθεση, την παροχή βιβλιογραφίας, την διόρθωση, την εξέταση και την σημαντική συμβολή του σε όλο το φάσμα της μεταπτυχιακής μου διατριβής καθώς και για όλα όσα με δίδαξε κατά την διάρκεια της φοίτησης μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών του τμήματος Διαχείρισης και Προστασίας Περιβάλλοντος της σχολής Θετικών Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου. Περισσότερο όμως τον ευχαριστώ, για την αγάπη, τη ζεστασιά, την ενθάρρυνση και την υπομονή που μου έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, μεταλαμπαδεύοντας μου όλες του τις γνώσεις, προσπαθώντας συνεχώς να καλλιεργήσει την ικανότητα κριτικής σκέψης και την ανάπτυξη ερευνητικού πνεύματος σε εμένα και τους συμφοιτητές μου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Δρ. Ηλία Τραυλό, Λέκτορα του Εργαστηρίου Γεωργίας του Τμήματος Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, για τις συμβουλές, τις γνώσεις και τη βοήθεια που μου παρείχε κατά τη διάρκεια διενέργειας των πειραμάτων όπως επίσης και το συνάδελφο μου, Ιωάννη Ρούσση, στο εργαστήριο Γεωργίας για τη στήριξη του σε όλο το χρονικό διάστημα συνεργασίας μας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς, όλους τους συμφοιτητές μου, οι οποίοι συμμετείχαν στην ομάδα εργασίας που δημιουργήσαμε, κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών, για την αγάπη, τη φιλία, τη συμπαράσταση και τη στήριξη, που τόσο απλόχερα μου χάρισαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος θερμώς τον σύζυγο μου, όπως επίσης και τους δύο μας γιους, για την κατανόηση που έδειξαν όσες φορές δεν τους διέθεσα το χρόνο που είχαν ανάγκη αλλά και για το χρόνο που έλειπα από κοντά τους, τους ευχαριστώ για τα χαμόγελα και την αγκαλιά που μου χάριζαν στα δύσκολα, για τη στήριξη που με περίσσια ωριμότητα για την ηλικία τους παρείχαν αλλά και για την στωικότητα την οποία υπέδειξαν ως τώρα. Ευχαριστώ από καρδιάς και την υπόλοιπη οικογένεια μου, για την αγάπη τους που μου δείχνουν αφειδώς.

Πᾶσά τε ἐπιστήμη χωριζομένη
δικαιοσύνης καὶ τῆς ἄλλης ἀρετῆς,
πανουργία, οὐ σοφία φαίνεται.
(Πλάτων, *Μενέξενος*, 347a)

Περιεχόμενα

Περίληψη	iii
Ευχαριστίες	v
Κεφάλαιο 1	1
Εισαγωγή	1
1.1 Η Ολοκληρωμένη Αντιμετώπιση	3
1.2 Γνωρίζοντας τον γαιοσκώληκα	4
1.2.2 Αναπαραγωγή γαιοσκωλήκων	6
1.2.3 Πεπτικό σύστημα γαιοσκωλήκων	9
1.2.4 Κυκλοφορικό σύστημα.....	9
1.3 Εμφάνιση και εξάπλωση γαιοσκωλήκων	9
1.4 Επίδραση γαιοσκωλήκων στην εδαφική γονιμότητα.....	10
1.5 Χρήση των γαιοσκωλήκων στις ανθρώπινες δραστηριότητες.....	10
1.6 Συμπεριφορά γαιοσκωλήκων.....	11
1.7 Επίδραση περιβάλλοντος στους γαιοσκώληκες	11
1.7.1 Απειλή στην επιβίωση των γαιοσκωλήκων	11
1.8 Οι γαιοσκώληκες ως περιβαλλοντικοί δείκτες	12
1.9 Επιλογή γαιοσκώληκα ως περιβαλλοντικού δείκτη στον Ελλαδικό χώρο.....	13
1.9.1 <i>Octodrilus complanatus</i>	13
1.10 Ζιζάνια	14
1.10.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά ζιζανίων και βοτανική ταξινόμηση τους.....	16
1.10.2 Κατάταξη ζιζανίων.....	17
1.10.3 Επικινδυνότητα ζιζανίων.....	18
1.10.4 Αντιμετώπιση Ζιζανίων	18
1.10.5 Ζιζανιοκτόνα.....	18
1.10.6 Επίδραση χημικής ρύπανσης από ζιζανιοκτόνα στο περιβάλλον	19
1.11 Σκοπός και Στόχος της διατριβής.....	20
Κεφάλαιο 2	21
Υλικά και Μέθοδοι	21
2.1 Σχεδιασμός πειράματος	21
2.1.1 Πρώτο επίπεδο πειράματος.....	22
2.1.2 Δεύτερο επίπεδο πειράματος.....	24
2.1.3 Τα ζιζανιοκτόνα που ελέγχθηκαν.....	24
2.1.4 Στατιστική ανάλυση δεδομένων	28
Κεφάλαιο 3	30
Αποτελέσματα.....	30
3.1 Αποτελέσματα Πρώτου Πειραματικού Επιπέδου (βάρος)	30
3.2 Αποτελέσματα Πρώτου Πειραματικού Επιπέδου (θνησιμότητα)	36
3.3 Αποτελέσματα Δεύτερου Πειραματικού Επιπέδου (βάρος).....	37
3.4 Αποτελέσματα Δεύτερου Πειραματικού Επιπέδου (θνησιμότητα).....	40
3.5 Συζήτηση- Συμπεράσματα	42
Βιβλιογραφία	47

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Τα σημερινά επίπεδα ανταγωνισμού επιβάλλουν την ανάγκη αξιοποίησης κάθε δυνατού συγκριτικού πλεονεκτήματος για τη διατήρηση και αύξηση της ανταγωνιστικότητας των εγχώριων παραγόμενων αγροτικών προϊόντων. Η εντατικοποίηση των καλλιεργειών έχει οδηγήσει στην αύξηση της χρήσης των χημικών φυτοφαρμάκων. Αυτό έχει ως συνέπεια προβλήματα ρύπανσης του περιβάλλοντος αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις και την παρουσία υπολειμμάτων στο τελικό προϊόν. Τόσο η διεθνής όσο και η Ευρωπαϊκή τάση σήμερα είναι να μειωθεί η χρήση φυτοφαρμάκων τόσο για την προστασία του περιβάλλοντος όσο και για την προστασία του καταναλωτή. Ιδιαίτερη βαρύτητα για τη χώρα μας έχει η σημασία που δίνει η Ευρωπαϊκή Ένωση για την επίτευξη του στόχου της μείωσης της χρήσης φυτοφαρμάκων. Η γεωργία και η κτηνοτροφία είναι οι πιο παλιές δραστηριότητες του ανθρώπου, που επηρεάζουν το περιβάλλον και επηρεάζονται από αυτό και σε χώρες όπως η Ελλάδα, διαμόρφωσαν το χώρο και τη ζωή μέσα σε αυτόν. Η διάταξη των χωραφιών και των καλλιεργειών γύρω από τα χωριά, οι αναβαθμίδες για να καλλιεργηθούν οι πλαγιές, οι φυτοφράκτες για να προστατευτούν τα χωράφια, τα βοσκοτόπια και οι στάνες, διαμόρφωσαν το χώρο γύρω από τα χωριά και αποτελούν την ύπαιθρο όπως την αντιλαμβανόμαστε. Η ύπαιθρος σε κάθε τόπο έχει διαφορετική μορφή ανάλογα με τις καλλιέργειες που ασκούνται στην κάθε περιοχή, τον τρόπο που είναι χωρισμένα τα χωράφια, τον τρόπο που είναι κλαδεμένα τα δέντρα, τα είδη και τις ποικιλίες που καλλιεργούνται, την κλίση του εδάφους, την ύπαρξη νερού ή όχι κλπ. Αυτές τις μορφές, που διαμορφώνονται από τη γεωργία και την κτηνοτροφία, τις ονομάζουμε αγροτικά τοπία για να τα ξεχωρίσουμε από άλλα τοπία μιας περιοχής, όπως τα δασικά. Η γεωργία εκτός από δικά της ξεχωριστά τοπία, διατηρεί και προσφέρει τροφή και καταφύγιο σε πολλά άγρια ζώα και φυτά. Η γεωργία και η κτηνοτροφία έχουν αλλάξει σημαντικά με την πάροδο του χρόνου, λύνοντας πολλά προβλήματα και δημιουργώντας, όμως, άλλα. Οι αλλαγές που έφερε η μαζική χρήση των λιπασμάτων, των γεωργικών μηχανημάτων, των νέων αρδευτικών συστημάτων καθώς και η εγκατάλειψη

παραδοσιακών τρόπων καλλιέργειας και εκτροφής των ζώων, έδωσαν νέα ώθηση στη γεωργία, η οποία αύξησε μεν το γεωργικό εισόδημα, αλλά παράλληλα δημιούργησε προβλήματα τόσο στην αγροτική εκμετάλλευση, όσο και στο ευρύτερο περιβάλλον της και επομένως στο κοινωνικό σύνολο. Ο ρόλος του αγρότη, ο οποίος αναγνωρίζεται σε όλο του το εύρος, δεν περιορίζεται μόνο στην παραγωγή αλλά επεκτείνεται και στην προστασία του περιβάλλοντος, της πολιτιστικής κληρονομιάς και του χώρου της υπαίθρου. Ο αγρότης θα πρέπει με τις δράσεις του να στοχεύει στην μείωση των προβλημάτων που δημιουργούν η γεωργία και η κτηνοτροφία, αλλά και στην διατήρηση των καλών υπηρεσιών της γεωργίας προς το κοινωνικό σύνολο. Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που έχει δημιουργήσει η γεωργική δραστηριότητα και την συνέχιση των θετικών λειτουργιών της, οι αγρότες θα πρέπει να εφαρμόζουν ορισμένες πρακτικές, οι οποίες ονομάστηκαν Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής. (Κ.Ο.Γ.Π.). Οι πρακτικές αυτές, σχεδόν όλες παλιές, που η έρευνα έδειξε, ότι ήταν αποτελεσματικές εμπλουτίστηκαν, όπου χρειάστηκε με νέες και αποσκοπούν:

- στην αειφορική διαχείριση των γεωργικών γαιών και των φυσικών πόρων
- στην προστασία και διαφύλαξη του αγροτικού τοπίου και των χαρακτηριστικών του
- στην προστασία της υγείας των αγροτών και των καταναλωτών.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων οι Κώδικες παρεμβαίνουν στις ακόλουθες γεωργικές δραστηριότητες:

1. Κατεργασία του εδάφους
2. Αμειψισπορά
3. Λίπανση
4. Διαχείριση υδάτινων πόρων
5. Φυτοπροστασία
6. Διαχείριση αυτοφυούς χλωρίδας
7. Συγκομιδή
8. Διαχείριση υπολειμμάτων καλλιέργειας
9. Διαχείριση απορριμμάτων.

Η πρακτική της αμειψισποράς αφορά μόνο τις ετήσιες καλλιέργειες, αροτραίες και κηπευτικά. Όλες οι άλλες δραστηριότητες αφορούν όλους τους τύπους των καλλιεργειών.

1.1 Η Ολοκληρωμένη Αντιμετώπιση

Η ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των εχθρών των καλλιεργειών (**Integrated Pest Management, IPM**), σύμφωνα με τους Smith & Reynolds (1966), είναι ένα σύστημα αντιμετώπισης εχθρών, στο πλαίσιο κάποιων συγκεκριμένων περιβαλλοντικών συνθηκών και της δυναμικής πληθυσμών του εχθρού, το οποίο χρησιμοποιεί όλες τις κατάλληλες μεθόδους και τεχνικές κατά τον πλέον εναρμονιζόμενο τρόπο και επιτυγχάνει τη διατήρηση του πληθυσμού του εχθρού κάτω από το επίπεδο που δύναται να προξενήσει οικονομική ζημία στην καλλιέργεια. (Λυκουρέσης, 1995). Είναι δηλαδή, μια οικολογικά βασισμένη στρατηγική αντιμετώπισης εχθρών των καλλιεργειών που στηρίζεται κυρίως σε φυσικούς παράγοντες θνησιμότητας όπως είναι οι φυσικοί εχθροί και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες και αναζητεί να εφαρμόζει τακτικές οι οποίες να μην διαταράσσουν ή να διαταράσσουν όσο γίνεται λιγότερο αυτούς τους παράγοντες. Σήμερα χρησιμοποιούνται διάφορα προϊόντα τα οποία, έχουν διαφορετικούς τρόπους δράσης: ωοκτόνα ή προνυμφοκτόνα, δια στομάχου, δι' επαφής και ασφυκτικά ή καπνογόνου δράσης. Επίσης διακρίνονται σε προϊόντα που παραμένουν στην επιφάνεια, ή εισέρχονται εντός του φυτού (διασυστηματικά), με μεγάλη ή μικρή διάρκεια δράσης. Ορισμένα από αυτά δεν είναι βλαβερά για την ωφέλιμη πανίδα. Για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των βλαβερών προς την καλλιέργεια οργανισμών και ταυτόχρονα την προστασία των ωφέλιμων οργανισμών, θα πρέπει να προσδιορίζεται με ακρίβεια η κατάλληλη στιγμή επεμβάσεων, ανάλογα με τον τρόπο δράσης του προϊόντος που έχει επιλεγεί. Ειδικότερα, για τα προϊόντα με εξειδικευμένο τρόπο δράσης, όπως είναι τα βιολογικά και εκλεκτικά μέσα, η επιτυχία της καταπολέμησης κατά κύριο λόγο εξαρτάται από τη στιγμή της εφαρμογής τους. Έτσι η προειδοποίηση ή η ακριβής πρόγνωση για επικείμενο κίνδυνο από τον εχθρό είναι πρωταρχικής σημασίας. (Μπρούμας, 1996β).

1.2 Γνωρίζοντας τον γαιοσκώληκα

Ο γαιοσκώληκας, ανακηρύχθηκε ιερός από τη βασίλισσα Κλεοπάτρα, χαρακτηρίστηκε ως έντερο της γης από τον Αριστοτέλη ενώ προσδιορίστηκε ο σημαντικός ρόλος που έχει παίζει στην ιστορία του κόσμου από τον Κάρολο Δαρβίνο: *“Μπορεί να αμφισβητηθεί η ύπαρξη οποιονδήποτε άλλων ζώων που έχουν παίζει τόσο σημαντικό ρόλο στην ιστορία του κόσμου, όσο αυτά τα πλάσματα, οι γαιοσκώληκες”* (Κ. Δαρβίνος, 1881, «Ο σχηματισμός της φυτικής φόρμας μέσω της δράσης των σκουληκιών»). Μπορεί να μην είναι ελκυστικά στην όψη, λόγω της υδαρής τους επιδερμίδας, όμως αν δοθεί λίγο περισσότερη προσοχή και τα γνωρίσουμε λίγο καλύτερα, αμέσως κερδίζουν τον θαυμασμό μας. Η τάξη στην οποία ανήκουν είναι Oligochaeta, το φύλο Annelida, του οποίου το όνομα προέρχεται από το λατινικό Anellus, δηλαδή, μικρά δαχτυλίδια (Τζώρτζη, 2010).

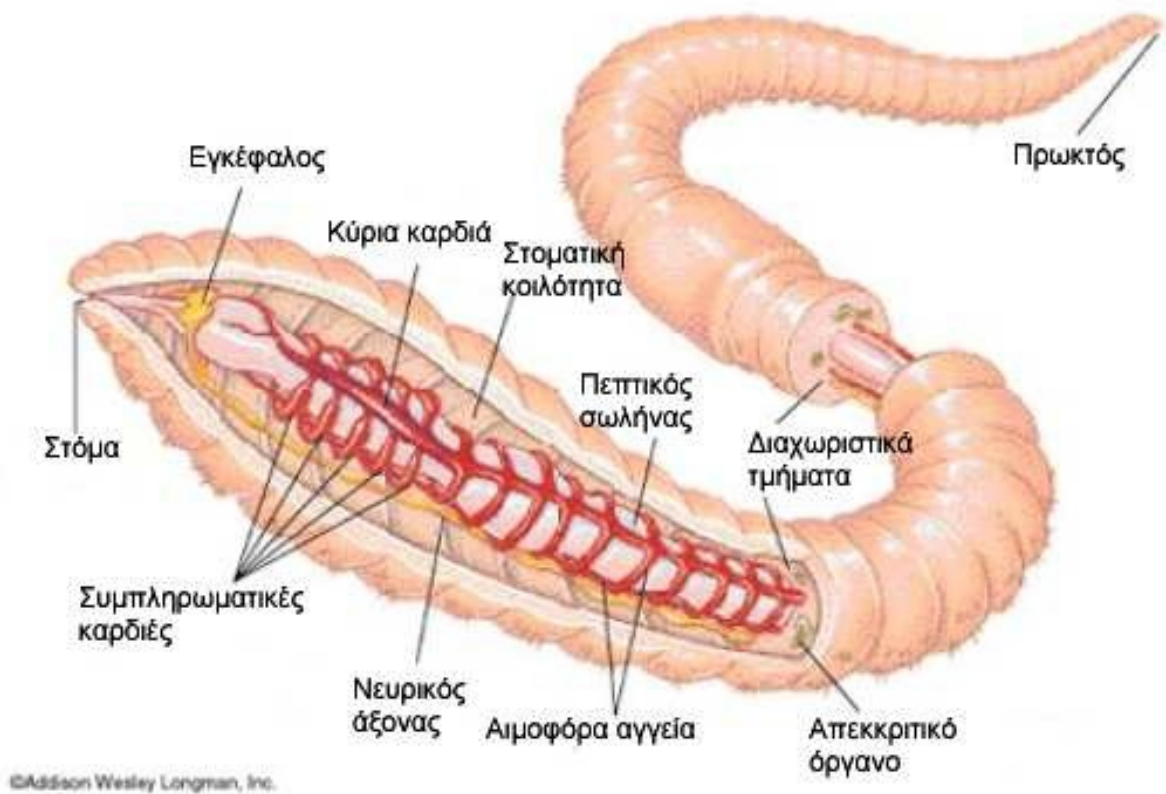


Εικονα1 Κοντινή λήψη στόματος γαιοσκώληκα.

Πηγή:<http://dkphoto.photoshelter.com/image/I0000qRKBZSkW5Bk>

1.2.1 Μορφολογικά και ανατομικά χαρακτηριστικά γαιοσκωλήκων

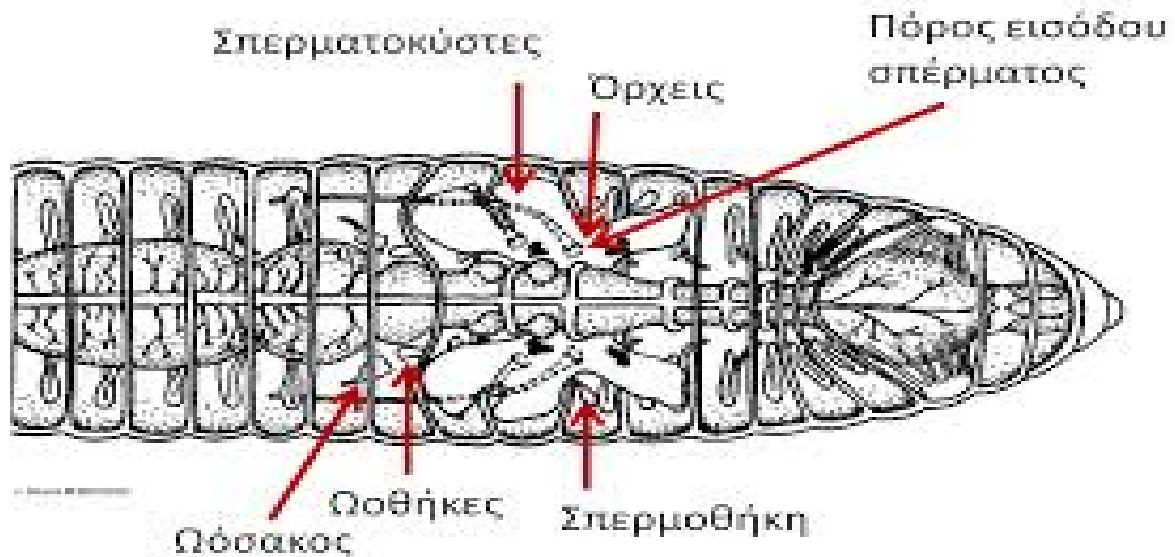
Το σώμα των γαιοσκωλήκων στερείται σκελετού και αποτελείται από πολλαπλούς δακτύλιους. Η κίνηση του κάθε δακτυλίου του σώματος των γαιοσκωλήκων οφείλεται στη βοήθεια που παρέχεται σε αυτόν από δύο μυϊκές ομάδες. Το σώμα του γαιοσκώληκα αποτελείται από δύο στρώματα μυών, ένα στρώμα με κυκλικούς μύες που βρίσκεται εξωτερικά και ένα στρώμα με επιμήκεις μύες που βρίσκεται εσωτερικά. Το σώμα του γαιοσκώληκα, είναι γεμάτο, από αισθητήρια όργανα, τα οποία του δίνουν την ικανότητα, να αισθάνεται το περιβάλλον που αλληλεπιδρά, να γεύεται και να αντιλαμβάνεται την ύπαρξη φωτεινών πηγών. Με τις σμήριγγες, οι οποίες είναι τριχοειδείς, ανάγλυφες κατασκευές, ο γαιοσκώληκας μπορεί και συγκρατείται από το χώμα του εδάφους. Οι σμήριγγες, βρίσκονται σε κάθε έναν από τους δακτύλιους του γαιοσκώληκα που αποτελούν το σώμα του. Οι σμήριγγες, είναι αυτές που βοηθούν το γαιοσκώληκα να κινηθεί εντός και εκτός της γης. Σε περίπτωση τραυματισμού ή αποκοπής του πίσω μέρους του σώματος ενός γαιοσκώληκα, μερικά είδη έχουν την ικανότητα επαναδημιουργίας των χαμένων δακτυλίων. Στους γαιοσκώληκες, υπάρχει έλλειψη ολοκληρωμένου εγκεφάλου, αλλά ύπαρξη εγκεφαλικών γαγγλίων, όπου όλα τα αισθητήρια όργανα καταλήγουν εκεί. Το γάγγλιο δίνει και τη δυνατότητα σταδιακά οι γαιοσκώληκες να είναι ικανοί να μαθαίνουν να προστατεύονται από κινδύνους. Το σώμα των γαιοσκωλήκων είναι υδαρό, αποτελούμενο από πολλούς πόρους. Από τους πόρους οι γαιοσκώληκες απορροφούν οξυγόνο και απελευθερώνουν διοξείδιο του άνθρακα, δηλαδή αναπνέουν. Για αυτή τη λειτουργία το σώμα τους πρέπει να είναι υγρό. Σε περίπτωση αφυδάτωσης, σταδιακά ο γαιοσκώληκας θανατώνεται. Στερούνται αναπνευστικού συστήματος, η αναπνευστική λειτουργία επιτυγχάνεται μέσα από την εφυμενίδα και του υγρού που περιβάλλει το σώμα τους. Η αιμογλοβίνη, είναι υπεύθυνη για την πρόσληψη του οξυγόνου από την ατμόσφαιρα, η οποία μέσα από τα τριχοειδή αιμοφόρα αγγεία προσλαμβάνει το οξυγόνο από την εφυμενίδα.



Εικόνα2. Πηγή: (www.hubpages.com/hub/EarthwormAfraidSalts/), (Τζώρτζη, 2010)

1.2.2 Αναπαραγωγή γαιοσκωλήκων

Οι γαιοσκώληκες είναι άτομα ερμαφρόδιτα, έχουν δηλαδή και τα θηλυκά αλλά και τα αρσενικά όργανα μέσα στο σώμα τους. Όμως διαδικαστικά τα όργανα λειτουργούν ξεχωριστά. Η αναπαραγωγή των γαιοσκωλήκων γίνεται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και η διαδικασία της σύζευξης διαρκεί από μισή ώρα έως και πέντε ώρες (Τζώρτζη, 2010). Καθώς δύο άτομα γαιοσκωλήκων ενώνουν τις κοιλιακές τους επιφάνειες, όντας όμως σε αντίθετες κατευθύνσεις. Τα αναπαραγωγικά τους όργανα αποτελούνται από το επίσαγμα όπως επίσης και από τα ειδικά φύματα (Edwards, 1988; Reynolds, 1977).



Εικόνα 3. Όργανα αναπαραγωγής του γαιοσκώληκα (πηγή: wikipedia.com)

Στην οικογένεια Lumbricidae, τα περισσότερα είδη είναι ολοανδρικά, δηλαδή τα υφιστάμενα ζεύγη όρχεων είναι διπλά στο σώμα τους. Το ζευγάρωμα πραγματοποιείται μέσω της επαφής των επισαγμάτων τους και με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η ανταλλαγή σπέρματος, το οποίο αποθηκεύουν στις σπερματοθήκες εκκρίνοντας ένα κουκούλι βλεννώδους υφής. Μετά τη διαδικασία ανταλλαγής σπέρματος, τα δύο άτομα αποκολλούνται. Σε κάποια είδη είναι δυνατή η επίτευξη αναπαραγωγής με απουσία σύζευξης. Μέσα σε ένα βομβύκιο αποθηκεύονται το κάθε ωάριο με το κάθε σπέρμα, εκεί επιτυγχάνεται η γονιμοποίηση τους ενώ τα έμβρυα τρέφονται μέσω του πρωτεϊνούχου υλικού που τα περιβάλλει.



Εικόνα 4. Ένωση επισαγμάτων, αναπαραγωγική διαδικασία. (πηγή: wikipedia.gr)



Εικόνα 5. Έξοδος γαιοσκώληκα από το βομβύκκιο.

Πηγή: <http://dkphoto.photoshelter.com/image/10000qRKBZSkW5Bk>

1.2.3 Πεπτικό σύστημα γαιοσκωλήκων

Το πεπτικό σύστημά τους, περιλαμβάνει τον πεπτικό σωλήνα ο οποίος διατρέχει το σώμα τους από την περιοχή της στοματικής κοιλότητας ως και το πρωκτό όντας επιμερισμένο, στον φάρυγγα, τον οισοφάγο, έπειτα στο στομάχι, τον πρόλοβο και τέλος το έντερο. Ο φάρυγγας, εξυπηρετεί τη λειτουργία αναρρόφησης και πρόσληψης σωματιδίων μέσα από τη στοματική τους κοιλότητα, ενώ το μεγαλύτερο μέρος της λειτουργίας της πέψης αλλά και της απορρόφησης θρεπτικών ουσιών από την τροφή, λαμβάνει μέρος στην περιοχή του εντέρου.

1.2.4 Κυκλοφορικό σύστημα

Το κυκλοφορικό σύστημα των γαιοσκωλήκων είναι κλειστό και υπάρχει αδυναμία διαχωρισμού αρτηριών και φλεβών. Η διανομή του αίματος στο σώμα τους πραγματοποιείται μέσω ενός συστήματος αγγείων. Το σύστημα αυτό αποτελείται από ένα κύριο ραχιαίο αιμοφόρο αγγείο (dorsal vessel), και δύο αιμοφόρα αγγεία κοιλιακά (ventral vessels) και τα οποία διατρέχουν όλο σχεδόν το μήκος του σώματός τους (Edwards & Bohlen, 1996).

1.3 Εμφάνιση και εξάπλωση γαιοσκωλήκων

Σήμερα, γνωρίζουμε την ύπαρξη περισσότερων από 8.000 ειδών γαιοσκωλήκων, οι οποίοι βρίσκονται παντού εκτός από τα πολύ ψυχρά και τα πολύ ξηρά μέρη του πλανήτη μας. (Τζώρτζη, 2010) Οι γαιοσκώληκες διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τα άτομα που έχουν ταχεία αναπαραγωγική και κινητική ικανότητα. Ζουν μέσω της υπό αποσύνθεση οργανικής ύλης που βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους και λειτουργούν ως αποδομητές αυτής. Αυτούς τους γαιοσκώληκες, στη σύγχρονη ζωή, τεχνικά τους συναντούμε σε μονάδες κομποστοποίησης. Γαιοσκώληκες που σκάβουν οριζόντιες σήραγγες στις ανώτερες στοιβάδες του εδάφους, βοηθώντας έτσι στον αερισμό του, αποτελούν τους πιο διαδεδομένους γαιοσκώληκες και ανήκουν στον δεύτερο τύπο κατηγοριών γαιοσκωλήκων. Τέλος, η Τρίτη κατηγορία γαιοσκωλήκων, περιλαμβάνει άτομα τα οποία διατρύπουν κάθετα το έδαφος, δημιουργώντας σήραγγες όπου περνούν το μεγαλύτερο και πολλές φορές ολόκληρο μέρος της ζωής τους μέσα σε αυτές. Οι συγκεκριμένοι γαιοσκώληκες κατέχουν πολύ ισχυρούς μυϊκούς δεσμούς στους δακτυλίους που βρίσκονται γύρω από το “κεφάλι” τους.

1.4 Επίδραση γαιοσκωλήκων στην εδαφική γονιμότητα

Με ποιό τρόπο βοηθούν οι γαιοσκώληκες στην ισορροπία και την ευημερία του οικοσυστήματος όπου ζουν;

Η παραγωγή αποβλήτων που προέρχεται από την αποδόμηση, κοπριάς και βλάστησης που βρίσκεται σε κατάσταση αποσύνθεσης, ουσιαστικά αποτελεί την μετατροπή θρεπτικών στοιχείων του εδάφους σε μορφή εύκολα απορροφούμενη από τα φυτά, ταυτόχρονα, πραγματοποιείται και αποδόμηση βλαβερών μικροβιακών φορτίων, που βρίσκονται στην υπό αποσύνθεση ύλη, μέσω του πεπτικού συστήματος των γαιοσκωλήκων. Τέλος, κατά τη διάρκεια όλης αυτής της διαδικασίας, περιστρέφονται , προχωρούν, ανοίγουν στοές και ουσιαστικά από μια πιο μικροσκοπική μάτια, οργώνουν το έδαφος με αποτέλεσμα τον καλύτερο αερισμό του, καλύτερη απορρόφηση του νερού και βελτιστοποίηση της γονιμότητας των εδαφών.

1.5 Χρήση των γαιοσκωλήκων στις ανθρώπινες δραστηριότητες

Ανά τον κόσμο, είναι αρκετά διαδεδομένη η χρήση τους στη διαχείριση αποβλήτων, όχι μόνο σε οικιακό, αλλά και σε βιομηχανικό επίπεδο. Οι γαιοσκώληκες χρησιμοποιούνται και ως τροφή σε ορισμένες χώρες, λόγω της ιδιαίτερης θρεπτικής τους αξίας. Είναι πλούσιοι σε ωφέλημα αμινοξέα, πρωτεΐνες, ασβέστιο και φώσφορο, ενώ τα επίπεδα περιεκτικότητας τους σε λίπος είναι ιδιαίτερα χαμηλά. Εκτός από τον άνθρωπο όμως διαμορφώνουν και τη βάση της τροφικής αλυσίδας και άλλων ζώων, όπως πουλιών, θηλαστικών, άλλων ασπόνδυλων αλλά και παρασιτικών οργανισμών που ζουν μέσα στους γαιοσκώληκες, όπως τα πρωτόζωα.

Τα ωφέλη που προκύπτουν από τη δραστηριότητα των γαιοσκωλήκων άρα, είναι βιολογικά, χημικά και φυσικά.

1.6 Συμπεριφορά γαιοσκωλήκων

Συχνά παρατηρείται, εμφάνιση γαιοσκωλήκων στη επιφάνεια του εδάφους, μετά το πέρας μιας έντονης βροχόπτωσης. Οι λόγοι που προκαλούν αυτή τους τη συμπεριφορά, είναι η πιθανή έλλειψη οξυγόνου στο διαποτισμένο από νερό χώμα και ο κίνδυνος εγκλωβισμού τους στις σήραγγες που έχουν δημιουργήσει. Όμως πολλοί γαιοσκώληκες, χρησιμοποιούν την αυξημένη υγρασία των ανώτερων στρωμάτων της επιφάνειας του εδάφους για να ταξιδέψουν γρηγορότερα. Αυτή τους η δραστηριότητα είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη μιας και εκτίθονται άμεσα στο ηλιακό φως, διακινδυνεύοντας να πεθάνουν λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας. Τέλος, μερικά είδη ανεβαίνουν για να ζευγαρώσουν.

1.7 Επίδραση περιβάλλοντος στους γαιοσκώληκες

Οι πληθυσμοί των γαιοσκωλήκων, έχουν άμεση εξάρτηση από τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους που ζουν. Στους παράγοντες που επηρεάζουν την επιβίωσή τους, ανήκουν η θερμοκρασία εδάφους, η υγρασία, η σύσταση του εδάφους, τα άλατα, το PH, αλλά και ο αερισμός, η διαθεσιμότητα τροφής και η αναπαραγωγική ικανότητα του είδους. Οι περισσότεροι γαιοσκώληκες ευνοούνται από ουδέτερο PH, ενώ σε όξινο PH, περνούν στο στάδιο της διάπαυσης.

1.7.1 Απειλή στην επιβίωση των γαιοσκωλήκων

Η λίπανση των εδαφών με χρήση χημικών λιπασμάτων όπως και η εφαρμογή χημικών σκευασμάτων φυτοπροστασίας μπορούν να αποβούν μοιραία για την επιβίωση των γαιοσκωλήκων. Όμως από μία πιο μακροσκοπική ματιά, γνωρίζοντας πως το σώμα τους μπορεί να συσσωρεύσει ρύπους βαρέων μετάλλων, όπως μολύβδου, καδμίου αλλά και διοξινών σε πολύ μεγαλύτερες ποσότητες από τη συσσώρευση τους στο έδαφος, διαπιστώνουμε τις θανατηφόρες δόσεις που προσλαμβάνονται από τα είδη που τρέφονται με γαιοσκώληκες. Έτσι, οι επιπτώσεις που προκαλούνται από αυτές τις πρακτικές είναι πολυδιάστατες και σίγουρα δεν σταματούν στον μικρόκοσμο των γαιοσκωλήκων.



Εικόνα6. Ζώα που τρέφονται με γαιοσκώληκες Πηγή:<http://dkphoto.photoshelter.com/>



Εικόνα7. Ζώα που τρέφονται με γαιοσκώληκες Πηγή:<http://dkphoto.photoshelter.com/>

1.8 Οι γαιοσκώληκες ως περιβαλλοντικοί δείκτες

Επειδή οι γαιοσκώληκες είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι και ευαίσθητοι στις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν όπως επίσης και στις μεταβολές που είναι πιθανό να προκύψουν στο περιβάλλον που ζουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ένα πολύ σημαντικό εργαλείο για τον προσδιορισμό και την αξιολόγηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων και μετασχηματισμών που απορρέουν από τις γεωργικές, αστικές ή βιομηχανικές δραστηριότητες που λαμβάνουν μέρος σε μία περιοχή. Μπορούν δηλαδή να χρησιμοποιηθούν ως περιβαλλοντικοί δείκτες μέσω των οποίων θα είναι δυνατή η μακροχρόνια σύγκριση των περιβαλλοντικών εδαφικών μεταβολών, η παρακολούθηση

της εδαφικής μόλυνσης, ρύπανσης και η αξιολόγηση των κινδύνων που προκαλούνται, έχοντας ως στόχο την εύρεση εναλλακτικών τρόπων διαχείρισης των δραστηριοτήτων (Τζώρτζη, 2010)

1.9 Επιλογή γαιοσκώληκα ως περιβαλλοντικού δείκτη στον Ελλαδικό χώρο

Οι γαιοσκώληκες, είναι ένας οργανισμός ευαίσθητος στις εναλλαγές του περιβάλλοντος όπου ζουν, βρίσκονται σε αφθονία στο έδαφος κάτι που διευκολύνει τη συλλογή δειγμάτων από αυτό. Η συμπεριφορά τους και η οικολογία τους μπορούν να παρέχουν εύκολο προσδιορισμό των πιθανών επιδράσεων που προκαλούνται, είναι επιδημητικοί, κατάλληλοι για τη μελέτη τους στο εργαστηριακό περιβάλλον, η προστασία τους θεωρείται απαραίτητη λόγω της ευεργετικής για το περιβάλλον δραστηριότητάς τους. Συγκεντρώνουν δηλαδή όλα τα κριτήρια επιλογής ενός οργανισμού ως δείκτη (Walker, et al., 1996). Ειδικότερα ο γαιοσκώληκας *Octodrilus complanatus* λόγω της αφθονίας του πληθυσμού του στον Ελλαδικό χώρο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βιοδείκτης (Τζώρτζη, 2010).

1.9.1 *Octodrilus complanatus*

Ο γαιοσκώληκας *Octodrilus complanatus* είναι μεσογειακό είδος της οικογένειας Lumbricidae, μεγάλωσωμο είδος που το μήκος του κυμαίνεται στα 8-18 cm, ενώ η διάμετρος του σώματος του κυμαίνεται στα 9-11mm. Η βέλτιστη θερμοκρασία επιβίωσης του ορίζεται στους 10-13οC, σε ΡΗ ουδέτερο έως αλκαλικό, σε περιβάλλον με πολύ υγρασία (Τζώρτζη, 2014). Ο *Octodrilus complanatus* εκτός από τον Ελλαδικό χώρο, απαντάται στη βόρεια Αφρική, ενώ παρουσιάζει και εξάπλωση μεγάλων πληθυσμών στα νοτιοδυτικά της Ισπανίας σε εκτάσεις καλλιέργειας αραβόσιτου.



Εικόνα 8 *Octodrilus complanatus*

(Πηγή:http://www.barcodinglife.com/pics/EWITA/IT_MGP_BoscoRomagno_8%2B1447015898.jpg)

1.10 Ζιζάνια

Ο όρος ζιζάνια χρησιμοποιείται για τον χαρακτηρισμό αυτοφυών φυτών, τα οποία αναπτύσσονται εκεί όπου και όποτε δεν είναι επιθυμητό (Anderson, 1996).

Κάποια φυτά έχουν την ικανότητα εξέλιξης σε ζιζάνια λόγω κάποιων χαρακτηριστικών που έχουν και τα καθιστούν ικανά να εξαπλώνονται ταχέως αλλά και να εδραιώνονται σε μια τοποθεσία αναπτύσσοντας ειδικούς μηχανισμούς που βοηθούν στην επιβίωσή τους αλλά και τη δύσκολη εξάλειψή τους. Η παραγωγή σπόρων και οργάνων αγενούς αναπαραγωγής, επιτυγχάνοντας την παραγωγή οργάνων πολλαπλασιασμού ακόμα και σε συνθήκες αντίξοες, η μη απαίτηση ειδικών συνθηκών περιβάλλοντος για τη διαδικασία φυτρώματος ή βλάστησης τους, ο υψηλός ρυθμός ανάπτυξης των νεαρών φυτών, ο μικρός βιολογικός τους κύκλος, η ταυτόχρονη αναπαραγωγή μέσω αυτογονιμοποίησης και σταυρογονιμοποίησης εξασφαλίζοντας τους γενετική παραλλακτικότητα, η μη απαίτηση ειδικών εποικονιαστών για την επίτευξη σταυροεποικονίασης, η εύκολη διασπορά τους τόσο σε κοντινές αποστάσεις όσο και σε μακρινές αποτελούν τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά τους στα οποία οφείλουν την

εύκολη και γρήγορη εγκατάστασή τους σε ένα τόπο. Τα ζιζάνια μπορούν και ανταγωνίζονται με μεγάλη αποτελεσματικότητα τα άλλα φυτά επειδή έχουν την ικανότητα αποτελεσματικότερης αξιοποίησης της γονιμότητας του εδάφους. Η παρουσία ζιζανίων μπορεί να δρα αρνητικά ή και θετικά στο οικοσύστημα που αναπτύσσονται ενώ οι επιδράσεις που προκαλούνται μπορεί να είναι έμμεσες ή άμεσες. Οι οικονομικές απώλειες που προκύπτουν σε μια καλλιέργεια λόγω του κόστους που καταβάλλεται από τον καλλιεργητή για την αντιμετώπιση των ζιζανίων, του κόστους προστασίας του περιβάλλοντος και ειδικότερα των οργανισμών που δεν αποτελούν στόχο, μέσω της υλοποίησης διάφορων μεθόδων μείωσης των επιδράσεων ρύπανσης που προκαλείται από τα μέσα αντιμετώπισης των ζιζανίων και τέλος την προκαλούμενη φυτοτοξικότητα των φυτών της καλλιέργειας αφορούν τις έμμεσες επιδράσεις ενώ οι άμεσες επιδράσεις αφορούν οικονομικές απώλειες λόγω της προκαλούμενης χαμηλής παραγωγής της καλλιέργειας λόγω του ανταγωνισμού των καλλιεργούμενων φυτών με τα ζιζάνια ως προς τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους, νερό, χώρο αλλά και φως, της ποιοτικής της υποβάθμισης αλλά και της ελαχιστοποίησης του δείκτη συγκομιδής. Πολλές φορές τα ζιζάνια παίζουν το ρόλο ξενιστή άλλων βλαβερών οργανισμών προς την καλλιέργεια, όπως ακάρεων, εντόμων, νηματωδών αλλά και μικροοργανισμών όπως μυκήτων και βακτηρίων. Όμως αρκετές είναι οι περιπτώσεις όπου η παρουσία ζιζανίων δρα ευεργετικά. Η προστασία καλλιεργειών σε επικλινή εδάφη από τη διάβρωσή τους, η αξιοποίηση της πλεονάζουσας υγρασίας του εδάφους, αλλά και η χρήση ζιζανίων ξενιστών ωφέλιμων εντόμων και μικροοργανισμών με σκοπό την αντιμετώπιση των βλαβερών εντόμων. Αρκετές φορές η αντιμετώπιση βλαβερών εντόμων των καλλιεργειών επιτυγχάνεται μέσω της παρουσίας ελκυστικότερων στα έντομα ζιζανίων από την καλλιέργεια. Πολλά φαρμακευτικά σκευάσματα αλλά και αιθέρια έλαια προέρχονται από αρκετά είδη ζιζανίων, ενώ κάποια από τα ζιζάνια αποτελούν τροφή για τον άνθρωπο (Καπετανάκης, 2004).



Εικόνα 9. Δικοτυλήδονο ζιζάνιο, *Portulaca oleracea*, κν.ον: Αντράκλα. (Πηγή:www.sidages.gr)

1.10.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά ζιζανίων και βοτανική ταξινόμησή τους

Είναι πολύ σημαντική η αναγνώριση των ζιζανίων, μέσω της οποίας γίνεται ευκολότερος ο τρόπος αντιμετώπισης τους. Σήμερα, έχουν αναπτυχθεί διάφορα μέσα τα οποία καθιστούν ευκολότερη την αναγνώρισή τους. Η αναγνώριση του είδους των μονοκοτυλήδονων ζιζανίων γίνεται μέσω της εξέτασης και ταυτοποίησης του στελέχους τους και πιο συγκεκριμένα του είδους της ταξιανθίας τους, το μήκος και το πλάτος του ελάσματος των φύλλων τους, του χρώματος και του ανοίγματος του κολεού, η ύπαρξη ή στέρση γλωσσιδίου όπως επίσης και των χαρακτηριστικών του, η ύπαρξη ωτιδίων, το σχήμα του βλαστού τους, το είδος οργάνων και η ύπαρξη αυτών μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η αγενής αναπαραγωγή. Ο προσδιορισμός και αναγνώριση των δικοτυλήδονων φυτών, πραγματοποιείται με απλούστερο τρόπο από των μονοκοτυλήδονων και είναι βασισμένος κυρίως στα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά, όπως το σχήμα και τα βασικά χαρακτηριστικά των κοτυληδόνων τους, το σχήμα και τα βασικά χαρακτηριστικά των φύλλων, το σχήμα και τα χαρακτηριστικά του βλαστού όπως επίσης και η έκφυσή του, το είδος της ταξιανθίας και το χρώμα των ανθων, αλλά και η ύπαρξη όπως επίσης και το είδος οργάνων αγενούς αναπαραγωγής(Καπετανακίς,2004).



Εικόνα 10. Μονοκοτυλήδοно ζιζάνιο, Ήρα η πολυανθής, *lolium multiflorum*
(Πηγή: www.agroshop.gr)

1.10.2 Κατάταξη ζιζανίων

Η κατάταξη των ζιζανίων πραγματοποιείται βάσει του βιολογικού τους κύκλου, δημιουργώντας τρεις ομάδες ζιζανίων. Τα μονοετή, τα οποία ολοκληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο μέσα σε χρονικό διάστημα ενός έτους και διακρίνονται σε ανοιξιάτικα και τα φθινοπωρινά αναλόγως της περιόδου φυτρώματος τους. Τα διετή, τα οποία ολοκληρώνουν τον βιολογικό τους κύκλο σε χρονικό διάστημα μεγαλύτερο του ενός έτους αλλά μικρότερου των δύο ετών και τέλος τα πολυετή τα οποία ζουν περισσότερα από δύο έτη και έχουν την ικανότητα παραγωγής οργάνων πολλαπλασιασμού περισσότερες φορές από τα μονοετή και τα διετή ζιζάνια. Βάσει του οικολογικού περιβάλλοντος ανάπτυξης τους τα ζιζάνια διακρίνονται σε ζιζάνια ακαλλιέργητων ή καλλιεργούμενων εκτάσεων, λιβαδιών ή και σε ζιζάνια που αναπτύσσονται σε υδροβιότοπους. Επίσης τα ζιζάνια κατατάσσονται σε κατηγορίες αναλόγως των αναγκών που έχουν σε φως. Έτσι τα ζιζάνια με μικρές ανάγκες έκθεσης σε φως ανήκουν στα ζιζάνια μικρής φωτοπεριόδου ενώ τα ζιζάνια με μεγάλες ανάγκες έκθεσης σε φως ανήκουν στην κατηγορία ζιζανίων μεγάλης φωτοπεριόδου. Τέλος

υπάρχουν και ζιζάνια που είναι ανεξάρτητα από το μέγεθος φωτοπεριόδου, όπως η αγριοτομάτα (Καπετανάκης, 2004).

1.10.3 Επικινδυνότητα ζιζανίων

Βάσει της επικινδυνότητας του κάθε ζιζανίου, διαχωρίζονται σε δηλητηριώδη, τοξικά και μη τοξικά. Τα δηλητηριώδη και τα τοξικά ζιζάνια σε περίπτωση βρώσης είναι ικανά να προκαλέσουν πεπτικές διαταραχές, παθήσεις του δέρματος και στις χειρότερες περιπτώσεις θάνατο. Επίσης, οι σπόροι των ζιζανίων που ανήκουν σε αυτές τις κατηγορίες επικινδυνότητας θα πρέπει να μην αναμειγνύονται με άλλα γεωργικά προϊόντα. (Καπετανάκης, 2004)

1.10.4 Αντιμετώπιση Ζιζανίων

Τα ζιζάνια στις γεωργικές καλλιέργειες μπορούν να αντιμετωπισθούν κάνοντας χρήση κάποιων μεθόδων αντιμετώπισης ζιζανίων ή και με επιλογή και συνδυασμό των μεθόδων αυτών. Η επιλογή της μεθόδου και του τρόπου εφαρμογής της εξαρτάται από τις υφιστάμενες συνθήκες και το είδος της καλλιέργειας. Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι αντιμετώπισης είναι, η απευθείας αφαίρεση του ζιζανίου από το έδαφος με το χέρι, η εφαρμογή αμειψισποράς, η χημική καταπολέμηση και η κοπή των ζιζανίων. (Καπετανάκης, 2004)

1.10.5 Ζιζανιοκτόνα

Η Χρήση ζιζανιοκτόνων είναι ευρέως διαδεδομένη, για την προστασία καλλιεργειών από ζιζάνια. Η εφαρμογή ζιζανιοκτόνων είναι εντατικότερη ιδιαίτερα σε φυτά μεγάλης καλλιέργειας, όπως το βαμβάκι. Λειτουργούν εκλεκτικά, κατά την εφαρμογή τους δηλαδή προκαλείται καταστροφή του ζιζανίου και όχι των καλλιεργούμενων φυτών, αλλά υπάρχουν και καθολικά ζιζανιοκτόνα των οποίων η χρήση γίνεται σε μη καλλιεργούμενες περιοχές ενώ ταυτόχρονα βάσει του τρόπου δράσης τους διαχωρίζονται σε ζιζανιοκτόνα διασυστηματικά, όπου το ζιζανιοκτόνο απορροφάται από τις ρίζες του ζιζανίου ή από το φύλλωμά του και έχουν κίνηση αποπλαστική ή συνπλαστική διαχεόμενα σε όλο το φυτικό σώμα, Όπως επίσης και ζιζανιοκτόνα επαφής που η εφαρμόζονται στα φύλλα του ζιζανίου νεκρώνοντας τα μέρη του ζιζανίου που έρχονται σε επαφή. Μπορούν να εφαρμοστούν προφυτευτικά ή και μεταφυτρωτικά (Καπετανάκης, 2004)

1.10.6 Επίδραση χημικής ρύπανσης από ζιζανιοκτόνα στο περιβάλλον

Αναλόγως των φυσικοχημικών ιδιοτήτων που κατέχει κάθε χημική ουσία μετά την απελευθέρωσή της στο περιβάλλον, πραγματοποιείται ταυτόχρονα αλλά σταδιακά και η διασπορά της σε αυτό. Οι ρύποι που προέρχονται από την απελευθέρωση χημικών ουσιών στο περιβάλλον είναι ικανοί να προκαλέσουν τοξικολογικά προβλήματα σε αυτό. Σε ένα οικοσύστημα, οι ζωντανοί οργανισμοί αντιδρούν διαφορετικά ο κάθε ένας στις επιδράσεις και επιπτώσεις της τοξικολογικής ρύπανσης. Τα ζιζανιοκτόνα παρουσιάζουν τοξικότητα επιλεκτικά ανάμεσα στα ζιζάνια και τα καλλιεργούμενα φυτά. Όταν βιοδιασπώνται, τότε βιοσυσσωρεύονται σε ορισμένους οργανισμούς με αποτέλεσμα να βιομεγενθύνονται κατά τη διαδικασία λειτουργίας της τροφικής αλυσίδας. Ο τρόπος έκθεσης ενός οργανισμού σε μια ουσία, ο χρόνος έκθεσης αλλά και η ποσότητα στην οποία εκτίθεται σε μια δραστική-χημική ουσία, όπως επίσης και η περιβαλλοντικοί παράγοντες που επικρατούν κατά τη διαδικασία έκθεσης του οργανισμού στην ουσία αυτή, ορίζει και τις επιπτώσεις που προκαλούνται μέσα από την έκθεση αυτή. Οι επιπτώσεις αυτές, είναι πιθανό να οδηγήσουν στη θανάτωση του οργανισμού, αρκετές φορές όμως προκαλούν υπο θανατηφόρες επιδράσεις, όπως για παράδειγμα, η μείωση του ρυθμού αναπαραγωγικής ικανότητας του οργανισμού ή του ρυθμού ανάπτυξης. Οι τριαζίνες με ποσοστό 27% επί του συνόλου χρήσης ζιζανιοκτόνων κατέχουν την πρώτη θέση στις κατηγορίες ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιούνται στη χώρα μας. Παρά του γεγονότος, πως ο μεγαλύτερος αριθμός ζιζανιοκτόνων χαρακτηρίζονται ως ήπια τοξικά με LC50 ανάμεσα στα 10-100mg/lit, παραμένουν ιδιαίτερα τοξικά για τα φυτά αλλά και άλλους οργανισμούς (Τζώρτζη, 2010).

Η τοξικολογική εκτίμηση, των επιπτώσεων απελευθέρωσης στο περιβάλλον χημικών ουσιών, πραγματοποιείται μέσω της έκθεσης σε αυτήν, φυτικών ή ζωικών οργανισμών (Αράπης Γ., 1998). Η δυναμική ρύπανσης που προκαλείται από μια χημική ουσία, προσδιορίζεται από τη δράση της στον πληθυσμό ενός οργανισμού. Οι παράμετροι που εξετάζονται οικοτοξικολογικά είναι ο τρόπος πρόσληψης της χημικής ουσίας από τον οργανισμό, (δηλαδή μέσω της επιδερμίδας, μέσω της αναπνευστικής λειτουργίας ή μέσω της πρόσληψης τροφής), ο τρόπος με τον οποίο εκδηλώνεται η προκαλούμενη τοξικότητα, όπως ο άμεσος θάνατος του οργανισμού οπότε και ο τοξικολογικός χαρακτηρισμός που δίνεται σε αυτή την περίπτωση είναι “οξύς”. Η θανάτωση όχι ολόκληρου αλλά μέρους του πληθυσμού, όπου ο χαρακτηρισμός αυτής της περίπτωσης

είναι υπό – οξύς και τέλος όταν οι συνέπειες δεν εκδηλώνονται άμεσα αλλά μεταγενέστερα δηλαδή μακροπρόθεσμα.

1.11 Σκοπός και Στόχος της διατριβής

Σκοπός της παρούσας διατριβής, είναι ο προσδιορισμός των επιπτώσεων που προκαλούνται από τα ζιζανιοκτόνα, στην ανάπτυξη και επιβίωση των γαιοσκωλήκων, με στόχο την αξιολόγηση περεταίρω περιβαλλοντικών επιπτώσεων, για τον καλύτερο σχεδιασμό αντιμετώπισης των ζιζανίων, την προστασία του περιβάλλοντος και την εύρεση βέλτιστων τρόπων διαχείρισης του, όσον αφορά τις ακαλλιέργητες εκτάσεις, τις καλλιεργημένες εκτάσεις αλλά και την αποφυγή επιβλαβούς δράσης απέναντι σε οργανισμούς μη στόχους.

Κεφάλαιο 2

Υλικά και Μέθοδοι

Ο σχεδιασμός, η εφαρμογή και η ολοκλήρωση του πειράματος πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

2.1 Σχεδιασμός πειράματος

Αρχικά πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση που αφορούσε μελέτες παρόμοιων πειραμάτων με χρήση γαιοσκωλήκων, έπειτα η ερευνά μας επικεντρώθηκε στην διαπίστωση ύπαρξης παρόμοιων πειραμάτων με τις συγκεκριμένες δραστικές ουσίες. Ανά τον κόσμο η χρήση γαιοσκωλήκων σε μελέτες επίδρασης χημικών ουσιών είναι αρκετά διαδεδομένη, χρησιμοποιείται όμως ιδιαίτερα το είδος *Eisenia fetida*, (Geoff K. Frampton et al., 2006).

Στην Ελλάδα ιδιαίτερα διαδεδομένο είδος αποτελεί το *Octodrilus complanatus*, το οποίο βρίσκεται σε αφθονία στα Ελληνικά εδάφη αλλά και στη λεκάνη της Μεσογείου, γεγονός που εξυπηρετεί ιδιαίτερα τόσο την Ελλάδα όσο και τις άλλες Μεσογειακές χώρες για την διαχείριση αντιμετώπισης επιβλαβών οργανισμών, προστασίας των καλλιεργημένων αλλά και των ακαλλιέργητων περιοχών, όπως επίσης και την προστασία οργανισμών που δεν αποτελούν στόχο καταπολέμησης με στόχο την αειφορική ανάπτυξη της κάθε περιοχής. Αρκετές μελέτες, σε παγκόσμιο επίπεδο αφορούν τον έλεγχο επίδρασης εντομοκτόνων στους γαιοσκώληκες, , όπως επίσης και την επίδραση που ασκούν προϊόντα λίπανσης του εδάφους και γενικότερα αντιμετώπισης επιβλαβών οργανισμών, που στόχο έχουν τον προσδιορισμό των επιπτώσεων που έχει η χρήση τους σε οργανισμούς μη στόχους του εδάφους.

2.1.1 Πρώτο επίπεδο πειράματος

Το Νοέμβριο του 2015, συλλέχθηκαν από το βιολογικό τμήμα αροτραίων καλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, 54 άτομα γαιοσκωλήκων τα οποία και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Γεωργίας του Πανεπιστημίου όπου και τοποθετήθηκαν σε ειδικά διαμορφωμένα πλαστικά δοχεία με ανοιχτή την άνω επιφάνεια τους. Οι γαιοσκώληκες παρέμειναν εκεί για τρεις ημέρες κι έπειτα χωρίστηκαν σε 18 δοχεία, όπου σε κάθε δοχείο τοποθετήθηκαν τρεις γαιοσκώληκες με 1lt χώματος το οποίο επίσης είχε συλλεχθεί από το τμήμα βιολογικής καλλιέργειας των αροτραίων καλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.



Εικόνα 11. Συλλογή γαιοσκωλήκων και προετοιμασία δοχείων για την έναρξη του πειράματος. (Πηγη: Προσωπικό αρχείο)

Τα δοχεία τοποθετήθηκαν εκ νέου σε ειδικά σκιερό διαμορφωμένο χώρο του εργαστηρίου Γεωργίας, με προστατευτικό ειδικό δικτυωτό κάλυμμα στην άνω επιφάνεια του κάθε δοχείου, το οποίο σε πρώτο επίπεδο απέτρεπε την διαφυγή των γαιοσκωλήκων από αυτό ενώ σε δεύτερο επίπεδο εξυπηρετούσε λόγω των πολλαπλών οπών στην επιφάνειά του τον καλό αερισμό του περιεχομένου των δοχείων.



Εικόνα 12. Τοποθέτηση γαιοσκωλήκων στα ειδικά δοχεία και κάλυψη της άνω επιφάνειας. (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Οι γαιοσκώληκες παρέμειναν στα δοχεία αυτά για δύο εβδομάδες με σκοπό την προσαρμογή τους στο νέο περιβάλλον. Μετά από τις δύο εβδομάδες αριθμήθηκαν τα δοχεία και αντιστοιχίστηκαν ανά 4 σε κάθε μια δραστική ουσία ζιζανιοκτόνου, ενώ για κάθε ζιζανιοκτόνο πραγματοποιήθηκαν 4 επαναλήψεις. Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκαν τρία ζιζανιοκτόνα διαφορετικής δραστικής ουσίας μεταξύ τους. Για την ύπαρξη μάρτυρα-ελέγχου του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 4 δοχεία με τρεις γαιοσκώληκες στο κάθε δοχείο, όπως ακριβώς ίσχυε δηλαδή και για τους γαιοσκώληκες στους οποίους θα εφαρμοζόταν το κάθε ζιζανιοκτόνο όμως σε αυτή την περίπτωση δεν έγινε εφαρμογή κάποιου σκευάσματος. Παρ' όλα αυτά οι συνθήκες και ο τρόπος διαχείρισης του μάρτυρα δεν διέφερε σε κανένα επίπεδο από τη διαχείριση των γαιοσκωλήκων στους οποίους εφαρμόστηκαν τα τρία ζιζανιοκτόνα. Στα μέσα Νοεμβρίου 2015, πραγματοποιήθηκε η δημιουργία του ψεκαστικού διαλύματος σε ειδικό ψεκαστήρα χαμηλής πίεσης, σε δοσολογία που όριζε ο κατασκευαστής του ζιζανιοκτόνου και αναφερόταν σε μέσης σύστασης εδάφη. Προ του ψεκασμού της επιφάνειας χώματος σε κάθε δοχείο πραγματοποιήθηκε μέτρηση αρχικού βάρους του

κάθε γαιοσκώληκα σε όλα τα δοχεία και έπειτα ακολούθησε η καλή διαβροχή του χώματος κάθε δοχείου με χρήση του ψεκαστικού δοχείου χαμηλής πίεσης με κάθε ένα από τα ζιζανιοκτόνα στην αντίστοιχη αριθμημένη ομάδα γαιοσκωλήκων. Κάθε εβδομάδα γινόταν μέτρηση βάρους του κάθε γαιοσκώληκα ξεχωριστά και η διαδικασία αυτή είχε διάρκεια 45 ημερών.

2.1.2 Δεύτερο επίπεδο πειράματος

ΤΟ πρώτο δεκαήμερο του Ιανουαρίου 2016, το πείραμα προχώρησε στο επόμενο στάδιο, όπου αφαιρέθηκε το ένα από τα τρία ζιζανιοκτόνα, οι επαναλήψεις μειώθηκαν στις τρεις από τις τέσσερις που ήταν αρχικά, όμως προστέθηκαν δύο νέες ομάδες τριών επαναλήψεων στην κάθε μία με τρεις γαιοσκώληκες σε κάθε επανάληψη όπου εφαρμόστηκε διπλάσια δόση δραστικής ουσίας στην κάθε ομάδα για το κάθε ένα από τα δύο ζιζανιοκτόνα, ενώ εξακολουθούσε και σε αυτή την περίπτωση να γίνεται χρήση ομάδας γαιοσκωλήκων με τρεις επαναλήψεις ως μάρτυρα-ελέγχου. Σε αυτό το πειραματικό επίπεδο, μετρήσεις βάρους πραγματοποιούνταν, τρεις φορές την εβδομάδα, (στους γαιοσκώληκες παρέχόταν τροφή σε θρυμματισμένη μορφή προερχόμενη απο φύλλα μουριάς, διανεμημένη σε ίσες ποσότητες ανά δοχείο. Η τροφή τοποθετούνταν στην επιφάνεια του χώματος κάθε δοχείου, μια φορά την εβδομάδα και στα δύο πειραματικά επίπεδα. Το δεύτερο στάδιο του πειράματος επίσης είχε διάρκεια 45 ημέρες. Μετά το πέρας του πειράματος οι επιζώντες γαιοσκώληκες της ομάδας ελέγχου αφέθηκαν ελεύθεροι στο τμήμα βιολογικής καλλιέργειας των αροτραίων καλλιεργειών του πανεπιστημίου, από όπου είχαν αρχικά συλλεχθεί.

1ο πειραματικό στάδιο δοσολογίες	2ο πειραματικό στάδιο δοσολογίες
Bayer- Sencor-metribuzin (2,5 gr/lit)	Dow Agrosiences-Bonalan 18 EC -benfluralin (25ml/lit)
Kerb Flo 400 SC (9,375 ml/lit)	Dow Agrosiences-Bonalan 18 EC -benfluralin (50ml/lit)
Dow Agrosiences-Bonalan 18 EC -benfluralin (25ml/lit)	Bayer- Sencor-metribuzin (2,5 gr/lit)
test	Bayer- Sencor-metribuzin (5 gr/lit)
	test

Πίνακας 1. Δοσολογίες δραστικής ουσίας ανά ψεκαστικό διάλυμα ανά ζιζανιοκτόνο

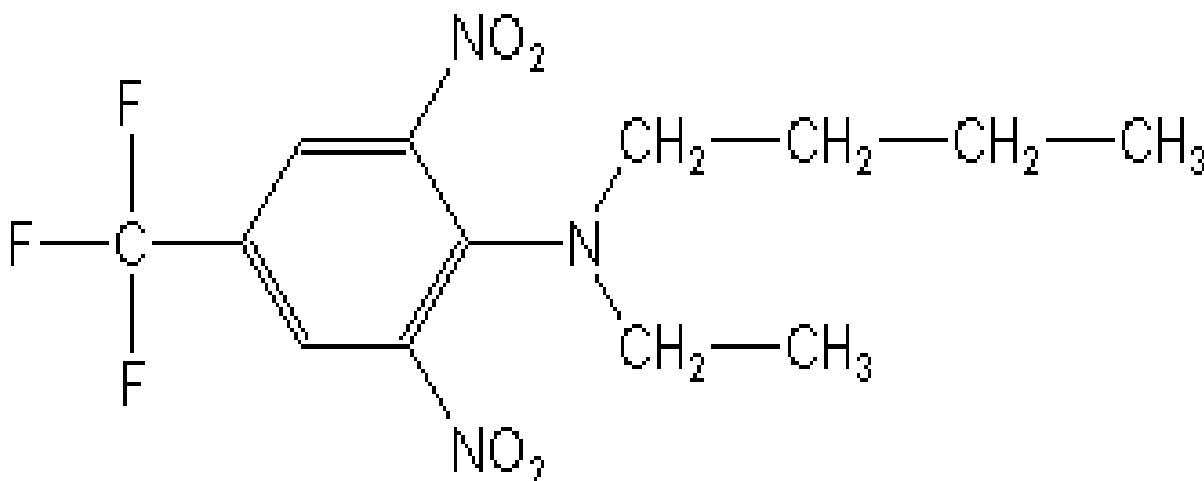
2.1.3 Τα ζιζανιοκτόνα που ελέγχθηκαν

Η επιλογή ζιζανιοκτόνων, πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και η επιλογή τους πραγματοποιήθηκε, βάσει του

είδους και της διάδοσης του κάθε ζιζανιοκτόνου για την καταπολέμηση των ζιζανίων αλλά και των υφιστάμενων εργασιών ελέγχου που έχουν πραγματοποιηθεί στα ζιζανιοκτόνα αυτά προς οργανισμούς μη στόχους του εδάφους και ειδικότερα του γαιοσκώληκα *Octodrilus complanatus*.

2.1.3.1 Δραστική ουσία benfluralin στο σκεύασμα Bonalan

Το πρώτο ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιήθηκε είχε δραστική ουσία benfluralin και εμπορική ονομασία Bonalan 18EC 18% της εταιρείας Dow Agrosiences (περιεκτικότητα δραστικής ουσίας 18% β/ο και βοηθητικές ουσίες 80,10% β/β) μορφής υγρού γαλακτοποιήσιμου. Το Bonalan, είναι προφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο για την καταπολέμηση ετήσιων αγροστοδών και πλατύφυλλων ζιζανίων όπως το Αιματόχορτο (*Digitaria sp.*), Βλίτο τραχύ (*Amaranthus retroflexus*), Λουβουδιά (*Chenopodium album*), Μουχρίτσα (*Echinochloa crusgalli*), Αντράκλα (*Portulaca oleracea*), Ήρα πολύανθη (*Iolium multiflorum*) κ.α. Ως ζιζανιοκτόνο ανήκει στην ομάδα, των δινιτροανιλίνων, ενώ η δράση του πραγματοποιείται μέσω της παρεμπόδισης της κυτταρικής διαίρεσης. Παρ' όλο που δεν θεωρείται ως φυτοτοξικό όταν η χρήση του γίνεται ορθά, σύμφωνα με τις συνιστώμενες δοσολογίες και οδηγίες χρήσης, χαρακτηρίζεται ως επικίνδυνο για το περιβάλλον. Είναι επιβλαβές όταν εισπνέεται και ερεθιστικό για το δέρμα. Είναι ύποπτο καρκινογένεσης, εύφλεκτο και επιβλαβές για τους πνεύμονες σε περίπτωση κατάποσης. Επίσης χαρακτηρίζεται ως τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς προκαλώντας μακροχρόνιες δυσμενείς επιπτώσεις.

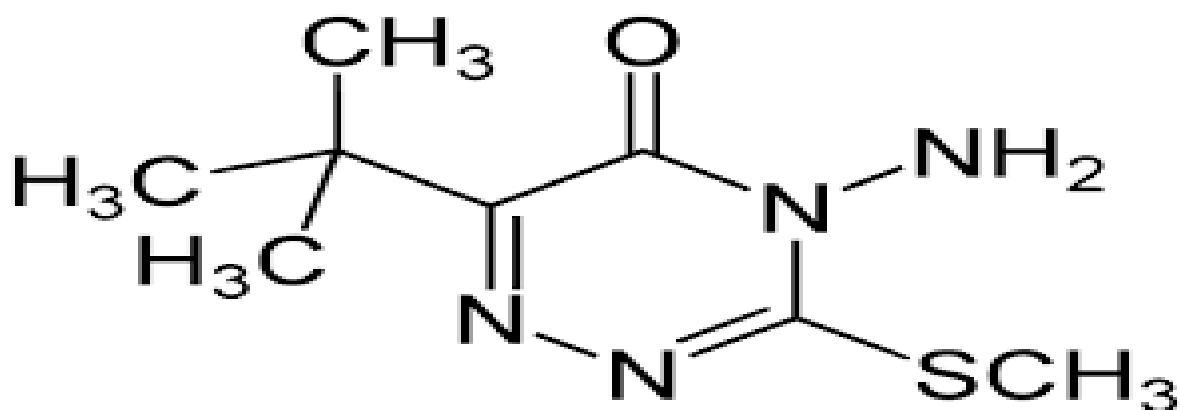


Εικόνα 13. Benfluralin

2.1.3.2 Δραστική ουσία metribuzin στο σκεύασμα Sencor

Το δεύτερο ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιήθηκε, είχε δραστική ουσία metribuzin 70% β/β, με βοηθητικές ουσίες 24,73% β/β, σε μορφή βρέξιμων κόκκων. Η εμπορική

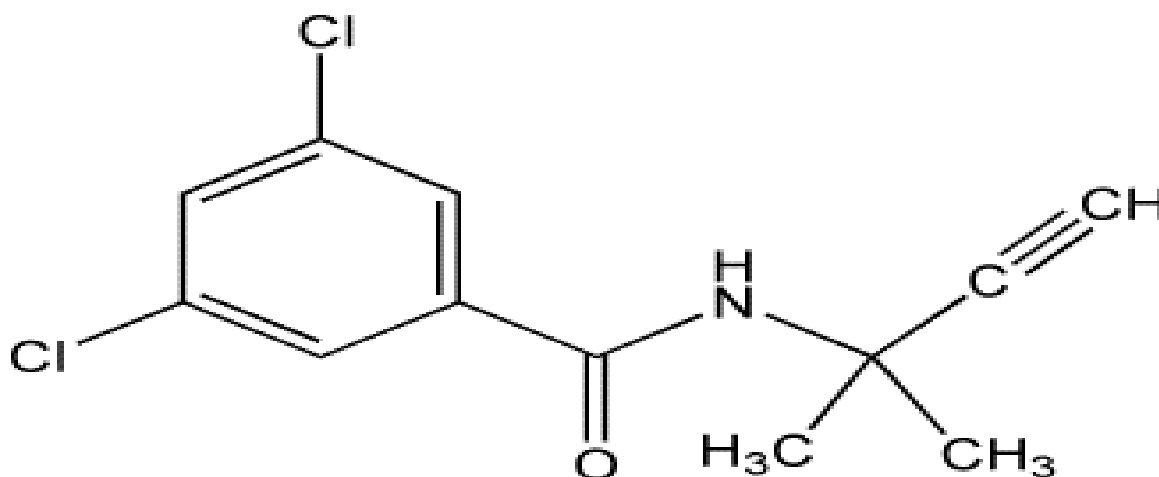
ονομασία του σκευάσματος ήταν Sencor και η εταιρεία παρασκευής του σκευάσματος η Bayer. Το Sencor είναι εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο για την αντιμετώπιση πλατύφυλλων και αγροστοδών ζιζανίων σε καλλιέργειες τομάτας, πατάτας, μηδικής, σόγιας και σπαραγγιού. Δρα σε προφυτρωτικό αλλά και σε μεταφυτρωτικό στάδιο, διασυστηματικά, ανήκει στην κατηγορία των τριαζινών ενώ σε βιοχημικό επίπεδο παρεμποδίζει τη λειτουργία του φωτοσυστήματος II της φωτοσύνθεσης. Ως προς το υδατικό περιβάλλον, χαρακτηρίζεται ως πολύ τοξικό με μακροχρόνιες επιπτώσεις, ενώ είναι ικανό να προκαλέσει βλάβες στα όργανα λόγω παρατεταμένης ή επαλειμμένης έκθεσης ή κατάποσης. Παρά το γεγονός πως η ουσία metribuzin δεν κατηγορείται για μεταλλαξιογόνα ή γενετοξική δράση ή για καρκινογένεση, μέσα από διατροφικές μελέτες σε θηλαστικά φάνηκε πως είναι ικανό να προκαλέσει τοξικότητα στους απογόνους δύο αρχικών ατόμων (γονέων) θηλαστικών (ποντικών) στους οποίους είχε προκληθεί τοξικότητα από τη δραστική ουσία. Ιδιαίτερα η τοξικότητα του metribuzin συνδέθηκε με τη μητρική τοξικότητα. Όμως, ενώ δεν είναι άμεσα βιοαποδομήσιμο, δεν έχει παρουσιάσει κάποιου είδους βιοσυσσώρευση.



Εικόνα 14. metribuzin

2.1.3.3 Δραστική ουσία propyzamide στο σκεύασμα KERB FLO

Τέλος το τρίτο ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες του πειράματος είχε δραστική ουσία propyzamide 40% β/ο (προπιζαμιντ) της ομάδας βενζαμιδίων, μορφής πυκνού εναιωρήματος (SC) , οι βοηθητικές ουσίες βρίσκονται σε ποσοστό 61,85% β/ο.



Εικόνα 15. propyzamide

Η εμπορική ονομασία του σκευάσματος είναι KERB FLO 400 SC, ενώ εταιρεία παραγωγής του σκευάσματος είναι η BASF. Δρα ως διασυστηματικό ζιζανιοκτόνο απορροφούμενο από το ριζικό σύστημα, μετακινούμενο αποπλαστικά. Η δράση του οφείλεται στην παρεμπόδιση του πολυμερισμού της τουμπουλίνης που ως αποτέλεσμα έχει την αναστολή της ανάπτυξης του ριζικού συστήματος. Θεωρείται ύποπτο καρκινογένεσης, είναι επιβλαβές και επικίνδυνο για το περιβάλλον, ενώ χαρακτηρίζεται ως πολύ τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς. Προορίζεται για την καταπολέμηση πλατύφυλλων και αγροστοδών ζιζανίων όπως, Κουσκούτα (*Cuscuta sp.*), Πολυκόμπι (*Polygonum aviculare*), Αγριοπιπεριά (*P. persicaria*), Βερόνικα (*Veronica spp.*), Κοινή πόα (*Poa annua*), Αλεπονουρά (*Alopecurus myosuroides*) κ.α.



Εικόνα 16. Τα τρία ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν για να ελεγχθούν οι επιπτώσεις τους προς τους γαιοσκώληκες (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

2.1.4 Στατιστική ανάλυση δεδομένων

Η στατιστική ανάλυση δεδομένων έγινε με τη βοήθεια των στατιστικών πακέτων Excel και SPSS. Παρ' όλο που το Excel, δεν αποτελεί καθαρά στατιστικό λογισμικό, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο και διαδεδομένο στο στάδιο καταγραφής δεδομένων, με πολύ σημαντικές δυνατότητες υπολογισμών, έχοντας όμως την ικανότητα να χρησιμοποιηθεί και στο στάδιο της στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων αλλά και της δημιουργίας των αντίστοιχων γραφικών παραστάσεων. Το στατιστικό πακέτο SPSS, ενσωματώνει στατιστικούς ελέγχους αλλά και γραφικές διαδικασίες για την αναζήτηση της κατανομής μιας μεταβλητής, αποτελεί ένα από τα πιο εξελιγμένα προγράμματα στατιστικής και έχει μεγάλη δυνατότητα προγραμματισμού διαδικασιών προσφέροντας ελευθερία στον χειρισμό συνόλων δεδομένων. Επιπλέον το SPSS προσπαθεί να καλύψει το σύνολο των πιο γνωστών στατιστικών τεχνικών. Ενώ είναι σε θέση να χειρισθεί αρχεία δεδομένων από λογισμικά όπως το Excel.

Η στατιστική διεργασία που ακολουθήθηκε είναι η one -sample t- test, η οποία είναι μια στατιστική διαδικασία μέσω της οποίας εξετάζεται η μέση διαφορά ανάμεσα στο δείγμα και στην γνωστή τιμή του μέσου πληθυσμού. Στο one -sample t- test, είναι γνωστός ο μέσος όρος του πληθυσμού, επιλέγεται το δείγμα από τον πληθυσμό κι έπειτα πραγματοποιείται σύγκριση ανάμεσα στη μέση τιμή του δείγματος και της μέσης τιμής του πληθυσμού. Το στατιστικό αποτέλεσμα που προκύπτει από την παραπάνω

διεργασία, προσδιορίζει τη διαφορά που μπορεί να υπάρχει ανάμεσα στη μέση τιμή του δείγματος και τη μέση τιμή του πληθυσμού.

2.1.4.1 Διαδικασία διενέργειας one – sample t-test

Αρχικά δημιουργείται η υπόθεση, η οποία θα ελεγχθεί. Η μηδενική υπόθεση, αναφέρεται στην περίπτωση όπου δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στην μέση τιμή του πληθυσμού και στη μέση τιμή του δείγματος.

Η εναλλακτική υπόθεση αναφέρεται στην περίπτωση όπου υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στη μέση τιμή του πληθυσμού και τη μέση τιμή του δείγματος.

Για τον έλεγχο της υπόθεσης οι στατιστικές επιλογές πραγματοποιούνται με σκοπό να αποφασισθεί, αν η μέση τιμή του πληθυσμού και η μέση τιμή του δείγματος είναι διαφορετικές, με αποτέλεσμα την αποδοχή ή την απόρριψη της αρχικής υπόθεσης.

Κεφάλαιο 3

Αποτελέσματα

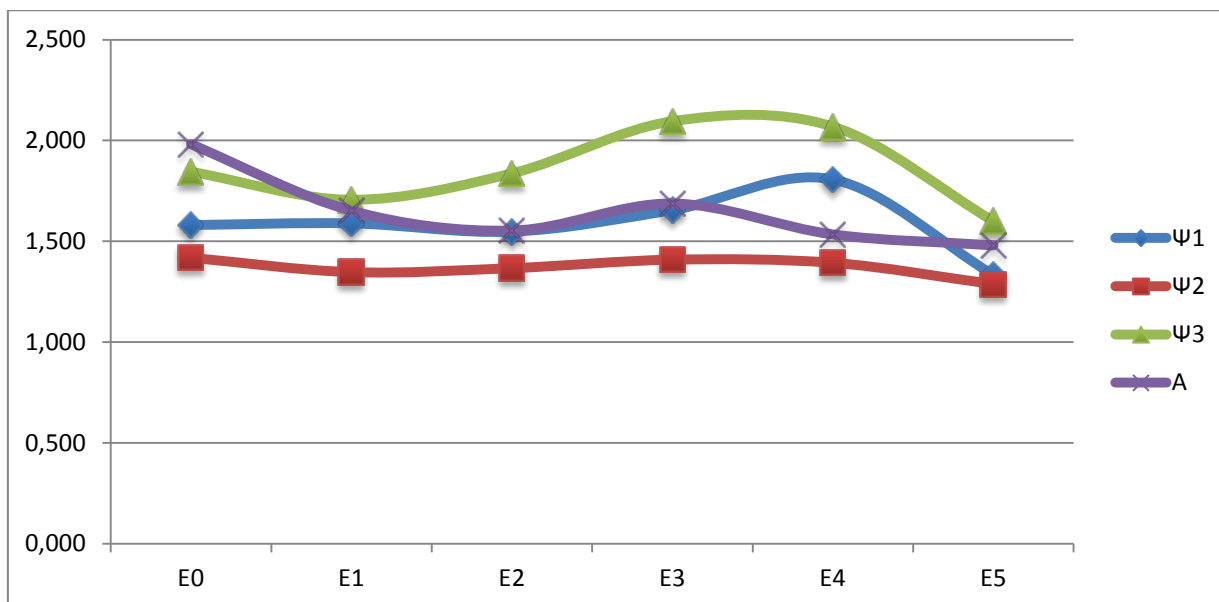
Τα αποτελέσματα μετά την στατιστική ανάλυση, όπως και τα γραφήματα τα οποία πηγάζουν από την ανάλυση δεδομένων και για τα δύο επίπεδα του πειράματος περιγράφονται αναλυτικά στους πίνακες και τα διαγράμματα που ακολουθούν.

3.1 Αποτελέσματα Πρώτου Πειραματικού Επιπέδου (βάρος)

Αρχικά, τα άτομα στα οποία είχε εφαρμοστεί ζιζανιοκτόνο, ονομάστηκαν Ψ, και αντίστοιχα πήραν τον αριθμό 1 για το πρώτο ζιζανιοκτόνο, τον αριθμό 2 για το δεύτερο ζιζανιοκτόνο και τον αριθμό 3 για το τρίτο ζιζανιοκτόνο. Τα άτομα στα οποία δεν πραγματοποιήθηκε εφαρμογή ζιζανιοκτόνου και τα όποια έπαιζαν το ρόλο ελέγχου του πειράματος, ονομάστηκαν Α, για τις ανάγκες της ανάλυσης δεδομένων.

	M.O ΒΑΡΩΝ ΑΝΑ ΕΒΔΟΜΑΔΑ ΑΝΑ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΟ					
	E0	E1	E2	E3	E4	E5
Ψ1	1,581	1,589	1,548	1,655	1,807	1,333
Ψ2	1,418	1,347	1,367	1,409	1,393	1,288
Ψ3	1,845	1,706	1,837	2,096	2,069	1,600
A	1,982	1,652	1,553	1,688	1,534	1,480

Πίνακας 2. Μέσος όρος βαρών ανα εβδομάδα όλων των κατηγοριών. E0 θεωρείται η πρώτη μέτρηση βάρους, πριν εφαρμοστούν τα ζιζανιοκτόνα

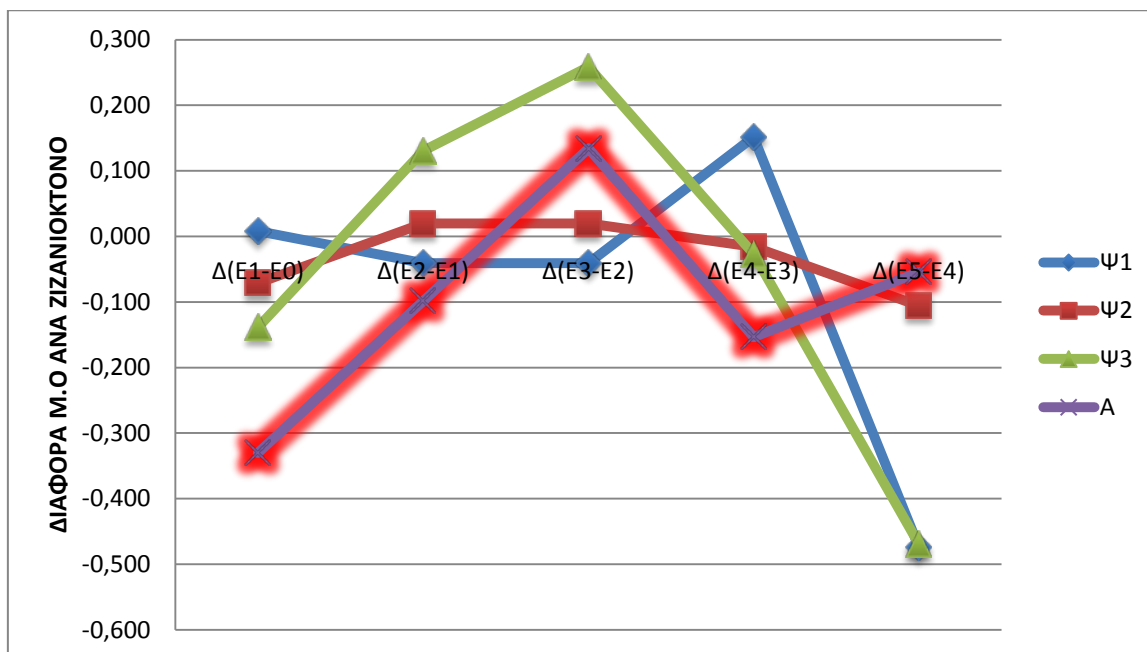


Διάγραμμα 1. Μέσος όρος βαρών ανα εβδομάδα όλων των κατηγοριών. E0 θεωρείται η πρώτη μέτρηση βάρους, πριν εφαρμοστούν τα ζιζανιοκτόνα

Στο διάγραμμα 1, οι γαιοσκώληκες ελέγχου, έχουν μικρές αυξομειώσεις βάρους, που τελικά δείχνουν τάση σταθεροποίησης την εβδομάδα E5. Σε αντίθεση με τους γαιοσκώληκες ελέγχου, οι γαιοσκώληκες στους οποίους πραγματοποιήθηκε εφαρμογή ζιζανιοκτόνου, Ψ1, Ψ2 και Ψ3, την εβδομάδα E5, καταλήγουν με μειωμένο βάρος σε σχέση με τις εβδομάδες E0,E1,E2,E3,E4, μικρότερο βάρος από το βάρος της ομάδας ελέγχου των γαιοσκωλήκων αλλά και με τάση πτώσης του βάρους τους.

	$\Delta(E1-E0)$	$\Delta(E2-E1)$	$\Delta(E3-E2)$	$\Delta(E4-E3)$	$\Delta(E5-E4)$	$\Delta(E5-E0)$
Ψ1	0,008	-0,041	-0,041	0,152	-0,473	-0,248
Ψ2	-0,071	0,020	0,020	-0,016	-0,106	-0,131
Ψ3	-0,139	0,131	0,259	-0,027	-0,469	-0,245
A	-0,330	-0,098	0,134	-0,153	-0,054	-0,502

Πίνακας 3. Διαφορές των μέσων όρων βαρών των γαιοσκωλήκων, ανα εβδομάδα και ανα ζιζανιοκτόνο

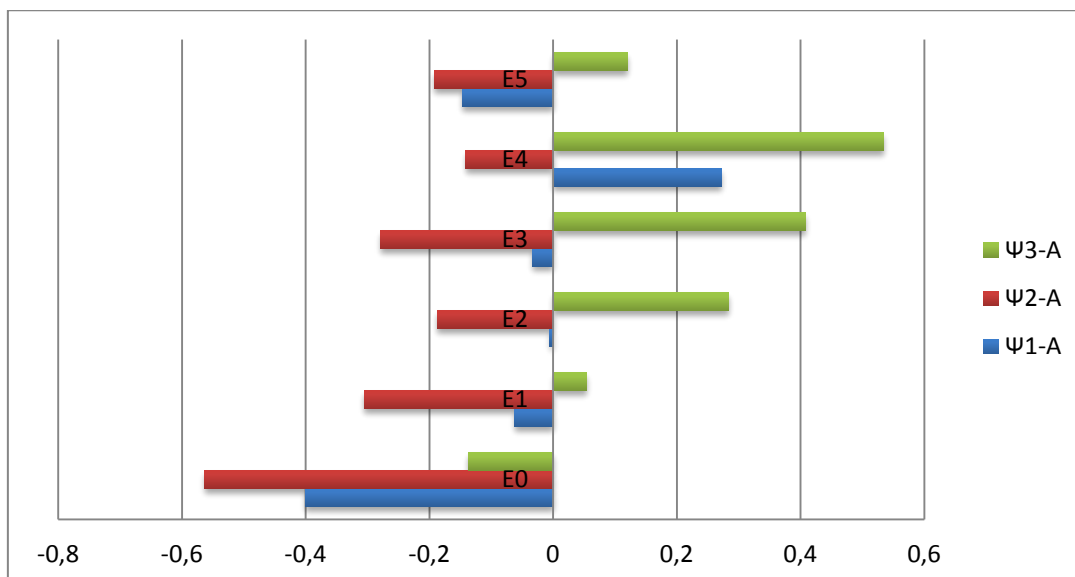


Διάγραμμα 2. Διαφορές των μέσων όρων βαρών των γαιοσκωλήκων, ανα εβδομάδα και ανα ζιζανιοκτόνο

Παρατηρείται, για το A, σταδιακή αύξηση βάρους (μειώνεται σταδιακά η διαφορά βάρους από την επόμενη στην προηγούμενη εβδομάδα) με μέγιστο βάρος της πειραματικής περιόδου να σημειώνεται στο διάστημα εβδομάδας E2 έως E3. Το Ψ1, σταδιακά μειώνει το βάρος του έως την εβδομάδα E2 έως E3, όπου ανακτά σταδιακά βάρος, καταλήγοντας τις εβδομάδες E3 έως E4 και E4 έως E5 σε συνεχόμενη πτώση. Από το γράφημα, φαίνεται πως το Ψ2, έχει τις μικρότερες διαφορές αυξομείωσης βάρους σε σχέση με το A, το Ψ1 και το Ψ3. Τέλος το Ψ3, αυξάνει το βάρος του, έως το διάστημα των εβδομάδων E2 μέχρι και E3 και καταλήγει, στο σημείο όπου καταλήγει και το Ψ1, στο ίδιο χρονικό διάστημα, δηλαδή την εβδομάδα E4 έως και E5, παρά του γεγονότος πως είχε μεγαλύτερο βάρος από το Ψ1 την εβδομάδα E2 έως E3, δηλαδή, αρχικά γρήγορα αυξάνει το βάρος του, όμως τελικά μετά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου, γρήγορα το μειώνει το βάρος του σε σύγκριση με το A, Ψ1 και Ψ2.

	E0	E1	E2	E3	E4	E5
Ψ1-A	-0,4008	-0,0626	-0,0053	-0,0325	0,2725	-0,1466
Ψ2-A	-0,5633	-0,3043	-0,1863	-0,2785	-0,1408	-0,1922
Ψ3-A	-0,1366	0,0546	0,2836	0,4080	0,5347	0,12

Πίνακας 4. Αυξομείωση του μέσου όρους βάρους των γαιοσκωλήκων που έχει εφαρμοστεί ζιζανιοκτόνο (Ψ1,Ψ2 και Ψ3) σε σχέση με τον μέσο όρο βάρους των γαιοσκωλήκων ελέγχου (A), ανα εβδομάδα



Διάγραμμα 3. Αυξομείωση του μέσου όρου βάρους των γαιοσκωλήκων που έχει εφαρμοστεί ζιζανιοκτόνο (Ψ1,Ψ2 και Ψ3) σε σχέση με τον μέσο όρο βάρους των γαιοσκωλήκων ελέγχου (A), ανα εβδομάδα. Όπου -0- θεωρείται το A.

Στο γράφημα 2, παρατηρείται για τη σχέση του Ψ1 με το A, αρχική αρνητική διαφορά στους μέσους όρους βαρών, (αρχική μέτρηση βάρους για το Ψ1, είναι μικρότερη του A), που τελικά, την εβδομάδα E2 το προσεγγίζει, η αρνητική διαφορά αυξάνεται την εβδομάδα E3, ενώ από την εβδομάδα E3 έως και την εβδομάδα E4 ανακτά, προσεγγίζει και τελικά ξεπερνά το βάρος του A. Στο διάστημα της εβδομάδας E4 έως και E5, σταματά να αυξάνει το βάρος του, αντιθέτως το μειώνει και καταλήγει στο τέλος της εβδομάδας E5 με αρνητικό βάρος σε σχέση με το A, μικρότερο και από το βάρος που είχε την εβδομάδα E1. Το Ψ2, αυξάνει το βάρος του σταδιακά, από την εβδομάδα E0 και μετά, όμως τελικά δεν καταφέρνει ούτε να προσεγγίσει αλλά ούτε και να ξεπεράσει το βάρος του A. Τέλος το Ψ3, προσεγγίζει και τελικά ξεπερνά (εμφανίζεται βαρύτερο) τον μέσο όρο βάρους του A, όμως την τελευταία εβδομάδα, μειώνεται απότομα χάνοντας το μεγαλύτερο μέρος βάρους από το βάρος που είχε αυξήσει.

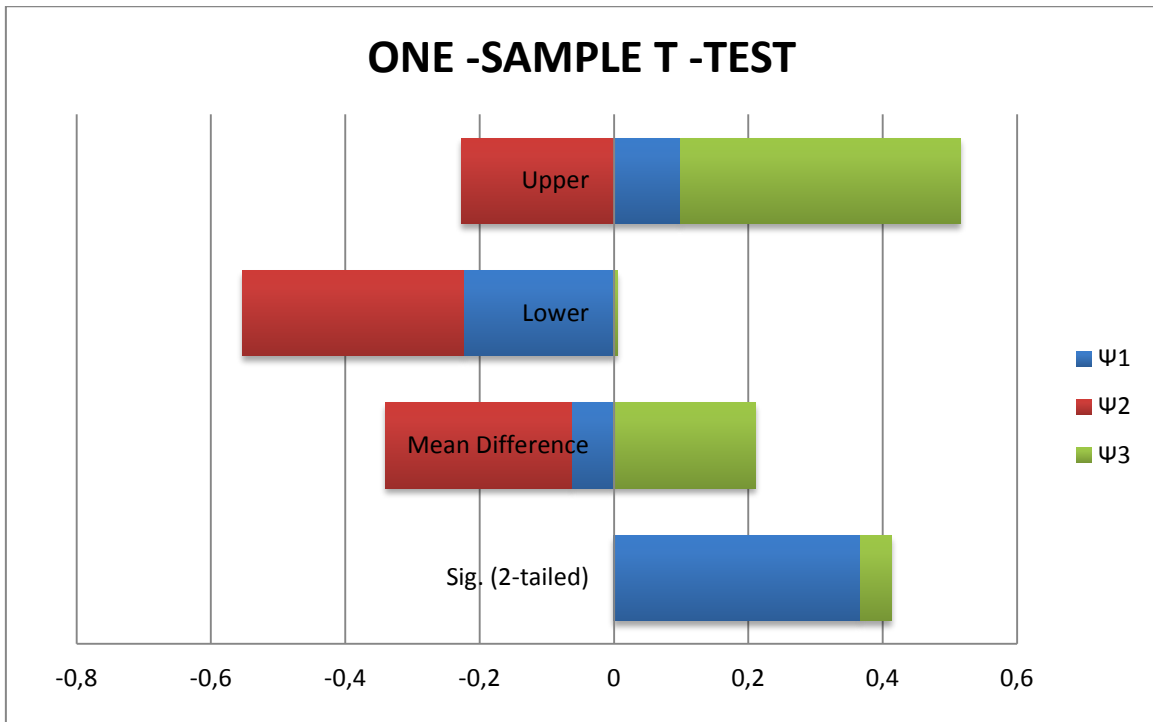
One-Sample Test						
	Test Value = 1.648					
					95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Ψ1	-0,992	5	0,367	-0,0625	-0,22446	0,09946
Ψ2	-14,111	5	0	-0,277667	-0,32825	0,22709
Ψ3	2,639	5	0,046	0,210833	0,00549	0,41618

Πίνακας 5. Πίνακας αποτελεσμάτων one sample t – test, μέσω χρήσης του στατιστικού πακέτου SPSS.

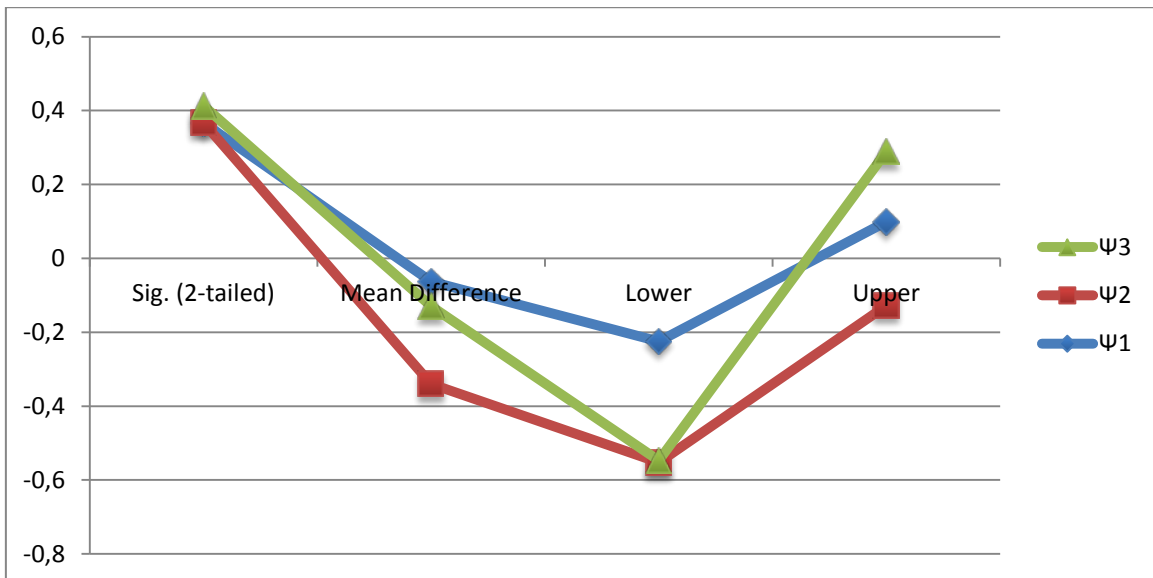
One – Sample T- Test

Χρησιμοποιώντας το one – sample t-test, ελέγχθηκε η υπόθεση, πως η μέση τιμή του μέσου όρου της κάθε μεταβλητής, Ψ1,Ψ2,Ψ3, δεν διαφέρει από το μέσο όρο του μέσου όρου των βαρών του δείγματος ελέγχου Α (1,648)

Το αποτέλεσμα από την εφαρμογή του t-test, αποδέχεται την υπόθεση για το Ψ1, ενώ για το Ψ2 και Ψ3 απορρίπτεται.



Διάγραμμα 4. Διάγραμμα αποτελεσμάτων one sample t-test



Διάγραμμα 5. Διάγραμμα αποτελεσμάτων one sample t-test

Αλυτικότερα, μέσω one sample t-test, διαπιστώνεται πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στον μέσο όρο του βάρους του Α με τους μέσους όρους των βαρών, των Ψ2 και Ψ3. Οι γαιοσκώληκες δηλαδή, στους οποίους έχει εφαρμοστεί το ζιζανιοκτόνο Ψ2 και Ψ3 είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά βάρους σε σχέση με τους γαιοσκώληκες του ελέγχου.

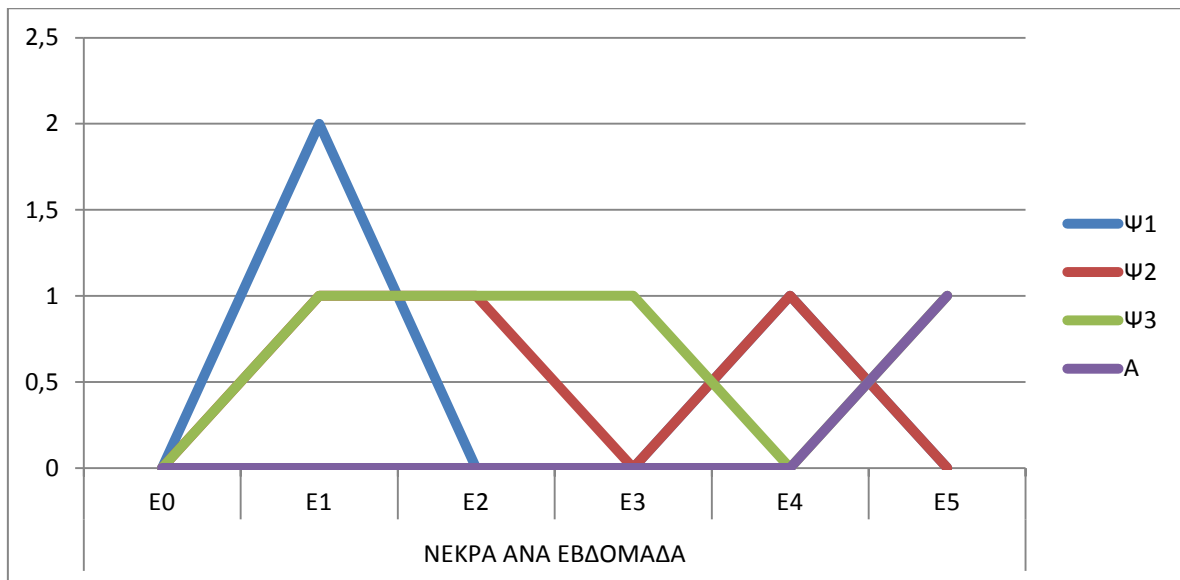
3.2 Αποτελέσματα Πρώτου Πειραματικού Επιπέδου (θνησιμότητα)



Εικόνα 17. Νεκρός γαιοσκώληκας, μετά την εφαρμογή δραστικής ουσίας metribuzin (Πηγη: Προσωπικό αρχείο)

	ΝΕΚΡΑ ΑΝΑ ΕΒΔΟΜΑΔΑ					
	E0	E1	E2	E3	E4	E5
Ψ1	0	2	0	0	1	0
Ψ2	0	1	1	0	1	0
Ψ3	0	1	1	1	0	1
A	0	0	0	0	0	1

Πίνακας 6. Αριθμητικός προσδιορισμός θνησιμότητας γαιοσκωλήκων ανα εβδομάδα, ανα κατηγορία γαιοσκωλήκων με εφαρμογή ζιζανιοκτόνου όπως επίσης και των γαιοσκωλήκων ελέγχου (όπου δεν εφαρμόστηκε ζιζανιοκτόνο).



Διάγραμμα 6. Θνησιμότητα γαιοσκωλήκων, ανα εβδομάδα, ανά κατηγορία γαιοσκωλήκων στους οποίους εφαρμόστηκε το κάθε ζιζανιοκτόνο, όπως επίσης και των γαιοσκωλήκων ελέγχου (στους οποίους δεν πραγματοποιήθηκε εφαρμογή ζιζανιοκτόνου).

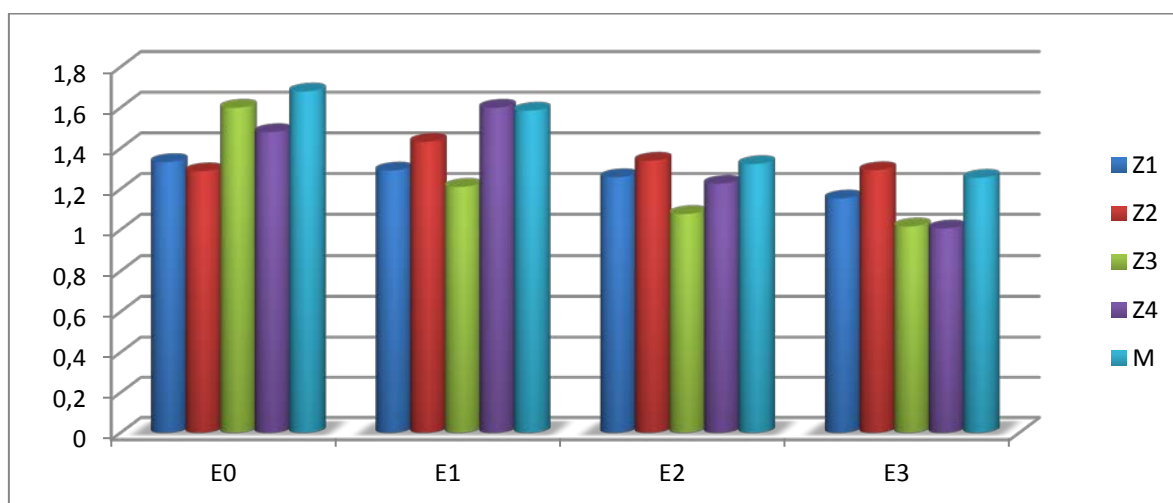
Το διάστημα της εβδομάδας E0 έως και E1, αμέσως δηλαδή μετά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου Ψ1, παρατηρείται θνησιμότητα στην κατηγορία γαιοσκωλήκων της κατηγορίας αυτής, σταθεροποιείται έως και την εβδομάδα E4 όπου πεθαίνει άλλο ένα άτομο. Το Ψ2, παρουσιάζει θνησιμότητα σχεδόν όλες τις εβδομάδες του πειράματος. Δεν παρουσιάζει θνησιμότητα τις εβδομάδες E3 και E5. Το Ψ3, παρουσιάζει σταθερό ρυθμό θνησιμότητας κατά τις εβδομάδες E1, E2, E3 και E5 ενώ οι γαιοσκώληκες ελέγχου δεν παρουσιάζουν θνησιμότητα σε καμιά εβδομάδα, εκτός από την εβδομάδα E5, όπου υπάρχει θνησιμότητα της τάξης του ενός ατόμου.

3.3 Αποτελέσματα Δεύτερου Πειραματικού Επιπέδου (βάρος)

Σε κάθε εβδομάδα αντιστοιχούν τρεις μετρήσεις βάρους, παράγονται έτσι 4 εβδομάδες μετρήσεων. Σε αυτό το επίπεδο του πειράματος, η κανονική δοσολογία εφαρμογής ζιζανιοκτόνων με δραστικές ουσίες, benfluralin και metribuzin είναι Z1 και Z3 αντίστοιχα, ενώ η εφαρμογή διπλασίας δοσολογίας για το κάθε ζιζανιοκτόνο συμβολίζεται με Z2 και Z4. Οι γαιοσκώληκες ελέγχου συμβολίζονται με M.

	M.O ΒΑΡΩΝ ΑΝΑ ΕΒΔΟΜΑΔΑ			
	E0	E1	E2	E3
Z1	1,3333	1,2916	1,2583	1,1541
Z2	1,2877	1,4326	1,34	1,2933
Z3	1,6	1,2111	1,0777	1,0166
Z4	1,48	1,6	1,2266	1,0066
M	1,68	1,5857	1,3230	1,2555

Πίνακας 7. Μέσος όρος βάρους ανά εβδομάδα, ανά ζιζανιοκτόνο και ανα δοσολογία ζιζανιοκτόνου



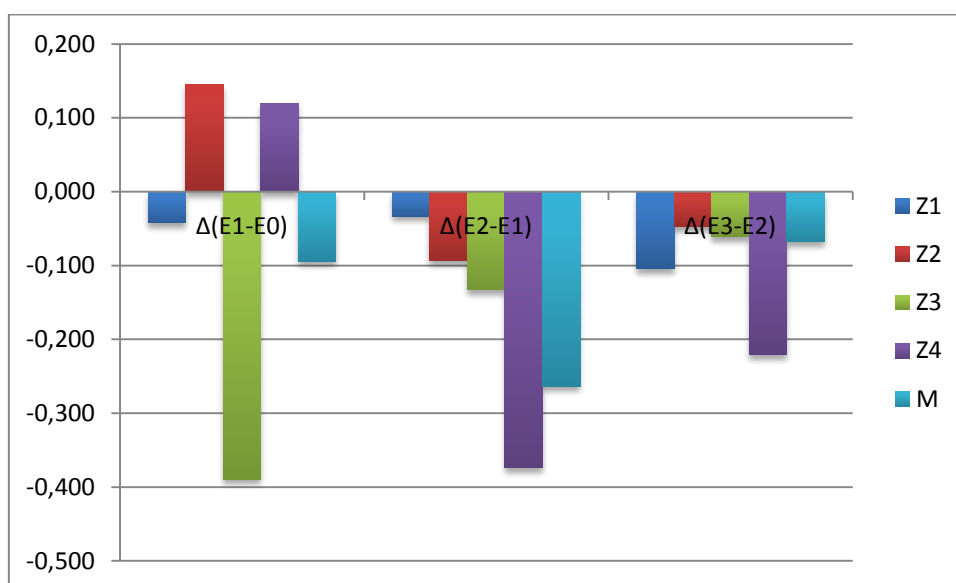
Διάγραμμα 7. Μέσος όρος βάρους ανά εβδομάδα, ανά ζιζανιοκτόνο και ανα δοσολογία ζιζανιοκτόνου

Από το διάγραμμα μέσων όρων ανά εβδομάδα, παρατηρείται, για τη δοσολογία ζιζανιοκτόνου Z1, όχι ιδιαίτερη αυξομείωση βάρους από την εβδομάδα E0 έως και την εβδομάδα E3, στην εφαρμογή διπλάσιας δοσολογίας του ίδιου ζιζανιοκτόνου (Z2), την εβδομάδα E0 (εβδομάδα δηλαδή πριν την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου, φαίνεται αύξηση του βάρους των γαιοσκωλήκων, μετά όμως από την εφαρμογή της διπλάσιας δόσης, παρατηρείται, μικρή αλλά συνεχόμενη μείωση του βάρους, από τις εβδομάδες δηλαδή E1 έως και E3. Οι γαιοσκώληκες του ζιζανιοκτόνου Z3, μετά την εβδομάδα E0 όπου πραγματοποιήθηκε εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου, μειώνουν το βάρος τους συνεχώς έως και την εβδομάδα E3, ενώ στη διπλάσια δοσολογία, Z4, ενώ οι γαιοσκώληκες την πρώτη εβδομάδα δείχνουν τάση αύξησης βάρους, τελικά την τελευταία εβδομάδα E3, καταλήγουν με μικρότερο βάρος από όλες τις άλλες εφαρμογές ζιζανιοκτόνων και δοσολογιών. Τέλος στους γαιοσκώληκες ελέγχου (M) παρατηρείται

μικρή αλλά σταθερή μείωση του βάρους τους, με τάση σταθεροποίησης το διάστημα της τελευταίας εβδομάδας.

	Z1	Z2	Z3	Z4	M
$\Delta(E1-E0)$	-0,042	0,145	-0,389	0,120	-0,094
$\Delta(E2-E1)$	-0,033	-0,093	-0,133	-0,373	-0,263
$\Delta(E3-E2)$	-0,104	-0,047	-0,061	-0,220	-0,067

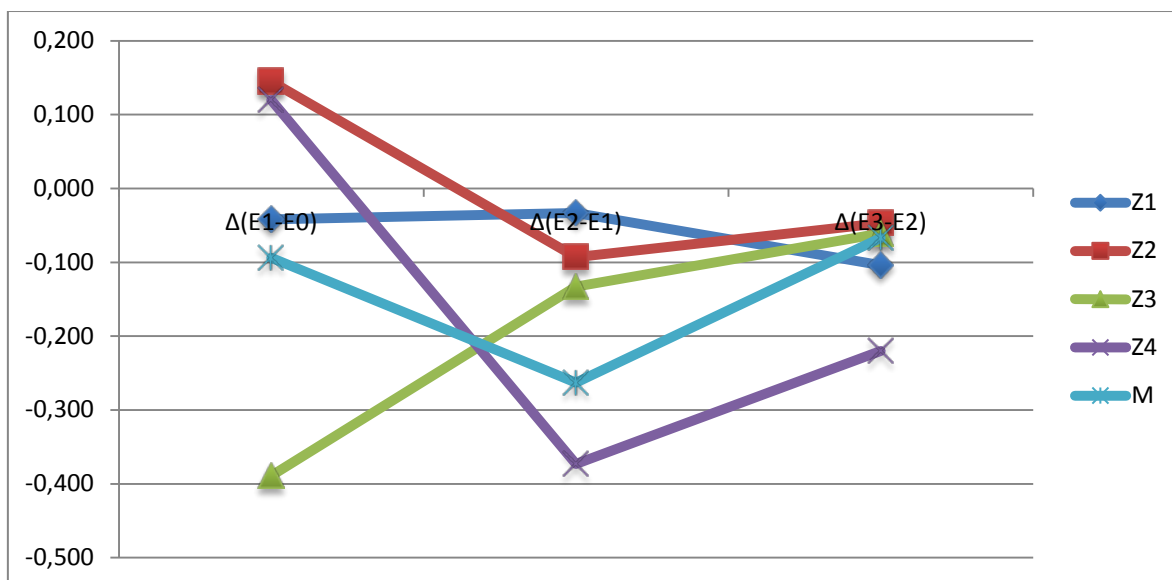
Πίνακας 8. Διαφορά μέσων όρων βαρών, ανα εβδομάδα, ανα ζιζανιοκτόνο και ανα δοσολογία εφαρμογής ζιζανιοκτόνων.



Διάγραμμα 8. Διαφορά μέσων όρων βαρών, ανα εβδομάδα, ανα ζιζανιοκτόνο και ανα δοσολογία εφαρμογής ζιζανιοκτόνων.

Στο διάγραμμα, η διαφορά του βάρους του Z1 μεγαλώνει αρνητικά (δηλαδή υπάρχει μείωση βάρους) με τη μεγαλύτερη μείωση να παρατηρείται την εβδομάδα E3. Για τη διπλάσια δοσολογία του ίδιου ζιζανιοκτόνου (Z2), παρατηρείται μεταβολή της διαφοράς του βάρους από θετική (δηλαδή αύξηση) σε αρνητική (δηλαδή μείωση) στο διάστημα των εβδομάδων E1 έως και E3. Για την κανονική δοσολογία ζιζανιοκτόνου Z3 η διαφορά βάρους ανάμεσα στις εβδομάδες συνεχώς μειώνεται, παραμένοντας όμως αρνητική, ενώ η διαφορά βάρους για το ίδιο ζιζανιοκτόνο αλλά σε διπλάσια δοσολογία Z4, παρατηρούμε πως ενώ την πρώτη εβδομάδα η διαφορά αυξάνεται θετικά, γίνεται δηλαδή πρόσληψη βάρους, την δεύτερη εβδομάδα η διαφορά μεγαλώνει αρνητικά (προκαλείται δηλαδή απώλεια βάρους), η διαφορά αυτή των μέσων βαρών, είναι η

μεγαλύτερη που παρατηρείται ανάμεσα σε όλες τις εβδομάδες, όλες τις δοσολογίες και ζιζανιοκτόνα, μειώνεται την τελευταία εβδομάδα, παραμένοντας όμως αρνητική. Οι γαιοσκώληκες ελέγχου (M), παρουσιάζουν αύξηση της αρνητικής διαφοράς βάρους, στο διάστημα της πρώτης εβδομάδας, από την δεύτερη εβδομάδα όμως και μετά σταδιακά ανακτούν το βάρος τους έως και την τελευταία εβδομάδα.

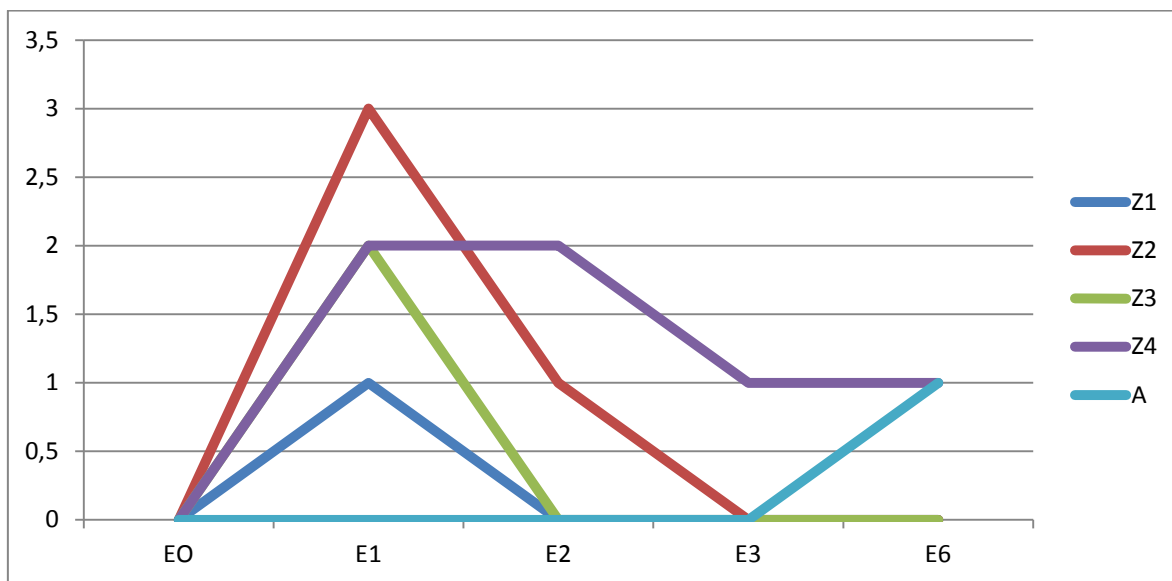


Διάγραμμα 9. Διαφορά μέσων όρων βαρών, ανα εβδομάδα, ανα ζιζανιοκτόνο και ανα δοσολογία εφαρμογής ζιζανιοκτόνων.

3.4 Αποτελέσματα Δεύτερου Πειραματικού Επιπέδου (θνησιμότητα)

2ο ΜΕΡΟΣ ΝΕΚΡΑ ΑΝΑ ΕΒΔΟΜΑΔΑ					
	Ε0	Ε1	Ε2	Ε3	Ε4
Z1	0	1	0	0	0
Z2	0	3	1	0	0
Z3	0	2	0	0	0
Z4	0	2	2	1	1
A	0	0	0	0	1

Πίνακας 9. Αριθμητικός προσδιορισμός θνησιμότητας γαιοσκωλήκων ανά εβδομάδα, ανά κατηγορία γαιοσκωλήκων με εφαρμογή ζιζανιοκτόνου και ανά δοσολογία εφαρμογής ζιζανιοκτόνου.



Διάγραμμα 10. Θνησιμότητα γαιοσκωλήκων, ανα εβδομάδα, ανά κατηγορία γαιοσκωλήκων στους οποίους εφαρμόστηκε το κάθε ζιζανιοκτόνο και ανα δοσολογία ζιζανιοκτόνου όπως επίσης και των γαιοσκωλήκων ελέγχου (στους οποίους δεν πραγματοποιήθηκε εφαρμογή ζιζανιοκτόνου).

Η μεγαλύτερη θνησιμότητα παρουσιάζεται στο Z2 την πρώτη εβδομάδα μετά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου, η ομάδα ελέγχου M, δεν παρουσιάζει θνησιμότητα σε καμία εβδομάδα, εκτός από την τελευταία εβδομάδα όπου έχει απώλεια ενός ατόμου. Το Z1 στο διάστημα εβδομάδων E0 έως και E2, παρουσιάζει θνησιμότητα, που όμως μετά σταθεροποιείται, το ίδιο συμβαίνει και με τους γαιοσκώληκες στους οποίους εφαρμόστηκε το ζιζανιοκτόνο Z3. Τέλος στη διπλάσια δοσολογία του ίδιου ζιζανιοκτόνου (Z4), παρατηρούμε πως υπάρχει απώλεια ατόμων κατά τη διάρκεια όλων των εβδομάδων μετά την εφαρμογή ζιζανιοκτόνου.

3.5 Συζήτηση- Συμπεράσματα

Η βιβλιογραφία γύρω από τους γαιοσκώληκες είναι αρκετά εκτεταμένη και καλύπτει ένα μεγάλο εύρος περιοχών ανά τον κόσμο, όμως σε αυτή την εργασία μελετήθηκε ένα είδος που απαντάται κυρίως στη λεκάνη της μεσογείου και ιδιαίτερα μελετήθηκε η σχέση του είδους αυτού με ζιζανιοκτόνα εγκεκριμένα, εξετάζοντας δηλαδή πραγματικά τις επιπτώσεις που μπορεί να προκύψουν στο περιβάλλον από τη χρήση των συγκεκριμένων ζιζανιοκτόνων σε πραγματικό χρόνο με παράλληλη προσπάθεια προσέγγισης συνθηκών αγρού. Τα πειράματα που είναι σχεδιασμένα να ελέγχουν την τοξικότητα σε μικρή περίοδο έκθεσης του δείγματος, είναι πολύ πιθανό να μην είναι ικανά να προβλέψουν τις επιπτώσεις μιας μακροχρόνιας έκθεσης σε ζιζανιοκτόνα ή άλλα χημικά σκευάσματα (Birch et al, 2007). Σε πειράματα μεγάλης περιόδου για να μπορέσουμε να εξάγουμε ακριβέστερες μετρήσεις, οι γαιοσκώληκες θα πρέπει να έχουν την ικανότητα ένταξης στο εργαστήριο, να είναι δηλαδή κατάλληλοι για εργαστηριακά πειράματα (όπως, να μπορούν να έχουν εύκολη προσαρμογή στο εργαστηριακό περιβάλλον) (C. van Capelle et al, 2016). Συνήθως σε τέτοιου είδους μελέτες αντιμετωπίζονται δύο προκλήσεις. Αρχικά η εύρεση των πραγματικών επιπτώσεων των φυτοφαρμάκων και έπειτα η επιλογή της σωστής μεθοδολογίας. Οι εργαστηριακές μελέτες θα πρέπει να βασίζονται σε πειράματα μικρής περιόδου, ενώ οι εργαστηριακές συνθήκες θα πρέπει να είναι σταθερές και θα είναι ικανές να προβλέψουν τις πραγματικές επιπτώσεις των φυτοφαρμάκων στον αγρό. Ως σήμερα αυτές οι δύο προκλήσεις δεν ήταν δυνατό να αντιμετωπισθούν, λόγω της απουσίας πειραμάτων τα οποία εξετάζουν τα ίδια φυτοφάρμακα σε ίδια είδη γαιοσκώληκα αλλά σε διαφορετικά οργανωτικά επίπεδα με σκοπό την ανακάλυψη συνδέσμων της αντίδρασης ανάμεσα στα ίδια οργανωτικά επίπεδα. Όλες αυτές οι αντιδράσεις που παρατηρούνται σε ατομικό ή υπερατομικό επίπεδο, έχουν επίπτωση σε μεγαλύτερα οργανωτικά επίπεδα όπως πληθυσμούς ή κοινωνίες, όμως ακόμα και τέτοιο δεν μπορεί να αποδειχθεί (C. Pelosi et al, 2013). Δεν υπάρχουν αρκετές μελέτες που να βασίζονται σε Ευρωπαϊκά είδη και φυτοφάρμακα που είναι ακόμα εγκεκριμένα στον Ευρωπαϊκό χώρο, σε είδη τα οποία βρίσκονται σε συστήματα καλλιέργειας και σε ρεαλιστικές συνθήκες οσον αφορά το έδαφος τη δόση του φυτοφαρμάκου και την πειραματική διάρκεια.

Άλλος ένας περιορισμός στις περισσότερες μελέτες, αφορά, τις επιπτώσεις από τον συνδιασμό φυτοφαρμάκων αλλά και η χρόνια έκθεση σε αυτά που δεν είναι αρκετά μελετημένα, καθώς οι πληθυσμοί των γαιοσκωλήκων αντιμετωπίζουν τετοιου είδους συνθήκες στον αγρό. Ετσι είναι σημαντική η μελέτη της αντίδρασης των

γαιοσκωλήκων, εστω και σε εργαστηριακό περιβάλλον προσεγγίζοντας όμως όσο το δυνατόν περισσότερο τις συνθήκες αγρού. Η μακροχρόνια έκθεση των γαιοσκωλήκων σε χημικούς ρύπους καθιστά δυνατή την πυροδότηση εξέλιξης και απόκτησης ανθεκτικότητας (C. Pelosi et al, 2013). Αν οι γαιοσκώληκες προέρχονται από πληθυσμούς που έχουν εκτεθεί σε φυτοφάρμακα, για αρκετές γενιές μπορεί να ανταποκριθούν διαφορετικά σε αυτά, το τελικό ζήτημα που θα πρέπει να δώσει έμφαση είναι η εξισορρόπηση μεταξύ των εργαστηριακών μελετών, που αποσαφηνίζουν τους μηχανισμούς που παίρνουν μέρος στην ανταπόκριση των γαιοσκωλήκων στα φυτοφάρμακα και οι μελέτες στον αγρό να μπορούν να αξιολογήσουν την κατάσταση των γαιοσκωλήκων σε πραγματικές συνθήκες. Μια πιο διευρυμένη πρόκληση είναι ο καθορισμός των επιπτώσεων των γεωργικών πρακτικών στους πληθυσμούς γαιοσκωλήκων σε καλλιεργητικά συστήματα αλλά και ο σχεδιασμός καλλιεργητικών συστημάτων τα οποία επιδρούν θετικά σε αυτά και στις λειτουργίες που παρέχουν, οι οποίες έχει αποδειχθεί πως παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη βιωσιμότητα της γονιμότητας του εδάφους και την φυτική παραγωγή (Lavelle et al, 2006).

Κατά την εργασία των Shahla Yasmin και Doris D' Souza το 2010, "Effects of pesticides on the growth and the reproduction of earthworm: reviews", η ανάπτυξη και οι αναπαραγωγικές παράμετροι των γαιοσκωλήκων που εκθέτονται αποτελούν πολύ χρήσιμους βιοδείκτες για τον προσδιορισμό και αξιολόγηση της μόλυνσης του εδάφους. Παρά την ευκολία εκπόνησης τέτοιου είδους μελετών, οι μελέτες που έχουν εκπονηθεί ως τώρα, έχουν επικεντρωθεί σε λίγα είδη γαιοσκωλήκων. Έτσι παρουσιάζεται η ανάγκη εκπόνησης μελετών που θα περιλαμβάνουν διαφορετικά είδη γαιοσκωλήκων, σε διαφορετικές θερμοκρασίες και διαφορετικά είδη εδαφών κ.λ.π.

Σε μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στο πανεπιστήμιο της νότιας Δανίας, από τους Nicolas Givaudan, Claudia Wiegand, Barbara Le Bot, David Renault, Frederique Pallois, Stephanie Llopis και Francoise Binet, οι γαιοσκώληκες υποδιπλασιάζουν την ροή πρόσληψης βάρους και ο ρυθμός αναπαραγωγής τους είναι μικρότερος από τον ρυθμό αναπαραγωγής γαιοσκωλήκων σε περιβάλλοντα όπου δεν εφαρμόζονται αγροχημικά, ενώ στην ίδια μελέτη αναφέρεται πως τα αγροχημικά παρουσιάζουν άμεσο αντίκτυπο στην φυσιολογία και τη συμπεριφορά των γαιοσκωλήκων για διάστημα μεγαλύτερο της μια γενιάς. Η ίδια ομάδα υποστηρίζει, πως οι γαιοσκώληκες έχουν αναπτύξει μεθόδους αποτοξίνωσης. Η διαδικασία αποτοξίνωσης καταναλώνει αρκετή ενέργεια με αποτέλεσμα οι γαιοσκώληκες να μειώνουν τον ρυθμό αναπαραγωγής αλλά και πρόσληψης βάρους. Στην ίδια μελέτη παρατηρήθηκε πως η εφαρμογή φυτοφαρμάκων

σε γαιοσκώληκες, προερχόμενους από βιολογική ή και συμβατική καλλιέργεια, αυξήσε το μεταβολισμό, αυτών που προέρχονταν από αγρούς βιολογικής καλλιέργειας ενώ αυξήσε τα επίπεδα πρωτεϊνών και αμινοξέων σε αυτούς που προέρχονταν από συμβατική καλλιέργεια, επίσης αυξήθηκε ο ρυθμός πρόσληψης και βάρους, πιθανόν λόγω των αυξημένων ενεργειακών αναγκών για τη διαδικασία της αποτοξίνωσης. Η μελέτη αυτή θα μπορούσε να εξηγήσει την στιγμιαία αύξηση βάρους που πατηρείται, και στα δύο πειραματικά επίπεδα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, την πρώτη ή έως και τη δεύτερη εβδομάδα μετά την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων.

Σε μεταγενέστερη μελέτη, θα ήταν ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα η παρατήρηση της συμπεριφοράς και αντίδρασης του γαιοσκώληκα *Octodrilus complanatus*, τα άτομα του οποίου δεν θα προέρχοναται μόνο από αγρο βιολογικής καλλιέργειας αλλά και από συμβατικής, όπως επίσης και η παρακολούθηση του ρυθμού αναπαραγωγής των γαιοσκωλήκων, μιας παραμέτρου η οποία δεν ήταν δυνατό να εξετασθεί στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή. Ο Angshu Dutta το 2016 στην εργασία “Some insights on the effects of pesticides on earthworms” το οποίο δημοσιεύθηκε στο περιοδικό International Research journal of Environment Sciences, αναφέρει πως τα αγροχημικά έχουν την δυνατότητα να καταστρέψουν τα ωφέλιμα πανίδα με αποτέλεσμα την καταστροφή των πληθυσμών της, δημιουργώντας αθέλητες αλλαγές στους πληθυσμούς της κοινότητας. Οι γαιοσκώληκες, οι οποίοι αποτελούν σπουδαία πανίδα του εδάφους, είναι πολύ επιρρεπείς στις επιπτώσεις των χημικών σκευασμάτων.

Στην ίδια εργασία αναφέρεται πως υπάρχει ένας αριθμός εξωτερικών παραγόντων ο οποίος καθορίζει την τοξικότητα των χημικών, ένας από αυτούς είναι οι ιδιότητες του εδάφους. Επίσης οι υψηλές θερμοκρασίες αυξανουν τη μικροβιακή δραστηριότητα και την αποσύνθεση των χημικών στοιχείων με αποτέλεσμα την μείωση της τοξικότητας που προκαλούν. Είναι λοιπόν πολύ σημαντικό παρόμοια πειράματα να επαναληφθούν στον αγρό, παρά τις προσπάθειες που κατεβλήθησαν να προσεγγιστούν στο εργαστήριο, οι συνθήκες που επικρατούν στον αγρό, κι έπειτα να συγκριθούν τα αποτελέσματα, οι συνθήκες και οι παράγοντες που έλαβαν μέρος στην διαμόρφωση των αποτελεσμάτων ανάμεσα στο εργαστηριακό πείραμα και το πείραμα αγρού. Όπως επίσης ένα ερώτημα που θα πρέπει να απαντηθεί, είναι ποια συμπεριφορά και αντίδραση θα είχαν άτομα του γαιοσκώληκα *Octodrilus complanatus*, προερχόμενα από συμβατικές καλλιέργειες με χρόνια έκθεση σε ζιζανιοκτόνα. Σύμφωνα με την μεταπτυχιακή διατριβή της Ιωάννας- Ευγενίας Τζώρτζη, όπου μελετάται η επίδραση 4 συγκεντρώσεων αργιλίου στο έδαφος, πάνω στη βιοσυσσώρευση σε γαιοσκώληκες του

γένους *Octodrilus*, το ΡΗ, παίζει σημαντικό ρόλο στην πρόσληψη αργιλίου από τους γαιοσκώληκες. Είναι λοιπόν σημαντικό, να γνωρίζουμε εκτός από το ρόλο που παίζει η σύσταση του εδάφους στην επιρροή των αγροχημικών στους γαιοσκώληκες, το ρόλο που παίζει και το ΡΗ στην επιρροή αυτή, δεδομένου πως τα όξινα εδάφη λειτουργούν κατασταλτικά απέναντί τους.

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή στο πρώτο πειραματικό επίπεδο όπου πραγματοποιήθηκε εφαρμογή τριών ζιζανιοκτόνων σε γαιοσκώληκες διαπιστώθηκε αρχικά αύξηση βάρους και μετά απότομη απώλεια βάρους. Ειδικότερα για τους γαιοσκώληκες που εφαρμόστηκε το σκεύασμα Kerb Flo και δραστική ουσία Propryzamide και το σκεύασμα Bonalan με δραστική ουσία Benfluralin παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές δείχνοντας έτσι πως η δραστική ουσία άσκησε επιρροή στην πρόσληψη βάρους γαιοσκωλήκων. Το σκεύασμα Sencor δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά επαληθεύοντας την αρχική υπόθεση πως τα ζιζανιοκτόνα δεν έχουν επίπτωση στους γαιοσκώληκες. Παρ' ολ' αυτά τα αποτελέσματα καταμέτρησης θνησιμότητας όπως φαίνεται και από τον πίνακα 6 έδειξαν πως το ζιζανιοκτόνο με δραστική ουσία Metribuzin και το ζιζανιοκτόνο με δραστική ουσία Propryzamide προκάλεσαν ίση αριθμητικά απώλεια ατόμων. Η μεγαλύτερη θνησιμότητα καταγράφηκε στο ζιζανιοκτόνο με δραστική ουσία Benfluralin. Στο δεύτερο πειραματικό επίπεδο η διπλάσια δόση της δραστικής ουσίας Metribuzin τετραπλασίασε την θνησιμότητα που προκλήθηκε στους γαιοσκώληκες σε σχέση με την εφαρμογή της κανονικής δόσης ενώ η διπλάσια δόση της δραστικής ουσίας Benfluralin τριπλασίασε την θνησιμότητα γαιοσκωλήκων σε σχέση με την κανονική δοσολογία εφαρμογής. Όσον αφορά στις επιπτώσεις των ζιζανιοκτόνων και των δοσολογιών τους στο βάρος των γαιοσκωλήκων το ζιζανιοκτόνο με δραστική ουσία Metribuzin στην εφαρμογή κανονικής δοσολογίας μειώνει σταδιακά το βάρος τους ενώ στη διπλάσια δοσολογία το βάρος τους αυξάνεται ραγδαία και μετά μειώνεται σταδιακά έως την τελευταία εβδομάδα όπου προσεγγίζει το βάρος που είχε πριν από την εφαρμογή ζιζανιοκτόνου. Αυτό δικαιολογείται βάσει της μελέτης που αναφέρθηκε πιο πάνω σχετικά με την λειτουργία αποτοξίνωσης γαιοσκωλήκων και την ανάγκη πρόσληψης τροφής για ενεργειακή επάρκεια. Το ίδιο παρατηρείται και στη δραστική ουσία Benfluralin που όμως σε αντίθεση με τη διπλάσια δοσολογία Metribuzin οι γαιοσκώληκες στους οποίους εφαρμόστηκε η διπλάσια δοσολογία Benfluralin μετά την απότομη αύξηση βάρους του ακολούθησαν απότομη απώλεια βάρους καταλήγοντας στην τελευταία εβδομάδα του πειράματος με μείωση κατά 1/3 του αρχικού τους βάρους.

Μέσα από αυτή την εργασία, νέα ερωτήματα γενιούνται προς εξέταση. Σε ποιο βαθμό τελικά, βιοσυσσωρεύονται τα ζιζανιοκτόνα στο σώμα των γαιοσκωλήκων; Ποια δυνιτικά είναι η επίδραση αυτής της βιοσυσσώρευσης στην τροφική αλυσίδα; Πως διαμορφώνεται η δραστηριότητα πρόσληψης τροφής στην χρόνια έκθεση τους σε εγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα τόσο σε εργαστηρικό όσο και σε περιβάλλον αγρού; Επίσης, ένα σημαντικό ερώτημα που θα έπρεπε να απαντηθεί αφορά την ικανότητα ανάπτυξης των γαιοσκωλήκων, αντίληψης ζιζανιοκτόνου στο περιβάλλον που ζουν και ποιος είναι ο βαθμός ικανότητάς που έχουν για την αποφυγή του και αν συμβαίνει αυτό, τότε είναι γνώση επίκτητη ή κληρονομείται από τους απογόνους;

Βιβλιογραφία

Bilalis, D., Efthimiadis, P., & Karagiannis, G., (2001). The phytotoxicity of various graminicides in Durum wheat in Greece. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 187, 121-126.

Bilalis, D., Sidiras, N., Vavoulidou, E., Konstantas, A., 2009. Earthworm populations as affected by crop practices on clay loam soil in a Mediterranean climate. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Plant Soil Science* 59,440-446.

Bouché, M.B., 1981. Contribution des lombriciensaux migrations d' elements dans les sol temperes. *Colloques Int. Centre Nat. Rech. Sci.*, no. 303, 145-53.

Brown, G.G., Barois, I., Lavelle, P., 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *European Journal of Soil Biology* 36, 177-198.

Callahan, C.A. (1988) Earthworms as ecotoxicological assessment tools, in *Earthworms in Waste and Environmental Management*, (eds C.A. Edwards and E.F. Neuhauser),SPB Acad. Publ., The Hague, The Netherlands, pp. 295-301

Carter, A., J. Heinonen, and J. de Vries. 1982. Earthworms and water movement, *Pedobiologia*, 23, 395-397.

Curry, J.P., Byrne, D., & Schmidt, O., (2000). Intensive cultivation cna drastically reduce earthworm populations in arable land. *European Journal of Soil Biology*, 38, 127-130.

Darling, C.T.R. and Thomas, V.G., 2005. Lead bioaccumulation in earthworms, *Lumbricus terrestris*, from exposure to lead compounds of different solubility. Department of Zoology, College of Biological Science, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.

Edwards, C.A.and J.R. Lofty. 1977. *Biology of Earthworms*, 2nd ed., Chapman & Hall, London.

Edwards, C.A.and P.J. Bohlen. 1982. The effects of toxic chemical on earthworms. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*,125, 23-99.

Edwards, C.A. 1983. Development of a Standardized Laboratory Method Assessing the Toxicity of Chemical Substances to Earthworms, Report EUR 8714 EN, Environment and Quality of Life, Commission of the European Communities, Brussels, Belgium.

- Edwards, C.A. and A. Niederer, 1988. The production and processing of earthworm protein. In *Earthworms in Waste and Environmental Management* (C.A. Edwards and E.E. Neuhausers, Eds), pp.169-180. SPB Academic Publishing, The Hague.
- Edwards, C.A. and P.J. Bohlen. 1996. *Earthworm Ecology and Biology*, Chapman & Hall, London.
- Grant, W. C. (1955a) Studies on moisture relationships in earthworms. *Ecology*, 36(3), 400-7.
- Helmke, P.A., Robarge, W.P., Korotev, R.L. and Schomberg, P.J., (1979) Effects of soil-applied sewage sludge on concentrations of elements in earthworms. *J. Environ. Qual.*, 8, 322-7.
- Hopp, H. 1974. *What Every gardener Should Know About Earthworms*, Gardens Way Publishing, Charlotte, V.T.
- Kauschke, E., Mohrig, W., Cooper, E.L.. 2007. Coelomic fluid proteins as basic components of intake immunity of earthworms. *Europ. Journal of Biology*, 43 pp.110-115.
- Krivolutsky, D., Turcaninova, V. and Mihkaltsova, Z. (1982) Earthworms as bioindicators of radioactive soil pollution. *Terrest. Oligochaeta*, 263-5.
- Kühle, J.C. (1983) Adaptation of earthworm populations to different soil treatments in an apple orchard, in *New Trends in Soil Biology*, (ed. Ph. Leburn), Proc. 8th Intl Coll. Soil Zool., Louvain-la-Neuve, 1982, pp.487-501
- Lavelle, P., 1988. Earthworm activities and the soil system. *Biol. Fert. Soils* 6, 237-251.
- Lavelle, P., L. Brussaard, and P. Hendrix. 1999. *Earthworm Management in Tropical Agroecosystems*, CABI Wallingford, Oxford, U.K.
- Lawrence, R.D. & Millar, H.R. (1945). Protein content of earthworms. *Nature*, Lond., 155(39), 517.
- Michalis K. & Panidis S. Seasonal variation in the reproductive activity of *Octodrilus complanatus* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Eur J Soil Biol*, vol. 29, no. 3-4, pp. 161-166, 1993.
- Monroy, F., Aira, M., Gago, J.A., Dominguez, J., 2007. Life cycle of the earthworm *Octodrilus complanatus* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Animal biology and pathology*. *Comptes Rendus Biologies*, pp. 389-391.

Nordström, S. and Rundgren, S. (1974) Environmental factors and lumbricid associations in Southern Sweden. *Pedobiologia*, 14,1-27.

Reinecke A.J. & Reinecke S.A. The influence of heavy metals on the growth and reproduction of the compost worm *Eisenia fetida* (oligochaeta). *pedobiol* vol.40, pp. 439-448, 1996.

Roots, B.I. (1955) The water relations of earthworms. I. The activity of the nephridiostome cilia of *L. terrestris* L. and *A. chlorotica* (Sav.) in relation to the concentration of the bathing medium. *J. Exp. Biol.*, 32,765-74.

Sabine, J.R., 1983. Earthworms as a source of food and drugs. In. *Earthworm Ecology from Darwin to Vermiculture* (J.E. Satchell, Ed., pp.285-296. Chapman and Holl, London

Schmidt, O., & Curry, P.J. (1999). Effects of earthworms on biomass production, nitrogen allocation and nitrogen transfer in wheat-clover intercropping model systems. *Plant and Soil*, 214, 187-198.

Sheppard, S.C., Bembridge, J.D., Holmstrup, ., Posthua, L., 1997. Advances in earthworm ecotoxicology. In: *Proceedings from the Second International Workshop on Earthworm Ecotoxicology*. SETAC, Amsterdam.

Slater, C.S. and H. Hopp. 1947. Relation of fall protection to earthworm populations and soil physical conditions, *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 12, 401-407

Vavoulidou e., Dellaporta l., Bilalis d.j.(2010): Histological study of the earthworm *Octodrilus complanatus* and collagen distribution in its tissues. *ΣΤΟ Zoology in the Middle East, Supplementum 2, 2010* , 175- 180., «Advances in Earthworm Taxonomy IV (Annelida: Oligochaeta), Kasperek Verlag, Heidelberg, Germany , www.kasperek-verlag.de

Vavoulidou, E.J. Avramides, M. Wood & P. Lolos (2008): The response of soil quality indicators to the pesticide cadusaphos. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 40,414-434.

Αλεξιάδης Κ.Α. (1976). Φυσική και χημική ανάλυση του εδάφους. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Αράπης Γ., 1998. Σημειώσεις γεωργικής οικοτοξικολογίας. Γ.Π.Α.

Δαλιάνης, Κ., 1984. Σχεδίαση και Ανάλυση Πειραμάτων.

Κ. Δαρβίνος, 1881, «Ο σχηματισμός της φυτικής φόρμας μέσω της δράσης των σκουληκιών»

Καπετανάκης, 2003-2004, Ζιζανιολογία

Μήτσιος, Ι., 1999. Εδαφολογία

Τζώρτζη, Ι., 2010 «Επίδραση 4 συγκεντρώσεων αργιλίου στο έδαφος, πάνω στη βιοσυσσώρευση σε γαιοσκώληκες του γένους *Octodrilus*» Μεταπτυχιακή διατριβή Γ.Π.Α

