



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ & ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ**

**Διδακτορική Διατριβή**

Μελέτη της εποχιακής διακύμανσης των γαιοσκωλήκων  
σε διάφορα περιβάλλοντα, καλλιεργημένα ή μη και της επίδρασης  
διαφόρων τροφικών υποστρωμάτων στην ανάπτυξή τους

**Χριστίνα-Μαρία Α. Χαλκιά**

Επιβλέπων καθηγητής:

Διονύσιος Περδίκης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

Διονύσιος Περδίκης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

Γεώργιος Παπαδούλης, Καθηγητής ΓΠΑ και

Ιωάννης Γιαννακού, Καθηγητής ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ  
2023



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ & ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ**

**Διδακτορική Διατριβή**

Μελέτη της εποχιακής διακύμανσης των γαιοσκωλήκων σε διάφορα περιβάλλοντα, καλλιεργημένα ή μη και της επίδρασης διαφόρων τροφικών υποστρωμάτων στην ανάπτυξή τους

“Studies of the seasonal fluctuation of earthworm populations in various cultivated or natural environments and the influence of food types on their development”

**Χριστίνα-Μαρία Α. Χαλκιά**

Επταμελής εξεταστική Επιτροπή:

Διονύσιος Περδίκης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Γεώργιος Παπαδούλης, Καθηγητής ΓΠΑ

Ιωάννης Γιαννακού, Καθηγητής ΓΠΑ

Ιορδάνης Χατζηπαυλίδης, Καθηγητής ΓΠΑ

Δημήτριος Μπιλάλης, Καθηγητής ΓΠΑ

Βίκτωρας Καββαδίας, Ερευνητής Α΄, ΕΛΓΟ - ΔΗΜΗΤΡΑ

Γεώργιος Μπούφας, Καθηγητής Δ.Π.Θ.

## **Μελέτη της εποχιακής διακύμανσης των γαιοσκωλήκων σε διάφορα περιβάλλοντα, καλλιεργημένα ή μη και της επίδρασης διαφόρων τροφικών υποστρωμάτων στην ανάπτυξή τους**

*Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής  
Εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας & Εντομολογίας*

### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η διερεύνηση των κοινοτήτων των γαιοσκωλήκων στο ύπαιθρο έδειξε ότι στην Κεντρική-Ανατολική Ελλάδα εξακριβωμένα υπήρχαν εγκατεστημένοι πληθυσμοί από 27 είδη γαιοσκωλήκων, επί συνόλου 66 καταγεγραμμένων ελληνικών ειδών. Υπήρχε μεγάλη παραλλακτικότητα μεταξύ των περιοχών που εξετάστηκαν ως προς τα είδη που περιλαμβάνουν, τον πλούτο ειδών και την πυκνότητα. Τον μεγαλύτερο αριθμό ειδών ανά περιοχή τον συναντήσαμε στα καλλιεργούμενα οικοσυστήματα, ακολουθούμενα από τους υγροτόπους, ενώ οι αδιατάρακτες περιοχές είχαν το χαμηλότερο αριθμό. Τα καλλιεργούμενα εδάφη διέφεραν σημαντικά από τα αδιατάρακτα. Οι παραπάνω τύποι οικοσυστημάτων δεν διέφεραν σημαντικά ως προς τις πληθυσμιακές πυκνότητες των γαιοσκωλήκων, οι οποίες κυμαίνονται σε μεγάλο εύρος μέσα σε κάθε οικοσύστημα.

Η διερεύνηση των μεταβολών των πληθυσμών γαιοσκωλήκων μέσα στον ετήσιο κύκλο έγινε σε δύο φυσικά πεδία στην Πάρνηθα, εκ των οποίων το ένα αποτελούσε περιοχή πληγείσα από την πυρκαγιά του 2007 και σε καλλιεργούμενα με αμπέλι εδάφη κατά το βιολογικό και συμβατικό σύστημα παραγωγής στα Σπάτα και τη Νεμέα. Τα αποτελέσματα διαφώτισαν κάποιες πλευρές της οικολογίας των γαιοσκωλήκων και αποκάλυψαν τη σημασία που έχουν τα ζώα αυτά για την ανακύκλωση της οργανικής ύλης, τη θρέψη των φυτών και τη λειτουργικότητα του εδαφικού υποστρώματος.

Υιοθετήθηκε η μικτή μέθοδος εξαγωγής από το έδαφος που συνίσταται σε σκάψιμο ως 10 εκατοστά και επί τόπου διαλογή, ακολουθούμενο από εφαρμογή ερεθιστικού υδατικού αιωρήματος μουστάρδας.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, οι πληθυσμοί παραλλάσσουν ως προς τα είδη, την πληθυσμιακή πυκνότητα και την εποχή ενεργού παρουσίας ανάλογα με την περιοχή. Σε κάθε περίπτωση οι γαιοσκώληκες ήταν δραστήριοι κατά την υγρή, ύφυγρη και υπόξηρη εποχή, ενώ κατά τη ξηρή και υπέρξηρη οι πληθυσμοί μηδενίζονταν, ώστε η περίοδος αδράνειας να ταυτίζεται με την περίοδο ελλείμματος υγρασίας κάθε περιοχής. Αν το έδαφος δεχόταν άφθονο πότισμα, οι γαιοσκώληκες παρουσίαζαν μικρή ενεργή δραστηριότητα και κατά τους θερινούς μήνες. Στην Πάρνηθα, όπου μελετήθηκαν οι πληθυσμοί σε υψόμετρο ανώτερο των 1.000 μέτρων, βρέθηκε ότι υπάρχει ένας επιπλέον παράγοντας διακοπής της ενεργού δραστηριότητας των γαιοσκωλήκων κατά τον ετήσιο κύκλο, η παρατεταμένη χιονοκάλυψη που συμβαίνει την περίοδο του χειμώνα. Το παραπάνω πρότυπο μεταβολών εξυπηρετεί την ανακύκλωση των φυτικών υπολειμμάτων που είναι παρόντα κατά την φθινοπωρινή και χειμερινή εποχή και διασφαλίζει την τροφοδοσία των ριζών με θρεπτικά στοιχεία.

Σε καθεμία από τις περιοχές αμπελοκαλλιέργειας παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των συστημάτων παραγωγής ως προς τον πλούτο των ειδών, τους πληθυσμούς και την περίοδο δραστηριότητας. Το βιολογικό σύστημα ανέπτυξε μεγαλύτερο αριθμό ειδών

από το συμβατικό και στις δύο περιοχές και έλαβε υψηλότερη πληθυσμιακή πυκνότητα, τουλάχιστον κατά την περίοδο της μέγιστης δραστηριότητας. Στα Σπάτα το βιολογικό σύστημα είχε βραχύτερη περίοδο δραστηριότητας από το συμβατικό λόγω της έλλειψης ελέγχου της φυσικής ζιζανιοχλωρίδας με αρνητική συνέπεια στο υδατικό ισοζύγιο του εδάφους, ενώ στη Νεμέα το συμβατικό είχε μεγαλύτερη αδράνεια λόγω περιορισμένης άρδευσης και εντατικότερης καλλιέργειας. Το φυσικό – εγκαταλελειμμένο έδαφος αμπελώνα στα Σπάτα υπερτερούσε ως προς τους πληθυσμούς από το συμβατικό στην ίδια περιοχή και είχε αριθμητικά μεγαλύτερες πυκνότητες από το βιολογικό, ανέπτυξε δε μικρότερη περίοδο δραστηριότητας λόγω μειωμένης υδατικής επάρκειας.

Οι πληθυσμοί σε περιοχές της Πάρνηθας που επλήγησαν από την πυρκαγιά του 2007 δεν έχουν αποκατασταθεί ακόμα.

Η μελέτη των επιδράσεων της υδρολίπανσης με Υγρά Απόβλητα Ελαιουργείων (ΥΑΕ) στους γαιοσκώληκες του είδους *Octodrilus complanatus*, που είναι το κύριο ανοδικό είδος της Ελλάδας (επί συνόλου τριών), έγινε σε πειραματικά δοχεία σε εσωτερικό χώρο χρησιμοποιώντας ως υπόστρωμα φυσικό έδαφος από ελαιώνα. Η θνησιμότητα ήταν μηδενική και η απόκριση στην ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων ήταν θετική μέχρι την μέγιστη επιτρεπόμενη δόση ( $80\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) κατά τις πολιτειακές οδηγίες. Η υδρολίπανση υπό την παρουσία των γαιοσκωλήκων προκάλεσε σημαντική αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και των ολικών αλάτων που όμως, υπό συνθήκες αγρού, αναμένεται να ξεπλυθούν με τις χειμερινές βροχές. Δεν επηρεάστηκαν σημαντικά το εδαφικό pH, τα ανθρακικά άλατα, η μικροβιακή δραστηριότητα, το ολικό άζωτο του εδάφους και οι ανόργανες μορφές του σε διάστημα ενός ή δύο μηνών από την εφαρμογή.

Στη τελευταία ενότητα της μελέτης εξετάστηκε η επίδραση διαφόρων οργανικών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν ως τροφή, στην ανάπτυξη του είδους *O. complanatus*. Επιλέχθηκαν κάποια υλικά που προκύπτουν ως υποπροϊόντα από διάφορες αγροτικές παραγωγικές δραστηριότητες σε μεγάλες ποσότητες και, λόγω του μεγάλου όγκου που συσσωρεύεται σε δεδομένο χρόνο, θεωρούνται ως ρυπογόνα απόβλητα και απαιτούν ιδιαίτερη διαχείριση. Ειδικότερα χρησιμοποιήθηκαν τα φύλλα ελιάς, αμιγή ή μαζί με ΥΑΕ, μόνο ΥΑΕ, υπολείμματα εκκοκκισμού βάμβακος, υπολείμματα χλοοτάπητα, φύλλα αμπέλου, μόνο αγελαδινή κοπριά ή μαζί με τυρόγαλα. Ο πειραματισμός έγινε σε εσωτερικό χώρο, όπως και κατά την μελέτη των επιδράσεων της υδρολίπανσης.

Όλες οι τροφές που μελετήθηκαν είχαν την ίδια θετική επίδραση στο βάρος του ακμαίου σταδίου, με εξαίρεση τα «μόνο ΥΑΕ», τα οποία προκάλεσαν θνησιμότητα και αποκλείστηκαν από την ανάλυση. Από τις υπόλοιπες τροφές, τα υπολείμματα εκκοκκισμού βάμβακος επέφεραν τη μεγαλύτερη αύξηση στο μέσο ατομικό βάρος. Η προσθήκη μικρής ποσότητας ΥΑΕ ή τυρογάλακτος σε στερεά τροφή είχε θετική επίδραση στην ανάπτυξη, όχι όμως σημαντική. Ως εκ τούτου προτείνεται, για τη βελτίωση του τρόπου εφαρμογής της υδρολίπανσης, η ταυτόχρονη χορήγηση οργανικής ουσίας μαζί με τα ΥΑΕ στο έδαφος των ελαιώνων.

Δεν καταγράφηκαν μεταβολές στις εδαφικές ιδιότητες πέραν των φυσιολογικών ορίων για την ανάπτυξη των καλλιεργείων υπό την επίδραση οποιασδήποτε τροφής. Συμπεραίνουμε επομένως ότι όλες οι τροφές που μελετήθηκαν και οι συνδυασμοί αυτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διατροφή των γαιοσκωλήκων σε εκτροφές και η ενσωμάτωσή τους στο έδαφος αποτελεί καλή γεωργική πρακτική η οποία δεν προκαλεί ανεπιθύμητες μεταβολές στις εδαφικές ιδιότητες.

## **Επιστημονική περιοχή: Ζωολογία**

**Λέξεις κλειδιά:** κοινότητες γαιοσκωλήκων, πλούτος ειδών γαιοσκωλήκων, πληθυσμιακή πυκνότητα γαιοσκωλήκων, καλλιεργούμενα οικοσυστήματα, αδιατάρακτα οικοσυστήματα, φυσικοί υγρότοποι, εποχιακή διακύμανση γαιοσκωλήκων, διατροφή γαιοσκωλήκων, έλλειμμα υγρασίας, όρος Πάρνηθα, Σπάτα, Νεμέα, βιολογική – συμβατική αμπελουργία, ΥΑΕ, υπολείμματα χλοοτάπητα, απορρίμματα εκκοκκισμού βάμβακος, φύλλα αμπέλου, φύλλα ελιάς, κοπριά, τυρόγαλα, υδρολίπανση με ΥΑΕ.

## **Studies of the seasonal fluctuation of earthworm populations in various cultivated or natural environments and the influence of food types on their development**

*Department of Crop Science  
Laboratory of Agricultural Zoology & Entomology*

### **ABSTRACT**

The survey of the earthworm communities in situ proved that, in Eastern-Central Greece, there exist 27 earthworm species of totally 66 present in Greece. There is great differentiation between biotopes regarding species occurrence, species richness and population density. The comparison of three types of ecosystems showed that cultivated soils had the highest species richness per place, followed by the natural wetlands, though the undisturbed places had the lowest number of species. A significant difference between cultivated and undisturbed places regarding species richness was detected. No significant differences were recorded between the above ecosystems regarding population densities, which fluctuated a lot within each ecosystem.

The seasonal fluctuation of the earthworm densities were studied in two natural sites in Parnitha Mountain, of which one was an area that had been stroke by a severe wild fire in 2007 and in vineyards cultivated under the conventional and organic systems in two places, Spata and Nemea, which have quite different climatic parameters. In Spata an abandoned vineyard was also sampled. The extraction method was the combination of collecting from the soil by digging up to 10 cm depth and hand sorting, followed by application of an aqueous suspension of mustard as irritant.

The results revealed differences in species occurrence, densities and period of activity between places. In all places earthworms underwent an active period that coincided with the wet season and a resting one during which they aestivated which happened in the dry season. The aestivation period corresponded with the moisture deficit months in each area. In the mountain of Parnitha an additional period of inactivity during winter was detected, caused by prolonged snow coverage.

The productive systems differed in species abundance, density and period of activity. The organic system had higher species abundance than the conventional in both places. The densities of the organic system were also significantly higher at least during the period of high activity. The abandoned vineyard in Spata had the highest density of this area, which was significantly superior from the conventional system. Subtle differences in the duration of the active period were detected between vineyards as a result of the different cultural practices in both areas.

The earthworm populations in the burned sites in Parnitha have not recovered yet since 2007.

The study of the effects of fertirrigation with Olive Mill Wastewaters (OMW) up to the dose of  $80\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ , as indicated by the official instructions, on the earthworm species *Octodrilus complanatus*, which is the most common anecic Greek species (among total three), was conducted indoors in plastic boxes using natural soil from an olive orchard. The results showed a negligible mortality and a positive, non significant effect on body growth. The undesirable small but significant increases in soil electrical conductivity and total salts are expected to wane during the following

period of rains. The parameters soil pH, soil carbonates, soil respiration rate, total soil nitrogen and its mineral forms were not affected significantly by OMW application in the presence of earthworms.

For the study of the effects of various foods on the growth of the species *O. complanatus* several byproducts or residues from common agricultural activities were tested, namely, plain olive leaves or amended with OMW, plain OMW, cotton ginning residues, lawn clippings, vine leaves, plain cow manure or amended with whey. The experiment was conducted indoors similarly to the fertirrigation trial. All the tested diets had the same positive influence on growth, except plain OMW which caused severe mortality and were excluded from the analysis. Cotton ginning residues induced the highest increase in mean body weight. The addition of a small quantity of OMW or whey in solid foods showed a positive though not significant influence. A suggestion for improving the fertirrigation of olive orchards with OMW in order to obtain the maximum benefit for the ecosystem and the fertility of the soil is to apply simultaneously various organic amendments in the soil.

The changes in soil properties induced by any diet did not exceed the limits for optimum crop production. Presumably, all foods and their combinations can be used to nourish earthworm cultures or to increase the fertility of the soils without undesirable side effects.

**Scientific area:** Zoology

**Keywords:** earthworm density, earthworm species richness, earthworm communities, cultivated ecosystems, undisturbed ecosystems, natural water bodies, seasonal fluctuations of earthworm populations, earthworms' diet, moisture deficit, Parnitha mountain, Spata, Nemea, organic – conventional viticulture, OMW, lawn clippings, cotton ginning residues, vine leaves, olive leaves, manure, whey, fertirrigation with OMW

## **ΔΗΛΩΣΗ ΕΡΓΟΥ**

Η έγκριση της Διδακτορικής Διατριβής από το Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής της Σχολής Επιστημών των Φυτών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών δεν υποδηλώνει την αποδοχή των γνώμων του συγγραφέως (ν. 5343/1932, άρθρο 202, παρ. 2).

Με την άδεια μου, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το ΓΠΑ και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και η πρωτοτυπία της.

**Χριστίνα Μαρία Χαλκιά**

**30/03/2023**



## Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλους θέλω να απευθύνω ευχαριστίες στη Δρ. Βαβουλίδου Ευαγγελία, πρώην ερευνήτρια Α' στο Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων του οργανισμού ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ και τώρα συνταξιούχο, μέλος της πρωτοσυστατης τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής, για την αστείρευτη ηθική και ψυχολογική υποστήριξη που μου παρείχε σε όλο το διάστημα της εκπαίδευσής μου και για την αλάνθαστη μεθόδευση και καθοδήγηση της στην εκπαίδευσή μου.

Θέλω ακόμα να εκφράσω την αμέριστη ευγνωμοσύνη που νοιώθω προς τον Καθηγητή Περγίκη Διονύσιο, επειδή αποδέχθηκε τη θέση του επιβλέποντα καθηγητή και επί χρόνια απάντησε στις ατελείωτες απορίες μου και με δόκιμο και μεθοδικό τρόπο ήταν παρόν για να επιλύσει ποικίλες υποχρεώσεις κατά τη μακρόχρονη περίοδο της υποψηφιότητάς μου ως διδάκτωρ.

Είναι απαραίτητη η υποχρέωση μου προς το τρίτο μέλος της πρωτοσυστατης συμβουλευτικής επιτροπής, τον Ομότιμο Καθηγητή ΓΠΑ Εμμανουήλ Νικόλαο για την προθυμία του να συμπαρασταθεί στην προσπάθειά μου, τη θετική στάση του απέναντι σε κάθε δυσκολία και την παρότρυνση για ολοένα και πιο ψηλούς στόχους, προς τον οποίο νοιώθω ότι πρέπει να απευθύνω θερμές ευχαριστίες.

Κεντρικό πρόσωπο στην επίτευξη των πνευματικών στόχων του παρόντος είναι ο Δρ. Csuzdi Csaba, Καθηγητής στο Eszterházy Károly University στο Eger της Ουγγαρίας, ο οποίος μου μεταλαμπάδευσε τα σχετικά με τη συστηματική μελέτη των γαιοσκωλήκων και μου παραχώρησε όλες τις γνώσεις που απέκτησε κατά την πολύχρονη έρευνα του πάνω στους γαιοσκώληκες της Ελλάδας, τον οποίο θέλω να ευχαριστήσω από καρδιάς.

Εποικοδομητική και πρόσφορη ήταν η συνεργασία μου με τα δύο μέλη της καταληκτικής τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής, τους Καθηγητές ΓΠΑ Παπαδούλη Γεώργιο και Γιαννακού Ιωάννη που αντικατέστησαν τα αποχωρήσαντα μέλη της πρωτοσυστατης επιτροπής, Δρ. Βαβουλίδου Ευαγγελία και Καθηγητή Εμμανουήλ Νικόλαο, διόρθωσαν υπομονετικά το κείμενο και έκαναν εύστοχες παρεμβάσεις, καθοδηγώντας την ανάδειξη των αποτελεσμάτων, τους οποίους ευχαριστώ από καρδιάς.

Ο Καθηγητής ΓΠΑ Χατζηπαυλίδης Ιορδάνης, μέλος του εργαστηρίου Γενικής και Γεωργικής Μικροβιολογίας του ΓΠΑ, που με καθοδήγησε στην εκτέλεση των πειραματικών μετρήσεων και των υπολογισμών που αποτιμούν τη μικροβιακή δραστηριότητα στο έδαφος για την ολοκλήρωση των κεφαλαίων 3 και 4 και μέσα από την ενασχόληση με το παράπλευρο αντικείμενο του επιστημονικού του τομέα συνεχώς μου υπενθυμίζει ότι υπάρχουν και άλλες άγνωστες σκοπιές από τις οποίες μπορούμε να δια φωτίσουμε την έρευνα μας και γι' αυτό του αξίζουν οι αμέριστες ευχαριστίες μου.

Ειλικρινείς ευχαριστίες απευθύνονται προς τα μέλη του εργαστηρίου Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας του ΓΠΑ και ιδίως τον εκλεκτό συνάδελφο Δάλλα Στυλιανό, αλλά και το νεαρότερο συνάδελφο Γκιόβο Άκη, συνεργάτη και μέλος της ομάδας του Καθηγητή Καλύβα, καθώς και στον εκλεκτό συνάδελφο Γεωργίου Παναγιώτη, μέλος του εργαστηρίου Συστηματικής Βοτανικής του ΓΠΑ, που βοήθησαν στην εκτέλεση των εδαφολογικών αναλύσεων, στην αποτύπωση δεδομένων σε χάρτες και στην αναγνώριση των βοτανικών ειδών αντίστοιχα και υπέδειξαν τις βέλτιστες ερμηνείες όταν χρειάστηκε. Την Δρ. Γεωργάλα Αικατερίνη, μέλος του εργαστηρίου Γαλακτοκομίας του ΓΠΑ, για την πολύτιμη συμμετοχή της

στη διεξαγωγή και ερμηνεία των αποτελεσμάτων του τετάρτου κεφαλαίου που σχετίζονται με το αντικείμενο της. Τον Ομότιμο Καθηγητή Σταμάτη Γ. και τον συνάδελφο Δρ. Ψωμιάδη Εμμανουήλ, μέλη του εργαστηρίου Ορυκτολογίας και Γεωλογίας που πρόθυμα με βοήθησαν για τον προσδιορισμό των γεωλογικών υποστρωμάτων διαφόρων περιοχών της μελέτης. Θερμά ευχαριστώ την Δρ. Εμμανουήλ Χριστίνα, μέλος του εργαστηριακού και διδακτικού προσωπικού στη Σχολή Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης του Αριστοτέλειου Πανεπιστήμιου Θεσσαλονίκης για τη βοήθεια που μου προσέφερε κατά την προετοιμασία των δημοσιευμάτων της παρούσας δουλειάς.

Την Δρ. Καλαϊτζάκη Αργυρώ, μέλος του Ινστιτούτου Ελιάς, Υποτροπικών Φυτών και Αμπέλου Χανίων, του οργανισμού ΕΛΓΟ – ΔΗΜΗΤΡΑ, για τις υποδείξεις της στο ίδιο κεφάλαιο και την μεσολάβηση της ώστε να προμηθευθώ πρώτες ύλες για την εκτέλεση του πειράματος.

Νοιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω τα μέλη της επταμελούς εξεταστικής επιτροπής που, με την απόφασή τους, με αξίωσαν του τίτλου του διδάκτορα στο παρόν αντικείμενο.

Δεν μπορώ να παραγνωρίσω τη βοήθεια που έλαβα από την βιολόγο κ. Δρούτσα Αγγελική της οποίας τα χνάρια ακολούθησα για την εύρεση των πειραματικών αγρών στην Πάρνηθα και Σπάτα στην οποία απευθύνω ειλικρινή ευχαριστήρια. Επίσης η βοήθεια πολλών φίλων, συναδέλφων και φοιτητών που μου υπέδειξαν διάφορα ενδιαφέροντα πεδία έρευνας στο ύπαιθρο και με συνόδευσαν στις δυσπρόσιτες και απομακρυσμένες περιοχές της μελέτης, μου υπενθυμίζει την υποχρέωση που τους έχω.

Χωρίς την συναίνεση των παραγωγών - ιδιοκτητών των κτημάτων που με φιλοξένησαν και έμπρακτα διευκόλυναν το έργο μου στον αγρό δεν θα ήταν δυνατή η συγκέντρωση των δεδομένων του πειραματισμού και για τον λόγο αυτό αισθάνομαι την ανάγκη να τους ευχαριστήσω. Θερμά ευχαριστώ τους κ. Γεώργια Δημήτριο και Βούλγαρη Άγγελο από τα Σπάτα, Τσιάνο Θεόδωρο, Ράπτη Χρήστο και Μπελεσιώτη Δημήτριο από τη Νεμέα και Πούλιο Χρήστο από τον Μαραθώνα. Τα μέλη του Φορέα Διαχείρισης Εθνικού Δρυμού Πάρνηθας αξίζει επίσης να μνημονευθούν για την απλόχερη και άμεση διευκόλυνση που μου παρείχαν σχετικά με την πρόσβαση στα πεδία δειγματοληψίας στην Πάρνηθα.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τα μέλη των εργαστηρίων Γεωργικής Ζωολογίας & Εντομολογίας και Σηροτροφίας & Μελισσοκομίας διότι με υπομονή διευκόλυναν την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδες

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

i	Ταξινομική θέση .....	1
ii	Μορφολογία .....	2
iii	Ενδιαίτημα .....	5
iv	Βιολογία .....	6
v	Διατροφή των γαιοσκωλήκων .....	10
vi	Σημασία των γαιοσκωλήκων για τη φύση και τον άνθρωπο .....	11
vii	Αβιοτικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη και την αύξηση των πληθυσμών τους .....	16

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### Συστηματική και πληθυσμιακή μελέτη των γαιοσκωλήκων της Ελλάδας

1.1	Εισαγωγή .....	19
1.2	Υλικά και μέθοδοι .....	22
1.2.1	Περιοχές – Οικοσυστήματα .....	22
1.2.2	Εξαγωγή, συλλογή και δειγματοληψία γαιοσκωλήκων .....	24
1.2.3	Συλλογή δειγμάτων εδάφους και στοιχείων της βλάστησης .....	25
1.3	Ανάλυση δεδομένων .....	26
1.4	Αποτελέσματα .....	27
1.4.1	Ομοιογένεια των βιοτόπων .....	27
1.4.2	Γαιοσκώληκες .....	30
1.4.3	Άλλοι αντιπρόσωποι της υποκλάσης Oligochaeta .....	36
1.4.4	Εδάφη .....	37
1.4.5	Χλωρίδα .....	41
1.4.6	Συσχετίσεις .....	41
1.5	Συζήτηση .....	44
1.5.1	Ομοιογένεια των δειγματοληπτικών μονάδων .....	44
1.5.2	Γαιοσκώληκες .....	44
1.5.2.1	Είδη γαιοσκωλήκων .....	44
1.5.2.2	Αφθονία γαιοσκωλήκων .....	47
1.5.2.3	Δομή πληθυσμών .....	50

1.5.2.4	Συσχετίσεις .....	50
1.5.3	Εδάφη .....	51
1.5.3.1	Υγρασία .....	51
1.5.3.2	Υφή .....	51
1.5.3.3	Οξύτητα – Ανθρακικά άλατα .....	52
1.5.3.4	Οργανική ουσία .....	54
1.5.4	Χλωρίδα .....	54
1.6.	Συμπεράσματα .....	55

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>**

### **Εποχική διακύμανση πληθυσμών γαιοσκωλήκων σε καλλιεργημένα ή μη εδάφη**

2.1	Εισαγωγή .....	58
2.2	Υλικά και μέθοδοι .....	60
2.2.1.	Περιοχές της μελέτης .....	60
A.	Πάρνηθα .....	60
B.	Σπάτα .....	61
Γ.	Νεμέα .....	63
2.2.2.	Συλλογή γαιοσκωλήκων, δειγματοληψίες εδαφών και στοιχείων της βλάστησης .....	64
2.3	Ανάλυση δεδομένων .....	66
2.4	Αποτελέσματα .....	67
A.	Πάρνηθα	
2.4.A.1	Εποχική διακύμανση πληθυσμών γαιοσκωλήκων .....	67
2.4.A.2	Εδάφη .....	70
2.4.A.3	Κλιματικά δεδομένα - Βλάστηση .....	71
B.	Σπάτα	
2.4.B.1	Εποχική διακύμανση πληθυσμών γαιοσκωλήκων στα Σπάτα .....	72
2.4.B.2	Εδάφη .....	78
2.4.B.3	Κλιματικά δεδομένα - Βλάστηση .....	78
Γ.	Νεμέα	
2.4.Γ.1	Εποχική διακύμανση πληθυσμών γαιοσκωλήκων στη Νεμέα .....	79
2.4.Γ.2	Εδάφη .....	84
2.4.Γ.3	Κλιματικά δεδομένα - Βλάστηση .....	84

Δ.	Σύγκριση των περιοχών .....	85
2.5.	Συζήτηση .....	85
2.5.A	Περιοχή μελέτης: Πάρνηθα	
2.5.A.1	Γαιοσκώληκες .....	85
	<i>Είδη γαιοσκωλήκων</i> .....	85
	<i>Πληθυσμιακή διακύμανση</i> .....	86
2.5.A.2	Συμπεράσματα για τους πληθυσμούς γαιοσκωλήκων της Πάρνηθας .....	89
2.5.B	Περιοχή μελέτης: Σπάτα	
2.5.B.1	Γαιοσκώληκες .....	90
	<i>Είδη γαιοσκωλήκων</i> .....	90
	<i>Πληθυσμιακή διακύμανση</i> .....	91
2.5.B.2	Σύγκριση των τριών συστημάτων καλλιέργειας στα Σπάτα .....	94
2.5.B.3	Συμπεράσματα για τους πληθυσμούς γαιοσκωλήκων των Σπάτων .....	98
2.5.Γ	Περιοχή μελέτης: Νεμέα .....	98
2.5.Γ.1	Γαιοσκώληκες .....	98
	<i>Είδη γαιοσκωλήκων</i> .....	98
	<i>Πληθυσμιακή διακύμανση</i> .....	100
2.5.Γ.2	Σύγκριση των δύο συστημάτων καλλιέργειας στη Νεμέα .....	102
2.5.Γ.3	Συμπεράσματα για τους πληθυσμούς γαιοσκωλήκων της Νεμέας .....	104
2.6	Σύγκριση των πληθυσμών γαιοσκωλήκων των τριών περιοχών .....	105
2.7	Γενικά συμπεράσματα από τη μελέτη της εποχικής διακύμανσης των γαιοσκωλήκων σε διάφορα εδάφη και περιοχές .....	107

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>**

#### **Επίδραση της υδρολίπανσης των εδαφών με ΥΑΕ στην ανάπτυξη του γαιοσκώληκα *Octodrilus complanatus***

3.1	Εισαγωγή .....	110
3.1.1	Σύσταση των ΥΑΕ .....	110
3.1.2	Συνέπειες της διάθεσης των ΥΑΕ .....	111
3.1.3	Επεξεργασία και διαχείριση των ΥΑΕ .....	112
3.1.4	Υδρολίπανση με ΥΑΕ .....	113
3.2	Υλικά και μέθοδοι .....	116
3.2.1	Γαιοσκώληκες .....	116
3.2.2	Εγκατάσταση του πειράματος, ΥΑΕ και μετρήσεις .....	117

3.2.3	Στατιστική επεξεργασία .....	122
3.3	Αποτελέσματα .....	122
3.3.1	Επίδραση στην επιβίωση και την ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων .....	122
3.3.2	Επίδραση σε παραμέτρους του εδάφους .....	124
3.4	Συζήτηση .....	131
3.4.1	Επίδραση των ΥΑΕ στην επιβίωση και την ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων .	131
	Τοξικότητα των ΥΑΕ .....	132
3.4.2	Επίδραση των ΥΑΕ σε παραμέτρους του εδάφους .....	133
3.5	Συμπεράσματα .....	137

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>**

### **Επίδραση διαφόρων τροφών στην ανάπτυξη του ακμαίου σταδίου του *Octodrilus complanatus***

4.1	Εισαγωγή .....	139
4.1.1	Αξιοποίηση της εκτροφής των γαιοσκωλήκων από τον άνθρωπο .....	139
4.1.2	Είδη γαιοσκωλήκων που χρησιμοποιούνται σε εκτροφές .....	140
4.2	Υλικά και μέθοδοι .....	142
4.2.1	Γαιοσκώληκες .....	143
4.2.2	Στερεές τροφές .....	143
4.2.3	Υγρά απόβλητα που χρησιμοποιήθηκαν ως τροφή .....	145
4.2.4	Προετοιμασία και διεξαγωγή του πειράματος .....	147
4.3	Αποτελέσματα	
4.3.1	Επίδραση της στερεάς και υγρής τροφής στους γαιοσκώληκες .....	150
4.3.2	Επίδραση της τροφής σε εδαφικές παραμέτρους .....	154
4.4	Συζήτηση .....	160
4.4.1	Επίδραση της τροφής στους γαιοσκώληκες .....	160
4.4.2	Επίδραση των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν ως τροφή των γαιοσκωλήκων στις ιδιότητες του εδάφους .....	166
4.5	Συμπεράσματα .....	169

<b>ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>171</b>
----------------------------------	------------

<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>175</b>
---------------------------	------------

<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ .....</b>	<b>212</b>
--------------------------	------------

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### Γαιοσκώληκες

#### i Ταξινόμική θέση

Οι γαιοσκώληκες υπάγονται στο Φύλο των Δακτυλιοσκωλήκων (Annelida). Τα κύρια χαρακτηριστικά που επιλέχθηκαν για την ταξινόμηση αυτού του αθροίσματος είναι: σώμα σκωληκόμορφο, αποτελούμενο από ίδια μεταμερή, σαν δακτυλίδια, ερμαφρόδιτοι οργανισμοί που δημιουργούν επίσαγμα κατά την περίοδο της αναπαραγωγής τους, φέρουν περιορισμένο αριθμό πολύ μικρών χιτίνινων τριχών σε κάθε δακτύλιο του σώματος τους, διπλό ζεύγος αρσενικών γονάδων σε 2 συνεχόμενους δακτυλίους (10<sup>ο</sup> και 11<sup>ο</sup>), τα ανοίγματα του αρσενικού γεννητικού συστήματος παρουσιάζονται τουλάχιστον κατά ένα δακτύλιο πίσω από τους όρχεις, το επίσαγμα σχηματίζεται από πολλές στιβάδες κυττάρων. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η ταξινόμηση της πιο κοινής Οικογένειας γαιοσκωλήκων στον Ελληνικό χώρο, της Lumbricidae, σύμφωνα με την κατάταξη που προτείνεται από ομάδα ερευνητών του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας της Ουγγαρίας (Csuzdi et al. 2018).

<b>Phylum:</b>	Annelida Lamarck, 1802
<b>Class:</b>	Clitellata Michaelsen, 1919
<b>Subclass:</b>	Diplostesticulata Yamaguchi, 1953
<b>Superorder:</b>	Megadrili Benham, 1890
<b>Order:</b>	Opisthopora Michaelsen, 1929
<b>Suborder:</b>	Classicitellata Jamieson, 1988
<b>Family:</b>	Lumbricidae Rafinesque-Schmaltz, 1819

Οι γαιοσκώληκες εξελίχθηκαν από θαλάσσιο πρόγονο της κλάσης των Πολύχαιτων ο οποίος ζούσε στη θάλασσα ήδη από τον Προτεροζωικό αιώνα, περίπου 570 εκατομμύρια χρόνια πριν (Βαβουλίδου κ.α. 2020). Δυστυχώς, λόγω του μαλακού τους σώματος διασώζονται ελάχιστα απολιθώματα. Ιχνοαπολιθώματα οριζόντιων

στοών που αποδίδονται σε γαιοσκώληκες βρέθηκαν στο κατώτατο όριο της Καμβρίου. Το πιο σημαντικό εύρημα σημειώθηκε στο Οντάριο του Καναδά και αφορά απολιθωμένο βομβύκιο επάνω σε πετρώματα της μεταπαγετικής περιόδου.

Σε παγκόσμιο επίπεδο οι γαιοσκώληκες ταξινομούνται σε 23 οικογένειες, ενώ ο αριθμός των ειδών που έχουν περιγραφεί μέχρι σήμερα ανέρχεται περίπου σε 5.500 είδη (Reynolds 2004, διαδίκτυο 1). Η πανίδα της Ελλάδας είναι αρκετά πλούσια σε είδη γαιοσκωλήκων αφού περιλαμβάνει συνολικά 66 είδη (Szederjesi et al. 2017).

## **ii Μορφολογία**

Οι γαιοσκώληκες έχουν σώμα κυλινδρικό, σκωληκόμορφο, επίμηκες, αμφιπλεύρως συμμετρικό. Παρουσιάζουν το τυπικό σωματικό πρότυπο του Φύλου των Δακτυλιοσκωλήκων, σχηματίζονται δηλαδή από πολλαπλή επανάληψη της ίδιας σωματικής μονάδας που έχει σχήμα δακτυλίου, απ' όπου άντλησαν και την ονομασία τους. Συνήθως η διατομή των ζώων αυτών είναι κυκλική με πιθανότητα να είναι κάπως επίπεδη στην κοιλιακή πλευρά. Σε ορισμένα είδη το οπίσθιο μέρος του σώματος έχει διατομή τετραγωνισμένη, οκταγωνική, τραπεζοειδή ή είναι πεπιεσμένο νωτοκοιλιακά. Ο αριθμός των μεταμερών του σώματος μπορεί να κυμαίνεται σε μεγάλο εύρος, αν και είναι σχετικά σταθερός για κάθε είδος. Παράγοντες που τον επηρεάζουν κατά Sims et al. (1999) είναι:

α. το μέγεθος και η ευρωστία του γονέα

β. οι συνθήκες κατά την εμβρυακή και την πρώτη νεανική ανάπτυξη

γ. η εποχή εκκόλαψης (αν είναι νωρίς μέσα στην εποχή δραστηριότητας, επειδή έχουν στη διάθεσή τους μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για να αναπτυχθούν, δημιουργούνται άτομα με μεγαλύτερο σώμα)

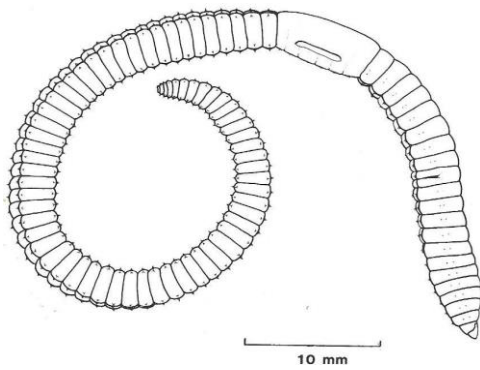
Το πλείστον των νεαρών, νεοεκκολαφθέντων ατόμων έχουν τον οριστικό αριθμό δακτυλίων που παρουσιάζουν τα τέλεια (επιμορφικός τρόπος αύξησης) και νέοι δακτύλιοι μπορεί να προστίθενται ως αντικαταστάτες σε περίπτωση τραυματισμού ή αποκοπής (Sims et al. 1999). Ορισμένα είδη προσθέτουν επιπλέον μεταμερή κατά την περίοδο ανάπτυξης των νεαρών (αναμορφικός τρόπος αύξησης) και αυτό γίνεται πάντα από το σημείο μπροστά από τον τελευταίο σωματικό δακτύλιο, τον περίπρωκτο.



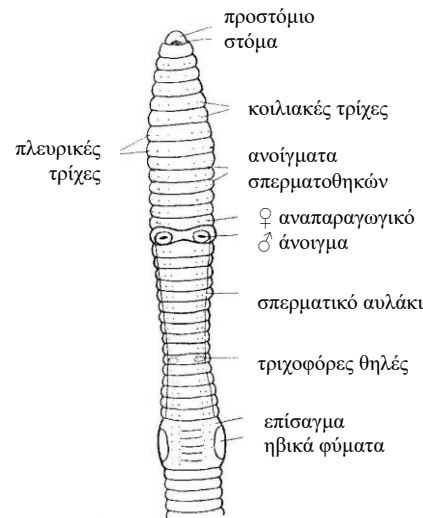
Το μήκος των τελείων ατόμων που απαντώνται στην Παλαιοαρκτική ζώνη κυμαίνεται από 1,5cm [*Dendrobaena pygmaea* (Savigny, 1826) (Classicitellata: Lumbricidae)] ως 30cm [*Lumbricus terrestris* L., 1758 (Classicitellata: Lumbricidae)] και η διάμετρος από 1 – 10mm. Πολύ μεγάλοι σε μέγεθος γαιοσκώληκες έχουν περιγραφεί από τροπικές περιοχές (Νεοτροπικής και Αιθιοπικής ή ακόμα και Αυστραλιανής προέλευσης είδη μπορεί να φθάσουν ως 3 m μήκος) (Edwards et al. 1996).

Συνέπεια της μεταμέρειας είναι η παρουσία αυλακώσεων εξωτερικά στο σώμα των γαιοσκωλήκων που διαιρούν το σώμα σε μεταμερή ή σωμίτες ή δακτυλίους και εγκαρσίων διαφραγμάτων μεσοδερμικής προέλευσης εσωτερικά στο σώμα τους, που ονομάζονται σέπτα και διαιρούν το κοίλωμα σε επιμέρους διαμερίσματα που καθένα φέρει όμοια όργανα με τα γειτονικά του. Στο επιδερμίδιο του ζώου, εξωτερικά, πιθανώς να υπάρχουν δευτερογενείς αυλακώσεις, ώστε κάθε δακτύλιος να διαιρείται το πολύ σε 3 ψευδοδακτυλίους (Sims et al. 1999).

Όλοι οι δακτύλιοι είναι ίδιοι ή σχεδόν, εκτός από τον πρώτο, που ονομάζεται περιστόμιο και περιβάλλει το στόμα και τον τελευταίο, τον περίπρωκτο, που περιβάλλει το εδρικό άνοιγμα (υπό μορφή κατακόρυφης σχισμής στο κέντρο του δακτυλίου αυτού) (εικόνα 1). Μπροστά από το στοματικό άνοιγμα σχηματίζεται ένα μύδρες εξάρτημα, το προστόμιο (εικόνα 2). Είναι ουσιαστικά ο πρώτος δακτύλιος που τοποθετείται ως λοβοειδές κάλυμμα του στόματος. Μπορεί να είναι ανεπτυγμένο ώστε να είναι ικανό να συγκρατήσει την τροφή π.χ. χόρτα και να την παρασύρει μέσα στις στοές του γαιοσκώληκα. Διαθέτει απτικά και χημειοαισθητήρια κύτταρα. Το σχήμα του, όταν παρατηρείται νωτιαία είναι ποικίλο και χρησιμοποιείται ως ταξινομικό γνώρισμα των ειδών. Έτσι υπάρχουν είδη με ζυγολοβικό προστόμιο, που εμφανίζεται συνεχόμενο με το περιστόμιο, προλοβικό, όταν έχει μία απλή διαχωριστική γραμμή με το περιστόμιο, επιλοβικό όταν έχει μια μικρή γλωσσοειδή προέκταση προς το περιστόμιο και τανύλοβο (τανύομαι + λοβός, τεντωμένος λοβός), όταν η γλωσσοειδής προέκταση φθάνει ως το πίσω όριο του περιστομίου και το χωρίζει στα δύο.



**Εικόνα 1:** Ακμαίο άτομο γαιοσκώληκα από (Sims & Gerard 1999)



**Εικόνα 2:** Κοιλιακή όψη του προσθίου άκρου ακμαίου γαιοσκώληκα από (Edwards & Bohlen 1996)

Οι γαιοσκώληκες φέρουν επάνω σε κάθε μεταμερές μικρό αριθμό τριχών (Sims et al. 1999, Sherloch 2012). Τα είδη των Οικογενειών Lumbricidae και Criodrilidae, που είναι τα γηγενή στην Ελλάδα, αλλά και πολλών άλλων, φέρουν 4 ζεύγη τριχών σε κάθε δακτύλιο, τοποθετημένων στην κοιλιακή πλευρά και πλευροκοιλιακά επάνω στο σώμα σε 8 διακριτές σειρές (εικόνα 2). Ορισμένα, όμως είδη (π.χ. της οικογένειας Megascolecidae) έχουν πολυάριθμες, λεπτότατες τρίχες (40-200) σε κάθε δακτύλιο, τοποθετημένες στον ισημερινό του δακτυλίου.

Επάνω στο σώμα αναγνωρίζονται διάφορες οπές επικοινωνίας με το εξωτερικό περιβάλλον (Sims et al. 1999, Βαβουλίδου κ.α. 2020). Οι νωτιαίοι πόροι που ανοίγονται στο μέσον του νώτου κάθε σωματικής αύλακας, με εξαίρεση τις πρώτες αύλακες, είναι πολύ μικροί και καμιά φορά αφανείς. Ο πρωταρχικός τους ρόλος είναι να αποβάλουν κοιλωματικό υγρό επάνω στην επιδερμίδα, ώστε να διατηρείται υγρή η επιφάνεια του σώματος. Ως συνέπεια ενεργούν ως απεκκριτικά και ωσμоруθμιστικά όργανα. Στα Lumbricidae και στις περισσότερες άλλες Οικογένειες, διακρίνουμε ακόμα τους νεφριδιοπόρους. Βρίσκονται επάνω από το κοιλιακό ζεύγος τριχών σε 2 σειρές εκατέρωθεν σε κάθε μεταμερές, αλλά μπορεί και να είναι κατανεμημένοι σε διάφορα σημεία επάνω στο σώμα σε όσα είδη εξέρχονται από το έδαφος και εκτίθενται στο ευμετάβλητο αερόβιο περιβάλλον. Συνήθως είναι πολύ μικροί και δύσκολα διακρινόμενοι. Αποτελούν απολήξεις των απεκκριτικών οργάνων των γαιοσκωλήκων και χρησιμεύουν ακόμα ως ωσμоруθμιστικά όργανα. Πόροι που έχουν σχέση με την αναπαραγωγή είναι ακόμα υπαρκτοί στους

γαιοσκώληκες. Οι γαιοσκώληκες είναι ερμαφρόδιτοι και επάνω στο ίδιο άτομο διακρίνουμε γεννητικά ανοίγματα αμφοτέρων των φύλων. Οι αρσενικοί γεννητικοί πόροι είναι συνήθως ένα ζεύγος και βρίσκονται κοιλιακά στον 13<sup>ο</sup> δακτύλιο, ή για τα Lumbricidae στον 15<sup>ο</sup>, ανάμεσα από τα 2 ζεύγη τριχών (εικόνες 1 & 2). Σε πολλά είδη διακρίνονται δύσκολα, σε άλλα είναι μεγάλοι και φέρονται σε διογκωμένα γεννητικά φύματα. Τα θηλυκά γεννητικά ανοίγματα αποτελούν επίσης ένα ζεύγος, είναι μικρά και βρίσκονται στον 14<sup>ο</sup> δακτύλιο, πλευροκοιλιακά. Υπάρχουν ακόμα τα ανοίγματα των σπερματοθηκών που παρουσιάζονται κατά ζεύγη στις πρόσθιες άυλακες του σώματος, στο ύψος του πλευρικού ζεύγους τριχών, ή ακόμα πιο νωτιαία.

Διακρίνουμε ακόμα το επίσαγμα. Είναι αδενώδης σχηματισμός στο πρόσθιο μέρος του σώματος (Csuzdi et al. 2003, Sherloch 2012) που δημιουργείται κατά την περίοδο της αναπαραγωγής και στην συνέχεια αποδιοργανώνεται. Καταλαμβάνει ορισμένο αριθμό δακτυλίων σε συγκεκριμένη θέση επάνω στο σώμα, χαρακτηριστική του είδους. Μορφολογικά μπορεί να μοιάζει με εφίππιο (σέλλα) ή να είναι σαν δακτυλίδι γύρω από το σώμα. Επάνω στο επίσαγμα υπάρχουν μεγάλα αδενώδη κύτταρα που εκκρίνουν βλέννα. Από αυτά κατά την ωοτοκία σχηματίζεται ένας χιτίνινος σωλήνας που διαμορφώνεται σε βομβύκιο (ωοθήκιο) αφού γεμίσει με βλέννα. Άλλοι ειδικοί αναπαραγωγικοί σχηματισμοί υπάρχουν επάνω στο σώμα του ώριμου ατόμου, με πιο κοινό τα ηβικά φύματα (tubercula pubertatis), που διακρίνονται στην κοιλιακή πλευρά του επισάγματος, κατά μήκος των πλευρικών ορίων του και μόνο σε όσα είδη δημιουργούν επίσαγμα τύπου εφίππιου (εικόνες 1 & 2). Τα ηβικά φύματα παρουσιάζονται υπό μορφή: α. αδενωδών επαρμάτων β. αυλάκων ή γ. ξεχωριστών επαρμάτων σε κάθε δακτύλιο. Το σχήμα, η θέση και ο αριθμός των δακτυλίων που καταλαμβάνουν τα ηβικά φύματα χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση των ειδών. Ο σχηματισμός αυτός συμμετέχει ενεργά στη σύζευξη, γι' αυτό δεν απαντάται σε είδη που πολλαπλασιάζονται παρθενογενετικά.

### **iii Ενδιαίτημα**

Παρότι οι γαιοσκώληκες είναι συνδεδεμένοι με το έδαφος κάποια είδη μπορούν ή επιλέγουν να ζήσουν σε άλλα ενδιαίτηματα όπως αποσυντιθέμενοι κορμοί δένδρων, οργανικά υλικά που συσσωρεύονται σε επίφυτα, το γλυκό ή θαλασσινό υδάτινο περιβάλλον (διαδίκτυο 1).

Με βάση το ιδιαίτερο περιβάλλον που προτιμούν για τη διαβίωση τους, τα είδη των γαιοσκωλήκων κατατάσσονται σε 3 βασικές οικολογικές κατηγορίες που δηλώνουν τις συνήθειες της καθημερινότητας τους, το ενδιαίτημα που δραστηριοποιούνται και τους πόρους που εκμεταλλεύονται (Sims et al. 1999, Lavelle et al. 2005). Τα επίγεια είδη είναι όσα ζουν επιφανειακά στο έδαφος, εφόσον υπάρχει οργανικός ορίζοντας ή μέσα σε υλικά όπως κοπριά, σωροί αποδομούμενων οργανικών υπολειμμάτων και αποβλήτων και μόνιμη στρωμένη φύλλων και τρέφονται από αυτά χωρίς απαραίτητα να καταναλώνουν ανόργανο έδαφος. Τα ενδόγεια είναι όσα ζουν κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, δεν την επισκέπτονται ποτέ και τρέφονται υποχρεωτικά από το ανόργανο έδαφος και την οργανική ουσία του. Τέλος τα ανοδικά είδη εγκαθίστανται μέσα σε βαθιές κατακόρυφες στοές και επισκέπτονται την επιφάνεια του εδάφους για να τραφούν από οργανικά υλικά επάνω σ' αυτή.

#### **iv Βιολογία**

Οι γαιοσκώληκες για την αναπαραγωγή τους αποθέτουν βομβύκια (ωοθήκια) με λεμονόμορφο σχήμα (Sims et al. 1999, Βαβουλίδου κ.α. 2020) (εικόνα 3). Για τα είδη που απαντώνται στον ελληνικό χώρο, το μέγεθος των βομβυκίων παραλλάσσει κατά βάση μεταξύ 1,2mm στο είδος *Eiseniella tetraedra* (Savigny, 1826) (Sims et al. 1999) (Classicitellata: Lumbricidae) και 7mm στο είδος *Octodrilus complanatus* (Dugés, 1828) (Classicitellata: Lumbricidae) (Monroy et al. 2007). Τα βομβύκια έχουν χιτίνινο περίβλημα, είναι ανθεκτικά στις περιβαλλοντικές αντιξοότητες και συνιστούν το μέσον διαίωσης του είδους αλλά και μορφή με την οποία οι γαιοσκώληκες μπορούν να επιβιώσουν όταν το περιβάλλον είναι απαγορευτικό για ενεργή τους δραστηριότητα.

Το βομβύκιο δημιουργείται από τον αδενώδη ιστό του επισάγματος και περιέχει, εκτός από τα αναπαραγωγικά κύτταρα, αλβουμίνη και βλέννα για τη θρέψη των εμβρύων. Μπορεί να έχει 1 – 20 έμβρυα. Συνήθως ισχύει ο κανόνας σύμφωνα με τον οποίο τα μικρόσωμα είδη δημιουργούν βομβύκια με περισσότερα έμβρυα σε σχέση με τα μεγαλόσωμα είδη. Έτσι, το είδος *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) (Classicitellata: Lumbricidae) που είναι ένας μικρόσωμος κομποστοποιητής μπορεί



**Εικόνα 3:** Βομβύκια γαιοσκωλήκων

να γεννήσει βομβύκια απ' όπου θα εκκολαφθούν 1-6 νεαρά, ενώ το είδος *O. complanatus*, το μεγαλύτερο σε μέγεθος είδος στην Ελληνική επικράτεια, γεννά μόνο ένα νεαρό σε κάθε βομβύκιο (Μοργου et al. 2007). Πολλά βομβύκια αποτυγχάνουν να εκκολαφθούν, είτε διότι δεν περικλείουν γεννητικά κύτταρα είτε διότι δεν ευνοήθηκε η παραγωγή και εξέλιξη του εμβρύου (Edwards et al. 1996).

Η μετεμβρυακή ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων είναι άμεση, δηλαδή το νεαρό άτομο από τη γέννηση του παρουσιάζεται με την ίδια μορφή με το ακμαίο αν και είναι μικρότερο από αυτό. Η μετεμβρυακή ανάπτυξη διαρκεί από 2 μήνες, όπως στο είδος *E. fetida*, έως περίπου 1 έτος, όπως στο είδος *L. terrestris* και εξαρτάται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος (Edwards et al. 1996). Στο είδος *O. complanatus* η ενηλικίωση μπορεί να συμβεί μετά από 5 μήνες με την προϋπόθεση ότι υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες. Ο χρόνος ενηλικίωσης καθορίζεται από πολλούς περιβαλλοντικούς παράγοντες, από την ποιότητα της τροφής και από πυκνοεξαρτημένες μεταβλητές του πληθυσμού (πυκνότητα εκτροφής κ.α.).

Το στάδιο του ανήλικου ή νεαρού ατόμου περατώνεται με την ωρίμαση των ηβικών φυμάτων επάνω στο σώμα του (Βαβουλίδου κ.α. 2020), οπότε το άτομο εισέρχεται στο στάδιο του ακμαίου προωοτοκίας, το οποίο έχει σχετικά σύντομη διάρκεια (υπό κανονικές συνθήκες διαρκεί περίπου ένα μήνα). Ακολουθεί το στάδιο του αναπαραγωγικού ακμαίου που σηματοδοτείται από το σχηματισμό του επισάγματος και κατά το οποίο ο γαιοσκωλήκας δημιουργεί τους απογόνους του.

Παρότι κατά κανόνα οι γαιοσκωλήκες συζευγνύονται και αναπαράγονται με αμφιγονία, κάποια είδη είναι παρθενογενετικά ή αυτογονιμοποιούμενα (Sims et al. 1999). Η παρθενογένεση διευκολύνει την εγκατάσταση των ειδών σε νέα

περιβάλλοντα και αποτελεί τον κανόνα στα κοσμοπολίτικα είδη. Η αυτογονιμοποίηση είναι συστηματική ή περιστασιακή, ανάλογα με το είδος (James et al. 2004).

Η γονιμότητα διαφέρει πολύ στα διάφορα είδη (Edwards et al. 1996). Κυμαίνεται από ένα μέγιστο 5,5 βομβύκια ανά εβδομάδα (για το *E. fetida*) και 233,6 βομβύκια ανά έτος, ως ένα ελάχιστο: 1 ή λιγότερα βομβύκια ανά έτος για τα πολύ μεγάλα τροπικά είδη. Συνήθως τα είδη που ζουν στους τροπικούς έχουν μικρή γονιμότητα με εξαίρεση ορισμένα παρθενογενετικά είδη π.χ. *Pontoscolex corethrurus* Schmarda, 1861 (Classicitellata: Glossoscolecidae) και *Polypheretima elongata* (Perrier, 1872) (Classicitellata: Megascolecidae), που μπορεί να παράγουν 80-100 βομβύκια ανά έτος. Στα εύκρατα κλίματα συνήθως παράγονται 20-60 βομβύκια/έτος, περισσότερα από τα επίγεια και λιγότερα από τα ενδόγεια και ανοδικά είδη. Επίσης μεγάλο ρόλο στην παραγωγή βομβυκίων έχει το υπόστρωμα διατροφής και η ύπαρξη οργανικής ύλης.

Μετά το πέρας της περιόδου αναπαραγωγής το επίσαγμα αποδιοργανώνεται και αποκαλύπτονται τρίχες, αυλάκια και δευτερεύουσες αυλακώσεις στην περιοχή του επισάγματος (Sims et al. 1999). Ο παραπάνω κύκλος ζωής επαναλαμβάνεται κάθε χρόνο για τα μακρόβια είδη ως μια ηλικία μετά από την οποία ο γαιοσκώληκας σταματά να αναπαράγεται.

Οι γαιοσκώληκες έχουν μακροβιότητα που εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το είδος και η οικολογική ομάδα στην οποία υπάγονται, η ποιότητα της τροφής, η ποιότητα του υποστρώματος και πιο συγκεκριμένα διάφορες φυσικοχημικές παράμετροι όπως το pH, η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και ανθρακικά άλατα, η κοκκομετρική σύσταση, η υδατοϊκανότητα, η αλατότητα, η παρουσία διαφόρων τοξικών παραγόντων όπως βαρέων μετάλλων, πολυφαινολών κ.ά. Καθοριστικοί είναι επιπλέον οι κλιματολογικοί παράγοντες και κυρίως η υγρασία, οι βροχοπτώσεις και η θερμοκρασία. Κατ' επέκταση το γεωγραφικό πλάτος στο οποίο ζουν αποτελεί παράγοντα διαμόρφωσης της μακροβιότητας των γαιοσκωλήκων (Edwards et al. 1996).

Σύμφωνα με την οικολογική τους ομάδα τα επίγεια είδη που εγκαθίστανται στο επιφανειακό, ασταθές ενδιαίτημα των οργανικών εδαφικών οριζόντων μπορούν, σε εύκρατα ή μεσογειακά κλίματα, να δραστηριοποιούνται μόνο κατά την υγρή εποχή του έτους οπότε φροντίζουν να παράγουν γρήγορα τα βομβύκια τους με τα οποία

επιβιώνουν κατά την ξηρή περίοδο. Αυτά τα είδη ζουν περίπου ένα έτος και μπορεί να συμπληρώνουν ως δύο γενιές ανά έτος. Είδη, όμως, με ικανότητα απόσυρσης σε βαθιά εδαφικά στρώματα όπου επικρατούν σταθερές συνθήκες περιβάλλοντος, όπως είναι τα ανοδικά είδη, μπορούν να προστατευθούν κατά την αντίξοχη εποχή και είναι πιο μακρόβια. Για να το καταφέρουν αυτό συνήθως υφίστανται ενδογενώς ελεγχόμενη διάπαυση με επιβράδυνση του μεταβολισμού τους. Έχει αναφερθεί ότι τέτοια είδη έζησαν σε εργαστηριακές συνθήκες ως 25 έτη (*L. terrestris*), αλλά υπό συνθήκες φυσικού περιβάλλοντος ζουν κατά μέσο όρο 2 έτη. Τέλος, υπάρχουν τα ενδόγεια είδη που είναι εξοικειωμένα να ζουν στο στρώμα εδάφους από 15 ως 40 εκατοστά και, υπό κανονικές συνθήκες, δεν αναδύονται στο μεταβλητό επιφανειακό περιβάλλον. Αυτά τα είδη για να επιβιώσουν κατά την ξηρή ή ψυχρή εποχή περιορίζουν τις ανάγκες τους και την δραστηριότητα τους κατά πολύ υφιστάμενα συνήθως εξωγενώς ελεγχόμενο λήθαργο. Έχει βρεθεί ότι έχουν ενδιάμεση μακροβιότητα συγκρινόμενα με τις δύο προηγούμενες ομάδες.

Ένα φαινόμενο που χαρακτηρίζει τους γαιοσκώληκες είναι η ικανότητα αναγέννησης των κατεστραμμένων σωματικών δακτυλίων τους, το οποίο ελέγχεται από νευροεκκριτικά κύτταρα που βρίσκονται στον εγκέφαλο ή σε άλλα γάγγλια. Το ζώο ανακτά τελικά το αρχικό του μέγεθος, όμως δεν είναι σίγουρο ότι αποκτά τον αρχικό αριθμό δακτυλίων. Η αναγέννηση παρουσιάζεται σε άτομα που υπέστησαν τραυματισμό και σε άλλα, μετά από αυτοτόμηση του οπισθίου τμήματος τους, όπως συμβαίνει σε τοξικά περιβάλλοντα, όπου στο οπίσθιο τμήμα συσσωρεύονται τα δηλητηριώδη προϊόντα του μεταβολισμού. Σε πολλά είδη προηγείται της διάπαυσης. Σε άλλα η αναγέννηση αποτελεί αιτία εισαγωγής σε διάπαυση.

Δύο από τα πιο κοινά είδη της ελληνικής γαιοσκωληκοπανίδας παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά:

Το είδος *Octodrilus complanatus* είναι πολύ χαρακτηριστικό, ανοδικό είδος, ευρέως διαδεδομένο στην περιοχή της Ν. Ευρώπης, κατά μήκος της Μεσογείου, στην Β. Αφρική, Κύπρο, Λίβανο, Συρία, Αζόρες, Παλαιστίνη αλλά και Αργεντινή, (Sánchez et al. 1997, Pop et al. 2004, Pavlíček et al. 2006, Stojanović et al. 2008, διαδίκτυο 2). Φθάνει σε μήκος 100-220mm και διάμετρο 4-10mm, δηλαδή είναι το πιο μεγάλο είδος στην ελληνική επικράτεια. Έχει χρώμα καφέ-φαιό, πιο σκούρο στο πρόσθιο και νωτιαίο τμήμα του, είτε χρώμα πολύ φωτεινότερο, καφέ. Οι 2 αυτές μορφές δεν αναγνωρίζονται επίσημα ως διαφορετικές φυλές.

Ευδοκιμεί σε βαθιά, μαλακά εδάφη. Αρέσκεται σε υγρές περιοχές, όχι όμως σε κορεσμένα εδάφη, προτιμά περιοχές με δένδρα και κυρίως δάση μελιάς (*Fraxinus excelsior* L.) ή καστανιάς (*Castanea sativa* Mill.), καθώς και τους κήπους. Ως προς τις ιδιότητες του εδάφους έχει προτίμηση σε όσα έχουν υψηλή οργανική ουσία και άζωτο, με ουδέτερη ή αλκαλική αντίδραση. Ανέχεται υψηλές συγκεντρώσεις σε ανθρακικά άλατα (Sánchez et al. 1997, Pavlíček et al. 2006).

Το είδος *Aporrectodea rosea* (Savigny, 1826) (Classicitellata: Lumbricidae) είναι ένα ενδόγειο, πολύ διαδεδομένο είδος στην Ελλάδα και σ' όλο τον κόσμο, αφού είναι κοσμοπολίτικο. Είναι μετρίου μεγέθους με μήκος 20-110mm και διάμετρο 2-4mm. Το πρόσθιο μέρος του σώματός τους είναι έντονα ρόδινο και το υπόλοιπο φαιό. Έχει καταγραφεί σε ποικίλα ενδιαίτηματα: όχθες ποταμών, λειμώνες, σπηλιές, δάση (οξιάς και βελανιδιάς), σε λασπώδη εδάφη και σε κήπους. Δεν έχει ιδιαίτερες εδαφολογικές απαιτήσεις, ενώ σχετική προτίμηση αναφέρεται σε ψυχρά περιβάλλοντα, χωρίς χαλίκια, με χαμηλή περιεκτικότητα σε άργιλο και υψηλή σε ιλύ. Είναι αρκετά ανθεκτικό στην μειωμένη εδαφική υγρασία (Csuzdi et al. 2003, Stojanović et al. 2008).

## **v Διατροφή των γαιοσκωλήκων**

Οι γαιοσκώληκες είναι σαπροφάγοι – γεωφάγοι οργανισμοί και αντλούν την ενέργεια και την ύλη που τους χρειάζεται από διάφορα οργανικά υλικά μέσα ή επάνω στο έδαφος. Για την διατροφή τους βασίζονται σε φυτικά υπολείμματα όπως ρίζες, στελέχη και πεσμένα φύλλα, άνθη και καρπούς και σε φυτικά εκκρίματα μέσα στη ριζόσφαιρα. Ακόμα μπορεί να καταναλώσουν ζωικής προέλευσης υλικά, όπως αποχωρήματα ή εκκρίματα ζώων, νεκρά ζώα και μέρη αυτών. Τέλος, σημαντικό μέρος της τροφής τους αποτελούν οι μικροοργανισμοί του εδάφους. Σπανίως προσβάλλουν ζωντανά κύτταρα φυτών του υπέργειου ή υπόγειου τμήματος, μπορούν όμως να τρέφονται με εύρωστους σπόρους και ζωντανά μέλη της μικρο- και μεσοπανίδας του εδάφους, όπως πρωτόζωα, ροτίφερα, νηματώδεις, τα οποία καταναλώνουν μάλλον τυχαία κατά τη λήψη της τροφής τους παρά επιλεκτικά. Για το είδος *E. fetida* η παρουσία πρωτόζωων στο υπόστρωμα διατροφής είναι απαραίτητη για την ενηλικίωση και την έναρξη της αναπαραγωγής (Edwards et al. 1996). Τέλος, οι γαιοσκώληκες μπορεί να τρέφονται με όλα τα παραπάνω οργανικά υλικά μετά από



τη σταθεροποίηση τους υπό μορφή χούμου, αφομοιώνοντας ότι είναι δυνατόν από αυτή την πολύ φτωχή πηγή ενέργειας του εδάφους. Μαζί με τα παραπάνω υλικά προσλαμβάνεται και ανόργανο έδαφος.

Οι ιδιότητες κάθε πιθανής τροφής καθορίζουν την αποδοχή της και την προτίμηση των γαιοσκωλήκων να διατραφούν από αυτή. Τα φρέσκα φυτικά υλικά δεν είναι αρεστά ως τροφή διότι έχουν υψηλό λόγο C/N και περιέχουν τοξικούς μεταβολίτες και φαινολικές ενώσεις. Ωστόσο, ενώ κάποια φυτικά είδη σχηματίζουν άμεσα αποδεκτά ως τροφή φυτικά υπολείμματα, το πλείστον δεν γίνονται αποδεκτά παρά μόνο μετά την αποδόμησή τους από τους μικροοργανισμούς του εδάφους και αποτελούν τα «δυσκολοχώνευτα υλικά» (Curry et al. 2007).

## **vi Σημασία των γαιοσκωλήκων για τη φύση και τον άνθρωπο**

Οι γαιοσκωλήκες έχουν την ιδιότητα να τροποποιούν το περιβάλλον στο οποίο ζουν. Πιο συγκεκριμένα αλλάζουν τη δομή του εδάφους προς όφελος του αερισμού και της υδατοπερατότητας και προς διευκόλυνση της κυκλοφορίας άλλων οργανισμών. Αυτό γίνεται με την διάνοιξη των μόνιμων κατακόρυφων στοών τους οι οποίες μπορεί να φθάσουν ως 2 μέτρα βάθος και με τις πιο επιφανειακές, ημιμόνιμες, οριζόντιες στοές, οι οποίες μπορεί να είναι πολυάριθμες, από 50 έως 200 ανά τετραγωνικό μέτρο, με μέγιστο ως 800 στοές ανά τετραγωνικό μέτρο. Οι στοές αυτές έχουν διάμετρο κατά μέσον όρο μεγαλύτερη από 2 χιλιοστά (από 1-12 mm) και, όπως συμβαίνει και με τις στοές που ανοίγουν οι ρίζες, μέσα σ' αυτές το νερό κινείται ελεύθερα με την επίδραση της βαρύτητας, χωρίς να εκδηλώνονται τριχοειδή φαινόμενα και άλλες ανασταλτικές δυνάμεις, εξασφαλίζοντας τη στράγγιση του εδάφους και ο αέρας κυκλοφορεί σχετικά ανεμπόδιστα τροφοδοτώντας με οξυγόνο τα στρώματα κάτω από την επιφάνεια.

Κάθε οικολογική ομάδα συνεισφέρει σε διαφορετικό βαθμό στη στράγγιση και υδατοπερατότητα. Οι Agarit et al. (2018) μελέτησαν την επίδραση των ανοδικών και ενδόγειων ειδών στην υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους και επιβεβαίωσαν την μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα των πρώτων λόγω του μεγέθους των στοών που κατασκευάζουν. Οι Lindahl et al. (2009) συμπεραίνουν ότι η πληθυσμιακή πυκνότητα των ανοδικών καθορίζει τα υδρολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους διότι είναι υπεύθυνα για τη διάνοιξη βαθιών, κατακόρυφων στοών ελεύθερης ροής στο έδαφος.

Ομοίως, οι Schon et al. (2017) ανέφεραν ότι υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της αφθονίας γαιοσκωλήκων και της στράγγισης του εδάφους.

Δεν είναι μοναδικοί στο να τροποποιούν τη δομή του εδάφους, αφού το ίδιο κάνουν και άλλοι οργανισμοί, όπως τα μυρμήγκια και οι τερμίτες, καθώς και οι ρίζες των φυτών (Lavelle et al. 2005). Η πρωτοπορία των γαιοσκωλήκων έγκειται στο ότι αυτοί είναι γεωφάγοι οργανισμοί αφού, εκτός από την οργανική ουσία σε αποσύνθεση από την οποία τρέφονται, καταπίνουν και ανόργανο έδαφος το οποίο επιλέγουν ώστε να είναι λεπτόκοκκο (Shipitalo et al. 2004). Ως αποτέλεσμα τα κοπρολύματα τους είναι μικρά ή μεγαλύτερα συσσωματώματα εδάφους πολύ πλούσια σε οργανική ύλη που δεν αφομοιώθηκε και συνιστούν ένα ακόμα στοιχείο της δομής του εδάφους. Κάποια είδη γαιοσκωλήκων αποβάλλουν τα αποχωρήματα τους, στην επιφάνεια του εδάφους ή μέσα στις στοές τους, πραγματοποιώντας έτσι επιλεκτική μετακίνηση εδαφικών τεμαχιδίων.

Τα κοπρολύματα μπορεί να είναι 2 τύπων ανάλογα με το είδος του γαιοσκώληκα: μεγάλα σφαιρικά ή μικρά κοκκώδη. Τα πρώτα περιβάλλονται από μανδύα πάχους 10-20μ, που αποτελείται από άργιλο και οργανικά τεμαχίδια, ώστε να είναι συμπαγής και αδιαπέραστος από νερό και μικροοργανισμούς. Έτσι προστατεύεται το περιεχόμενο και δεν αποδομείται η οργανική ουσία επί μήνες. Με τον τρόπο αυτό οι γαιοσκώληκες αποτελούν παράγοντες σταθεροποίησης και προστασίας της οργανικής ουσίας από τους μικροοργανισμούς και μάλιστα όσο πιο μεγάλα τα κοπρολύματα τόσο πιο μεγάλη η σταθερότητά τους και η προστασία της οργανικής ύλης (Fonte et al. 2009).

Μέσω της διατροφής τους, που περιλαμβάνει οργανικά υλικά σε διάφορα στάδια αποσύνθεσης, επιταχύνουν την ανακύκλωση της οργανικής ύλης και την απελευθέρωση των θρεπτικών μέσα στο έδαφος, δηλαδή διευκολύνουν την τροφοδοσία του εδάφους με άμεσα αφομοιώσιμα λιπαντικά στοιχεία. Συμμετέχουν στους κύκλους των C, N και S προσλαμβάνοντας υλικά με σχετικά υψηλό λόγο C/N τον οποίο μειώνουν προς όφελος της γονιμότητας του εδάφους (Parmelee et al. 1998).

Οι γαιοσκώληκες μεταβάλλουν τη μικροβιακή δραστηριότητα του εδάφους με τις εκκρίσεις τους, όπως η βλέννα που περιέχει ευκολοδιασπώμενες πηγές άνθρακα (ολιγοσακχαρίτες και σάκχαρα) και οι ορμονικές και άλλες μεταβολικά ενεργές ενώσεις. Είναι προφανές ότι ενεργοποιούν τους μικροοργανισμούς οι οποίοι

πολλαπλασιάζονται. Ακόμα επηρεάζουν τη μικροχλωρίδα του εδάφους με τη διατροφή τους διότι μαζί με την τροφή, παραλαμβάνουν και μικροοργανισμούς όλων των ταξινομικών ομάδων (βακτήρια, ακτινομύκητες, μύκητες, πρωτόζωα, μυκόρριζες κλπ) (Brown et al. 2004b). Πολλοί από αυτούς υφίστανται πέψη μέσα στο έντερο (Aira et al. 2009a). Κάποιοι άλλοι, όμως, βρίσκουν ευνοϊκό περιβάλλον (pH, υγρασία, πρωτεΐνες, σάκχαρα κλπ) και πολλαπλασιάζονται. Ως συνέπεια στο πεπτικό σύστημα των γαιοσκωλήκων βρίσκει εφαρμογή το φαινόμενο «sleeping beauty paradox», που χαρακτηρίζει πολλούς μικροοργανισμούς του εδάφους. Από την δίοδο στον πεπτικό σωλήνα των γαιοσκωλήκων κυρίως επωφελούνται οι ακτινομύκητες και τα βακτήρια. Αντίθετα, οι ζύμες και οι μύκητες μάλλον αφομοιώνονται από τους γαιοσκώληκες και επομένως μειώνεται ο πληθυσμός τους. Γενικά, στα αποχωρήματα των γαιοσκωλήκων ο μικροβιακός πληθυσμός είναι πολύ μεγαλύτερος από το εξωτερικό περιβάλλον (Edwards et al. 1988).

Διασπείρουν και ενεργοποιούν την ανάπτυξη των συμβιωτικών με τα φυτά αζωτοβακτηρίων καθώς και των ελευθέρων αζωτοδεσμευτικών ακτινομυκήτων και των μυκορριζών (Le Bayon et al. 2017). Βελτιώνουν την δράση και τον πληθυσμό των αζωτοδεσμευτικών *Azotobacter*. Μεταβάλουν το λόγο C/N του εδάφους, μειώνοντας ή αυξάνοντάς τον ανάλογα με το τροφικό υπόστρωμα που επεξεργάζονται.

Οι γαιοσκώληκες επιδρούν θετικά στην ανάπτυξη και τη λειτουργία των ριζών, διότι όπως έχει βρεθεί, εκκρίνουν οι ίδιοι ουσίες ομόλογες των αυξινών (IAA) και των βιταμινών του συμπλέγματος B, όπως έγινε γνωστό μετά από αναλύσεις των κοπρολυμάτων και του σώματος των γαιοσκωλήκων. Με αναλυτικότερες μεθόδους προσδιορισμού εντοπίστηκε η παρουσία κυτοκινίνης και αψισικού οξέος. Η παρουσία αυτών των ουσιών και οι ποσότητές τους εξαρτώνται από το είδος του γαιοσκώληκα (Edwards et al. 1996, Brown et al. 2004a).

Οι γαιοσκώληκες έχουν χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο για την επιτάχυνση της κομποστοποίησης διαφόρων υλικών, ιδίως δε για μεταχείριση των αποχωρημάτων εκτρεφόμενων ζώων και μετατροπή αυτών σε άοσμα οργανικά και μεγάλης γονιμότητας υποστρώματα για τη γεωργία. Αυτή η εμπορική δραστηριότητα ονομάζεται κομποστοποίηση με την βοήθεια γαιοσκωλήκων ή vermicomposting. Το προϊόν της κομποστοποίησης με γαιοσκώληκες είναι πολύ υψηλής ποιότητας υπόστρωμα ανάπτυξης με μεγάλη περιεκτικότητα σε χουμικές ενώσεις, ικανές

ποσότητες βιταμινών και φυτορμονών, υψηλούς πληθυσμούς μικροβίων, περισσότερο από πενταπλάσιες πυκνότητες σε σχέση με απλό κομπόστ. Ακόμα μετά από μαζικό πολλαπλασιασμό τους, έχουν παραχωρηθεί ως υψηλής πρωτεϊνικής αξίας τροφή σε εκτρεφόμενα ζώα, όπως οι σολομοί, χοίροι και πουλερικά (Edwards et al. 2004, Yadav et al. 2014).

Μια άλλη πολύ σημαντική ιδιότητα του οργανικού υποστρώματος που παράγεται με τη βοήθεια των γαιοσκωλήκων είναι η επαγωγή ανθεκτικότητας στα φυτά έναντι διαφόρων εχθρών και ασθενειών. Αυτή η συνεισφορά είναι ιδιαίτερα εξειδικευμένη όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα σε φυτά λάχανου βρέθηκε (Little et al. 2011) ότι υπήρχε υψηλού βαθμού ανθεκτικότητα στις επιθέσεις των προνυμφών του εξειδικευμένου είδους-εχθρού *Pieris rapae* L., 1758 (Lepidoptera: Pieridae) όχι όμως του πιο πολυφάγου εχθρού *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae) και η ανθεκτικότητα αυτή οφείλονταν σε αντιβίωση και όχι στην καλύτερη ανάπτυξη του φυτού ή στα υψηλά επίπεδα των θρεπτικών στοιχείων που παρέχονταν μέσα στους ιστούς του. Αντίθετα τα φυτά *Arabidopsis sp.* εκδήλωσαν σημαντική ανθεκτικότητα στις προσβολές από το *Helicoverpa zea* όταν αναπτύσσονταν σε δύο μίγματα με διαφορετικό τύπο βερμικομπόστ και μάλιστα ο ένας τύπος υποστρώματος επήγαγε ανθεκτικότητα τύπου αντιξένωσης και ελαφράς αντιβίωσης, ενώ ο άλλος προκάλεσε αξιοσημείωση προστασία λόγω αντιβίωσης (Cardoza 2010). Πολλά παραδείγματα μπορούν να αναφερθούν όπως η ανθεκτικότητα των φυτών τομάτας στην αφίδα *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) και σε φυλλοφάγα Κολεόπτερα ή φυτών αγγουριάς στην αφίδα *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae). Προφανώς η μεταβολή στη σύνθεση των θρεπτικών του υποστρώματος και τη διαθεσιμότητα των ανόργανων συστατικών μαζί με τη δράση των μικροβίων επί των ριζών του φυτού μπορεί να εξηγήσει αυτή την ιδιότητα (Arancon et al. 2005).

Το υλικό αυτό έχει την ιδιότητα να προλαμβάνει και να καταστέλλει τις προσβολές από πολλούς φυτοπαθογόνους μύκητες εδάφους όπως *Phytophthora spp.*, *Fusarium spp.* *Rhizoctonia spp.* και ανάμεσα στις πιθανές αιτίες αναφέρονται οι θετικές επιδράσεις επί ανταγωνιστικών οργανισμών του εδάφους και η ενίσχυση της άμυνας του φυτού μέσω της καλύτερης διατροφής (Edwards et al. 2004). Ομοίως το προϊόν κομποστοποίησης με την βοήθεια γαιοσκωλήκων έχει την ικανότητα να προστατεύει τα φυτά από φυτοπαθογόνους νηματώδεις, όπως του γένους

*Meloidogyne*. Αυτό είναι εφικτό μέσω των κάτωθι μηχανισμών: μεταβολή στη σύσταση της κοινότητας των νηματωδών προς όφελος των σαπροφάγων και αρπακτικών, διασπορά και ενίσχυση των νηματωβόρων μυκήτων του εδάφους, πολλαπλασιασμό των ριζοβακτηρίων που εκκρίνουν τοξίνες και ανασταλτικά της ανάπτυξης ένζυμα, τοξική σύσταση του ίδιου του βερμικομπόστ που μπορεί να περιέχει θειούχες ενώσεις, αμμωνία και υψηλά επίπεδα νιτρικών (Edwards et al. 2004).

Στη φύση, οι γαιοσκώληκες αποτελούν τροφή πολλών ειδών, όπως θηλαστικά (τυφλοπόντικας, ασβός, σκαντζόχοιρος, μυγαλή, χοίρος, αλεπού), πολλά πτηνά (κότσυφας, μεκάτσα, ψαρόνι, τσίχλα, γλάρος, κοκκινολαίμης, κοράκι, πελεκάνος, δρυοκόλαπτης και όρνιθες), διάφορα ερπετά, αμφίβια και έντομα (Carabidae, Staphylinidae), χηλόποδα και κοχλίες (σαλιγκάρια) (Edwards et al. 1996).

Η ιδιότητα τους να συσσωρεύουν τοξικά συστατικά, το γεγονός ότι πολλαπλασιάζονται γρήγορα και η ευκολία εκτροφής τους, τους καθιστά πολύτιμους παράγοντες στη μελέτη των επιδράσεων διαφόρων τοξικών ουσιών στο οικοσύστημα (Edwards et al. 1996). Οι λόγοι που συνέτειναν στην ανάδειξη των γαιοσκωλήκων ως πολύτιμου υλικού για τοξικολογικές μελέτες είναι: η στενή τους σχέση και η συνεχής επαφή με το έδαφος, η ευρεία εξάπλωση ιδιαίτερα ορισμένων ειδών, το μεγάλο μέγεθος και η ευκολία εντοπισμού μέσα από το έδαφος, η ευκολία εκτροφής σε εργαστηριακές συνθήκες, το γεγονός ότι είναι ανθεκτικοί σε πολλούς τοξικούς παράγοντες, όπως βαριά μέταλλα, χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες και το ότι συσσωρεύουν στο σώμα τους μεγαλύτερες πυκνότητες τοξικών από το περιβάλλον έδαφος. Ακόμα μεγάλη βαρύτητα έχει η σχέση τους με πολλά άλλα ζώα μέσω της τροφικής αλυσίδας.

Τέλος, δεν πρέπει να παραλείψουμε να αναφέρουμε ότι, τα ζώα αυτά, λόγω της ιδιότητας τους να καταπίνουν το έδαφος μαζί με ότι υπάρχει μέσα σ' αυτό, είναι δυνητικοί παρατετατικοί ή ενεργοί ξενιστές διαφόρων παθογόνων π.χ. πρωτοζώων, πλατυελμίνθων, νηματωδών και βακτηρίων. Ως παράδειγμα αναφέρουμε τα είδη νηματωδών *Metastrongylus* spp., που προκαλούν παρασιτική βρογχοπνευμονία στους χοίρους όταν αφήνονται να βοσκήσουν σε μολυσμένα λιβάδια μετά από βροχή (Εμμανουήλ 2001).

## **vii Αβιοτικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη και την αύξηση των πληθυσμών γαιοσκωλήκων**

Οι σπουδαιότεροι περιβαλλοντικοί παράγοντες που καθορίζουν την επιβίωση και δραστηριότητα των γαιοσκωλήκων είναι η υγρασία και η θερμοκρασία. Το σώμα του γαιοσκώληκα αποτελείται κατά 75-90% από νερό κατά βάρος (Edwards et al. 1996). Η απώλεια ύδατος μπορεί να φθάσει το 70-75% χωρίς να έχουμε επιπτώσεις στην επιβίωση του γαιοσκώληκα. Υπάρχει διακύμανση της αντοχής στην ξηρασία μεταξύ των ειδών: τα είδη που εκτελούν κομποστοποίηση είναι πιο απαιτητικά σε υγρασία από όσα ζουν μέσα στο ανόργανο έδαφος. Τα μεταναστευτικά - κομποπολίτικα είδη οφείλουν εν μέρει την ευρεία διάδοση τους στην προσαρμοστικότητα τους σε μεγάλο εύρος υγρασιακών μεταβολών.

Η θερμοκρασία επηρεάζει όλα τα στάδια της ζωής και τις λειτουργίες των γαιοσκωλήκων όπως τη διάρκεια εκκόλαψης των βομβυκίων, τον αριθμό των βομβυκίων, το ρυθμό ανάπτυξης (Edwards et al. 1996, Sims et al. 1999). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το *L. terrestris* στους 15°C, που είναι η άριστη θερμοκρασία, παράγει 25 βομβύκια ανά έτος. Το ποσοστό εκκόλαψης των βομβυκίων του είναι μέγιστο στους 20°C ενώ η ανάπτυξη και η δραστηριοποίηση των ατόμων ευνοείται μεταξύ 15 και 20°C. Το ανώτερο θερμικό όριο που αντέχουν οι γαιοσκώληκες εξαρτάται από το είδος και για το *L. terrestris* είναι 28°C. Οι χαμηλές θερμοκρασίες επηρεάζουν αρνητικά τους γαιοσκώληκες. Η πρώτη αντίδραση είναι η επιβράδυνση του μεταβολισμού και της δραστηριότητας αυτών, η καθυστέρηση της εκκόλαψης και τελικά η εισαγωγή σε λήθαργο ή διάπαυση.

Η υφή του εδάφους επηρεάζει τους πληθυσμούς και τη βιομάζα των γαιοσκωλήκων. Έχουν καταγραφεί αρνητικές επιδράσεις όταν το έδαφος είναι πολύ ελαφρύ ή χαλικώδες σε σχέση με μέσης σύστασης διότι προκαλείται μηχανική φθορά στην επιδερμίδα και δεν συγκρατείται αρκετή υγρασία. Τα πολύ βαριά εδάφη επίσης είναι ανασταλτικά για την δραστηριότητα των γαιοσκωλήκων διότι δυσκολεύονται να ανοίξουν τις στοές τους και μπορεί να παραμείνουν κορεσμένα για μεγάλο διάστημα με συνέπεια την χαμηλή οξυγόνωσή τους (Curry 2004).

Ο κορεσμός τους εδάφους (π.χ. κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης) προκαλεί αρνητική επίδραση στους γαιοσκώληκες, διότι το νερό εκτοπίζει το οξυγόνο από την ατμόσφαιρα του εδάφους, διαλυτοποιεί τοξικά στοιχεία και αυξάνει την οξύτητα

(Sims et al. 1999). Ως αντίδραση οι γαιοσκώληκες ανεβαίνουν στην επιφάνεια του εδάφους, όπου περιφέρονται.

Τα περισσότερα είδη γαιοσκωλήκων ανέχονται μεγάλο εύρος pH, αλλά κάποια είναι πιο οξύφιλα από κάποια άλλα. Το είδος *O. complanatus* είναι ουδέτερο προς βασεόφιλο, με βέλτιστο pH ~7, ενώ τα περισσότερα Lumbricidae ανέχονται pH μεταξύ 5 – 7,4 (Curry 2004). Το pH επηρεάζει την εισαγωγή σε διάπαυση: όξινα εδάφη επάγουν τη διάπαυση και επιμηκύνουν το χρόνο παραμονής σε αυτή (Edwards et al. 1996).

Οι γαιοσκώληκες μπορούν να αντέξουν συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> ως 50% στην ατμόσφαιρα του εδάφους. Βρέθηκε ότι το είδος *E. fetida* δεν αντιδρά όταν το CO<sub>2</sub> του εδάφους αυξηθεί ως 25% (Edwards et al. 1996).

Ειδικά στα καλλιεργούμενα εδάφη οι γαιοσκώληκες εξαρτώνται εκτός από τα παραπάνω και από πολλούς άλλους παράγοντες κάποιοι από αυτούς αναφέρονται ακολούθως: το είδος της καλλιέργειας κατά το οποίο οι δενδρώδεις καλλιέργειες και τα ψυχανθή ευνοούν καλύτερα τις κοινότητες των γαιοσκωλήκων, την ένταση της κατεργασίας του εδάφους η οποία πρέπει να είναι ελαφριά (Βαβουλίδου κ.α. 2020), τον τύπο λίπανσης και τον τύπο του λιπάσματος με την οργανική λίπανση να έχει πάντα θετικές επιδράσεις αντίθετα από την έκθεση σε κάποια χημικά λιπάσματα που μπορεί να προκαλέσει αλλοιώσεις στο επιδερμίδιο των γαιοσκωλήκων (Samal et al. 2019). Επίσης, η χρήση αγροχημικών αναφέρεται ως επιζήμια στους πληθυσμούς και τις υπηρεσίες που προσφέρουν από πολλούς ερευνητές (Bilalis et al. 2001, Eijsackers et al. 2005, Zaller et al. 2018).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ**

**Συστηματική και πληθυσμιακή μελέτη  
των γαιοσκωλήκων σε περιοχές της Ελλάδας**



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

### Συστηματική και πληθυσμιακή μελέτη των γαιοσκωλήκων σε περιοχές της Ελλάδας

#### 1.1 Εισαγωγή

Οι κοινότητες των γαιοσκωλήκων αποτέλεσαν αντικείμενο πολλών οικολογικών ερευνών σε διάφορα μέρη του κόσμου. Κατ' αρχάς οι αναζητήσεις των ταξινομών εμπεριέχουν αρκετά στοιχεία οικολογίας διότι γίνεται αναφορά του ενδιαιτήματος και του αριθμού των ατόμων των ειδών που συλλέγονται. Πάρα πολλοί ερευνητές έχουν παρουσιάσει στοιχεία που αφορούν τους πληθυσμούς γαιοσκωλήκων σε καλλιέργειες ή σε άλλα οικοσυστήματα και έχουν επιχειρήσει να κάνουν συσχετίσεις με περιβαλλοντικές παραμέτρους (Robinson et al. 1992, Didden 2001, Sanchez - de Leon et al. 2003, Whalen 2004, Szlavecz et al. 2006, Huerta et al. 2007, Ermakov et al. 2010, Feijoo et al. 2011, Shylesh Chandran et al. 2012, Kalu et al. 2015, Domínguez et al. 2016 και πολλοί άλλοι).

Οι μεταβολές των πληθυσμών των γαιοσκωλήκων εξαρτώνται από παράγοντες που διακρίνονται σε βιοτικούς και αβιοτικούς. Στους βιοτικούς παράγοντες συγκαταλέγονται ο ανταγωνισμός για την εξασφάλιση της τροφής και την εκμετάλλευση του διαθέσιμου υποστρώματος, ο παρασιτισμός και η θήρευση. Ο ανταγωνισμός χωρίζεται σε ενδοειδικό, που κυρίως εκδηλώνεται όταν η πληθυσμιακή πυκνότητα είναι υψηλή και διαειδικό ανταγωνισμό. Ένα παράδειγμα που αφορά τον τελευταίο είναι μεταξύ των εισαγόμενων, κοσμοπολίτικων ειδών σε ένα τόπο και των γηγενών ειδών που συνήθως έχει ως αποτέλεσμα την επικράτηση των πρώτων και τον αφανισμό ή εκτόπιση των δεύτερων (James et al. 2004). Οι κοινότητες των γαιοσκωλήκων στην φύση σχηματίζονται από 1 – 15 είδη, συνήθως όμως δεν υπερβαίνουν τα 3 – 6 είδη (Edwards et al. 1996, Pop 1997).

Στους αβιοτικούς παράγοντες υπάγονται όλες οι υπόλοιπες παράμετροι του περιβάλλοντος: γεωγραφικό πλάτος, υψόμετρο, κλίμα, μητρικό πέτρωμα, εδαφικές ιδιότητες, τοπογραφικό ανάγλυφο, χρήση του εδάφους από τον άνθρωπο κυρίως όμως η βλάστηση, από την οποία προέρχεται η κύρια ποσότητα της τροφής και προσδίδει ευνοϊκές ή δυσμενείς ιδιότητες στο έδαφος για την ανάπτυξη των πληθυσμών (Curry 2004, Phillips et al. 2021).

Κατά κανόνα, η χρήση της γης για παραγωγή αγροτικών προϊόντων επηρεάζει ανάλογα με το βαθμό εντατικοποίησης και το σύστημα παραγωγής. Οι πολυετείς καλλιέργειες και η ακαλλιέργεια του εδάφους είναι λιγότερο επιβλαβείς για τους γαιοσκώληκες διότι δεν καταστρέφουν τις στοές και δεν διακόπτουν την τροφοδοσία τους με οργανικά υλικά από την επιφάνεια του εδάφους (Lindahl et al. 2009). Τα πολυετή φυτά προσφέρουν καλύτερης ποιότητας φυτικά υπολείμματα. Το σύστημα παραγωγής βιολογικών προϊόντων συνήθως στηρίζεται σε μια πλούσια οργανική λίπανση και επιδρά θετικά στους πληθυσμούς, ωστόσο όταν η αντιμετώπιση των ζιζανίων γίνεται με επαναλαμβανόμενο μηχανικό τρόπο, αυτή έχει αρνητική επίδραση λόγω καταστροφής των θέσεων διαβίωσης και του πιθανού τραυματισμού τους (Pfiffner et al. 2007, Domínguez et al. 2016). Η διαχείριση της αυτοφυούς βλάστησης είναι από τους πιο καθοριστικούς παράγοντες για τις πληθυσμιακές πυκνότητες των γαιοσκωλήκων. Οι Vršič et al. (2021), στην Κεντρική Μ. Βρετανία, κατέγραψαν πολύ υψηλές πυκνότητες ( $732 \pm 244$  άτομα  $m^{-2}$ ) όταν υπήρχε ενδιάμεση καλλιέργεια σε σχέση με όταν εφαρμοζόταν άροση, ενώ οι Prendergast-Miller et al. (2021) βρήκαν ότι η εδαφοκάλυψη με άχυρο και η διατήρηση της φυτοκάλυψης ήταν οι πιο ευεργετικοί χειρισμοί για τους γαιοσκώληκες σε αμπελώνες της Σλοβενίας με πληθυσμούς να κυμαίνονται μεταξύ  $178 \pm 15$  και  $66 \pm 7$  άτομα  $m^{-2}$ , αντίστοιχα.

Ως προς την επίδραση των ιδιοτήτων του εδάφους, οι Hoeffner et al. (2021) αναφέρουν ότι η οργανική ουσία και η αύξηση του εδαφικού pH επέδρασαν θετικά στη ποικιλότητα των ειδών, πυκνότητα και βιομάζα σε λειμώνες της Β. Γαλλίας, αντίθετα από την περιεκτικότητα σε άμμο και την πυκνότητα βόσκησης.

Στην Ελλάδα η έρευνα ως προς τα είδη των γαιοσκωλήκων και τους πληθυσμούς τους ανέτειλε το 1832, όταν ο γάλλος εντομολόγος Brullé αναγνώρισε τα πρώτα δείγματα από περιοχές της Πελοποννήσου (Τζελέπης 1943). Για πολλά χρόνια διάφοροι ταξινόμοι μελέτησαν την ελληνική σκωληκοπανίδα κυρίως από το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας της Ουγγαρίας και άλλα Ιδρύματα στη Βουδαπέστη (Zicsi et al. 1981 & 1993, Szederjesi et al. 2012 & 2014). Μολαταύτα, οι εργασίες αυτές εστιάζουν σε συστηματική διερεύνηση της σκωληκοπανίδας καταγράφοντας συνολικά 67 είδη και, αν και παρέχουν λεπτομερή στοιχεία ως προς τα χαρακτηριστικά του βιοτόπου ανεύρεσης, δεν παραθέτουν αριθμητικά δεδομένα που να περιγράφουν το ύψος των πληθυσμών κάθε είδους σε κάθε ενδιαίτημα. Οι Michalis et al. (1985), σε φυσικά οικοσυστήματα ορεινών όγκων στο νομό Πέλλας,

κατέγραψαν τη θετική συσχέτιση του πλούτου των ειδών γαιοσκωλήκων με την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και την αρνητική με την περιεκτικότητα σε άργιλο και ιλύ. Ο Michalis (1987) συσχέτισε και κατέταξε τα είδη που συνέλεξε στην Θράκη σε 5 κλάσεις ανάλογα με την συχνότητα ανεύρεσής τους σε εδάφη διαφορετικής ορυκτολογικής σύστασης ανεξάρτητα από τη χρήση αυτών των εδαφών.

Η επίδραση του συστήματος καλλιέργειας ελαιώνων στην πληθυσμιακή πυκνότητα, βιομάζα και πλούτο ειδών γαιοσκωλήκων έδειξε ότι σε ελαιώνες βιολογικής καλλιέργειας αναπτύχθηκαν μεγαλύτεροι πληθυσμοί και σημειώθηκαν περισσότερα είδη γαιοσκωλήκων σε σχέση με συμβατικές καλλιέργειες (Solomou et al. 2012). Οι ίδιοι ερευνητές, το 2013, συμπέραναν ότι η γονιμότητα του εδάφους σχετίζεται θετικά με τους πληθυσμούς των γαιοσκωλήκων. Σε μια πολύ πρόσφατη εργασία (Solomou et al. 2021) η παραγωγή των βιολογικών ελαιώνων συσχετίστηκε θετικά με την πληθυσμιακή πυκνότητα των γαιοσκωλήκων διότι αυτοί πραγματοποιούν αποδόμηση των οργανικών υλικών και εμπλουτίζουν το έδαφος με θρεπτικά συστατικά.

Η πληθυσμιακή πυκνότητα των γαιοσκωλήκων σε αροτραίες καλλιέργειες, αμπέλι, ελιές και διάφορα καρποφόρα δένδρα, όπου εφαρμόζονταν ποικίλες μορφές διαχείρισης του εδάφους σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας βρέθηκε να συσχετίζεται ισχυρά με θετικό τρόπο με το ποσοστό οργανικής ουσίας του εδάφους (Vanoulidou et al. 2021). Τέλος, η συμβατική εδαφοκατεργασία (κατά την οποία παραμένουν καθόλου έως ελάχιστα φυτικά υπολείμματα στην επιφάνεια του εδάφους) βρέθηκε ότι έχει πολύ σημαντική αρνητική επίπτωση στους πληθυσμούς των γαιοσκωλήκων σε σχέση με την συντηρητική κατεργασία (κατά την οποία παραμένουν τουλάχιστον ως 30% φυτικά υπολείμματα στην επιφάνεια του εδάφους) και την ακαλλιέργεια (Μπιλάλης κ.α. 2019, Βαβουλίδου κ.α. 2020).

Από την παραπάνω βιβλιογραφική ανασκόπηση γίνεται φανερό ότι, οι κοινότητες των γαιοσκωλήκων στην Ελλάδα έχουν πολύ λίγο διερευνηθεί σε οικοσυστήματα εκτός των καλλιεργούμενων τόσο ποιοτικά, όσο και ποσοτικά. Ωστόσο αυτή η γνώση είναι απαραίτητη για να αντιληφθούμε την λειτουργία του εδάφους δεδομένου ότι οι γαιοσκώληκες είναι από τα πιο βασικά μέλη της πανίδας του. Η παρούσα μελέτη έχει ως σκοπό την καταγραφή των ειδών γαιοσκωλήκων που απαντώνται σε υγροτόπους, αδιατάρακτα οικοσυστήματα και καλλιεργούμενες

περιοχές, την εκτίμηση των πληθυσμών τους και την διερεύνηση των επιδράσεων των εδαφολογικών ιδιοτήτων και της βλάστησης στη διαμόρφωση των πληθυσμών.

## 1.2 Υλικά και μέθοδοι

### 1.2.1 Περιοχές μελέτης - Οικοσυστήματα

Τα είδη των γαιοσκωλήκων και οι πληθυσμοί τους καταγράφηκαν σε 45 περιοχές που ανήκαν σε 3 είδη οικοσυστημάτων. Καταγράφηκαν επίσης οι εδαφολογικές ιδιότητες και η βλάστησή κάθε περιοχής με σκοπό να μελετηθεί εάν και πώς επηρεάζουν τη διαμόρφωση των πληθυσμών των γαιοσκωλήκων ανά περιοχή. Το πλείστον αυτών των περιοχών βρίσκεται στην Αττική και κάποιες στον Πειραιά, Εύβοια, Κορινθία και μία στην Κρήτη. Οι περιοχές παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 1.1.

Από τις 45 περιοχές, 19 ήταν φυσικά οικοσυστήματα τα οποία περιελάμβαναν το υδατικό στοιχείο (πηγή, ποτάμι, ρέμα, λίμνη), 16 ήταν φυσικά οικοσυστήματα μη συνδεδεμένα με το υδάτινο στοιχείο (δρόμος, περιοχή μακκίας βλάστησης (marquis), άλσος, δασική ή ημιδασική έκταση) και 10 ήταν περιοχές στις οποίες ασκείτο κάποιας μορφής γεωργική ή αγρονομική εκμετάλλευση (αγροί, κήποι, οπωρώνες κλπ.) ήταν δηλαδή πεδία που δέχονταν επεμβάσεις από τον άνθρωπο. Οι τοποθεσίες επομένως ομαδοποιήθηκαν σε 3 κατηγορίες: υγροτόπους (εικόνες 1.1 & 1.2), αδιατάρακτα οικοσυστήματα (εικόνα 1.3) και καλλιεργούμενες περιοχές (εικόνα 1.4).



**Εικόνα 1.1:** Υγρότοπος ορεινής πηγής μεταξύ Πάνακτου – Οινόης



**Εικόνα 1.2:** Υγρότοπος αποστραγγιστικού χάνδακα Πάχης Μεγάρων

**Πίνακας 1.1:** Περιοχές δειγματοληψιών, ημερομηνία συλλογής και τύπος βιοτόπου ανά οικοσύστημα.

		Περιοχή	Περιφερειακή Ενότητα	Ημερομηνία δειγματοληψίας	Βιότοπος
<b>Υ Γ Ρ Ο Τ Ο Π Ο Ι</b>	1	Μενίδι-ποτάμι	Αττική	2 - 8 - 2015	όχθη ποταμού
	2	Καρακαντά Πεντέλη	Αττική (Πεντέλη)	21 - 8 - 2015	ορεινή πηγή
	3	Μεσιανό Νερό	Αττική (Πάρνηθα)	23 - 8 - 2015	ορεινή πηγή
	4	Πάνακτος-Οινόη	Αττική (Πάρνηθα)	1 - 9 - 2015	ορεινή πηγή
	5	Πηγή Φυλής	Αττική (Πάρνηθα)	13 - 9 - 2015	ορεινή πηγή
	6	Κρυφό Νερό	Αττική (Πάρνηθα)	28 - 10 - 2015	ορεινή πηγή
	7	Παλιοχώρι	Αττική (Πάρνηθα)	14 - 11 - 2015	ορεινή πηγή
	8	Ρέμα Πικροδάφνης	Αττική (Φάληρο)	3 - 4 - 2016	εκβολές ρέματος
	9	Αγία Τριάδα	Αττική (Πάρνηθα)	7 - 5 - 2016	ορεινή πηγή
	10	Πάχη	Αττική (Μέγαρα)	4 - 6 - 2016	κοίτη αποστραγγιστικού χάνδακα
	11	Κορινθιακός Ασωπός	Κορινθία	19 & 20- 6- 2016	όχθες ποταμού
	12	Λίμνη Δόξα	Κορινθία	13 - 8 - 2016	λίμνη
	13	Κορομηλιά	Αττική (Πάρνηθα)	4 - 9 - 2016	ορεινή πηγή
	14	Πηγή Κυρά	Αττική (Πάρνηθα)	2 - 10 - 2016	ορεινή πηγή
	15	Β. Κηφισός	Βοιωτία	5 - 10 - 2016	εκβολές ποταμού
	16	Βυλιάνι	Αττική (Πάρνηθα)	21 - 7 - 2017	ορεινή πηγή
	17	Λίμνη Κουρνά	Χανιά Κρήτη	30 - 8 - 2017	λίμνη
	18	Μπελέτσι	Αττική (Πάρνηθα)	5 - 11 - 2017	λίμνη
	19	Ρεματιά Σπάτων	Αττική	2 - 8 - 2018	ρέμα
<b>Α Δ Ι Α Τ Α Ρ Α Κ Τ Α  Ο Ι Κ Ο Σ Υ Σ Τ.</b>	1	Μενίδι-δρόμος	Αττική	9 - 8 - 2015	παρυφές οδού
	2	Ν. Μάκρη	Αττική	27 - 9 - 2015	αγρός
	3	ΣΕΛΕΤΕ	Αττική	25 - 10 - 2015	φυτεία ευκαλύπτου
	4	Φασκομηλιά	Αττική (Βουλαγαμένη)	2 - 11 - 2015	μακκία
	5	Διώνσος	Αττική	21 - 11 - 2015	πευκοδάσος & μακκία
	6	Άνω Γλυφάδα	Αττική	6 - 12 - 2015	μακκία
	7	Πάρνηθα Μακκία	Αττική (Πάρνηθα)	26 - 12 - 2015	μακκία & φρύγανα
	8	Πάρνηθα Πευκοδάσος	Αττική (Πάρνηθα)	27 - 12 - 2015	πευκοδάσος
	9	Βεΐκου	Αττική	1 - 1 - 2016	άλσος
	10	Πάρνηθα Καμένα	Αττική (Πάρνηθα)	9 - 1 - 2016	καμένη πλαγιά όρους
	11	Καβούρι	Αττική	17 - 1 - 2016	παραλία και πευκοδάσος
	12	Τατόι	Αττική	14 - 2 - 2016	πευκοδάσος & μακκία
	13	Προς Μόλα	Αττική (Πάρνηθα)	23 - 3 - 2016	ορεινό λιβάδι
	14	Μόλα	Αττική (Πάρνηθα)	23 - 4 - 2016	ελατοδάσος & λιβάδι
	15	Δρόμος Στυμφαλία	Κορινθία	7 - 8 - 2016	αλέα δρόμου
	16	Πόρος πευκοδάσος	Πειραιάς (Πόρος)	3 - 12 - 2016	πευκοδάσος
<b>Κ Α Λ Λ Ι Ε Ρ Γ Ε Ι Ε Σ</b>	1	Κτήμα Συγγρού	Αττική (Μαρούσι)	4 - 10 - 2015	κήπος
	2	Χλοοτάπητας ΓΠΑ	Αττική	30 - 6 - 2016	χλοοτάπητας
	3	Αμπελώνας Κόρινθος	Κορινθία	24 - 9 - 2016	αμπελώνας
	4	Ορεινή Κορινθία 2016	Κορινθία	30 - 10 - 2016	αγρός σε αγρανάπαυση
	5	Μαρούσι	Αττική (Μαρούσι)	13 - 11 - 2016	κήπος
	6	Πόρος πεδινά	Πειραιάς (Πόρος)	3 - 12 - 2016	κήποι
	7	Τροιζήνα εσπεριδοειδή	Πειραιάς (Τροιζήνα)	4 - 12 - 2016	εσπεριδοειδώνες
	8	Τροιζήνα ελαιώνας	Πειραιάς (Τροιζήνα)	4 - 12 - 2016	ελαιώνας
	9	Μαραθώνας	Αττική (Μαραθώνας)	22 - 1 - 2017	βιολογικά λαχανικά
	10	Ορεινή Κορινθία 2017	Κορινθία	22 - 10 - 2017	λαχανικά



**Εικόνα 1.3:** Αδιατάρακτο οικοσύστημα μακκίας βλάστησης στην Πάρνηθα



**Εικόνα 1.4:** Καλλιεργούμενη περιοχή με βιολογική καλλιέργεια λαχανικών στο Μαραθώνα.

### 1.2.2 Εξαγωγή, συλλογή, δειγματοληψία και γαιοσκωλήκων

Σε κάθε περιοχή, σε θέση όπου το ανάγλυφο του εδάφους ήταν αρκετά ομαλό, λαμβάνονταν 5 δείγματα (επαναλήψεις) επί εκτάσεως 10 X 10m έως 20 X 20m, από ένα δείγμα στην κάθε κορυφή ενός νοητού τετραγώνου και στο κέντρο του, διαφορετικά λαμβάνονταν 5 δείγματα επί μίας γραμμής ή όπως αλλιώς ήταν εφικτό. Σε κάθε περιοχή έγινε δειγματοληψία μόνο μια φορά κατά την ημερομηνία που αναφέρεται στον πίνακα 1.1. Χρησιμοποιήθηκε μικτή μέθοδος εξαγωγής, ως εξής: Από κάθε δειγματοληπτική μονάδα (έδαφος επιφάνειας 0,5 x 0,5 m<sup>2</sup>), αφαιρείτο το έδαφος ως βάθος 10cm και τοποθετείτο τμηματικά σε λευκό πλαστικό δίσκο όπου και εξεταζόταν προσεκτικά για την ανεύρεση γαιοσκωλήκων. Οι γαιοσκώληκες που βρίσκονταν σε μεγαλύτερο βάθος συλλέγονταν μετά από ενεργητική ανάδυση αυτών με την εφαρμογή 4 λίτρων διαλύματος φορμαλδεΰδης 0,4% (εικόνα 1.5). Το διάλυμα αυτό προκαλεί ερεθισμό στους γαιοσκώληκες με αποτέλεσμα την ανάδυσή τους. Η παραπάνω μεθοδολογία βασίζεται σε αυτή των Römcke et al. (2006) και Gutiérrez-López et al. (2016), και αποκλίνει από την πρότυπη μεθοδολογία που έχει καθιερώσει ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) (επιτόπου διαλογή ως βάθος 20cm και εφαρμογή 5 – 10 λίτρων διαλύματος εξαγωγής κατ' επανάληψη ώσπου να μην αναδύονται πλέον γαιοσκώληκες). Ωστόσο παρατηρήσαμε ότι η εφαρμογή μεγαλύτερης ποσότητας διαλύματος δεν είχε πολύ καλύτερη απόδοση, ενώ ήταν πρακτικά αδύνατη η εξεύρεση περισσότερου νερού στις δυσπρόσιτες τοποθεσίες της αναζήτησης.

Τα ζωντανά άτομα που συλλέγονταν τοποθετούντο σε πλαστικό κυπελλάκι με λίγο έδαφος και τα τραυματισμένα ή νεκρά σε φιαλίδιο με οινόπνευμα. Οι γαιοσκώληκες μετά τη μεταφορά τους στο εργαστήριο διαχωρίζονταν σε είδη και σε στάδια ανάπτυξης για να εκτιμηθεί η ηλικιακή σύνθεση του πληθυσμού. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν μόνο 2 στάδια ζωής, το ακμαίο (προωοτοκίας και ώριμο) και το ατελές. Το βομβύκιο εξαιρέθηκε από την πληθυσμιακή μελέτη, επειδή απαιτεί ιδιαίτερη διαδικασία ανάκτησης μέσα από το έδαφος. Από τα συλλεγμένα άτομα, όσα ήταν ζωντανά και νεαρά εκτρέφονταν στο ίδιο υλικό συλλογής ως την ενηλικίωση τους, οπότε ταυτοποιούνται με ασφάλεια (εικόνα 1.6). Η αναγνώριση των γαιοσκωλήκων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την καθοδήγηση του καθηγητή Csuzdi Csaba, (Hungarian National History Museum) και με την βοήθεια διαφόρων ταξινομικών περιγραφών (Zicsi et al. 1981 & 1993, Michalis 1993, Csuzdi et al. 2003, Sherlock 2012, Szederjesi et al. 2012 & 2018, Stojanović et al. 2017, διαδίκτυο 1.1).



**Εικόνα 1.5:** Συλλογή γαιοσκωλήκων από το έδαφος με την μικτή μέθοδο εξαγωγής.



**Εικόνα 1.6:** Εργαστηριακή εκτροφή γαιοσκωλήκων σε δοχεία.

### 1.2.3 Συλλογή δειγμάτων εδάφους και στοιχείων της βλάστησης

Από κάθε περιοχή λαμβάνετο επίσης σύνθετο δείγμα εδάφους από βάθος 0 – 10 cm για τον προσδιορισμό βασικών εδαφολογικών ιδιοτήτων με την ανάμειξη ίσης ποσότητας από καθεμία από τις 5 επαναλήψεις. Οι αναλύσεις εδάφους γίνονταν στο εργαστήριο Γεωργικής Χημείας και Εδαφολογίας του Γ.Π.Α. και υπολογίστηκαν οι εξής παράμετροι: 1) κοκκομετρική σύσταση με την μέθοδο Βουγιούκου 2) εδαφικό pH σε υδατική πάστα (1:1) με την χρήση πεχαμέτρου (pH-2005 pHmeter, SELECTA, Spain) (Benton 2001) 3) ολικά ανθρακικά άλατα με την συσκευή Bernard (Pansu et

al. 2006) 4) ολική οργανική ουσία με την μέθοδο της υγρής οξειδωσης με διχρωμικό Κάλιο (Walkley-Black) (Benton 2001) 5) η σχετική υγρασία (% του δείγματος) υπολογίστηκε ως διαφορά του βάρους μετά από ξήρανση στον αέρα επί 7 ημέρες.

Τέλος, σε κάθε περιοχή λαμβάνονταν στοιχεία σχετικά με τη βλάστηση διότι τα φυτικά είδη και τα υπολείμματά τους επιδρούν καθοριστικά στην παρουσία και τους πληθυσμούς των γαισκοωλήκων. Καταγράφηκαν το ποσοστό φυτοκάλυψης επί του εδάφους (%) και τα χλωριδικά taxa, τα οποία αναγνωρίστηκαν με την συνδρομή του Εργαστηρίου Συστηματικής Βοτανικής του Γ.Π.Α., χρησιμοποιώντας διάφορες διχοτομικές κλειδες. Η συλλογή των φυτών περιορίστηκε στα είδη εκείνα που ήταν δυνατόν να προσδιορισθούν την εποχή της δειγματοληψίας, ενώ όσα ευρίσκοντο σε νεαρό στάδιο ανάπτυξης και η ταυτοποίηση τους ήταν αμφισβητήσιμη δεν συμπεριλήφθηκαν στον κατάλογο των ειδών.

### **1.3 Ανάλυση δεδομένων**

Δεδομένου ότι οι παράμετροι που δημιουργούν παραλλακτικότητα μεταξύ των περιοχών του ίδιου οικοσυστήματος είναι πάρα πολλοί και δεν ήταν δυνατόν να γίνει λήψη δεδομένων για όλους, κρίθηκε απαραίτητο να ελεγχθεί η ομοιογένεια των βιοτόπων δηλαδή των περιοχών δειγματοληψίας ανά οικοσύστημα με στατιστικές μεθόδους.

Η ομοιογένεια των περιοχών εξετάστηκε με την βοήθεια των πολυπαραγοντικών στατιστικών μεθοδολογιών και συγκεκριμένα της Ανάλυσης των Κυρίων Συνιστωσών (PCA) και της Ομαδοποίησης κατά Συστάδες με τη βοήθεια του αλγόριθμου K-means (K-means Cluster Analysis) με τη χρήση όλων των περιβαλλοντικών παραμέτρων για τις οποίες είχαν ληφθεί μετρήσεις για αμφότερες τις δοκιμασίες: ποσοστό φυτοκάλυψης, ποσοστό υγρασίας, ποσοστό των τριών συστατικών της υψής του εδάφους, εδαφικό pH, ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου και οργανικής ουσίας στο έδαφος (πίνακες 1.2 & 1.3). Αν και το υψόμετρο επηρεάζει τα είδη που ευδοκιμούν και την πληθυσμιακή τους πυκνότητα (Pop 1997, Ermakov et al. 2010, Salomé et al. 2011), αυτό δεν συμπεριλήφθηκε στην ανάλυση διότι δεν έγινε καταγραφή του υψομέτρου των θέσεων δειγματοληψίας. Η ανάλυση των κυρίων συνιστωσών έγινε με το στατιστικό πακέτο JMP 10.0 (SAS Institute 2012) και η ομαδοποίηση κατά συστάδες έγινε με το R 4.0 (R Core Team 2020).



Από τις ποσοτικές μεταβλητές, ο πληθυσμός των γαιοσκωλήκων, ο αριθμός των ειδών/ περιοχή, το ποσοστό φυτοκάλυψης, η υγρασία του εδάφους και η περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο είχαν μη κανονική διασπορά τιμών κατά τη δοκιμή Shapiro-Wilk  $W$ , ενώ η λογαριθμική μετατροπή τους  $[\log(\chi + 1)]$  είχε κανονική κατανομή, την οποία χρησιμοποιήσαμε για τις στατιστικές αναλύσεις. Οι υπόλοιπες μεταβλητές (οι συνιστώσες της κοκκομετρικής σύστασης, το pH και η οργανική ουσία) παρουσίασαν κανονική διασπορά. Για όλες τις μεταβλητές ακολουθήθηκε η παραμετρική Ανάλυση Διασποράς (ANOVA). Οι συγκρίσεις των μέσων έγιναν με το κριτήριο του Tukey HSD και επίπεδο σημαντικότητας 5%. Η σημαντικότητα των πειραμάτων και οι συγκρίσεις των μέσων έγιναν με το υπολογιστικό πρόγραμμα JMP 10.0 (SAS Institute 2012).

Το σύνολο των μεταβλητών που μετρήθηκαν μαζί με τον αριθμό των ειδών και τον πληθυσμό γαιοσκωλήκων σε κάθε περιοχή συσχετίστηκαν σύμφωνα με τη δοκιμασία της Πολλαπλής Συσχέτισης – Συμμεταβολής, με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος JMP 10.0, με σκοπό να διερευνηθούν οι πιο στενά συνδεδεμένοι παράγοντες που επηρεάζουν τις κοινότητες των γαιοσκωλήκων. Οι περιβαλλοντικές παράμετροι ήταν η υγρασία του εδάφους, τα ποσοστά των στοιχείων της υφής του εδάφους, η εδαφική οξύτητα, η περιεκτικότητα σε ανθρακικά άλατα, το ποσοστό οργανικής ουσίας και το ποσοστό φυτοκάλυψης.

## **1.4 Αποτελέσματα**

### **1.4.1 Ομοιογένεια των βιοτόπων**

Η ανάλυση των Κυρίων Συνιστωσών διέκρινε 3 κύριες συνιστώσες για το χαρακτηρισμό των βιοτόπων (πίνακας 1.2). Η πρώτη ερμηνεύει το 33,6% της παραλλακτικότητας και έχει μεγάλη βαρύτητα στα ιδιοδιανύσματα των συστατικών της εδαφικής υφής. Η δεύτερη ερμηνεύει το 27% της παραλλακτικότητας και έχει μεγάλη βαρύτητα στα ιδιοδιανύσματα της υγρασίας, οργανικής ουσίας και φυτοκάλυψης. Η τρίτη ερμηνεύει το 15,1% της παραλλακτικότητας και έχει υψηλές τιμές των ιδιοδιανυσμάτων του ανθρακικού ασβεστίου και pH.

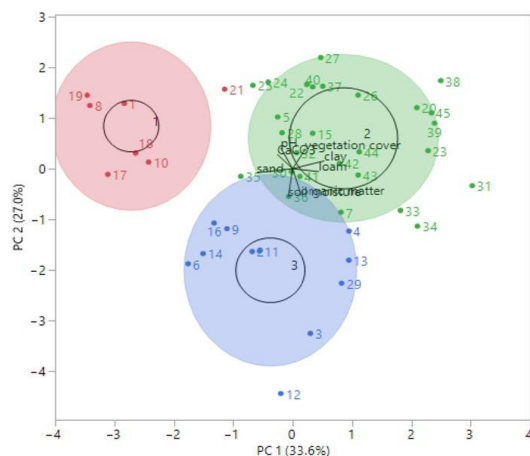
**Πίνακας 1.2:** Ανάλυση των περιοχών δειγματοληψίας σε Κύριες Συνιστώσες (PCA) με βάση κάποιες περιβαλλοντικές παραμέτρους.

a/a	ιδιοτιμή	βαρύτητα (%)	αθροιστικά (%)	Ιδιοδιανύσματα	Comp.1	Comp.2	Comp.3
1	2,6901	33,6	33,6	φυτοκάλυψη	0,21762	0,38782	0,10045
2	2,1598	27	60,6	υγρασία	-0,0693	-0,5448	0,28853
3	1,2093	15,1	75,7	άμμος	-0,5907	-0,0803	-0,1059
4	0,8237	10,3	86,0	ίλύς	0,43947	-0,0571	0,55070
5	0,4455	5,6	91,6	άργιλος	0,53178	0,15349	-0,2325
6	0,4142	5,2	96,8	pH	-0,1952	0,40289	0,34602
7	0,2573	3,2	100	CaCO <sub>3</sub>	-0,2524	0,27947	0,59839
8	-0,0000	0,0	100	οργανική ουσία	0,14564	-0,5283	0,24566

Τελικά, χρησιμοποιώντας τις συγκεκριμένες περιβαλλοντολογικές παραμέτρους, η PCA ερμήνευσε το 75,7% της παραλλακτικότητας και οι κύριες συνιστώσες διαφοροποίησης κατά πάσα πιθανότητα είναι (με μειούμενη σειρά βαρύτητας) οι εξής: α. κοκκομετρική σύσταση, β. υγρασία-φυτοκάλυψη και γ. ορυκτολογική σύσταση (ασβεστόλιθος και pH).

Η ανάλυση κατά Συστάδες διέκρινε δύο διαφορετικές συστάδες για τους υγροτόπους. Η μία συστάδα ως επί το πλείστον περιλαμβάνει υγροτόπους με δυνατή ροή υδάτων και άρα με πιο χονδρόκοκκο έδαφος και η δεύτερη κατά βάση απαρτίζεται από υγροτόπους με πιο οργανικό έδαφος, όπως οι ορεινές πηγές (διάγραμμα 1.1, κόκκινη και γαλάζια περιοχή, αντίστοιχα). Ωστόσο η ανάλυση αυτή δεν μπόρεσε να διαχωρίσει τους βιοτόπους με ανθρωπογενή παρέμβαση από ορισμένους φυσικούς-αδιατάρακτους βιοτόπους, ομαδοποιώντας τους μαζί (διάγραμμα 1.1, πράσινη συστάδα). Τέλος, αρκετοί βιότοποι, που κυρίως ανήκουν στα αδιατάρακτα οικοσυστήματα, παρέμειναν εκτός ομαδοποίησης. Συγκρίνοντάς τους, φαίνεται ότι χαρακτηρίζονται από κοινές ιδιότητες, όπως χαμηλό ποσοστό ανθρακικών αλάτων και οργανικής ουσίας, υψηλά ποσοστά άμμου, μέτρια σε ιλύ και χαμηλά σε άργιλο, μέτρια περιεκτικότητα σε υγρασία και ποικίλο ποσοστό

φυτοκάλυψης, χωρίς να λαμβάνουν τιμές κοντά στους μέσους των προτεινόμενων συστάδων.



**Διάγραμμα 1.1:** Κατηγοριοποίηση των βιοτόπων σύμφωνα με την ανάλυση κατά συστάδες με την χρήση συγκεκριμένων περιβαλλοντολογικών παραμέτρων (εδαφολογικών ιδιοτήτων και φυτοκάλυψης).

Η κόκκινη συστάδα (1) περιλαμβάνει τους εξής υγροτόπους: Μενίδι ποτάμι, Ρέμα Πικροδάφνης, Ρεματιά Σπάτων, Μπελέτσι, Αποστραγγιστικός χάνδακας Πάχης, Λίμνη Κουρνά. Η γαλάζια συστάδα (3) περιλαμβάνει τους εξής βιοτόπους: Βιλιάνι, Αγία Τριάδα, Κυρά, Κρυφό Νερό, Ασωπός, Καρακαντά, Πάνακτος-Οινόη, Κορομηλιά, Μεσιανό Νερό, Πάρνηθα-Καμένα. Η πράσινη συστάδα (2) περιλαμβάνει τους: Διόνυσος, Πάρνηθα πευκοδάσος, Μαρούσι, ΣΕΛΕΤΕ, χλοοτάπητας ΓΠΑ, Πάρνηθα Μακκία, Φυλής, Βεΐκου, Κηφισός, Μαραθόνας, Μενίδι δρόμος, Ορεινή Κορινθία 2016 & 2017, Φασκομηλιά, Μόλα, Τροιζήνα ελιές, Πόρος, Καβούρι, Παλιοχώρι, Συγγρού. Οι περιοχές: Μόλα Πάρνηθα, Στυφαλία, Τατόι, κορινθιακός αμπελώνας, Άνω Γλυφάδα, Πόρος πευκοδάσος, Δόξα και Νέα Μάκρη δεν ομαδοποιήθηκαν σε κάποια συστάδα.

Οι μέσοι των περιβαλλοντικών παραμέτρων για τις συστάδες δίνονται στον πίνακα 1.3, από τον οποίο είναι δυνατόν να διακρίνουμε τα κριτήρια διάσπασης των υγροτόπων σε δύο ομάδες (1 και 3) κυρίως λόγω των διαφορών τους ως προς το ανθρακικό ασβέστιο και την φυτοκάλυψη.

**Πίνακας 1.3:** Μέσες τιμές ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) των εδαφολογικών παραμέτρων και του ποσοστού φυτοκάλυψης κάθε προτεινόμενης συστάδας.

Παράμετρος	Συστάδα		
	1	2	3
Υγρασία	18,7 $\pm$ 9,7	17,5 $\pm$ 6	27,1 $\pm$ 14,6
Άμμος	56,4 $\pm$ 15,7	39,2 $\pm$ 9,8	61,1 $\pm$ 12
Ιλύς	27,1 $\pm$ 8,9	28 $\pm$ 4,3	23,8 $\pm$ 8,2
Άργιλος	16,5 $\pm$ 8,3	23,8 $\pm$ 7,7	15,1 $\pm$ 7,5
pH	7,5 $\pm$ 0,2	7,2 $\pm$ 0,3	7,4 $\pm$ 0,4
CaCO <sub>3</sub>	34,2 $\pm$ 15,8	8,6 $\pm$ 10,4	20,3 $\pm$ 21,1
Οργανική ουσία	4,8 $\pm$ 2,5	5,4 $\pm$ 3,2	6,5 $\pm$ 3,7
Φυτοκάλυψη	87,8 $\pm$ 14,9	58,2 $\pm$ 17,4	9,6 $\pm$ 12,3

#### 1.4.2 Γαιοσκώληκες

Ο πίνακας 1.4 παρουσιάζει τα είδη που καταγράφηκαν και τον μέσο αριθμό ατόμων κάθε είδους / περιοχή όπως διαμορφώνεται σε κάθε οικοσύστημα καθώς και τη συνολική πληθυσμιακή πυκνότητα κάθε οικοσυστήματος. Για τον υπολογισμό της πληθυσμιακής πυκνότητας των καλλιεργούμενων οικοσυστημάτων εξαιρέθηκε η περιοχή «Χλοοτάπητας στο ΓΠΑ» διότι έλαβε πολύ υψηλή τιμή ολικής πληθυσμιακής πυκνότητας με αποτέλεσμα να επηρεάζονται πολύ δραστικά τα αποτελέσματα των συγκρίσεων. Ομοίως από την ποσοτική ανάλυση εξαιρέθηκαν οι αφθονίες των επιμέρους taxa της περιοχής αυτής και γι' αυτό όσα καταγράφηκαν μόνο σε αυτή την τοποθεσία παρουσιάζονται με μηδενική μέση πυκνότητα πληθυσμού. Συνολικά καταγράφηκαν 27 taxa γαιοσκωλήκων εκ των οποίων, τα 23 ταυτοποιήθηκαν σε επίπεδο είδους, ένα ως γένος (το *Aporrectodea* spp.) και 2 είδη χαρακτηρίστηκαν ως «μη αναγνωρισμένα» (τα *Unidentified* sp.1 και *Unidentified* sp.2) διότι, λόγω κακής κατάστασης, δεν ήταν δυνατή η ταυτοποίησή τους. Μολαταύτα, και λόγω της μορφολογίας του επισάγματος, διαπιστώθηκε ότι τα είδη αυτά δεν ανήκουν στην οικογένεια Lumbricidae ή στην Criodrilidae στις οποίες υπάγονται τα γηγενή είδη γαιοσκωλήκων, πρόκειται, επομένως, για κάποια εισαγόμενα είδη.

Οι γαιοσκώληκες ανέπτυξαν τους μεγαλύτερους πληθυσμούς στους υγροτόπους ( $59,2 \pm 8,4$  άτομα  $m^{-2}$ ) και τους μικρότερους στα αδιατάρακτα οικοσυστήματα ( $28,9 \pm 8,4$ ), ενώ τα καλλιεργούμενα εδάφη έλαβαν ενδιάμεση τιμή ( $33,1 \pm 6,9$ ) χωρίς να σημειώνεται στατιστικά σημαντική διαφορά ( $F_{2,41}=1,20$ ,  $P=0,31$ ).

Η μέση πληθυσμιακή πυκνότητα κάθε είδους ανά περιοχή και οικοσύστημα ήταν χαμηλή εκτός από το *A. rosea* στα αδιατάρακτα οικοσυστήματα ( $19,9 \pm 7,9$  άτομα  $m^{-2}$ ) και το *Eiseniella tetraedra* στους υγροτόπους ( $16,0 \pm 7,7$  άτομα  $m^{-2}$ ). Στους υγροτόπους με μεγάλη πυκνότητα σημειώθηκαν, εκτός από το *E. tetraedra*, τα *Dendrobaena byblica byblica* (Rosa, 1893) και *Bimastos rubidus subrubicundus* (Eisen, 1874) (Classicitellata: Lumbricidae) που καταγράφηκαν αποκλειστικά στο οικοσύστημα αυτό και το *Aporrectodea caliginosa trapezoides* (Dugès, 1828) (Classicitellata: Lumbricidae). Στις αδιατάρακτες περιοχές δεύτερο σε πληθυσμιακή πυκνότητα με πολύ μεγάλη διαφορά ήταν το *O. complanatus* ακολουθούμενο από το υποείδος *A. caliginosa trapezoides*. Στα καλλιεργούμενα εδάφη πρώτο σε πληθυσμιακή πυκνότητα ήταν το ανοδικό είδος *O. complanatus* που ανέπτυξε  $9,2 \pm 2,4$  άτομα  $m^{-2}$ , ακολουθούμενο από το υποείδος *Aporrectodea caliginosa caliginosa* (Savigny, 1826) (Classicitellata: Lumbricidae).

Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.1 παρουσιάζονται τα είδη και οι μέσοι αριθμοί ατόμων κάθε είδους και συνολικά όπως υπολογίσθηκαν στις διάφορες περιοχές δειγματοληψίας. Η μέση συνολική πληθυσμιακή πυκνότητα κάθε περιοχής (η οποία διαφέρει από τη μέση πληθυσμιακή πυκνότητα του συνόλου των περιοχών του οικοσυστήματος που δίνεται στον πίνακα 1.4) έλαβε αξιοσημείωτες τιμές σε κάποιες περιπτώσεις και συγκεκριμένα σημειώνουμε δύο υγροτόπους, το ρέμα Πικροδάφνης με  $292,0 \pm 186,4$  άτομα  $m^{-2}$  και τον «αποστραγγιστικό χάνδακα Πάχης» με  $242,4 \pm 79,5$  άτομα  $m^{-2}$ , καθώς και ένα καλλιεργούμενο βιότοπο, τον «χλοοτάπητα ΓΠΑ» με  $606,4 \pm 180,8$  άτομα  $m^{-2}$ . Σε κάποιες περιοχές ορισμένα είδη έλαβαν πολύ υψηλές πυκνότητες. Ενδεικτικά αναφέρουμε το *A. rosea* στην περιοχή «χλοοτάπητα ΓΠΑ», όπου καταγράφηκαν  $367,2 \pm 103,1$  άτομα  $m^{-2}$  και το *E. tetraedra* στην περιοχή «ρέμα Πικροδάφνης» με  $191,2 \pm 115,9$  άτομα.

**Πίνακας 1.4:** Αριθμός ατόμων (μέσος όρος  $\pm$  τυπικό σφάλμα  $m^{-2}$ ) κάθε είδους γαιοσκώληκα σε κάθε τύπο οικοσυστήματος.

	Είδος γαιοσκώληκα	Τύπος οικοσυστήματος		
		Υγρότοποι	Αδιατάρακτα οικοσυστήματα	Καλλιεργούμενες περιοχές
1	<i>Aporrectodea rosea</i>	4,0 $\pm$ 1,7	19,9 $\pm$ 7,9	5,2 $\pm$ 2,1
2	<i>A. caliginosa caliginosa</i>	2,7 $\pm$ 1,6	0,85 $\pm$ 0,5	4,6 $\pm$ 2,7
3	<i>A. caliginosa - trapezoides</i>	6,5 $\pm$ 2,7	2,6 $\pm$ 1,8	3,4 $\pm$ 1,5
4	<i>Aporrectodea</i> spp.	-	-	0,4 $\pm$ 0,4
5	<i>Octodrilus complanatus</i>	1,8 $\pm$ 0,4	4,3 $\pm$ 1,0	9,2 $\pm$ 2,4
6	<i>Eisenia fetida</i>	3,7 $\pm$ 2,2	-	0,0 $\pm$ 0,0
7	<i>Lubricus rubellus</i>	0,2 $\pm$ 0,1	0,2 $\pm$ 0,2	1,4 $\pm$ 0,5
8	<i>Eiseniella tetraedra</i>	16,0 $\pm$ 7,7	-	0,2 $\pm$ 0,1
9	<i>B. rubidus- rubidus</i>	0,9 $\pm$ 0,1	-	-
10	<i>B. rubidus-subrubicundus</i>	5,8 $\pm$ 4,4	-	-
11	<i>D. byblica-byblica</i>	8,25 $\pm$ 3,0	-	-
12	<i>Dendrobaena veneta</i>	2,0 $\pm$ 1,0	-	0,0 $\pm$ 0,0
13	<i>Dendrobaena olympiaca</i>	-	0,1 $\pm$ 0,1	0,2 $\pm$ 0,1
14	<i>Microscolex phosphoreus</i>	0,6 $\pm$ 0,4	✓ *	3,5 $\pm$ 1,9
15	<i>Microscolex dubius</i>	-	0,3 $\pm$ 0,3	3,4 $\pm$ 2,0
16	<i>Eukerria saltensis</i>	4,5 $\pm$ 2,3	-	0,0 $\pm$ 0,0
17	<i>Allolobophora chlorotica</i>	0,25 $\pm$ 0,2	-	0,0 $\pm$ 0,0
18	<i>Allolobophora dofleini</i>	-	✓	-
19	<i>Amyntas gracilis</i>	-	-	0,0 $\pm$ 0,0
20	<i>Criodrilus lacuum</i>	0,8 $\pm$ 0,7	-	-
21	<i>Ocnerodrilus occidentalis</i>	0,1 $\pm$ 0,1	0,05 $\pm$ 0,05	0,8 $\pm$ 0,6
22	<i>Octolacion lacteum</i>	0,1 $\pm$ 0,1	-	-
23	<i>Dendrobaena attemsi</i>	-	✓	-
24	<i>Murchieona minuscula</i>	-	0,1 $\pm$ 0,1	-
25	Unidentified sp1	-	-	0,0 $\pm$ 0,0
26	Unidentified sp2	-	-	0,0 $\pm$ 0,0
27	Μη αναγνωρισμένο	1,4 $\pm$ 1,0	0,2 $\pm$ 0,2	0,5 $\pm$ 0,3
	<b>Μέσος πληθυσμός οικοσυστήματος</b>	<b>59,2 <math>\pm</math> 8,4<sup>a**</sup></b>	<b>28,9 <math>\pm</math> 8,4<sup>a</sup></b>	<b>33,1 <math>\pm</math> 6,9<sup>a***</sup></b>
	<b>Αριθμός ειδών ανά περιοχή</b>	<b>3,6 <math>\pm</math> 0,5<sup>ab</sup></b>	<b>2,4 <math>\pm</math> 0,5<sup>b</sup></b>	<b>5,2 <math>\pm</math> 0,7<sup>a</sup></b>
	<b>Συνολικός αριθμός ειδών</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>17</b>

\* Η ένδειξη  $\checkmark$  υποδηλώνει ότι η εύρεση ήταν τυχαία σε κάποια περιοχή και δεν μπορεί να προσδιορισθεί η πληθυσμιακή πυκνότητα.

\*\* Μέσοι επί της αυτής γραμμής που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά

\*\*\*Από την ανάλυση έχουν εξαιρεθεί η συνολική και οι ανά είδος αφθονίες που μετρήθηκαν στην περιοχή «χλοοτάπητας στο ΓΠΑ»

Ο πλούτος των ειδών/περιοχή παραλλάσει μεταξύ και μέσα σε κάθε οικοσύστημα. Πιο πλούσια σε αριθμό ειδών είναι τα καλλιεργούμενα εδάφη όπου καταγράφηκαν 3 – 11 είδη γαιοσκωλήκων (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.1) και ο μέσος αριθμός ειδών ήταν  $5,2 \pm 0,7$  είδη / περιοχή (πίνακας 1.4) (τα μη αναγνωρίσιμα είδη και τα καταχωρημένα ως γένος εξαιρέθηκαν), ακολούθησαν τα υδάτινα οικοσυστήματα με 0 – 9 είδη και μέσο  $3,6 \pm 0,5$  είδη / περιοχή και τελευταία βρέθηκαν τα αδιατάρακτα οικοσυστήματα με μέση πυκνότητα  $2,4 \pm 0,5$  είδη και εύρος 0 – 5 είδη. Η ανάλυση διασποράς έδειξε σημαντικότητα ( $F_{2,44}=6,54$ ,  $P=0,0033$ ) και η δοκιμασία Tukey διαχώρισε τα καλλιεργούμενα από τα αδιατάρακτα εδάφη, ενώ οι υγρότοποι δεν διέφεραν σημαντικά με τα υπόλοιπα οικοσυστήματα. Οι υγρότοποι είχαν τον ίδιο συνολικό πλούτο ειδών με τα καλλιεργούμενα εδάφη, δηλαδή από 17 είδη έκαστος (πίνακας 1.4) και τα αδιατάρακτα οικοσυστήματα ακολούθησαν με 12 είδη.

Όπως γίνεται φανερό στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.1, τα πιο συχνά είδη στο σύνολο των περιοχών ήταν τα *O. complanatus* (εικόνα 1.7) και *A. rosea* (εικόνα 1.8) που ήταν παρόντα σε 26 περιοχές και ακολούθησε το *A. caliginosa trapezoides* (εικόνα 1.10) σε 17 περιοχές. Συχνά ήταν επίσης τα είδη *A. caliginosa caliginosa* (εικόνα 1.10), *E. tetraedra* (εικόνα 1.9) και *D. byblica byblica*, που σημειώθηκαν σε 15, 12 και 10 περιοχές δειγματοληψίας, αντίστοιχα. Το πιο διαδεδομένο είδος στους υγροτόπους ήταν το *E. tetraedra*, στα καλλιεργούμενα εδάφη ήταν το *O. complanatus* ακολουθούμενο από τα *A. rosea* και *A. caliginosa caliginosa* και στα αδιατάρακτα οικοσυστήματα το *O. complanatus* ακολουθούμενο από το *A. rosea* (Παράρτημα 1.1).

Ένδεκα είδη εντοπίστηκαν μόνο σε μία τοποθεσία. Από αυτά πέντε, τα *Bimastos rubidus rubidus* (Savigny, 1826) (Classicitellata: Lumbricidae), *B. rubidus subrubicundus*, *Dendrobaena byblica byblica* (Rosa, 1893), *Criodrilus lacuum* Hoffmeister, 1845 (Classicitellata: Criodrillidae) και *Octolasion lacteum* (Örley, 1881) (Classicitellata: Lumbricidae), βρέθηκαν σε υγροτόπους, τρία, τα *Allolobophora dofleini* (Ude, 1922) (Classicitellata: Lumbricidae), *Murchieona minuscula* (Rosa, 1905) (Classicitellata: Lumbricidae) και το οξύφιλο είδος *Dendrobaena attemsi* (Michaelsen, 1902) (Classicitellata: Lumbricidae), ήταν περιορισμένα σε αδιατάρακτες περιοχές και τρία εντοπίστηκαν μόνο σε καλλιεργούμενες τοποθεσίες, συγκεκριμένα τα *Amyntas gracilis* (Kingberg, 1867) (Classicitellata: Megascolecidae), *Unidentified* sp.1 και *Unidentified* sp.2 που βρέθηκαν στο έδαφος της τοποθεσίας «Χλοοτάπητας Γ.Π.Α.».



**Εικόνα 1.7:** *Octodrilus complanatus*



**Εικόνα 1.8:** *Aporrectodea rosea*



**Εικόνα 1.9:** *Eiseniella tetraedra*



**Εικόνα 1.10:** *Aporrectodea caliginosa caliginosa* (άνω) και *A. caliginosa trapezoides* (κάτω)

Η ηλικιακή σύνθεση των πληθυσμών και τα σχετικά ποσοστά των σταδίων (ακμαίου και ατελούς) σε κάθε περιοχή δίνονται στον πίνακα 1.5. Παρατηρούμε ότι στα αδιατάρακτα οικοσυστήματα και στις καλλιεργούμενες εκτάσεις τα ατελή υπερσχύουν αριθμητικά των ακμαίων οποιαδήποτε εποχή κι αν έγινε η δειγματοληψία. Στους υγροτόπους όμως, 5 από τις 19 περιοχές είχαν περισσότερα ακμαία από ατελή.



**Πίνακας 1.5:** Συνολικός αριθμός ατόμων (μέσος αριθμός ατόμων  $m^{-2} \pm$  τυπικό σφάλμα) και ποσοστό του ακμαίου και ατελούς σταδίου των γαιοσκωλήκων στις διάφορες περιοχές της μελέτης.

	Περιοχή	Ακμαία	(%)	Ατελή	(%)
Υ Γ Ρ Ο Τ Ο Π Ο Ι	Μενίδι-ποτάμι (Αττική)	35,2 ± 15,5	36,7	60,8 ± 4	63,3
	Καρακαντά Πεντέλη (Αττική)	20,0 ± 11,6	64,1	11,2 ± 4,3	35,9
	Μεσιανό Νερό (Πάρνηθα)	4,0 ± 3,1	12,5	28,0 ± 7,8	87,5
	Πάνακτος-Οινόη (Πάρνηθα)	0,0 ± 0,0	0,0	6,4 ± 3,9	100,0
	Πηγή Φυλής (Πάρνηθα)	67,2 ± 51,4	37,2	113,6 ± 47,5	62,8
	Κρυφό Νερό (Πάρνηθα)	12,0 ± 4,0	51,7	11,2 ± 4,6	48,3
	Παλιοχώρι (Πάρνηθα)	16,0 ± 13,0	35,7	28,8 ± 6,1	64,3
	Ρέμα Πικροδάφνης (Αττική)	8,0 ± 3,4	2,7	284,0 ± 207,1	97,3
	Αγία Τριάδα (Πάρνηθα)	12,0 ± 5,5	26,3	33,6 ± 14,1	73,7
	Πάχη (Αττική)	76,0 ± 30,0	33,1	153,6 ± 56,8	66,9
	Κορινθιακός Ασωπός	10,4 ± 6,8	35,1	19,2 ± 15,2	64,9
	Λίμνη Δόξα (Κόρινθος)	16,0 ± 14,1	95,2	0,8 ± 0,8	4,8
	Κορομηλιά (Πάρνηθα)	6,4 ± 4,0	14,3	9,6 ± 6,8	85,7
	Πηγή Κυρά (Πάρνηθα)	6,4 ± 2,7	53,3	5,6 ± 1,6	46,7
	Β. Κηφισός (Βοιωτία)	0,0 ± 0,0	0,0	32,8 ± 30,8	100,0
	Βιλιάνι (Πάρνηθα)	4,8 ± 2,3	66,7	2,4 ± 1,6	33,3
	Λίμνη Κουρνά (Κρήτη)	0,0 ± 0,0	0,0	0,0 ± 0,0	0,0
	Μπελέτσι (Πάρνηθα)	0,8 ± 0,8	11,1	6,4 ± 4,1	88,9
	Ρεματιά Σπάτων (Αττική)	6,4 ± 6,4	27,6	16,8 ± 16,8	72,4
A	Μενίδι-δρόμος (Αττική)	22,4 ± 8,2	35,0	41,6 ± 27,0	65,0
Δ	Ν. Μάκρη (Αττική)	0,0 ± 0,0	0,0	23,3 ± 10,4	100,0
I	ΣΕΛΕΤΕ (Αττική)	1,6 ± 1,0	9,1	16,0 ± 7,9	90,9
A	Φασκομηλιά (Βουλιαγμένη)	0,0 ± 0,0	0,0	3,2 ± 3,2	100,0
T	Λιόνυσος (Αττική)	1,6 ± 1,0	22,2	5,6 ± 3,9	77,8
A	Άνω Γλυφάδα (Αττική)	1,6 ± 1,0	28,6	4,0 ± 4,0	71,4
P.	Πάρνηθα Μακκία (Αττική)	0,0 ± 0,0	0,0	3,2 ± 2,3	100,0
	Πάρνηθα Πευκοδάσος (Αττ.)	0,8 ± 0,8	50,0	0,8 ± 0,8	50,0
Π	Βεΐκου (Αττική)	27,2 ± 19,2	26,4	76,0 ± 43,9	73,6
E	Πάρνηθα Καμένα (Αττική)	2,4 ± 1,0	25,0	0,8 ± 0,8	75,0
P	Καβούρι (Βάρκιζα)	0,0 ± 0,0	0,0	109,6 ± 106,6	100,0
I	Τατόι (Αττική)	0,8 ± 0,8	4,0	19,2 ± 7,3	96,0
O	Προς Μόλα (Πάρνηθα)	4,8 ± 2,3	24,0	15,2 ± 7,1	76,0
X	Μόλα (Πάρνηθα)	8,8 ± 5,0	19,3	36,8 ± 20,6	80,7
E	Δρόμος Στυμφαλία (Κορινθία)	7,2 ± 3,2	20,0	28,8 ± 18,4	80,0
Σ	Πόρος πευκοδάσος (Πειραιάς)	0,0 ± 0,0	0,0	0,0 ± 0,0	0,0
K A Λ / Γ E I E Σ	Κτήμα Συγγρού (Μαρούσι)	2,4 ± 2,4	18,75	10,4 ± 7,6	81,25
	Χλοοτάπητας ΓΠΑ (Αθήνα)	122,4 ± 56,9	20,2	483,2 ± 143,2	79,8
	Αμπελώνας Κορινθίας	0,0 ± 0,0	0,0	11,2 ± 10,2	100,0
	Ορεινή Κορινθία 2016	2,4 ± 1,6	4,4	50,4 ± 24,5	95,6
	Μαρούσι (Αττική)	0,0 ± 0,0	0,0	23,2 ± 7,9	100,0
	Πόρος πεδινά (Πειραιάς)	1,6 ± 1,6	3,5	44,0 ± 24,0	96,5
	Γαλατάς εσπεριδ. (Πειραιάς)	0,0 ± 0,0	0,0	12,8 ± 6,4	100,0
	Γαλατάς ελαιώνας (Πειραιάς)	0,0 ± 0,0	0,0	16,8 ± 12,2	100,0
	Μαραθώνας (Αττική)	56,0 ± 11,5	47,3	62,4 ± 23,3	52,7
	Ορεινή Κορινθία 2017	0,0 ± 0,0	0,0	8,0 ± 6,2	100,0

### 1.4.3 Άλλοι αντιπρόσωποι του φύλου *Annelida*

- Αξιοσημείωτη ήταν η παρουσία των αντιπροσώπων της οικογένειας **Enchytraeidae**, μέσα στο έδαφος, όπως προέκυψε από τις εκτροφές που συντηρήθηκαν στο εργαστήριο, αλλά και από την εξέταση άλλων μικροενδιαιτημάτων στις διάφορες περιοχές της μελέτης, όπως κάτω από τους φλοιούς μισοξηραμένων δένδρων ή σε πεσμένα φύλλα διαφόρων φυτών, πχ κουμαριάς. Για τα είδη αυτά δεν έγινε κάποια περαιτέρω αναγνώριση ή καταμέτρηση.
- Αντιπρόσωποι της οικογένειας **Naididae** (πρώην **Tubificidae**), η οποία ανήκει στους Ολιγόχαιτους αλλά έχει μακρινή συγγένεια με τους γαιοσκώληκες (υπερτάξη *Microdrili*) (Erseus et al. 2008, Tatmo 2020) εντοπίστηκαν σε μερικές τοποθεσίες. Η παρουσία τους παρατηρήθηκε σε πολύ μικρές συχνότητες και δεν έγινε γι' αυτά περαιτέρω ποιοτική ή ποσοτική καταγραφή. Η οικογένεια αυτή κατά κανόνα έχει υδρόβια άτομα που απαντώνται σε γλυκά ή υφάλμυρα νερά. Έχουν κόκκινο χρώμα λόγω της παρουσίας αιμοσφαιρίνης μέσα στο σώμα τους. Θεωρούνται βιοδείκτες ευτροφισμού διότι ανέχονται ψηλά επίπεδα θρεπτικών στο έδαφος. Η παρουσία τους είναι επιθυμητή σε τέτοια περιβάλλοντα διότι καταναλώνουν μικροοργανισμούς που εμπλέκονται με τη μόλυνση των υδάτων και, αναμοχλεύοντας τον πυθμένα, συμβάλουν στον αερισμό του. Στην παρούσα μελέτη εντοπίστηκαν σε υδροβιότοπους και σε καλλιεργούμενες εκτάσεις. Συγκεκριμένα:
  - Στην περιοχή λίμνη Κουρνά της περιφέρειας Χανίων στην οποία κατά την εποχή της δειγματοληψίας, Αύγουστος 2017, δεν βρέθηκαν γαιοσκώληκες, εντοπίστηκαν εύρωστα άτομα της οικογένειας **Naididae**, στο υπόστρωμα της όχθης της λίμνης και σε περιορισμένη έκταση όπου υπήρχε βλάστηση.
  - Στο ρέμα Πικροδάφνης στο Φάληρο βρέθηκαν σημαντικοί αριθμοί ατόμων της οικογένειας **Naididae**. Το ρέμα αυτό είναι από τις λίγες υδάτινες αρτηρίες που ρέουν ανεμπόδιστα στην Αττική, πηγάζει από τον Υμηττό και περνώντας μέσα από τον αστικό ιστό εκβάλλει στο Σαρωνικό κόλπο. Έχει νερό όλο το χρόνο. Στον αποστραγγιστικό χάνδακα Πάχης στα Μέγαρα βρέθηκαν επίσης υψηλοί πληθυσμοί της παραπάνω οικογένειας. Το χαντάκι αυτό περνά μέσα από

καλλιέργειες πριν εκβάλλει στον Σαρωνικό κόλπο. Κοντά στις εκβολές του η ροή είναι πολύ αργή και έχουν αναπτυχθεί διάφορα ζιζάνια. Λιπάσματα και άλλα αγροχημικά μπορεί να διηθούνται ή και να απορρίπτονται στο ρέμα το οποίο έχει πολύ έντονα ευτροφικό πυθμένα ώστε ευνοεί τους παραπάνω Ολιγόχαιτους.

- Πολύ λίγα άτομα της ίδιας οικογένειας εντοπίστηκαν σε κήπο στο Μαρούσι και σε φυτεία εσπεριδοειδών στον Γαλατά.
- Ακόμα μικρή παρουσία των παραπάνω οργανισμών σημειώθηκε στις περιοχές Αγία Τριάδα και Μόλα της Πάρνηθας.

#### 1.4.4 Εδάφη

Στον πίνακα 1.6 παρουσιάζονται τα βασικά εδαφολογικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής και κάθε οικοσυστήματος. Για την εκτίμηση των μετρήσεων αυτών παρατίθενται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.2 οι κλάσεις και τα όρια των τιμών που παίρνουν οι παράμετροι του εδάφους μέσα σε κάθε κλάση ανάλογα με την καταλληλότητα του εδάφους να χρησιμοποιηθεί για φυτική παραγωγή.

Σχετικά με την **υγρασία** παρατηρούμε ότι οι υγρότοποι είχαν σημαντικά πιο υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία η οποία κυμάνθηκε από 12% έως 63%, σε σχέση με τις αδιατάρακτες περιοχές (9 – 27%) και τις καλλιεργούμενες (7 – 18%) ( $F_{2,42}=13,23$ ,  $P<0,0001$ ).

Παρατηρούμε ότι τα περισσότερα εδάφη που αναλύθηκαν ήταν μέσης **σύστασης** (αμμοπηλώδη: SL ή πηλώδη: L) ή μέτρια λεπτόκοκκα (αμμοαργιλοπηλώδη: SCL ή αργιλοπηλώδη: CL) ανεξάρτητα από το οικοσύστημα απ' όπου προέρχονταν. Ανάμεσα στους υγροτόπους 3 περιοχές χαρακτηρίστηκαν ως χοντρόκοκκες (πηλοαμμώδεις: LS). Πρόκειται για ρέματα (Πάχης και Σπάτων) με έντονη ροή τουλάχιστον για κάποια περίοδο κατά τη διάρκεια του έτους και για μια λίμνη με τεχνητό πυθμένα (Μπελέτσι). Το ρέμα Πικροδάφνης στο Φάληρο χαρακτηρίστηκε ως αμμώδες (S). Στην ομάδα των καλλιεργημένων περιοχών 3 εδάφη, όλα προερχόμενα από την ορεινή Κορινθία, ταυτοποιήθηκαν ως βαριά (αργιλώδη: C) με περιεκτικότητα σε άργιλο  $> 40\%$ .

Από τα 3 συστατικά της υφής των εδαφών, η στατιστική ανάλυση έδειξε διαφορές για την άμμο και την άργιλο. Ειδικότερα, η **άμμος** στους υγροτόπους έλαβε

τιμές σημαντικά υψηλότερες ( $64 \pm 3\%$ ), έναντι των αδιατάρακτων περιοχών ( $48 \pm 3\%$ ) και των καλλιεργούμενων ( $43 \pm 3\%$ ), ( $F_{2,42}=13,36$ ,  $P<0,0001$ ). Η **ιλύς** δεν διαφοροποιήθηκε με βάση το οικοσύστημα, ενώ η **άργιλος** καταγράφηκε με στατιστικά σημαντικά μικρότερη τιμή ( $F_{2,42}=12,80$ ,  $P<0,0001$ ) στους υγροτόπους ( $13 \pm 2\%$ ) σε σχέση με τις αδιατάρακτες περιοχές ( $24 \pm 2\%$ ) και τις καλλιεργούμενες εκτάσεις ( $29 \pm 3\%$ ).

Ως προς το **pH** τα εδάφη είχαν μάλλον μικρή διακύμανση. Οι μέσες τιμές και στα 3 οικοσυστήματα είχαν στατιστικά μη σημαντικές διαφορές ( $F_{2,42}=0,29$ ,  $P=0,75$ ) και εμπίπτουν στην κατηγορία «ουδέτερο» (pH 6,6 – 7,3, παράρτημα 1.2).

Σχετικά με το **ανθρακικό ασβέστιο** παρατηρούμε ότι ο παράγοντας αυτός δεν ήταν σημαντικός μεταξύ των εδαφών των οικοσυστημάτων ( $F_{2,42}=0,88$ ,  $P=0,42$ ). Οι μέσοι των 3 οικοσυστημάτων δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0,05$  και ήταν  $24,2 \pm 4,8\%$  στους υγροτόπους,  $20,7 \pm 4,5\%$  στις αδιατάρακτες περιοχές και  $14,3 \pm 4,9\%$  στις γεωργικές περιοχές.

Ως προς την **οργανική ουσία** η ανάλυση διασποράς έδειξε έλλειψη σημαντικότητας ( $F_{2,42}=0,59$ ,  $P=0,56$ ). Οι υγρότοποι είχαν κατά μέσο όρο  $6,0 \pm 0,8\%$  οργανική ουσία, οι αδιατάρακτες περιοχές  $5,4 \pm 0,7\%$  και οι καλλιέργειες  $4,8 \pm 0,9\%$ . Τα περισσότερα εδάφη χαρακτηρίστηκαν ως πλούσια (με περιεκτικότητα  $>5\%$ ).

**Πίνακας 1.6:** Βασικές εδαφολογικές ιδιότητες των περιοχών δειγματοληψίας και το ποσοστό φυτοκάλυψης κατά την ημερομηνία της δειγματοληψίας.

	Περιοχή	Υγρασία (%)	Κοκκομ. Σύσταση (%)			Τύπος	pH	CaCO <sub>3</sub> (%)	Οργ. Ουσ (%)	Φυτοκάλ. (%)
			S	L	C					
1	Μενίδι-ποτάμι	15	76	12	12	SL	7,8	32,0	1,0	18
2	Καρακαντά Πεντέλη	27	63	26,5	10,5	SL	6,9	0,0	4,5	0
3	Μεσιανό νερό	44	55	24	21	SCL	7,1	4,5	13,8	20
4	Πάνακτος-Οινόη	43	47	32,5	20,5	L	7,2	24,4	8,7	90
5	Πηγή Φυλής	22	53	30	17	SL	7,7	34,85	3,9	70
6	Κρυφό Νερό	49	69	18	13	SL	7,6	1,3	5,4	0
7	Παλιοχώρι	26	48	24	28	SCL	7,3	16,6	10,3	60
8	Φάληρο Ρέμα Πικροδάφνης	13	90	6	4	S	7,2	36,5	0,8	80
9	Αγία Τριάδα	20	65	25	10	SL	7,3	18,9	8,1	0
10	Ρέμα Πάχης	29	77	17	6	LS	7,3	61,5	6,2	80
11	Κορινθ. Ασωπός	37	56	34	10	SL	7,25	32,8	6,7	0
12	Λίμνη Δόξα	63	59	37	4	SL	7,0	3,9	11,4	0
13	Κορομηλιά	30	45	26	29	CL	7,1	0,0	8,1	0
14	Πηγή Κυρά	40	67	20	13	SL	7,4	12,4	6,1	0
15	Βοιωτικός Κηφ.	20	46,5	28,5	25	SCL	7,4	28,1	2,5	40
16	Βιλιάνι	25	70	28	2	SL	7,5	23,8	10,3	50
17	Λίμνη Κουρνά Χανίων	32	74	18	8	SL	7,4	86,9	4,8	0
18	Μπελέτσι	12	81	15	4	LS	7,6	5,3	3,1	20
19	Ρεματιά Σπάτων	17	81,5	6	12,5	LS	7,9	33,2	0,6	20
Σύνολο	ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ*	29 ± 3 <sup>α</sup>	64 ± 3 <sup>α</sup>	23 ± 2 <sup>α</sup>	13 ± 2 <sup>α</sup>		7,4 ± 0,1 <sup>α</sup>	24,2 ± 4,8 <sup>α</sup>	6,0 ± 0,8 <sup>α</sup>	28,8 ± 7,6 <sup>α</sup>

συνεχίζεται

πίνακας 1.6(συνέχεια)

	Περιοχή	Υγρασία (%)	Κοκκομ. Σύσταση (%)			Τύπος	pH	CaCO <sub>3</sub> (%)	Οργ. Ουσ (%)	Φυτοκάλ. (%)
			S	L	C					
20	Μενίδι-δρόμος	27	27	43,5	29,5	CL	7,6	61,5	6,2	100
21	Πρόην Βάση Ν. Μάκρης	12	64	20	16	SL	7,85	22,7	3,8	75
22	ΣΕ.ΛΕ.ΤΕ.	15	40	31	29	CL	8,1	31,1	1,8	5
23	Φασκομηλιά Βουλαγαμένη	15	27	35	38	CL	7,8	8,6	7,9	26
24	Διόνυσος	12	58	31	11	SL	7,8	28,8	4,0	100
25	Άνω Γλυφάδα	11	59	25	16	SL	7,8	24,8	3,4	76
26	Πάρνηθα Μακκία	20	58	24	18	SL	7,3	4,1	4,5	90
27	Πάρνηθα Πευκοδάσος	17	37	30	33	CL	7,1	10,7	12,3	50
28	Άλσος Βεΐκου	9	42	30	28	CL	7,5	36,1	0,9	90
29	Πάρνηθα Καμένα	-	28	36	36	CL	7,0	3,1	6,1	95
30	Καβούρι	10	46	32	22	L	7,4	54,1	2,0	100
31	Τατόι	15	54	24	22	SCL	7,3	29,9	3,6	50
32	Προς Μόλα	-	40	28	32	CL	6,8	0,0	5,2	54
33	Μόλα Πάρνηθα	22	53,5	21	25,5	SCL	6,6	0,0	10,9	30
34	Στομφαλία Δρόμ.	24	51	33	16	L	7,6	22,6	5,3	30
35	Πόρος πευκοδάσ.	11	61	22	17	SCL	7,5	14,1	6,3	0
Σύνολο	<b>ΑΔΙΑΤΑΡΑΚΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤ.*</b>	<b>17 ± 1<sup>β</sup></b>	<b>48 ± 3<sup>β</sup></b>	<b>28 ± 2<sup>α</sup></b>	<b>24 ± 2<sup>β</sup></b>		<b>7,4 ± 0,1<sup>α</sup></b>	<b>20,7 ± 4,5<sup>α</sup></b>	<b>5,4 ± 0,7<sup>α</sup></b>	<b>60,8 ± 8,2<sup>β</sup></b>
36	Κτήμα Συγγρού Μαρούσι	-	51	32,5	16,5	L	7,6	33,0	10,1	0
37	Χλοοτάπητας ΓΠΑ	18	47	35	18	L	7,7	33,4	3,2	100
38	Κορινθ. Αμπέλι	11	26	30	44	C	7,6	8,8	2,7	70
39	Ορεινό οροπέδιο Κορινθίας 2016	15	31	25,5	43,5	C	7,1	0,2	2,1	70
40	Κήπος Μαρούσι	11	51	26	23	SCL	7,4	31,7	3,5	100
41	Πόρος πεδινά	15	51	28	21	L	7,5	29,4	8,9	30
42	Γαλατάς, εσπεριδοειδή	15	51	23	26	SCL	7,0	0,4	4,2	70
43	Γαλατάς, ελαιών.	15	48	24	28	SCL	7,1	0,4	6,6	70
44	Μαραθόνας, βιολ. λαχανικά	18	42	31	27	L	7,5	5,2	4,6	45
45	Ορεινό οροπέδιο Κορινθίας 2017	7	31	25	44	C	7,1	0,2	2,1	54
Σύνολο	<b>ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ*</b>	<b>14 ± 1<sup>β</sup></b>	<b>43 ± 3<sup>β</sup></b>	<b>28 ± 1<sup>α</sup></b>	<b>29 ± 3<sup>β</sup></b>		<b>7,4 ± 0,1<sup>α</sup></b>	<b>14,3 ± 4,9<sup>α</sup></b>	<b>4,8 ± 0,9<sup>α</sup></b>	<b>60,9 ± 10,4<sup>β</sup></b>

\*Οι μέσοι των οικοσυστημάτων για την αυτή παράμετρο που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους ( $\alpha = 0,05$ ).

#### 1.4.5 Χλωρίδα

Από τα πολυάριθμα είδη της χλωρίδας, συλλέχθηκαν και ταυτοποιήθηκαν 131 taxa, τα οποία παρουσιάζονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.3 μαζί με τα είδη γαιοσκωλήκων της περιοχής ως καταχώρηση αναφοράς. Παρατηρήθηκε μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ των οικοσυστημάτων και μέσα σε αυτά ως προς τα είδη φυτών που ήταν παρόντα. Τα κοινότερα είδη στους υγροτόπους ήταν τα: *Cynodon dactylon* L.(Pers.) (Poaceae), *Platanus orientalis* L. (Platanaceae), *Rubus fruticosus* L. (Rosaceae) και *Vitex angus-castus* L. (Verbenaceae). Στους φυσικούς – αδιατάρακτους βιοτόπους απαντήθηκαν κυρίως τα είδη: *Cyclamen graecum* Link. (Primulaceae), *Cistus* spp. (Cistaceae), *Pinus* spp. (Pinaceae) και *Trifolium repens* L. (Fabaceae). Στα καλλιεργούμενα εδάφη τα πιο κοινά είδη ήταν: *Ficus carica* L. (Moraceae), *Oxalis pes-caprae* L. (Oxalidaceae), *Piptatherum miliaceum* (L.)Cross (Poaceae) και *Sinapis* spp. (Brassicaceae).

Το ποσοστό φυτοκάλυψης παρουσιάζεται στον πίνακα 1.6. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ των οικοσυστημάτων ως προς το ποσοστό φυτοκάλυψης ( $F_{2,42}=5,17$ ,  $P=0,0098$ ) με τις καλλιεργούμενες περιοχές να έχουν σχεδόν το ίδιο ποσοστό με τις αδιατάρακτες ( $60,9 \pm 10,4\%$  και  $60,8 \pm 8,2\%$ ), ενώ οι υγρότοποι είχαν σημαντικά μικρότερο ποσοστό φυτοκάλυψης ( $28,8 \pm 7,6\%$ ).

#### 1.4.6 Συσχετίσεις

Η συσχέτιση των διαφόρων μεταβλητών της παρούσας διερεύνησης και η σημαντικότητα της φαίνεται στον πίνακα 1.7. Οι δύο παράμετροι των γαιοσκωλήκων (αριθμός ειδών και ολικός πληθυσμός ανά περιοχή) συσχετίστηκαν θετικά και σημαντικά μεταξύ τους ( $r=0,5730$ ,  $P=0,0001$ ). Ακόμα βρέθηκε θετική και σημαντική συσχέτιση μεταξύ του πληθυσμού και του ποσοστού φυτοκάλυψης ( $r=0,3376$ ,  $P=0,0233$ ), ενώ καμία άλλη ανεξάρτητη μεταβλητή δεν είχε σημαντική συσχέτιση με τις παραμέτρους των γαιοσκωλήκων.

Από τις περιβαλλοντικές παραμέτρους καταγράφηκαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των παρακάτω μεταβλητών:

- Αρνητική μεταξύ υγρασίας – αργίλου ( $r = -0,3206$ ,  $P=0,0330$ ), υγρασίας – pH ( $r = -0,3183$ ,  $P=0,0320$ ) και υγρασίας – φυτοκάλυψης ( $r = -0,3729$ ,  $P=0,0131$ )
- Θετική μεταξύ υγρασίας – οργανικής ουσίας ( $r=0,5098$ ,  $P=0,0004$ )
- Αρνητική μεταξύ φυτοκάλυψης - άμμου ( $r = -0,3066$ ,  $P=0,0405$ )
- Θετική μεταξύ ιλύος - οργανικής ουσίας ( $r=0,3273$ ,  $P=0,0282$ )
- Αρνητική μεταξύ αργίλου - ανθρακικού ασβεστίου ( $r= -0,3613$ ,  $P=0,0148$ )
- Θετική μεταξύ pH - ανθρακικού ασβεστίου ( $r=0,4140$ ,  $P=0,0047$ )
- Αρνητική μεταξύ pH - οργανικής ουσίας ( $r= -0,3988$ ,  $P=0,0047$ ) και
- διάφορες συσχετίσεις μεταξύ των συστατικών της πρωτογενούς δομής του εδάφους.



**Πίνακας 1.7:** Συντελεστές συσχέτισης των διαφόρων μεταβλητών, όπως καταμετρήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

	πληθυσμός	αριθμός ειδών	υγρασία	άμμος%	ιλύς%	άργιλος%	εδαφικό pH	CaCO <sub>3</sub> %	Οργανική Ουσία
<b>Αριθμός ειδών</b>	0,5730*	1,0000							
<b>Υγρασία εδάφους</b>	-0,0954	-0,0767	1,0000						
<b>Άμμος (%)</b>	0,1180	-0,0222	0,1530	1,0000					
<b>Ιλύς (%)</b>	-0,0058	0,0188	0,1495	-0,7572*	1,0000				
<b>Άργιλος (%)</b>	-0,1632	0,0184	-0,3206*	-0,8912*	0,3785*	1,0000			
<b>Εδαφικό pH</b>	0,1297	0,0203	-0,3183*	0,1416	-0,0250	-0,1833	1,0000		
<b>CaCO<sub>3</sub> (%)</b>	0,2908	-0,0191	-0,0878	0,2650	-0,0206	-0,3613*	0,4140*	1,0000	
<b>Οργανική ουσία (%)</b>	-0,2311	-0,1022	0,5098*	-0,1357	0,3273*	-0,0351	-0,3988*	-0,2205	1,0000
<b>Φυτοκάλυψη (%)</b>	0,3376*	0,1027	-0,3729*	-0,3066*	0,2143	0,2857	0,0117	0,1739	-0,2655

Οι σημαντικές συσχετίσεις επισημαίνονται με αστερίσκο (df=1,43,  $\alpha = 0,05$ ).

## 1.5 Συζήτηση

### 1.5.1 Ομοιογένεια των δειγματοληπτικών μονάδων

Είναι φανερό ότι για να είναι πιο αξιόπιστος ο διαχωρισμός των οικοσυστημάτων με τις πολυπαραγοντικές μεθοδολογίες ομαδοποίησης των παρατηρήσεων (PCA και Cluster analysis με τον αλγόριθμο K Means) χρειάζονται περισσότερες παράμετροι και πιο σωστά σχεδιασμένη ταυτοποίηση των οικοσυστημάτων που μελετήθηκαν. Αν είχαν ληφθεί μετρήσεις που αντικατοπτρίζουν την εφαρμογή λιπάνσεων ή τις φυσικές ιδιότητες των εδαφών (πυκνότητα, υδατοπερατότητα κλπ.) πιστεύουμε ότι θα είχαμε διαχωρισμό των αδιατάρακτων οικοσυστημάτων από τα καλλιεργούμενα με τις στατιστικές μεθοδολογίες. Η ανάλυση αυτή μας επιβεβαιώνει τον ορθό διαχωρισμό των οικοσυστημάτων σε χερσαία και υγροτόπους, αλλά χρειάζεται επιπλέον παραμέτρους για να διαχωρίσει τις καλλιέργειες και για να οριστικοποιήσει την διάκριση μέσα στους υγροτόπους. Η ύπαρξη αρκετών περιοχών που απέτυχαν να ενταχθούν σε μια συστάδα και που παρουσιάζουν παραπλήσιες τιμές παραμέτρων αποδεικνύει την ορθότητα της παραπάνω υπόθεσης και υποδηλώνει την τεράστια παραλλακτικότητα των εδαφικών συστημάτων.

Για τους παραπάνω λόγους διατηρήθηκε η κατηγοριοποίηση των βιοτόπων με βάση τα κλασικά γνωρίσματα του καθενός και η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε σ' αυτή την βάση.

### 1.5.2 Γαιοσκώληκες

#### 1.5.2.1 Είδη γαιοσκωλήκων

Από τα 23 ταυτοποιημένα είδη, τα 17 ανήκουν στην Οικογένεια Lumbricidae που είναι η βασικότερη οικογένεια γηγενών ειδών και ένα (*Criodrilus lacuum* Hoffmeister, 1845) ανήκει σε μια επίσης γηγενή Οικογένεια, την Criodrilidae. Από αυτά τα 16 έχουν προέλευση την Παλαιοαρκτική ζώνη και ειδικότερα έχουν βιογεωγραφική καταγωγή από την ευρύτερη περιοχή στην οποία ανήκει η Ελλάδα (Szederjesi et al. 2017), ενώ δύο (στο γένος *Bimastos*) κατάγονται από την Β. Αμερική (Νεοαρκτική ζώνη). Τα υπόλοιπα 5 ταυτοποιημένα είδη δεν είναι Παλαιοαρκτικής καταγωγής, ανήκουν όμως στην κατηγορία κοσμοπολιτικά, είναι δηλαδή εξαπλωμένα σε όλη την υφήλιο (Edwards et al. 1996). Πρόκειται για 2 είδη

της οικογένειας Acanthodrilidae καταγόμενα από την Ν. Αμερική (Νεοτροπικά), συγκεκριμένα τα *Microscolex phosphoreus* (Dugés, 1837) και *Microscolex dubius* (Fletcher, 1887), 2 είδη της Οικογένειας Ocnerodrilidae, επίσης καταγόμενα από την Ν. Αμερική, συγκεκριμένα τα *Eukerria saltensis* (Beddard, 1895) και *Ocnerodrilus occidentalis* Eisen, 1878 και το είδος *Amyntas gracilis* (Kinberg, 1866) της Οικογένειας Megascolecidae με καταγωγή από την ΝΑ Ασία (Ανατολίτικο). Τα παραπάνω ήταν παρόντα το καθένα το πολύ σε 4 περιοχές. Κατά την παρούσα έρευνα επισημάνθηκαν για πρώτη φορά στο ελληνικό χώρο τα είδη *E. saltensis* και *A. gracilis* (Szederjesi et al. 2017).

Τρία είδη καταγράφηκαν αποκλειστικά στα αδιατάρακτα οικοσυστήματα και συνιστούν γηγενή είδη όχι πολύ ευπροσάρμοστα, αφού το ένα, το *D. attemsi*, ευδοκίμει σε όξινο ή ελαφρά όξινο έδαφος (Muys et al. 1997), όπως το ελατοδάσος της Μόλα (pH 6,6) όπου εντοπίστηκε, το δεύτερο, το *A. dofleini*, αναφέρεται ως απειλούμενο στη Βαλκανική χερσόνησο (Stojanović et al. 2017) και το τρίτο, το *M. minuscula* είναι ιδιαίτερα μικροσκοπικό ενδόγειο και εμφανίζεται χρονικά κατά την εποχή της αναπαραγωγικής ωριμότητας, ίσως διότι παραμένει βαθύτερα στο έδαφος πριν την ενηλικίωση (σύμφωνα με δικές μας παρατηρήσεις). Οι υγρότοποι βρέθηκαν να περιλαμβάνουν πέντε είδη και υποείδη κατ' αποκλειστικότητα. Τέσσερα εξ αυτών είναι γονότυποι συνδεδεμένοι με το υγρό στοιχείο που κατατάσσονται στην οικολογική κατηγορία των επίγειων – υδροβίων ειδών (Βαβουλίδου κ.α. 2020). Αυτά είναι τα: *B. rubidus rubidus*, *B. rubidus subrubicundus*, *D. byblica byblica* και *C. lacuum*. Ακόμα, το ηπειρωτικό ενδόγειο είδος *O. lacteum* καταγράφηκε αποκλειστικά σε υδροβιότοπο και είναι γνωστό από άλλες μελέτες ότι είναι κοινό σε υγροτόπους (Salomé et al. 2011, διαδίκτυο 1).

Το προβάδισμα του οικοσυστήματος των καλλιεργειών σε αριθμό ειδών ανά περιοχή οφείλεται εν πολλοίς στην τοποθεσία «Χλοοτάπητας Γ.Π.Α.» η οποία είχε συνολικά 11 είδη και στην οποία σημειώθηκαν 3 αποκλειστικά είδη που δεν υπήρχαν σε άλλες περιοχές. Ο πλούτος των ειδών σε γήπεδα golf στο Κεντάκι (ΗΠΑ) (Redmond et al. 2014) ήταν 7 είδη επί 7 γηπέδων και η διακύμανση πλούτου ειδών 2-7. Σε μια άλλη μελέτη, στην Αγγλία (Bartlett et al. 2008), συλλέχθηκαν 7 είδη από 5 γήπεδα γκολφ. Είναι φανερό ότι τα χαρακτηριστικά των φυτών που δημιουργούν τον συγκεκριμένο βιότοπο, όπως μεγάλη πυκνότητα φυτών, πλούσιο και βαθύ ριζικό σύστημα, συνύπαρξη αγρωστωδών και ψυχανθών, επίδραση επί του μικροκλίματος

λόγω της ανάπτυξης πλησίον του εδάφους, διαμορφώνουν ευνοϊκές συνθήκες για τους γαιοσκώληκες. Σε μια μελέτη που έγινε στην Ολλανδία (Didden 2001) βρέθηκε ότι οι αδιατάρακτοι γρασιδότοποι είχαν στατιστικά μεγαλύτερο πλούτο ειδών (2,06 είδη/αγρό) σε σχέση με τα καλλιεργούμενα οικοσυστήματα (0,38 είδη/αγρό) και από αυτά όσα καλλιεργούνται με βολβώδη φυτά είχαν το μικρότερο πλούτο (0,14 είδη/αγρό).

Στην παρούσα μελέτη παρατηρήσαμε υψηλό πλούτο ειδών (8 είδη συνολικά) σε βιολογική καλλιέργεια λαχανικών στο Μαραθώνα σε σχέση με άλλες συμβατικές καλλιέργειες (παράρτημα 1.1). Αυτό συμφωνεί με τους Pfiffner et al. (2007) οι οποίοι βρήκαν στη Σουηδία ότι ο μέσος πλούτος ειδών, η αφθονία και η βιομάζα ήταν ανώτερα σε βιολογικούς αγρούς σιτηρών ως προς τους καλλιεργούμενους με το ολοκληρωμένο σύστημα παραγωγής. Οι ίδιες παρατηρήσεις έγιναν από τους Solomou et al. (2013), οι οποίοι κατέγραψαν μέσο πλούτο ειδών γαιοσκωλήκων  $2,40 \pm 1,18$  ανά βιολογικό ελαιώνα (συνολικά 9 είδη σε 20 ελαιώνες) και  $1,60 \pm 0,88$  είδη ανά συμβατικό ελαιώνα στην Κ. Ελλάδα (συνολικά 4 είδη σε 20 ελαιώνες).

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία (Edwards et al. 1988, Pop 1997, Decaëns et al. 2008) οι κοινότητες των γαιοσκωλήκων σε αδιατάρακτα οικοσυστήματα απαρτίζονται από 1 – 16 είδη και σε πολλές περιπτώσεις σχηματίζονται από συγκεκριμένους συνδυασμούς ειδών που απαντώνται πάντα μαζί. Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας κατέγραψαν σχετικά χαμηλό πλούτο ειδών (0 – 5) στα αδιατάρακτα οικοσυστήματα της Κ. Ελλάδας. Οι Decaëns et al. (2008), οι οποίοι μελέτησαν τις κοινότητες γαιοσκωλήκων σε τρεις γεωμορφώσεις: κατακλειζόμενα πεδία - ασβεστώδεις λόφους - πεδιάδες, ανεξάρτητα από τη χρήση γης στη Β. Γαλλία, συμπέραναν ότι δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στον πλούτο των ειδών / περιοχή μεταξύ υδρομορφικών εδαφών και των υπολοίπων γεωμορφώσεων, το οποίο συμφωνεί με τα αποτελέσματα μας. Οι παραπάνω ερευνητές βρήκαν πολύ πιο πλούσιες κοινότητες από εμάς, από 7 ως 9 είδη στις περισσότερες περιοχές, πιθανώς λόγω του υγρού κλίματος της Β. Γαλλίας. Μολαταύτα, ο συνολικός αριθμός ειδών ήταν 17 για τα υδρομορφικά εδάφη, όσα και στην παρούσα μελέτη, πιθανώς λόγω του ότι η Β. Γαλλία είναι επάνω από τη ζώνη των παγετώνων.

Ο πλούτος των ειδών σε περιοδικά κατακλειζόμενα εδάφη με θαλασσινό και γλυκό νερό στην Εσθονία κυμάνθηκε από 1 ως 6 είδη / περιοχή (Ivask et al. 2012). Στην παρούσα μελέτη οι υγρότοποι που μελετήθηκαν είχαν από 0 – 9 είδη, ήταν

δηλαδή εξ ίσου πλούσιοι (αν όχι περισσότερο πλούσιοι) με την προηγούμενη μελέτη διότι, στο οικοσύστημα αυτό στην Ελλάδα, η υγρασία παύει να αποτελεί τον κύριο ελλειμματικό παράγοντα ανάπτυξης όπως αποτελεί σε άλλα οικοσυστήματα και το οικολογικό περιβάλλον γίνεται εξ ίσου ευνοϊκό για τους γαιοσκώληκες όπως στις Βόρειες χώρες.

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία σε μικτά δάση πλατύφυλλων δένδρων ο αριθμός των ειδών γαιοσκωλήκων αναμένεται να είναι αυξημένος σε σχέση με τα δάση που απαρτίζονται από ένα είδος δένδρου (Korboulewsky et al. 2016), καθώς επίσης όταν η χλωριδική ποικιλότητα είναι πιο υψηλή (Hooper et al. 2000). Ο πλούτος των ειδών εξαρτάται από την χημική σύσταση των φυτικών υπολειμμάτων σε δασικές περιοχές και ιδίως από την περιεκτικότητα σε Ca με την οποία αυξάνεται (Reich et al. 2005). Ειδικά στα δάση κωνοφόρων οι γαιοσκώληκες είναι σπάνιοι και αναπτύσσουν χαμηλούς πληθυσμούς (Robinson et al. 1992) και η αιτία είναι η κακή ποιότητα των φυτικών υπολειμμάτων των κωνοφόρων που έχουν μικρό ποσοστό ασβεστίου, πολλές ρητίνες, υψηλό ποσοστό λιγνίνης και προσδίδουν στο έδαφος όξινη αντίδραση. Οι παραπάνω πληροφορίες επιβεβαιώθηκαν με τα αποτελέσματα της μελέτης (παράρτημα 1.1) όπου παρατηρούμε ότι σε αδιατάρακτα οικοσυστήματα έχουμε μεγαλύτερη πυκνότητα ή αριθμό ειδών σε περιοχές με ανάμικτη βλάστηση (Διόνυσος - Αττική, Μόλα – Πάρνηθα, Τατόι – Πάρνηθα) παρά σε αμιγή κωνοφόρα δάση (Πάρνηθα πευκοδάσος, Πόρος πευκοδάσος).

### **1.5.2.2 Αφθονία γαιοσκωλήκων**

Σε όλα τα οικοσυστήματα, ιδιαίτερα σε κάθε χωριστή τοποθεσία οι μέσοι πληθυσμοί παρουσίασαν μεγάλη διακύμανση μεταξύ των 5 επαναλήψεων. Αυτό γίνεται διότι η διασπορά των γαιοσκωλήκων είναι κατά κηλίδες. Πολλοί και ποικίλοι είναι οι παράγοντες που δημιουργούν αυτή την απόκλιση από την ομοιόμορφη διασπορά των γαιοσκωλήκων στο έδαφος. Ο Whalen (2004) αναφέρει για τον Καναδά, ότι οι κηλίδες διασποράς απέχουν μεταξύ τους 16 - 21 μέτρα και περιλαμβάνουν πληθυσμούς με σταθερό μέγεθος και βιομάζα, δημιουργήθηκαν δε λόγω ανομοιόμορφης κατανομής των τροφικών πόρων, παραλλακτικότητας στις ιδιότητες του εδάφους, τοπογραφικής ποικιλομορφίας και σχέσεων με άλλους οργανισμούς π.χ. θήρευση, ανταγωνισμός, συνεργισμός, παρασιτισμός. Οι Wills et al.

(2003) στην Αυστραλία, παρατήρησαν ότι η διασπορά καθορίζεται από τις ιδιότητες του εδάφους και από τη βλάστηση.

Στην παρούσα μελέτη, τα καλλιεργούμενα εδάφη είχαν μεγαλύτερη μέση αφθονία από τα αδιατάρακτα οικοσυστήματα, αλλά όχι στατιστικά σημαντική (πίνακας 1.4). Αντίθετα στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι ορισμένα αδιατάρακτα οικοσυστήματα, όπως τα δάση πλατύφυλλων ειδών (Shylesh Chandran et al. 2012, Korboulewsky et al. 2016) και οι λειμώνες (Sanchez - de Leon et al. 2003, Shylesh Chandran et al. 2012) είχαν πλουσιότερους και αφθονότερους πληθυσμούς γαιοσκωλήκων σε σχέση με καλλιεργούμενες εκτάσεις και ότι οι περισσότερες ανθρωπογενείς επεμβάσεις είχαν δυσμενείς επιπτώσεις στους γαιοσκώληκες. Η εντατικοποίηση χρήσης της γης μείωσε την ποικιλότητα των γηγενών ειδών και τους συνολικούς πληθυσμούς (Feijoo et al. 2011, Tsiafouli et al. 2015). Η συμβατική κατεργασία με δισκάρτρο και το όργωμα μείωσε σε μεγάλο ποσοστό τους πληθυσμούς (Boström 1995). Η προσθήκη ασβέστου για τη διόρθωση της οξύτητας αύξησε την πιθανότητα εισβολών εισαγόμενων ειδών με κίνδυνο για τα γηγενή είδη (Homan et al. 2016). Η χρήση αγροχημικών και βαρέων μετάλλων ζημίωσαν κάποιες βιολογικές διεργασίες όπως η αναπαραγωγή και η γονιμότητα (Helling et al. 2000, Gaupp-Berghausen et al 2015). Η πυκνότητα βόσκησης, η συμπίεση από πεζούς και από μηχανήματα αποτέλεσαν απειλή για τον πλούτο και την αφθονία των ειδών σε λειμώνες και αγρούς (Cuendet 1992).

Μελετώντας κάθε τοποθεσία χωριστά (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.1) γίνεται φανερό ότι από τα καλλιεργούμενα εδάφη η τοποθεσία «Χλοοτάπητας στο Γ.Π.Α.» ανέπτυξε ακραία μεγαλύτερη πληθυσμιακή πυκνότητα από τα υπόλοιπα εδάφη. Ειδικά ο χλοοτάπητας είναι μια καλλιέργεια που απαιτεί πολλές περιποιήσεις, καλή θρέψη και άφθονο πότισμα, όλα ευεργετικά για τους γαιοσκώληκες. Οι Redmond et al. (2014) βρήκαν επίσης πολύ υψηλούς πληθυσμούς γαιοσκωλήκων σε γήπεδα γκολφ στο Κεντάκι (ΗΠΑ) που κυμαίνονταν από περίπου 100 έως 600 άτομα  $m^{-2}$ , ανάλογα με την εποχή. Αντίθετα, στην Αγγλία, οι Bartlett et al. (2008) βρήκαν πληθυσμούς σε γήπεδα γκολφ που κυμαίνονταν από 2,3 ως 34,4 άτομα  $m^{-2}$ .

Από τις καλλιεργημένες περιοχές αξίζει να σχολιασθούν τα δεδομένα της βιολογικής παραγωγής λαχανικών στο Μαραθώνα, όπου βρέθηκε αρκετά υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα (119,2 άτομα  $m^{-2}$ ). Στο κτήμα αυτό εφαρμοζόταν οργανική λίπανση, μηχανική ζιζανιοκτονία και συγκαλλιέργεια πολλών ειδών χωρίς χημική

φυτοπροστασία. Οι υψηλές πληθυσμιακές πυκνότητες γαιοσκωλήκων σε εδάφη βιολογικής παραγωγής έχουν αναφερθεί στην διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία. Ενδεικτικά καταγράφουμε τις εξής μελέτες: οι Domínguez et al. (2016) ανέφεραν ότι, στην Ισπανία, το οργανικό σύστημα καλλιέργειας είχε τις μεγαλύτερες πληθυσμιακές πυκνότητες σε σχέση με το συμβατικό ή με το συμβατικό με ακαλλιέργεια εδάφους. Οι Bai et al. (2018) επιβεβαίωσαν την θετική σχέση βιολογικής καλλιέργειας και πυκνότητας του πληθυσμού των γαιοσκωλήκων σε μια συγκεντρωτική ανάλυση ερευνητικών εργασιών από διάφορες χώρες της Ευρώπης. Οι Pfiffner et al. (2007) στην Σουηδία βρήκαν σημαντικά μεγαλύτερη πυκνότητα ακμαίων γαιοσκωλήκων (1.285 άτομα/αγρό) και αριθμό ειδών (5 – 9 είδη/αγρό) σε βιολογικούς αγρούς σιτηρών σε σχέση με γειτονικούς αγρούς με ολοκληρωμένη διαχείριση (601 και 4 – 8 αντίστοιχα). Οι Vanoulidou et al. (2021) ανέφεραν  $52 \pm 23$  άτομα  $m^{-2}$  σε βιολογικούς αμπελώνες και μόλις  $16 \pm 9$  σε συμβατικούς, ενώ τα αντίστοιχα δεδομένα από διάφορους οπωρώνες ήταν  $75 \pm 29$  άτομα  $m^{-2}$  και  $34 \pm 17$  άτομα  $m^{-2}$ . Οι ίδιοι ερευνητές όμως βρήκαν  $36 \pm 20$  άτομα  $m^{-2}$  σε βιολογικούς ελαιώνες και  $63 \pm 29$  σε συμβατικούς. Τέλος, οι Solomou et al. (2013) κατέγραψαν μέση πληθυσμιακή πυκνότητα  $8,5 \pm 3,7$  άτομα  $m^{-2}$  σε οργανικούς ελαιώνες στην Μαγνησία, έναντι  $4,3 \pm 1,6$  σε συμβατικούς.

Ομοίως με ότι αναφέρθηκε σχετικά με τον αριθμό των ειδών, τα βιβλιογραφικά δεδομένα συμφωνούν με τα ευρήματα της παρούσας μελέτης ως προς τις πολύ χαμηλές ή μηδενικές πυκνότητες γαιοσκωλήκων σε πευκοδάση. Σύμφωνα με τα παραπάνω οι Ammer et al. (2006), στην Βαυαρία, βρήκαν πολύ χαμηλές πυκνότητες από είδη πολύ ανθεκτικά στην εδαφική οξύτητα [*Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1826) (Classi clitellata: Lumbricidae)] σε αμιγή πευκοδάση.

Οι υγρότοποι είχαν αριθμητικά, αλλά όχι σημαντικά, τη μέγιστη μέση πληθυσμιακή πυκνότητα όλων των οικοσυστημάτων. Οι Decaëns et al. (2008), στη Β. Γαλλία, δεν βρήκαν στατιστικά σημαντική διαφορά στους πληθυσμούς υδρομορφικών εδαφών και άλλων (λόφοι και πεδιάδες), όμοια με την παρούσα μελέτη.

Από τους υγροτόπους, πολύ ενδιαφέρουσες είναι οι υψηλές πληθυσμιακές πυκνότητες που καταγράφηκαν σε δύο ευτροφικά ρέματα, στο αστικό ρέμα Πικροδάφνης (Αττική) με  $292,0 \pm 186,4$  άτομα  $m^{-2}$  και στον αποστραγγιστικό χάνδακα Πάχης (Μεγάρων) με  $242,4 \pm 79,5$  άτομα  $m^{-2}$  (παράρτημα 1.1), που περνά

μέσα από καλλιέργειες και μπορεί να είναι αποδέκτης των λιπάνσεων και φυτοπροστατευτικών ουσιών που προστίθενται στους αγρούς. Αυτό αποτελεί μια ένδειξη ότι τα ημιυδρόβια, τουλάχιστον, είδη είναι ανθεκτικά στη ρύπανση. Σε παρόμοια συμπεράσματα είχαν καταλήξει οι Plum et al. (2005) στην Β. Γερμανία.

### 1.5.2.3 Δομή πληθυσμών

Οι πληθυσμοί των γαιοσκωλήκων απαρτίζονταν κυρίως από ατελή άτομα (πίνακας 1.5). Αυτό είναι σύνηθες στους πληθυσμούς στη φύση και έχει παρατηρηθεί σε παρόμοιες επισκοπήσεις (Bauer et al. 1998, Plum et al. 2005). Σε 5 μόνο περιοχές, όλες υγρότοποι, υπερίσχυαν τα ακμαία άτομα. Αυτό αποτελεί πιθανή ένδειξη ότι οι πληθυσμοί ευρίσκοντο σε στάδιο μεγάλης αναπαραγωγικής δραστηριότητας. Στις περιοχές αυτές, με εξαίρεση την πηγή Βιλιάνι, οι κοινότητες γαιοσκωλήκων σχηματίζονταν, κατά κύριο λόγο, από είδη επίγεια-υδρόβια (*D. byblica byblica*, *E. tetraedra*, *B. rubidus rubidus*) που είναι βραχύβια, ακολουθούν την r στρατηγική επιβίωσης και παράγουν πολυάριθμα βομβύκια με τα οποία περνούν την δυσμενή εποχή του έτους (Edwards et al. 1996, Lavelle et al. 2005). Ενδέχεται επομένως η δειγματοληψία να συνέπεσε με το στάδιο προετοιμασίας για διαχείμαση ή διαθερισμό. Τα ώριμα άτομα συσσωρεύονται πολλά μαζί στα πεσμένα φυτικά και άλλα υποστρώματα στις όχθες με σκοπό την αναπαραγωγή. Είναι προφανές ότι η συσσώρευση αρκετής οργανικής ύλης και η ομοιογένεια του μέσου ανάπτυξης, λόγω του νερού και των ιδιοτήτων που το χαρακτηρίζουν, στηρίζουν την ταχεία και μαζική ενηλικίωση των ειδών αυτών όπως τα παρατηρήσαμε. Οι δειγματοληψίες στις περιοχές αυτές έλαβαν χώρα μεταξύ τέλους Αυγούστου και τέλους Οκτωβρίου και από αυτό συμπεραίνουμε ότι τα είδη που αναφέραμε βρίσκονταν σε δραστηριότητα κατά την περίοδο του καλοκαιριού στους υγροτόπους και ότι η περίοδος αδράνειας, αν υπάρχει, εντοπίζεται μέσα στο χειμώνα. Περισσότερη έρευνα χρειάζεται για να επιβεβαιωθούν οι παραπάνω συλλογισμοί.

### 1.5.2.4 Συσχετίσεις

Η συσχέτιση των μεταβλητών (πιν. 1.7) έδειξε ότι οι πληθυσμοί συνδέονται θετικά και σημαντικά με τον αριθμό των ειδών και το ποσοστό φυτοκάλυψης του εδάφους. Η θετική επίδραση του αριθμού των ειδών στους πληθυσμούς είναι



αναμενόμενη. Η θετική σχέση μεταξύ ποσοστού φυτοκάλυψης και πληθυσμού είναι επίσης εύλογη αφ' ενός διότι τα φυτά με τα εκκρίματα και τα υπολείμματα που παράγουν αποτελούν τη βασική τροφή των γαιοσκωλήκων και αφ' ετέρου διότι με το υπέργειο τμήμα τους βελτιώνουν τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους επιδρώντας στο μικροκλίμα και με το υπόγειο ευνοούν τη συνάθροιση και πολλαπλασιασμό των οργανισμών του εδάφους.

### **1.5.3 Εδάφη**

#### **1.5.3.1 Υγρασία**

Είναι γνωστό από τη βιβλιογραφία (Crumsey et al. 2014) ότι οι πληθυσμοί των γαιοσκωλήκων και ο αριθμός ειδών, ιδίως των ενδόγειων και των επίγειων, σχετίζονται θετικά με την εδαφική υγρασία. Η έλλειψη σημαντικότητας στη συσχέτιση των πληθυσμών και του αριθμού ειδών με την υγρασία που βρέθηκε στην παρούσα μελέτη δικαιολογείται κατ' αρχάς από την ένταξη των υγροτόπων στην ανάλυση, στους οποίους ο παράγοντας «ποσοστό υγρασίας» δεν μεταβάλλεται με το χρόνο λόγω της μόνιμης παρουσίας του νερού και από την διαφορά των εδαφών που μελετήθηκαν ως προς την ικανότητα τους να συγκρατούν και να αποδίδουν την υγρασία (υδατοϊκανότητα), ανεξάρτητα από το ποσοστό υγρασίας που περιέχουν κατά τη μέτρηση. Ακόμα δεν υπήρξε συγχρονισμός στην εποχή δειγματοληψίας και το διάστημα από την τελευταία βροχόπτωση δεν ήταν το ίδιο στα εδάφη που μελετήθηκαν, επομένως οι ατμοσφαιρικές συνθήκες διέφεραν, ανεξάρτητα από το ποσοστό υγρασίας.

#### **1.5.3.2 Υφή**

Τα οικοσυστήματα διέφεραν ως προς την υφή του εδάφους ως εξής: οι υγρότοποι, ως αποτέλεσμα της υδρολογικής διάβρωσης, είχαν σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό άμμου και μικρότερο αργίλου από τα δύο χερσαία οικοσυστήματα που δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους. Η κοκκομετρική σύσταση του εδάφους αποτελεί πολύ σημαντική ιδιότητα για το χαρακτηρισμό των βιοτόπων, όπως αποκάλυψε η ανάλυση των κυρίων συνιστωσών (πίνακας 1.2).

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία η υφή του εδάφους αποτελεί πρωταρχικό παράγοντα για την επιβίωση και πολλαπλασιασμό των γαιοσκωλήκων στο έδαφος με τα μέσης σύστασης εδάφη να είναι πιο ευνοϊκά από τα υπόλοιπα και να υποστηρίζουν μεγαλύτερους πληθυσμούς, λόγω καλύτερης ικανότητας συγκράτησης του διαθέσιμου ύδατος, χαμηλότερης αντίστασης κατά τη διάνοιξη των στοών, σταθερότητας στη δομή τους, μεγαλύτερης πλαστικότητας και συντήρησης των στοών που κατασκευάζονται (Weigand et al. 1995, Lindahl et al. 2009). Οι χερσαίες περιοχές της μελέτης στις οποίες σημειώθηκαν υψηλοί (άλσος Βεΐκου, Καβούρι, χλοοτάπητας ΓΠΑ, λαχανικά στο Μαραθώνα) ή σχετικά υψηλοί πληθυσμοί (Πόρος πεδινά, Μόλα Πάρνηθα, Μενίδι δρόμος) είχαν μέσης σύστασης εδάφη (L ή CL), ενώ σε μια μόνο περιοχή (ορεινό οροπέδιο Κορινθίας), με σχετικά υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα (μόνο κατά το πρώτο έτος επίσκεψης – 2016), το έδαφος ήταν βαρύ – αργιλώδες. Επιπλέον, οι υγρότοποι με πολύ υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα (Ρέμα Πικροδάφνης και Αποστραγγιστικός χάνδακας Πάχης) είχαν αμμώδη, ελαφριάς σύστασης εδάφη (S και SL, αντίστοιχα), ενώ οι λοιποί υγρότοποι με υψηλούς πληθυσμούς (Πηγή Φυλής, Παλιοχώρι, Αγία Τριάδα, Μενίδι ποτάμι) είχαν μέσης σύστασης εδάφη (SL και SCL). Βεβαίως τα κύρια είδη των υγροτόπων διαφοροποιούνται από αυτά των χερσαίων οικοσυστημάτων και ανήκουν στην κατηγορία των ημιυδροβίων – επίγειων ειδών τα οποία φαίνεται ότι είναι καλά προσαρμοσμένα στα χονδρόκοκκα εδάφη. Επομένως, μπορούμε να πούμε ότι τα αποτελέσματα της μελέτης δεν διαφωνούν με τα συμπεράσματα από τη βιβλιογραφία ως προς τους χερσαίους βιοτόπους, ενώ επισημαίνεται η διαφοροποίηση των υγροτόπων που μπορεί να αναπτύσσουν υψηλούς πληθυσμούς ακόμα και όταν το υπόστρωμα τους έχει αμμώδη σύσταση.

Πάραυτα, τα μεγέθη των γαιοσκωλήκων δεν συσχετίστηκαν με τις παραμέτρους της εδαφικής υφής (πίνακας 1.7) στο σύνολο των περιοχών, λόγω της πληθώρας των παραγόντων παραλλακτικότητας που καθορίζουν τους πληθυσμούς.

### **1.5.3.3 Οξύτητα – Ανθρακικά άλατα**

Οι γαιοσκώληκες, όπως και όλοι οι οργανισμοί του εδάφους, εξαρτώνται πολύ από την οξύτητά του και έχουν κάποια όρια βέλτιστης ανάπτυξης σχετικά με τον παράγοντα αυτό. Ο Didden (2001) στην Ολλανδία βρήκε ότι, εκτός από την χρήση

της γης, οι πληθυσμοί γαιοσκωλήκων καθορίζονται από τις ιδιότητες του εδάφους, μεταξύ των οποίων και το pH. Οι Hoeffner et al. (2021), στη Β. Γαλλία, βρήκαν ότι η πληθυσμιακή πυκνότητα και η βιομάζα των γαιοσκωλήκων σε γρασιδότοπους αυξήθηκε με την αύξηση του εδαφικού pH στα διάφορα εδάφη που μελετήθηκαν. Σε ιδιαίτερα όξινα εδάφη (pH<3,1) παρατηρούνται αρνητικές επιδράσεις όχι μόνο στους πληθυσμούς των γαιοσκωλήκων αλλά και στην επιβίωσή τους (Homan et al. 2016) και αυτό οφείλεται στις τοξικές επιδράσεις του αλουμινίου στην παραγωγή ηλεκτρολυτών και βλέννας. Η σημασία του ασβεστόλιθου για τους γαιοσκώληκες είναι πολλαπλή διότι, εκτός από τη δημιουργία του επιθυμητού εδαφικού pH, επιδρά ευεργετικά στο σχηματισμό και ανάπτυξη νέων ριζιδίων διότι είναι συστατικό των σκελετικών στοιχείων του φυτικού σώματος και, λόγω της ανανέωσης των ιστών, παράγει πιο εύπεπτα φυτικά υπολείμματα (Robinson et al. 1992). Διόρθωση των πολύ όξινων εδαφών με προσθήκη ασβεστόλιθου έχει θετικό αποτέλεσμα και στους πληθυσμούς των γαιοσκωλήκων (Robinson et al. 1992, Homan et al. 2016).

Στην παρούσα μελέτη οι συσχετίσεις του pH και του ανθρακικού ασβεστίου με την αφθονία και τον πλούτο των ειδών γαιοσκωλήκων δεν ήταν σημαντικές (πιν. 1.7), ούτε καταγράφηκαν διαφορές μεταξύ των οικοσυστημάτων ως προς τις παραπάνω παραμέτρους του εδάφους (πίνακας 1.6).

Η επίδραση των δύο παραπάνω παραμέτρων του εδάφους έγινε καταφανής στην παρούσα διερεύνηση μέσω της σύνθεσης των κοινοτήτων των γαιοσκωλήκων σε ορισμένα εδάφη. Παρότι οι γαιοσκώληκες δεν είναι τόσο στενοβιωτικοί οργανισμοί όσο κάποια είδη φυτών, έχουν προταθεί ως βιοδείκτες οξύτητας για το έδαφος (Muys et al. 1997). Τα περισσότερα είδη προτιμούν εδάφη με ουδέτερο προς αλκαλικό pH, τα οποία συνήθως είναι εφοδιασμένα με ασβεστόλιθο. Εξαίρεση αποτελούν κάποια είδη που αρέσκονται ή αντέχουν σε πιο χαμηλές τιμές pH. Από τα είδη που συναντήσαμε στην παρούσα μελέτη, το *D. attemsi* είναι συνδεδεμένο με όξινα εδάφη και όξινο χούμο όπως αυτά που απαντώνται στην περιοχή συλλογής του, το ελατοδάσος στην περιοχή Μόλα της Πάρνηθας [pH με οριακά ουδέτερη τιμή (6,6) και 0% ασβεστόλιθος]. Ακόμα, το *B. rubidus* αναφέρεται ότι έχει ευρεία προσαρμογή ως προς την οξύτητα και τα *A. chlorotica* και *E. tetraedra* προτιμούν υψηλές τιμές pH. Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν με τα παραπάνω. Σύμφωνα με τους Robinson et al. (1992) το είδος *Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843

(Classiplitellata: Lumbricidae) απαντάται συχνά σε δάση κωνοφόρων λόγω της αντοχής του στην οξύτητα.

#### 1.5.3.4 Οργανική ουσία

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η οργανική ουσία του εδάφους συνδέεται θετικά με τον αριθμό ειδών και την αφθονία των γαιοσκωλήκων (Hendrix et al. 1992, Hughes et al. 1994, Pop 1997, Crumsey et al. 2014) διότι αποτελεί την τροφή τους, αφού πρόκειται για σαπροφάγους οργανισμούς. Εντούτοις, η συσχέτιση οργανικής ουσίας και πληθυσμών ή αριθμού ειδών γαιοσκωλήκων δεν ήταν σημαντική και ο προφανέστερος λόγος γι' αυτό είναι η πληθώρα των συντελεστών που υπεισέρχονται στη διαμόρφωση των πληθυσμών και η ανομοιομορφία του συνόλου των δειγματοληπτικών περιοχών. Σ' αυτό πρέπει επίσης να συνεισέφερε η συχνή παρουσία και κυριαρχία του ανοδικού είδους *O. complanatus*, το οποίο τρέφεται κυρίως από ακέραια φυτικά υπολείμματα που συλλέγει από την επιφάνεια του εδάφους.

#### 1.5.4 Χλωρίδα

Η συσχέτιση μεταξύ ποσοστού φυτοκάλυψης και πληθυσμού γαιοσκωλήκων ( $r=0,3376$ ,  $P=0,0233$ ) ήταν θετική και σημαντική (πίνακας 1.7). Αυτό είναι αναμενόμενο διότι τα φυτά επηρεάζουν τις κοινότητες των γαιοσκωλήκων με τα φυτικά τους υπολείμματα, τα οποία είναι η κύρια τροφή για τα ζώα αυτά, με το μικροκλίμα που διαμορφώνουν λόγω της εμπλοκής τους στο θερμικό και υδατικό ισοζύγιο (Birkhofer et al. 2011), με τη διαπνοή τους, την απορρόφηση θρεπτικών και τις αλληλεπιδράσεις τους με άλλα μέλη της χλωρίδας και πανίδας καθώς και τους μικροοργανισμούς (Mathieu et al. 2009). Επιπλέον η αρχιτεκτονική των φυτικών υπολειμμάτων, αλλά και των ριζών, προσφέρει ποιοτικά ή μη καταφύγια και τα ριζικά εκκρίματα συνιστούν θρεπτικό υλικό καθώς και βιοδιεγέρτη για πολλούς μικροοργανισμούς και τους γαιοσκώληκες (Korboulewsky et al. 2016). Ως αντίδραση στις παραπάνω ευεργετικές επιδράσεις οι γαιοσκώληκες δείχνουν προτίμηση σε διάφορα είδη φυτών, όπως απέδειξαν οι Westernacher et al. (1987), οι οποίοι βρήκαν ότι η μηδική προτιμάται περισσότερο από το κρεμμύδι. Οι Koné et al. (2012) περιγράφουν τα χαρακτηριστικά ενός ιδανικού φυτικού είδους για τους πληθυσμούς

γαιοσκωλήκων στη σαβάνα της Ακτής του Ελεφαντοστού: Πυκνή φυτοκάλυψη ώστε να δημιουργεί ευνοϊκό μικροκλίμα, μεγάλη βιομάζα φυτικών υπολειμμάτων με χαμηλό λόγο C/N και υψηλή περιεκτικότητα σε P, γενικευμένη και επιτυχής συμβίωση με μυκόρριζες και αποδοχή των ελεύθερων αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων.

Τα τρία οικοσυστήματα διέφεραν σημαντικά ως προς την φυτοκάλυψη επί της επιφάνειας του εδάφους, με τους υγροτόπους να έχουν σημαντικά μικρότερη τιμή από τα άλλα δύο οικοσυστήματα (πίνακας 1.6). Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις, υπήρχε πολύ καλά ανεπτυγμένη οροφή βλάστησης από δασικά κυρίως δένδρα. Επομένως, η χαμηλή φυτοκάλυψη δεν είχε αρνητική επίδραση στη συνολική μέση πληθυσμιακή πυκνότητα και τον μέσο πλούτο ειδών του συγκεκριμένου οικοσυστήματος (πίνακας 1.4).

Τα πιο συχνά χλωριδικά είδη του συνόλου της μελέτης ήταν 2 πολυετή σιτηρά (Poaceae), η αγριάδα *Cynodon dactylon* (L.) Pers., που ήταν παρούσα σε 15 περιοχές και η ορίζοψη *Piptatherum miliaceum* (L.) Coss, σε 10 περιοχές (παράρτημα 1.3). Ακόμα κοινοί ήταν οι φρυγανώδεις θάμνοι - είδη *Cistus* sp. Cistaceae, που καταγράφηκαν σε 10 περιοχές. Όσον αφορά τα δύο πρώτα υπογραμμίζουμε ότι, έχει σημειωθεί σε αρκετές μελέτες η αμοιβαία θετική επίδραση μεταξύ φυτικών ειδών Poaceae και γαιοσκωλήκων, ιδίως των ανοδικών ειδών, λόγω της αφθονίας των επιφανειακών φυτικών υπολειμμάτων που παράγουν, αλλά και των ενδόγειων, λόγω των βαθιών ριζών που δρουν βελτιωτικά στο ανόργανο έδαφος (Edwards et al. 1996, Didden 2001, Pfiffner et al. 2007, Decaëns et al. 2008, Aira et al. 2009a, Domínguez et al. 2016). Δεν υπάρχουν προηγούμενες μελέτες ως προς την επίδραση του γένους *Cistus* στους γαιοσκώληκες.

## 1.6 Συμπεράσματα

1. Οι μέσοι πληθυσμοί των γαιοσκωλήκων δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά στα διάφορα οικοσυστήματα και έλαβαν τις εξής τιμές:  $28,9 \pm 8,4$  άτομα  $m^{-2}$  στα αδιατάρακτα οικοσυστήματα,  $33,1 \pm 6,9$  άτομα  $m^{-2}$  στα αξιοποιημένα από τον άνθρωπο εδάφη και  $59,2 \pm 8,4$  άτομα  $m^{-2}$  στους υγροτόπους. Οι πληθυσμοί των ειδών έλαβαν πολύ χαμηλές τιμές στα τρία οικοσυστήματα, εκτός από ελάχιστα είδη που ήταν το *Aporrectodea rosea* στα αδιατάρακτα οικοσυστήματα και το *Eiseniella tetraedra* στους υγροτόπους.

2. Οι κοινότητες των γαιοσκωλήκων διέφεραν σε κάθε οικοσύστημα και ως προς τον αριθμό των ειδών και ως προς τη σύσταση. Τα πιο πλούσια σε είδη ήταν τα καλλιεργούμενα εδάφη με μέσο αριθμό  $5,2 \pm 0,7$  είδη ανά περιοχή, τα οποία ήταν μίγμα από γηγενή και ξενικά, κοσμοπολιτικά είδη. Ακολούθησαν οι υγρότοποι με μέσο πλούτο  $3,6 \pm 0,5$  είδη ανά περιοχή και με αποκλειστική παρουσία ορισμένων υδρόβιων-επίγειων ειδών και τελευταία ήλθαν τα αδιατάρακτα φυσικά οικοσυστήματα με  $2,4 \pm 0,5$  είδη ανά περιοχή στα οποία επίσης καταγράφηκαν είδη κατ' αποκλειστικότητα. Τα φυσικά οικοσυστήματα είχαν στατιστικά σημαντικά μικρότερο αριθμό ειδών / περιοχή από τα καλλιεργούμενα.
3. Οι μέσες πληθυσμιακές πυκνότητες των περιοχών της Κεντρικής Ελλάδας κυμάνθηκαν μεταξύ ευρέων ορίων και κατά κανόνα ήταν χαμηλές ή μέτριες. Σε λίγες περιοχές καταγράφηκαν υψηλοί πληθυσμοί με τους μέγιστους στον «γλοοτάπητα στο ΓΠΑ» ( $606,4 \pm 180,8$  άτομα  $m^{-2}$ ), «ρέμα Πικροδάφνης» ( $292,0 \pm 186,4$  άτομα  $m^{-2}$ ) και «αποστραγγιστικό χάνδακα Πάχης» ( $242,4 \pm 79,5$ ). Ο πλούτος των ειδών κάθε περιοχής κυμάνθηκε από 0 έως 11 είδη.
4. Το πιο διαδεδομένο είδος στους υγροτόπους ήταν το *Eiseniella tetraedra*, στις καλλιεργούμενες εκτάσεις καθώς και στα αδιατάρακτα πεδία ήταν το *Octodrilus complanatus* ενώ στο σύνολο των περιοχών ήταν τα *O. complanatus* και *A. rosea* που παρουσιάστηκαν σε 26 περιοχές και το *Aporrectodea caliginosa trapezoids* που ήταν παρόν σε 17 τοποθεσίες.
5. Οι κοινότητες των γαιοσκωλήκων κυριαρχούνται από ατελή άτομα, αλλά σε κάποιους υγροτόπους υπερίσχυε το αναπαραγωγικό στάδιο.
6. Οι πληθυσμιακές πυκνότητες των γαιοσκωλήκων συσχετίστηκαν θετικά και σημαντικά με τον αριθμό των ειδών και το ποσοστό φυτοκάλυψης. Αντίθετα από ότι αναμένεται, δεν υπήρξε σημαντική συσχέτιση μεταξύ πληθυσμιακής πυκνότητας ή αριθμού ειδών γαιοσκωλήκων και οργανικής ουσίας του εδάφους, πιθανώς λόγω της πληθώρας των συντελεστών που υπεισέρχονται στη διαμόρφωση των πληθυσμών.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ**

**Εποχιακή διακύμανση πληθυσμών  
γαιοσκωλήκων σε καλλιεργημένα ή μη εδάφη**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### Εποχιακή διακύμανση πληθυσμών γαιοσκωλήκων σε καλλιεργημένα ή μη εδάφη

#### 2.1 Εισαγωγή

Οι γαιοσκώληκες προσφέρουν πολλές και πολύτιμες ευεργεσίες στα φυτά με τα οποία μοιράζονται το ίδιο υπόστρωμα ανάπτυξης και οι πιο σημαντικές από αυτές είναι οι εξής: ενσωμάτωση των οργανικών υπολειμμάτων μέσα στο έδαφος και εμπλουτισμό της ριζόσφαιρας, ανοργανοποίηση των θρεπτικών στοιχείων με συνέπεια την αύξηση της διαθεσιμότητας και αφομοιοσιμότητάς τους από τις ρίζες, προσωρινή προστασία της οργανικής ουσίας από τη μικροβιακή διάσπαση και αύξηση της γονιμότητας του εδάφους, βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους, όπως του πορώδους, αερισμού και υδατοπερατότητας του, έκκριση μεταβολικά ενεργών ουσιών και ενεργοποίηση των μικροοργανισμών (Hendrix et al. 1998, Parmelee et al. 1998, Brown et al. 2004a, Βαβουλίδου κ.α. 2020, Peach et al. 2021).

Η χρήση της γης από τον άνθρωπο αποτελεί σπουδαία παράμετρο που επιδρά στη σύσταση των κοινοτήτων και το μέγεθος των πληθυσμών των γαιοσκωλήκων. Διάφοροι ερευνητές (Carnovale et al. 2015, Falco et al. 2015) συμπέραναν ότι οι λειμώνες αποτελούν πολύ ευνοϊκό ενδιαίτημα για τους γαιοσκώληκες λόγω των ήπιων επεμβάσεων που συνήθως δέχονται και της καλής ποιότητας φυτικών υπολειμμάτων. Επίσης, τα δασικά οικοσυστήματα επηρεάζουν τις ιδιότητες του εδάφους και την καταλληλότητα του να υποστηρίξει μεγάλους πληθυσμούς γαιοσκωλήκων μέσω των ιδιοτήτων των φυτικών υπολειμμάτων που παράγουν (Reich et al. 2005, Ammer et al. 2006, Korboulewsky et al. 2016). Σύμφωνα με αυτό, ένα ετερογενές δάσος στον Καναδά (Whalen 2004) μπορεί να αναπτύξει μεγαλύτερους πληθυσμούς γαιοσκωλήκων σε σχέση με ένα καλλιεργούμενο έδαφος. Οι πολυετείς δενδρώδεις καλλιέργειες βρέθηκε (Lindahl et al. 2009) ότι είναι το καλύτερο περιβάλλον για το ανοδικό είδος *L. terrestris* σε διάφορες περιοχές της Ευρώπης.

Εστιάζοντας στα καλλιεργούμενα εδάφη, το σύστημα παραγωγής κάποιου προϊόντος, δηλαδή το σύνολο των πόρων και των εισροών που χρησιμοποιούνται για



την παραγωγή των αγροτικών προϊόντων σε συνδυασμό με τη διαχείριση που εφαρμόζεται για το σκοπό αυτό, επηρεάζει την ποιότητα του εδάφους και αυτό έχει αντίκτυπο στις κοινότητες των γαιοσκωλήκων και την ανταπόκρισή τους σε διάφορες καλλιεργητικές φροντίδες. Οι Phiffner et al. (2007), στην ΒΔ Ελβετία, βρήκαν ότι η πυκνότητα, βιομάζα και ο πλούτος ειδών γαιοσκωλήκων ήταν ανώτερα σε βιολογικούς αγρούς σιτηρών σε σχέση με καλλιεργούμενους κατά την ολοκληρωμένη διαχείριση. Οι Domínguez et al. (2016), στην Αργεντινή, βρήκαν ότι τα βιολογικά εδάφη είχαν τους υψηλότερους πληθυσμούς γαιοσκωλήκων έναντι των συμβατικών και αυτών που δεν είχαν δεχθεί συγκεκριμένη διαχείριση. Οι Baltivieso-Freitas et al. (2018), στην Ισπανία, παρατήρησαν ότι μεταξύ των βιολογικών καλλιεργειών, όσες δέχονταν οργανικά υλικά στο έδαφός τους, ανέπτυξαν μεγαλύτερη πληθυσμιακή πυκνότητα και βιομάζα γαιοσκωλήκων. Οι Solomou et al. (2013), στην Ελλάδα, βρήκαν ότι οι βιολογικοί ελαιώνες ήταν πιο πλούσιοι σε είδη και είχαν μεγαλύτερο πληθυσμό και βιομάζα γαιοσκωλήκων από τους συμβατικούς.

Η καλλιέργεια της αμπέλου είναι σπουδαίος τομέας για την ελληνική γεωργία αφού καλύπτει σχεδόν 870.000 στρέμματα συνολικά, περίπου το 2,7 % των συνολικών καλλιεργούμενων εκτάσεων σύμφωνα με στοιχεία του 2019 (διαδίκτυο 2.1). Οι ευεργετικές επιδράσεις των γαιοσκωλήκων στο έδαφος των αμπελώνων έχουν υπογραμμισθεί από διάφορους ερευνητές (Paoletti et al. 1998, Gavinelli et al. 2018).

Οι επιδράσεις του συστήματος καλλιέργειας στο έδαφος του αμπελώνα εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως η υφή του εδάφους, οι κλιματικές συνθήκες, το σύστημα της εδαφοκατεργασίας και επηρεάζουν τις κοινότητες των γαιοσκωλήκων (Schreck et al. 2012), τα είδη (Coll et al. 2011), την αφθονία (Coll et al. 2011, Buchholz et al. 2017, Faber et al. 2017, Zaller et al. 2018, Meissner et al. 2019) και την ποικιλότητα των λειτουργικών ομάδων (επίγεια, ενδόγεια, ανοδικά) (Van Capelle et al. 2012, Pelosi et al. 2014).

Παρά την αφθονία των μελετών για τους γαιοσκώληκες των αμπελώνων, η εποχιακή διακύμανση των γαιοσκωλήκων υπό συνθήκες υπαίθρου στην περιοχή της Μεσογείου δεν έχει μελετηθεί. Η Ελλάδα, μια τυπική Μεσογειακή χώρα, έχει θερμομεσογειακό τύπο κλίματος (Csa) στο μεγαλύτερο τμήμα της επικράτειας της, το οποίο χαρακτηρίζεται από παρατεταμένη ξηρή και θερμή περίοδο (μέση βροχόπτωση

του θερμότερου μήνα < 30mm και μέση ημερήσια θερμοκρασία > 22°C) και ήπιους χειμώνες οι οποίοι δέχονται το μεγαλύτερο μέρος των κατακρημνισμάτων (Χρονοπούλου-Σερέλη κ.ά. 2012). Στα ορεινά και βόρεια το κλίμα είναι ηπειρωτικό. Υπάρχει αρκετή ηλιοφάνεια και η ετήσια θερμοκρασιακή διαφορά είναι ευρεία στα ορεινά και ηπειρωτικά ενώ μειώνεται στις παράκτιες περιοχές.

Η παρούσα μελέτη στοχεύει να δώσει πληροφορίες για την μεταβολή των πληθυσμών των γαιοσκωλήκων κατά τη διάρκεια ενός πλήρους έτους και να εξετάσει πως αυτή επηρεάζεται από την περιοχή και την χρήση της γης. Για τα μη καλλιεργούμενα πεδία επιλέχθηκε ο ορεινός όγκος της Πάρνηθας, όπου μελετήθηκαν εδάφη λιβαδικών εκτάσεων σε διάφορες θέσεις. Σημειώνουμε ότι όσες μελέτες έχουν γίνει για τους γαιοσκώληκες σε ορεινά υψόμετρα αφορούν βόρεια γεωγραφικά πλάτη και δεν υπάρχει κάποια παρόμοια μελέτη στην περιοχή της Μεσογείου. Για τα καλλιεργούμενα πεδία επιλέχθηκαν τα Σπάτα και η Νεμέα, που είναι περιοχές που διαφέρουν ως προς τις εδαφοκλιματικές συνθήκες, όπου μελετήθηκαν οι μηνιαίοι πληθυσμοί γαιοσκωλήκων σε εδάφη καλλιεργούμενα με αμπέλι. Ακόμα σκοπός της μελέτης είναι να επισημάνει τις διαφορές μεταξύ βιολογικού και συμβατικού συστήματος παραγωγής κάτω από τις γεωκλιματικές συνθήκες κάθε περιοχής. Στην περίπτωση των Σπátων μελετήθηκε επιπλέον και ένας εγκαταλελειμμένος αμπελώνας ως φυσικό οικοσύστημα που δεν δέχεται ανθρωπογενείς επεμβάσεις.

## **2.2 Υλικά και μέθοδοι**

### **2.2.1 Περιοχές μελέτης**

#### **A. Πάρνηθα**

Στην Πάρνηθα λαμβάνονταν δείγματα από 2 τοποθεσίες, κάθε μήνα κατά το διάστημα από 1/1/2016 ως 30/5/2017. Αμφότερες οι τοποθεσίες βρίσκονται μέσα στον πυρήνα του Εθνικού Δρυμού, η πρώτη [N 38° 16.511, E 023° 72.358] σε επικλινή πλαγιά, σε απόσταση 1,5 χιλιομέτρου περίπου από το ορεινό καταφύγιο Μπάφι και σε έκταση που έχει πληγεί από την πυρκαγιά του 2007. Η συνολική επιφάνεια ήταν 30 στρέμματα, περίπου. Η βλάστηση που κάλυπτε την περιοχή αυτή, εκτός από τα εποχιακά ποώδη φυτά και φρύγανα ήταν κυρίως αραιά πουρνάρια (*Quercus coccifera* L. Fagaceae), μεγάλο τμήμα της ήταν καλυμμένο με βάτα (*Rubus fruticosus* L. Rosaceae), ενώ η έκταση δεν είχε αναδασωθεί ακόμα. Επί του εδάφους

υπήρχαν κορμοδέματα κατά τις ισοϋψείς γραμμές, τοποθετημένα από τους αρμόδιους φορείς για τη συγκράτηση του εδάφους και την προστασία από διάβρωση. Η τοποθεσία αυτή αποκαλείται στο εξής «Καμένα» (Εικόνα 2.1).



**Εικόνα 2.1:** Το δειγματοληπτικό πεδίο «Καμένα» στην Πάρνηθα.

Η δεύτερη τοποθεσία [N 38° 17.830, E 023° 74.379] αποτελεί λιβαδοπονική χαράδρα, μέσα στον εθνικό δρυμό, σε υψόμετρο ανώτερο των 1.000 μέτρων, έκτασης περίπου 30 στρεμμάτων, δύσβατη, που διατρέχεται από ρέμα ενεργό μόνο από το Νοέμβριο ως τον Απρίλιο. Εκτός από τα ποώδη και εποχιακά φυτά μέσα στο λιβάδι απαντώνται σε συστάδες έλατα (*Abies cephalonica* Loudon Pinaceae) και διάσπαρτα άρκευθοι (*Juniperus oxycedrus* L. Cupressaceae), πουρνάρια, αγριοαπιδιές (*Pyrus spinosa* Forssk. Rosaceae) και βάτα. Αυτή η τοποθεσία θα καλείται στην παρούσα μελέτη «προς Μόλα» (Εικόνα 2.2).



**Εικόνα 2.2:** Το δειγματοληπτικό πεδίο «προς Μόλα» στην Πάρνηθα

## **B. Σπάτα**

Για τις ανάγκες της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν 3 όμοροι αμπελώνες ποικιλίας σαββατιανό, που βρίσκονται στην περιοχή Γυαλού, με συντεταγμένες: N 37° 58.618', E 023° 54.383' και υψόμετρο 120m, τους οποίους εξετάσαμε κατά το διάστημα από Δεκέμβριο 2015 ως Μάιο 2018.

Ο πρώτος αμπελώνας είχε έκταση 8 στρέμματα, καλλιεργείτο σύμφωνα με το βιοδυναμικό σύστημα από το 2010, παλαιότερα δε, από το 1998 σύμφωνα με τις

προδιαγραφές της βιολογικής παραγωγής (εικόνα 2.3). Η φυτεία ήταν γραμμική με απόσταση μεταξύ των γραμμών 1,8 μέτρα και διαμόρφωση κόμης σε χαμηλό ύψος, 3 σύρματα στήριξης και πυκνότητα φύτευσης 320 έως 360 πρέμνα(στρ.)<sup>-1</sup>. Η φυτεία παρήγαγε κάτω από ακαλλιέργεια του εδάφους και ο έλεγχος των ζιζανίων γινόταν με την ελάχιστη δυνατή κατεργασία του εδάφους μόνο στους διαδρόμους. Για την φυτοπροστασία και τη λίπανση χρησιμοποιούνται αποκλειστικά ουσίες που είναι συμβατές με την οργανική γεωργία. Η φυτεία ήταν αρδευόμενη με στάγδην άρδευση. Η απόδοση ήταν περίπου 700 κιλά (στρ.)<sup>-1</sup>.

Ο δεύτερος αμπελώνας καλλιεργείτο κατά το συμβατικό σύστημα, κάλυπτε έκταση περίπου 14 στρεμμάτων, ήταν μη αρδευόμενος, με πρέμνα ηλικίας πολλών ετών διαμορφωμένα σε χαμηλό κυπελοειδές σχήμα και απόσταση φύτευσης 1,6 X 1,6m (εικόνα 2.4). Η φυτεία απέδιδε περίπου 400 κιλά (στρ.)<sup>-1</sup>. Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.1 περιγράφονται οι καλλιεργητικές πρακτικές που έλαβαν χώρα κατά την περίοδο των δειγματοληψιών σε κάθε παραγωγικό αμπελώνα στα Σπάτα, όπως δηλώθηκαν από τους παραγωγούς.



**Εικόνα 2.3:** Ο βιολογικός αμπελώνας στα Σπάτα.



**Εικόνα 2.4:** Ο συμβατικός αμπελώνας στα Σπάτα.

Το 3<sup>ο</sup> κτήμα στα Σπάτα ήταν εγκαταλελειμμένος αμπελώνας επί 15 περίπου χρόνια, παρακείμενος στους προηγούμενους (εικόνα 2.5).



**Εικόνα 2.5:** Ο φυσικός – εγκαταλελειμμένος αμπελώνας στα Σπάτα.

### **Γ. Νεμέα**

Για τους σκοπούς της μελέτης λήφθησαν δείγματα από 2 αμπελώνες στην κοινότητα Λεοντείου Νεμέας, στην θέση Μπάλτα με συντεταγμένες: N 37° 49.664', E 022° 35.876' και υψόμετρο 292m. Αμφότερα τα κτήματα καλλιεργούνται με αμπέλι της ποικιλίας «αγιωργίτικο».

Το πρώτο κτήμα παρήγαγε σύμφωνα με το βιολογικό σύστημα επί 10 έτη. Η φυτεία ήταν γραμμική 2,25 X 0,8 m και αρδεύονταν με στάγδην άρδευση. Το δεύτερο κτήμα είχε έκταση 20 στρέμματα και παρήγαγε κατά το συμβατικό σύστημα. Πριν από 3 έτη είχε γίνει ανανέωση του αμπελώνα με νέα εμβολιασμένα πρέμνα της ποικιλίας «αγιωργίτικο». Όπως και στον προηγούμενο αμπελώνα, η διαμόρφωση ήταν κατά το γραμμικό σύστημα 2,3 X 1,33 m. Η άρδευση γίνονταν με σταγόνες. Οι επεμβάσεις που έγιναν στις φυτείες της Νεμέας κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών, σύμφωνα με τους παραγωγούς, φαίνονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.1.



**Εικόνα 2.6:** Ο βιολογικός αμπελώνας στη Νεμέα με χλωρή λίπανση ψυχανθών.



**Εικόνα 2.7:** Ο συμβατικός αμπελώνας στη Νεμέα.

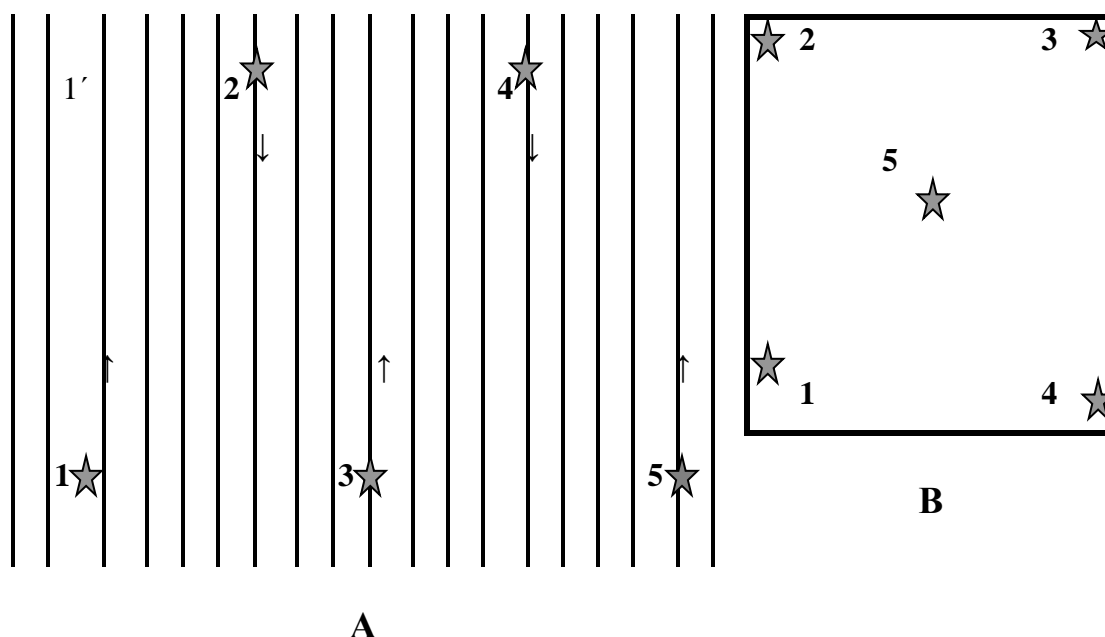
## **2.2.2 Συλλογή γαιοσκωλήκων και κλιματολογικών δεδομένων, δειγματοληψίες εδαφών και βλάστησης**

Τα δείγματα λαμβάνονταν σε μηνιαία διαστήματα, μέσα στο διάστημα Δεκεμβρίου 2015 - Απριλίου 2018 ανάλογα με την περιοχή, με τη μέθοδο της μικτής εξαγωγής όπως περιγράφηκε στο κεφάλαιο 1 (§1.2.2). Ως ερεθιστική ουσία για την ανάδυση των γαιοσκωλήκων χρησιμοποιήθηκε, αντί της φορμαλδεΐδης, το υδατικό αιώρημα σκόνης μουστάρδας (100g σε 8 L νερού ανά θέση), με σκοπό την προστασία των εδαφών από τις αρνητικές επιδράσεις της φορμαλδεΐδης λόγω της επαναλαμβανόμενης εφαρμογής (Valckx et al. 2011, Sherlock 2012, Gutiérrez-Lopez et al. 2016).

Συνολικά λαμβάνονταν 5 δείγματα σε κάθε επίσκεψη που αποτελούν τις επαναλήψεις. Στους αμπελώνες η δειγματοληπτική έκταση ήταν περίπου ένα στρέμμα και απείχε τουλάχιστον τρία μέτρα από την περίμετρο του κτήματος, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι επιδράσεις των περιθωρίων. Τα δείγματα λαμβάνονταν επάνω στη γραμμή φύτευσης και από σημεία που κατανέμονταν ομοιόμορφα μέσα στην δειγματοληπτική έκταση και η θέση τους μετακινείτο κατά μήκος της γραμμής κατά πέντε βήματα κάθε επόμενη επίσκεψη, σύμφωνα με το σχήμα 2.1. Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιήσαμε την επίδραση της διατάραξης του εδάφους από την εδαφοκατεργασία και την συμπίεση που υφίσταται λόγω της διέλευσης των μηχανημάτων και των εργαζομένων στους διαδρόμους. Οι γαιοσκώληκες τείνουν να συγκεντρώνονται στους διαδρόμους όταν στους αμπελώνες δεν γίνεται εδαφοκατεργασία ή υπάρχει ενδιάμεση καλλιέργεια και επάνω στη γραμμή φύτευσης στην αντίθετη περίπτωση (Fragoulis et al. 2011). Ο Kotcon (2011) αναφέρει ότι τα δείγματα για τον υπολογισμό της πυκνότητας γαιοσκωλήκων σε αμπελώνες πρέπει να λαμβάνονται κατά μήκος των γραμμών φύτευσης και να έχουν εύρος όσο το ήμισυ του πλάτους της γραμμής διότι τα κινητά στάδια μετακινούνται παράλληλα με τις γραμμές.

Στον ακαλλιέργητο αμπελώνα της περιοχής Σπάτων, όπου δεν διακρίνονταν γραμμές φύτευσης, οριοθετήθηκε έκταση ενός στρέμματος και σχήματος τετραγώνου, απ' όπου λαμβανόταν ένα δείγμα σε κάθε γωνία και ένα στο κέντρο, μετακινώντας

την θέση αυτή κάθε επόμενη φορά (διαδίκτυο 2.2). Παρόμοιο σύστημα επιλέχθηκε για τις δειγματοληψίες στην Πάρνηθα.



**Σχήμα 2.1:** Απεικόνιση του σχεδιασμού της κατανομής των δειγμάτων μέσα στους αγρούς της παρούσας μελέτης. Α) παραγωγικοί αμπελώνες στα Σπάτα και τη Νεμέα (1-5 ~ 37m και 1-1' ~ 27m) και Β) εγκαταλελειμμένος αμπελώνας στα Σπάτα και τα εδάφη της Πάρνηθας (1-4 = 4-3 ~ 33m).

Από κάθε θέση δειγματοληψίας συλλέγονταν και καταμετρούνταν χωριστά τα άτομα που ευρίσκονταν μετά από χειρωνακτική αναζήτηση ως βάθος 10cm και μετά την εφαρμογή του ερεθιστικού αιωρήματος μουστάρδας από μεγαλύτερο βάθος. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να έχουμε ένα μέτρο της κατανομής των ατόμων που συλλέχθηκαν με την σύνθετη μεθοδολογία συλλογής. Οι γαιοσκώληκες διαχειρίζονταν όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 1.2.2 του Κεφαλαίου 1.

Σε κάθε περιοχή ή αγρό λαμβανόταν σύνθετο δείγμα εδάφους, από το οποίο προσδιοριζόταν η σχετική του υγρασία μετά από ξήρανση επί 7 ημέρες σε ατμόσφαιρα δωματίου ως διαφορά βάρους (%). Το Μάρτιο 2016, από σύνθετο δείγμα εδάφους έγιναν εδαφολογικές αναλύσεις χρησιμοποιώντας τις εργαστηριακές μεθοδολογίες που αναφέρονται στην παράγραφο 1.2.3 του Κεφαλαίου 1.

Οι καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν κατά το διάστημα της μελέτης στις τρεις περιοχές έγιναν γνωστές από τα μετεωρολογικά δεδομένα των Σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών που λειτουργούν κοντά στα πεδία δειγματοληψιών. Για την Πάρνηθα λάβαμε στοιχεία από το σταθμό που βρίσκεται σε

υψόμετρο 1.230m, στη Βάση Ναυτικού (ΣΔΑΜ), όπως δημοσιεύθηκαν στο διαδικτυακό τόπο [meteo.gr](http://meteo.gr) τα οποία φαίνονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.2. Για τα Σπάτα βασισθήκαμε στα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού που φιλοξενείται στα εκπαιδευτήρια Ζηρίδη, μέσω του διαδικτύου, όπως παρουσιάζονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.5. Για τη Νεμέα λάβαμε δεδομένα από τον σταθμό εδάφους που φιλοξενείται στον οινοποιητικό συνεταιρισμό Νεμέας μέσω του ίδιου διαδικτυακού τόπου, τα οποία παρουσιάζονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.9.

Επιπροσθέτως, σε κάθε επίσκεψη στα πεδία, λαμβανόταν η στιγμιαία θερμοκρασία του εδάφους σε βάθος 10cm και με βάση αυτές τις μετρήσεις σχεδιάστηκαν διαγράμματα που δείχνουν τη μηνιαία μεταβολή της θερμοκρασίας του εδάφους κάθε δειγματοληπτικού πεδίου και της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας αέρα την ημέρα της δειγματοληψίας (από το διαδικτυακό τόπο [meteo.gr](http://meteo.gr)) τα οποία παρουσιάζονται στα παραπάνω παραρτήματα.

Τέλος, από κάθε αγρό και σε κάθε δειγματοληψία καταγραφόταν το ποσοστό φυτοκάλυψης επί του εδάφους (%) και συλλέγονταν χλωριδικά taxa, τα οποία αναγνωρίστηκαν με την συνδρομή του Εργαστηρίου Συστηματικής Βοτανικής του Γ.Π.Α., χρησιμοποιώντας διάφορες διχοτομικές κλείδες. Όπως κατά την επισκόπηση των εδαφών (παράγραφος 1.2.3, Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>), η συλλογή των φυτών περιορίστηκε στα είδη εκείνα που ήταν δυνατόν να προσδιορισθούν την εποχή της δειγματοληψίας, ενώ όσα ευρίσκοντο σε νεαρό στάδιο ανάπτυξης και η ταυτοποίησή τους ήταν αμφισβητήσιμη δεν συμπεριλήφθηκαν στον κατάλογο των ειδών.

### **2.3 Ανάλυση δεδομένων**

Τα ποσοτικά στοιχεία των πληθυσμών γαιοσκωλήκων αναφέρονται στο σύνολο των ειδών, εκτός αν δηλώνεται διαφορετικά και εκφράζονται στη μονάδα επιφάνειας εδάφους ( $m^2$ ). Η αναλυτικότερη παρουσίαση ανά είδος γαιοσκώληκα θα ήταν αδόκιμη επειδή τα περισσότερα εδάφη που μελετήθηκαν κυριαρχούνται από ένα μόνο είδος. Για κάθε δειγματοληπτική προσπάθεια παρουσιάζονται οι μέσοι αριθμοί ατόμων ανά τετραγωνικό μέτρο που συλλέχθηκαν στην επιφάνεια του εδάφους (ως βάθος 10cm), βαθύτερα και συνολικά μαζί με το τυπικό σφάλμα του μέσου.

Επειδή τα δεδομένα που λήφθηκαν από κάθε αγρό στο σύνολο των δειγματοληψιών δεν ακολουθούσαν την κανονική κατανομή ακόμα και μετά από



μετατροπή τους με τη βοήθεια διαφόρων τύπων, οι συγκρίσεις των ολικών πληθυσμών μεταξύ των συστημάτων καλλιέργειας και μεταξύ των περιοχών δειγματοληψίας (Σπάτων και Νεμέας) έγιναν με τη μη παραμετρική ανάλυση σημαντικότητας. Οι μέσοι ολικοί πληθυσμοί των τριών συστημάτων στα Σπάτα ελέγχθηκαν με την δοκιμασία Kruskal-Wallis και επίπεδο σημαντικότητας 5%, ενώ οι μέσοι των συστημάτων στη Νεμέα και τα όμοια συστήματα στις δύο περιοχές (Σπάτα και Νεμέα) κατά την κοινή περίοδο δειγματοληψίας με το test Wilcoxon και επίπεδο σημαντικότητας 5%. Οι μέσοι ολικοί πληθυσμοί των μηνών με αξιολογη δραστηριότητα (από το Νοέμβριο ως το Μάρτιο στα Σπάτα και από τον Σεπτέμβριο ως τον Απρίλιο στη Νεμέα) πληρούσαν τις προϋποθέσεις της ANOVA και οι συγκρίσεις μεταξύ των συστημάτων μέσα στην ίδια περιοχή καθώς και αυτές μεταξύ των περιόδων δραστηριότητας ελέγχθηκαν με τη δοκιμασία Tukey HSD και επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Μη κανονική κατανομή ακολουθούσαν επίσης οι μετρήσεις των γαιοσκωλήκων από τα δύο επίπεδα του εδάφους και τα δύο ηλικιακά στάδια αυτών σε κάθε περιοχή, οπότε οι παραπάνω συγκρίσεις έγιναν με τη μη παραμετρική δοκιμασία Wilcoxon και επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Οι πληθυσμοί των γαιοσκωλήκων στις περιοχές Σπάτα και Νεμέα συσχετίστηκαν σημαντικά με τις μετρήσεις της υγρασίας και θερμοκρασίας του εδάφους και υπολογίστηκαν οι συναρτήσεις απλής συμμεταβολής. Η στατιστική ανάλυση έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα JMP 10 (SAS Institute 2012).

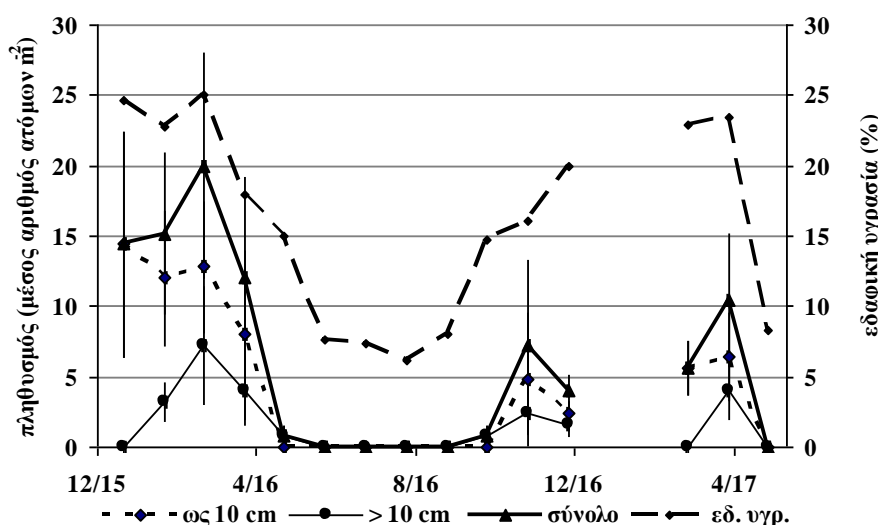
## **2.4 Αποτελέσματα**

### **A. Πάρνηθα**

#### **2.4.A.1 Εποχική διακύμανση πληθυσμών γαιοσκωλήκων**

Τα είδη γαιοσκωλήκων που βρέθηκαν ήταν τα εξής: Στην τοποθεσία «προς Μόλα» τα *Octodrilus complanatus* και *Murchieona minuscula*, το δεύτερο με 2 μόνο αντιπροσώπους στο στάδιο της αναπαραγωγής κατά τον μήνα Μάρτιο 2016. Στην τοποθεσία «καμένα» τα είδη *O. complanatus* και *Aporrectodea rosea*. Στην Πάρνηθα παρατηρήθηκε μόνο η έγχρωμη μορφή του *O. complanatus*.

Το διάγραμμα 2.1 παρουσιάζει τη μηνιαία διακύμανση του πληθυσμού των γαιοσκωλήκων που συλλέχθηκαν σε βάθος ως 10cm, σε μεγαλύτερο βάθος και συνολικά στην τοποθεσία «προς Μόλα», μαζί με την μεταβολή της σχετικής υγρασίας του εδάφους. Οι ενεργοί πληθυσμοί των γαιοσκωλήκων παρατηρούντο τους χειμερινούς μήνες και έως τον Μάιο του 2016 και 2017, οπότε και καταγράφηκαν σχετικά υψηλά επίπεδα εδαφικής υγρασίας, δηλαδή ανώτερα από 14,0%. Κατά την περίοδο του καλοκαιριού δεν παρατηρήθηκαν ενεργά άτομα γαιοσκωλήκων και η εδαφική υγρασία κυμάνθηκε από 6,1% ως 8,0%.



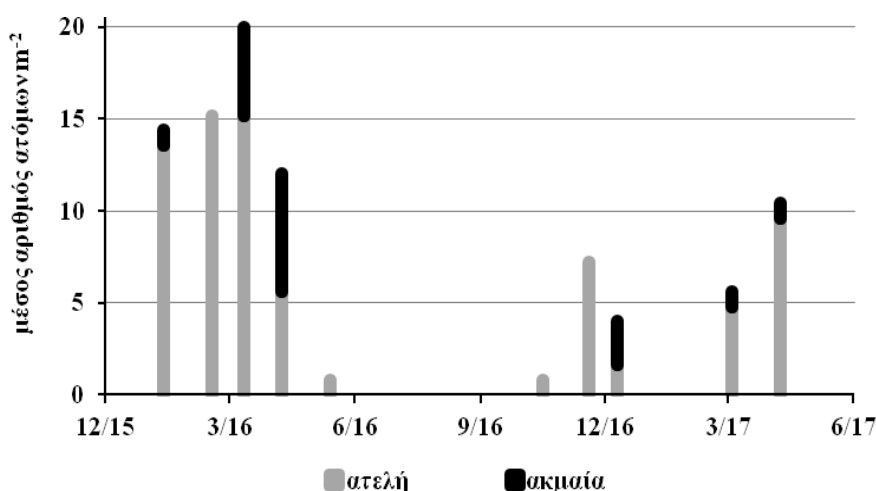
**Διάγραμμα 2.1:** Εποχική μεταβολή της μέσης πληθυσμιακής πυκνότητας των γαιοσκωλήκων και της εδαφικής υγρασίας στην περιοχή «προς Μόλα» στην Πάρνηθα.

Οι ράβδοι δηλώνουν τα τυπικά σφάλματα. Τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο 2017 δεν πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες λόγω συνεχούς κάλυψης του εδάφους με χιόνι.

Κατά το πρώτο έτος των δειγματοληψιών παρατηρήθηκαν οι μέγιστοι πληθυσμοί της μελέτης, συγκεκριμένα τον Μάρτιο 2016 καταγράφηκαν  $20,0 \pm 8,1$  άτομα  $m^{-2}$ . Την επόμενη περίοδο δραστηριότητας (χειμώνας 2016–2017) ο πληθυσμός δεν ξεπέρασε τα  $10,4 \pm 4,8$  άτομα  $m^{-2}$ . Μολαταύτα η ANOVA από τη σύγκριση των μέγιστων μηνιαίων πληθυσμών των δύο ετών δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά ( $F_{1,8}=1,04$ ,  $P=0,3386$ ). Επισημαίνουμε όμως ότι τον Ιανουάριο και το Φεβρουάριο του 2017 δεν πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες λόγω συνεχούς κάλυψης του εδάφους με χιόνι, ενώ δεν υπάρχουν δεδομένα για τους μήνες Οκτώβριο – Δεκέμβριο 2015.

Γενικά τα περισσότερα άτομα συλλέγονταν από το επιφανειακό τμήμα του εδάφους (<10cm) με την διαδικασία της χειρωνακτικής αναζήτησης μέσα από το έδαφος. Η στατιστική διερεύνηση των διαφορών μεταξύ των ατόμων που συλλέχθηκαν επιφανειακά και βαθύτερα δεν έδειξε σημαντικότητα ( $\chi^2=2,6303$ ,  $P=0,1048$ ) κατά Wilcoxon. Το άθροισμα των βαθμών (score sum) ήταν 6006,0 για τα επιφανειακά και 5319,0 για τα βαθύτερα αντίστοιχα. Οι γενικοί μέσοι στο επιφανειακό στρώμα των 10cm ήταν 4,4 άτομα  $m^{-2}$  και στο βαθύτερο μόλις 1,6.

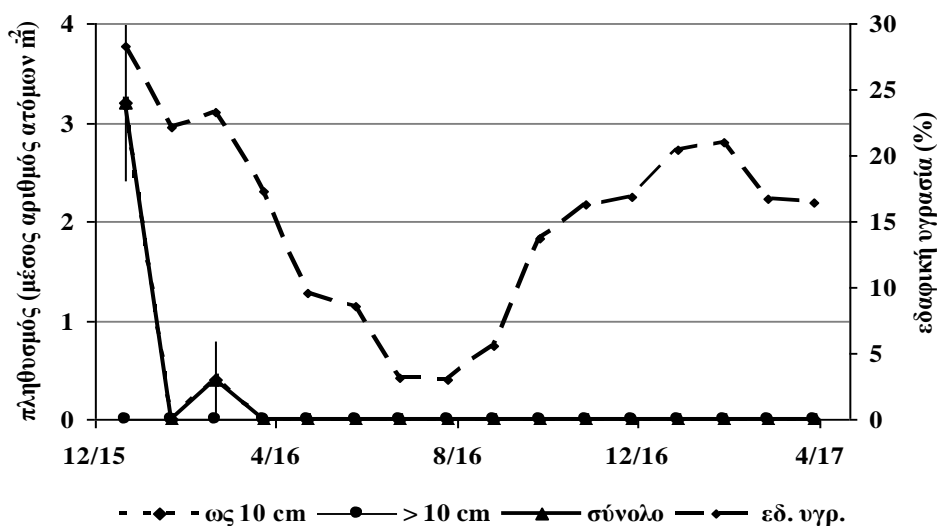
Το ραβδόγραμμα 2.2 παρουσιάζει την ηλικιακή σύσταση του πληθυσμού των γαιοσκωλήκων στην τοποθεσία «προς Μόλα», όπου διακρίνεται ότι οι πληθυσμοί αποτελούνταν κυρίως από ατελή άτομα. Η επίδραση της ηλικίας ήταν σημαντική ( $\chi^2=8,9285$ ,  $P=0,0028$ ) κατά Wilcoxon. Το άθροισμα των βαθμών (score sum) ήταν 5040,5 για τα ακμαία και 6284,5 για τα νεαρά άτομα, ενώ οι γενικοί μέσοι των ηλικιών ήταν 1,1 ακμαία  $m^{-2}$  ανά μήνα και 5 ατελή.



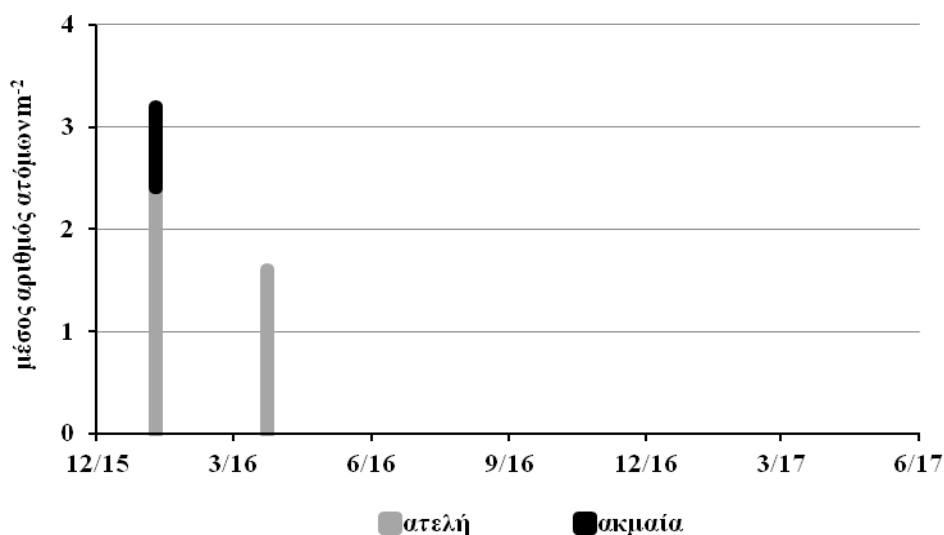
**Ραβδόγραμμα 2.2:** Εποχική διακύμανση του ατελούς και τελείου σταδίου ατόμων των γαιοσκωλήκων στην περιοχή «προς Μόλα» στην Πάρνηθα.

Ομοίως το διάγραμμα 2.3 και το ραβδόγραμμα 2.4 αποτυπώνουν τα αντίστοιχα δεδομένα για την τοποθεσία «καμένα». Η τοποθεσία αυτή κατά την πρώτη και τρίτη δειγματοληψία απέφερε γαιοσκώληκες, τον δεύτερο μήνα δεν ήταν εφικτή η λήψη δειγμάτων λόγω παρατεταμένης χιονοκάλυψης και στις υπόλοιπες καταγράφηκαν μηδενικοί πληθυσμοί. Ο μέγιστος ολικός πληθυσμός ήταν  $3,2 \pm 0,8$  άτομα  $m^{-2}$  και σημειώθηκε τον Ιανουάριο 2016. Η εδαφική υγρασία κατά την θερμή

και ξηρή εποχή (Ιούνιος – Σεπτέμβριος) κυμάνθηκε από 3,0 ως 8,5%. Λόγω των ελάχιστων ποσοτικών δεδομένων που αποκομίσαμε από την περιοχή «καμένα», αυτό το πεδίο έχει εξαιρεθεί από τις περισσότερες ποσοτικές συγκρίσεις.



**Διάγραμμα 2.3:** Εποχική μεταβολή της μέσης πληθυσμιακής πυκνότητας των γαιοσκωλήκων και της εδαφικής υγρασίας στην περιοχή «καμένα» στην Πάρνηθα. Οι ράβδοι δηλώνουν τα τυπικά σφάλματα.



**Ραβδόγραμμα 2.4:** Εποχική διακύμανση του ατελούς και τελείου σταδίου των γαιοσκωλήκων στην περιοχή «Καμένα» της Πάρνηθας.

#### 2.4.A.2 Εδάφη

Τα αποτελέσματα των εδαφολογικών αναλύσεων που υπολογίζουν εδαφολογικά χαρακτηριστικά των περιοχών της Πάρνηθας δίνονται στον πίνακα 2.1. Και οι 2 τοποθεσίες έχουν εδάφη αργιλοπηλώδη (CL), μέσης σύστασης και ειδικότερα μετριώς λεπτόκοκκα. Είναι ουδέτερα ως προς την αντίδραση ( $6,6 < \text{pH} < 7,3$ ) και πλούσια σε οργανική ουσία ( $> 5\%$ ). Διαφέρουν μόνο ως προς τον ολικό ασβεστόλιθο, διότι η περιοχή «προς Μόλα» έχει μόνο ίχνη ( $< 0,5\%$ ) και κατατάχθηκε στην κλάση «χωρίς», ενώ τα «καμένα» ανήκουν στην κατηγορία «εφοδιασμένο» ( $3 - 5\%$ ).

**Πίνακας 2.1:** Βασικές φυσικοχημικές ιδιότητες των εδαφών στις τοποθεσίες μελέτης της Πάρνηθας.

Περιοχή	Κοκκομ. Σύσταση (%)			Τύπος	pH	CaCO <sub>3</sub> (%)	Οργ. Ουσ (%)
	S	L	C				
Προς Μόλα	40	28	32	CL	6,8	0,2	5,2
Καμένα	28	36	36	CL	7,0	3,1	6,1

#### 2.4.A.3 Κλιματικά δεδομένα - Βλάστηση

Η τιμή της θερμοκρασίας του εδάφους μαζί με τη μέση θερμοκρασία αέρα κατά τις ημέρες των δειγματοληψιών στην Πάρνηθα φαίνονται στα διαγράμματα Π.2.1 για την περιοχή «προς Μόλα» και Π.2.2 για τα «καμένα» του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ 2.2.

Παρατηρούμε ότι οι θερμοκρασίες αέρα και εδάφους της ίδιας ημέρας είναι παρόμοιες και ότι κατά κανόνα η θερμοκρασία που καταγράψαμε στο έδαφος ήταν λίγο χαμηλότερη από τη μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα, εκτός από την περιοχή «καμένα» όπου κατά τους μήνες Μάρτιος – Ιούνιος συμβαίνει το αντίθετο. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην ακτινοβολία που δέχεται το έδαφος κατά τους μήνες αυτούς στην εν λόγω περιοχή που, εξ αιτίας της αποψίλωσης από την πυρκαγιά, δεν είχε αξιοσημείωτη σκίαση. Επίσης, από την σύγκριση των διαγραμμάτων Π.2.1 και Π.2.2 γίνεται αντιληπτό ότι η περιοχή «προς Μόλα», η οποία ήταν μέσα σε χαράδρα, ήταν

λίγο πιο ψυχρή από την περιοχή «καμένα» και αυτό αποδεικνύεται και από την απώλεια μετρήσεων λόγω χιονοκάλυψης τον Ιανουάριο και Φεβρουάριο 2017.

Τα περισσότερα αντιπροσωπευτικά είδη της χλωρίδας στις περιοχές «προς Μόλα» και «καμένα» δίνονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ 2.3 και 2.4 αντίστοιχα, στα οποία, επιπλέον, έχουν σχεδιασθεί οι σχετικές μεταβολές της κάλυψης ή μη του εδάφους με χλωρή βλάστηση και ξηρά φυτικά υπολείμματα κατά την περίοδο των δειγματοληψιών (διαγράμματα Π.2.3 και Π.2.4). Παρατηρούμε ότι η χλωριδική ποικιλότητα ήταν μεγάλη και στις δύο περιοχές, αλλ' όμως ήταν μεγαλύτερη στην περιοχή «προς Μόλα». Ακόμα, οι μεταβολές στο ποσοστό φυτοκάλυψης ήταν παρόμοιες στις δύο περιοχές της Πάρνηθας.

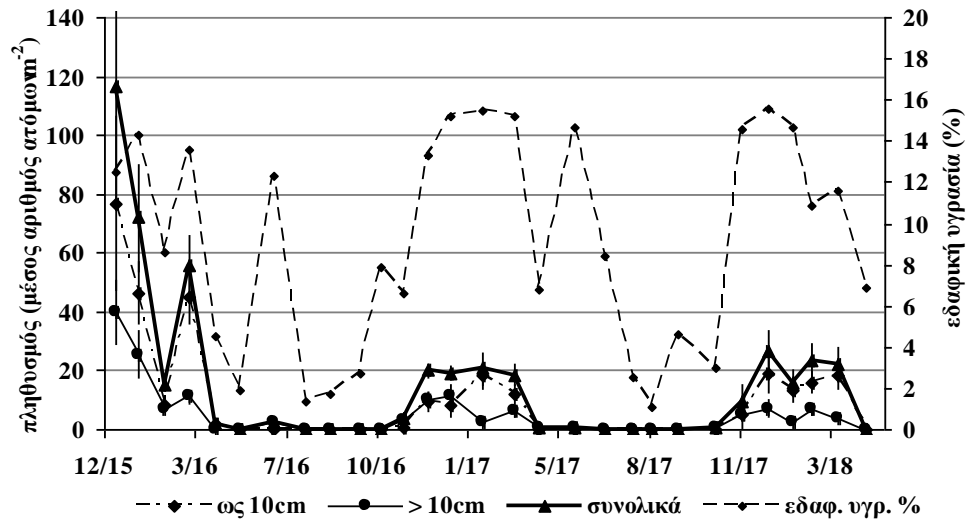
## **B. Σπάτα**

### **2.4.B.1 Εποχική διακύμανση πληθυσμών γαιοσκωλήκων στα Σπάτα**

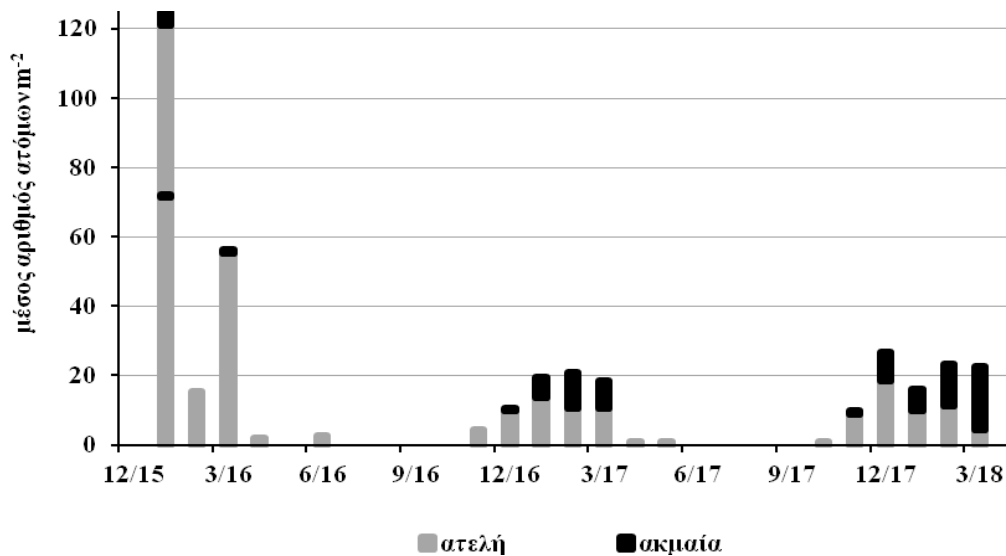
Τα είδη γαιοσκωλήκων που βρέθηκαν στα Σπάτα ήταν τα εξής: Στο βιολογικό και στον εγκαταλελειμμένο αμπελώνα το ανοδικό *O. complanatus*, καθώς και τα ενδόγεια *A. rosea*, *Microscolex dubius* και *Microscolex phosphoreus*. Στο συμβατικό αμπελώνα το ανοδικό *O. complanatus* και το ενδόγειο *A. rosea*. Το είδος με την πιο κυρίαρχη και συχνή παρουσία ήταν το *O. complanatus*, αφού, επί του συνόλου των δειγματοληψιών, αποτέλεσε το 94,6% του συνολικού πληθυσμού στο βιολογικό αμπελώνα, το 99,5% στο συμβατικό και το 96,5% στον εγκαταλελειμμένο. Το είδος *A. rosea* κάλυψε το 2,1% του συνολικού πληθυσμού του βιολογικού αμπελώνα, το 0,6% του συμβατικού και το 1,4% του εγκαταλελειμμένου. Η αναλογία του *M. dubius* στους πληθυσμούς ήταν 1,2%, 0,0% και 1,4% και του *M. phosphoreus* 2,1%, 0,0% και 0,6%, αντίστοιχα.

Το διάγραμμα 2.5 παρουσιάζει τη μηνιαία διακύμανση του πληθυσμού των γαιοσκωλήκων που συλλέχθηκαν σε βάθος ως 10cm, σε μεγαλύτερο βάθος και συνολικά στο βιολογικό αμπελώνα των Σπάτων μαζί με την μεταβολή της σχετικής υγρασίας του εδάφους. Το ραβδόγραμμα 2.6 παρουσιάζει την ηλικιακή σύσταση του πληθυσμού των γαιοσκωλήκων στο ίδιο κτήμα, όπου διακρίνονται τα σχετικά μεγέθη των αναπαραγωγικά ενεργών ατόμων (ακμαία και προακμαία) και των νεαρών. Ομοίως, το διάγραμμα 2.7 και το ραβδόγραμμα 2.8 αποτυπώνουν τα αντίστοιχα

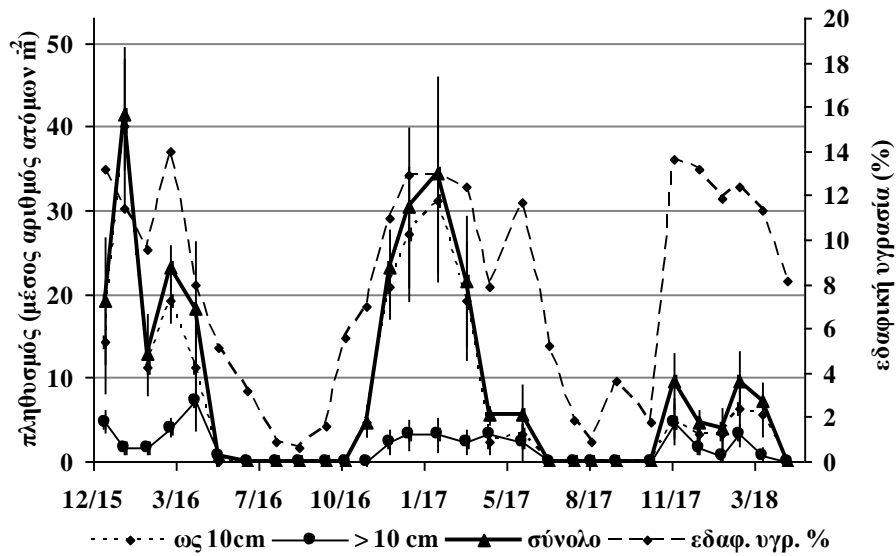
δεδομένα για το συμβατικό αμπελώνα και τα 2.9 και 2.10 για τον εγκαταλελειμμένο αμπελώνα στα Σπάτα.



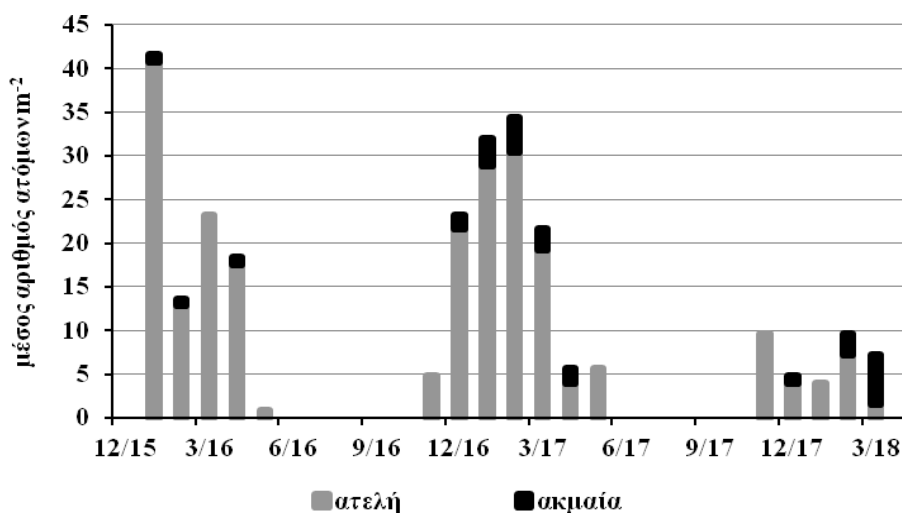
**Διάγραμμα 2.5:** Εποχική μεταβολή της μέσης πληθυσμιακής πυκνότητας των γαιοσκωλήκων και της εδαφικής υγρασίας στο βιολογικό αμπελώνα στα Σπάτα. Οι ράβδοι δηλώνουν τα τυπικά σφάλματα.



**Ραβδόγραμμα 2.6:** Εποχική διακύμανση του ατελούς και τελείου σταδίου των γαιοσκωλήκων στο βιολογικό αμπελώνα στα Σπάτα.

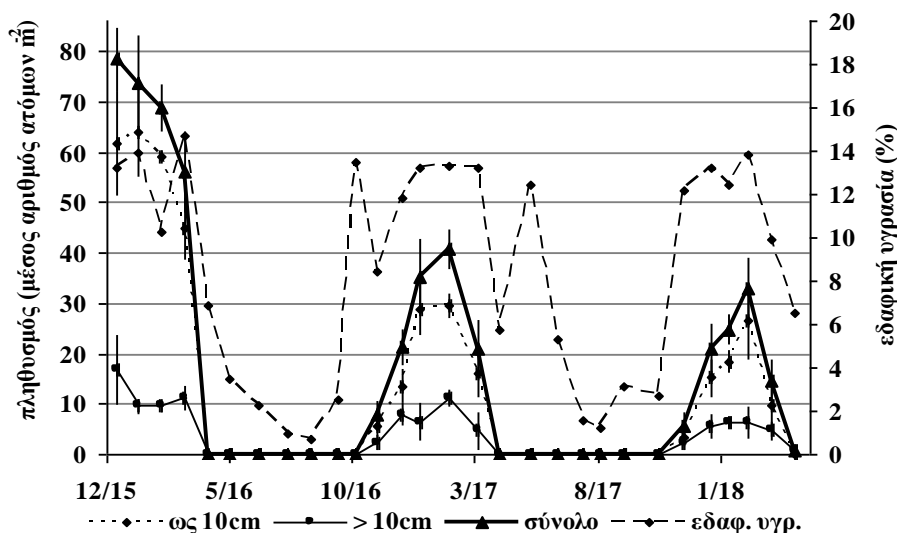


**Διάγραμμα 2.7:** Εποχική μεταβολή της μέσης πληθυσμιακής πυκνότητας των γαιοσκωλήκων και της εδαφικής υγρασίας στο συμβατικό αμπελώνα στα Σπάτα. Οι ράβδοι δηλώνουν τα τυπικά σφάλματα.

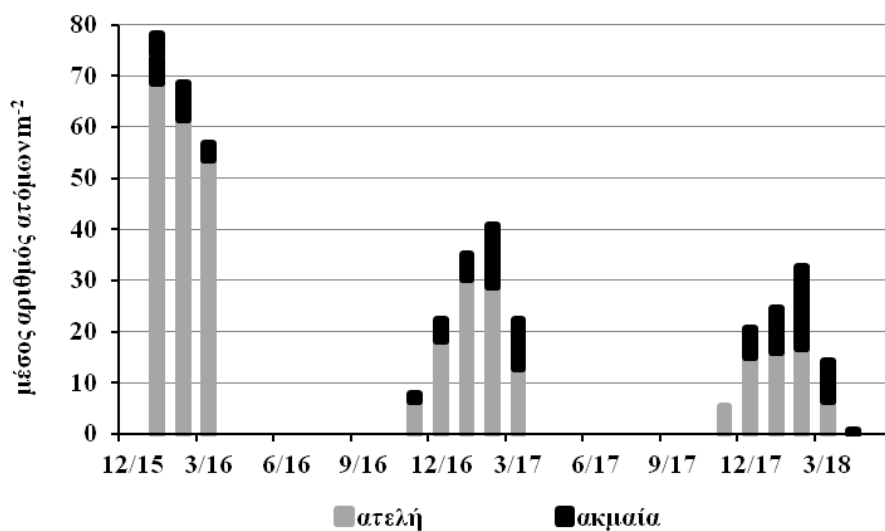


**Ραβδόγραμμα 2.8:** Εποχική διακύμανση του ατελούς και τελείου σταδίου των γαιοσκωλήκων στο συμβατικό αμπελώνα στα Σπάτα.





**Διάγραμμα 2.9:** Εποχική μεταβολή της μέσης πληθυσμιακής πυκνότητας των γαιοσκωλήκων και της εδαφικής υγρασίας στον εγκαταλελειμμένο αμπελώνα στα Σπάτα. Οι ράβδοι δηλώνουν τα τυπικά σφάλματα.



**Ραβδόγραμμα 2.10:** Εποχική διακύμανση του ατελούς και τελείου σταδίου των γαιοσκωλήκων στον εγκαταλελειμμένο αμπελώνα στα Σπάτα.

Από τα διαγράμματα 2.5, 2.7 και 2.9 γίνεται φανερό ότι υπάρχει μία περίοδος δραστηριότητας των γαιοσκωλήκων κατά τους χειμερινούς μήνες που εναλλάσσεται με μια περίοδο αδράνειας κατά τους θερμούς μήνες. Ως εκ τούτου, κατά τη διάρκεια της μελέτης παρουσιάσθηκαν τρεις αιχμές στην καμπύλη δραστηριότητας. Οι πληθυσμοί ήταν μηδενικοί κατά την περίοδο της αδράνειας και μόνο στον βιολογικό αμπελώνα παρατηρήθηκαν λίγα δραστήρια άτομα μετά από άρδευση τον Ιούνιο 2016.

Η διάρκεια των περιόδων δραστηριότητας εναρμονίζεται με τις μεταβολές της εδαφικής υγρασίας, όπως γίνεται φανερό από τα διαγράμματα. Η ελάχιστη υγρασία εδάφους κατά την οποία παρατηρήσαμε δραστηριότητα ήταν μόλις 3,0% στον βιολογικό, 5,1% στο συμβατικό και 6,5% στον εγκαταλελειμμένο αμπελώνα. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έδειξε ότι υπάρχει σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ του πληθυσμού των γαιοσκωλήκων και της εδαφικής υγρασίας [ $y = -7,25 (\pm 1,94) + 2,5 (\pm 0,2)x$ ,  $df=1,433$ ,  $F = 158,9$ ,  $P < 0,0001$ ,  $R_{adj}^2 = 0,267$  και σημαντική αρνητική μεταξύ πληθυσμού και θερμοκρασίας εδάφους [ $y = 33,93 (\pm 2,63) - 1,24 (\pm 0,15)x$ ,  $df=1,433$ ,  $F = 68,63$ ,  $P < 0,0001$ ,  $R_{adj}^2 = 0,135$ ].

Οι μέσες ολικές πληθυσμιακές πυκνότητες στον βιολογικό αμπελώνα ήταν  $14,9 \pm 2,3$  άτομα  $m^{-2}$ , στο συμβατικό  $9,7 \pm 1,3$  και στον εγκαταλελειμμένο  $17,4 \pm 2,1$ . Η σύγκριση μεταξύ των πληθυσμιακών πυκνοτήτων στο σύνολο του χρόνου ήταν στατιστικά μη σημαντική ( $\chi^2=1,4164$ ,  $P=0,4925$ ) και τα αθροίσματα των βαθμών (score sum) κατά Kruskal-Wallis ήταν 31889,5 στο βιολογικό, 30316,0 στον συμβατικό και 32624,5 στον εγκαταλελειμμένο αμπελώνα. Οι μέσες ολικές πληθυσμιακές πυκνότητες κατά τους μήνες της μεγάλης δραστηριότητας, από τον Νοέμβριο ως τον Μάρτιο, πήραν πιο υψηλές τιμές και διαμορφώθηκαν στα  $30,4 \pm 3,2$  άτομα  $m^{-2}$  στον βιολογικό,  $17,8 \pm 3,2$  στον συμβατικό και  $35,9 \pm 3,2$  στον εγκαταλελειμμένο αμπελώνα. Η σύγκριση μεταξύ των πληθυσμών κατά την περίοδο της αξιόλογης δραστηριότητας έδειξε σημαντικότητα ( $F_{2,207}=8,53$ ,  $P=0,0003$ ) και η δοκιμασία Tukey HSD διαχώρισε τον συμβατικό αμπελώνα από τους άλλους δύο που δεν διέφεραν μεταξύ τους.

Ακόμα γίνεται φανερό ότι, και στα τρία κτήματα, οι πληθυσμοί διέφεραν μεταξύ των διαδοχικών ετών και οι υψηλότεροι πληθυσμοί σημειώθηκαν κατά την πρώτη δραστήρια περίοδο, το 2016, και στους τρεις αμπελώνες, ιδιαίτερα όμως στο βιολογικό και τον εγκαταλελειμμένο. Η στατιστική ανάλυση (ANOVA) έδειξε ότι οι μέσοι ολικοί πληθυσμοί κατά τους μήνες με αξιόλογη δραστηριότητα στο βιολογικό αμπελώνα μεταβλήθηκαν σημαντικά από έτος σε έτος ( $F_{2,67}=17,92$ ,  $P < 0,0001$ ) και ότι το 2016 υπήρχαν περισσότερα άτομα  $m^{-2}$  ( $61,4 \pm 6,1$ ) σε σχέση με το 2017 ( $16,5 \pm 5,5$ ) και το 2018 ( $19,5 \pm 5,5$ ) τα οποία δεν διέφεραν μεταξύ τους (Tukey HSD  $q=2,39689$ ). Ομοίως στον εγκαταλελειμμένο αμπελώνα οι μέσοι πληθυσμοί διέφεραν μεταξύ των ετών ( $F_{2,67}=66,16$ ,  $P < 0,0001$ ) και η πυκνότητα του 2016 ( $69,4 \pm 3,5$ ) ήταν μεγαλύτερη από το 2017 ( $25,8 \pm 3,1$ ) και το 2018 ( $19,4 \pm 3,1$ ) τα οποία δεν διέφεραν

μεταξύ τους. Επίσης στο συμβατικό αμπελώνα σημειώθηκε σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των ετών ( $F_{2,67}=9,36$ ,  $P=0,0003$ ) και οι μέσοι πληθυσμοί των δραστήριων περιόδων διαφοροποιήθηκαν κατά τα τρία διαδοχικά έτη της μελέτης ως εξής:  $24,6 \pm 3,5$  άτομα  $m^{-2}$  το 2016,  $23,2 \pm 3,1$  το 2017 και  $7,0 \pm 3,1$  το 2018, με την τελευταία περίοδο (2018) να έχει σημαντικά μικρότερη αφθονία από τις δύο προηγούμενες που δεν διέφεραν μεταξύ τους.

Επίπλέον έγινε φανερό ότι τα περισσότερα άτομα γαιοσκωλήκων συλλέχθηκαν από το επιφανειακό (ως 10cm) στρώμα του εδάφους, ενώ με την βοήθεια του ερεθιστικού διαλύματος συλλέχθηκαν πολύ λιγότερα και στους τρεις αμπελώνες. Εντούτοις, στο βιολογικό αμπελώνα η διαφορά ήταν στατιστικά μη σημαντική κατά Wilcoxon ( $\chi^2=0,5315$ ,  $P=0,4660$ ) και τα αθροίσματα των βαθμών (score sum) ήταν 21560,0 για το επιφανειακό στρώμα βάθους 10cm και 20635,0 για το βαθύτερο στρώμα. Συλλέχθηκαν κατά μέσο όρο 9,8 άτομα  $m^{-2}$  από βάθος ως 10cm και 5,1 άτομα  $m^{-2}$  από μεγαλύτερο βάθος. Για το συμβατικό αμπελώνα το βάθος συλλογής ήταν σημαντικό ( $\chi^2=15,5904$ ,  $P<0,0001$ ) και τα αθροίσματα των βαθμών ήταν 23484,0 για το επιφανειακό στρώμα βάθους 10cm και 18711,0 για το μεγαλύτερο βάθος και οι μέσες συλλήψεις ανά  $m^{-2}$  διέφεραν ως προς το βάθος συλλογής και ήταν 7,9 άτομα  $m^{-2}$  στο ανώτερο στρώμα και μόλις 1,7 άτομα  $m^{-2}$  βαθύτερα. Τέλος, για τον εγκαταλελειμμένο αμπελώνα το βάθος συλλογής ήταν και πάλι σημαντικό ( $\chi^2=8,3193$ ,  $P=0,0039$ ) και τα αθροίσματα των βαθμών ήταν 22915,5 για το επιφανειακό στρώμα και 19279,5 για το βαθύτερο. Οι μέσοι αριθμοί συλληφθέντων ατόμων  $m^{-2}$  στο σύνολο των δειγματοληψιών διέφεραν σημαντικά ως προς το βάθος και ήταν 13,7 και 3,7 αντίστοιχα.

Από τα ραβδογράμματα 2.6, 2.8 και 2.10 αποκαλύπτεται ότι τα ατελή άτομα υπερείχαν των ακμαίων σε όλους τους αμπελώνες, γεγονός που επιβεβαιώνεται από την στατιστική ανάλυση. Ειδικότερα, στο βιολογικό αμπελώνα η σύγκριση ήταν σημαντική κατά Wilcoxon ( $\chi^2=19,2715$ ,  $P<0,0001$ ) και τα αθροίσματα των βαθμών (score sum) διαμορφώθηκαν στα 18418,5 για το ακμαίο στάδιο και 23776,5 για το ατελές. Ανά δειγματοληψία συλλέγονταν 2,6 ακμαία άτομα  $m^{-2}$  έναντι 11,9 νεαρών. Στο συμβατικό αμπελώνα η στατιστική ανάλυση έδειξε διαφορά μεταξύ των ηλικιών ( $\chi^2=38,6321$ ,  $P<0,0001$ ) και τα αθροίσματα των βαθμών ήταν 17477,0 για τα ακμαία και 24718,0 για τα ατελή. Οι μέσοι πήραν τις εξής τιμές: 0,8 ακμαία  $m^{-2}$  και 8,8 ατελή. Τέλος, στον εγκαταλελειμμένο αμπελώνα ίσχυαν τα ίδια ( $\chi^2=12,3046$ ,

P=0,0005) και τα αθροίσματα των βαθμών ήταν 18908,5 για τα ακμαία και 23286,5 για τα ατελή άτομα. Ο πληθυσμός απαρτίζεται από 3,1 ακμαία m<sup>-2</sup> και 14,3 ατελή m<sup>-2</sup>. Τα ποσοστά του αναπαραγωγικού σταδίου στο συνολικό πληθυσμό κάθε πεδίου ήταν 17% στον βιολογικό, 8,6% στο συμβατικό και 17,9% στον εγκαταλελειμμένο αμπελώνα. Και στους τρεις αμπελώνες, σε κάθε περίοδο δραστηριότητας, τα αναπαραγωγικά στάδια έλαβαν τη μέγιστη πυκνότητα τους μαζί ή αργότερα από τα ατελή.

#### 2.4.B.2 Εδάφη

Τα αποτελέσματα των εδαφολογικών αναλύσεων των 3 αμπελώνων στα Σπάτα δίνονται στον πίνακα 2.2. Όλα τα εδάφη ήταν αμμοαργιλοπηλώδη (SCL), μέσης σύστασης και ειδικότερα μετρίως λεπτόκοκκα. Ελαφρά αλκαλικά ως προς την αντίδραση (7,4 < pH < 7,8). Ως προς τον ολικό ασβεστόλιθο και τα 3 κτήματα χαρακτηρίζονται ως «μαργώδη» (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.2). Τέλος, ως προς την οργανική ουσία ο βιολογικός αμπελώνας χαρακτηρίστηκε «εφοδιασμένος», ο συμβατικός «πτωχός» και ο εγκαταλελειμμένος «πολύ πτωχός» (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.2).

**Πίνακας 2.2:** Βασικές φυσικοχημικές ιδιότητες των εδαφών στους αμπελώνες των Σπατών.

Κτήμα	Κοκκομ. Σύσταση (%)			Τύπος	pH	CaCO <sub>3</sub> (%)	Οργαν. Ουσία (%)
	S	L	C				
<b>Βιολογικό</b>	52,0	22,3	25,7	SCL	7,50	12,3	3,159
<b>Συμβατικό</b>	52,3	22,3	25,4	SCL	7,51	11,9	1,326
<b>Εγκαταλελειμ.</b>	53,4	16,9	29,7	SCL	7,50	10,5	0,897

#### 2.4.B.3 Κλιματικά δεδομένα - Βλάστηση

Η τιμή της θερμοκρασίας του εδάφους μαζί με τη μέση θερμοκρασία αέρα κατά τις ημέρες των δειγματοληψιών στα Σπάτα φαίνονται στα διαγράμματα Π.2.5 για τον βιολογικό, Π.2.6 για το συμβατικό και Π.2.7 για τον εγκαταλελειμμένο αμπελώνα του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ 2.5.

Παρατηρούμε ότι οι θερμοκρασίες του εδάφους και του αέρα της αυτής ημέρας μεταβάλλονται με τον ίδιο τρόπο και έχουν παρόμοιες τιμές. Όμως η θερμοκρασία του εδάφους έλαβε λιγότερο ακραίες τιμές από τη μέση ημερήσια θερμοκρασία του αέρα ως προς τα ανώτερα ή κατώτερα όρια διακύμανσης. Δεν διακρίνονται διαφορές στις θερμοκρασίες του εδάφους των τριών αμπελώνων.

Τα περισσότερα αντιπροσωπευτικά είδη της χλωρίδας στον βιολογικό, συμβατικό και εγκαταλελειμμένο αμπελώνα των Σπάτων δίνονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ 2.6 – 2.8 αντίστοιχα, στα οποία έχουν επίσης σχεδιασθεί οι σχετικές μεταβολές της κάλυψης ή μη του εδάφους με χλωρή βλάστηση και ξηρά φυτικά υπολείμματα κατά την περίοδο των δειγματοληψιών (διαγράμματα Π.2.8 - Π.2.10). Στα διαγράμματα των παραγωγικών αμπελώνων (Π.2.8 και Π.2.9) διακρίνονται οι χρόνοι μηχανικής καλλιέργειας, ανεξάρτητα από την ένταση της κατεργασίας, που δηλώνουν πιθανή ενσωμάτωση οργανικών υλικών και τροφοδοσία των γαιοσκωλήκων με τροφή, αλλά και κίνδυνο τραυματισμού αυτών και έκθεση σε αρπακτικά. Παρατηρούμε ότι οι εδαφοκατεργασίες εφαρμόστηκαν σε περιόδους κατά τις οποίες οι γαιοσκώληκες είχαν αρχίσει να προετοιμάζονται για την ετήσια αδράνεια τους και μόνο μικρό ποσοστό του πληθυσμού μπορεί να υπέστη τις συνέπειες αυτών των εφαρμογών.

## **Γ. Νεμέα**

### **2.4.Γ.1 Εποχική διακύμανση πληθυσμών γαιοσκωλήκων στη Νεμέα**

Τα είδη γαιοσκωλήκων που βρέθηκαν στη Νεμέα ήταν τα εξής:

Σε αμφοτέρους τους αμπελώνες βρέθηκαν τα παρακάτω είδη και υποείδη: το ανοδικό *O. complanatus*, το επίγειο *Dendrobaena olympiaca* (Michaelsen, 1902) (Classicitellata: Lumbricidae) καθώς και τα ενδόγεια *A. rosea*, *A. caliginosa caliginosa* και *A. caliginosa trapezoides*. Μόνο στον βιολογικό αμπελώνα βρέθηκε επιπλέον το ενδόγειο είδος *Murchieona minuscula*. Από τα είδη αυτά το *O. complanatus* ήταν παρόν σε όλες τις δειγματοληψίες, σε αμφοτέρους τους αμπελώνες. Στο σύνολο των δειγματοληψιών το ποσοστό του πληθυσμού του ήταν 64,8% στον βιολογικό και 79,9% στο συμβατικό αμπελώνα. Το *A. rosea* ήταν επίσης συχνό, αφού επισημάνθηκε σε 19 από τις 27 δειγματοληψίες και αποτέλεσε το 33,3% του συνολικού πληθυσμού στον βιολογικό και το 13,8% στο συμβατικό αμπελώνα. Στο

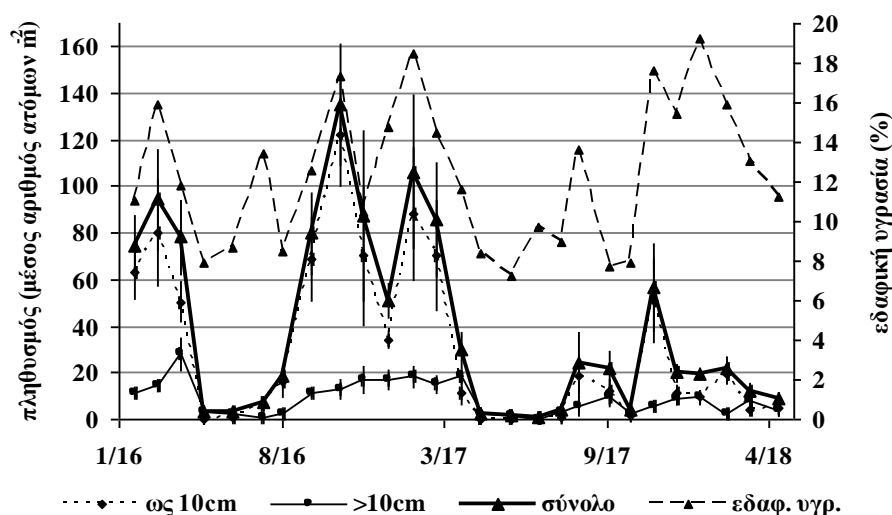
βιολογικό αμπελώνα σε δύο δειγματοληψίες ανέπτυξε αξιοσημείωτη πληθυσμιακή πυκνότητα και ξεπέρασε το *O. complanatus*. Αυτές ήταν το Μάρτιο 2016 με μέση πυκνότητα  $58,4 \pm 19,7$  άτομα  $m^{-2}$  (περίπου 62% του ολικού πληθυσμού) και τον Ιανουάριο 2017 με  $60,8 \pm 25,4$  άτομα  $m^{-2}$  (περίπου 57%). Το υποείδος *A. caliginosa caliginosa* απετέλεσε το 0,08% του συνολικού πληθυσμού στον βιολογικό και το 0,6% στο συμβατικό αμπελώνα, το *A. caliginosa trapezoides* το 0,5% και 1,1% αντίστοιχα, το *D. olympiaca* το 0,2 και 4,6% και τέλος, το *M. minuscula*, που εμφανίστηκε μόνο στο βιολογικό αμπελώνα, κάλυψε το 1,0% του συνόλου.

Το διάγραμμα 2.11 παρουσιάζει τη μηνιαία διακύμανση του μέσου ολικού πληθυσμού των γαιοσκωλήκων που συλλέχθηκαν σε βάθος ως 10cm, σε μεγαλύτερο βάθος και συνολικά στον βιολογικό αμπελώνα της Νεμέας, μαζί με την μεταβολή της σχετικής υγρασίας του εδάφους. Το ραβδόγραμμα 2.12 παρουσιάζει την ηλικιακή σύσταση του πληθυσμού των γαιοσκωλήκων στο ίδιο κτήμα, όπου διακρίνονται τα σχετικά μεγέθη των αναπαραγωγικά ενεργών ατόμων (ακμαία και προακμαία) και των νεαρών. Ομοίως το διάγραμμα 2.13 και το ραβδόγραμμα 2.14 παρουσιάζουν τα αντίστοιχα δεδομένα για το συμβατικό αμπελώνα στη Νεμέα.

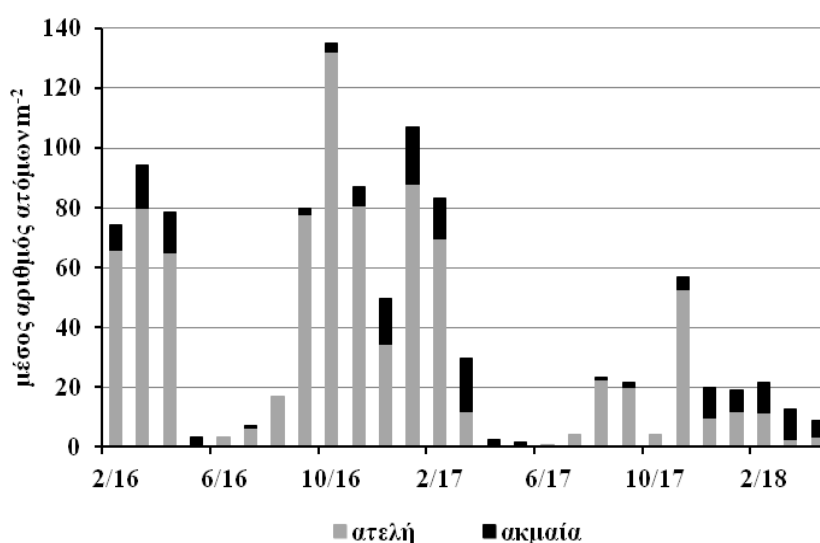
Συμπεραίνουμε από τα διαγράμματα 2.11 και 2.13 ότι οι γαιοσκώληκες στη Νεμέα ήταν δραστήριοι κατά την υγρή και ψυχρή περίοδο του έτους και περιόρισαν την δραστηριότητα τους πολύ κατά την ξηρή και θερμή εποχή και κατά τη διάρκεια της μελέτης παρουσιάστηκαν τρεις διακριτές περίοδοι δραστηριότητας. Στην περίπτωση του βιολογικού αμπελώνα η δραστηριότητα κατά τους θερινούς μήνες δεν μηδενίστηκε εντελώς, λόγω της άρδευσης (Διάγραμμα 2.11). Η ελάχιστη τιμή της εδαφικής υγρασίας στον αμπελώνα αυτό ήταν 7,2% ενώ στο συμβατικό αμπελώνα έφθασε ως 1,0%. Επίσης είναι εμφανής η θετική συσχέτιση του πληθυσμού γαιοσκωλήκων με την εδαφική υγρασία της οποίας η σημαντικότητα επιβεβαιώθηκε μέσω της στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων:  $[y = -19,43 (\pm 7,11) + 3,52 (\pm 0,57)x, df = 1,268, F = 37,46, P < 0,0001, R_{adj}^2 = 0,119]$ . Ακόμα βρέθηκε σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ πληθυσμού και θερμοκρασίας εδάφους που περιγράφεται από την ακόλουθη συνάρτηση συμμεταβολής:  $[y = 48,23 (\pm 5,8) - 1,76 (\pm 0,36)x, df = 1,268, F = 24,4, P < 0,0001, R_{adj}^2 = 0,08]$ .

Οι μέσοι ολικοί πληθυσμοί γαιοσκωλήκων στους αμπελώνες της Νεμέας ήταν  $38,6 \pm 4,2$  άτομα  $m^{-2}$  στον βιολογικό και  $5,2 \pm 1,0$  στο συμβατικό αμπελώνα. Οι ολικοί πληθυσμοί διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους ( $\chi^2 = 79,058, P < 0,0001$ ) και το

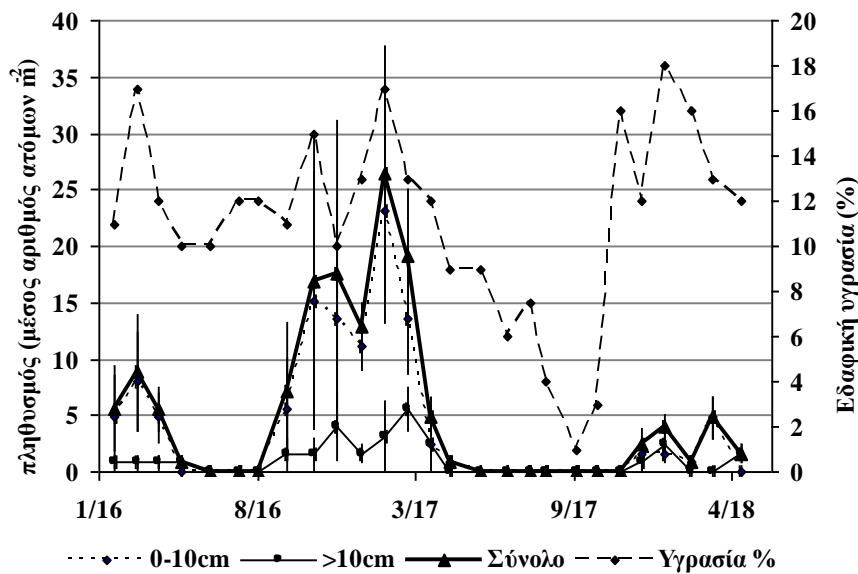
άθροισμα των βαθμών (score sum) σύμφωνα με την ανάλυση Wilcoxon ήταν 23792,0 για το βιολογικό και 12793,0 για το συμβατικό σύστημα. Οι μέσοι ολικοί πληθυσμοί κατά τους μήνες με αξιόλογη δραστηριότητα (από τον Σεπτέμβριο ως τον Απρίλιο) διέφεραν επίσης σημαντικά μεταξύ των δύο συστημάτων ( $F_{1,188}=63,50$ ,  $P<0,0001$ ) και διαμορφώθηκαν ως εξής: βιολογικό  $51,6 \pm 3,9^a$  και συμβατικό  $7,3 \pm 3,9^b$  (Tukey HSD).



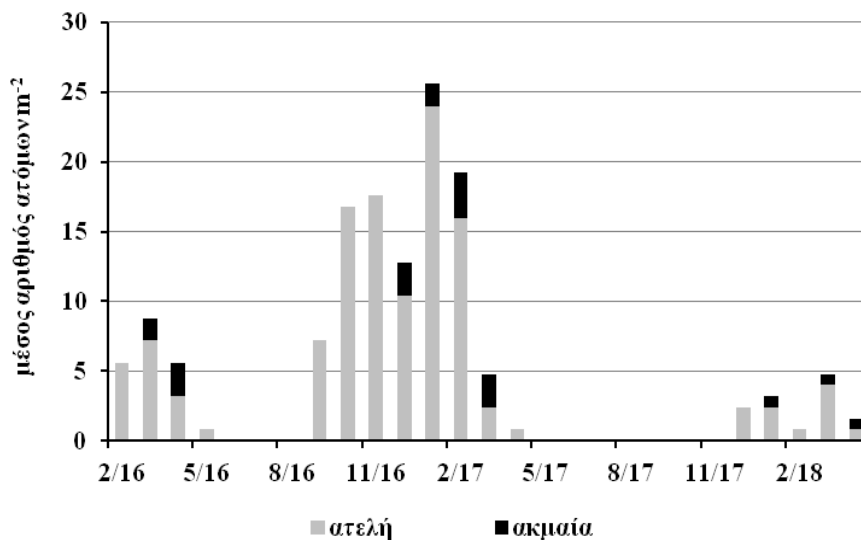
**Διάγραμμα 2.11:** Εποχική μεταβολή της μέσης πληθυσμιακής πυκνότητας των γαιοσκωλήκων και της εδαφικής υγρασίας στο βιολογικό αμπελώνα στη Νεμέα. Οι ράβδοι δηλώνουν τα τυπικά σφάλματα.



**Διάγραμμα 2.12:** Εποχική διακύμανση του ατελούς και τελείου σταδίου των γαιοσκωλήκων στο βιολογικό αμπελώνα στη Νεμέα.



**Διάγραμμα 2.13:** Εποχική μεταβολή της μέσης πληθυσμιακής πυκνότητας των γαιοσκωλήκων και της εδαφικής υγρασίας στο συμβατικό αμπελώνα στη Νεμέα. Οι ράβδοι δηλώνουν τα τυπικά σφάλματα.



**Διάγραμμα 2.14:** Εποχική διακύμανση του ατελούς και τελείου σταδίου των γαιοσκωλήκων στο συμβατικό αμπελώνα στη Νεμέα.

Σχετικά με τη σύγκριση των πληθυσμιακών πυκνοτήτων κατά τα τρία έτη της μελέτης η ANOVA έδειξε σημαντικότητα σε αμφότερα τα εδάφη. Ο βιολογικός αμπελώνας ( $F_{2,92}=16,53$ ,  $P<0,0001$ ) ανέπτυξε σημαντικά μικρότερη μέση πυκνότητα γαιοσκωλήκων το χειμώνα 2017-2018 ( $20,5 \pm 7,2$  άτομα  $m^{-2}$ ) σε σχέση με την



περίοδο 2015-2016 ( $82,4 \pm 11,7$ ) και την 2016-2017 ( $71,2 \pm 7,2$ ) που δεν διέφεραν μεταξύ τους. Ο συμβατικός αμπελώνας ( $F_{2,92}=8,05$ ,  $P=0,0006$ ) επίσης είχε μειωμένη πληθυσμιακή πυκνότητα κατά τον τρίτο χειμώνα της μελέτης ( $1,6 \pm 2,0$  άτομα  $m^{-2}$ ) η οποία διέφερε σημαντικά μόνο με την περίοδο 2016-2017 ( $13,2 \pm 2,0$ ) όχι όμως με την περίοδο 2015-2016 ( $6,7 \pm 3,3$ ). Οι δύο τελευταίες μέσες πυκνότητες δεν διαφοροποιήθηκαν κατά Tukey HSD. Κατά τα τρία έτη της μελέτης οι πληθυσμοί παρουσίασαν αρκετά υψηλές μέγιστες πληθυσμιακές πυκνότητες στον βιολογικό αμπελώνα που έφθασαν τα  $113,6 \pm 29,2$  άτομα  $m^{-2}$  κατά το 2016, τα  $135,2 \pm 26,6$  κατά το 2017 και τα  $56,8 \pm 19,5$  κατά το 2018. Οι μέγιστοι ετήσιοι πληθυσμοί στο συμβατικό αμπελώνα ήταν  $8,8 \pm 5,3$  άτομα  $m^{-2}$ ,  $25,6 \pm 11,8$  και  $4,8 \pm 2,0$  κατά τα τρία διαδοχικά έτη.

Στα διαγράμματα 2.11 και 2.13 παρατηρούμε επιπλέον ότι τα περισσότερα άτομα που συλλέχθηκαν προέρχοντο από τα πρώτα 10cm του εδάφους, όπως επιβεβαιώθηκε από την δοκιμασία Wilcoxon στον βιολογικό αμπελώνα ( $\chi^2=10,2732$ ,  $P<0,0013$ ) και αθροίσματα βαθμών 20310,5 για το επιφανειακό ως 10cm επίπεδο και 16274,5 για το βαθύτερο. Η χειρωνακτική, επιφανειακή συλλογή απέφερε κατά μέσο όρο  $30,2$  άτομα  $m^{-2}$  ανά δειγματοληψία και η εφαρμογή αιωρήματος μουστάρδας  $8,7$  άτομα από μεγαλύτερο βάθος. Το ίδιο βρέθηκε στο συμβατικό αμπελώνα ( $\chi^2=7,9245$ ,  $P<0,0049$ ) και αθροίσματα βαθμών 19613,5 για το επιφανειακό ως 10cm επίπεδο και 16971,5 για το βαθύτερο. Τελικά συλλέχθηκαν  $4,1$  άτομα  $m^{-2}$  ανά δειγματοληψία από το επιφανειακό στρώμα και  $1,0$  από το βαθύτερο.

Από τα ραβδογράμματα 2.12 και 2.14 είναι φανερό ότι τα ατελή άτομα υπερείχαν των ακμαίων. Η στατιστική ανάλυση της σύγκρισης ακμαίου και ατελούς πληθυσμού στον βιολογικό αμπελώνα ήταν σημαντική ( $\chi^2=26,9351$ ,  $P<0,0001$ ) και το άθροισμα των βαθμών ήταν  $15050,0$  για το ακμαίο και  $21535,0$  για το νεαρό στάδιο. Ο μέσος ολικός αριθμός ακμαίων ανά δειγματοληψία υπολογίστηκε σε  $6,3$  άτομα  $m^2$  και ο μέσος ολικός αριθμός ατελών σε  $32,4$ . Στο συμβατικό αμπελώνα ίσχυε το ίδιο ( $\chi^2=24,3319$ ,  $P<0,0001$ ) και το άθροισμα των βαθμών ήταν  $16007,5$  για το ακμαίο και  $20577,5$  για το ατελές στάδιο. Ο μέσος των ακμαίων ήταν  $0,6$  άτομα  $m^2$  και ο μέσος των ατελών  $4,6$ . Σε αμφότερους τους αμπελώνες, σε κάθε περίοδο δραστηριότητας, τα αναπαραγωγικά στάδια έλαβαν τη μέγιστη πυκνότητα τους αργότερα από τα ατελή.

#### 2.4.Γ.2 Εδάφη

Τα σπουδαιότερα εδαφολογικά χαρακτηριστικά των αμπελώνων της Νεμέας δίνονται στον πίνακα 2.3. Τα εδάφη ήταν λεπτόκοκκα, αργιλώδη (C), βαριά. Ελαφρά αλκαλικά ως προς την αντίδραση ( $7,4 < \text{pH} < 7,8$ ). Ως προς τον ολικό ασβεστόλιθο, τα εδάφη είχαν σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα και διέφεραν ελάχιστα μεταξύ τους. Το βιολογικό χαρακτηρίστηκε ως «επαρκώς εφοδιασμένο» ενώ το συμβατικό ως «εφοδιασμένο» (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.3). Τέλος, ως προς την οργανική ουσία οι 2 αμπελώνες ήταν «πτωχοί» (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.3).

**Πίνακας 2.3.:** Βασικές φυσικοχημικές ιδιότητες των εδαφών στους αμπελώνες της Νεμέας.

Κτήμα	Κοκκομ. Σύσταση (%)			Τύπος	pH	CaCO <sub>3</sub> (%)	Οργ. Ουσία (%)
	S	L	C				
Βιολογικό	26,0	28,0	46,0	C	7,49	5,74	1,03
Συμβατικό	24,3	23,7	52,0	C	7,50	4,31	1,05

#### 2.4.Γ.3 Κλιματικά δεδομένα - Βλάστηση

Οι τιμές της θερμοκρασίας του εδάφους μαζί με τις μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες αέρα κατά τις ημέρες των δειγματοληψιών στη Νεμέα φαίνονται στα διαγράμματα Π.2.11 για το βιολογικό και Π.2.12 για το συμβατικό αμπελώνα του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ 2.9.

Η γενική εικόνα που μας δίνουν αυτά τα διαγράμματα είναι ότι η θερμοκρασία του εδάφους διαμορφώνεται σχεδόν όπως η μέση ημερήσια θερμοκρασία του αέρα αλλά αποκτά λιγότερο ακραίες τιμές κατά τους θερμούς μήνες. Μεταξύ των δύο αμπελώνων οι διαφορές ήταν ανεπαίσθητες, παρότι ο βιολογικός αμπελώνας ήταν λίγο πιο δροσερός από το συμβατικό το καλοκαίρι αφού δεν ξεπέρασε τους 25 °C και λίγο πιο ψυχρός το χειμώνα του 2018.

Τα πιο αντιπροσωπευτικά μέλη της χλωρίδας στον βιολογικό και συμβατικό αμπελώνα της Νεμέας δίνονται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ 2.10 και 2.11 αντίστοιχα. Στα διαγράμματα Π.2.13 και Π.2.14 έχουν σχεδιασθεί οι σχετικές μεταβολές της κάλυψης ή μη του εδάφους με χλωρή βλάστηση και ξηρά φυτικά υπολείμματα κατά την

περίοδο των δειγματοληψιών. Επίσης σημειώνονται με βέλη οι χρόνοι μηχανικής καλλιέργειας, ανεξάρτητα από την ένταση της κατεργασίας, που δηλώνουν πιθανή ενσωμάτωση οργανικών υλικών και τροφοδοσία των γαιοσκωλήκων με τροφή, αλλά και κίνδυνο τραυματισμού αυτών και έκθεση σε αρπακτικά.

#### **Δ. Σύγκριση των περιοχών**

Η σύγκριση μεταξύ των πληθυσμών των βιολογικών εδαφών στις δύο αμπελουργικές περιοχές με μέσους 14,9 άτομα m<sup>-2</sup> στα Σπάτα και 38,6 στη Νεμέα έδειξε σημαντικότητα ( $\chi^2=33,2202$ ,  $P<0,0001$ ) σύμφωνα με την δοκιμασία Wilcoxon. Τα αθροίσματα των βαθμών (score sums) ήταν 16556,5 και 22783,5 αντίστοιχα.

Παρόμοια, η σύγκριση μεταξύ των πληθυσμών των συμβατικών εδαφών με μέσους 9,7 άτομα m<sup>-2</sup> στα Σπάτα και 5,2 στη Νεμέα έδειξε σημαντικότητα ( $\chi^2=7,5598$ ,  $P=0,0060$ ). Τα αθροίσματα των βαθμών ήταν 22045,5 και 17294,5 αντίστοιχα.

## **2.5 Συζήτηση**

### **2.5.A Περιοχή μελέτης: Πάρνηθα**

#### **2.5.A.1 Γαιοσκώληκες**

##### *Είδη γαιοσκωλήκων*

Ο αριθμός των ειδών που σχημάτισαν αμφότερες τις κοινότητες των γαιοσκωλήκων ήταν πολύ μικρός, μόλις δύο είδη και αυτό πιθανώς να οφείλεται στο μεγάλο υψόμετρο που δεν ευνοεί την εγκατάσταση πολλών ειδών, ειδικά των ειδών που συλλέχθηκαν τα οποία δεν ανήκουν στην ομάδα των αποκλειστικά ορεινών ειδών. Οι Shylesh Chandran et al. (2012), στην Ινδία, αποκάλυψαν μια πτωτική τάση στον αριθμό των ειδών με το υψόμετρο.

Το πιο κοινό είδος γαιοσκωλήκων ήταν το *O. complanatus*. Αναφέρεται ότι ζει σε δάση (διαδίκτυο 2) και στην περιοχή της καταγωγής του που είναι η Μεσόγειος απαντάται σε οποιοδήποτε οικοσύστημα. Το είδος *A. rosea* είναι πολύ διαδεδομένο στην Ελλάδα και σ' όλο τον κόσμο. Έχει καταγραφεί από τους Grossi et al. (1997) σε δασικά οικοσυστήματα κωνοφόρων και πλατύφυλλων στις Γαλλικές Άλπεις. Από τους Salomé et al. (2011) στην Ελβετία σε υποαλπικά, ορεινά και λοφώδη υψόμετρα. Στα Καρπάθια όρη από τον Pop (1997). Σε ορεινά και πεδινά λιβάδια στην

Αυστραλία (Carnovale et al. 2015). Στα Απαλάγια όρη των ΗΠΑ (Hendrix et al. 1992). Το *M. minuscula* απαντάται στις Μεσογειακές χώρες (ακόμα σε κάποιες βόρειες χώρες, όπως Αγγλία, Ελβετία, Γερμανία και ΗΠΑ). Η ευρεία εξάπλωση και η προσαρμοστικότητα των ειδών που ήταν παρόντα στην Πάρνηθα δικαιολογεί την παρουσία τους στο αντίξοο περιβάλλον του βουνού.

#### Πληθυσμιακή διακύμανση

Από το διάγραμμα 2.1 γίνεται φανερό ότι ο πληθυσμός γαιοσκωλήκων μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τη μεταβολή της εδαφικής υγρασίας και ότι λαμβάνει μέγιστες τιμές κατά τους χειμερινούς μήνες. Η θερινή περίοδος αδράνειας των γαιοσκωλήκων συνέβη τους μήνες Ιούνιο – Σεπτέμβριο που είναι οι ξηροί ή υπέρξηροι μήνες στην Πάρνηθα. Τα παραπάνω δηλώνουν την μεγάλη εξάρτηση των γαιοσκωλήκων από τον παράγοντα υγρασία.

Οι μειωμένες πληθυσμιακές πυκνότητες που καταγράφηκαν στην Πάρνηθα, από 0 έως 20 άτομα m<sup>-2</sup> για την τοποθεσία «προς Μόλα» και από 0 έως 3,2 άτομα m<sup>-2</sup> για τα «καμένα», μπορούν να αποδοθούν κυρίως στην επίδραση του κλίματος και ειδικότερα στον παράγοντα θερμοκρασία. Στην Πάρνηθα παρουσιάστηκε παγετός και χιονοκάλυψη και τις δύο περιόδους της μελέτης. Οι θερμοκρασίες που επικρατούσαν ήταν κάτω από το άριστο για την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των διαφόρων ειδών γαιοσκωλήκων και είναι επόμενο να μην αναπτύχθηκαν μεγάλοι πληθυσμοί (η άριστη Θ για τα περισσότερα είδη των ευκράτων χωρών κυμαίνεται από 12 – 20°C ανάλογα με το είδος κατά τους Edwards et al. (1996) και για το είδος *E. fetida* είναι 25°C). Κατά το έτος 2017 το έδαφος καλύφθηκε με χιόνι για μεγάλο διάστημα. Ειδικά ο Ιανουάριος 2017 είχε μέσες θερμοκρασίες κάτω του μηδενός, σύμφωνα με στοιχεία από το διαδικτυακό τόπο [meteo.gr](http://meteo.gr), (μέση μέγιστη θερμοκρασία -0,1°C και μέση ελάχιστη θερμοκρασία -3,6°C) και ο Φεβρουάριος είχε μέση θερμοκρασία αέρα 3°C. Η τιμή της θερμοκρασίας εδάφους σε βάθος 10cm, που μετρήσαμε κατά τη διάρκεια της ημέρας στην περιοχή «καμένα» το Φεβρουάριο 2017 (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.2B - διάγραμμα Π.2.2.) ήταν -1°C. Αυτές οι θερμοκρασίες είναι στα κατώτατα όρια επιβίωσης των γαιοσκωλήκων οι οποίοι είναι οργανισμοί που δεν ανέχονται τον παγετό. Σύμφωνα με τους Edwards et al. (1996), τα είδη *A. caliginosa* και *E. fetida* θανατώθηκαν μετά από παραμονή στους 0,0°C επί 48 ώρες σε εργαστηριακές συνθήκες. Η παρουσία της φυτοκάλυψης στους λειμώνες και τις δασικές περιοχές δρα προστατευτικά σε περίπτωση παγετού, επιτρέποντας την επιβίωση υπό συνθήκες

ελαφρού παγετού, όχι όμως σε πολύ ακραίες και παρατεταμένες θερμοκρασίες (Edwards et al. 1996). Μπορούμε να υποθέσουμε ότι, κατά τη διάρκεια των συχνών παγετών που συμβαίνουν στη Πάρνηθα, τα ανοδικά είδη, όπως το *O. complanatus*, καταφέρνουν να επιβιώσουν με το να αποσύρονται γρήγορα στις βαθιές στοές τους όπου μπορεί να υποβάλλονται σε αδρανοποίηση, ως μηχανισμό επιβίωσης. Τα ενδόγεια και επίγεια είδη που δεν μπορούν να διαφύγουν είναι περισσότερο εκτεθειμένα στις θανατηφόρες θερμοκρασίες. Για αυτό το λόγο φαίνεται να κυριαρχεί το ανοδικό είδος στις κοινότητες των γαιοσκωλήκων.

Η μεγάλη εξάρτηση των γαιοσκωλήκων από τους παράγοντες θερμοκρασία και υγρασία έχει επισημανθεί από άλλους ερευνητές για τα μεγάλα υψόμετρα, όπως οι Grossi et al. (1997) στη Γαλλία και οι Pop et al. (2004) στη Ρουμανία.

Η μείωση στον πληθυσμό των γαιοσκωλήκων κατά την περίοδο 2016-2017 σε σχέση με την προηγούμενη περίοδο δραστηριότητας, παρότι δεν ήταν σημαντική λόγω της παραλλακτικότητας του πεδίου, ήταν αξιοσημείωτη, ιδίως αν λάβουμε υπόψη την αδυναμία λήψης μετρήσεων τον Ιανουάριο και Φεβρουάριο 2017 και πρέπει να οφείλεται στην δριμύτητα του χειμώνα του έτους 2017. Εκτός από τις χαμηλές θερμοκρασίες η σχετικά χαμηλή βροχόπτωση του έτους 2016 (μόλις 496,3mm) αποτελεί αιτία των χαμηλών πληθυσμών του 2017. Οι Eggleton et al. (2009) επισήμαναν ότι οι αρνητικές επιπτώσεις λόγω ακραίων καιρικών φαινομένων μπορεί να γίνονται αισθητές την ίδια ή και την επόμενη καλλιεργητική περίοδο. Ωστόσο άλλα, απροσδιόριστα αίτια μπορεί να προκάλεσαν αυτή τη διαφορά. Οι Stoscheck et al. (2012) κατέγραψαν μεταβολές στην πυκνότητα των γαιοσκωλήκων κατά τη διάρκεια της πενταετούς έρευνας τους στο έδαφος ηπειρωτικών δασών στις ΗΠΑ, που όμως δεν μπόρεσαν να τις ερμηνεύσουν ως αποτέλεσμα των καιρικών φαινομένων.

Η εφαρμογή μουστάρδας εμπλούτισε τον αριθμό των ατόμων που καταμετρούνται με την σύνθετη μέθοδο δειγματοληψίας. Σύμφωνα με τους Gutiérrez-López et al. (2016) η χρήση οποιουδήποτε ερεθιστικού διαλύματος είναι λιγότερο αποτελεσματική από την χειρωνακτική συλλογή (Gutiérrez-López et al. 2016) και, όταν εφαρμόζεται σε κάποιο βάθος, στοχεύει στη συλλογή των ανοδικών ατόμων κοντά στην ωριμότητα ή στο τέλειο στάδιο, τα οποία με την χειρωνακτική μέθοδο δεν μπορούν να συλλεχθούν διότι διαφεύγουν γρήγορα μέσα στο έδαφος. Με την χρήση των ερεθιστικών διαλυμάτων συλλέγονται πολύ λιγότερα άτομα από τα ενδόγεια είδη

διότι αυτά δεν έχουν έτοιμη στοά ανάδυσης. Στην Πάρνηθα, τα άτομα που συνελήφθησαν από τα δύο βάθη δειγματοληψίας με την μέθοδο που αντιστοιχεί σε κάθε επίπεδο δεν διέφεραν σημαντικά και αυτό σημαίνει ότι οι γαιοσκώληκες δεν συγκεντρώνονται πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, προφανώς λόγω του ψύχους. Σύμφωνα με τους Thomson et al. (2007) η χειρωνακτική αναζήτηση των γαιοσκωλήκων ως βάθος 10cm αποδίδει περίπου το 95% του ενεργού πληθυσμού.

Είναι γνωστό από τη βιβλιογραφία (Pérès et al. 1998, Schreck et al. 2012) ότι οι κοινότητες των γαιοσκωλήκων απαρτίζονται κυρίως από νεαρά άτομα, όπως επιβεβαιώθηκε από την παρούσα διερεύνηση.

Οι μηδενικοί πληθυσμοί στα «καμένα» δεν οφείλονται στην απουσία τροφής, όπως διαπιστώνεται από την σύγκριση των διαγραμμάτων Π.2.3 (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.3.B) και Π.2.4 (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.4.B) που παρουσιάζουν ότι ο ετήσιος κύκλος της φυτικής βιομάζας ήταν παρόμοιος στις δύο περιοχές. Επιπλέον η χλωρίδα στα «καμένα» δεν ήταν πολύ πιο φτωχή από αυτή της περιοχής «προς Μόλα», σύμφωνα με εκτίμηση επί του πεδίου και όπως φαίνεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.4. Ακόμα η διαφορά που χαρακτηρίζει τα δύο εδάφη, ως προς τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες (πίνακας 2.1), δηλαδή το μεγαλύτερο ποσοστό  $\text{CaCO}_3$  των «καμένα», δεν δικαιολογεί τους χαμηλούς πληθυσμούς καθότι τα περισσότερα είδη, μεταξύ των οποίων και το *O. complanatus*, είναι ασβεστόφιλα. Επομένως άλλοι λόγοι θα πρέπει να ευθύνονται για τους πολύ χαμηλούς πληθυσμούς στην περιοχή «καμένα».

Μια άλλη πιθανή αιτία είναι ότι το έδαφος στα «καμένα» ξηραίνεται πολύ νωρίς και το χρονικό διάστημα για δραστηριότητα είναι πολύ μικρό. Ήδη από τον Μάιο 2016, η σχετική υγρασία του εδάφους ήταν 9,6% (διάγραμμα 2.3) ενώ στη περιοχή «προς Μόλα» ήταν 15%. Επιπλέον το έδαφος στην τοποθεσία αυτή έχει αρκετή κλίση και είναι ακάλυπτο διότι δεν υπάρχει η κόμη των δένδρων, επομένως δέχεται υψηλής έντασης ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας και είναι εκτεθειμένο σε παγετούς ακτινοβολίας κατά την διάρκεια της νύκτας, δηλαδή κατά την περίοδο δραστηριότητας των γαιοσκωλήκων. Το ημερήσιο θερμομετρικό εύρος επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων, όπως αποδείχθηκε από μελέτες των Uvarov et al. (2011) για τα είδη *D. octaedra* και *L. rubellus* και μειώνει τη μικροβιακή δραστηριότητα και βιομάζα, ώστε καθυστερεί την αποδόμηση της οργανικής ύλης.

Ένας ακόμη παράγοντας που μπορεί να σχετίζεται με τους κατά πολύ μειωμένους πληθυσμούς γαιοσκωλήκων στην περιοχή «Καμένα» είναι η πυρκαγιά που είχε εκδηλωθεί εκεί το 2007, η οποία ήταν πολύ μεγάλης έντασης και εξαιρετικά καταστροφική. Οι επιπτώσεις των πυρκαγιών στους γαιοσκώληκες είναι άμεσες, δηλαδή θανάτωση λόγω έκθεσης στις υψηλές θερμοκρασίες και έμμεσες λόγω καταστροφής των πόρων, των καταφυγίων και ποιοτικής αλλαγής της οργανικής ουσίας που αποτελεί την τροφή τους (Sileshi et al. 2006, Malmström et al. 2009, Schulz et al. 2014). Το μέγιστο βάθος εδάφους στο οποίο εκδηλώνονται οι επιπτώσεις μιας πυρκαγιάς είναι ως 20-30cm (Certini 2005). Επειδή η πυρκαγιά στην Πάρνηθα εκδηλώθηκε τον Ιούνιο, το πιο κοινό είδος, το ανοδικό *O. complanatus* μάλλον βρισκόταν σε διαθερισμό σε μεγαλύτερο βάθος από 30cm μέσα στο έδαφος και δεν επηρεάστηκε κατά την εποχή εκείνη. Οι αρνητικές επιπτώσεις στον πληθυσμό του πρέπει μάλλον να αποδοθούν στη καταστροφή του οικοσυστήματος, όπως η μείωση των φυτικών υπολειμμάτων που είναι η τροφή του, η αλλαγή στη σύσταση του χούμου, υποβάθμιση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους, μείωση της υδατοϊκανότητας, διάβρωση, κ.α. (James et al. 1988, Certini 2005, Cécillon et al. 2009, Bogorodskaya et al. 2010). Άλλα είδη γαιοσκωλήκων, επειδή περνούν την ξηρή περίοδο πιο επιφανειακά σε αδράνεια ή ως κουκούλια, μπορεί να αφανίστηκαν λόγω της πυρκαγιάς. Κάποιες από τις αρνητικές συνέπειες των πυρκαγιών μπορεί να διαρκέσουν επί πολλά έτη. Επί παραδείγματι, η ποιοτική και ποσοτική αποκατάσταση της οργανικής ουσίας στο επιφανειακό έδαφος που αναπτύσσονται οι ρίζες (Α εδαφικός ορίζοντας) απαιτεί τουλάχιστον 10 χρόνια (Certini 2005, Mirzaei 2016). Η επαναφορά του πληθυσμού των εδαφόβιων μικροοργανισμών οι οποίοι πλήττονται, από τη θερμότητα που αναπτύσσεται και από τις τοξικές ουσίες που σχηματίζονται στο έδαφος λόγω της φωτιάς, σύμφωνα με τον Certini (2005), απαιτεί δώδεκα χρόνια. Η ένταση της πυρκαγιάς αλλά και το κυρίαρχο είδος δέντρου καθορίζουν το διάστημα επαναφοράς (Scharenbroch et al. 2012).

### **2.5.A.2 Συμπεράσματα για τους πληθυσμούς γαιοσκωλήκων της Πάρνηθας**

1. Στο οικοσύστημα της Πάρνηθας τα είδη και οι πληθυσμοί των γαιοσκωλήκων είναι πολύ περιορισμένοι.

2. Η περίοδος δραστηριότητας εντοπίζεται την υγρή και σχετικά ψυχρή εποχή και η περίοδος θερινής αδράνειας διαρκεί από τον Ιούνιο ως και το Σεπτέμβριο.
3. Οι πληθυσμοί των γαιοσκωλήκων στις πυρόπληκτες τοποθεσίες από την πυρκαγιά του 2007 δεν έχουν αποκατασταθεί ακόμα.

## 2.5 Συζήτηση

### 2.5.B Περιοχή μελέτης: Σπάτα

#### 2.5.B.1 Γαιοσκώληκες

##### *Είδη γαιοσκωλήκων*

Και στους 3 τύπους καλλιέργειας το κυρίαρχο είδος ήταν το ανοδικό *O. complanatus* το οποίο έχει σημειωθεί ως το πιο κοινό είδος σε αμπελώνες της Μεσογείου (Gavinelli et al. 2018), ενώ τα υπόλοιπα επισημάνθηκαν απλώς σε κάποιες δειγματοληψίες σε πολύ χαμηλές πυκνότητες.

Το *A. rosea* το οποίο καταγράφηκε με χαμηλή πυκνότητα σε όλους τους αμπελώνες στα Σπάτα, είχε επίσης επισημανθεί σε αμπελώνες στην Ιταλία (Paoletti et al. 1998) με εξίσου χαμηλές πυκνότητες ( $3,6 \pm 1,5$  και  $0,8 \pm 0,5$  άτομα  $m^{-2}$  σε εδάφη με χωρίς και με μηχανική κατεργασία, αντίστοιχα), σε μια μελέτη που αφορούσε τις χώρες Β. Ιταλία, Ελβετία, Κροατία και Σλοβενία (Gavinelli et al. 2018) με πυκνότητες  $0,5 - 50,0$  άτομα  $m^{-2}$ , στη Γαλλία (Pérez et al., 1998), στην Αυστρία από τους Zaller et al. (2018) και στην Αυστρία από τους Buchholz et al. (2017) όπου καταμετρήθηκε με πυκνότητα  $31,3 \pm 42,4$  άτομα  $m^{-2}$  σε αμπελώνες με κατεργασία εδάφους και  $59,4 \pm 97,0$  σε άλλους με ενδιάμεση καλλιέργεια.

Τα 2 είδη του γένους *Microscolex*, που σημειώθηκαν στην παρούσα μελέτη είναι κοσμοπολίτικα και έχουν εντοπισθεί στην Ελλάδα ήδη από τον 19<sup>ο</sup> αιώνα (Szederjesi et al. 2017). Το είδος *M. phosphoreus*, εκτός από την παρούσα μελέτη, έχει καταγραφεί από τους Castro et al. (2019) σε συμβατικούς αμπελώνες στην Ισπανία με πυκνότητα  $0,3 \pm 0,2$  άτομα  $m^{-2}$ .

Το είδος *M. dubius* μοιάζει πολύ με το προηγούμενο, αλλά είναι πιο μεγάλο. Έχει αναφερθεί από τους Gavinelli et al. (2018) σε πολλούς αμπελώνες της Β. Ιταλίας και γειτονικών χωρών (Σλοβενίας, Κροατίας και Ελβετίας) με πυκνότητες που κυμαίνονται ευρέως από 1 ως 21,9 άτομα  $m^{-2}$ .



Επομένως, τα είδη που σημειώθηκαν είναι μεταξύ αυτών που έχουν βρεθεί και σε άλλες μελέτες σε γειτονικές χώρες.

### *Πληθυσμιακή διακύμανση*

Η περίοδος αδράνειας των γαιοσκωλήκων διήρκεσε στα Σπάτα επί μεγάλο χρονικό διάστημα, από τον Απρίλιο ως τον Οκτώβριο, εποχή που συμπίπτει με την περίοδο με έλλειμμα υγρασίας για την γεωργία (ξηροί και υπέρξηροι μήνες σύμφωνα με την ανάλυση κλίματος κατά Lang-Gracanin). Οι υψηλότεροι πληθυσμοί του έτους σημειώθηκαν κατά τους πιο υγρούς μήνες του έτους, από τον Δεκέμβριο ως τον Φεβρουάριο. Ήδη από τον Απρίλιο κατά το έτος 2016 επισημάνθηκαν άτομα του είδους *O. complanatus* σε θέση διαθερισμού. Η εφαρμογή άρδευσης στον βιολογικό αμπελώνα σε δύο χρόνους μέσα στην περίοδο αυτή, κατά το καλοκαίρι του 2016 (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.1), δεν ήταν ικανή να δραστηριοποιήσει τους γαιοσκώληκες και αυτό μπορεί να οφείλεται στη μικρή ποσότητα νερού αλλά και στο γεγονός ότι ο πληθυσμός αποτελείτο κυρίως από ανοδικά είδη τα οποία διαθερίζουν σε κατάσταση διάπαυσης από την οποία εξέρχονται μόνο αφού συντελέσουν ενδογενείς παράγοντες και όχι απλά με την επικράτηση ευνοϊκών συνθηκών (Pavlíček et al. 2005).

Παρότι τα φυτικά υπολείμματα της αμπελοκαλλιέργειας είναι άριστης ποιότητας τροφή για τους γαιοσκώληκες (καλή πεπτικότητα, μικρή αναλογία σε πολυφαινόλες), η καλλιέργεια της αμπέλου γενικά δεν ευνοεί την ανάπτυξη μεγάλων πληθυσμών γαιοσκωλήκων διότι το φυτό αυτό δεν δέχεται άφθονη άρδευση (Castro et al. 2019). Οι Eijackers et al. (2005) (χειρωνακτική αναζήτηση ως βάθος 20cm) κατέγραψαν κατά μέσον όρο 33,2 άτομα m<sup>-2</sup> σε αμπελώνες της Ν. Αφρικής και παρατήρησαν ότι, σε σχέση με τους παρακείμενους γρασιδότοπους (331,2 άτομα m<sup>-2</sup>), το έδαφος των αμπελώνων δεν ευνοεί την ταχεία ανάπτυξη των πληθυσμών. Οι Paoletti et al. (1998) στη Β. Ιταλία συνέλεξαν χαμηλότερους πληθυσμούς γαιοσκωλήκων από αμπελώνες σε σχέση με οπωρώνες μηλιάς, ροδακινιάς και ακτινιδίου. Οι Castro et al. (2019) στην Ισπανία βρήκαν μικρότερους πληθυσμούς σε αμπελώνες από ότι σε οπωρώνες ακτινιδίου.

Με επιφύλαξη μπορούμε να πούμε ότι οι μέσοι ολικοί μηνιαίοι πληθυσμοί γαιοσκωλήκων έλαβαν σχετικά χαμηλές τιμές στους αμπελώνες των Σπάτων σε σχέση με άλλες περιοχές, διότι υπάρχει μεγάλος αριθμός παραγόντων που

επιηρεάζουν τους πληθυσμούς. Ενδεικτικά αναφέρουμε στοιχεία από την βιβλιογραφία που δείχνουν τη μεγάλη παραλλακτικότητα ως προς το μέγεθος των πληθυσμών γαιοσκωλήκων σε αμπελώνες. Οι Faber et al. (2017) στην Αυστρία καταμέτρησαν από  $117,3 \pm 24,8$  άτομα  $m^{-2}$  ως  $340,0 \pm 87,4$  άτομα  $m^{-2}$ . Οι Zaller et al. (2018) στην ίδια περιοχή με την προηγούμενη μελέτη μέτρησαν από  $47,2 \pm 22,9$  άτομα  $m^{-2}$  ως  $2,8 \pm 5,6$  άτομα  $m^{-2}$ . Οι Buchholz et al. (2017) στην Αυστρία κατέγραψαν μέση πυκνότητα  $146,0 \pm 132,0$  άτομα  $m^{-2}$  και μέγιστη πυκνότητα  $550,0$  άτομα  $m^{-2}$ . Οι Péréès et al. (1998), στη Β. Γαλλία καταμέτρησαν σε δύο τοποθεσίες  $27,0 - 78,0$  άτομα  $m^{-2}$  και  $65,0 - 165,0$ , αντίστοιχα. Οι Schreck et al. (2012) στην ΝΔ Γαλλία αναφέρουν τιμές από  $26,0 \pm 13,0$  άτομα  $m^{-2}$  ως  $241,0 \pm 32,0$  άτομα  $m^{-2}$ . Οι Coll et al. (2011) στη Ν. Γαλλία βρήκαν μέσες πυκνότητες από  $13,6 \pm 2,6$  ως και  $6,1 \pm 2,1$  άτομα  $m^{-2}$ . Οι Paoletti et al. (1998) στη ΒΑ Ιταλία βρήκαν συνολική πυκνότητα  $61,0 \pm 9,7$  άτομα  $m^{-2}$  και  $22,0 \pm 4,6$  άτομα  $m^{-2}$  ανάλογα με τις καλλιεργητικές επεμβάσεις. Οι Gavinelli et al. (2018) βρήκαν ότι οι πυκνότητες γαιοσκωλήκων κυμαίνονταν σε μεγάλο εύρος τιμών  $1,4 - 182,8$  άτομα  $m^{-2}$  σε αμπελώνες διαφόρων περιοχών όπως της ΒΕ Ιταλίας, Ελβετίας, Σλοβενίας και Κροατίας. Τέλος, οι Fragoulis et al. (2011), στη Β και Ν Ιταλία βρήκαν ότι οι πληθυσμοί των γαιοσκωλήκων κυμαίνονταν από  $10 - 17$  άτομα  $m^{-2}$  τον Οκτώβριο και από  $5 - 14$  άτομα  $m^{-2}$  τον Απρίλιο.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι οι μέσες τιμές πληθυσμιακής πυκνότητας αλλά και οι μέγιστες τιμές που καταμετρήθηκαν στα Σπάτα είναι μέσα στο εύρος των καταγραφών τουλάχιστον για αμπελώνες από την περιοχή της Μεσογείου.

Οι μειώσεις στις πληθυσμιακές πυκνότητες που σημειώθηκαν στον βιολογικό και εγκαταλελειμμένο αμπελώνα κατά τα έτη 2017 και 2018 σε σχέση με το 2016 και στο συμβατικό κατά το έτος 2018 σε σχέση με τα 2016 και 2017, δεν θα πρέπει να αποδοθούν σε έλλειψη εδαφικής υγρασίας κατά την δειγματοληψία, αφού οι μετρήσεις της υγρασίας ήταν εξ ίσου υψηλές με το 2016 (Διαγράμματα 2.5, 2.7 και 2.9). Επίσης δεν παρατηρήσαμε αξιοσημείωτες διαφορές στην φυτοκάλυψη και στον όγκο των φυτικών υπολειμμάτων σε κανένα αμπελώνα, ιδίως στο βιολογικό και εγκαταλελειμμένο, όπως φαίνεται στα διαγράμματα Π.2.8, Π.2.9 και Π.2.10 (Παραρτήματα 2.6, 2.7 και 2.8). Ακόμα οι εδαφοκατεργασίες που εφαρμόστηκαν στον βιολογικό και συμβατικό αμπελώνα δεν πρέπει να σχετίζονται με τη μικρότερο

πληθυσμό κατά τα έτη 2017 και 2018 διότι αφ' ενός είναι μέρος των καθιερωμένων φροντίδων που επαναλαμβάνονται κάθε χρόνο και εφ' ετέρου εφαρμόστηκαν στο τέλος της δραστήριας περιόδου για τους γαιοσκώληκες, όταν είχε αρχίσει η προετοιμασία για διαθερισμό (διάγραμμα Π.2.8 του Παραρτήματος 2.6 & Παράρτημα 2.1). Μπορεί να οφείλονται στον ψυχρό χειμώνα της περιόδου 2016 - 2017 κατά τον οποίο παρατηρήθηκαν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες μαζί με χιονόπτωση [η μέση θερμοκρασία του Δεκεμβρίου 2016 ήταν 8,5°C έναντι της μέσης τιμής για την δεκαετία 2009 – 2019 (11,9°C) και η μέση θερμοκρασία του Ιανουαρίου 2017 ήταν 7,3°C, έναντι της μέσης τιμής δεκαετίας (9,6°C)], (Παράρτημα 2.5). Άλλη πιθανή αιτία που μπορεί να συνέβαλε στη μείωση του πληθυσμού στο βιολογικό αμπελώνα το έτος 2017 είναι η πιθανή αύξηση των αρπακτικών, όπως τα κολεόπτερα Carabidae και τα Μυριάποδα Χηλόποδα (Curry 1998), ως επακόλουθο της εφαρμογής κοπριάς το Σεπτέμβριο 2016. Άλλοι ερευνητές (Stoscheck et al. 2012) έχουν προαναφέρει ότι υπάρχει παραλλακτικότητα στον πληθυσμό των γαιοσκωλήκων μεταξύ των ετών η οποία δεν μπορεί να ερμηνευθεί ως συνέπεια της μεταβολής των περιβαλλοντικών παραγόντων. Οι Schreck et al. (2012) επισημαίνουν ότι οι πληθυσμοί εξαρτώνται από το έτος συλλογής, την εποχή συλλογής, το σύστημα παραγωγής και τον τύπο της ζιζανιοκτονίας.

Επίσης έγινε φανερό ότι και στα τρία πειραματικά πεδία των Σπάτων τα περισσότερα άτομα γαιοσκωλήκων συλλέχθηκαν από το επιφανειακό (ως 10cm) στρώμα του εδάφους, ενώ με την βοήθεια του ερεθιστικού διαλύματος συλλέχθηκαν πολύ λιγότερα και αυτό ήταν σημαντικό στο συμβατικό και εγκαταλελειμμένο αμπελώνα. Εκτός από τη διαφορετική μεθοδολογία που εφαρμόστηκε, με την χειρωνακτική μέθοδο να πλεονεκτεί λόγω του ότι είναι πιο λεπτομερής από την εφαρμογή ερεθιστικού, το ίδιο το επίπεδο του εδάφους αποτελεί έναν άλλο παράγοντα που συνέτεινε στη δημιουργία των σημαντικών διαφορών. Αν και ήταν μικρότερης σημασίας, η εφαρμογή ερεθιστικού είχε αξιόλογη συνεισφορά στον αριθμό των συλλήψεων και βοήθησε στην πιο αξιόπιστη εκτίμηση της πληθυσμιακής πυκνότητας στον αγρό.

Η σημαντικά μεγαλύτερη συμμετοχή του ατελούς σταδίου στο συνολικό πληθυσμό των γαιοσκωλήκων και στους τρεις αμπελώνες είναι συνήθης και αναμενόμενη για τους πληθυσμούς ενός μακρόβιου ασπόνδυλου, όπως είναι το είδος *O. complanatus* που κυριαρχεί στους αμπελώνες που ερευνήθηκαν. Ιδιαίτερα κατά το

έτος 2016 τα νεαρά κατείχαν εξαιρετικά μεγάλη αναλογία, γεγονός που επιβεβαιώνει την υπόθεση ότι η προηγούμενη χρονιά ήταν πολύ ευνοϊκή για την αναπαραγωγή των γαιοσκωλήκων. Ο Whalen (2004) συνέλεξε επίσης μεγαλύτερη αναλογία (70 – 95%) νεαρών ατόμων. Σύμφωνα με τους Edwards et al. 1996, ο πληθυσμός του *A. caliginosa trapezoides* απαρτίζεται από ατελή κυρίως άτομα κατά την εποχή της έναρξης των βροχών, τα τέλεια παρουσιάζονται ένα μήνα αργότερα και με την πάροδο του χρόνου κυριαρχούν μέχρι το τέλος της ενεργού περιόδου. Το τελευταίο δεν επιβεβαιώθηκε στην παρούσα μελέτη και αυτό μπορεί οφείλεται στην διαφορετική βιολογία του *O. complanatus*. Οι Pégès et al. (1998) βρήκαν ότι οι πληθυσμοί αποτελούντο κατά 67 – 76% από νεαρά και μάλιστα σε εδάφη με λιγότερη οργανική ουσία η αναλογία ήταν μεγαλύτερη. Στην παρούσα μελέτη αυτό δεν ισχύει προφανώς λόγω των τροφικών συνηθειών του κυρίαρχου είδους που ως ανοδικό τρέφεται με φυτικά υπολείμματα στην επιφάνεια και λιγότερο με οργανική ουσία. Ακόμα, η εδαφοκατεργασία που εφαρμόστηκε περί το τέλος των περιόδων δραστηριότητας (τον Απρίλιο) στους καλλιεργούμενους αμπελώνες, ακόμα και αν ήταν πολύ ελαφριά, πρέπει να επηρέασε αρνητικά τα μεγαλόσωμα ακμαία (Βαβουλίδου κ.ά. 2020) αντίθετα από τον εγκαταλελειμμένο – αδιατάρακτο αμπελώνα, ανεξάρτητα από την οργανική ουσία που περιέχουν.

### **2.5.B.2 Σύγκριση των τριών συστημάτων καλλιέργειας στα Σπάτα**

Μεταξύ των συστημάτων παρατηρήθηκαν διαφορές ως προς την περίοδο δραστηριότητας των γαιοσκωλήκων. Σε όλα τα συστήματα η περίοδος δραστηριότητας ξεκίνησε τον Οκτώβριο ή Νοέμβριο και περατώθηκε τον Μάρτιο ή Απρίλιο, εκτός από το συμβατικό αμπελώνα όπου συνελήφθησαν πολύ λίγα δραστήρια άτομα για ένα επιπλέον μήνα, δηλαδή το Μάιο. Αυτό πιθανώς σχετίζεται με τη μειωμένη εξατμισοδιαπνοή του συμβατικού αμπελώνα λόγω της καταστροφής των ζιζανίων αλλά και με το μικροκλίμα που δημιουργείται από την δράση της πανίδας μέσα στα εδάφη των αμπελώνων. Ο συμβατικός αμπελώνας είχε αρκετά υποβαθμισμένη δομή εδάφους, χωρίς συσσωματώματα, πόρους και ξεχωριστό σκουρόχρωμο στρώμα οργανικού εδάφους στην επιφάνεια του, αντίθετα από το βιολογικό και πολύ περισσότερο τον εγκαταλελειμμένο. Η συμβατική κατεργασία που εφαρμόζεται, η χρήση των αγροχημικών, η εξάλειψη των ζιζανίων και η μη χρήση οργανικών εδαφοβελτιωτικών έχουν υποβαθμίσει την ποιότητα του εδάφους.

Τα κενά που σχηματίζονται σε ένα έδαφος με ισχυρή δομή επιτρέπουν την κυκλοφορία του αέρα και τη διακίνηση των υδρατμών και του οξυγόνου. Ως αποτέλεσμα, την άνοιξη που η ατμόσφαιρα παρουσιάζει σημαντικό δυναμικό εξάτμισης η απώλεια του νερού είναι μεγαλύτερη σε ένα έδαφος με ισχυρή δομή και πλούσια φυσική βλάστηση, όπως το βιολογικό και το εγκαταλελειμμένο.

Επιπλέον οι αμπελώνες διέφεραν ως προς τον αριθμό ειδών. Ο βιολογικός και ο εγκαταλελειμμένος-φυσικός αμπελώνας είχαν 4 κοινά είδη ο καθένας, ένα ανοδικό και 3 ενδόγεια, ενώ ο συμβατικός είχε 2 είδη, ένα ανοδικό και ένα ενδόγειο. Το αποτέλεσμα αυτό συμφωνεί με τους Castro et al. (2019), οι οποίοι βρήκαν ότι, σε μεσογειακούς αμπελώνες, η αφθονία των ειδών είναι μεγαλύτερη στους βιολογικούς αμπελώνες σε σχέση με τους συμβατικούς. Ακόμα οι Gavinelli et al. (2018), απέδειξαν ότι τα αδιατάρακτα και τα βιολογικά εδάφη συντηρούν αποτελεσματικότερα την φυσική βιοποικιλότητα διότι είναι πιο ετερογενή, έχουν πιο ισχυρή εδαφική δομή με περισσότερα καταφύγια για πολλά είδη και μικροοργανισμούς, παρέχουν ποικιλία τροφικών πηγών και δεν εκθέτουν τους εδαφόβιους οργανισμούς σε παράγοντες θνησιμότητας όπως τα αγροχημικά (Stellin et al. 2018). Οι Domínguez et al. (2016), Pfiffner et al. (2007), Solomou et al. (2013), και Köhler et al. (2014) αναφέρουν ότι τα βιολογικά εδάφη που δέχονται ελαφριά κατεργασία και τα απολύτως αδιατάρακτα εδάφη έχουν την ικανότητα να συντηρούν πιο πλούσιους σε είδη και αφθονία πληθυσμούς γαιοσκωλήκων.

Παρότι υπήρξε διαβάθμιση στις μέσες ολικές πληθυσμιακές πυκνότητες των γαιοσκωλήκων μεταξύ των εδαφών, με μεγαλύτερο μέσο αριθμό ατόμων στον εγκαταλελειμμένο και μικρότερο στο συμβατικό, οι αμπελώνες δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά ως προς το μέγεθος του πληθυσμού στο σύνολο των δειγματοληψιών. Αντίθετα, την περίοδο της μεγάλης δραστηριότητας, το βιολογικό και το εγκαταλελειμμένο-φυσικό έδαφος είχαν μεγαλύτερο πληθυσμό από το συμβατικό, το οποίο συμφωνεί με άλλες μελέτες, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Η διαφορά στις κοινότητες των τριών αμπελώνων μπορεί να ερμηνευθεί ως αποτέλεσμα της ανομοιομορφίας των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφών και της διαφοροποίησης στη διαχείριση του εδάφους και τις καλλιεργητικές πρακτικές των συστημάτων παραγωγής, σε συνδυασμό με την επίδραση του κλίματος και ειδικότερα:

A) Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία που αποτελεί τη μόνη ιδιότητα που διαφοροποιεί τα εδάφη (πίνακας 2.2) θα μπορούσε να επηρεάσει τους γαιοσκώληκες αφού είναι γνωστό (Péres et al. 1998, Kotcon 2011, Huerta et al. 2012, Baldivieso-Freitas et al. 2018, Castro et al. 2019) ότι, εδάφη με μεγαλύτερο ποσοστό σε οργανική ουσία κατοικούνται από περισσότερα είδη. Πάραυτα, τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η οργανική ουσία δεν έχει επίδραση στον αριθμό των ειδών διότι το βιολογικό και εγκαταλελειμμένο έδαφος με το μεγαλύτερο και μικρότερο ποσοστό οργανικής ουσίας είχαν περισσότερα είδη από το συμβατικό με ενδιάμεσο ποσοστό. Άρα η οργανική ουσία είναι ήσσονος σημασίας για την περίπτωση μας.

B) Η μειωμένη χρήση αγροχημικών. Μεταξύ των αμπελώνων η χρήση αγροχημικών ήταν πιο έντονη στην περίπτωση του συμβατικού αμπελώνα όπου έλαβαν χώρα έξι επεμβάσεις με μυκητοκτόνα και εντομοκτόνα στο διάστημα της μελέτης, ενώ στο βιολογικό έγινε μόνο μια επέμβαση ανά καλλιεργητική περίοδο με βρέξιμο θείο ή οξυχλωριούχο χαλκό (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.1). Φυσικά στον εγκαταλελειμμένο αμπελώνα δεν έγινε καμία χρήση αγροχημικών. Η βιβλιογραφία αναφέρει ότι η μακρόχρονη χρήση φυτοπροστατευτικών ουσιών στους αμπελώνες έχει αρνητικές επιπτώσεις στους γαιοσκώληκες, όπως μείωση των πληθυσμών και παρεμπόδιση της δραστηριότητας τους (Curry 1998, Paoletti et al. 1998, Helling et al. 2000, Eijsackers et al. 2005, Schreck et al. 2008).

Γ) Διαχείριση ζιζανίων και ένταση εδαφοκατεργασίας. Στο συμβατικό αμπελώνα, εκτός από το ότι έγινε όργωμα με αναστροφή του εδάφους δύο φορές συνολικά (διάγραμμα Π.2.9, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.7), κάθε χρόνο εφαρμόζετο χημική ζιζανιοκτονία με glyphosate. Αντίθετα, στον βιολογικό τα ζιζάνια είχαν ρόλο πράσινης εδαφοκάλυψης και συνολικά εφαρμόστηκαν 6 ελαφρές μηχανικές επεμβάσεις στους διαδρόμους με σκοπό την ενσωμάτωση των κληματίδων και την διευκόλυνση της διακίνησης (διάγραμμα Π.2.8, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.6). Καμία επέμβαση στην αυτοφυή βλάστηση δεν έγινε στον φυσικό – εγκαταλελειμμένο αμπελώνα (διάγραμμα Π.2.10, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.8). Οι περισσότερες μελέτες συμφωνούν ότι η εντατική εδαφοκατεργασία προκαλεί άμεσες και έμμεσες αρνητικές επιπτώσεις στους γαιοσκώληκες διότι τους τραυματίζει και τους θανατώνει και εκθέτει τον πληθυσμό στα αρπακτικά (Ernst et al. 2009, van Capelle et al. 2012, Pelosi et al. 2014, Briones et al. 2017). Ειδικά η πληθυσμιακή πυκνότητα μπορεί να μειωθεί ως 70% (Boström 1995, Curry 1998, Pfiffner et al. 2007). Ομοίως, η χρήση

χημικών ζιζανιοκτόνων επηρεάζει αρνητικά τους γαιοσκώληκες (Bilalis et al. 2001, Kumar et al. 2018) άμεσα και έμμεσα, μέσω της καταστροφής της φυσικής βλάστησης (Baker 1998b, Schreck et al. 2012, Briones et al. 2017). Άλλες εναλλακτικές ήπιες λύσεις, όπως η κάλυψη του εδάφους με κατάλληλη ενδιάμεση καλλιέργεια (Rothwell et al. 2011), η ακατεργασία και η διατήρηση των φυτικών υπολειμμάτων ως την επόμενη σπορά (Beare et al. 1995, Baker 1998b, Fonte et al. 2009, Rothwell et al. 2011) θεωρούνται περισσότερο ωφέλιμες για τους πληθυσμούς, τον αριθμό των ειδών και για το οικοσύστημα, όπως αποδείχθηκε στην παρούσα έρευνα. Η φυτοκάλυψη δημιουργεί το κατάλληλο μικροκλίμα με την καλύτερη συντήρηση της υγρασίας την περίοδο της ανάπτυξης και την μικρότερη απώλεια θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος (Schreck et al. 2012).

Δ) Ποικιλότητα της φυσικής βλάστησης. Στο συμβατικό αμπελώνα αναγνωρίστηκαν πολύ λιγότερα είδη αυτοφυών φυτών από τον βιολογικό (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ 2.6.A και 2.7.A) διότι γινόταν προσπάθεια να εξαλειφθούν τα ζιζάνια, αντίθετα από τον βιολογικό αμπελώνα όπου ο επιθυμητός στόχος ήταν να αναπτυχθεί και να συντηρηθεί η φυσική βλάστηση. Για το σκοπό αυτό είχε γίνει σπορά επιθυμητών ειδών (βίκου) μέσα στον αμπελώνα και έκτοτε η βλάστηση αφηνόταν να αναπτυχθεί ως επίστρωμα. Η ίδια κατάσταση χαρακτήριζε τον εγκαταλελειμμένο αμπελώνα, μόνο που εκεί δεν ασκείτο κάποια ενισχυτική επέμβαση. Τελικά, η φυτική εδαφοκάλυψη στον αμπελώνα αυτό φάνηκε ότι είχε μικρή βιομάζα αλλά πολύ μεγαλύτερη βιοποικιλότητα από τον βιολογικό αμπελώνα (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.8.A). Η θετική σχέση μεταξύ της χλωριδικής ποικιλότητας και της πυκνότητας των γαιοσκωλήκων επιβεβαιώθηκε από τους Buchholz et al. (2017) στην Αυστρία. Οι Meissner et al. (2019), στη Γερμανία, επέλεξαν ένα μίγμα σπόρων για ενδιάμεση καλλιέργεια με μεγάλη ποικιλότητα φυτικών ειδών για τη διαχείριση των διαδρόμων των αμπελώνων τους, αποβλέποντας σε πιο ισορροπημένα ριζικά εκκρίματα, μακρόχρονη εξάλειψη της εποχικότητας, καλύτερη αρχιτεκτονική ριζών, αποτελεσματικότερη αξιοποίηση και συγκράτηση των θρεπτικών και περισσότερα καταφύγια στο έδαφος για γαιοσκώληκες.

### 2.5.B.3 Συμπεράσματα για τους πληθυσμούς γαιοσκωλήκων των Σπάτων

1. Ο αριθμός των ειδών στους αμπελώνες της περιοχής εξαρτάται από το σύστημα καλλιέργειας και είναι μεγαλύτερος στα φυσικά και με βιολογική καλλιέργεια εδάφη, σε σχέση με τα συμβατικά.
2. Οι πληθυσμιακές πυκνότητες των γαιοσκωλήκων κατά τους μήνες της αξιόλογης δραστηριότητας τους μεταβλήθηκαν σημαντικά από έτος σε έτος σε όλα τα συστήματα διαχείρισης.
3. Οι πληθυσμιακές πυκνότητες των γαιοσκωλήκων του βιολογικού και εγκαταλελειμμένου-φυσικού αμπελώνα δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους ενώ ήταν σημαντικά πιο υψηλές σε σχέση με τον συμβατικό αμπελώνα.
4. Η δραστήρια περίοδος για τους πληθυσμούς γαιοσκωλήκων στα Σπάτα είναι αρκετά περιορισμένη και διαρκεί από τον Οκτώβριο ή Νοέμβριο ως τον Μάρτιο ή Απρίλιο. Η περίοδος αυτή επιμηκύνθηκε κατά ένα μήνα στο συμβατικό αμπελώνα ως αποτέλεσμα της μειωμένης εξατμισοδιαπνοής και της επίδρασης στο εδαφικό μικροκλίμα λόγω εξάλειψης των ζιζανίων.

## 2.5 Συζήτηση

### 2.5.Γ Περιοχή μελέτης: Νεμέα

#### 2.5.Γ.1 Γαιοσκώληκες

##### *Είδη γαιοσκωλήκων*

Στη Νεμέα υπήρχαν δύο σημαντικά είδη ως προς την αφθονία και την συχνότητα τους, το ανοδικό *O. complanatus* και το ενδόγειο *A. rosea*. Το τελευταίο στο βιολογικό αμπελώνα καταγράφηκε σε 17 δειγματοληψίες επί συνόλου 27 και μάλιστα κατά τους μήνες που ο συνολικός πληθυσμός απέκτησε τη μέγιστη τιμή του (Μάρτιο, Απρίλιο και Οκτώβριο 2016 καθώς και τον Ιανουάριο και Νοέμβριο 2017) συμμετείχε με το μεγαλύτερο ποσοστό στον πληθυσμό. Τα υπόλοιπα είδη βρέθηκαν σποραδικά και σε χαμηλές πυκνότητες.

Στη Νεμέα καταγράφηκαν τα υποείδη *A. caliginosa caliginosa* και *A. caliginosa trapezoides* που είναι πολύ κοινά ενδόγεια υποείδη με παλαιοαρκτική



καταγωγή και διασπορά σε όλο τον κόσμο. Το δεύτερο υποείδος είναι πιο μεγάλο και πιο έντονα χρωματισμένο καστανό, αντίθετα από το πρώτο που είναι κατά βάση άχρωμο με μικρή καστανή περιοχή στο νότιο του προσθίου μέρους. Το είδος *A. caliginosa* είναι μετρίου μεγέθους με μήκος 50 – 180mm και διάμετρο 2 - 4mm. Έχει αναφερθεί ως το κυρίαρχο είδος σε αμπελώνες της Αυστρίας (Buchholz et al. 2017) με πυκνότητες  $78,6 \pm 89,6$  και  $24,5 \pm 63,7$  άτομα  $m^{-2}$  σε μηχανικά καλλιεργούμενους και με ενδιάμεση καλλιέργεια αμπελώνες, αντίστοιχα. Συνήθως βρίσκεται παντού όπου υπάρχουν ανθρώπινες παρεμβάσεις στα εδάφη. Σε λειμώνες, κήπους, δάση, ακόμα και χαμηλής γονιμότητας (Csuzdi et al. 2003).

Το υποείδος *A. caliginosa trapezoides* έχει καταγραφεί σε συμβατικούς και βιολογικούς αμπελώνες στην Ισπανία (Castro et al. 2019) και σε αμπελώνες της Αυστρίας (Buchholz et al. 2017) με πυκνότητες  $1,0 \pm 5,1$  και  $0,5 \pm 3,6$  άτομα  $m^{-2}$  σε μηχανικά καλλιεργούμενους και με ενδιάμεση καλλιέργεια αμπελώνες, αντίστοιχα. Το είδος *A. caliginosa*, χωρίς λεπτομερέστερο προσδιορισμό, έχει καταγραφεί από τους Gavinelli et al. (2018) σε πολλούς αμπελώνες της Β. Ιταλίας και γειτονικών χωρών (Σλοβενίας, Κροατίας και Ελβετίας) με πυκνότητες που κυμαίνονται ευρέως από 0,1 ως 71,9 άτομα  $m^{-2}$ , από τους Pérés et al. (1998) στη Γαλλία και από τους Paoletti et al. (1998) στην Β. Ιταλία με πληθυσμούς  $4,4 \pm 1,4$  και  $0,8 \pm 0,5$  άτομα  $m^{-2}$  σε μηχανικά καλλιεργημένους και μη αμπελώνες.

Το επίγειο είδος *D. olympiaca* είναι αρκετά συχνό στα εδάφη της Πελοποννήσου. Επίσης βρέθηκε στην Κεφαλονιά, στη Νάξο και στην Κρήτη και κατά τη δική μας επισκόπηση σε περιοχές της Αττικής. Πρόκειται για ένα ενδημικό της Ελλάδας είδος γαιοσκώληκα και δεν υπάρχουν αναφορές για την παρουσία του σε αμπελώνες εκτός Ελλάδας. Είναι μετρίου μεγέθους και έχει έντονο καστανοκόκκινο χρώμα. Αν και αναφέρεται ως επίγειο είδος και θα έπρεπε να διαβιεί κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, στην παρούσα μελέτη εντοπίστηκε μέσα στο ανόργανο έδαφος, συνήθως ως βάθος 10cm αλλά και βαθύτερα κατά τον Φεβρουάριο 2017, που ήταν πολύ ψυχρός μήνας, προφανώς σε μια προσπάθεια να προστατευθεί από το ψύχος.

Η παρουσία του είδους *M. minuscula* διαφοροποίησε τα 2 συστήματα παραγωγής ως προς τον αριθμό των ειδών που περιλαμβάνουν, δίνοντας υπεροχή στο βιολογικό ως προς την ικανότητα του να διατηρεί την ποικιλότητα της εδαφώβιας

πανίδας. Καθόσον γνωρίζουμε, δεν έχει αναφερθεί σε αμπελώνες πέραν της παρούσας μελέτης.

#### *Πληθυσμιακή διακύμανση*

Η περίοδος αδράνειας των γαιοσκωλήκων καθορίζεται όχι μόνο από τις κλιματικές επιδράσεις αλλά και από την επίδραση της άρδευσης. Στον βιολογικό αμπελώνα η δραστηριότητα κατά το διάστημα Απρίλιος ή Μάιος έως τον Ιούλιο περιορίστηκε πάρα πολύ αλλά αυξήθηκε αργότερα, ενώ στο συμβατικό οι πληθυσμοί ήταν μηδενικοί από τον Μάιο ως τον Αύγουστο για το 2016 και ως το Νοέμβριο για το 2017. Η πρόωρη διακοπή της αδρανούς περιόδου στον βιολογικό αμπελώνα, σε σχέση με ότι αναμένεται υπό την επίδραση του κλίματος (η περίοδος με υγρασιακό έλλειμμα υπολογίστηκε από τον Απρίλιο ως αρχές Σεπτεμβρίου), δικαιολογείται από την άφθονη άρδευση και τα δύο καλοκαίρια, ιδιαίτερα κατά το δεύτερο μισό του καλοκαιριού. Στο συμβατικό αμπελώνα κατά την πρώτη περίοδο αδράνειας (2016) εφαρμόστηκε μεν άρδευση αλλά όμως αυτή ξεκίνησε πολύ αργά (από τον Ιούλιο και μετά) και το διάστημα καθυστέρησης ως προς τον βιολογικό αμπελώνα ήταν σχεδόν ένας μήνας, γεγονός που δικαιολογεί τον μηδενικό πληθυσμό. Κατά την δεύτερη περίοδο δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση. Εκείνη την χρονιά το φθινόπωρο ήταν πολύ ξηρό. Ο Αύγουστος 2017 δέχθηκε 3,2mm βροχής, έναντι του μέσου της δεκαετίας (4,4mm), ο Σεπτέμβριος δέχθηκε μόνο 13,8mm, έναντι 54mm και ο Οκτώβριος 16,6 με μέσο της δεκαετίας 58,9mm. Επιπλέον, εφαρμόστηκαν φρεζάρισμα και άλλες ελαφρότερες μηχανικές επεμβάσεις στο έδαφος, οι οποίες δεν σταμάτησαν ακόμα και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.1 και ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.11, διάγραμμα Π.2.14), ώστε το έδαφος εκτίθετο στον ήλιο και ξηραίνετο στο επιφανειακό του στρώμα. Ως αποτέλεσμα το διάστημα της αδράνειας επιμηκύνθηκε ως τον Νοέμβριο. Τα παραπάνω περιγράφουν τη δραματική εξάρτηση των γαιοσκωλήκων από το κλίμα της περιοχής και τη στενή συσχέτιση με την υγρασία και τις καλλιεργητικές ενέργειες.

Οι μέσοι ολικοί πληθυσμοί γαιοσκωλήκων στους αμπελώνες της Νεμέας ( $38,6 \pm 4,2$  στο βιολογικό και  $5,2 \pm 1,0$  στο συμβατικό), καθώς και οι μέσοι ολικοί πληθυσμοί κατά τους μήνες της μεγάλης δραστηριότητας ( $51,6 \pm 3,9$  και  $7,3 \pm 3,9$  αντίστοιχα), κυμάνθηκαν μέσα στα όρια που έχουν αναφερθεί από άλλες μελέτες σε βιολογικούς και συμβατικούς αμπελώνες της Μεσογείου (Paoletti et al. 1998, Coll et al. 2011, Fragoulis et al. 2011, Schreck et al. 2012, Gavinelli et al. 2018) και είναι

συγκρίσιμοι με τα στοιχεία που δημοσιεύθηκαν από τους Vavoulidou et al. (2021) που αφορούν μέσο όρο πολλών μετρήσεων σε ελληνικούς αμπελώνες, οι οποίοι υπολόγισαν ότι σε βιολογικούς αμπελώνες οι πληθυσμοί ανέρχονται σε  $52 \pm 23$  άτομα  $m^{-2}$  και σε συμβατικούς σε  $16 \pm 9$ .

Η καταφανής μείωση του πληθυσμού κατά την τρίτη περίοδο δραστηριότητας σε αμφοτέρους τους αμπελώνες (διαγράμματα 2.11 και 2.13), η οποία επιβεβαιώθηκε από τη στατιστική ανάλυση, δεν οφείλεται σε κάποια επέμβαση των παραγωγών όπως δηλώθηκαν στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.1, ούτε σε χειρισμούς που αφορούν τη διαχείριση της βλάστησης (διαγράμματα Π.13 και Π.14) διότι αυτές ήταν παρόμοιες με την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο. Κατά πάσα πιθανότητα η δριμύτητα του χειμώνα 2016-2017 επιβράδυνε ή ανέστειλε την αναπαραγωγή και την δημιουργία νεαρών, όπως φαίνεται από τα ραβδογράμματα 2.12 και 2.14. Αυτές οι επιπτώσεις πιθανώς να επιδεινώθηκαν από τις ασυνήθιστα ξηρές συνθήκες που επεκράτησαν το φθινόπωρο του 2017.

Αξίζει επίσης να σχολιασθούν οι επιπτώσεις των ασυνήθιστα ακραίων συνθηκών του χειμώνα 2016-2017 στις κοινότητες των γαιοσκωλήκων κατά την ίδια χρονιά. Κατά το Δεκέμβριο επεκράτησαν πολύ ξηρές και ψυχρές συνθήκες (ύψος κατακρημνισμάτων 38,6mm και μέση θερμοκρασία αέρα 5,2°C) που απέκλιναν από τον μέσο της δεκαετίας για το μήνα αυτό (86,2mm βροχής και 7,8°C) και οι πληθυσμοί ήταν πολύ χαμηλοί σε αμφοτέρα τα εδάφη. Στη συνέχεια οι πληθυσμοί ανέκαμψαν ώστε, εκείνο τον χειμώνα διακρίνουμε δύο μέγιστα, ένα τον Οκτώβριο και ένα τον Ιανουάριο (διάγραμμα 2.11). Η παρατήρηση αυτή δηλώνει ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες δεν ήταν θανατηφόρες για τους γαιοσκώληκες οι οποίοι τις πολύ ψυχρές ημέρες μάλλον ήταν προστατευμένοι σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Τα δύο κυρίαρχα είδη γαιοσκωλήκων συμμετείχαν εξίσου στον πληθυσμό πριν και μετά τα ακραία χειμερινά φαινόμενα του 2017. Το είδος *A. rosea*, ως ενδόγειο είδος, δεν εκτίθεται στις μεταβολές του περιβάλλοντος αφού μένει πάντα μέσα στο έδαφος σε αντίθεση με το ανοδικό *O. complanatus*.

Ως προς τον βιολογικό κύκλο των δύο ειδών γαιοσκωλήκων αξίζει να αναφερθεί ότι το ανοδικό *O. complanatus* έχει βιολογικό κύκλο που διαρκεί το λιγότερο 7 μήνες (2 για την επώαση και 5 για την ανάπτυξη στους 20°C) (Monroy et al. 2007) και η διάρκεια της ενεργής περιόδου στη Νεμέα (Σεπτέμβριος – Απρίλιος) μόλις που αρκεί υπό άριστες συνθήκες. Το ενδόγειο είδος *A. rosea*, όχι μόνο ζει

προστατευμένο μέσα στο έδαφος αλλά έχει και μικρότερο βιολογικό κύκλο, δηλαδή χρειάζεται περίπου ένα μήνα για την επώαση στους 20°C (Holmstrup 1999) και 50 – 60 ημέρες για την ανάπτυξη (Edwards et al. 1996). Στην πραγματικότητα και υπό συνθήκες αγρού ο κύκλος ζωής των παραπάνω ειδών αναμένεται να είναι πιο μεγάλος λόγω των χαμηλών νυκτερινών θερμοκρασιών.

Ως προς τη σύγκριση των δύο τρόπων εξαγωγής από τα διαφορετικά επίπεδα του εδάφους κάνουμε τον ίδιο σχολιασμό όπως και στα Σπάτα.

Οι πληθυσμοί απαρτίζονται πρωτίστως από ατελή άτομα, όπως αναμένεται για τα μακρόβια ασπόνδυλα (*O. complanatus* και *A. rosea*). Επειδή οι κατεργασίες του εδάφους με μηχανικά μέσα έλαβαν χώρα προς το τέλος της περιόδου δραστηριότητας (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.1), αφού είχε μειωθεί ο πληθυσμός των γαιοσκωλήκων αισθητά, δεν μπορούμε να εκτιμήσουμε την επίδραση τους στα ακμαία και τα ατελή άτομα του πληθυσμού.

#### **2.5.Γ.2 Σύγκριση των δύο συστημάτων καλλιέργειας στη Νεμέα**

Τα 2 συστήματα που εξετάστηκαν στη Νεμέα βρέθηκε να διαφέρουν ως προς τη διάρκεια της αδράνειας των γαιοσκωλήκων, τον αριθμό των ειδών και τον πληθυσμό τους. Το πρώτο ζήτημα έχει συζητηθεί στην προηγούμενη παράγραφο. Ως προς τον αριθμό των ειδών και στην περίπτωση της Νεμέας το βιολογικό υπερείχε του συμβατικού κατά ένα είδος, που είναι αναμενόμενο, σύμφωνα με όσα συζητήθηκαν στην παράγραφο 2.5.B.2 (Σπάτα). Ως προς τους πληθυσμούς, η στατιστική ανάλυση έδειξε σημαντική διαφορά με το μέσο του βιολογικού να είναι ανώτερος του συμβατικού στο συνολικό χρόνο όπως και κατά την περίοδο της μεγάλης δραστηριότητας.

Η διαφορά αυτή δεν οφείλεται στις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους, οι οποίες είναι είτε ίδιες είτε παρόμοιες (πίνακας 2.3), ούτε στην επίδραση των καιρικών φαινομένων, αφού οι αμπελώνες βρίσκονταν πολύ κοντά μεταξύ τους. Επίσης το πλείστον των καλλιεργητικών φροντίδων ήταν παρόμοιο στα δύο κτήματα (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.1), με εξαίρεση την φυτοπροστασία, λίπανση και άρδευση.

A) Φυτοπροστασία. Σε αμφοτέρους τους αμπελώνες έλαβαν χώρα αρκετές επεμβάσεις για τον έλεγχο των μυκητολογικών ασθενειών, όμως, στο συμβατικό

αμπελώνα χρησιμοποιήθηκαν συμβατικά αγροχημικά, αντίθετα από το βιολογικό όπου χρησιμοποιήθηκαν ουσίες με βάση το χαλκό και το θείο.

Αν και κατά κανόνα η φυτοπροστασία ασκείται την περίοδο της βλάστησης όταν οι γαιοσκώληκες είναι σε περιορισμένη δραστηριότητα, τα υπολείμματα των αγροχημικών παραμένουν στο έδαφος επί πολλά χρόνια και δεσμεύονται εκεί (Eijsackers et al. 2005, Udovic et al. 2010), ιδίως όταν υπάρχει μεγάλη περιεκτικότητα σε άργιλο (Wightwick et al., 2006), όπως στα εδάφη των αμπελώνων της μελέτης.

Για τον έλεγχο των ζιζανίων στο συμβατικό αμπελώνα ασκήθηκε συνδυασμός χημικών επεμβάσεων και μηχανικής καλλιέργειας και στο βιολογικό μόνο μηχανική καλλιέργεια (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.1). Από την βιβλιογραφία άλλοτε πληροφορούμαστε ότι τα ζιζανιοκτόνα επιδρούν στη διατροφική συμπεριφορά των γαιοσκωλήκων μειώνοντας το βάρος τους, τον πληθυσμό και την αναπαραγωγή (Zarea et al. 2012, Kumar et al. 2018) και άλλοτε (Αυστρία, αμμώδη εδάφη) ότι δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ μηχανικής και χημικής επέμβασης (Zaller et al. 2018).

Ειδικά η ουσία glyphosate, που ήταν η κύρια ουσία που χρησιμοποιήθηκε στο συμβατικό αμπελώνα, έχει μελετηθεί αρκετά λόγω της ευρείας χρήσης της. Τα ευρήματα των μελετών είναι αντιφατικά. Οι περισσότερες αναφέρουν ότι δεν υπάρχει καθόλου αρνητική επίδραση, αλλά μάλλον θετική κάποιες φορές (Zarea et al. 2012, Briones et al. 2017) και αρκετές αναφέρουν ότι ακόμα και σε χαμηλότερες δόσεις από τις συνιστώμενες παρατηρείται μείωση του ρυθμού ανάπτυξης, του βάρους, των κοπρολυμάτων που δημιουργούνται και της αναπαραγωγής (αριθμός βομβυκίων, διάρκεια επώασης, εκκολαψιμότητα) (Gaupp-Berghausen et al. 2015), διάρρηξη της εφυμενίδας και επιδερμίδας και καταστροφή των ιστών (Samal et al. 2019). Κάποια είδη γαιοσκωλήκων έχασαν βάρος ή απομακρύνθηκαν από το σημείο εφαρμογής του glyphosate, όταν τους δόθηκε η δυνατότητα επιλογής (διαδίκτυο 2.3). Όπως φαίνεται η ουσία glyphosate παρουσιάζει διαφορετική επίδραση ανάλογα με τα είδη των γαιοσκωλήκων και τις συνθήκες περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένου του εδάφους.

B) Λίπανση. Ο βιολογικός αμπελώνας δέχθηκε χλωρή λίπανση με σπορά βίκου τον Οκτώβριο 2016 και ενσωμάτωση τον Απρίλιο 2017 (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.1). Η χλωρή λίπανση έχει πολύ ευεργετική επίδραση στους πληθυσμούς γαιοσκωλήκων διότι τους τροφοδοτεί με τροφή και βελτιώνει το εδαφικό σύστημα μέσω των ριζών

(Birkhofer et al. 2011). Στο συμβατικό αμπελώνα εφαρμοζόταν βασική λίπανση σε κάθε περίοδο φυτικού λήθαργου με διάφορα ανόργανα λιπάσματα, πολλά εξ αυτών στη βάση των φυτών, επί της γραμμής δειγματοληψίας.

Γενικά η λίπανση, ακόμα και η ανόργανη, έχει θετικά αποτελέσματα στους γαιοσκώληκες, αν δεν είναι υπερβολική, μέσω της ρύθμισης του pH και των θετικών επιδράσεων στη βλάστηση (Edwards et al. 1996), αλλά αυτό εξαρτάται από τον τύπο του λιπάσματος και του εδάφους. Τα νιτρικά λιπάσματα από τα αζωτούχα, το υπερφωσφορικό και το ασβέστιο σχετίστηκαν θετικά με τους πληθυσμούς γαιοσκωλήκων (Edwards et al. 1996, Schon et al. 2019). Κάποια λιπάσματα μπορεί να είναι τοξικά, όπως η ουρία και τα αμμωνιακά (Samal et al. 2019) και κάποια προκαλούν υπερβολική οξύνιση των εδαφών, όπως η θειική αμμωνία (Edwards et al. 1996) και δρουν αρνητικά στους πληθυσμούς.

Γ) Άρδευση. Ο βιολογικός αμπελώνας δεχόταν συστηματική και επιμελημένη άρδευση κάθε θερινή περίοδο (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.1) ενώ ο συμβατικός αρδεύτηκε μόνο το πρώτο θέρος και μάλιστα καθυστερημένα (ξεκινώντας περί τα μέσα του καλοκαιριού) και δεν αρδεύτηκε το δεύτερο καλοκαίρι. Οι πιθανές επιπτώσεις στους πληθυσμούς έχουν συζητηθεί πιο πριν (§ 2.5.Γ.1 Πληθυσμιακή διακύμανση).

Τα αποτελέσματα της μελέτης συμφωνούν με τους Castro et al. (2019) στην Ισπανία και Meissner et al. (2019) στη Γερμανία που συμπέραναν ότι οι οργανικές (και βιοδυναμικές) πρακτικές είναι ευεργετικές για τους πληθυσμούς των γαιοσκωλήκων και διαφοροποιούνται από τα αποτελέσματα των Coll et al. (2011) στην Γαλλία οι οποίοι κατέγραψαν αρνητικές επιδράσεις οφειλόμενες κυρίως στην συμπίεση του εδάφους λόγω συχνής μετακίνησης των εργατών και μηχανημάτων στους οργανικούς αμπελώνες.

### **2.5.Γ.3 Συμπεράσματα για τους πληθυσμούς γαιοσκωλήκων της Νεμέας**

1. Ο αριθμός των ειδών γαιοσκωλήκων και η πληθυσμιακή τους πυκνότητα στους αμπελώνες της περιοχής εξαρτάται από το σύστημα καλλιέργειας και είναι μεγαλύτερα στους βιολογικούς σε σχέση με τους συμβατικούς αμπελώνες.
2. Ο πληθυσμός των γαιοσκωλήκων παρουσίασε σημαντική μεταβολή μεταξύ των ετών σε αμφότερα τα συστήματα παραγωγής.

3. Η περίοδος ενεργούς δραστηριότητας των γαιοσκωλήκων στη Νεμέα διαρκεί υπό φυσικές συνθήκες από τον Σεπτέμβριο ως τον Απρίλιο - Μάιο.
4. Η εφαρμογή συστηματικής άρδευσης στους παραγωγικούς αμπελώνες προκαλεί την παραμονή ενός μικρού μέρους του πληθυσμού σε ενεργή κατάσταση καθ' όλη την ξηρή περίοδο.

## 2.6 Σύγκριση των πληθυσμών γαιοσκωλήκων των τριών περιοχών

Ανάμεσα στις 3 περιοχές της μελέτης η Πάρνηθα διαχωρίζεται από τις άλλες δύο διότι είναι πολύ ανόμοια από αυτές σε πληθώρα παραμέτρων. Ο κύριος παράγοντας που διαμόρφωσε τους πληθυσμούς στην Πάρνηθα ήταν το μεγάλο υψόμετρο που δημιουργεί περιβαλλοντικές συνθήκες πολύ διαφορετικές από τις πεδινές περιοχές. Το υψόμετρο γενικά επηρεάζει αρνητικά τους πληθυσμούς των γαιοσκωλήκων μέσω του κλίματος, το οποίο χαρακτηρίζεται από ακραίες θερμοκρασίες, μεγαλύτερη βροχόπτωση και ένταση ακτινοβολίας, μέσω της βλάστησης που είναι πολλές φορές εφήμερη και περιορισμένη ή αποτελείται από αμιγή δάση και μέσω του εδάφους που σε πολλές περιοχές είναι ρηχό λόγω των μεγάλων κλίσεων και της διάβρωσης ώστε μειώνεται τη δυνατότητα διάπαισης και διαθερισμού (Curry 1998, Salomé et al. 2011). Ως προς τις πληθυσμιακές πυκνότητες αναφέρουμε ενδεικτικά τις εργασίες των Salomé et al. (2011) στη Σουηδία, οι οποίοι βρήκαν ότι οι πληθυσμοί των γαιοσκωλήκων μειώνονται όσο ανερχόμαστε από λοφώδεις περιοχές, με υψόμετρο 350μ. προς αλπικές, ως 2.500μ., όπου δεν βρήκαν γαιοσκωλήκες. Αντίθετα, οι Steinwandter et al. (2017) κατέγραψαν μεγάλες πυκνότητες πληθυσμών στις Αυστριακές Άλπεις (μέση ετήσια θερμοκρασία 2,4°C, μέση ετήσια βροχόπτωση 1.100-1.750mm, υψόμετρο 1.860 – 2.000 μέτρα) σε λειμώνες και βοσκότοπους με ή χωρίς διαχείριση από  $115,2 \pm 41,5$  (μέσος  $\pm$  τυπική απόκλιση) ως  $152,6 \pm 75,3$  άτομα  $m^{-2}$ .

Συγκρίνοντας τις 2 περιοχές αμπελοκαλλιέργειας, Σπάτα και Νεμέα, παρατηρούμε ότι η Νεμέα είναι πιο πλούσια σε είδη γαιοσκωλήκων (6 είδη και υποείδη) σε σχέση με τα Σπάτα (4 είδη). Και στις 2 περιοχές κυρίαρχο είδος είναι το ανοδικό γηγενές *O. complanatus*. Στην Νεμέα αναπτύχθηκε εύρωστος πληθυσμός από 1 ακόμα είδος, το επίσης γηγενές *A. rosea*, ενώ στα Σπάτα όλα τα υπόλοιπα είδη εμφανίζονται τυχαία και με πολύ χαμηλή συχνότητα.

Αν και είναι δύσκολο να γίνουν συγκρίσεις διότι η διαχείριση των αμπελώνων διέφερε ακόμα και μέσα στο ίδιο σύστημα στις δύο περιοχές, πχ ως προς την άρδευση, ζιζανιοκτονία, λίπανση κ.ά., το μέγεθος των διαφορών μας επιτρέπει να βγάλουμε το συμπέρασμα ότι ως προς τις πληθυσμιακές πυκνότητες η Νεμέα ήταν καλύτερη από τα Σπάτα στον βιολογικό αμπελώνα ενώ το αντίθετο συνέβηκε στο συμβατικό.

Το ευνοϊκότερο κλίμα της Νεμέας που χαρακτηρίζεται από υψηλότερη υγρασία (μέσο ύψος βροχής 618mm έναντι 516mm των Σπάτων, μακρύτερη διάρκεια υγρής περιόδου κατά ένα μήνα περίπου) και πιο δροσερή ατμόσφαιρα (μέση ετήσια θερμοκρασία 15,8°C έναντι 18,3°C των Σπάτων), μαζί με το πιο γόνιμο, αργιλώδες έδαφος, συνεπικουρούμενα από τις καλές γεωργικές πρακτικές που ασκήθηκαν στο βιολογικό αμπελώνα (άφθονη και συστηματική άρδευση, ενσωμάτωση των ζιζανίων και της χλωρής λίπανσης με ελαφριά και επιφανειακή κατεργασία) είχαν ως αποτέλεσμα τον σημαντικά μεγαλύτερο πληθυσμό γαιοσκωλήκων στο βιολογικό κτήμα της Νεμέας σε σχέση με αυτό των Σπάτων. Το αργιλώδες έδαφος της Νεμέας, αν και δημιουργεί δυσκολίες στη διάνοιξη των στοών και δυσκολεύει τη μετακίνηση (Lindahl et al. 2009), συγκρατεί περισσότερο νερό, διατηρεί την υγρασία για μεγαλύτερο διάστημα, είναι πιο δροσερό και απαλό σε σχέση με πιο χονδρόκοκκα εδάφη, όπως το αμμοαργιλοπηλώδες των Σπάτων.

Στα συμβατικά κτήματα της μελέτης εφαρμόστηκαν παραπλήσιες καλλιεργητικές φροντίδες χωρίς να επισημανθεί κάποια ενέργεια που να δικαιολογεί απόκλιση από τα αποτελέσματα που προδιαγράφονται με βάση το κλίμα, δηλαδή μεγαλύτερο πληθυσμό στη Νεμέα σε σχέση με τα Σπάτα. Όμως, εκείνο που συνέβη τελικά υπό τη συμβατική διαχείριση ήταν αντίθετο από ότι αναμενόταν, δηλαδή η πληθυσμιακή πυκνότητα των γαιοσκωλήκων στη Νεμέα ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερη από τα Σπάτα. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στη χρήση των ζιζανιοκτόνων και φυτοφαρμάκων τα οποία επειδή εφαρμόζονταν συχνότερα στη Νεμέα λόγω του υγρού κλίματος, ήταν πιο επιζήμια στους γαιοσκώληκες σε σχέση με τα Σπάτα. Η υφή του εδάφους είναι γνωστό ότι επηρεάζει το ρυθμό διάσπασης και το χρόνο επίδρασης των αγροχημικών. Το βαρύ έδαφος της Νεμέας ενδέχεται να επιβράδυνε την διάσπαση των αγροχημικών και να εξασφάλισε την επαφή τους με τους γαιοσκώληκες για μεγαλύτερο χρόνο σε σχέση με τα Σπάτα.



Μπορούμε επομένως να συμπεράνουμε ότι στους βιολογικούς αμπελώνες οι υγρές και δροσερές συνθήκες της Νεμέας μαζί με το βαρύ και γόνιμο έδαφος της ευνοούν την ανάπτυξη μεγαλύτερων πληθυσμών και περισσότερων ειδών σε σχέση με τις ξηρές και θερμές συνθήκες και το μέσης σύστασης έδαφος των Σπάτων, ενώ στους συμβατικούς οι πληθυσμοί είναι μικρότεροι στη Νεμέα διότι εφαρμόζονται περισσότερα αγροχημικά λόγω του υγρού κλίματος.

## **2.7 Γενικά συμπεράσματα από τη μελέτη της εποχικής διακύμανσης των γαιοσκωλήκων σε διάφορα εδάφη και περιοχές**

1. Οι γαιοσκώληκες παρουσιάζουν μια περίοδο ενεργού δραστηριότητας μέσα στον ετήσιο κύκλο η οποία μεταβάλλεται με την περιοχή και ταυτίζεται με τους μήνες που δεν παρουσιάζουν έλλειμμα υγρασίας για τις γεωργικές δραστηριότητες. Αποκλείσεις από τον παραπάνω κανόνα μπορούν να παρουσιαστούν σε μικρό ποσοστό του πληθυσμού ως συνέπεια της άρδευσης ή για μικρό χρονικό διάστημα ως συνέπεια των καλλιεργητικών πρακτικών.
2. Μεταξύ διαδοχικών ετών παρατηρείται μεταβολή στο μέγιστο επίπεδο του πληθυσμού των γαιοσκωλήκων στον ίδιο αγρό και γενικότερα στη μέση μηνιαία πληθυσμιακή πυκνότητα, η οποία πιθανώς να οφείλεται στην επίδραση του καιρικών συμβάντων κατά το ίδιο έτος ή το προηγούμενο λόγω αρνητικής επίδρασης στην αναπαραγωγική απόδοση.
3. Οι κοινότητες των υψηλών ορέων είναι φτωχές σε αριθμό ειδών και πληθυσμιακή πυκνότητα λόγω των αντίξοων συνθηκών που προκαλούνται από την επίδραση του υψομέτρου στο κλίμα, έδαφος και φυτικά υπολείμματα, ενώ αυτό μπορεί να επιτείνεται σε περίπτωση πυρκαγιάς η οποία αναμένεται να έχει πολύ μακροχρόνιες αρνητικές συνέπειες.
4. Ο πλούτος των ειδών σε αμπελώνες εξαρτάται από την περιοχή και το σύστημα καλλιέργειας. Οι πιο υγρές περιοχές και με πιο γόνιμο έδαφος μπορούν να αναπτύξουν περισσότερα είδη. Τα επί μακρό χρόνο ακαλλιέργητα εδάφη και τα βιολογικά έχουν μεγαλύτερη ποικιλότητα γαιοσκωλήκων από τα καλλιεργούμενα με συμβατικό τρόπο.
5. Σε ένα έδαφος η πληθυσμιακή πυκνότητα των γαιοσκωλήκων έχει σημαντική θετική συσχέτιση με την υγρασία και αρνητική με την θερμοκρασία του.

6. Η πληθυσμιακή πυκνότητα του βιολογικού συστήματος είναι πιο υψηλή από του συμβατικού και ανώτερη είναι του εγκαταλελειμμένου – φυσικού εδάφους στην περιοχή του. Ως συνέπεια, στα βιολογικά συστήματα συμβαίνει εντατικότερη επεξεργασία των οργανικών συστατικών του εδάφους τους, αρτιότερη ανοργανοποίηση των περιεχόμενων θρεπτικών και καλύτερη διαθεσιμότητα τους στα φυτά.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

**Επίδραση της υδρολίπανσης των εδαφών με Υγρά  
Απόβλητα Ελαιουργείου (ΥΑΕ) στην ανάπτυξη του  
γαιοσκώληκα *Octodrilus complanatus***

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### Επίδραση της υδρολίπανσης των εδαφών με Υγρά Απόβλητα Ελαιουργείου (ΥΑΕ) στην ανάπτυξη του γαιοσκώληκα *Octodrilus complanatus*

#### 3.1 Εισαγωγή

Τα Υγρά Απόβλητα Ελαιουργείου (ΥΑΕ) είναι το υγρό στοιχείο που απομένει μετά την παραλαβή του ελαιολάδου και το διαχωρισμό του στερεού συστατικού, δηλαδή της ελαιοπυρήνας, στα τριφασικά φυγοκεντρικά και πιεστικά ελαιοτριβεία. Είναι σκουρόχρωμα λόγω των πολυφαινολών που διαλύονται μέσα από τη σάρκα του ελαιόκαρπου και έχουν πολύ έντονη οσμή λαδιού. Η προέλευση τους είναι οι χυμοί που περιέχονται στον καρπό της ελιάς και το νερό που προστίθεται στο ελαιουργείο κατά το πλύσιμο και τη σύνθλιψη του καρπού.

##### 3.1.1 Σύσταση των ΥΑΕ

Τα ΥΑΕ αποτελούν ένα αναπόφευκτο υπόλειμμα της διαδικασίας παραλαβής του ελαιολάδου. Χώρες όπως η Ελλάδα, με ετήσια παραγωγή 290.500 τόνους ελαιολάδου –στοιχεία 2019 από την ΕΣΤΑΤ (διαδίκτυο 3.1, Komnitsas et al. 2012)- 3<sup>η</sup> σε παγκόσμια κατάταξη, μετά την Ισπανία και την Ιταλία, επιφορτίζονται κάθε χρόνο με τεράστιες ποσότητες από το ρυπογόνο αυτό συστατικό, του οποίου ο όγκος καθορίζεται από τον τύπο του ελαιουργείου και είναι μεγαλύτερος στα φυγοκεντρικά τριφασικά ελαιοτριβεία που αποτελούν το πλείστον των ενεργών μονάδων σήμερα (Χατζηπαυλίδης 1999, διαδίκτυο 3.2). Συγκεκριμένα, από ένα τριφασικό ελαιοτριβείο αναμένεται να παραχθούν 0,6 κυβ. μέτρα ΥΑΕ (τόνο)<sup>-1</sup> ελαιόκαρπου και από ένα πιεστικού τύπου ελαιοτριβείο 0,45 κυβ. μέτρα (Lanza et al. 2017), διότι στα πρώτα προστίθεται νερό όχι μόνο κατά το πλύσιμο και τη σύνθλιψη του ελαιόκαρπου αλλά και για το αραίωμα της ελαιοζύμης με σκοπό να διαχωριστεί το λάδι από το φυγοκεντρική. Τα ΥΑΕ αποτελούν ρυπογόνο υλικό διότι κάποια από τα συστατικά τους έχουν ανεπιθύμητες ιδιότητες. Η σύσταση των ΥΑΕ επηρεάζεται ιδιαίτερα, μεταξύ άλλων, από την ποικιλία, το σύστημα καλλιέργειας, τις συνθήκες του περιβάλλοντος κατά την παραγωγική περίοδο, τη διάρκεια αποθήκευσης του ελαιόκαρπου πριν την εξαγωγή του ελαίου και τον τύπο του ελαιουργείου (πιεστικό, τριφασικό φυγοκεντρικό) (Aggoun et al. 2016, Sanchez-Hernandez et al. 2020).

Το εύρος διακύμανσης του κάθε συστατικού στη σύνθεση των ΥΑΕ (Χατζηπαυλίδης 1999, Komnitsas et al. 2012, Gebreyohannes et al. 2016, Magdich et al. 2016, La Scalia et al. 2017, Koutsos et al. 2018, Sanchez-Hernandez et al. 2020) δίνεται στον πίνακα 3.1.

**Πίνακας 3.1:** Σύσταση των ΥΑΕ φυγοκεντρικού ελαιουργείου (από διάφορες πηγές).

Συστατικό	Τιμή	Συστατικό	Τιμή
Νερό (%)	80 – 95	COD* (g l <sup>-1</sup> )	8 – 240
Οργανικά συστατικά (%)	3 – 16	BOD <sub>5</sub> ** (g l <sup>-1</sup> )	20 – 150
Ανόργανα συστατικά (%)	0,3 – 3	COD/ BOD <sub>5</sub>	2,5 – 7
Ολικό N (mg l <sup>-1</sup> )	270 - 640	pH	3 – 6
Ολικά στερεά (g l <sup>-1</sup> )	ως 20	Πολυφαινόλες (g l <sup>-1</sup> )	0,5 - 80
Αιωρούμενα στερεά (g l <sup>-1</sup> )	2,7 - 17	Λίπη-Έλαια (g l <sup>-1</sup> )	5 – 23

\* COD: η απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου για την ολική χημική οξείδωση του οργανικού φορτίου ενός λίτρου υγρού αποβλήτου ή λύματος (διαδίκτυο 3.3)

\*\* BOD<sub>5</sub>: η απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου (g) που αναλώνεται από μικροοργανισμούς σε διάστημα πέντε ημερών για την διάσπαση του οργανικού φορτίου ενός λίτρου υγρού αποβλήτου ή λύματος (διαδίκτυο 3.3)

Στα ανόργανα συστατικά των ΥΑΕ συγκαταλέγονται πολλά στοιχεία, όπως S, Cl, Cu, P, Fe, Mg, Zn, K, Na, Ca, Si. Από αυτά, αξιοσημείωτα υψηλή συγκέντρωση παρουσιάζει ο P και ιδιαίτερα το K (Χατζηπαυλίδης 1999). Από τα μεταλλικά στοιχεία, μόνο ο χαλκός έχει ανιχνευθεί σε συγκέντρωση που αγγίζει τα τοξικά επίπεδα. Στα οργανικά συστατικά συγκαταλέγονται σάκχαρα, πηκτίνες, τανίνες, αζωτούχες ενώσεις, οργανικά οξέα, πολυαλκοόλες, πολυφαινόλες, λίπη και έλαια (Χατζηπαυλίδης 1999, Μπλήκα 2009, Inglezakis et al. 2012). Μεγαλύτερη συγκέντρωση έχουν τα σάκχαρα (Χατζηπαυλίδης 1999).

### 3.1.2 Συνέπειες της διάθεσης των ΥΑΕ

Η σύσταση που παρουσιάζεται στον πίνακα 3.1 προσδίδει στα ΥΑΕ φυτοτοξικότητα που έχει αποδοθεί κυρίως στις πολυφαινόλες και τα λιπαρά οξέα (Χατζηπαυλίδης 1999, Magdich et al. 2016, Rusan et al. 2016). Στους ίδιους παράγοντες οφείλεται η μικροβιοκτόνος δράση των ΥΑΕ επί της μικροχλωρίδας του εδάφους και επομένως η καθυστέρηση στη βιολογική αποδόμησή τους (Χατζηπαυλίδης 1999, Rusan et al. 2016, Elhag et al. 2017).

Με την διάθεση των ΥΑΕ στο έδαφος επηρεάζονται οι φυσικοχημικές ιδιότητες του. Επίσης προκαλείται διαλυτοποίηση των βαρέων μετάλλων από το υπόστρωμα των αποδεκτών, οφειλόμενη κυρίως στην όξινη αντίδραση των ΥΑΕ (Χατζηπαυλίδης 1999, Aharonov-Nadborny et al. 2017). Επιπλέον αναμενόμενη είναι η αύξηση της αλατότητας του εδάφους (Aharonov-Nadborny et al. 2016, Chatzistathis et al. 2021). Λόγω της βαθιάς διείσδυσης του πλούσιου σε οργανικά συστατικά και χημικά στοιχεία αποβλήτου και της επιφανειακής απορροής μετά από βροχή, υπάρχει κίνδυνος τοξίνωσης των επιφανειακών ρεμάτων και ποταμών, ρύπανσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα με ουσίες όπως οι πολυφαινόλες, ακόμη και καταστροφή του υδάτινου οικοσυστήματος (Elhag et al. 2017). Με την διάθεση των ΥΑΕ σε ανοιχτές δεξαμενές συγκέντρωσης, καθώς και όταν γίνεται εφαρμογή μεγάλων ποσοτήτων στο έδαφος χωρίς να ακολουθείται από άμεση ενσωμάτωση με εδαφοκατεργασία αναπτύσσονται δυσάρεστες οσμές και προσελκύνονται ανεπιθύμητα έντομα (Χατζηπαυλίδης 1999, Koutsos et al. 2018). Για τους παραπάνω λόγους τα ΥΑΕ επιβάλλεται να συγκεντρώνονται σε στεγανές δεξαμενές κατασκευασμένες από τις ελαιουργικές επιχειρήσεις για το σκοπό αυτό και στη συνέχεια υποβάλλονται σε επεξεργασία για μείωση του τοξικού τους φορτίου ή μεταφέρονται για απορρύπανση σε 'ειδικά αδειοδοτημένους φορείς' της περιοχής παραγωγής τους και μόνο μετά από σχετική άδεια μπορούν να απορριφθούν στο δίκτυο αποχέτευσης (ΦΕΚ 3924/7, 7 Δεκεμβρίου 2016).

### **3.1.3 Επεξεργασία και διαχείριση των ΥΑΕ**

Ορισμένες μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία και διαχείριση των ΥΑΕ είναι οι εξής:

A. Τεχνολογίες για μείωση του οργανικού φορτίου και της τοξικότητας των ΥΑΕ:

1. Εξάτμιση από επιφανειακές δεξαμενές συγκέντρωσης (Kavvadias et al. 2010).
2. Καθίζηση των οργανικών υλικών μέσα σε δεξαμενές μετά από προσθήκη συγκολλητικών, θρομβογενών παραγόντων, όπως  $\text{CaO}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , υπεροξειδίου του  $\text{H}_2$  ή του  $\text{O}_2$  (Χατζηπαυλίδης 1999, Gebreyohannes et al. 2016).
3. Φωτοοξειδωση με  $\text{H}_2\text{O}_2$  σε όξινο περιβάλλον μετά από προσθήκη  $\text{Fe}^{2+}$  (Fenton) και αποτοξικοποίηση με πήξη και επίπλευση (Ioannou-Trofa et al. 2017).

4. Διήθηση, υπερδιήθηση ή αντίστροφη ώσμωση, ωσμωτική απόσταξη, γαλακτωματοποίηση, αντίδραση βιοκατάλυσης και ηλεκτροδιάλυση, που επιτυγχάνονται με τη τεχνολογία των μεμβρανών (Zagklis et al. 2015, Gebreyohannes et al. 2016).

B. Τεχνολογίες για ανάκτηση χρήσιμων συστατικών και αξιοποίηση των ΥΑΕ:

1. Πυρόλυση του στερεού υπολείμματος των δεξαμενών εξάτμισης με σκοπό την παραγωγή βιοαερίου ή βιοκαύσιμου ή λιπάσματος (Guida et al. 2016) ή χρήση αυτού άνευ επεξεργασίας ως λίπασμα (Χατζηπαυλίδης 1999).
2. Φυγοκέντριση, συνήθως σε συνδυασμό και με άλλες μεθοδολογίες, όπως η προσθήκη ουρίας και η διαδοχική κρυστάλλωση με σκοπό την παραλαβή υποπροϊόντων με υψηλή προσθετική αξία όπως: λινολεϊκό και ελαϊκό οξύ, καθαρή γλυκερόλη και πολυφαινολικές ενώσεις, που έχουν χρήση στην φαρμακοβιομηχανία, κοσμετολογία και διατροφολογία ως συντηρητικά ή αντιοξειδωτικά (Elkacmi et al. 2017a & b, Kontos et al. 2018).
3. Αναερόβια ή αερόβια βιολογική επεξεργασία προς παραγωγή βιοαερίου (Χατζηπαυλίδης 1999, Vlyssides et al. 2014).
4. Συγκομποστοποίηση με άλλα υλικά ώστε να σχηματισθεί οργανικό υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών (Tomati et al. 1996, Galliou et al. 2018).
5. Ανάμειξη με κυτταρινούχο υλικό και κομποστοποίηση με γαιοσκώληκες (Macci et al. 2010).
6. Άρδευση ανθεκτικών ειδών φυτών και παραγωγή βιομάζας (Kapellakis et al. 2015).

Συνήθως συνδυάζονται 2 ή περισσότερες μέθοδοι, ώστε να μειώνεται το κόστος και να αυξάνεται η αποτελεσματικότητα της απορρύπανσης (Gebreyohannes et al. 2016).

### **3.1.4 Υδρολίπανση με ΥΑΕ**

Αποσκοπώντας στην αξιοποίηση των συστατικών των ΥΑΕ για την παροχή θρεπτικών στοιχείων στα δένδρα της ελιάς και στην διατήρηση της οργανικής ουσίας του εδάφους στο πλαίσιο της αειφορίας της γεωργίας, καθώς επίσης και στην εξοικονόμηση υδατικών πόρων, δεδομένου ότι αυτοί είναι ελλειμματικοί στην

περιοχή της Μεσογείου και ιδίως στη ζώνη καλλιέργειας της ελιάς, επιτράπηκε κάτω από αυστηρή νομοθετική καθοδήγηση η χρήση των ΥΑΕ για υδρολίπανση των ελαιώνων. Το μέτρο αυτό είναι καθολικό σε όλες τις ελαιοπαραγωγές χώρες, όμως κάθε κράτος έχει θεσπίσει τις δικές του ρυθμίσεις, ώστε να διασφαλίζεται η βέλτιστη γεωργική πρακτική (Koutsos et al. 2018). Για την Ελλάδα η υδρολίπανση με ΥΑΕ ακολουθεί τους κανονισμούς που περιγράφονται στο φύλλο 3924/7 Δεκεμβρίου 2016 της Εφημερίδας της Κυβερνήσεως, όπου προβλέπεται ανώτατη δόση εφαρμογής  $80\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  για κάθε καλλιεργητική περίοδο και δίνονται οι προϋποθέσεις και η μεθοδολογία εφαρμογής, όπως τροποποιήθηκαν με το ΦΕΚ Β' 4333/2017 στο οποίο προβλέπεται δόση ως  $200\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  ΥΑΕ που έχουν υποστεί προεπεξεργασία λιποσυλλογής και καθίζησης ή άλλης ισοδύναμης μεθόδου και αφορά διάφορες δενδρώδεις καλλιέργειες, εκτός εσπεριδοειδών.

Η εφαρμογή ΥΑΕ στους ελαιώνες απετέλεσε αντικείμενο μελέτης ώστε να καταγραφούν οι επιπτώσεις στο έδαφος και στα φυτά της ελιάς και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου. Σύμφωνα με τους Lanza et al. (2017), η επί 9 χρόνια αδιάλειπτη εφαρμογή ΥΑΕ ως υδρολίπανση με μέγιστη δόση  $300 \text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  κατά τον μήνα Φεβρουάριο στην Ιταλία δεν επηρέασε σημαντικά την ποιότητα και ποσότητα του ελαιολάδου, εξασφάλισε εξοικονόμηση λιπάσματος, εμπλούτισε το έδαφος με οργανική ουσία και ενεργοποίησε τους οργανισμούς του, μεταξύ αυτών όσους κάνουν αζωτοδέσμευση. Επίσης στην Ιταλία, η εφαρμογή στερεών αποβλήτων ελαιουργείου, στο έδαφος επί 8 έτη, αύξησε την παραγωγή βλαστών και καρπών ως συνέπεια της αύξησης διαθεσιμότητας του Ν (Regni et al. 2017). Στην Τυνησία, η παραγωγικότητα και η βλάστηση των ελαιόδεντρων ήταν αυξημένες λόγω των ΥΑΕ τα οποία εφαρμόστηκαν σε δόσεις  $50 - 200 \text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  επί 3 έτη κάθε Φεβρουάριο (Magdich et al. 2018). Από τα εδαφικά χαρακτηριστικά το pH μειώθηκε, η μικροβιακή δραστηριότητα και τα ένζυμα του εδάφους αυξήθηκαν και η γονιμότητα του εδάφους βελτιώθηκε. Επιπροσθέτως, οι Magdich et al. (2018) στην Τυνησία, κατέγραψαν αύξηση στην οργανική ουσία του εδάφους μετά από εφαρμογή δόσεων 50, 100 και  $200\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{year}^{-1}$ , σε ελαιώνες επί 3 συνεχή έτη, η οποία ήταν ανάλογη με τη δόση και τα έτη εφαρμογής και οι διαφορές ήταν σημαντικές ιδίως στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους (0-20cm). Οι Belaqziz et al. (2016), σε πείραμα στον αγρό στο Μαρόκο με συγκέντρωση  $100 \text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  βρήκαν αύξηση της οργανικής ουσίας που μειώθηκε αισθητά μετά από 6 μήνες.



Η εφαρμογή ΥΑΕ ως υδρολίπανση στην Ελλάδα κατά την χειμερινή περίοδο επί 3 συνεχόμενα έτη και με δόση  $250\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  (Chartzoulakis et al. 2010) επηρέασε αρνητικά την φωτοσύνθεση των δένδρων μόνο πρόσκαιρα. Στην Τυνησία, κατά τον πρώτο χρόνο της εφαρμογής στο έδαφος των ελαιώνων διαφόρων δόσεων ΥΑΕ με μέγιστη  $150 \text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ , η περιεκτικότητα του ελαιόλαδου στον καρπό μειώθηκε, μεταβλήθηκε ο τύπος του κυρίαρχου σακχάρου και μειώθηκε η περιεκτικότητα σε Ν και Ρ (Mechri et al. 2009).

Αντίθετα από το έδαφος και τα φυτά, οι επιπτώσεις των ΥΑΕ στην πανίδα του εδάφους πολύ λίγο έχουν μελετηθεί. Οι Kurtz et al. (2015) στο Ισραήλ, έδειξαν ότι η εφαρμογή ΥΑΕ στο έδαφος προκάλεσε αύξηση στην ποικιλότητα των ειδών των Oribatida και στην πληθυσμιακή πυκνότητα των εδαφόβιων Collembola σε 2 ελαιώνες. Οι Οικονόμου κ.ά. (2007) μελέτησαν την επίδραση των ΥΑΕ στη πληθυσμιακή πυκνότητα διαφόρων τροφικών ομάδων νηματωδών πραγματοποιώντας πείραμα με γλάστρες γεμάτες με έδαφος μέσα σε θερμοκήπιο στο Γ.Π.Α. και 3 δόσεις ΥΑΕ. Διαπίστωσαν ότι οι φυτοπαρασιτικοί και οι παμφάγοι νηματώδεις μειώθηκαν και οι βακτηριοφάγοι επηρεάστηκαν από τα ΥΑΕ ανάλογα με την υγρασία του εδάφους. Οι Hentati et al. (2016), πραγματοποιώντας εργαστηριακά πειράματα στην Τυνησία, διαπίστωσαν ότι το είδος *Eisenia fetida*, που χρησιμοποιήθηκε ως βιοδείκτης, παρουσίασε αντιδράσεις αποφυγής σε εδάφη προερχόμενα από δεξαμενές καθίζησης με μεγάλο ρυπαντικό φορτίο από ΥΑΕ. Απέδωσαν αυτή την αντίδραση στο υψηλό οργανικό φορτίο και τη μεγάλη περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες που δημιούργησαν πολύ ευνοϊκό περιβάλλον για ορισμένους μικροοργανισμούς με αποτέλεσμα την εξάντληση του οξυγόνου στο έδαφος. Οι ίδιοι ερευνητές βρήκαν ότι η αναπαραγωγή του είδους *E. fetida* επηρεάζεται αρνητικά όταν το έδαφος έχει πρόσμιξη με αποξηραμένα ΥΑΕ > 3% κατά βάρος. Οι Mkhinini et al. (2019), πραγματοποιώντας εργαστηριακά πειράματα στην Τυνησία, μελέτησαν τις μακροχρόνιες επιπτώσεις της υδρολίπανσης των εδαφών με ΥΑΕ στο είδος *Eisenia andrei*. Τα αποτελέσματα έδειξαν σοβαρή οξειδωτική καταπόνηση εξαρτώμενη από το χρόνο της υδρολίπανσης, παρεμπόδιση της νευροδιαβιβαστικής λειτουργίας και μείωση της ικανότητας αναπαραγωγής τα οποία απέδωσαν στη βιοσυσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων μεταλλικών στοιχείων στο σώμα των γαιοσκωλήκων. Οι Sanchez-Hernandez et al. (2020), σε εργαστηριακά πειράματα στην Ισπανία, βρήκαν ότι η ανάμειξη ρυπασμένου εδάφους από δεξαμενές απόθεσης ΥΑΕ ως δόση 20%

κατά βάρος στο έδαφος είναι άριστα αποδεκτή και δεν προκαλεί τοξικότητα ή θνησιμότητα στο *Lumbricus terrestris*, όχι όμως οι μεγαλύτερες δόσεις. Η παρουσία του *L. terrestris* στο έδαφος επιταχύνει την αποδόμηση των ΥΑΕ μέχρι τη δόση 20%.

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η καταγραφή των επιδράσεων της υδρολίπανσης εδαφών στο είδος *Octodrilus compranatus* (Dugès, 1828) (Lumbricidae), το οποίο είναι πολύ κοινό είδος στη χώρα μας. Η μελέτη αφορούσε στις επιπτώσεις μετά από τη χρήση των ΥΑΕ σύμφωνα με τις οδηγίες που επιβάλλονται από τη νομοθεσία και στη μελέτη των επιπτώσεων σε ιδιότητες του εδάφους παρουσία γαιοσκωλήκων.

## **3.2 Υλικά και μέθοδοι**

### **3.2.1 Γαιοσκώληκες**

Ο πειραματισμός έγινε με τη χρήση του ανοδικού είδους *O. compranatus* (εικόνα 3.1), με καταγωγή τις Μεσογειακές χώρες και πολύ διαδεδομένου στα ελληνικά εδάφη και σε γειτονικές χώρες (Pavliček et al. 2006, Monroy et al. 2007, Szederjesi et al. 2017). Έχει σημειωθεί ως το πιο κοινό είδος γαιοσκώληκα σε βιολογικούς και συμβατικούς ελαιώνες στην κεντρική Ελλάδα (Solomou et al. 2013). Αναφέρεται ότι, σε Μεσογειακούς οπωρώνες της Ισπανίας, το συγκεκριμένο είδος είναι από τα πιο κοινά ανοδικά τα οποία αποτελούν την πλειοψηφούσα ομάδα γαιοσκωλήκων (Castro et al. 2019). Είναι η πρώτη φορά που χρησιμοποιείται σε πειραματισμό για τον έλεγχο των επιπτώσεων των ΥΑΕ στο έδαφος, έχει όμως χρησιμοποιηθεί ως οργανισμός – δείκτης για την εκτίμηση του περιβαλλοντικού κινδύνου στο έδαφος από διάφορες ουσίες (Vavoulidou et al. 2009, Bilalis et al. 2013). Απαντάται στην περιοχή προέλευσης του εδάφους που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα (Βοτανικός).

Χρησιμοποιήθηκαν άτομα που προήρχοντο από εκτροφή που είχε εγκατασταθεί πριν 3 έτη στο εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας του Γ.Π.Α. από αρχικό πληθυσμό προερχόμενο από τον ελαιώνα του Γ.Π.Α. στο Βοτανικό (N 38° 03.808' και E 023° 48.185'). Η εκτροφή διατηρείτο σε κιβώτιο με έδαφος, σε συνθήκες δωματίου και τακτικά στην επιφάνεια του εδάφους τοποθετούνταν ψιλοτεμαχισμένα ξερά φύλλα αμπέλου ως τροφή τα οποία διαβρέχονταν με νερό. Από την ίδια τοποθεσία συλλέχθηκε ακόμα ένας μικρός

αριθμός ατόμων ώστε να συμπληρωθεί ο απαιτούμενος αριθμός για την πειραματική διαδικασία (περίπου 10% αυτών που χρησιμοποιήθηκαν). Η συλλογή έγινε με τη απλή μέθοδο της φορμαλδεΐδης, δηλαδή εφαρμογή διαλύματος φορμαλδεΐδης 0,4% στην επιφάνεια του εδάφους, σύλληψη όλων των ατόμων που αναδύονταν και τοποθέτηση αυτών σε δοχείο με καθαρό νερό ώστε να ξεπλυθούν από το ερεθιστικό διάλυμα (Sims et al. 1999). Από αυτά επιλέχθηκαν όσα ήταν μεγάλα σε μέγεθος, τα οποία και παρέμειναν επί ένα μήνα στην εκτροφή για εγκλιματισμό.



**Εικόνα 3.1:** Ο γαιοσκώληκας *Octodrilus complanatus*



**Εικόνα 3.2:** Τα δοχεία που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα

### 3.2.2 Εγκατάσταση του πειράματος, ΥΑΕ και μετρήσεις

Τα πειραματικά δοχεία ήταν κυλινδρικά, κατασκευασμένα από πολυαιθυλένιο κατάλληλο για τρόφιμα (HD PE), χωρητικότητας 7,8L (διάμετρος 21cm, ύψος 25cm) (Αφοί ΦΚΙΑΡΑ, Αθήνα) (εικόνα 3.2), στον πυθμένα των οποίων ανοίχθηκαν μικρές οπές για στράγγιση καθώς και ευρύ άνοιγμα στο καπάκι τους για κυκλοφορία του αέρα, το οποίο καλύφθηκε με τούλι για να εμποδιστεί πιθανή διαφυγή των γαιοσκωλήκων. Στον πυθμένα κάθε δοχείου τοποθετήθηκε στρώμα ποταμίσις άμμου πάχους 2cm για καλύτερη στράγγιση. Επάνω από την άμμο τοποθετήθηκε αραιό πλαστικό πλέγμα και 2.500g εδάφους σε κάθε δοχείο που λήφθηκε από τον ελαιώνα του Γ.Π.Α. Η ποσότητα εδάφους των 2.500g είχε αποδειχθεί ως επαρκής για την διαβίωση μικρού αριθμού γαιοσκωλήκων σε προηγούμενα πειράματα. Στον πίνακα 3.2 δίνονται μερικά σημαντικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του εδάφους που προσδιορίστηκαν όπως περιγράφεται στο τέλος της παρούσας παραγράφου (3.2.2).

**Πίνακας 3.2:** Βασικές φυσικοχημικές ιδιότητες του εδαφικού υποστρώματος.

Ιδιότητα	Τιμή	Ιδιότητα	Τιμή
Κλάση	πηλώδες	CaCO <sub>3</sub> (%)	33,2
Άμμος (%)	40,3	Ηλεκτρ. Αγωγιμ. (mS cm <sup>-1</sup> )	1,63
ΐλύς (%)	40	Ολικά άλατα (%)	0,04
Άργιλος (%)	19,7	Ολικό N (mg g <sup>-1</sup> ξ.β.)	0,29
Υδατοϊκανότητα (% ξ.β.)	49,3	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (μg g <sup>-1</sup> ξ.β.)	5,39
pH	7,54	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (μg g <sup>-1</sup> ξ.β.)	6,03

Η ελεύθερη επιφάνεια του δοχείου ήταν 346,2 cm<sup>2</sup> και το βάθος του υποστρώματος περίπου 7cm. Το έδαφος που χρησιμοποιήθηκε είχε δεχθεί τις εξής μεταχειρίσεις: αποξήρανση με έκθεση σε ατμόσφαιρα δωματίου επί 7 ημέρες, διάσπαση των συσσωματωμάτων με ελαφρά λειοτρίβηση και κοσκίνισμα με κόσκινο ανοίγματος 2mm. Κατόπιν, μετά από ύγρανση ως 33% του ξηρού βάρους του, το υπόστρωμα αφέθηκε αδιατάρακτο επί 24 ώρες πριν την τοποθέτησή του στα δοχεία, για ανάπτυξη των εδαφόβιων μικροοργανισμών.

Σε κάθε πειραματικό δοχείο τοποθετήθηκαν 6 άτομα γαιοσκωλήκων, λαμβάνοντας μέριμνα ώστε όλες οι εξάδες να έχουν περίπου το ίδιο συνολικό βάρος. Για το σκοπό αυτό οι γαιοσκώληκες διατηρήθηκαν επί 24 ώρες σε υγρό απορροφητικό χαρτί, χωρίς τροφή, ώστε να αποβάλουν το περισσότερο από το περιεχόμενο του πεπτικού τους σωλήνα [OECD/OCDE 207 (1984), Lowe et al. 2007]. Στη συνέχεια ζυγίσθηκαν με ακρίβεια 0,01g με εργαστηριακό ζυγό (Portable, Sartorius AG, Göttingen, Germany) και συστήθηκαν οι εξαμελείς ομάδες. Επιλέχθηκαν ακμαία άτομα με σχηματισμένο επίσαγμα –περίπου το 70% των χρησιμοποιηθέντων γαιοσκωλήκων και τα υπόλοιπα ήταν ατελή άτομα που ήταν αρκετά ανεπτυγμένα. Οι ομάδες διαμοιράσθηκαν στα δοχεία και τα άτομα τοποθετήθηκαν επί της επιφάνειας του υποστρώματος. Ανά διαστήματα 5 ημερών οι γαιοσκώληκες σιτίζονταν με 2,5g αλεσμένων ώριμων αποξηραμένων φύλλων αμπέλου ανά δοχείο, που είχαν συλλεχθεί μετά τη φθινοπωρινή φυλλόπτωση, τα οποία τοποθετούντο στην επιφάνεια του εδάφους.

Τα ΥΑΕ προήρχοντο από τριφασικό φυγοκεντρικό ελαιουργείο παραγωγής συμβατικού ελαιολάδου της περιφέρειας Χανίων, το οποίο συγκέντρωνε καθημερινά, από την έναρξη λειτουργίας του τον Νοέμβριο 2016, απόβλητα σε δεξαμενή χωρίς περαιτέρω επεξεργασία. Μετά τη λήψη τους από την δεξαμενή συλλογής, στις 2 Φεβρουαρίου 2017, αποθηκεύθηκαν στο ψυγείο στους 3°C ως τη χρήση τους, περίπου ένα μήνα αργότερα. Στον πίνακα 3.3 δίνονται βασικές φυσικοχημικές ιδιότητες των ΥΑΕ, που προσδιορίστηκαν αμέσως μετά τη λήψη τους, στο Ινστιτούτο Ελιάς, Υποτροπικών φυτών και Αμπέλου (ΙΕΛΥΑ) Χανιά (ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ) με τις παρακάτω μεθοδολογίες:

- i οι συγκεντρώσεις των Ca, Mg, K, Cu και Mn με ICP-OES
- ii ο φώσφορος με την μέθοδο βαναδομολυβδενίου (Jones et al., 1990)
- iii το Βόριο χρωματογραφικά, σύμφωνα με τη μέθοδο κατά Gaines & Mitchell (1979)

**Πίνακας 3.3:** Υγρασία, περιεκτικότητα σε ιχνοστοιχεία και τιμές βασικών φυσικοχημικών ιδιοτήτων των ΥΑΕ που χρησιμοποιήθηκαν.

Ιδιότητα	Τιμή	Ιδιότητα	Τιμή	Ιδιότητα	Τιμή
Υγρασία (%)	98,4	Ca (% ξ.β.)	0,44	Cu (mg l <sup>-1</sup> )	0,47
C (% ξ.β.)	43,6	Mg (% ξ.β.)	0,035	B (mg l <sup>-1</sup> )	9,55
N (% ξ.β.)	0,11	Fe (mg l <sup>-1</sup> )	60,33	Ολικές φαινόλες (ppm)	3.938
P (% ξ.β.)	0,05	Zn (mg l <sup>-1</sup> )	6,32	pH	4,12
K (% ξ.β.)	0,82	Mn (mg l <sup>-1</sup> )	5,26	ηλεκτρ. αγ. (mS cm <sup>-1</sup> )	0,57

Εικοσιτέσσερις ώρες μετά την εισαγωγή των γαιοσκωλήκων στο κάθε δοχείο και προτού να προστεθεί η τροφή τους, έγινε εφαρμογή των ΥΑΕ με διασπορά επί της επιφάνειας του εδάφους, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που συστήνεται για την εφαρμογή της υδρολίπανσης (ΦΕΚ: 3924/ 2016). Για την δόση των 80m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> χρησιμοποιήθηκαν 277 cm<sup>3</sup> ΥΑΕ (σε επιφάνεια δοχείου 346cm<sup>2</sup>) και για τη δόση των 40m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>, 138,5cm<sup>3</sup>. Ως μάρτυρας χρησιμοποιήθηκαν δοχεία με το ίδιο περιεχόμενο που δέχθηκαν απιονισμένο νερό σε ποσότητα 40m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>, αφού μεγαλύτερη δόση, π.χ. 80m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> υπερβαίνει την υδατοϊκανότητα του εδάφους και λόγω του μικρότερου

ιξώδους του ύδατος σε σχέση με τα ΥΑΕ θα είχε ως αποτέλεσμα την υπερβολική απώλεια νερού από τις οπές στράγγισης.

Τα δοχεία τοποθετήθηκαν σε υπόγειο μη θερμαινόμενο χώρο, με σχετικά σταθερή θερμοκρασία, σε συνθήκες σκότους επί 24 ώρες. Η θερμοκρασία αέρα καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος λαμβανόταν κατά τις μεσημβρινές ώρες και κυμάνθηκε από 15 ως 18°C. Δύο φορές την εβδομάδα γινόταν έλεγχος της υγρασίας των δοχείων με ζύγισμα αυτών με απλή ζυγαριά (Gold – PYREX<sup>®</sup>, France) και ακρίβεια 1g και αναπληρώνονταν οι απώλειες λόγω εξάτμισης με ψεκασμό απιονισμένου νερού στην επιφάνεια του υποστρώματος. Κατά τον ίδιο χρόνο γινόταν έλεγχος για τυχόν ασυνήθιστη συμπεριφορά των γαιοσκωλήκων, όπως μη κατανάλωση της τροφής, χαμηλός αριθμός κοπρολυμάτων στην επιφάνεια του εδάφους, νεκρά άτομα στην επιφάνεια κ.λπ. Το επιλεγμένο είδος γαιοσκώληκα συνηθίζει να αφήνει τα περισσότερα κοπρολύματα του στην επιφάνεια του εδάφους. Έτσι όσο περισσότερη η κατανάλωση της τροφής, τόσο περισσότερα κοπρολύματα αναμένονται στο έδαφος. Η παρουσία τους δηλώνει ότι τα ζώα είναι δραστήρια στην επιφάνεια του εδάφους, όπως ορίζει η φυσιολογική τους συμπεριφορά (εικόνα 3.3).

Ο αριθμός των δοχείων για κάθε δόση ΥΑΕ και για το μάρτυρα ήταν 8. Μετά από 28 ημέρες από την εφαρμογή τα μισά δοχεία κενώθηκαν και καταμετρήθηκαν οι ζωντανοί γαιοσκώληκες και το ίδιο έγινε με τα υπόλοιπα, μετά από 56 ημέρες. Η περίοδος των 28 ημερών θεωρείται επαρκής για την ανάδειξη των επιδράσεων στην ανάπτυξη σε πειράματα με γαιοσκώληκες και παγιώθηκε από τον OECD/OCDE (2016) ως ιδανικός χρόνος για την αποκάλυψη των μεταβολών στο βάρος του πιο εύχρηστου οργανισμού δείκτη, του είδους *Eisenia fetida*, υπό την επίδραση τοξικών ουσιών. Το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα των 56 ημερών θεωρείται επαρκές για την μελέτη των επιδράσεων τοξικών ουσιών στην αναπαραγωγή του είδους *E. fetida* (OECD/OCDE, 2016). Παρόμοιες χρονικές περίοδοι έχουν υιοθετηθεί από άλλους επίσης ερευνητές (Tzortzi, 2010) για τον έλεγχο στην ανάπτυξη με κριτήριο το βάρος των γαιοσκωλήκων.

Μετά την εξαγωγή τους γινόταν καταμέτρηση του αριθμού των ζωντανών γαιοσκωλήκων. Κατόπιν αυτοί παρέμειναν χωρίς τροφή σε υγρό απορροφητικό χαρτί επί 24 ώρες ώστε να αποβάλλουν το πλείστον του εντερικού περιεχόμενου και ζυγίσθηκαν, όπως και πριν από την εισαγωγή τους στα δοχεία. Ικανή ποσότητα εδάφους από κάθε επανάληψη χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό σημαντικών

εδαφολογικών παραμέτρων που έγινε στο εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας του Γ.Π.Α. και στο Ινστιτούτο Εδαφολογίας και Υδατικών Πόρων Αθηνών του ΕΛΓΟ Δήμητρα. Μέχρι τη διεξαγωγή των αναλύσεων το υπόστρωμα συντηρήθηκε στους 3°C. Οι μεθοδολογίες για τις αναλύσεις που αφορούσαν το έδαφος δίνονται κατωτέρω:

- i μηχανική σύσταση με τη μέθοδο Βουγιούκου
- ii pH: ηλεκτρομετρικά σε υδατική πάστα (1:1) (Benton 2001), με τη βοήθεια οργάνου τύπου pH – 2005 pHmeter, SELECTA, Spain
- iii ολικό CaCO<sub>3</sub>: με το ασβεστόμετρο Bernard (Pansu et al. 2006)
- iv ολική οργανική ουσία: υγρή οξείδωση με διχρωμικό Κάλιο (Walkley – Black) (Benton 2001)
- v ηλεκτρική αγωγιμότητα: ειδική αγωγιμότητα εκχυλίσματος σε νερό (1:2) και Θ=25°C (Benton 2001), μέτρηση με αγωγιμόμετρο τύπου: 5-EaSy, Mettler Toledo, Switzerland
- vi ολικά άλατα (%): υπολογίσθηκαν από τον εμπειρικό τύπο:  $(0,128 \times EC \times SP)/200$ , όπου: EC = ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα, SP = υδατοκορεσμός (%) επί ξηρού βάρους
- vii μικροβιακή δραστηριότητα με τροποποιημένη εργαστηριακή συσκευή των Birch & Friend (Manios et al. 1983). Αυτή η συσκευή καταμετρά τον όγκο του H<sub>2</sub> που παράγεται με ηλεκτρόλυση ως αποτέλεσμα της διάσπασης του θειικού οξέως προς αναπλήρωση του O<sub>2</sub> που καταναλώνουν οι μικροοργανισμοί του εδάφους
- viii ολικό άζωτο: μέθοδος Keldhal (Benton 2001)
- ix NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: μέθοδος της αναγωγής σε στήλη Καδμίου και χρωματομετρικός προσδιορισμός στα 520nm με φασματοφωτόμετρο τύπου: PG instruments, Link Lab, T60 UV Spectrophotometer (Ασημακόπουλος κ.ά. 2010)
- x NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: μέθοδος της ινδοφαινόλης και χρωματομετρικός προσδιορισμός στα 636nm με φασματοφωτόμετρο τύπου: PG instruments, Link Lab, T60 UV Spectrophotometer (Ασημακόπουλος κ.ά. 2010)
- xi υδατοϊκανότητα: με διαφορά βάρους μετά από ελεύθερη στράγγιση κορεσμένου εδάφους επί 3 ώρες μέσα σε γυάλινο κώδωνα (Wilke, 2005).

### 3.2.3 Στατιστική επεξεργασία

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε κατά το εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο και το πείραμα ήταν διπαραγοντικό με παράγοντες α) τη δόση των ΥΑΕ με 3 επίπεδα (0, 40 και 80m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) και β) το χρόνο με 2 επίπεδα (28 και 56 ημέρες μετά την εφαρμογή). Οι επαναλήψεις ήταν 4 για κάθε μεταχείριση. Ως εκτιμητής της επίδρασης των ΥΑΕ στην ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων λήφθηκε το μέσο ατομικό βάρος του σώματος όπως υπολογίστηκε με βάση την εξάδα. Για να εξαλειφθούν οι διαφορές που οφείλονται στην αρχική παραλλακτικότητα του μέσου βάρους, υπολογίστηκαν οι μεταβολές του βάρους από την αρχική του τιμή και αυτές ανήχθησαν σε εκατοστιαία κλίμακα. Οι τιμές των εδαφολογικών παραμέτρων μετρήθηκαν σε κάθε δοχείο χωριστά, εκτός από τις συγκεντρώσεις του ολικού αζώτου, νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων οι οποίες υπολογίστηκαν ως μοναδική τιμή από κοινό σύνθετο δείγμα σε κάθε μεταχείριση. Μοναδική τιμή επίσης εκτιμήθηκε για τις εδαφολογικές παραμέτρους του αρχικού εδάφους. Τα παραπάνω δεδομένα αναλύθηκαν με την βοήθεια της ANOVA και το στατιστικό πακέτο JMP (SAS Institute 2012) και οι πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων έγιναν με την δοκιμασία του Tukey HSD και επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$ .

## 3.3 Αποτελέσματα

### 3.3.1 Επίδραση στην επιβίωση και την ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων

Στο τέλος κάθε περιόδου έκθεσης οι ζωντανοί γαιοσκώληκες ήταν ζωηροί και δραστήριοι, με τεντωμένο και γυαλιστερό επιδερμίδιο (εικόνα 3.4) και η θνησιμότητα ήταν αμελητέα. Συγκεκριμένα, στις 28 ημέρες μόνο 2 δοχεία του μάρτυρα βρέθηκαν να έχουν λιγότερο από 6 ζωντανούς γαιοσκώληκες το καθένα (από 5 άτομα), ενώ στις 56 μέρες 5 άτομα βρέθηκαν μόνο σε 2 δοχεία της μεγάλης δόσης (80m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) και σε 1 δοχείο του μάρτυρα. Επομένως τα ποσοστά θνησιμότητα ήταν 2,8% στις 28 ημέρες και 4,2% στις 56 ημέρες.





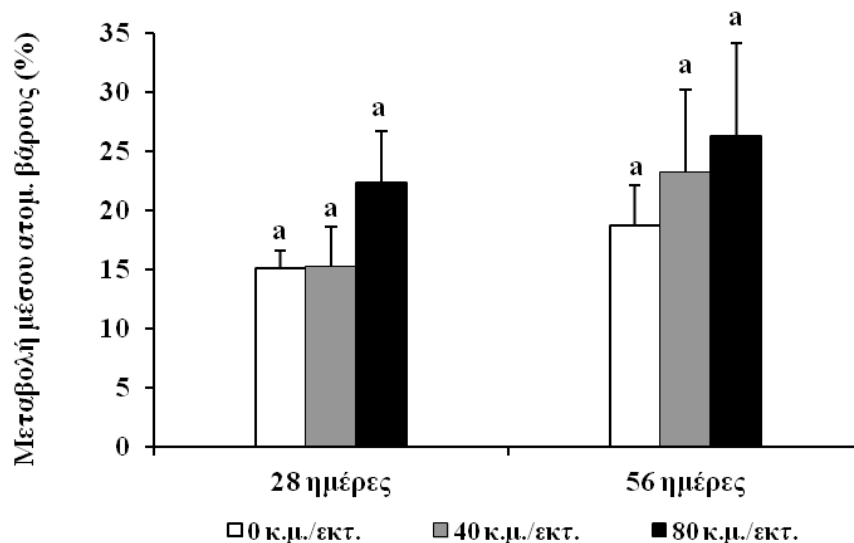
**Εικόνα 3.3:** Κοπρολύματα γαιοσκωλήκων στην επιφάνεια του πειραματικού δοχείου.



**Εικόνα 3.4:** Γαιοσκώληκες στο τέλος της έκθεσης στα ΥΑΕ χωρίς ίχνη βλαβών.

Κατά τις συστηματικές ποιοτικές παρατηρήσεις που λαμβάνονταν έγινε φανερό ότι, μετά από εφαρμογή ΥΑΕ οι γαιοσκώληκες δεν καταλάωναν όλη την προσφερόμενη ποσότητα τροφής αντίθετα από τον μάρτυρα, όπου όλη η τροφή αφαιρείτο από την επιφάνεια του εδάφους. Η μειωμένη κατανάλωση ήταν ανάλογη της δόσης των ΥΑΕ και για την δόση των  $40\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  διήρκεσε επί 11 μέρες ενώ για τη δόση των  $80\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  επί 16 μέρες μετά την εφαρμογή. Παρόλα αυτά στην επιφάνεια του υποστρώματος των 2 μεταχειρίσεων υπήρχαν κοπρολύματα (εικ. 3.3), τόσο συχνά όσο στο μάρτυρα. Αυτό δηλώνει ότι τα ζώα ήταν δραστήρια στην επιφάνεια του εδάφους.

Στο ραβδόγραμμα 3.1 παρουσιάζονται οι εκατοστιαίες μεταβολές του μέσου βάρους των γαιοσκωλήκων από το αρχικό τους βάρος υπό την επίδραση της δόσης στις 2 περιόδους. Παρατηρούμε ότι το μέσο βάρος είχε πάντα θετική μεταβολή ως προς το χρόνο και ότι η αύξηση ήταν μεγαλύτερη μετά από εφαρμογή ΥΑΕ σε σχέση με το μάρτυρα. Επίσης είναι φανερό ότι η μεγαλύτερη δόση παρουσιάζει μεγαλύτερη αύξηση στο μέσο βάρος του σώματος και στις 2 περιόδους. Παρόλα αυτά οι διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων δεν ήταν σημαντικές ( $F_{2,18} = 1,76$ ,  $P = 0,20$ ), η επίδραση του χρόνου δεν ήταν σημαντική ( $F_{1,18} = 0,98$ ,  $P = 0,33$ ) και η αλληλεπίδραση επίσης δεν ήταν σημαντική ( $F_{2,18} = 0,005$ ,  $P = 0,99$ ).

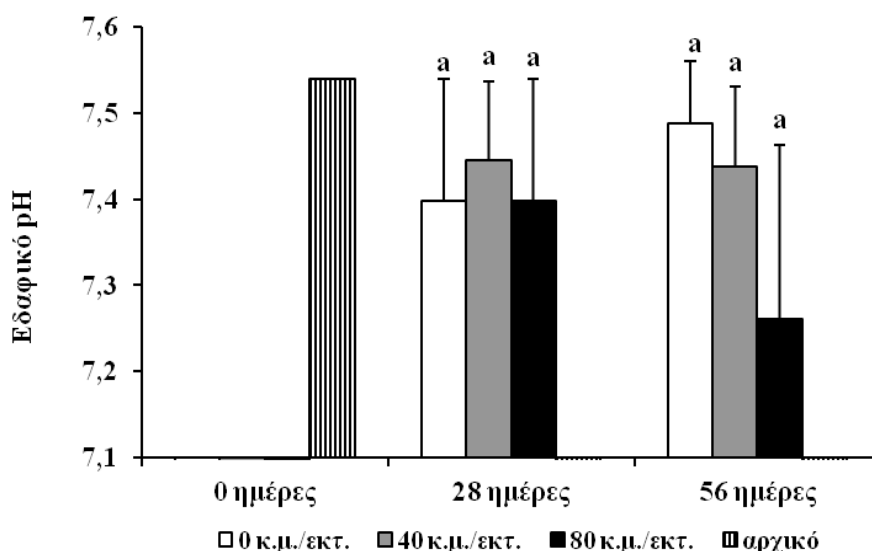


**Ραβδόγραμμα 3.1:** Ποσοστό μεταβολής του μέσου βάρους (μέσος όρος  $\pm$  τυπικό σφάλμα) των γαιοσκωλήκων μετά την παραμονή τους επί 28 και 56 ημέρες σε δοχεία που είχαν δεχθεί ΥΑΕ στις δόσεις  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  και  $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  και στο μάρτυρα (απιονισμένο νερό).

Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διέφεραν σημαντικά ( $P > 0.05$ ).

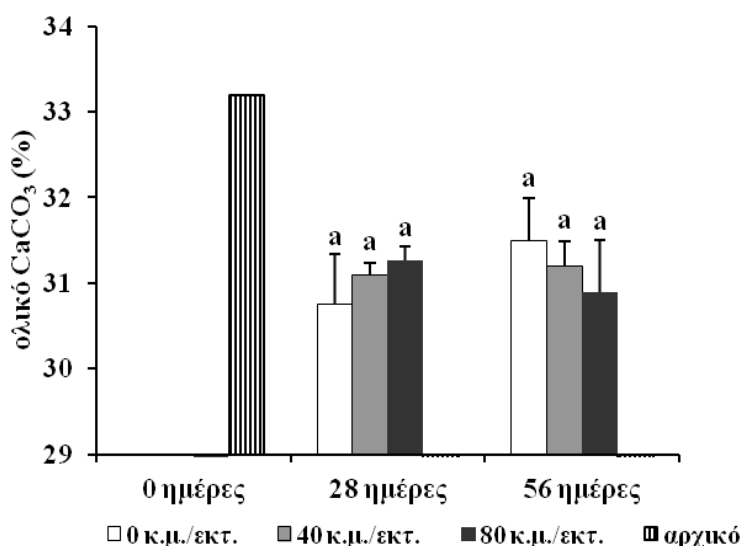
### 3.3.2 Επίδραση σε παραμέτρους του εδάφους

Αν και τα ΥΑΕ είχαν χαμηλό pH (πίνακας 3.3), η ANOVA δεν έδειξε στατιστική διαφορά ως προς τον παράγοντα αυτό ( $F_{5,18} = 0,50$ ,  $P = 0,77$ ) και επομένως τα εδάφη δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δόσεων και ως προς το μάρτυρα όπως φαίνεται και στο ραβδόγραμμα 3.2. Σε σχέση με την τιμή του pH πριν την έναρξη του πειράματος (0 ημέρες) οι μέσοι ήταν λίγο χαμηλότεροι αλλά και πάλι δεν φαίνεται να υπήρξε σημαντική διαφορά. Τελικά τα εδάφη παρέμειναν στην κατηγορία «ελαφρά αλκαλικά» ( $7,4 < \text{pH} < 7,8$ ) ή «ουδέτερα» ( $6,6 < \text{pH} < 7,3$ ), που είναι αποδεκτά για τις περισσότερες καλλιέργειες και ιδανικά για το *O. complanatus*.



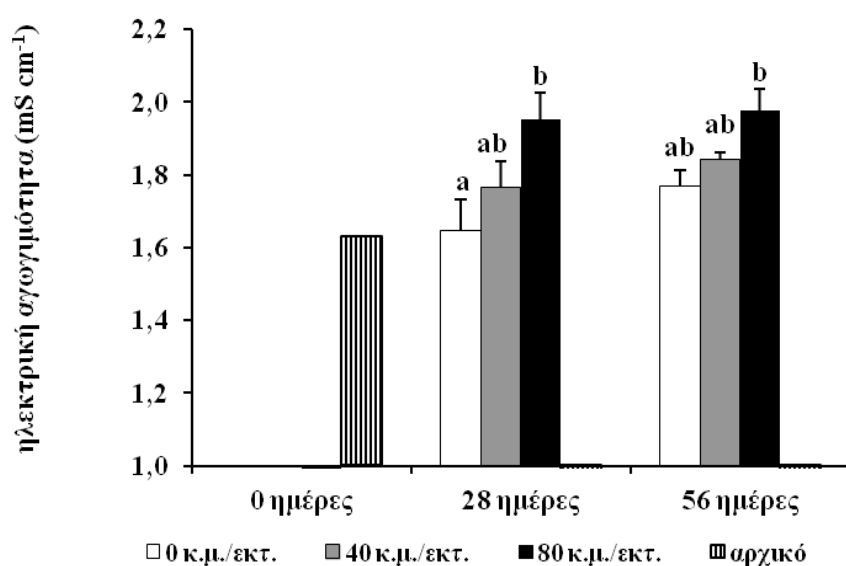
**Ραβδόγραμμα 3.2:** Τιμή του εδαφικού pH (μέσος  $\pm$  τυπικό σφάλμα) σε δείγματα εδάφους με γαιοσκώληκες κατά την εισαγωγή (0 ημέρες) καθώς και μετά από 28 και 56 ημέρες παραμονή τους σε δοχεία που είχαν δεχθεί ΥΑΕ στις δόσεις 40 και 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> και στο μάρτυρα (απιονισμένο νερό). Οι μέσοι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διέφεραν σημαντικά (P>0.05).

Ως προς τα ολικά ανθρακικά άλατα δεν υπήρξε σημαντική διαφορά (F<sub>5,18</sub> = 0,39, P = 0,85) (ραβδόγραμμα 3.3).



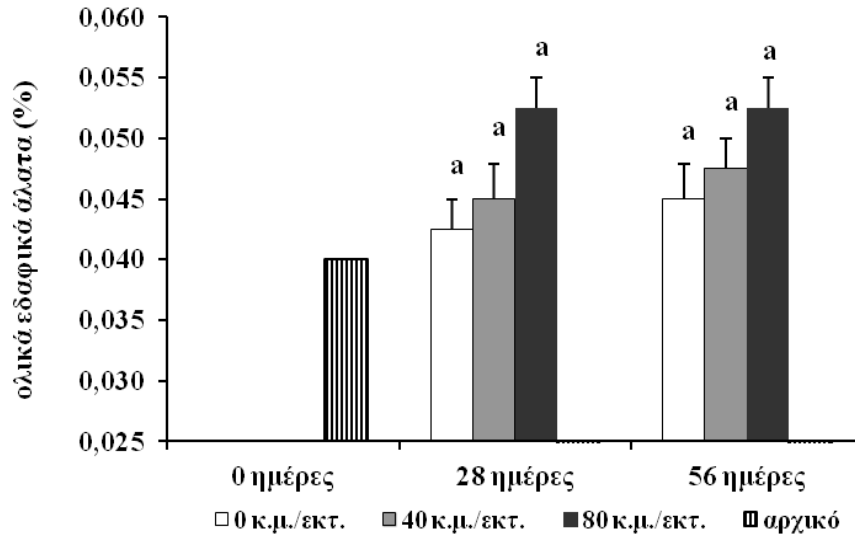
**Ραβδόγραμμα 3.3:** Τιμή του ολικού CaCO<sub>3</sub> (μέση τιμή  $\pm$  τυπικό σφάλμα) σε δείγματα εδάφους με γαιοσκώληκες κατά την εισαγωγή (0 ημέρες) καθώς και μετά από παραμονή επί 28 και 56 ημέρες σε δοχεία που είχαν δεχθεί ΥΑΕ στις δόσεις 40 και 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> και στο μάρτυρα (απιονισμένο νερό). Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διέφεραν σημαντικά (P>0.05).

Ως προς την ηλεκτρική αγωγιμότητα η ANOVA έδειξε σημαντικότητα ( $F_{5,18} = 4,09$ ,  $P = 0,01$ ) με τον παράγοντα δόση να έχει σημαντική επίδραση ( $F_{2,18} = 8,80$ ,  $P = 0,01$ ) και την υψηλή δόση να λαμβάνει σημαντικά μεγαλύτερες τιμές και στους δύο χρόνους σε σχέση με την τιμή του μάρτυρα μετά από 28 ημέρες (ραβδόγραμμα 3.4). Σε σχέση με την τιμή του εδάφους στο χρόνο 0, όλες οι δόσεις και ο μάρτυρας παρουσίασαν μικρή αύξηση που δεν μπορεί να αξιολογηθεί στατιστικά.



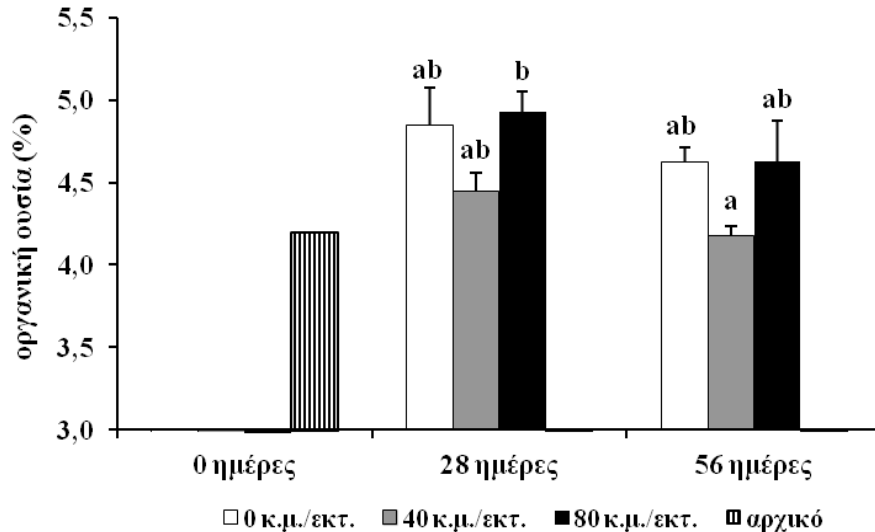
**Ραβδόγραμμα 3.4:** Τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους (μέση τιμή  $\pm$  τυπικό σφάλμα) σε δείγματα εδάφους με γαιοσκώληκες κατά την εισαγωγή (0 ημέρες) καθώς και μετά από παραμονή επί 28 και 56 ημέρες σε δοχεία που είχαν δεχθεί ΥΑΕ στις δόσεις 40 και 80  $m^3 ha^{-1}$  και στο μάρτυρα (απιονισμένο νερό). Οι μέσοι που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διέφεραν σημαντικά ( $P > 0.05$ ).

Για τα ολικά άλατα του εδάφους (ραβδόγραμμα 3.5) δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $F_{5,18} = 2,52$ ,  $P = 0,07$ ). Βρέθηκε ωστόσο, σημαντική διαφορά ως προς τον παράγοντα δόση ( $F_{2,18} = 5,85$ ,  $P = 0,01$ ) με το υψηλό επίπεδο να λαμβάνει σημαντικά υψηλότερες τιμές ως προς το μάρτυρα. Παρολαυτά οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ( $< 4 mS cm^{-1}$ ) και των ολικών αλάτων ( $< 0,2\%$ ) κατατάσσουν τα εδάφη στην κατηγορία «κανονικά».



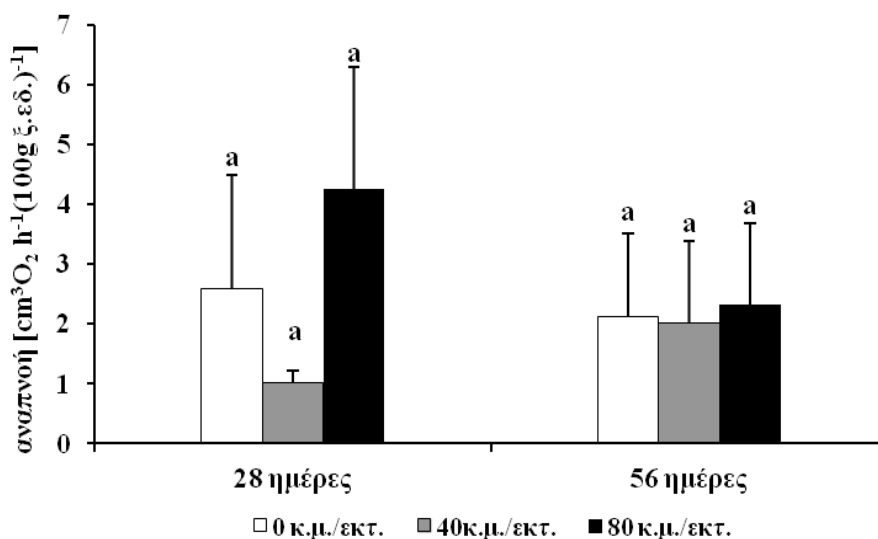
**Ραβδόγραμμα 3.5:** Τιμή των ολικών αλάτων του εδάφους (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) σε δείγματα εδάφους με γαιοσκώληκες κατά την εισαγωγή (0 ημέρες) καθώς και μετά από παραμονή επί 28 και 56 ημέρες σε δοχεία που είχαν δεχθεί ΥΑΕ στις δόσεις 40 και 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> και στο μάρτυρα (απιονισμένο νερό). Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διέφεραν σημαντικά (P>0.05).

Η οργανική ουσία του εδάφους διαφοροποιήθηκε ( $F_{5,18} = 2,96$ ,  $P = 0,04$ ), αφού η υψηλότερη δόση στις 28 ημέρες ήταν ανώτερη από τη χαμηλότερη στις 56 ημέρες, ωστόσο δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές με το μάρτυρα (ραβδόγραμμα 3.6). Σε σύγκριση με την τιμή στο χρόνο 0 παρουσιάστηκε μικρή αύξηση σε όλες τις δόσεις και χρόνους, που όμως δεν μπορεί να αξιολογηθεί στατιστικά (ραβδόγραμμα 3.6).



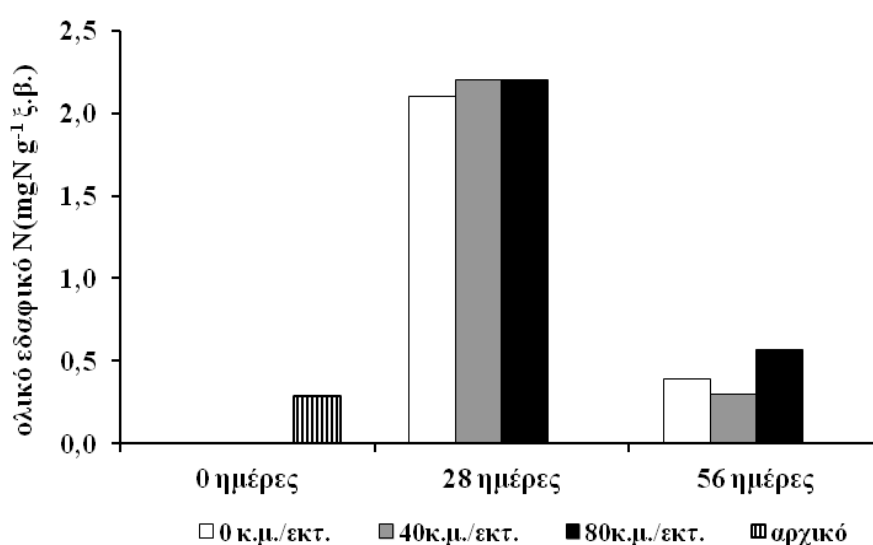
**Ραβδόγραμμα 3.6:** Τιμή της οργανικής ουσίας του εδάφους (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα) σε δείγματα εδάφους με γαιοσκώληκες κατά την εισαγωγή (0 ημέρες) καθώς και μετά από παραμονή επί 28 και 56 ημέρες σε δοχεία που είχαν δεχθεί ΥΑΕ στις δόσεις 40 και 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> και στο μάρτυρα (απιονισμένο νερό). Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διέφεραν σημαντικά (P>0.05).

Η μικροβιακή δραστηριότητα του εδάφους, εκτιμώμενη μέσω της αναπνοής του (ραβδόγραμμα 3.7) δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές μεταβολές μεταξύ των επεμβάσεων ( $F_{5,18} = 0,81$ ,  $P = 0,56$ ).



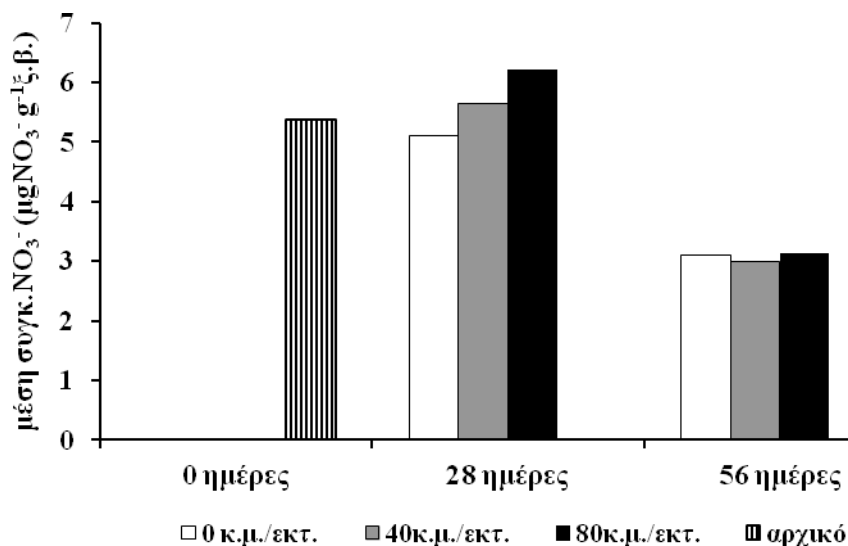
**Ραβδόγραμμα 3.7:** Μικροβιακή δραστηριότητα του εδάφους (μέσος όρος ± τυπικό σφάλμα) σε δείγματα εδάφους με γαιοσκώληκες, 28 και 56 ημέρες μετά την παραμονή τους σε δοχεία που είχαν δεχθεί ΥΑΕ στις δόσεις 40 και 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> και στο μάρτυρα (απιονισμένο νερό). Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διέφεραν σημαντικά (P>0.05).

Για το ολικό άζωτο και τις ανόργανες μορφές του δεν ήταν δυνατόν να γίνει στατιστικός έλεγχος διότι οι τιμές μετρήθηκαν από κοινό, σύνθετο δείγμα εδάφους. Οι τιμές του ολικού αζώτου σε κάθε χρόνο ήταν παρόμοιες και στις 3 δόσεις και δεν φαίνεται να διέφεραν κατά πολύ μεταξύ των δόσεων σε κάθε μέτρηση (ραβδόγραμμα 3.8). Το ολικό N παρουσίασε αξιοσημείωτη αύξηση μετά από 28 μέρες σε σχέση με την αρχική τιμή, δηλαδή στο χρόνο 0 και μειώθηκε στα αρχικά επίπεδα μετά από 56 ημέρες (ραβδόγραμμα 3.8).



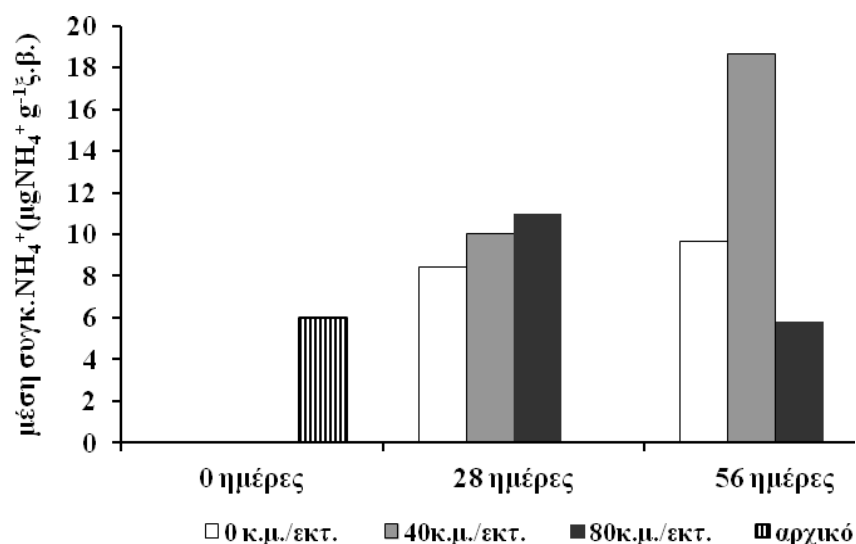
**Ραβδόγραμμα 3.8:** Τιμή του ολικού εδαφικού αζώτου (N) σε δείγματα εδάφους με γαιοσκώληκες κατά την εισαγωγή (0 ημέρες) καθώς επίσης και μετά από παραμονή επί 28 και 56 ημέρες σε δοχεία που είχαν δεχθεί ΥΑΕ στις δόσεις 40 και 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> και στο μάρτυρα (απιονισμένο νερό).

Η συγκέντρωση των NO<sub>3</sub><sup>-</sup> δεν φαίνεται να διαφοροποιήθηκε μεταξύ των δόσεων σε αμφότερους τους χρόνους. Ως προς την τιμή του εδάφους στο χρόνο 0, δεν παρατηρήθηκε μεταβολή μετά από 28 ημέρες και σημειώθηκε μικρή μείωση μετά από 56 ημέρες (ραβδόγραμμα 3.9).



**Ραβδόγραμμα 3.9:** Τιμές της συγκέντρωσης των νιτρικών ανιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) στο εδαφικό διάλυμα εδάφους με γαιοσκώληκες κατά την εισαγωγή (0 ημέρες), καθώς επίσης μετά από παραμονή 28 και 56 ημερών σε δοχεία που είχαν δεχθεί ΥΑΕ στις δόσεις 40 και  $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  και στο μάρτυρα (απιονισμένο νερό).

Η συγκέντρωση των  $\text{NH}_4^+$  είχε μικρή αυξητική τάση ανάλογα με τη δόση μετά από 28 ημέρες και παρουσίασε ανομοιομορφη μεταβολή μετά από 56 ημέρες. Ως προς την τιμή στο χρόνο 0, αυξήθηκε πολύ μόνο στη δόση  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  και μετά από 56 ημέρες (ραβδόγραμμα 3.10).



**Ραβδόγραμμα 3.10:** Τιμές της συγκέντρωσης των αμμωνιακών κατιόντων ( $\text{NH}_4^+$ ) στο εδαφικό διάλυμα εδάφους με γαιοσκώληκες κατά την εισαγωγή (0 ημέρες), καθώς επίσης μετά από παραμονή 28 και 56 ημερών σε δοχεία που είχαν δεχθεί ΥΑΕ στις δόσεις 40 και  $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  και στο μάρτυρα.



### 3.4 Συζήτηση

#### 3.4.1 Επίδραση των ΥΑΕ στην επιβίωση και την ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων

Τα αποτελέσματα σε σχέση με την επίδραση των ΥΑΕ στην επιβίωση των γαιοσκωλήκων συμφωνούν με αυτά των Campani et al. (2017) οι οποίοι βρήκαν ότι η έκθεση ατόμων του είδους *E. fetida* σε δόση 12,5% υγρών αποβλήτων τριφασικού ελαιουργείου, προκάλεσε 0% θνησιμότητα μετά από 72 ώρες. Η παραπάνω δόση, κατόπιν υπολογισμών μας, αντιστοιχεί σε  $63\text{m}^3\text{ha}^{-1}$  ΥΑΕ, δηλαδή μικρότερη από την ανώτερη δόση του παρόντος πειράματος. Μολαταύτα, στην ίδια δόση, οι παραπάνω ερευνητές διαπίστωσαν νευρολογική διέγερση που έγινε αντιληπτή με αύξηση της ακετυλοχολινεστεράσης, καθώς και ελαφριά οξειδωτική καταπόνηση. Οι αρνητικές αυτές επιδράσεις πιθανώς να μην ισχύουν ή να είναι αμβλυμμένες όταν το υπόστρωμα ανάπτυξης είναι το φυσικό έδαφος καθώς και υπό συνθήκες αγρού διότι, η χρήση τεχνητού υποστρώματος (μίγμα άμμου και υποστρώματος), που χρησιμοποιήθηκε από τους Campani et al. (2017), πιθανώς μεταβάλλει τα αποτελέσματα σε σχέση με το φυσικό έδαφος και είναι γνωστός ο προβληματισμός της επιστημονικής κοινότητας ως προς την χρήση των τεχνητών υποστρωμάτων σε παρόμοια πειράματα (Eijsackers 1998, Reinecke et al. 1998, Leitão et al. 2014). Η έκθεση σε μεγαλύτερες δόσεις ΥΑΕ (25% και 50%) προκάλεσαν πολύ μεγάλη θνησιμότητα σύμφωνα με την μελέτη των Campani et al. (2017).

Η **επιφανειακή δραστηριότητα** των γαιοσκωλήκων, όπως εκτιμήθηκε από τις παρατηρήσεις των πειραματικών δοχείων και η παρουσία των κοπρολυμάτων, ήταν παρόμοια στους μάρτυρες και στις επεμβάσεις, αλλά η κατανάλωση της τροφής (αποξηραμένα φύλλα αμπέλου) ήταν μικρότερη στις δύο δόσεις ΥΑΕ. Σε κάθε περίπτωση και λαμβάνοντας υπόψη την αύξηση του βάρους (ραβδόγραμμα 3.1), τα ΥΑΕ αποτελούν θρεπτικό υπόστρωμα για τους γαιοσκώληκες στη δόση που χρησιμοποιήθηκαν.

Σύμφωνα με τους Edwards et al. (1996) η οργανική (κοπριά, άχυρο, χλωρή λίπανση, φυτικά υπολείμματα κ.λπ.) και η ανόργανη λίπανση ευνοεί τους γαιοσκώληκες και αυξάνει τους πληθυσμούς τους. Τα ΥΑΕ αποτελούν ένα τύπο λίπανσης και περιέχουν πολλά θρεπτικά στοιχεία, στα οποία συγκαταλέγονται και τα απαραίτητα ιχνο- και μακροστοιχεία (πίνακας 3.3). Είναι αναμενόμενο να ευνοείται η

ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων, εφόσον δεν προκαλούν τοξικότητα με κάποια από τα συστατικά τους.

Πάραυτα, σύμφωνα με τους Hentati et al. (2016) η *αναπαραγωγή* του είδους *E. fetida* επηρεάστηκε αρνητικά από τα ΥΑΕ και αυτό λόγω χαμηλού ποσοστού εκκόλαψης. Οι Hentati et al. (2016) έκαναν επαναλαμβανόμενη εφαρμογή νωπών ΥΑΕ που προκάλεσε αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και της συγκέντρωσης του φωσφόρου και των πολυφαινολών. Για τις παραπάνω πιθανές συνέπειες, η επίδραση των ΥΑΕ στην αναπαραγωγή των γαιοσκωλήκων θα πρέπει να μελετηθεί περαιτέρω.

### **Τοξικότητα ΥΑΕ**

Από τα συστατικά των ΥΑΕ ο *χαλκός* και ο *ψευδάργυρος* είναι τοξικά στους γαιοσκώληκες σε υψηλές συγκεντρώσεις, πολύ μεγαλύτερες από αυτές που μετρήθηκαν στα ΥΑΕ (πίνακας 3.3). Συγκεκριμένα, στην βιβλιογραφία (Edwards et al. 1996) αναφέρεται ότι η ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων μειώνεται με συγκεντρώσεις  $\text{Cu}^{2+}$  ανώτερες από  $1.100\text{mg kg}^{-1}$  εδάφους σε ιοντική μορφή και αντίστοιχα  $1.300\text{mg Zn}^{2+} \text{kg}^{-1}$  εδάφους.

Με βάση τα δεδομένα του πίνακα 3.3 και το βάρος του εδάφους σε κάθε δοχείο, η μέγιστη δόση υδρολίπανσης αύξησε τον εδαφικό Cu κατά  $0,052\text{mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους και τον εδαφικό Zn κατά  $0,7\text{mg kg}^{-1}$  ξ. εδάφους, τιμές που είναι πολύ χαμηλές για να προκαλέσουν αρνητικές επιδράσεις στους γαιοσκώληκες. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η μέση συγκέντρωση του Cu και Zn στην τροφή του γαιοσκώληκα, δηλαδή τους ξηρούς φυτικούς ιστούς, είναι περίπου  $6\text{mg kg}^{-1}$  και  $40\text{mg kg}^{-1}$  αντίστοιχα (Lavelle 2005) και ότι στο επιφανειακό στρώμα των ελληνικών εδαφών η συγκέντρωση του χαλκού είναι κατά μέσον όρο  $38 \pm 26 \text{mg kg}^{-1}$  ξηρού εδάφους (Vavoulidou et al. 2021), είναι φανερό ότι οι συγκεντρώσεις της υδρολίπανσης δεν αγγίζουν τα όρια της τοξικότητας και δεν αποτελούν απειλή για τον οργανισμό των γαιοσκωλήκων.

Δεδομένου ότι δεν παρατηρήθηκαν αρνητικές επιδράσεις στους γαιοσκώληκες παρά μόνο θετικές, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το είδος *O. complanatus* συμμετέχει στην αποδόμηση της υδρολίπανσης χρησιμοποιώντας τα ΥΑΕ ως τροφή και λαμβάνοντας ενέργεια και συστατικά για την αύξηση της βιομάζας του. Μικρή επιφύλαξη εκφράζεται ως προς τις μακροχρόνιες επιδράσεις της υδρολίπανσης στους

γαιοσκώληκες ή τις επιδράσεις στην αναπαραγωγή τους, αν και η μικρή ποσότητα που επιτρέπεται από τη νομοθεσία και ο χρόνος εφαρμογής που συμπίπτει με την υγρή περίοδο του έτους συναινούν ως προς την ασφάλεια της μεθόδου.

### **3.4.2 Επίδραση των ΥΑΕ σε παραμέτρους του εδάφους**

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρξε αξιόλογη διαφοροποίηση του εδαφικού pH από την εφαρμογή των ΥΑΕ (ραβδόγραμμα 3.3). Αυτά τα αποτελέσματα συμφωνούν με τις περισσότερες από τις δημοσιευμένες μελέτες (Di Serio et al. 2008, Di Bene et al. 2013, Magdich et al. 2013, Gargouri et al. 2014, Chaker et al. 2019). Ειδικότερα στην παρούσα μελέτη, το αποτέλεσμα αυτό ήταν αναμενόμενο εξ αιτίας της υψηλής ρυθμιστικής ικανότητας του εδάφους λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας του σε ασβεστόλιθο (πίνακας 3.2).

Παρατηρήθηκε ελαφριά αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε όλες τις δόσεις και χρόνους, που όμως δεν μπορεί να αξιολογηθεί στατιστικά. Το αποτέλεσμα αυτό είναι συνέπεια της αλατούχας φύσης των ΥΑΕ αλλά και της παρουσίας των γαιοσκωλήκων, οι οποίοι αποδομούν την οργανική ύλη και απελευθερώνουν θρεπτικά στοιχεία κάποια από τα οποία είναι υπό μορφή αλάτων. Σύμφωνα με τους Singh et al. (2016) τα κοπρολύματα των γαιοσκωλήκων έχουν αυξημένη ηλεκτρική αγωγιμότητα σε σχέση με το περιβάλλον έδαφος

Η οργανική ουσία του εδάφους διέφερε σημαντικά μεταξύ των επεμβάσεων και η υψηλή δόση στις 28 ημέρες είχε μεγαλύτερη οργανική ουσία από τη μεσαία δόση στις 56 ημέρες (ραβδόγραμμα 3.6).

Στην πλειονότητα των μελετών, η εφαρμογή των ΥΑΕ προκαλεί αύξηση της οργανικής ουσίας στο έδαφος η οποία είναι προσωρινή, ώστε μετά από κάποιο διάστημα η τιμή της επανέρχεται στα αρχικά επίπεδα (Di Serio et al. 2008, Di Bene et al. 2013, Belaqziz et al. 2016). Η μακροχρόνια εφαρμογή ΥΑΕ προκαλεί μόνιμη αύξηση της οργανικής ουσίας η οποία συνήθως είναι σημαντική (Χατζηπαυλίδης 1999, Kapellakis et al. 2015, Lanza et al. 2017, Magdich et al. 2018), αλλά κάποιες φορές μπορεί να είναι μη σημαντική (Chartzoulakis et al. 2010).

Η παρουσία των γαιοσκωλήκων επηρεάζει πολύ την οργανική ουσία του εδάφους αφενός θετικά, λόγω της συνεχούς σίτισης από μέρος μας, της έκκρισης βλέννας και ούρων από την επιδερμίδα τους, της παραγωγής κοπρολυμάτων μετά από την κατανάλωση της τροφής και αφετέρου αρνητικά μέσω της επίδρασης στους

πληθυσμούς και την ενεργότητα των μικροοργανισμών και της αφομοίωσης οργανικών συστατικών τα οποία χρησιμοποιούν ως ενέργεια και για να κατασκευάσουν τους ιστούς τους. Πράγματι, οι γαιοσκώληκες εισάγουν την οργανική ύλη της τροφής τους μαζί με ανόργανο έδαφος μέσα στον πεπτικό τους σωλήνα όπου ανακατεύονται αυτά με εύπεπτες βλεννώδεις εκκρίσεις και τα αποβάλλουν ως κοπρολύματα. Τα νωπά κοπρολύματα έχουν μεγαλύτερη συγκέντρωση σε οργανική ύλη από τον περιβάλλοντα χώρο κατά 40 - 48% και περιέχουν περισσότερα θρεπτικά συστατικά κατ' όγκο, σε σχέση με το περιβάλλον έδαφος (Lavelle et al. 1998, Van Groenigen et al. 2019). Περιέχουν επίσης πολύ μεγαλύτερο πληθυσμό μικροοργανισμών, ως αποτέλεσμα της διάβασης μέσα από το έντερο (Edwards et al. 1988). Μέσα στα κοπρολύματα η αποδόμηση συνεχίζεται λόγω των μικροοργανισμών (κυρίως μυκήτων) και των ενζύμων, ώστε τελικά η οργανική ουσία οξειδώνεται υπό αερόβιες συνθήκες και σχηματίζεται τμήμα του σταθεροποιημένου άνθρακα του εδάφους, που συνήθως προστατεύεται λόγω προσρόφησης επί των ανόργανων συστατικών ή σχηματίζει μέσα στα κοπρολύματα μικρότερα μικροσυσσωματώματα (Vidal et al. 2016). Επιπλέον, οι πολυσακχαρίτες και οι μουκοπρωτεΐνες της βλέννας που άφθονα παράγεται από τους γαιοσκώληκες, αποτελούν εύληπτη πηγή ενέργειας για τους μικροοργανισμούς εκτός κοπρολυμάτων, που αυξάνουν τη δραστηριότητα τους και εντατικοποιούνται στην αποδόμηση οργανικών υλικών. Ως αποτέλεσμα οι μικροοργανισμοί, αφού εξαντλήσουν την προσφερόμενη τροφή, προσβάλουν τον δυσκολοδιάσπαστο εδαφικό άνθρακα που, διαφορετικά, δεν θα αποδομείτο και η διαδικασία αυτή είναι γνωστή με τον όρο 'priming effect'. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να ερμηνεύσουμε την μικρότερη τιμή της οργανικής ουσίας στην χαμηλότερη δόση ( $40\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) όπου η τοξικότητα των συστατικών των ΥΑΕ ήταν μικρή. Στην υψηλότερη δόση η περίοδος παρεμπόδισης των αποδομητών ήταν πιο μεγάλη, λόγω της υψηλότερης ποσότητας των πολυφαινολών, ώστε η οργανική ουσία διατηρήθηκε σε μεγαλύτερα επίπεδα.

Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές μεταξύ των τριών δόσεων ΥΑΕ και στους δύο χρόνους και μεταξύ των δύο χρόνων ως προς την αναπνοή του εδάφους που εκτιμά τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών του εδάφους (ραβδόγραμμα 3.7).

Στις περισσότερες δημοσιευμένες μελέτες στην βιβλιογραφία αναφέρεται ότι η αναπνευστική δραστηριότητα του εδάφους που δηλώνει την μικροβιακή δραστηριότητα του εδάφους και το ρυθμό αποδόμησης της οργανικής ουσίας, καθώς

και οι ίδιοι οι μικροοργανισμοί αυξάνονται με την εφαρμογή ΥΑΕ (Piotrowska et al. 2006, Saadi et al. 2007, Di Serio et al. 2008, Rousidou et al. 2010, Doula et al. 2013, Magdich et al. 2013 & 2018, Chaari et al. 2014, Tsiknia et al. 2014, Lanza et al. 2017, Chatzistathis et al. 2021). Επίσης αύξηση παρατηρείται στα αποδομητικά ένζυμα του εδάφους. Κατά την πλειονότητα των παραπάνω ερευνητών, η αύξηση στην αναπνοή ήταν πρόσκαιρη και μειώθηκε μετά την κατανάλωση του ευκολοδιάσπαστου κλάσματος της οργανικής ουσίας των ΥΑΕ. Κατά τον Χατζηπαυλίδη (1999) που εφάρμοζε ΥΑΕ σε εβδομαδιαία βάση στο έδαφος, η αναπνοή του εδάφους αυξανόταν μετά την εφαρμογή και μειωνόταν στη συνέχεια χωρίς να πέσει κάτω από την τιμή εκκίνησης.

Η μηδενική επίδραση των ΥΑΕ στην αναπνοή που βρήκαμε στην παρούσα μελέτη μπορεί να οφείλεται στη μικρή δόση των αποβλήτων και, μόνο στην περίπτωση των 56 ημερών, στο σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από την εφαρμογή. Είναι φανερό από το ραβδόγραμμα 3.7 ότι στις 28 ημέρες υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ των δόσεων, αν και λόγω της μεγάλης παραλλακτικότητας του πειράματος δεν καταγράφηκε στατιστικά σημαντική διαφορά.

Το ολικό άζωτο του εδάφους έλαβε σχεδόν ίδια τιμή στις δυο δόσεις και το μάρτυρα σε κάθε χρόνο χωριστά. Σύμφωνα με αυτό, μετά από 28 ημέρες οι τιμές του ολικού αζώτου ήταν σχετικά υψηλές, ενώ μετά από 56 ημέρες οι τιμές μειώθηκαν και ήταν σχεδόν ίδιες με το χρόνο 0 (ραβδόγραμμα 3.8). Το αυτό παρατηρείται για την νιτρική μορφή του αζώτου (ραβδόγραμμα 3.9) ενώ για την αμμωνιακή του μορφή οι τάσεις δεν είναι ξεκάθαρες (ραβδόγραμμα 3.10).

Η έλλειψη διαφοροποίησης μεταξύ των δόσεων των ΥΑΕ πρέπει να αποδοθεί στο χαμηλό επίπεδο των δόσεων και στο μεγάλο χρονικό διάστημα από την εφαρμογή. Οι περισσότερες μελέτες που έχουν δημοσιευθεί (Di Bene et al. 2013, Doula et al. 2013, Magdich et al. 2013 & 2018, Chaari et al. 2014, Gargouri et al. 2014) αναφέρουν αύξηση του αζώτου στο έδαφος μετά την εφαρμογή των ΥΑΕ λόγω της σύστασης αυτών, η οποία διατηρείται μόνο για μικρό διάστημα από την εφαρμογή, ενώ στη συνέχεια σε άλλες μελέτες αναφέρθηκε αύξηση του ολικού αζώτου λόγω ακινητοποίησης του στο σώμα των μικροοργανισμών και μείωση των αφομοιώσιμων μορφών του (Piotrowska et al. 2006, Rousidou et al. 2010, Gargouri et al. 2014, Tsiknia et al. 2014), ενώ σε άλλες μεταβολή στην ισορροπία μεταξύ των λειτουργικών ομάδων των μικροοργανισμών που υπεισέρχονται στον κύκλο του

αζώτου (Χατζηπαυλίδης 1999, Di Serio et al. 2008, Mekki et al. 2009, Lanza et al. 2017).

Στο πείραμα μας η μεταβολή του εδαφικού αζώτου ήταν ανεξάρτητη από τα ΥΑΕ. Κατά τον πρώτο μήνα έχουμε ένα εφοδιασμένο με άζωτο έδαφος και αυτό οφείλεται στις εκκρίσεις των γαιοσκωλήκων και στην δράση των αζωτοδεσμευτικών μικροβίων. Οι γαιοσκώληκες έχουν την ικανότητα να επηρεάζουν τον κύκλο του αζώτου με τις συνεχείς και άφθονες αζωτούχες εκκρίσεις τους (ουρία και βλέννα) και τα κοπρολύματα τους (Singh et al. 2016, Van Groenigen et al. 2019), με την σοβαρή επίδραση που έχουν στους μικροοργανισμούς του εδάφους και με τις αλλαγές στο αερισμό του εδάφους που είναι απαραίτητος για την δράση κάποιων οργανισμών (Parmelee et al. 1998). Ειδικά η βλέννα έχει ιδιαίτερα χαμηλό λόγο C/N (μόνο C/N = 3,8). Είναι γνωστό ότι οι γαιοσκώληκες κινητοποιούν τα αζωτοδεσμευτικά (αερόβια και αναερόβια) βακτήρια με τα εκκρίματα τους (Parmelee et al. 1998).

Μετά από 56 ημέρες το ολικό άζωτο παρουσίασε φαινομενική μείωση. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε απώλειες του αζώτου και σε δέσμευση αυτού μέσα στο σώμα των γαιοσκωλήκων που είχαν θετική ανάπτυξη. Επειδή η τροφή που χορηγείτο στους γαιοσκώληκες έχει υψηλό λόγο C/N (60) και μικρή περιεκτικότητα σε N (περίπου 0,13% ξ.β.), προφανώς κάλυπταν τις ανάγκες τους από μικροοργανισμούς και μεγάλη κατανάλωση τροφής, με συνέπεια την μείωση του ολικού αζώτου στο έδαφος. Ακόμα, με την πάροδο του χρόνου τα κοπρολύματα τους «ωρίμασαν» (Singh et al. 2016, Van Groenigen et al. 2019), δηλαδή ολοκληρώθηκαν οι βιολογικές διεργασίες της αποδόμησης της οργανικής ουσίας που περιείχαν και της ανοργανοποίησης των θρεπτικών συστατικών (Doubt et al. 1998) τα οποία, ελλείψει ριζών, μπορεί να υπέστησαν έκπλυση μέσω των οπών στράγγισης. Για το λόγο αυτό στις 56 ημέρες τα νιτρικά ανιόντα είχαν μείωση. Επιπλέον, κάτω από τις συνθήκες του πειράματος, το οποίο έγινε μέσα σε πλαστικά δοχεία και παρόλη την παρουσία των γαιοσκωλήκων, μπορεί να είχαμε κατά θέσεις αναερόβιες συνθήκες, αν και ελήφθησαν όλα τα μέτρα για να αποφύγουμε αυτό το ενδεχόμενο. Οι αναερόβιες συνθήκες εμποδίζουν την αζωτοδέσμευση και αυξάνουν την παραγωγή αζωτούχων αερίων ενώσεων και του N<sub>2</sub> (Ferguson et al. 2007, Prosser 2007) τα οποία χάνονται στην ατμόσφαιρα. Η ανομοιομορφη μεταβολή της συγκέντρωσης των αμμωνιακών κατιόντων (ραβδόγραμμα 3.10) επιβεβαιώνει τα παραπάνω.

### 3.5 Συμπεράσματα

1. Η εφαρμογή υδρολίπανσης στο έδαφος των ελαιώνων με ΥΑΕ μέχρι τη δόση των  $80\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$  έχει θετικές, αλλά μη σημαντικές, επιδράσεις στην ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων του είδους *Octodrilus complanatus* που είναι πολύ κοινό στους ελληνικούς ελαιώνες. Είναι προφανές ότι ο γαιοσκώληκας αυτός επωφελείται από τα περιεχόμενα συστατικά των ΥΑΕ τα οποία χρησιμοποιεί για τη διατροφή του.
2. Δεν παρατηρήθηκαν φαινόμενα τοξικότητας από τα ΥΑΕ. Χρειάζεται διερεύνηση των επιπτώσεων της χρόνιας εφαρμογής ΥΑΕ στο έδαφος και των πιθανών βλαβών ιδίως στη γονιμότητα του *O. complanatus*.
3. Η υδρολίπανση δεν μετέβαλε σημαντικά το εδαφικό pH, το ολικό ανθρακικό ασβέστιο και την αναπνευστική δραστηριότητα του εδάφους παρουσία των γαιοσκωλήκων μετά πάροδο 28 και 56 ημέρες από την εφαρμογή.
4. Η υδρολίπανση προκάλεσε σημαντική αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και των εδαφικών αλάτων χωρίς αυτό να αποτελεί απειλή για το εδαφικό σύστημα, δεδομένου ότι τα ΥΑΕ εφαρμόζονται κατά την υγρή εποχή και τα άλατα που δεν θα χρησιμοποιηθούν από τα φυτά αναμένεται να ξεπλυθούν από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.
5. Η παρουσία των γαιοσκωλήκων μηδένισε τις επιδράσεις των ΥΑΕ στο ολικό άζωτο του εδάφους και τις ανόργανες μορφές του ώστε δεν παρατηρήθηκαν διαφορές με το μάρτυρα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Επίδραση διαφόρων τροφών στην ανάπτυξη του ακμαίου  
σταδίου του *Octodrilus complanatus*



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### Επίδραση διαφόρων τροφών στην ανάπτυξη του ακμαίου σταδίου του *Octodrilus complanatus*

#### 4.1 Εισαγωγή

##### 4.1.1 Αξιοποίηση της εκτροφής των γαιοσκωλήκων από τον άνθρωπο

Οι γαιοσκώληκες διαδραματίζουν σπουδαιότατο ρόλο μέσα στο έδαφος, διότι με τη διατροφή τους εκτελούν φυσική ανακύκλωση και με την μετακίνηση τους διαμορφώνουν επιθυμητή δομή (Edwards et al. 1996, Kavdir et al. 2011) και γι' αυτό η ενίσχυση του πληθυσμού ενός αγρού με τον εμβολιασμό του με νέα άτομα είναι εξαιρετικά ωφέλιμη ως προς τη γονιμότητα του, ιδίως όταν αυτός είναι άγονος ή όταν καλλιεργείται σύμφωνα με τη βιολογική καλλιέργεια. Ο εμπλουτισμός ενός αγρού με γαιοσκώληκες μπορεί να γίνει με δύο τρόπους: είτε με συλλογή ατόμων από άλλο αγρό είτε με χρήση γαιοσκωλήκων που έχουν παραχθεί από εκτροφές. Η εκτροφή των γαιοσκωλήκων είναι ακόμα αναγκαία για την παραγωγή συγχρονισμένων και γενετικά ομοιόμορφων ατόμων που θα χρησιμοποιηθούν σε οικοτοξικολογικές μελέτες, αλλά και του αρχικού πληθυσμού που θα επεξεργασθεί οργανικά απόβλητα και θα τα μετατρέψει σε πολύτιμο προϊόν αερόβιας επεξεργασίας για την ανάπτυξη των φυτών (βερμικομπόστ) (Edwards et al. 1992). Κατά την παραπάνω διαδικασία της αερόβιας κομποστοποίησης με γαιοσκώληκες, συγχρόνως με την παραγωγή υποστρώματος, παράγεται και βιομάζα γαιοσκωλήκων που μπορεί να αξιοποιηθεί ως ζωοτροφή για τη διατροφή ζώων όπως χοίροι, πουλερικά και ψάρια ή για δόλωμα αλιείας (Edwards 1998). Η δραστηριότητα αυτή, η οποία μπορεί να γίνει και αυτοτελώς, επιφέρει συμπληρωματικό εισόδημα παράλληλα με την παραγωγή βερμικομπόστ και προσφέρει απασχόληση σε αναπτυσσόμενες περιοχές του πλανήτη (Edwards et al. 1996, Edwards 1998, Hai et al. 2016, Yadav et al. 2016, Bahadori et al. 2017).

Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι οι γαιοσκώληκες έχουν εμπλακεί, σε προσπάθειες διαχείρισης αποβλήτων με στόχο τη μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, σε πρότυπα συστήματα καθαρισμού των αστικών λυμάτων υπό μορφή υγροτοπικού φίλτρου (Huang et al. 2014, Qui et al. 2016). Στα συστήματα αυτά

συνδυάζονται οι γαιοσκώληκες, οι μικροοργανισμοί και τα φυτά για τον καθαρισμό των λυμάτων μικρού αριθμού νοικοκυριών ή μεμονωμένων οικιών (διαδίκτυο 4.1).

Οι παράγοντες που υπεισέρχονται στην επιτυχία μιας εκτροφής γαιοσκωλήκων είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, ο αερισμός, το υλικό διαβίωσης, η ποσότητα και ποιότητα της τροφής και η πυκνότητα του πληθυσμού (Berry et al. 2001, Lowe et al. 2005, Lowe et al. 2007) και από αυτούς η τροφή έχει τη μεγαλύτερη σημασία για την ανάπτυξη των ατόμων και των πληθυσμών (Dominquez et al. 1997, Edwards 1998, García et al. 2003, Chen et al. 2017).

Από τις φυσικοχημικές παραμέτρους της τροφής, η πιο αξιόλογη για την εκτίμηση της ποιότητάς της είναι ο λόγος C/N διότι δηλώνει την προτίμησή της από τους γαιοσκώληκες και την επίδραση που ασκεί στην ανάπτυξη και πολλαπλασιασμό τους (Curry et al. 2007, Chen et al. 2017). Μια θετική επίδραση τροφών με χαμηλό λόγο C/N στην βιομάζα και την αναπαραγωγή των γαιοσκωλήκων του ενδόγειου είδους *Aporrectodea trapezoides* έχει καταγραφεί από τους Chen et al. (2017). Οι Martin et al. (2018) αναφέρουν ότι όταν ο λόγος C/N της τροφής είναι αυξημένος η βιομάζα που αναπτύσσει κάθε άτομο επηρεάζεται αρνητικά. Σύμφωνα με τους Curry et al. (2007), ο λόγος C/N είναι ενδεικτικός της πεπτικότητας της τροφής από τους γαιοσκώληκες, αφού ο μικρότερος λόγος είναι συνδεδεμένος με καλύτερη μικροβιακή ανάπτυξη και αρτιότερη προετοιμασία των νωπών τροφών. Με βάσει τα ανωτέρω, οι μελέτες της διατροφής των γαιοσκωλήκων πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους μεταξύ άλλων και αυτό τον παράγοντα.

#### **4.1.2 Είδη γαιοσκωλήκων που χρησιμοποιούνται σε εκτροφές**

Συνήθως στις εκτροφές γαιοσκωλήκων χρησιμοποιούνται τα επίγεια είδη εξ αιτίας του σύντομου βιολογικού τους κύκλου, του μεγάλου αναπαραγωγικού δυναμικού, της ανθεκτικότητας και προσαρμοστικότητάς τους και επομένως αυτά έχουν επικρατήσει ως κατάλληλα για την οικοτοξικολογική έρευνα. Πάραυτα, τα ενδόγεια και ανοδικά είδη μπορούν επίσης να εκτραφούν εργαστηριακά (Berry et al. 2001, Lowe et al. 2005, Butt et al. 2011a), αν και υπάρχει μεγαλύτερος βαθμός δυσκολίας διότι, εκτός από το οργανικό υλικό διατροφής και διαβίωσης είναι απαραίτητη η ανάμιξη και ανόργανου εδάφους στο υπόστρωμα ανάπτυξης (Butt et al. 2011b). Η ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων μπορεί να μετρηθεί με τα εξής μεγέθη: α) μεταβολή του βάρους τους και β) επιμήκυνση του σώματος (Sims et al. 1999).

Μεταξύ αυτών η μεταβολή του μέσου ατομικού βάρους των νεαρών ή η μεταβολή του μέσου ατομικού βάρους των ακμαίων είναι τα πιο εύχρηστα και αξιόπιστα κριτήρια διότι η ελαστικότητα του σώματος των γαιοσκωλήκων δημιουργεί μεγάλη παραλλακτικότητα στα αποτελέσματα που αφορούν το μήκος σώματος. Το μέσο ατομικό βάρος των γαιοσκωλήκων, μεταβάλλεται κατά το σιγμοειδές πρότυπο, αυξανόμενο αρχικά με μεγάλο ρυθμό ο οποίος επιβραδύνεται όσο το ζώο πλησιάζει προς την ενηλικίωση. Το βάρος σταθεροποιείται αργότερα ενώ η δημιουργία των βομβυκίων επιφέρει μικρή μείωση (Edwards et al. 1996, Monroy et al. 2007). Οι παράγοντες που το καθορίζουν είναι: οι συνθήκες του περιβάλλοντος, η ποιότητα της τροφής, οι αναλογίες των διαφόρων συστατικών στο μίγμα (Soobhany et al. 2015, Li et al. 2016, Sharma et al. 2017), η πυκνότητα του πληθυσμού (Lalander et al. 2015, Yadav et al. 2016) και άλλοι.

Διάφορες συγκριτικές μελέτες πραγματοποιούνται την καταλληλότητα μεταξύ των τροφών χρησιμοποιώντας το ανοδικό είδος *Lumbricus terrestris* L., (Grigoropoulou et al. 2008, Butt 2011a). Πολλά στοιχεία που αφορούν την ανταπόκριση στη διατροφή και την πεπτικότητα των τροφών παρέχονται στη βιβλιογραφική ανασκόπηση των Curry et al. (2007), την ερευνητική εργασία των Pilar Ruiz et al. (2006) με το ενδόγειο είδος *Hormogaster elisae* (Alvarez, 1977) (Oligochaeta: Hormogastridae), καθώς και του Butt (2011a) με το ανοδικό είδος *L. terrestris*.

Το ανοδικό είδος *Octodrilus complanatus* είναι πολύ κοινό είδος στα ελληνικά εδάφη και σε γειτονικές χώρες (Pavlicek et al. 2006, Monroy et al. 2007, Szederjesi et al. 2017). Είναι το πιο εξαπλωμένο είδος στην περιοχή της Μεσογείου και το βασικό είδος που πραγματοποιεί ανακύκλωση της οργανικής ύλης στα καλλιεργούμενα εδάφη. Δεν είναι κομποστοποιητής αφού ανήκει στους ανοδικούς σαπροφάγους – γαιοφάγους γαιοσκώληκες. Το μεγάλο του μέγεθος το καθιστά ιδανικό για παραγωγή βιομάζας και ζωικής προελεύσεως ζωοτροφή. Λόγω της συχνότητας εμφάνισης και της αφθονίας του αποτελεί σημαντικότατο παράγοντα του εδαφικού συστήματος αλλ' όμως δεν έχουν γίνει ερευνητικές εργασίες ως προς τις τροφικές του προτιμήσεις. Υπάρχει μόνο η κλασική μελέτη της βιολογίας του από τους Monroy et al. (2007) στην οποία χρησιμοποιήθηκε ως τροφή αγελαδινή κοπριά με καλή ανταπόκριση. Στην ύπαιθρο μπορούμε να βρούμε σε αφθονία πληθώρα οργανικών υλικών τα οποία

δεν έχουν κόστος αγοράς και τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την εκτροφή του είδους *O. complanatus*.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να διερευνηθεί η σημασία διαφόρων στερεών και υγρών αποβλήτων που παράγονται από γεωργοκτηνοτροφικές δραστηριότητες ως τροφή για την εκτροφή του γαιοσκώληκα *O. complanatus* και μέσω αυτής της διαδικασίας να αξιολογηθούν τα υλικά αυτά και ως προς την καταλληλότητα τους για οργανική λίπανση του εδάφους και βελτίωση των φυσικοχημικών του παραμέτρων.

#### 4.2 Υλικά και μέθοδοι

Το πείραμα έλαβε χώρα μέσα σε πλαστικά ορθογώνια δοχεία (Techniplast, EU), που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση τροφίμων, με διαστάσεις 13,5 x 19,3 x 10cm και ελεύθερη επιφάνεια (13,5 x 19,3=) 260,55cm<sup>2</sup> (Εικόνα 4.1). Στον πυθμένα κάθε δοχείου δημιουργήθηκαν μικρές οπές για στράγγιση καθώς και ευρύ άνοιγμα στο καπάκι τους (5cm x 10cm) για κυκλοφορία των αερίων, το οποίο καλύφθηκε με τούλι για να εμποδιστεί η διαφυγή των γαιοσκωλήκων. Στον πυθμένα κάθε δοχείου τοποθετήθηκε στρώμα ποταμίσιας άμμου συνολικού βάρους 150g για καλύτερη στράγγιση, χονδρό πλαστικό πλέγμα και 1.300g αεροξηραμένου και κοσκινισμένου σε κόσκινο 2mm εδάφους που λήφθηκε από τον ελαιώνα του ΓΠΑ. Το υλικό αυτό είχε βάθος 7cm μέσα στο δοχείο. Οι ιδιότητες του εδάφους φαίνονται στον πίνακα 4.1.

**Πίνακας 4.1:** Βασικά χαρακτηριστικά του εδάφους που χρησιμοποιήθηκε για την πλήρωση των δοχείων.

Ιδιότητα	Μέση τιμή	Ιδιότητα	Μέση τιμή
κλάση	Πηλώδες	CaCO <sub>3</sub> (%)	33,20
Άμμος (%)	40,30	Ηλεκτρ. Αγωγιμ. (mS cm <sup>-1</sup> )	0,94
Ιλύς (%)	40,00	Ολικά άλατα (%)	0,04
Άργιλος (%)	19,70	Ολικό N (mg g <sup>-1</sup> ξ.β.)	0,72
pH	7,54	Υδατοϊκανότητα (% ξ.β.)	45,07

Οι αναλύσεις εδάφους έγιναν στο εργαστήριο Γεωργικής Χημείας και Εδαφολογίας του Γ.Π.Α. και στο τμήμα Εδαφολογίας Αθηνών του Ινστιτούτου Εδαφοδατικών Πόρων, σύμφωνα με τις μεθοδολογίες που περιγράφονται στο κεφάλαιο 3 (§ 3.2.2). Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε σύνθετο δείγμα εδάφους από έξι διαφορετικά σημεία με τυχαία κατανομή μέσα στον ελαιώνα και έγιναν δύο μετρήσεις για κάθε παράμετρο.

#### **4.2.1 Γαιοσκώληκες**

Η ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων εκτιμήθηκε με βάση το μέσο ατομικό βάρος των ακμαίων. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν ακμαία άτομα του *O. complanatus* που προήρχοντο από την εργαστηριακή εκτροφή του εργαστηρίου Γ. Ζωολογίας & Εντομολογίας του Γ.Π.Α. Όλα είχαν δημιουργήσει το επίσαγμα περίπου ταυτόχρονα και ήταν της ίδιας ηλικίας. Συγκεκριμένα σε κάθε πειραματικό δοχείο τοποθετήθηκαν 4 ακμαία, ωστόσο μόνο σε ένα δοχείο η σύσταση της τετράδας ήταν 3 ακμαία και 1 ατελές, το οποίο ήταν αρκετά ανεπτυγμένο και ζύγιζε 3,33g κατά την εισαγωγή. Λήφθηκε μέριμνα ώστε το μέσο βάρος της τετράδας των γαιοσκωλήκων κάθε δοχείου να είναι περίπου ίδιο σε όλα τα δοχεία. Για το σκοπό αυτό οι γαιοσκώληκες τοποθετήθηκαν σε δοχεία με υγρό απορροφητικό χαρτί επί 24 ώρες ώστε να αποβάλουν το πλείστον του περιεχομένου του πεπτικού τους σωλήνα. Ακολούθως στεγνώθηκαν ελαφρά με την βοήθεια απορροφητικού χαρτιού, ζυγίσθηκαν με ακρίβεια 0,01g με εργαστηριακό ζυγό (Portable, Sartorius AG, Göttingen, Germany) και χωρίσθηκαν σε τετράδες.

#### **4.2.2 Στερεές Τροφές**

Δοκιμάσθηκαν συνολικά 7 διαφορετικά υλικά στερεάς και υγρής μορφής και δημιουργήθηκαν 9 συνδυασμοί τροφών. Τα υλικά επιλέχθηκαν με γνώμονα την αφθονία τους στην ελληνική ύπαιθρο και επομένως την διαθεσιμότητά τους για χρήση σε μεγάλη κλίμακα ως υλικό εκτροφής. Αυτά ήταν:

**Φρέσκα φύλλα ελιάς.** Διαχωρίζονται σε μεγάλη ποσότητα κατά τα πρώτα στάδια του καθαρισμού του καρπού στα ελαιουργεία και από αυτή την πηγή προμηθευτήκαμε υλικό για τις ανάγκες του πειράματος από την περιοχή Παιανίας. Το υποπροϊόν αυτό κυρίως αξιοποιείται από τους κτηνοτρόφους που το δίδουν στα αιγοπρόβατα ως τροφή.

Τα φύλλα ελιάς εξετάστηκαν ως τροφή για τους γαιοσκώληκες είτε μόνα τους είτε σε ανάμιξη με υγρά απόβλητα ελαιουργείου (ΥΑΕ), σε 2 πυκνότητες, ισοδύναμες με τη μέγιστη επιτρεπτή δόση υδρολίπανσης των ελαιώνων ( $80\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) και τη μισή της ποσότητα ( $40\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) (ΦΕΚ 3924/7, 7 Δεκεμβρίου 2016). Αυτό έγινε σε μια προσπάθεια να εξετάσουμε εάν η κατά τα αποτελέσματα του Κεφ. 3 θετική επίδραση των υγρών αποβλήτων ελαιουργείων στο βάρος των γαιοσκωλήκων, διατηρείται ή και εάν βελτιώνεται με την προσθήκη φύλλων ελιάς, καθώς ο συνδυασμός τους σχετίζεται άμεσα με τις φυσικές συνθήκες εφαρμογής των αποβλήτων στους ελαιώνες.

Επιλέχθηκε ακόμα η **αγελαδινή κοπριά**, αυτούσια και μαζί με **τυρόγαλα**. Πηγή του υλικού αυτού ήταν το βουστάσιο του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, απ' όπου λήφθηκε νωπή κοπριά, η οποία χρησιμοποιήθηκε μετά από ένα μήνα περίπου ως τροφή στο πείραμα.

Τα **απορρίμματα εκκοκκισμού βάμβακος** είναι ότι μένει από τον εκκοκκισμό του σύσπορου βάμβακος μετά από τη λήψη των ινών και του σπόρου. Περιλαμβάνουν μη αξιοποιήσιμες ίνες, ίνες από άωρες κάψες, τριχίδια, σπόρους, καρπόφυλλα, κτένια, ξηρά φύλλα, μίσχους και ποδίσκους. Το υλικό αυτό το προμηθευτήκαμε από εκκοκκιστήριο της περιοχής Κωπαΐδας, τον Οκτώβριο 2017. Είναι ένα υλικό που παράγεται σε αφθονία όταν εφαρμόζεται μηχανική συγκομιδή του βαμβακιού.

Τα **υπολείμματα κοπής χλοοτάπητα** προήρχοντο από τον προαύλιο χώρο του Γ.Π.Α. Παραλήφθηκαν στις 10/11/2017, μετά την φθινοπωρινή φυλλόπτωση, ώστε να είναι κατά το δυνατόν αμιγή και να μην περιέχουν πεσμένα φύλλα.

Τα **φύλλα αμπέλου** προέρχονταν από βιολογική καλλιέργεια της περιοχής Νεμέας και είχαν συλλεχθεί από το έδαφος μετά την πτώση του φθινοπώρου της ίδιας χρονιάς.

Μετά τη συλλογή τους, όλα τα υλικά απλώθηκαν στο τσιμεντένιο δάπεδο μη θερμαινόμενου θερμοκηπίου στις εγκαταστάσεις του Γ.Π.Α., επάνω σε φύλλο πλαστικού επί 20 περίπου ημέρες ώστε να στεγνώσουν και στη συνέχεια αποθηκεύθηκαν μέσα σε πλαστικό σάκο σε ψυχρό χώρο ως τη χρήση τους. Η σύσταση των οργανικών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν ως τροφή στην παρούσα μελέτη φαίνεται στον πίνακα 4.2. Η τέφρα υπολογίστηκε ως διαφορά βάρους μετά

από αποτέφρωση των αφυδατωμένων υλικών σε κλίβανο στους 500°C επί 24 ώρες. Η περιεκτικότητα σε άνθρακα υπολογίστηκε από την οργανική ουσία με συντελεστή μετατροπής 1,724. Η οργανική ουσία μετρήθηκε με την μέθοδο της υγρής οξειδωσης με διχρωμικό Κάλιο (Walkley – Black) (Benton 2001). Η αφυδάτωση έγινε σε κλίβανο, στους 60°C επί 48 ώρες (Wilke 2005). Το ολικό N μετρήθηκε με την μέθοδο Keldhal (Ασημακόπουλος κ.ά. 2010).

**Πίνακας 4.2:** Χαρακτηριστικά των στερεών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν ως τροφή γαιοσκωλήκων.

Ιδιότητα	Φύλλα ελιάς	Κοπριά	Υπολείμματα εκκοκκισμού	Υπολείμματα χλοοτάπητα	Φύλλα αμπέλου
C (% ξ.β.)	50,75	46,81	46,64	45,07	51,22
Τέφρα (% ξ.β.)	12,50	19,30	19,60	22,30	11,70
Ολικό N(% ξ.β.)	1,29	2,55	2,32	2,47	0,84
C/N	39,30	18,36	20,10	18,25	60,98

#### 4.2.3 Υγρά Απόβλητα που χρησιμοποιήθηκαν ως τροφή

Τα υγρά απόβλητα ελαιουργείου που χρησιμοποιήθηκαν είχαν συλλεχθεί το Νοέμβριο 2017 από τριφασικό ελαιουργείο της περιοχής Παιανίας Αττικής. Μετά τη συλλογή, μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας και διατηρήθηκαν στο ψυγείο στους 3°C μέχρι τη χρήση τους, το Φεβρουάριο 2018. Τα ΥΑΕ χρησιμοποιήθηκαν σε δόσεις ισοδύναμες με 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> και 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> μαζί με φύλλα ελιάς και χωρίς φύλλα ελιάς σε δόση ισοδύναμη 160 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Οι δύο μικρότερες δόσεις αντιστοιχούν στη μέγιστη δόση εφαρμογής στο έδαφος ως υδρολίπανση και το ήμισυ αυτής (ΦΕΚ 3924/7, 7 Δεκεμβρίου 2016). Τη δόση των 160 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> την επιλέξαμε διότι περιέχει επαρκείς ποσότητες συστατικών ώστε να διερευνήσουμε αν οι γαιοσκώληκες μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα θρεπτικά συστατικά των ΥΑΕ για τη συντήρηση και την ανάπτυξη τους χωρίς να υφίστανται ζημιά. Επίσης χρησιμοποιήθηκε ορός γάλακτος (τυρόγαλα) από μίγμα αιγοπρόβειου γάλακτος που παραλήφθηκε από τυροκομείο της περιοχής Μαραθώνα Αττικής. Ήταν «θερμασμένο» υπόλειμμα διπλής τυροκόμησης, φέτας και ανθότυρου. Μετά την παραλαβή του αποθηκεύτηκε στην κατάψυξη μέχρι την ημέρα εφαρμογής. Στην

παρούσα μελέτη αποφασίσθηκε να χορηγηθεί το τυρόγαλα μαζί με αγελαδινή κοπριά, αφού και τα δύο παράγονται μέσα από συναφείς γεωργικές δραστηριότητες, σε ποσότητα ίση με τη μέγιστη επιτρεπόμενη της υδρολίπανσης με απόβλητα ελαιουργείου, δηλαδή  $80\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , για διευκόλυνση των συγκρίσεων. Το τυρόγαλα, αν και είναι ρυπογόνο και ανεπιθύμητο και περιέχει πολλά θρεπτικά συστατικά, δεν έχει χρησιμοποιηθεί ως τώρα στη γονιμότητα του εδάφους, ίσως διότι αξιοποιείται στη διατροφή παραγωγικών ζώων, κυρίως χοίρων ή ακόμα ως συστατικό του υποκατάστατου θηλασμού και στην ανθρώπινη διατροφή και τεχνολογία τροφίμων (Galina et al. 1995, Guimarães et al. 2010, Kristensen et al. 2015, Ryder et al. 2017). Η σύσταση των υγρών αποβλήτων ελαιουργείου και του τυρογάλακτος δίνονται στον πίνακα 4.3.

**Πίνακας 4.3:** Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων που μελετήθηκαν ως προς την καταλληλότητα τους για τροφή γαιοσκωλήκων.

<b>Ιδιότητα</b>	<b>ΥΑΕ</b>	<b>Τυρόγαλα</b>
<b>Ειδικό βάρος (<math>\text{g ml}^{-1}</math>)</b>	0,9896	1,018
<b>Υγρασία (%) w/v</b>	90,29	94,75
<b>C (%) w/v</b>	7,607	6,117
<b>Ξηρό βάρος (% v)</b>	8,67	7,05
<b>Ολικό N (<math>\text{g l}^{-1}</math>)</b>	0,50	0,34
<b>Ηλεκτρ. αγωγ. (<math>\text{mS cm}^{-1}</math>)</b>	9,11	13,68
<b>C/N</b>	76,07	89,96
<b>pH</b>	4,97	6,38
<b>Λίπος</b>	–	0,467
<b>Πρωτεΐνες</b>	–	0,49
<b>Λακτόζη</b>	–	5,267

Οι αναλύσεις έγιναν στο εργαστήριο Γεωργικής Χημείας και Εδαφολογίας με τις ίδιες μεθοδολογίες και εργαστηριακά όργανα μετρήσεων όπως για το έδαφος (§ 4.2 και 4.2.2). Για την ξήρανση χρησιμοποιήθηκε κλίβανος με θερμοκρασία  $105^\circ\text{C}$  επί 24 ώρες και για την αποτέφρωση άλλος κλίβανος με θερμοκρασία  $500^\circ\text{C}$  επί 24 ώρες επίσης. Ειδικά οι μετρήσεις για το pH, λίπος, πρωτεΐνη και λακτόζη του



τυρογάλακτος, έγιναν στο εργαστήριο Γαλακτοκομίας του Γ.Π.Α. με το όργανο MilkoScan 133 της εταιρίας Telso.

#### 4.2.4 Προετοιμασία και διεξαγωγή του πειράματος

Αφού γεμίσθηκαν τα δοχεία με έδαφος, έγινε ύγρανση αυτού με απιονισμένο νερό με ψεκασμό της επιφάνειας. Σε όσα δοχεία δεν χρησιμοποιήθηκαν Υγρά Απόβλητα έγινε ύγρανση με νερό ως 33% του ξηρού βάρους του εδάφους, ενώ σε όσα θα προστίθεντο υγρά υλικά έγινε αντίστοιχη μείωση του νερού ύγρανσης, ώστε όλα τα δοχεία είχαν δεχθεί σταθερή ποσότητα υγρών (περίπου 480 g). Τα δοχεία τοποθετήθηκαν σε υπόγειο μη θερμαινόμενο χώρο με σχετικά σταθερές συνθήκες περιβάλλοντος και παρέμειναν επί 2 ημέρες για να ενεργοποιηθεί η μικροχλωρίδα του εδάφους πριν την εισαγωγή των γαιοσκωλήκων (εικόνα 4.1).



**Εικόνα 4.1:** Τα πειραματικά δοχεία του πειράματος διατροφής.



**Εικόνα 4.2:** Οι γαιοσκώληκες κατά την καταγραφή τους μέσα από τα δοχεία πειρατισμού.

Την τρίτη ημέρα οι τετράδες των γαιοσκωλήκων τοποθετήθηκαν στην επιφάνεια του υποστρώματος μαζί με 4g από την αντίστοιχη στερεά τροφή, η οποία δίνονταν πάντα ψιλοτεμαχισμένη. Τα ΥΑΕ εφαρμόστηκαν σε 2 ίσες δόσεις στην επιφάνεια του εδάφους με ψεκασμό, η 1<sup>η</sup> μία ημέρα μετά την εισαγωγή των γαιοσκωλήκων και η 2<sup>η</sup> 1,5 μήνα μετά την έναρξη του πειράματος. Σε επιφάνεια

δοχείου 260,55cm<sup>2</sup> (13,5 x 19,3) βρέθηκε ότι αντιστοιχεί συνολική ποσότητα 208,44cm<sup>3</sup> υγρού για τη συγκέντρωση των 80m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> και 104,22cm<sup>3</sup> για τη συγκέντρωση των 40m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Για τη μεταχείριση «μόνο ΥΑΕ» που χορηγήθηκαν σε συγκέντρωση 160m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, αντιστοιχούν 416,88cm<sup>3</sup> υγρού (ΥΑΕ) σε κάθε δοχείο, τα οποία εφαρμόστηκαν με τον ίδιο τρόπο αλλά σε 3 ίσες δόσεις, η 1<sup>η</sup> με την έναρξη του πειράματος, η 2<sup>η</sup> 22 ημέρες μετά και η 3<sup>η</sup> 45 ημέρες μετά. Μετά την χορήγηση της 1<sup>ης</sup> δόσης υγρής τροφής τα δοχεία επιθεωρούντο και σε όσα επισημάνθηκαν νεκρά άτομα στην επιφάνεια έγιναν αντικαταστάσεις, ως το πολύ 7 ημέρες μετά την εισαγωγή των αρχικών γαιοσκωλήκων. Η εικόνα των αντικαταστάσεων δίνεται στον ακόλουθο πίνακα 4.4.

**Πίνακας 4.4:** Αριθμός ατόμων γαιοσκωλήκων που χρησιμοποιήθηκαν για την αντικατάσταση νεκρών γαιοσκωλήκων σε διάφορες τροφές ως 7 ημέρες από την έναρξη.

Αριθμός δοχείου	Τροφή	Αριθμός ατόμων
5	Φύλλα ελιάς + 40m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ΥΑΕ	1
11	Φύλλα ελιάς + 80m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ΥΑΕ	1
16	μόνο ΥΑΕ (160m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	2
22	κοπριά + τυρόγαλα	1

Πριν από την εφαρμογή της 2<sup>ης</sup> δόσης των υγρών παραπροϊόντων που χρησιμοποιήθηκαν ως τροφή καταγράφηκε η επιβίωση των γαιοσκωλήκων στις επεμβάσεις που δέχθηκαν απόβλητα. Για το σκοπό αυτό τα δοχεία κενώθηκαν και μετρήθηκαν οι ζωντανοί γαιοσκώληκες. Στο διάστημα αυτό λαμβάνονταν παρατηρήσεις ως προς την συμπεριφορά και ακεραιότητα των γαιοσκωλήκων, πχ κατανάλωση της τροφής, σχηματισμό κοπρολυμάτων, ύπαρξη ατόμων στην επιφάνεια του δοχείου, μορφολογία αυτών.

Κάθε 3 - 4 ημέρες η υγρασία του εδάφους ελεγχόταν με ζύγισμα των δοχείων με απλή ζυγαριά (Gold – PYREX<sup>®</sup>, France) και ακρίβεια 1g και προστίθετο το νερό που είχε εξατμισθεί με ψεκάσμο στην επιφάνεια. Επίσης κάθε εβδομάδα γίνονταν προσθήκη 4g αλεσμένης τροφής στην επιφάνεια του δοχείου με διασκόρπιση.

Στο σύνολο των μεταχειρίσεων οι μετρήσεις της επιβίωσης και του βάρους των γαιοσκωλήκων λήφθηκαν σε 28, 56 και 84 ημέρες από την έναρξη του πειράματος. Για το σκοπό αυτό τα δοχεία κενώνονταν και αναζητούντο οι

γαιοσκώληκες (εικόνα 4.2) μέσα στο έδαφος και τυχόν βομβύκια. Μετά τη μέτρηση του βάρους, το έδαφος μαζί με τους γαιοσκώληκες επανατοποθετούνταν στα δοχεία για τη συνέχιση του πειράματος.

Μετά από 84 ημέρες ολοκληρώθηκε το πείραμα της επίδρασης των τροφών στην ανάπτυξη των ακμαίων γαιοσκωλήκων, οι γαιοσκώληκες απομακρύνθηκαν από τα δοχεία και λήφθηκε ποσότητα εδάφους για εδαφολογικές αναλύσεις. Εκτιμήθηκαν οι παράμετροι pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα, ολικά εδαφικά άλατα, οργανική ουσία, ολικό εδαφικό άζωτο, λόγος C/N και αναπνευστική δραστηριότητα του εδάφους. Χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες μεθοδολογίες όπως και για το αρχικό έδαφος πριν την εγκατάσταση του πειράματος για το πλείστον των παραμέτρων που μετρήθηκαν. Επιπλέον για την εκτίμηση της μικροβιακής δραστηριότητας χρησιμοποιήθηκε η τροποποιημένη εργαστηριακή συσκευή των Birch & Friend (Manios et al. 1983, βλ. § 3.2.2 του κεφαλαίου 3).

Το πείραμα επίδρασης των τροφών στην ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων εγκαταστάθηκε την 20<sup>η</sup> Φεβρουαρίου 2018 και περατώθηκε την 18<sup>η</sup> Μαΐου 2018. Έγινε υπό συνθήκες σκότους καθ' όλο το εικοσιτετράωρο. Η θερμοκρασία του χώρου κατά το διάστημα του πειραματισμού το Φεβρουάριο κυμάνθηκε από 14°C – 18°C, το Μάρτιο 14°C – 19°C, τον Απρίλιο από 17°C – 21°C και το Μάιο από 21°C – 23°C. Η παρουσία βομβυκίων στα δοχεία εκτροφής τεκμηριώνει την ικανότητα αναπαραγωγής υπό τις δεδομένες συνθήκες του πειράματος και για την κάθε τροφή. Για το σκοπό αυτό, αμέσως μετά το πέρας του πειράματος ελέγξαμε το έδαφος για εύρεση νεαρών ατόμων και βομβυκίων.

Ο έλεγχος των επιδράσεων της τροφής έγινε κατά το εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο και το πείραμα ήταν διπαραγοντικό με παράγοντες α) το χρόνο με 3 επίπεδα (28, 56 και 84 ημέρες) και β) την τροφή με 9 επίπεδα: Φύλλα ελιάς, Φύλλα ελιάς + ΥΑΕ σε ποσότητα 40m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, Φύλλα ελιάς + ΥΑΕ σε ποσότητα 80m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, μόνο ΥΑΕ σε ποσότητα 160m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, Αγελαδινή κοπριά, Αγελαδινή κοπριά + τυρόγαλα σε ποσότητα 80m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, Απορρίμματα εκκοκκισμού βάμβακος, Υπολείμματα κοπής χλοοτάπητα και Φύλλα αμπέλου.

Η κάθε επανάληψη ήταν ένα δοχείο με 4 γαιοσκώληκες. Χρησιμοποιήθηκαν 4 επαναλήψεις για κάθε μεταχείριση. Ως εκτιμητής της ανάπτυξης των γαιοσκωλήκων χρησιμοποιήθηκε η εξέλιξη του σωματικού τους βάρους χρονικά και η διαφορά του

βάρους από αυτό στην έναρξη του πειράματος. Τα δεδομένα αναλύθηκαν με την βοήθεια της ANOVA και το κριτήριο του Tukey HSD και επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$ . Για τον έλεγχο της επίδρασης των τροφών στην επιβίωση των γαιοσκωλήκων όλοι οι μέσοι συγκρίθηκαν με το μάρτυρα (φύλλα αμπέλου) κατά την δοκιμασία Dunnett και επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 5\%$ . Η στατιστική ανάλυση έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα JMP (SAS Institute, 2012).

### 4.3 Αποτελέσματα

#### 4.3.1 Επίδραση της στερεάς και υγρής τροφής στους γαιοσκώληκες

Τα ποσοστά θνησιμότητας των γαιοσκωλήκων ανά μεταχείριση και σε κάθε περίοδο, όπως υπολογίσθηκαν συνεκτιμώντας και τις αντικαταστάσεις ατόμων (που παρουσιάζονται στον πίνακα 4.4), φαίνονται στον πίνακα 4.5. Ως μάρτυρας για τον παράγοντα «θνησιμότητα» χρησιμοποιήθηκε η μεταχείριση «φύλλα αμπέλου» διότι θεωρείται πολύ αποδεκτή τροφή, εύπεπτη και χωρίς τοξικούς παράγοντες (π.χ. πολυφαινόλες).

**Πίνακας 4.5:** Ποσοστό θνησιμότητας των γαιοσκωλήκων, αθροιστικά μετά από κάθε περίοδο μέτρησης, υπό την επίδραση διαφόρων τροφών ( $\% \pm$  τυπικό σφάλμα) και στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το μάρτυρα (φύλλα αμπέλου).

Τροφή	Αριθμός ατόμων που εισήχθησαν	28 ημέρες	56 ημέρες	84 ημέρες
Φύλλα ελιάς	16	0,0 $\pm$ 0,0 <sup>α</sup>	0,0 $\pm$ 0,0 <sup>α</sup>	6,3 $\pm$ 6,3 <sup>α</sup>
Φύλ. ελιάς + 40m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	17	10,0 $\pm$ 10,0 <sup>α</sup>	16,3 $\pm$ 9,8 <sup>α</sup>	16,3 $\pm$ 9,8 <sup>α</sup>
Φύλ. ελιάς + 80m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	17	5,0 $\pm$ 5,0 <sup>α</sup>	5,0 $\pm$ 5,0 <sup>α</sup>	11,3 $\pm$ 6,6 <sup>α</sup>
ΥΑΕ (160m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	18	68,8 $\pm$ 12,0 <sup>β</sup>	100,0 $\pm$ 0,0 <sup>β</sup>	100,0 $\pm$ 0,0 <sup>β</sup>
Κοπριά	16	18,8 $\pm$ 12,0 <sup>α</sup>	18,8 $\pm$ 11,9 <sup>α</sup>	25,0 $\pm$ 17,7 <sup>α</sup>
Κοπριά + τυρόγαλα	17	16,3 $\pm$ 9,8 <sup>α</sup>	16,3 $\pm$ 9,8 <sup>α</sup>	21,3 $\pm$ 14,2 <sup>α</sup>
Απορ. εκκοκκισμού	16	0,0 $\pm$ 0,0 <sup>α</sup>	0,0 $\pm$ 0,0 <sup>α</sup>	0,0 $\pm$ 0,0 <sup>α</sup>
Υπολείμ. χλοοτάπητα	16	12,5 $\pm$ 12,5 <sup>α</sup>	18,8 $\pm$ 18,8 <sup>α</sup>	25,0 $\pm$ 17,7 <sup>α</sup>
Φύλλα αμπέλου (μάρτυρας)	16	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	18,8 $\pm$ 11,9

Οι τιμές που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά με το μάρτυρα κατά Dunnett ( $\alpha=5\%$ ).

Το συνολικό ποσοστό θνησιμότητας σε σχέση με το σύνολο των χρησιμοποιηθέντων γαιοσκωλήκων, που δίνεται στην στήλη «84 ημέρες», ήταν

χαμηλό στις περισσότερες τροφές εκτός από τα «μόνο ΥΑΕ» όπου όλοι οι γαιοσκώληκες βρέθηκαν νεκροί ήδη μετά από 56 ημέρες. Κατά την 2<sup>η</sup> καταγραφή του βάρους (ημέρα 56<sup>η</sup>), παρατηρήθηκαν στοές μέσα στο έδαφος των δοχείων με «μόνο ΥΑΕ», από τις οποίες συμπεραίνεται ότι κάποια άτομα ήταν ζωντανά μετά την εφαρμογή της 3<sup>ης</sup> δόσης, την 45<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος, αλλά δεν επέζησαν ως την 56<sup>η</sup> ημέρα. Η ANOVA για το συνολικό ποσοστό θνησιμότητας έδειξε σημαντική επίδραση ( $F_{8,27} = 6,8$ ,  $P < 0,0001$ ). Η σύγκριση με το μάρτυρα έδειξε ότι αποκλειστικά τα «μόνο ΥΑΕ» διέφεραν σημαντικά. Ομοίως στις 28 και τις 56 ημέρες η ANOVA ήταν σημαντική ( $F_{8,27} = 6,27$ ,  $P < 0,0001$  και  $F_{8,27} = 12,36$ ,  $P < 0,0001$ , αντίστοιχα) και από τις τροφές μόνο τα «μόνο ΥΑΕ» διέφεραν σημαντικά με τον μάρτυρα. Παρατηρούμε ότι η θνησιμότητα παρουσίασε μικρή άνοδο με την πάροδο του χρόνου σε όλες τις τροφές εκτός από τα απορρίμματα εκκοκκισμού.

Τα φύλλα ελιάς, τα απορρίμματα εκκοκκισμού και τα φύλλα αμπέλου είχαν χαμηλή θνησιμότητα τουλάχιστον κατά τις 2 πρώτες περιόδους παρατηρήσεων, η κοπριά, η κοπριά + τυρόγαλα και τα υπολείμματα χλοοτάπητα είχαν μεγαλύτερη θνησιμότητα που αυξήθηκε μέχρι το τέλος των παρατηρήσεων. Αμφότερες οι δόσεις των ΥΑΕ ως πρόσθετο στην τροφή των γαιοσκωλήκων (φύλλα ελιάς) δεν φάνηκε να επηρεάζουν την επιβίωση, δεδομένου ότι σε διάστημα 56 ημερών, δηλ. 11 ημέρες μετά την εφαρμογή της 2<sup>ης</sup> δόσης, δεν παρατηρήθηκε μεγάλη αύξηση της θνησιμότητας. Τα ΥΑΕ σε συγκέντρωση  $160\text{m}^3\text{ha}^{-1}$  ως αποκλειστική και μόνη τροφή προκάλεσαν 100% θνησιμότητα μετά από 56 ημέρες, και αφού είχε χορηγηθεί όλη η ποσότητά τους. Σε μια προσπάθεια διερεύνησης της αιτίας της θνησιμότητας λήφθηκε άμεσα έδαφος από κάθε δοχείο με αυτή τη μεταχείριση, το οποίο βρέθηκε να έχει pH  $7,5 \pm 0,0$  και ηλεκτρική αγωγιμότητα  $3,3 \pm 0,1 \text{ mS cm}^{-1}$ .

Η στατιστική ανάλυση για το βάρος των γαιοσκωλήκων έδειξε σημαντικότητα ( $F_{35,108} = 13,0$ ,  $P < 0,0001$ ), η αλληλεπίδραση χρόνου και τροφής ήταν σημαντική ( $F_{24,108} = 6,3$ ,  $P < 0,0001$ ) και η επίδραση του παράγοντα «τροφή» ήταν σημαντική ( $F_{8,108} = 35,6$ ,  $P < 0,0001$ ). Αυτό οφείλεται στην επίδραση της μεταχείρισης «μόνο ΥΑΕ» η οποία προκάλεσε μεγάλη μείωση του βάρους ήδη από την πρώτη περίοδο μετρήσεων (28 ημέρες) και διέφερε σημαντικά από τις άλλες μεταχειρίσεις στις επόμενες μετρήσεις (Πίνακας 4.6). Η επίδραση του παράγοντα «χρόνος» ήταν σημαντική και η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι το μέσο συνολικό ατομικό βάρος

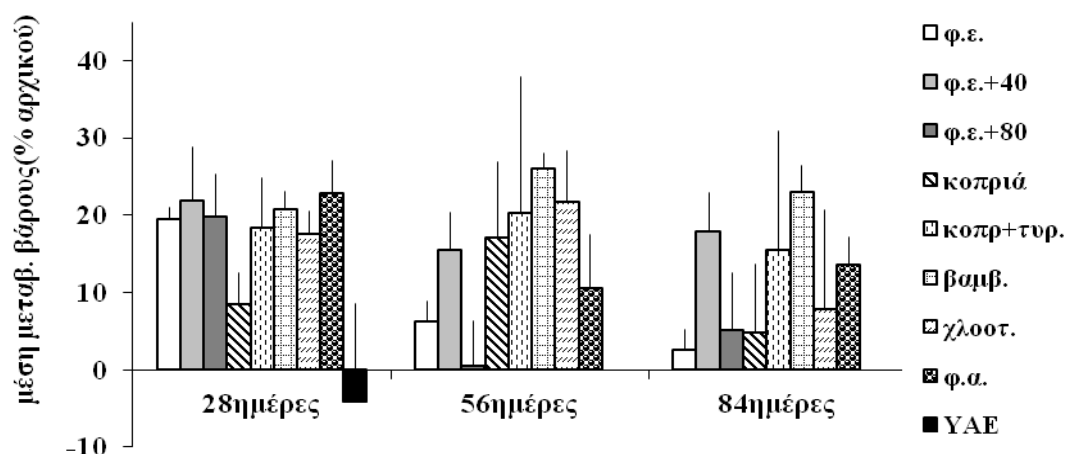
**Πίνακας 4.6:** Σωματικό βάρος (μέσος όρος  $\pm$  τυπικό σφάλμα) ατόμων γαιοσκωλήκων (g) υπό την επίδραση της τροφής στις τρεις περιόδους παρατηρήσεων και αρχικά.

Χρόνος	Φ. ελιάς	Φ. ελιάς + 40 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Φ. ελιάς + 80 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Μόνο Υ.Α.Ε	Κοπριά	Κοπριά + τυρόγαλα	Απορρίμ. εκκοκκισμ.	Υπολείμ χλοοτάπητα	Φ. αμπέλου
0 ημέρες	4,46 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>	4,39 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>	4,37 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>	4,41 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	4,35 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>	4,38 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	4,38 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	4,37 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>	4,36 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>
28 ημέρες	5,34 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>	5,36 $\pm$ 0,29 <sup>a</sup>	5,24 $\pm$ 0,23 <sup>ab</sup>	3,18 $\pm$ 1,16 <sup>b</sup>	4,73 $\pm$ 0,20 <sup>ab</sup>	5,07 $\pm$ 0,41 <sup>ab</sup>	5,29 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>	5,15 $\pm$ 0,17 <sup>ab</sup>	5,35 $\pm$ 0,13 <sup>a</sup>
56 ημέρες	4,74 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	5,08 $\pm$ 0,24 <sup>a</sup>	4,38 $\pm$ 0,23 <sup>a</sup>	0,00 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>	5,10 $\pm$ 0,40 <sup>a</sup>	5,28 $\pm$ 0,79 <sup>a</sup>	5,52 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>	5,33 $\pm$ 0,31 <sup>a</sup>	4,80 $\pm$ 0,27 <sup>a</sup>
84 ημέρες	4,58 $\pm$ 0,18 <sup>a</sup>	5,18 $\pm$ 0,20 <sup>a</sup>	4,60 $\pm$ 0,32 <sup>a</sup>	0,00 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>	4,56 $\pm$ 0,36 <sup>a</sup>	5,13 $\pm$ 0,64 <sup>a</sup>	5,38 $\pm$ 0,13 <sup>a</sup>	4,73 $\pm$ 0,60 <sup>a</sup>	4,95 $\pm$ 0,19 <sup>a</sup>

Οι μέσοι επί της ίδιας σειράς που συνοδεύονται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά κατά Tukey (P < 0,05).

κατά την πρώτη περίοδο μέτρησης (28 ημέρες) ήταν στατιστικά μεγαλύτερο σε σχέση με αυτό στις υπόλοιπες περιόδους και το αρχικό που δεν διέφεραν μεταξύ τους.

Στο γράφημα 4.1 παρουσιάζονται οι μεταβολές του μέσου ατομικού βάρους από το αρχικό σε κάθε μέτρηση και μετά από αναγωγή του αρχικού βάρους επί τοις εκατό, ώστε να μηδενισθεί η διαφοροποίηση λόγω παραλλακτικότητας στο ατομικό βάρος κατά την έναρξη. Η στατιστική ανάλυση και γι' αυτή τη μεταβλητή (σταθμισμένη % διαφορά μέσου ατομικού βάρους από αρχικό), παρουσίασε τις ίδιες τάσεις μεταβολών με το μέσο ατομικό βάρος, η ANOVA έδειξε σημαντικότητα ( $F_{26,81}=1,4$ ,  $P=0,1279$ ), η αλληλεπίδραση δεν ήταν σημαντική ( $F_{16,81}=0,64$ ,  $P=0,85$ ) ενώ η επίδραση της τροφής ήταν σημαντική ( $F_{8,81}=2,93$ ,  $P=0,0063$ ).



**Διάγραμμα 4.1:** Μέση εκατοστιαία μεταβολή του ατομικού βάρους των γαιοσκωλήκων από το αρχικό υπό την επίδραση των τροφών στις 3 περιόδους μετρήσεων.

Οι ράβδοι αντιστοιχούν στα τυπικά σφάλματα. (φ.ε.=φύλλα ελιάς, κοπρ+τυρ.=κοπριά +τυρόγαλα, βαμβ.= απορρίμματα εκκοκκισμού βάμβακος, χλοοτ.= υπολείμματα χλοοτάπητα, φ.α.=φύλλα αμπέλου)

Το βάρος των γαιοσκωλήκων αυξήθηκε αρχικά μετά από διατροφή με φύλλα ελιάς (πίνακας 4.6) αλλά στις επόμενες χρονικές περιόδους μειώθηκε προοδευτικά στα επίπεδα του αρχικού. Όταν μαζί με τα φύλλα ελιάς η διατροφή περιελάμβανε ΥΑΕ σε δόση  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ή  $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , το βάρος παρουσίασε παρόμοιες μεταβολές στο χρόνο. Τέλος, όταν ως τροφή χορηγήθηκε μόνο ΥΑΕ σε δόση  $160 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  το βάρος

παρουσίασε μείωση μετά από 28 μέρες και μηδενίστηκε στις επόμενες περιόδους δειγματοληψίας λόγω μη επιβίωσης των ατόμων.

Τα βάρη μετά από διατροφή με κοπριά και κοπριά μαζί με τυρόγαλα ακολούθησαν τον ίδιο τύπο μεταβολής μεταξύ τους και συγκεκριμένα αυξήθηκαν ως 56 ημέρες μετά την έναρξη του πειράματος και μειώθηκαν ελαφρά στη συνέχεια. Δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές μεταβολές ως προς το χρόνο. Η προσθήκη τυρογάλακτος επέφερε μικρή, μη σημαντική αύξηση στο μέσο ατομικό βάρος των γαιοσκωλήκων σε σχέση με τη χορήγηση μόνο κοπριάς σε κάθε χρόνο.

Εξετάζοντας τα τρία φυτικά υποστρώματα που απομένουν παρατηρούμε ότι τα υπολείμματα εκκοκκισμού και χλοοτάπητα παρουσίασαν τη μέγιστη αύξηση βάρους σε σχέση με το αρχικό στις 56 ημέρες, ενώ τα φύλλα αμπέλου στις 28 ημέρες. Κανένα από αυτά δεν έδειξε σημαντική μεταβολή στο χρόνο.

Πολύ μικρός αριθμός βομβυκίων και νεαρών ατόμων παρατηρήθηκαν κατά την τελευταία μέτρηση (84 ημέρες από την έναρξη του πειράματος) (Πίνακας 4.7).

**Πίνακας 4.7:** Στοιχεία που αφορούν στην αναπαραγωγή του *O. complanatus* κάτω από τις συνθήκες του πειράματος και υπό την επίδραση των διαφόρων τροφών.

Τροφή	Απόγονοι	Τροφή	Απόγονοι
φύλλα ελιάς	2 βομβύκια	κοπριά + τυρόγαλα	–
φ. ε. + 40m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ΥΑΕ	2 βομβύκια	απορ. εκκοκκισμού	2 βομβύκια
φ. ε. + 80m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ΥΑΕ	–	υπολ. χλοοτάπητα	1 βομβύκιο
ΥΑΕ (160m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	–	φύλλα αμπέλου	1 βομβύκιο
κοπριά	1 βομβύκιο + 1 νεαρό		

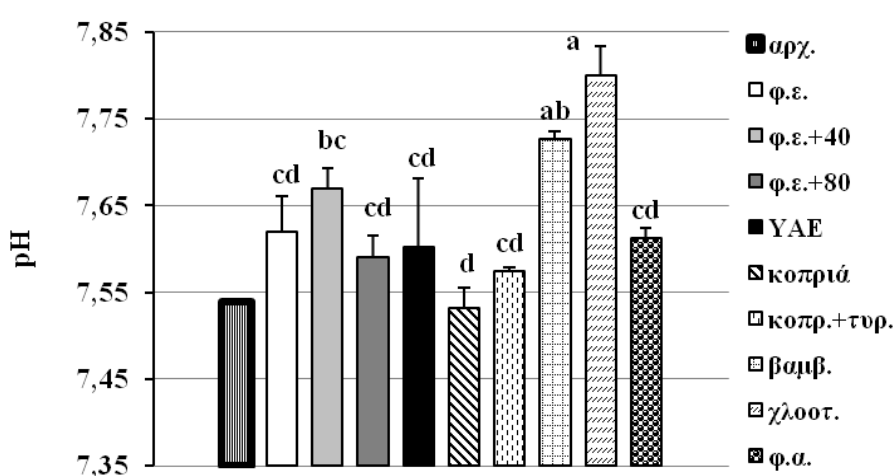
#### 4.3.2 Επίδραση της τροφής σε εδαφικές παραμέτρους

Στα γραφήματα 4.2 – 4.8 παρουσιάζονται οι μεταβολές σε βασικές παραμέτρους του εδάφους υπό την επίδραση των διαφορετικών τροφών στο τέλος του πειράματος (μετά από 84 ημέρες), μαζί με την τιμή του αρχικού εδάφους καθώς και τα αποτελέσματα της στατιστικής τους δοκιμασίας.

Όλα τα εδάφη μετά την προσθήκη των τροφών καθώς και το αρχικό βρίσκονται εντός του εύρους τιμών των «ελαφρά αλκαλικών» εδαφών (7,4 – 7,8)



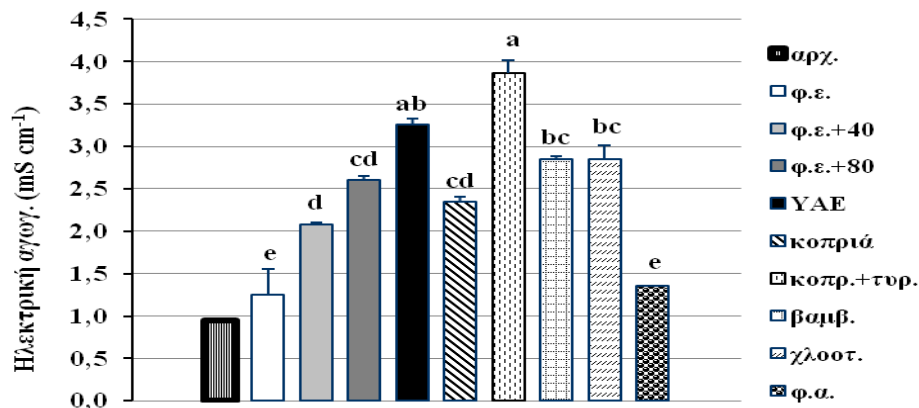
(διάγραμμα 4.2). Καταγράφηκαν σημαντικά στατιστικές διαφορές ( $F_{8,27} = 11,40$ ,  $P < 0,0001$ ) μεταξύ των εδαφών ως προς το pH. Συγκεκριμένα τα υπολείμματα χλοοτάπητα ήταν το πιο αλκαλικό έδαφος και διέφερε από όλα τα υπόλοιπα εκτός από τα υπολείμματα εκκοκκισμού που ήταν δεύτερα. Επίσης σχετικά υψηλό pH διαμορφώθηκε με την επίδραση των φύλλων ελιάς και  $40\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  ΥΑΕ. Εξαιρώντας αυτές τις 3 τροφές, οι υπόλοιπες δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους. Το λιγότερο αλκαλικό έδαφος ήταν αυτό της διατροφής με κοπριά.



**Διάγραμμα 4.2:** Επίδραση της τροφής των γαιοσκωλήκων στο εδαφικό pH μετά από 84 ημέρες.

Οι ράβδοι αντιστοιχούν στα τυπικά σφάλματα. Μέσοι συνοδευόμενοι από το ίδιο γράμμα δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (αρχ.=αρχικό, φ.ε.=φύλλα ελιάς, κοπρ+τυρ.=κοπριά +τυρόγαλα, βαμβ.=απορρίμματα εκκοκκισμού βάμβακος, χλοοτ.=υπολείμματα χλοοτάπητα, φ.α.=φύλλα αμπέλου).

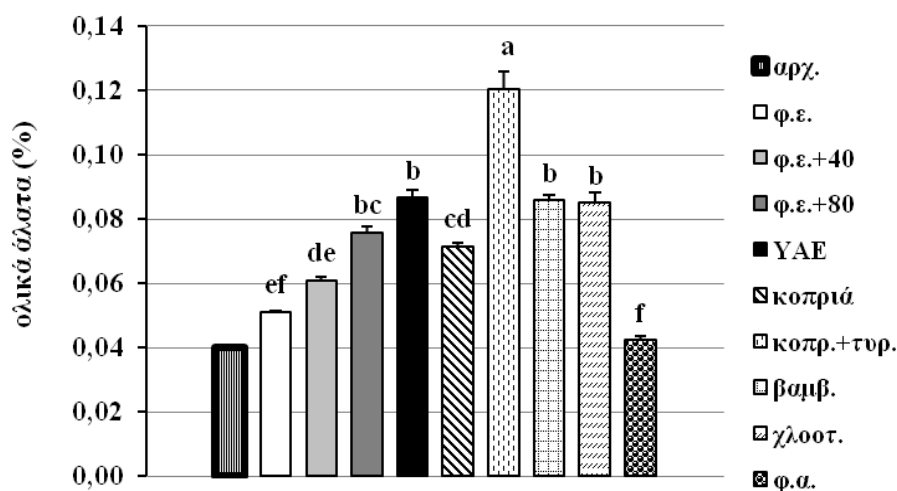
Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των εδαφών σημείωσε αύξηση ως προς την αρχική τιμή σε όλες τις τροφές (διάγραμμα 4.3). Όλα τα εδάφη χαρακτηρίστηκαν «κανονικά» ως προς την ηλεκτρική αγωγιμότητα διότι κανένα δεν ξεπέρασε το όριο των  $4 \text{ mS cm}^{-1}$ . Μολαταύτα σημειώθηκαν στατιστικές διαφοροποιήσεις υπό την επίδραση των τροφών ( $F_{8,27} = 41,76$ ,  $P < 0,0001$ ). Μεγαλύτερη αγωγιμότητα είχε το έδαφος που είχε δεχθεί την επέμβαση κοπριά + τυρόγαλα, το οποίο διέφερε από όλα τα υπόλοιπα εκτός από τα «μόνο ΥΑΕ». Τις χαμηλότερες τιμές έλαβαν τα φύλλα αμπέλου και τα φύλλα ελιάς χωρίς προσθήκη αποβλήτων, τα οποία διέφεραν σημαντικά από όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις (διάγραμμα 4.3).



**Διάγραμμα 4.3:** Επίδραση της τροφής των γαισκολήκων στην ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους.

Οι ράβδοι αντιστοιχούν στα τυπικά σφάλματα. Μέσοι συνοδευόμενοι από το ίδιο γράμμα δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. (αρχ.=αρχικό, φ.ε.=φύλλα ελιάς, κοπρ+τυρ.=κοπριά+τυρόγαλα, βαμβ.=απορρίμματα εκκοκκισμού βάμβακος, χλοοτ.=υπολείμματα χλοοτάπητα, φ.α.=φύλλα αμπέλου).

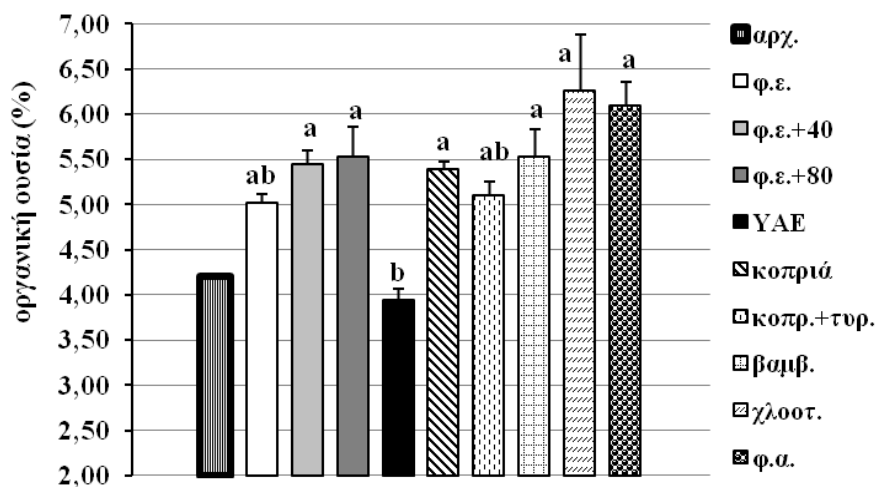
Κατά αναλογία με την ηλεκτρική αγωγιμότητα, τα ολικά άλατα των εδαφών αυξήθηκαν από το αρχικό, εκτός από τα φύλλα αμπέλου που έλαβαν την ίδια τιμή (διάγραμμα 4.4). Η ANOVA έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $F_{8,27} = 69,83$ ,  $P < 0,0001$ ). Το τυρόγαλα υπήρξε η πιο αλατούχα τροφή από όλες και διέφερε στατιστικά από τις υπόλοιπες. Τα ΥΑΕ ως αποκλειστική τροφή δεν διέφεραν ως προς τα ολικά άλατα από τις τροφές απορρίμματα εκκοκκισμού, υπολείμματα χλοοτάπητα και φύλλα ελιάς +  $80\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  ΥΑΕ. Τα φύλλα ελιάς χωρίς απόβλητα μαζί με τα φύλλα αμπέλου ήταν οι λιγότερο αλατούχες τροφές. Παρά τις παραπάνω διαφοροποιήσεις, τα ολικά άλατα κυμάνθηκαν σε χαμηλές τιμές και όλα τα εδάφη χαρακτηρίστηκαν «κανονικά» ως προς τα άλατα ( $< 0,2\%$ ).



**Διάγραμμα 4.4:** Επίδραση της τροφής των γαιοσκωλήκων στα ολικά άλατα του εδάφους.

Οι ράβδοι αντιστοιχούν στα τυπικά σφάλματα. Μέσοι συνοδευόμενοι από το ίδιο γράμμα δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (αρχ.=αρχικό, φ.ε.=φύλλα ελιάς, κοπρ+τυρ.=κοπριά +τυρόγαλα, βαμβ.=απορρίμματα εκκοκκισμού βάμβακος, χλοοτ.=υπολείμματα χλοοτάπητα, φ.α.=φύλλα αμπέλου).

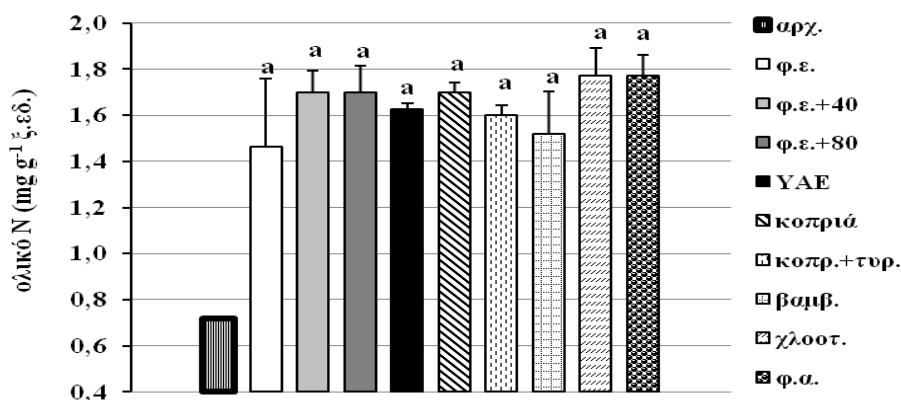
Αν και δεν μπορεί να γίνει στατιστική επεξεργασία, όλα τα εδάφη είχαν αυξημένη οργανική ουσία σε σχέση με το αρχικό εκτός από την αποκλειστική διατροφή με ΥΑΕ που είχε την ίδια περιεκτικότητα (διαγραμμα 4.5). Μετά από 84 ημέρες διατροφής όλα τα εδάφη χαρακτηρίστηκαν ως «πλούσια» σε οργανική ουσία (> 5%) εκτός από το «μόνο ΥΑΕ» που ήταν απλά «εφοδιασμένο» (3 – 5%). Η στατιστική ανάλυση έδειξε σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ( $F_{8,27} = 5,33$ ,  $P < 0,0005$ ) και η μοναδική μεταχείριση που διέφερε σημαντικά από τις υπόλοιπες, εκτός από τα φύλλα ελιάς χωρίς προσθήκη αποβλήτων και την κοπριά + τυρόγαλα ήταν τα «μόνο ΥΑΕ». Οι υπόλοιπες τροφές δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους.



**Διάγραμμα 4.5:** Επίδραση της τροφής των γαιοσκωλήκων στην οργανική ουσία του εδάφους.

Οι ράβδοι αντιστοιχούν στα τυπικά σφάλματα. Μέσοι συνοδευόμενοι από το ίδιο γράμμα δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (αρχ.=αρχικό, φ.ε.=φύλλα ελιάς, κοπρ+τυρ.=κοπριά +τυρόγαλα, βαμβ.= απορρίμματα εκκοκκισμού βάμβακος, χλοοστ.= υπολείμματα χλοοτάπητα, φ.α.=φύλλα αμπέλου).

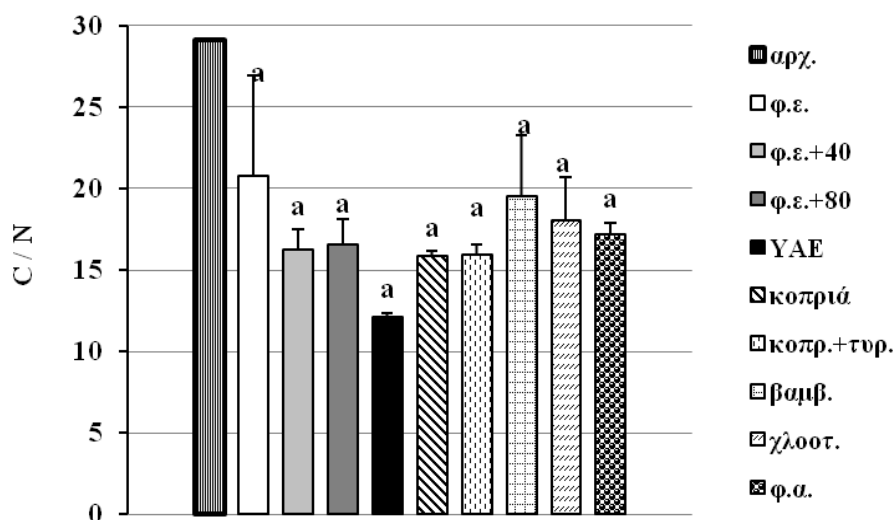
Η περιεκτικότητα των εδαφών σε ολικό Ν φαίνεται να αυξήθηκε από το αρχικό έδαφος υπό την επίδραση των διαφορετικών τροφών (διαγραμμα 4.6). Όλα τα εδάφη ανήκαν στην κλάση «μέτρια εφοδιασμένα» ( $1,5 - 2 \text{ mg g}^{-1} \text{ ξ.εδ.}$ ). Η στατιστική ανάλυση δεν έδειξε σημαντική διαφορά μεταξύ των τροφών ( $F_{8,27} = 0,63, P = 0,75$ ).



**Διάγραμμα 4.6:** Επίδραση της τροφής των γαιοσκωλήκων στο ολικό άζωτο του εδάφους.

Οι ράβδοι αντιστοιχούν στα τυπικά σφάλματα. Μέσοι συνοδευόμενοι από το ίδιο γράμμα δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (αρχ.=αρχικό, φ.ε.=φύλλα ελιάς, κοπρ+τυρ.=κοπριά +τυρόγαλα, βαμβ.=απορρίμματα εκκοκκισμού βάμβακος, χλοοστ.=υπολείμματα χλοοτάπητα, φ.α.=φύλλα αμπέλου).

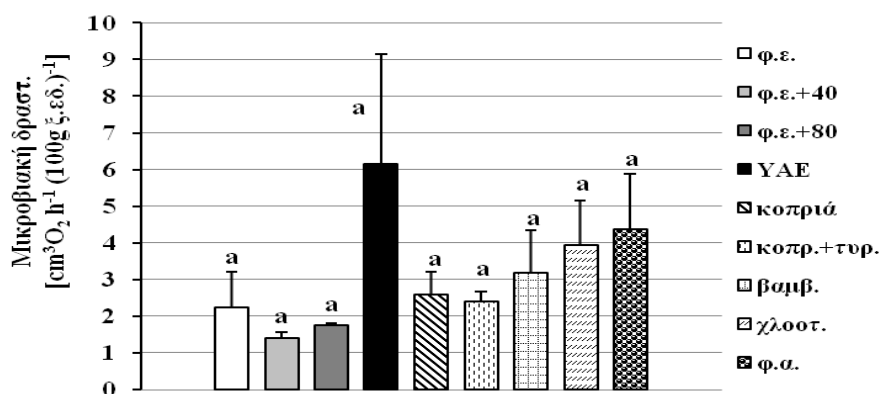
Όλες οι τροφές προκάλεσαν μείωση του λόγου C / N σε σχέση με το αρχικό έδαφος (διαγραμμα 4.7). Μικρότερος από όλους ήταν ο λόγος με «μόνο ΥΑΕ». Τα φύλλα ελιάς χωρίς προσθήκη αποβλήτων και τα υπολείμματα εκκοκκισμού είχαν τους υψηλότερους λόγους σε σχέση με τις υπόλοιπες τροφές. Η ANOVA δεν έδειξε σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των τροφών ( $F_{8,27} = 0,84, P = 0,57$ ).



**Διάγραμμα 4.7:** Επίδραση της τροφής των γαιοσκωλήκων στον λόγο C/N του εδάφους.

Οι ράβδοι αντιστοιχούν στα τυπικά σφάλματα. Μέσοι συνοδευόμενοι από το ίδιο γράμμα δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (αρχ.=αρχικό, φ.ε.=φύλλα ελιάς, κοπρ+τυρ.=κοπριά +τυρόγαλα, βαμβ.=απορρίμματα εκκοκκισμού βάμβακος, γλοοτ.=υπολείμματα γλοοστάπητα, φ.α.=φύλλα αμπέλου).

Τα εδάφη δεν διαφοροποιήθηκαν στατιστικά σημαντικά ως προς την αναπνευστική δραστηριότητα του εδάφους ( $F_{8,27} = 1,29$ ,  $P = 0,29$ ) (διάγραμμα 4.8). Ωστόσο, η μεταχείριση «μόνο ΥΑΕ» έδειξε υψηλότερη μέση κατανάλωση οξυγόνου από τα υπόλοιπα εδάφη.



**Διάγραμμα 4.8:** Επίδραση της τροφής των γαιοσκωλήκων στην αναπνευστική δραστηριότητα του εδάφους.

Οι ράβδοι αντιστοιχούν στα τυπικά σφάλματα. Μέσοι συνοδευόμενοι από το ίδιο γράμμα δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (φ.ε.=φύλλα ελιάς, κοπρ+τυρ.=κοπριά+τυρόγαλα, βαμβ.= απορρίμματα εκκοκκισμού βάμβακος, χλοοστ.=υπολείμματα χλοοτάπητα, φ.α.=φύλλα αμπέλου).

## 4.4 Συζήτηση

### 4.4.1 Επίδραση της τροφής στους γαιοσκώληκες

Η θνησιμότητα των γαιοσκωλήκων υπό την επίδραση των διαφόρων τροφών δεν ήταν υψηλή καθώς κυμάνθηκε μεταξύ 0% στα απορρίμματα εκκοκκισμού βάμβακος και 25% στην κοπριά και τα υπολείμματα χλοοτάπητα, με μόνη εξαίρεση τη μεταχείριση όπου χρησιμοποιήθηκαν αποκλειστικά ΥΑΕ. Κατά την πρώτη μέτρηση, στην κοπριά παρουσιάσθηκαν ελαφρώς μεγαλύτερες απώλειες ( $18,8 \pm 11,9$ )% από όλες τις μεταχειρίσεις. Το υλικό αυτό είχε υποστεί προμεταχείριση, για να απαλλαγεί από την περίσσεια αμμωνίας και άλλων πτητικών τοξικών ενώσεων (Lowe et al. 2005), ωστόσο μπορεί να διατηρούσε κάποια υπολείμματα τα οποία ίσως επηρέασαν την επιβίωση των γαιοσκωλήκων. Η αιτία θνησιμότητας στις διάφορες τροφές, δεν φαίνεται να είναι οι μεταβολές στις εδαφολογικές ιδιότητες καθώς κυμάνθηκαν σε κανονικά επίπεδα μέχρι το τέλος του πειράματος (διαγράμματα 4.2 –

4.8). Από τις τροφές που εξετάστηκαν τα φύλλα ελιάς, τα απορρίμματα εκκοκκισμού και τα φύλλα αμπέλου ευνόησαν σχετικά περισσότερο την επιβίωση στις πρώτες 28 και 56 ημέρες (πίνακας 4.5), χωρίς να σημειωθούν σημαντικές διαφορές.

Όλες οι τροφές που δοκιμάστηκαν, εκτός από τα «μόνο ΥΑΕ», ήταν εξ ίσου ικανές να διατηρήσουν ή και να προκαλέσουν μη σημαντική αύξηση στο μέσο ατομικό βάρος και σε κάθε χρονική περίοδο χωριστά (πίνακας 4.6). Δεν παρατηρήθηκε διαφοροποίηση μεταξύ ζωικής και φυτικής προελεύσεως τροφών. Αυτό είναι αντίθετο από τα ερευνητικά αποτελέσματα του Butt (2011a), ο οποίος βρήκε ότι η κοπριά ίππων αύξησε σημαντικά το σωματικό βάρος και τον αριθμό των βομβυκίων που παράγονται από το είδος *L. terrestris* σε σχέση με τα φύλλα σημύδας. Ο Edwards (1998) βρήκε ότι το ενδόγειο, τροπικό είδος *Perionyx excavatus* (Perr.) (Classitellata: Megascolecidae) μπορεί να αναπτυχθεί με γρήγορους ρυθμούς σε αγελαδινή κοπριά και άλλα υλικά όχι όμως σε κοπριά ίππων. Η διαφοροποίηση μεταξύ των αποτελεσμάτων μας και των παραπάνω μελετών μπορεί να οφείλεται στα διαφορετικά είδη γαιοσκωλήκων και φυτού ή στην παραλλακτικότητα των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν ως τροφές, τα οποία, επειδή προκύπτουν ως παραπροϊόντα κατά την παραγωγή άλλων κύριων αγαθών, έχουν μεγάλη ανομοιομορφία.

Η κοπριά είναι ένα καταξιωμένο υλικό για την διατροφή των γαιοσκωλήκων και έχει χρησιμοποιηθεί πολλές φορές αυτούσια ή σε μίγματα, λόγω της μεγάλης θρεπτικότητας και πεπτικότητας της ειδικά για είδη που πραγματοποιούν κομποστοποίηση π.χ. *Eisenia fetida* και *Eudrilus eugeniae* Kinberg, 1867 (Classitellata: Eudrilidae) (Lalander et al. 2015, Li et al. 2016, Xie et al. 2016). Ως τροφή των ανοδικών γαιοσκωλήκων έχει προταθεί με θετικά αποτελέσματα για την ανάπτυξη και γενικά για την εκτροφή από τους Lowe et al. (2005) και αυτό επιβεβαιώθηκε και στην παρούσα μελέτη. Κάποιοι ερευνητές αναφέρουν ως καλύτερη τροφή σε σχέση με την κοπριά τα φυτικής προελεύσεως υλικά. Συγκεκριμένα οι Larsen et al. (2016) υποστήριξαν ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της τροφής που επιλέγεται από τα ανοδικά είδη είναι φυτικής προελεύσεως και οι Grigoropoulou et al. (2008) επέλεξαν φυτικό υλικό για την εκτροφή του είδους *L. terrestris*. Στην παρούσα μελέτη, αν και δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές, η κοπριά προκάλεσε μικρότερη αύξηση στο ατομικό βάρος του *O. complanatus* σε σχέση με τα φυτικής προέλευσης υλικά (διάγραμμα 4.1).

Η καλύτερη τροφή για την ανάπτυξη και επιβίωση (μηδενικό ποσοστό θνησιμότητας) ήταν τα απορρίμματα εκκοκκισμού βάμβακος, χωρίς όμως σημαντικότητα. Αυτό το υλικό είναι πλούσιο σε ενέργεια διότι περιέχει μεγάλη αναλογία κυτταρινούχων συστατικών και συγκεκριμένα ίνες και τριχίδια που αποβάλλονται από τη μάζα του σύσπορου. Είναι η πρώτη φορά που μελετάται το υλικό αυτό ως τροφή για τους γαιοσκώληκες ώστε δεν υπάρχουν προηγούμενες αναφορές στη βιβλιογραφία. Μολαταύτα είναι γνωστό ότι τα κυτταρινούχα υλικά έχουν σημαντική επίδραση σε διάφορες βιολογικές παραμέτρους των γαιοσκωλήκων. Από τη μελέτη των Butt et al. (1992) γίνεται φανερό ότι η χρήση του πολτού χάρτου ως τροφή του ανοδικού είδους *L. terrestris* μπορεί να επιταχύνει την ανάπτυξη καλύτερα από την κοπριά και να αυξήσει την επιβίωση, ενώ η προσθήκη πρωτεϊνούχων υλικών στην τροφή (υπολείμματα ζυθοποιίας) βελτιώνει ακόμα περισσότερο τη θετική επίδραση των κυτταρινούχων υλικών. Επίσης, οι Domínguez et al. (1997) μελετώντας την επίδραση διαφόρων τροφών στο επίγειο είδος *Eisenia andrei* Bouché, 1972 αναφέρουν ότι ο υψηλός λόγος C/N επιδρά αρνητικά σε διάφορες βιολογικές παραμέτρους και η προσθήκη διαφόρων κυτταρινούχων υλικών (χαρτόνι, χαρτί) σε μια πρωτεϊνούχα δίαιτα ευνοεί την αναπαραγωγή, αν και προκαλεί μείωση της μέγιστης σωματικής ανάπτυξης.

Τα ΥΑΕ προκάλεσαν ολική θνησιμότητα όταν χορηγήθηκαν ως υποχρεωτική και αποκλειστική τροφή σε δόση  $160 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Η θνησιμότητα ήταν σοβαρή από την εφαρμογή του πρώτου κλάσματος της δόσης και έγινε ολική με την εφαρμογή του τρίτου κλάσματος. Η θνησιμότητα στην περίπτωση αυτή δεν οφείλεται στην επίδραση των ΥΑΕ επί του εδαφικού pH ή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους, όπως αποδεικνύεται από τις μετρήσεις τους που έγιναν κατά την δεύτερη μέτρηση του σωματικού βάρους (§ 4.4.1). Τα περιεχόμενα συστατικά όχι μόνο δεν ήταν ικανά να συντηρήσουν τους γαιοσκώληκες, αλλά ήταν επιπλέον τοξικά για την επιβίωση τους. Τα οργανικά συστατικά των ΥΑΕ είναι κυρίως οργανικά σάκχαρα και σε μικρότερες συγκεντρώσεις οργανικά οξέα, φαινολικές ενώσεις, πολυαλκοόλες, πεκτίνες και έλαια (Lanza et al. 2017, Χατζηπαυλίδης 1999, Komnitsas et al. 2012, Gebreyohannes et al. 2016 και άλλοι). Η χημική σύσταση των ΥΑΕ και τα τοξικά τους συστατικά (υψηλό επίπεδο πολυφαινολών, λιπών, υψηλό λόγο C/N και χαμηλό pH), όπως έχει αποδειχθεί από άλλες μελέτες στις οποίες τα ΥΑΕ εφαρμόστηκαν σε



υψηλότερες συγκεντρώσεις, είναι ικανά να προκαλέσουν οξειδωτική καταπόνηση, νευροτοξικότητα και θάνατο (Hentati et al. 2016, Campani et al. 2017, Mkinini et al. 2019). Τα αίτια αυτά πιθανώς να προκάλεσαν το θάνατο των γαιοσκωλήκων στην τροφή «μόνο ΥΑΕ». Επιπλέον παρατηρήσαμε ότι λόγω των αιωρούμενων στερεών των ΥΑΕ, παχύ στρώμα αυτών επικάθονταν στην επιφάνεια του εδάφους με πολύ πιθανή συνέπεια την απόφραξη των πόρων αερισμού. Ακόμα, οι μικροοργανισμοί πιθανώς παρεμποδίζονταν σημαντικά λόγω των φαινολικών αναστολέων και καθυστερούσαν να πολλαπλασιαστούν και να πραγματοποιήσουν την διάσπαση πολύπλοκων ενώσεων, οι οποίες δεν είναι αρεστές ούτε αφομοιώσιμες από τους γαιοσκώληκες. Σύμφωνα με τους Aira et al. (2009b), το είδος *O. complanatus* βασίζεται κατά μεγάλο μέρος στους μικροοργανισμούς για την διατροφή του διότι το πεπτικό του σύστημα έχει χαμηλή ενζυμική ικανότητα ως προς κάποιες τροφές, όπως η ιλύς χοιροστασίων. Επομένως η παρεμπόδιση των μικροοργανισμών από τα ΥΑΕ αποτελεί ένα ακόμα λόγο αδυναμίας επιβίωσης. Οι γαιοσκώληκες δεν ανέχονται μεγάλες δόσεις από αυτό το απόβλητο και εκδήλωσαν αντιδράσεις αποστροφής κατά τον πειραματισμό των Sanchez-Hernandez et al. (2020). Σύμφωνα με τα παραπάνω τα ΥΑΕ, ως αποκλειστική διατροφή γαιοσκωλήκων, είναι ικανά να εξοντώσουν τους γαιοσκώληκες.

Τα ΥΑΕ ως πρόσθετο στην διατροφή με φύλλα ελιάς επέδρασαν θετικά μόνο στην μικρή δόση των  $40 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ , ενώ η δόση των  $80 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  μείωσε την απόδοση των φύλλων ελιάς ως τροφή, αριθμητικά αλλά όχι στατιστικά. Η χαμηλότερη δόση ΥΑΕ επέτρεψε τον πολλαπλασιασμό των γαιοσκωλήκων (πίνακας 4.8), ενώ δεν υπάρχει ένδειξη για αναπαραγωγή στην υψηλότερη δόση. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε αντίθεση με τα ευρήματα του κεφαλαίου 3, όπου είχε βρεθεί ότι το μέσο ατομικό βάρος των γαιοσκωλήκων επηρεάζεται θετικά από την υδρολίπανση με ΥΑΕ ανάλογα με την δόση. Η διαφορά αυτή μπορεί να οφείλεται στην διαφορετική τροφή που χρησιμοποιήθηκε (φύλλα αμπέλου) ή και σε παραλλακτικότητα στη σύσταση των ΥΑΕ, όπως φαίνεται στους πίνακες 3.3 & 4.3 καθώς και στο διάστημα αποθήκευσης τους.

Σε σχέση με τη χρήση των ΥΑΕ σε ελαιώνες ως υδρολίπανση, τα παραπάνω αποτελέσματα μας οδηγούν σε μια πρόταση βελτίωσης της αξιοποίησης των ΥΑΕ: όταν εφαρμόζονται τα ΥΑΕ στο έδαφος πρέπει να επιλέγεται δόση κατώτερη των 160

$m^3ha^{-1}$  και να προστίθεται μαζί και οργανική ουσία ώστε να επιτυγχάνεται μια ολοκληρωμένη ευεργετική επίδραση στο εδαφικό οικοσύστημα συνδυάζοντας πλουσιότερη παροχή θρεπτικών συστατικών προς τα φυτά μαζί με ισορροπημένη τροφοδοσία προς τους οργανισμούς του εδάφους, όπως οι γαιοσκώληκες, με απώτερο στόχο την αναζωογόνηση του εδαφικού συστήματος και την βελτίωση της λειτουργικότητάς του. Η οργανική ουσία, εάν δεν υπάρχει σε ικανοποιητικό επίπεδο, μπορεί να προστεθεί με ενσωμάτωση πριν ή μετά από τη διασκόρπιση των ΥΑΕ (κοπριά, χλωρή λίπανση, κομπόστ, απόβλητα ποικίλης προελεύσεως), ως επιστροφή επί του εδάφους ή ως χλωρή λίπανση.

Η χρήση του τυρογάλακτος βελτίωσε αρκετά αλλά όχι σημαντικά την θετική επίδραση της κοπριάς, πιθανώς διότι το τυρόγαλα περιέχει πολλά θρεπτικά συστατικά, όπως πρωτεΐνες και λακτόζη που μπορεί να παρέχουν στους γαιοσκώληκες μαζί με την κοπριά, μια θρεπτική δίαιτα, παρότι ο λόγος C/N του συστατικού αυτού ήταν πολύ υψηλός (104,2) (πίνακας 4.3). Είναι η πρώτη φορά που το υλικό αυτό χρησιμοποιείται στη διατροφή των γαιοσκωλήκων και η βιβλιογραφία δεν έχει δεδομένα επάνω σ' αυτό. Είναι όμως γνωστό ότι οι γαιοσκώληκες αποδέχονται αυτό το υλικό και έχουν χρησιμοποιηθεί στην δημιουργία βιοφίλτου αποτελούμενου από μικροοργανισμούς και γαιοσκώληκες μαζί ή χωρίς φυτικά είδη με σκοπό την απορύπανση του νερού που περιέχεται στο τυρόγαλα (Singh et al. 2019). Το αρνητικό στοιχείο που συνοδεύει το τυρόγαλα είναι η υψηλή του αλατότητα (πίνακας 4.3) που όμως στην παρούσα εργασία δεν επέδρασε αρνητικά στην ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων. Όπως ισχυρίζονται οι Wu et al. (2019) η αλατότητα ενδέχεται να προκαλέσει ακόμα μεγαλύτερη αύξηση του ατομικού βάρους καθώς δρα ως φαγοδιεγερτικό αυξάνοντας την κατανάλωση τροφής. Η αλατούχα φύση του τυρογάλακτος πιθανώς να ήταν η αιτία για την μηδενική αναπαραγωγή των γαιοσκωλήκων που σημειώσαμε στη μεταχείριση αυτή (πίνακας 4.7) (Owojori et al., 2009).

Αν εξαιρέσουμε το βαμβάκι ως τροφή, τα υπόλοιπα τρία φυτικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν (υπολείμματα χλοοτάπητα, φύλλα αμπέλου, φύλλα ελιάς) παρουσίασαν πολύ μικρές διαφορές μεταξύ τους ως προς την επίδραση που είχαν στην ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων. Τα υπολείμματα χλοοτάπητα είναι το πιο ασταθές από τα τρία ως προς την σύσταση, έχει σχετικά μικρότερο λόγο C/N λόγω

της υψηλής περιεκτικότητας σε άζωτο και της μικρής αναλογίας σε οργανική ουσία (πίνακας 4.2). Όταν είναι φρέσκα, μπορούν να αποδομηθούν ταχύτατα από τους μικροοργανισμούς λόγω του ευνοϊκού λόγου C/N, ώστε η περίσσεια αζώτου μένει αναξιοποίητη και χάνεται στην ατμόσφαιρα μετά από εξαέρωση (Domínguez et al. 2000). Τα υπολείμματα χλοοτάπητα και τα φύλλα ελιάς χρειάζονται περίοδο προμεταχείρισης πριν δοθούν ως τροφή για να μειωθούν τα υψηλά επίπεδα αμμωνίας και πολυφαινολών αντίστοιχα.

Τα φύλλα αμπέλου, παρά τον συγκριτικά υψηλό λόγο C/N (πίνακας 4.2), έχουν μια πολύ επιθυμητή σύσταση για τροφή γαιοσκωλήκων, χωρίς παρεμποδιστές οποιασδήποτε κατηγορίας και μπορούν να καταναλωθούν άμεσα μετά την φθινοπωρινή απόπτωση. Λόγω αυτών των ιδιοτήτων ήταν φαινομενικά, όχι όμως στατιστικά, καλύτερη τροφή από τα φύλλα ελιάς μετά από 28 ημέρες, οπότε αμφότερα προκάλεσαν την μέγιστη αύξηση του βάρους των γαιοσκωλήκων.

Παρότι δεν βρέθηκε σημαντική διαφοροποίηση του σωματικού βάρους, η μέγιστη τιμή σωματικού βάρους παρατηρήθηκε στις 28 ημέρες μετά από διατροφή με φύλλα ελιάς, με ή χωρίς ΥΑΕ και φύλλα αμπέλου και στις 56 ημέρες μετά από διατροφή με κοπριά, κοπριά και τυρόγαλα, απορρίμματα εκκοκκισμού και υπολείμματα χλοοτάπητα (διάγραμμα 4.1). Η πρώτη ομάδα τροφών (μέγιστο ατομικό βάρος στις 28 ημέρες) χαρακτηρίζεται από αρχικά υλικά με υψηλότερο λόγο C/N (πίνακας 4.2) σε σχέση με την δεύτερη ομάδα που είχε λόγο περίπου 20, ώστε αποτελεί μια ένδειξη ότι οι τροφές με χαμηλό λόγο C/N (γύρω στο 20) παρατείνουν την περίοδο ανάπτυξης ώστε να εξασφαλίζεται η απόκτηση μεγαλύτερου σωματικού βάρους. Περισσότερη έρευνα χρειάζεται για να επιβεβαιωθούν αυτά τα αποτελέσματα.

Οι Chen et al. (2017) βρήκαν ότι τροφές με χαμηλό λόγο C/N είχαν θετική επίδραση στη βιομάζα και την αναπαραγωγή του επι-ανοδικού *Aporrectodea trapezoides* (Dugès, 1828). Επίσης, οι Martin et al. (2018) κατέγραψαν μια αρνητική σχέση μεταξύ της βιομάζας γαιοσκωλήκων και του λόγου C/N των τροφών, η οποία εξαρτάτο από το είδος του γαιοσκώληκα στο ακμαίο στάδιο ενώ ίσχυε σε όλα τα είδη στο ατελές στάδιο. Αντίθετα από τα αποτελέσματα της μελέτης μας, οι Butt et al. (1992) βρήκαν επιτάχυνση της ανάπτυξης με την προσθήκη ζυμών (πρωτεϊνούχο,

αζωτούχο συστατικό) στο σιτηρέσιο για να μειωθεί ο λόγος C/N ως περίπου 25, ενώ όταν προστέθηκε περισσότερη ποσότητα, σημειώθηκε μεγάλη θνησιμότητα.

#### 4.4.2 Επίδραση των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν ως τροφή των γαιοσκωλήκων στις ιδιότητες του εδάφους

Η αύξηση του **pH** σε σχέση με το αρχικό έδαφος που παρατηρήθηκε σε όλα τα εδάφη μετά από 84 μέρες εκτροφής (διάγραμμα 4.2), μπορεί να οφείλεται εν μέρει στην παρουσία των γαιοσκωλήκων και την εναπόθεση κρυστάλλων  $\text{CaCO}_3$  στο έδαφος λόγω της δραστηριότητας του ασβεστιτικού αδένου. Τα υπολείμματα χλοοτάπητα και εκκοκκισμού βάμβακος είχαν το πιο υψηλό pH. Γενικά το pH έλαβε τιμές που δεν παρεμποδίζουν τη δράση των ριζών, των μικροοργανισμών και των γαιοσκωλήκων. Αύξηση του pH αναφέρεται από πολλούς άλλους ερευνητές που μελέτησαν την κομποστοποίηση διαφόρων οργανικών υλικών με τη βοήθεια των γαιοσκωλήκων (Rajiv et al. 2013, Cao et al. 2016, Huang et al. 2016, García-Sánchez et al. 2017).

Η **ηλεκτρική αγωγιμότητα** και τα ολικά άλατα αυξήθηκαν υπό την επίδραση κάθε τροφής σε σχέση με το αρχικό έδαφος και αυτό οφείλεται στη σύσταση των τροφών και την ανοργανοποίηση μέρους αυτών υπό την επίδραση των γαιοσκωλήκων και των μικροοργανισμών και την απελευθέρωση ιόντων κατ' αρχάς στα κοπρολύματα των γαιοσκωλήκων και στη συνέχεια στο εδαφικό διάλυμα. Τα κοπρολύματα των γαιοσκωλήκων είναι πιο πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία, μικροβιακό φορτίο και οργανική ουσία από το περιβάλλον έδαφος, ιδίως όταν είναι πρόσφατα (Brown et al. 2004b). Η παρουσία του τυρογάλακτος αύξησε σημαντικά την ηλεκτρική αγωγιμότητα και τα άλατα σε σχέση με όλες τις άλλες τροφές (διάγραμμα 4.3) διότι το υλικό αυτό έχει υψηλή αλατότητα λόγω της προσθήκης αλατιού σε αναλογία 1 - 1,5% στο γάλα κατά την τυροκόμηση (Γεωργάλα κ.α. 2017). Τα ΥΑΕ ως αποκλειστική τροφή προκάλεσαν και αυτά υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα και αλατότητα στο έδαφος, λόγω της αρχικής αλατούχας σύστασης τους, χωρίς όμως να διαφοροποιηθούν από άλλες τροφές, συγκεκριμένα από τα απορρίμματα εκκοκκισμού βάμβακος και τα υπολείμματα χλοοτάπητα (διαγραμμα 4.3). Από όλα τα υλικά που δοκιμάστηκαν, τα φύλλα αμπέλου και ελιάς ήταν τα καλύτερα ως προς την ηλεκτρική αγωγιμότητα και δεν διέφεραν μεταξύ τους σημαντικά. Αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του υποστρώματος κομποστοποίησης από  $1,1 \pm 0,0 \text{ dS m}^{-1}$  ως  $3,0 \pm 0,1$

$\text{dS m}^{-1}$  για την κοπριά, η οποία ήταν ανάλογη της πυκνότητας εκτροφής αναφέρεται από τους Yadav et al. (2016).

Η **οργανική ουσία** του εδάφους αυξήθηκε σε όλες τις τροφές με εξαίρεση την διατροφή αποκλειστικά με ΥΑΕ, όπου παρουσίασε μικρή μείωση. Καμία από τις υπόλοιπες τροφές δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά ως προς τον παράγοντα αυτό (διαγραμμα 4.5). Η αύξηση της οργανικής ουσίας οφείλεται στη διατροφή του σαπροφάγου ανοδικού είδους *O. complanatus* με τα προσφερόμενα οργανικά υλικά στην επιφάνεια του εδάφους και την αποβολή των άπεμπτων ενώσεων και των υποπροϊόντων της πέψης στα κοπρολύματα. Ως προς την τιμή των «μόνο ΥΕΑ» παρατηρούμε από το διάγραμμα 4.8 ότι οι μικροοργανισμοί του εδάφους ήταν πολύ πιο δραστήριοι στη μεταχείριση αυτή σε σχέση με τις υπόλοιπες ώστε ενδέχεται να συνέβαλαν στη διαμόρφωση του αποτελέσματος που καταγράφηκε.

Το **ολικό N** έλαβε παρόμοια τιμή και παρουσίασε μη σημαντική διαφοροποίηση σε όλες τις τροφές, συμπεριλαμβανομένης της «αποκλειστικής διατροφής με ΥΑΕ» (διαγραμμα 4.6) και φαίνεται ότι αυξήθηκε από την αρχική τιμή του εδάφους. Αυτό πιθανώς οφείλεται στην ενσωμάτωση του αζώτου της τροφής μέσω της πέψης από τους γαιοσκώληκες κατά την αποβολή των κοπρολυμάτων. Είναι γνωστό ότι η συγκέντρωση του αζώτου στα κοπρολύματα είναι μεγαλύτερη από το περιβάλλον έδαφος και γι' αυτό ευνοείται η μικροβιακή αποδόμηση μέσα σ' αυτά (Bohlen et al. 2004). Επιπλέον, μέσα στα κοπρολύματα περιέχονται οι μουκοπρωτεΐνες της βλένας που είναι μια πολύ εύκολα αφομοιώσιμη αζωτούχα ομάδα (Le Bayon et al. 2017).

Πολλοί ερευνητές αναφέρουν ότι το ολικό N του οργανικού υποστρώματος κομποστοποίησης αυξάνεται κατά τη διαδικασία του βερμικομπόστ (Rajiv et al. 2013, Ahmad Bhat et al. 2015, Huang et al. 2016, Yadav et al. 2016, García-Sánchez et al. 2017). Αυτό αποδίδεται στη βιομετατροπή του αρχικού οργανικού υποστρώματος και τις άφθονες αζωτούχες εκκρίσεις των γαιοσκωλήκων.

Η μείωση του λόγου **C/N** στο έδαφος υπό την επίδραση των τροφών σε σχέση με την αρχική τιμή (διάγραμμα 4.7) είναι αναμενόμενη λόγω της αύξησης των αζωτούχων ουσιών με τα εκκρίματα των γαιοσκωλήκων και την δράση των αζωτοδεσμευτικών και άλλων αποδομητικών μικροοργανισμών.

Στο σύνολο των μελετών που υπολόγισαν τον λόγο C/N παρατηρείται μείωση του λόγου στο έδαφος, ή στα κοπρολύματα μετά την επεξεργασία με γαιοσκώληκες ενώ στο vermicompost αυτή η μείωση αποδίδεται στην αφομοίωση του εύληπτου (τουλάχιστον) κλάσματος του οργανικού υποστρώματος με συνέπεια την σταθεροποίηση αυτού και στις εκκρίσεις των γαιοσκωλήκων (Ahmad Bhat et al. 2015, Sharma et al. 2017).

Η **μικροβιακή δραστηριότητα** του εδάφους δεν παρουσίασε διαφοροποίηση μεταξύ των διαφόρων επεμβάσεων, αν και έλαβε αρκετά μεγαλύτερη τιμή στην διατροφή με «μόνο ΥΑΕ» σε σχέση με τις υπόλοιπες τροφές (διάγραμμα 4.8). Η εντατική μικροβιακή αναπνοή στην παραπάνω τροφή 84 ημέρες μετά την έναρξη του περάματος δικαιολογείται ως καθυστερημένη ανάληψη δραστηριότητας των μικροβίων λόγω των φαινολικών παρεμποδιστών. Παρότι τα αποθέματα οργανικών ενώσεων στη μεταχείριση αυτή (διάγραμμα 4.5) ήταν μικρότερα από τις υπόλοιπες τροφές, δεν ίσχυε το ίδιο για το ολικό άζωτο (διάγραμμα 4.6), ώστε ο λόγος C/N ήταν ο ευνοϊκότερος (διάγραμμα 4.7), με αποτέλεσμα την εντατικότερη μικροβιακή δραστηριότητα. Η μικρότερη αναπνοή στο έδαφος των υπολοίπων δοχείων τα οποία περιείχαν ζωντανούς γαιοσκώληκες πιθανόν να οφείλεται σε μείωση του μικροβιακού πληθυσμού λόγω κατανάλωσης αυτού από τους γαιοσκώληκες (Curry et al. 2007, Aira et al. 2009b). Οι μέγιστες αναπνευστικές δραστηριότητες καταγράφηκαν στα «μόνο ΥΑΕ», στα φύλλα αμπέλου και στα υπολείμματα χλοοτάπητα, αλλά χωρίς σημαντικότητα.

Διάφοροι ερευνητές αναφέρουν ότι υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ τύπου υποστρώματος και των μικροοργανισμών που απαντώνται στα κοπρολύματα και ότι οι γαιοσκώληκες εντατικοποιούν τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών (Aira et al. 2016, Huang et al. 2016, García-Sánchez et al. 2017).

#### 4.5 Συμπεράσματα

- Τα ΥΑΕ σε δόση  $160\text{m}^3\text{ha}^{-1}$  είναι ακατάλληλα για εκτροφή του *O. complanatus* και προκαλούν μείωση του βάρους και αδυναμία επιβίωσης ήδη από την εφαρμογή του πρώτου 1/3 κλάσματος της δόσης ( $53\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ).
- Τα ΥΑΕ ως πρόσθετο στην τροφή των γαιοσκωλήκων και μέχρι δόση ίση με  $80\text{m}^3\text{ha}^{-1}$  δεν έχουν αρνητικές επιδράσεις στην ανάπτυξη και επιβίωση.
- Ως πρόταση βελτίωσης της αξιοποίησης των ΥΑΕ για υδρολίπανση με στόχο τη μεγιστοποίηση της λειτουργικότητας του εδαφικού συστήματος συνιστάται η ταυτόχρονη διάθεση στο έδαφος διαφόρων οργανικών υλικών ή η προκομποστοποίηση των ΥΑΕ με υπάρχοντα οργανικά υλικά.
- Όλες οι τροφές, με εξαίρεση τα «μόνο ΥΑΕ», ήταν εφάμιλλες και αύξησαν το βάρος των γαιοσκωλήκων χωρίς να σημειώσουν σημαντική διαφορά, στο σύνολο του πειραματικού χρόνου και σε κάθε περίοδο μέτρησης. Τα απορρίμματα εκκοκκισμού βάμβακος υπερέιχαν αριθμητικά ως προς το μέσο ατομικό βάρος και την επιβίωση και έδωσαν την δυνατότητα στους γαιοσκώληκες να αναπαραχθούν.
- Η προσθήκη τυρογάλακτος στην κοπριά είχε θετική αλλά μη στατιστικά σημαντική επίδραση στο σωματικό βάρος και επομένως το απόβλητο μπορεί να βελτιώσει την εκτροφή των γαιοσκωλήκων.
- Οι τροφές μετέβαλαν τις πιο βασικές ιδιότητες του εδάφους σε σχέση με την αρχική ένδειξη κατά ποικίλο τρόπο.
- Ως προς το pH παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τροφών αν και το εύρος διακύμανσης δεν ήταν μεγάλο (ουδέτερο ή ελαφρά αλκαλικό). Η σκέτη κοπριά έλαβε τη μικρότερη τιμή και τα υπολείμματα χλοοτάπητα τη μεγαλύτερη.
- Η ηλεκτρική αγωγιμότητα και τα ολικά εδαφικά άλατα παρουσίασαν αύξηση σε όλες τις τροφές σε σχέση με την αρχική τιμή. Η κοπριά + τυρόγαλα και τα «μόνο ΥΑΕ» είχαν τη μέγιστη αύξηση, λόγω της αλατούχας φύσης τους. Υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των τροφών εκ των οποίων οι καλύτερες, δηλαδή όσες πήραν τη χαμηλότερη τιμή στις παραμέτρους αυτές, ήταν τα φύλλα αμπέλου και τα φύλλα ελιάς χωρίς ΥΑΕ.

- Η οργανική ουσία του εδάφους και το ολικό άζωτο αυξήθηκαν υπό την επίδραση όλων των τροφών σε σχέση με το αρχικό έδαφος και ο λόγος C/N μειώθηκε. Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τροφών σε κανένα από τις παραπάνω παραμέτρους.
- Η μικροβιακή δραστηριότητα δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά μεταξύ των τροφών και αριθμητικά ήταν πιο αυξημένη στα «μόνο ΥΑΕ».



## ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διατριβή μας επέτρεψε να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα ως προς τους γαιοσκώληκες στο φυσικό τους περιβάλλον και τις πιθανές χρήσεις τους από τον άνθρωπο:

Οι κοινότητες των γαιοσκωλήκων παραλλάσσουν σημαντικά στις διάφορες περιοχές. Κάθε τύπος οικοσυστήματος συντηρεί ορισμένα χαρακτηριστικά είδη γαιοσκωλήκων που πολλές φορές αποτελούν βιοδείκτες των συνθηκών που επικρατούν σε αυτά. Τα καλλιεργούμενα εδάφη έχουν τα περισσότερα εισαγόμενα κοσμοπολίτικα είδη με καταγωγή από άλλες Ηπείρους. Στα φυσικά οικοσυστήματα μπορούν να βρεθούν κατ' αποκλειστικότητα γηγενή είδη με ιδιαίζουσες προσαρμοστικές απαιτήσεις και στους υγροτόπους απαντώνται είδη που μπορούμε να χαρακτηρίσουμε ως «ημιυδρόβια».

Δεν επιβεβαιώθηκε η επικρατούσα αντίληψη ότι τα καλλιεργούμενα εδάφη είναι πιο φτωχά σε αριθμό ειδών και υποστηρίζουν χαμηλότερη πυκνότητα πληθυσμών σε σχέση με τα αδιατάρακτα – φυσικά εδάφη. Αντίθετα, η καλή λίπανση καθώς και η συντηρητική ή βιολογική διαχείριση ευνόησαν τα μεγέθη των γαιοσκωλήκων σε σχέση με τα φυσικά εδάφη. Σ' αυτό συνέβαλαν οι ξηροθερμικές συνθήκες της κεντρικής Ελλάδας και ο τύπος της βλάστησης η οποία στα αδιατάρακτα οικοσυστήματα είναι μεσογειακού τύπου και ξηροφυτική, 2 παράμετροι που διαμορφώνουν χαμηλές πληθυσμιακές πυκνότητες και μικρό αριθμό ειδών. Λόγω της μεγάλης παραλλακτικότητας των περιοχών μέσα στα οικοσυστήματα, δεν έγινε δυνατή η ανίχνευση στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων πληθυσμιακών πυκνοτήτων του κάθε οικοσυστήματος. Μεταξύ των τριών οικοσυστημάτων οι υγρότοποι είχαν μεγαλύτερη αφθονία πληθυσμών από τα χερσαία, αλλά υπολείπονταν των καλλιεργειών σε πλούτο ειδών χωρίς στατιστική σημαντικότητα. Τα φυσικά οικοσυστήματα ήταν τελευταία ως προς αυτές τις δύο παραμέτρους και μάλιστα διέφεραν σημαντικά σε πλούτο ειδών από τα καλλιεργούμενα εδάφη. Οι πληθυσμοί των γαιοσκωλήκων σχηματίζονται κυρίως από νεαρά άτομα και λιγότερο από ακμαία στους περισσότερους βιοτόπους και εμφανίζουν μεγάλη ανομοιομορφία στη διασπορά τους στον αγρό.

Ο συνολικός αριθμός ειδών που καταγράφηκαν στους βιοτόπους κυμάνθηκε από 0 ως 11 είδη. Τα πιο κοινά είδη στην Κ. Ελλάδα ήταν τα *O. complanatus* και *A. rosea*. Τα είδη *E. tertaedra*, *A. rosea* και *O. complanatus* μπορούν να αποκτήσουν πολύ υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα στους υγροτόπους, αδιατάρακτα οικοσυστήματα και καλλιέργειες αντίστοιχα, όταν οι συνθήκες το ευνοούν.

Από τις παραμέτρους του περιβάλλοντος που εξετάστηκαν, μόνο το ποσοστό φυτοκάλυψης συσχετίστηκε σημαντικά με την πληθυσμιακή πυκνότητα των γαιοσκωλήκων και η συσχέτιση αυτή ήταν θετική. Η σχέση γαιοσκωλήκων – φυτών είναι στενή διότι τα φυτά με τα υπολείμματα που αφήνουν στο έδαφος, μεταβάλλουν τις ιδιότητες του και επηρεάζουν τις ιδιότητες του επιφανειακού στρώματος εδάφους και μέσω αυτού όλη την πανίδα του. Η υγρασία του εδάφους, τα ποσοστά της υφής του, το pH, η περιεκτικότητα σε ανθρακικά άλατα και σε οργανική ουσία δεν είχαν σημαντική συσχέτιση με τον αριθμό των ειδών και την πληθυσμιακή πυκνότητα των γαιοσκωλήκων στο σύνολο των περιοχών της παρούσας μελέτης.

Ο ετήσιος κύκλος δραστηριότητας των γαιοσκωλήκων διαμορφώνεται με βάση τις συνθήκες της κάθε περιοχής. Στην Κ. Ελλάδα οι πληθυσμοί μηδενίζονται κατά τους μήνες με έλλειμμα υγρασίας και το διάστημα αυτό διαφέρει ανάλογα με την περιοχή. Οι γαιοσκώληκες επανέρχονται το φθινόπωρο όταν ο καιρός είναι πιο υγρός. Όταν στα καλλιεργούμενα εδάφη εφαρμόζεται άφθονο πότισμα, ένα πολύ μικρό ποσοστό του πληθυσμού μπορεί να παραμείνει δραστήριο κατά την ξηρά περίοδο, γεγονός που δηλώνει ότι κάποια είδη δεν υπόκειται σε υποχρεωτική διάπαυση.

Το υψόμετρο αποτελεί σοβαρή παράμετρο διαφοροποίησης του μεγέθους των πληθυσμών και του τρόπου διακύμανσής τους μέσα στον ετήσιο κύκλο. Λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο ο αριθμός των ειδών και οι πληθυσμοί τους είναι χαμηλοί αφού η δραστηριότητα τους παρεμποδίζεται και μάλλον διακόπτεται περιοδικά μέσα στο χειμώνα για να επανέλθει όταν ο καιρός γίνει πιο ήπιος. Ο βιολογικός κύκλος στις περιοχές αυτές είναι πολύ μακρύς και φαίνεται ότι, για το είδος *O. complanatus*, μια γενιά μόλις που προλαβαίνει να ολοκληρωθεί μέσα στο έτος. Κατά την περίοδο του χειμώνα, στα πεδινά της Κ. Ελλάδας (Σπάτα και Νεμέα) οι γαιοσκώληκες είναι ακούραστοι εργάτες της γης, αφού σπανίως επικρατούν θερμοκρασίες πάγου για μεγάλο διάστημα. Την περίοδο αυτή αποδομούν

τα φυτικά υπολείμματα και επεξεργάζονται τα οργανικά λιπάσματα, προάγοντας τη θρέψη των φυτών.

Οι κοινότητες των γαιοσκωλήκων παραλλάσσουν έντονα μεταξύ των περιοχών διότι οι συνιστώσες του κλίματος και ιδιαίτερα η υγρασία και η θερμοκρασία του εδάφους επηρεάζουν τον πλούτο των ειδών και την πυκνότητα των πληθυσμών. Σε ένα τόπο οι κοινότητες των γαιοσκωλήκων εξαρτώνται στενά από την χρήση του εδάφους και το σύστημα καλλιέργειας. Η ακαλλιέργεια του εδάφους ευνοεί τους πληθυσμούς έναντι της αγροτικής χρήσης και το βιολογικό σύστημα παραγωγής είναι καλύτερο από το συμβατικό ως προς τον αριθμό των ειδών και την πληθυσμιακή πυκνότητα. Σε περιοχές με υγρότερο κλίμα οι διαφορές μεταξύ των συστημάτων παραγωγής γίνονται πιο έντονες. Αυτό οφείλεται στη θετική σχέση των γαιοσκωλήκων με την υγρασία και στις αρνητικές επιπτώσεις λόγω των εντατικότερων φυτοπροστατευτικών επεμβάσεων, ιδίως μάλιστα όταν συνδυάζονται με ένα βαρύ έδαφος με μεγάλη ικανότητα προσρόφησης των αγροχημικών, όπως στην περίπτωση της Νεμέας.

Η υδρολίπανση των ελαιώνων με ΥΑΕ ως τη δόση των  $80 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  δεν είχε αρνητικές επιδράσεις στους γαιοσκώληκες του είδους *O. complanatus*, τουναντίον παρουσιάστηκε τάση αύξησης του βάρους τους. Οι επιδράσεις της υδρολίπανσης στο έδαφος ήταν θετικές ως προς την οργανική ουσία ενώ δεν επηρεάστηκαν το pH, το ανθρακικό ασβέστιο και τη μικροβιακή δραστηριότητα κατά τον πρώτο και δεύτερο μήνα μετά την εφαρμογή. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα και τα εδαφικά άλατα παρουσίασαν σημαντική αύξηση. Ο χρόνος εφαρμογής όπως συμβαίνει στην πράξη κατά την περίοδο των βροχών και μετά από αποθήκευση των ΥΑΕ, με τη συνεπαγόμενη μεταβολή της αρχικής τοξικής τους σύστασης, μας διαβεβαιώνει ότι θα υπάρξουν μηδενικές αρνητικές επιπτώσεις από την υδρολίπανση στο έδαφος, εφόσον τηρούνται οι προϋποθέσεις της βέλτιστης εφαρμογής. Μικρή επιφύλαξη εκφράζεται ως προς τις επιπτώσεις της αύξησης των εδαφικών αλάτων που μπορεί να βλάψουν τα φυτά και τους γαιοσκώληκες. Το ολικό εδαφικό άζωτο και οι ανόργανες μορφές του δεν επηρεάστηκαν από την υδρολίπανση παρουσία των γαιοσκωλήκων και παρουσίασαν μεταβολή ως προς το χρόνο λαμβάνοντας τη μέγιστη τιμή ένα μήνα μετά την εφαρμογή.

Οι γαιοσκώληκες του είδους *O. complanatus* ανταποκρίθηκαν πολύ θετικά στις συνθήκες ελεγχόμενης εκτροφής τους τρεφόμενοι από πολλές τροφές που προκύπτουν ως παραπροϊόντα γεωργικών και αγροτοβιομηχανικών δραστηριοτήτων. Επομένως τα υλικά αυτά αποδεδειγμένα και με ασφάλεια μπορούν να ενσωματωθούν στο έδαφος για να αυξηθεί η οργανική του ουσία ή να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για παραγωγή βερμικομπόστ. Επιπλέον, η δραστηριότητα της εκτροφής γαιοσκωλήκων, που γίνεται για ερευνητικούς ή άλλους λόγους, μπορεί να βασίζεται στην εξασφάλιση της τροφής τους μέσα από αυτά τα μηδενικής αξίας υλικά.

Με εξαίρεση τα «μόνο ΥΑΕ», όλα τα υπόλοιπα υλικά που μελετήθηκαν (φύλλα ελιάς αμιγή και μαζί με ΥΑΕ, απορρίμματα εκκοκκισμού βάμβακος, υπολείμματα χλοοτάπητα, φύλλα αμπέλου, κοπριά, κοπριά μαζί με τυρόγαλα) είχαν μη σημαντική διαφορά στην αύξηση του μέσου ατομικού βάρους, όμως, τα υπολείμματα εκκοκκισμού, τα φύλλα αμπέλου και τα φύλλα ελιάς εμπλουτισμένα με ΥΑΕ σε δόση  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  απέδωσαν την μεγαλύτερη ποσοστιαία ανάπτυξη.

Η κοπριά μαζί με το τυρόγαλα αύξησε την ηλεκτρική αγωγιμότητα του υποστρώματος σημαντικά ως προς τις υπόλοιπες τροφές και, αν και αποτελεί ελπιδοφόρο συνδυασμό για διατροφή του γαιοσκώληκα ή για εφαρμογή στο έδαφος με σκοπό της αύξησης της οργανικής ουσίας, χρειάζεται να γίνει επιπλέον έρευνα για να διαπιστωθούν οι επιπτώσεις στις ιδιότητες του εδάφους και τη βιολογία των γαιοσκωλήκων.

Επειδή οι γαιοσκώληκες μπορούν να διατραφούν με επιτυχία από οργανικά υλικά (φύλλα ελιάς και αμπέλου) μαζί με χαμηλή δόση ΥΑΕ, η υδρολίπανση με ΥΑΕ πρέπει να συνοδεύεται με χορήγηση οργανικής ουσίας στο έδαφος ώστε να ευνοείται η ανάπτυξη των γαιοσκωλήκων και ενδεχομένως και άλλων μελών της πανίδας του εδάφους, λόγω της πιο ισορροπημένης διατροφής τους από τα προσφερόμενα υλικά και να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ωφέλεια για το εδαφικό οικοσύστημα. Αυτό αποτελεί πρόταση για την βελτιστοποίηση της μεθόδου εφαρμογής.

Η εφαρμογή ΥΑΕ σε δόση  $160 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$  ή ανώτερη είναι καταστροφική για τους γαιοσκώληκες και κατ' επέκταση για το εδαφικό περιβάλλον.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Agapit C., Gigon A., Puga-Freitas R., Zeller B., Blouin M. 2018. Plant-earthworm interactions: influence of age and proportion of casts in the soil on plant growth, morphology and nitrogen uptake. *Plant and Soil*, 424: 49 – 61.  
doi.org/10.1007/s11104-017-3544-y
- Aggoun M., Arhab R., Cornu A., Portelli J., Barkat M., Graulet B. 2016. Olive mill wastewater microconstituents composition according to olive variety and extraction process. *Food Chemistry*, 209: 72 – 80.  
dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.034
- Aharonov-Nadborny R., Raviv M., Graber E.R. 2016 Soil spreading of liquid olive mill processing wastes impacts leaching of adsorbed terbuthylazine. *Chemosphere*, 156: 220 – 227.  
dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.04.104
- Aharonov-Nadborny R., Tsechansky L., Raviv M., Graber E.R. 2017. Impact of spreading olive mill waste water on agricultural soil for leaching of metal micronutrients and cations. *Chemosphere*, 179: 213 – 221.  
dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.03.093
- Ahmad Bhat S., Singh J., Pal Vig A. 2015. Vermistabilization of sugar beet (*Beta vulgaris* L) waste produced from sugar factory using earthworm *Eisenia fetida*: Genotoxic assessment by *Allium cepa* test. *Environmental Science and Pollution Research*, 22: 11236 – 11254  
DOI: 10.1007/s11356-015-4302-4
- Aira M., Pearce T. 2009a. The earthworm *Lumbricus terrestris* favours the establishment of *Lolium perenne* over *Agrostis capillaris* seedlings through seed consumption and burial. *Applied Soil Ecology*, 41: 360 – 363.  
doi: 10.1016/j.apsoil.2008.11.007
- Aira M., Monroy F., Domínquez J. 2009b. Changes in bacterial numbers and microbial activity of pig slurry during gut transit of epigeic and anecic earthworms. *Journal of Hazardous Materials*, 162: 1404 - 1407.  
doi:10.1016/j.jhazmat.2008.06.031

- Aira M., Olcina J., Pérez-Losada M., Domínguez J. 2016. Characterization of the bacterial communities of casts from *Eisenia andrei* fed with different substrates. *Applied Soil Ecology*, 98: 103 – 111.  
[dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.10.002](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.10.002)
- Ammer S., Weber K., Abs C., Ammer C., Prietzel J. 2006. Factors influencing the distribution and abundance of earthworm communities in pure and converted Scots pine stands. *Applied Soil Ecology*, 33: 10 – 21.  
doi: 10.1016/j.apsoil.2005.09.005
- Arancon N.Q., Galvis P.A., Edwards C.A. 2005. Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. *Bioresource Technology*, 96: 1137 – 1142.  
doi:10.1016/j.biortech.2004.10.004
- Bahadori Z., Esmailzadeh L., Karimi-Torshizi M.A., Seidavi A., Olivares J., Rojas S., Salem A.Z.M., Khusro A., López S. 2017. The effect of earthworm (*Eisenia fetida*) meal with vermin-humus on growth performance, hematology, immunity, intestinal microbiota, carcass characteristics and meal quality of boiler chickens. *Livestock Science*, 202: 74 – 81.  
[dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2017.05.010](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.05.010)
- Bai Z., Caspari T., Gonzalez M.R., Batjes N.H., Mäder P., Bünemann E.K., de Goede R., Brussaard L., Xu M., Santos Ferreira C.S., Rentam E., Fan H., Mihelič G. 2018. Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 265: 1 – 7.  
<https://doi.org/10.1016/j.agree.2018.05.028>
- Baker G.H. 1998b. Recognizing and responding to the influences of agriculture and other land-use practices on the soil fauna in Australia. *Applied Soil Ecology*, 9: 303 – 310.  
[https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(98\)00081-X](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00081-X)
- Baldivieso-Freitas P., Blanco-Moreno J.M., Gutiérrez-López M., Peigné J., Pérez-Ferrer A., Trigo-Aza D., Sans F.X. 2018. Earthworm abundance response to

- conservation agriculture practices in organic farming under Mediterranean climate. *Pedobiologia*, 66: 58 – 64.  
[dx.doi.org/10.1016/j.pedobi.2017.10.002](https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2017.10.002)
- Bartlett M., James I., Harris J., Ritz K. 2008. Earthworm community structure on five English golf courses. *Applied Soil Ecology*, 39: 336 – 341.  
doi: 10.1016/j.apsoil.2008.02.001
- Bauer R., Küpper K., Müller H.W. 1998. Characterization of the Lumbricid fauna in alluvial soils in the Danube river floodplain area east of Vienna. *Linzer boilologische Beiträge*, 30: 11 – 20.  
[https://www.zobodat.at/pdf/LBB\\_0030\\_1\\_0011\\_0020.pdf](https://www.zobodat.at/pdf/LBB_0030_1_0011_0020.pdf) (προσπελάσθηκε στις 7 Δεκεμβρίου 2021)
- Beare M.H., Coleman D.C., Crossley Jr D.A., Hendrix P.F., Odum E.P. 1995. A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling. *Plant and Soil*, 170: 5 – 22.  
<https://doi.org/10.1007/BF02183051>
- Belaqziz M., El-Abbassi A., Khadir Lakhel E., Agrafioti E. 2016. Agronomic application of olive mill wastewater: Effects on maize production and soil properties. *Journal of Environmental Management*, 171: 158 – 165.  
[dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.02006](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.02006)
- Benton J. 2001. *Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis*. CRC Press. USA.
- Berry E.C., Jordan D. 2001. Temperature and soil moisture content effects on the growth of *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta: Lumbricidae) under laboratory conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 33: 133 - 136.  
[https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00112-7](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00112-7)
- Bilalis D., Efthimiadis P., Karragiannis G. 2001. The phytotoxicity of various graminicides in durum wheat in Greece. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 187: 121 – 126.  
DOI: [10.1046/j.1439-037X.2001.00470.x](https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2001.00470.x)

- Bilalis D., Tzortzi I., Vavoulidou E., Karkanis A., Emmanouel N., Efthimiadou A., Katsenios N., Patsiali S., Dellaporta L. 2013. Effects of aluminum and moisture levels on aluminum bioaccumulation and protein content in the earthworm *Octodrilus complanatus*. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13 (4): 845 - 854.
- Birkhofer K., Diekötter T., Boch S., Fischer M., Müller J., Socher S., Wolters V. 2011. Soil fauna feeding activity in temperate grassland soils increases with legume and grass species richness. *Soil Biology and Biochemistry*, 43: 2200 – 2207.  
doi: 10.1016/j.soilbio.2011.07.008
- Bogorodskaya A.V., Krasnoshchekova E.N., Bezkorovainaya I.N., Ivanova G.A. 2010. Post-fire transformation of microbial communities and invertebrate complexes in the pine forest soils, Central Siberia. *Contemporary Problems of Ecology*, 3 (6): 653 - 659.  
<https://doi.org/10.1134/S199542551006007X>
- Bohlen J.P., Parmelee R.W., Blair J.M. 2004. Integrating the effects of earthworms on nutrient cycling across spatial and temporal scales. *in*: *Earthworm Ecology*, 2<sup>d</sup> edition. C.A. Edwards (ed.). CRC Press LLC. Florida, U.S.A.: 161 - 180
- Boström U. 1995. Earthworm populations (Lumbricidae) in ploughed and undisturbed leys. *Soil and Tillage Research*, 35: 125 – 133.  
[https://doi.org/10.1016/0167-1987\(95\)00489-0](https://doi.org/10.1016/0167-1987(95)00489-0)
- Briones M.J.I., Schmidt O. 2017. Conventional tillage decreases the abundance and biomass of earthworms and alters their community structure in a global meta-analysis. *Global Change Biology*, 23: 4396 – 4419.  
DOI: 10.1111/gcb.13744
- Brown G.G., Edwards C.A., Brussaard L. 2004a. How earthworms affect plant growth: burrowing into the mechanisms. *in*: *Earthworm Ecology*, 2<sup>nd</sup> edition. C.A. Edwards (ed.). CRC Press LLC. Florida, U.S.A.: 13 - 49.
- Brown G.G., Doube B.M. 2004b. Functional interactions between earthworms, microorganisms, organic matter and plants. *in*: *Earthworm Ecology*, 2<sup>nd</sup> edition. C.A. Edwards (ed.). CRC Press LLC. Florida, U.S.A.: 213 - 239.



- Buchholz J., Querner P., Paredes D., Bauer T., Strauss P., Guernion M., Scimia J., Cluzeau D., Burel F., Kratscmer S., Winter S., Potthoff M., Zaller J.G. 2017. Soil biota in vineyards are more influenced by plants and soil quality than by tillage intensity or the surrounding landscape. [www. nature/SCIENTIFIC REPORTS](http://www.nature.com/scientificreports), 7: 17445  
DOI:10.1038/s41598 -017-17601-w
- Butt K.R., Frederickson J., Morris R.M. 1992. The intensive production of *Lumbricus terrestris* L. for soil amelioration. *Soil Biology and Biochemistry*, 24 (12): 1321 – 1325.  
[https://doi.org/10.1016/0038-0717\(92\)90112-B](https://doi.org/10.1016/0038-0717(92)90112-B)
- Butt K.R. 2011a. Food quality affects production of *Lumbricus terrestris* (L.) under controlled environmental conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 43: 2169 – 2175.  
doi: 10.1016/j.soilbio.2011.06.021
- Butt K.R., Briones M.J.I. 2011b. Life cycle studies of the earthworm *Lumbricus friendi* (Cognetti, 1904). *Pedobiologia*, 54S: S27 - S29.  
doi:10.1016/j.pedobi.2011.08.003
- Campani T., Caliani I., Pozzuoli C., Romi M., Fossi M.C., Casini S. 2017. Assessment of toxicological effects of raw and bioremediated olive mill waste in the earthworm *Eisenia fetida*: a biomarker approach for sustainable agriculture. *Applied Soil Ecology*, 119: 18 – 25.  
[dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.05.016](http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.05.016)
- Cao W., Vaddella V., Biswas S., Perkins K., Clay C., Wu T., Zheng Y., Ndegwa P., Pandey P. 2016. Assessing the changes in *E. coli* levels and nutrient dynamics during vermicomposting of food waste under lab and field scale conditions. *Environmental Science and Pollution Research*, 23: 23195 – 23202.  
DOI: 10.1007/s11356-016-7528-x
- Cardoza Y.J. 2010. *Arabidopsis thaliana* resistance to insects, mediated by an earthworm-produced organic soil amendment. *Pest Management Science*, 67: 233 – 238.  
(wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/ps.2059

- Carnovale D., Baker G., Bissett A., Thrall P. 2015. Earthworm composition, diversity and biomass under three land use systems in south-eastern Australia. *Applied Soil Ecology*, 88: 32 – 40.  
[dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.12.002](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.12.002)
- Castro J., Barreal M.E., Briones M.J.I., Gallego P.P. 2019. Earthworm communities in conventional and organic fruit orchards under two different climates. *Applied Soil Ecology*, 144: 83 – 91.  
[doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.07.013](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.07.013)
- Cécillon L., Cassagne N., Czarnes S., Gros R., Vennetier M., Brun J.-J. 2009. Predicting soil quality induces with near infrared analysis in a wildfire chronosequence. *Science of the Total Environment*, 407: 1200 – 1205.  
[doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.07.029](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.07.029)
- Certini G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, 143: 1 - 10.  
DOI: [10.1007/s00442-004-1788-8](https://doi.org/10.1007/s00442-004-1788-8)
- Chaari L., Elloumi N., Gargouri K., Bourouina B., Michichi T., Kallel M. 2014. Evolution of several soil properties following amendment with olive mill wastewater. *Desalinization and Water Treatment (www.deswater.com)*, 52: 2180 – 2186.  
[doi: 10.1080/19443994.2013.821030](https://doi.org/10.1080/19443994.2013.821030)
- Chaker R., Gargouri K., Ben Mbarek H., Maktouf S., Palese A.M., Celani G., Bouzid J. 2019. Carbon and nitrogen balances and CO<sub>2</sub> emission after exogenous organic matter application in arid soil. *Carbon Management*.  
[www.tandfonline.com/loi/tcmt20](https://www.tandfonline.com/loi/tcmt20)  
[doi.org/10.1080/17583004.2018.1544829](https://doi.org/10.1080/17583004.2018.1544829)
- Chartzoulakis K., Psarras G., Moutsopoulou M., Stefanoudaki E. 2010. Application of olive mill wastewater to a Cretan olive orchard: Effects on soil properties, plant performance and the environment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 138: 293 – 298.  
[doi: 10.1016/j.agee.2010.05.014](https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.05.014)

- Chatzistathis T., Kavvadias V., Sotiropoulos T., Papadakis I.E. 2021. Organic fertilization and tree orchards. *Agriculture*, 11: 692.  
<https://doi.org/10.3390>
- Chen J., Gu W., Tao J., Xu Y., Wang Y., Gu J., Du S. 2017. The effects of organic residue quality on growth and reproduction of *Aporrectodea trapezoides* under different moisture conditions in a salt-affected agricultural soil. *Biology and Fertility of Soils*, 53: 103 – 113  
 DOI: 10.1007/s00374-016-1158-9
- Coll P., Le Cadre E., Blanchart E., Hinsinger P., Villenave C. 2011. Organic viticulture and soil quality: A long-term study in Southern France. *Applied Soil Ecology*, 50: 37 0 44.  
 doi:10.1016/j.apsoil.2011.07.013
- Crumsey J.M., Le Moine J.M., Vogel C.S., Nadelhoffer K.J. 2014. Historical patterns of exotic earthworm distributions inform contemporary associations with soil physical and chemical factors across a northern temperate forest. *Soil Biology and Biochemistry*, 68: 503 – 514.  
<dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.10.029>
- Csuzdi C., Zicsi A. 2003. Earthworms of Hungary (Annelida: Oligochaeta, Lumbricidae). Csuzdi & Mahunka (eds.) Hungarian Natural History Museum & Systematic Zoology Research Group of the Hungarian Academy of Sciences. Budapest, Hungary. p. 271.
- Csuzdi C., Szederjesi T., Sherlock E. 2018. Annotated checklist of earthworm species described by András Zicsi (Clitellata: Megadrili). *Zootaxa*, 4496(1): 011 - 042.  
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4496.1.4>
- Cuendet G. 1992. Effect of pedestrian activity on earthworm populations of two forests in Switzerland. *Soil Biology and Biochemistry*, 24 (12): 1467 – 1470.  
[https://doi.org/10.1016/0038-0717\(92\)90134-J](https://doi.org/10.1016/0038-0717(92)90134-J)
- Curry J.P. 1998. Factors affecting earthworm abundance in soils. *in*: *Earthworm Ecology*. C.A. Edwards (ed.). CRC Press LLC, Florida, U.S.A.: 37 – 64.

- Curry J.P. 2004. Factors affecting the abundance of earthworms in soils. . in: Earthworm Ecology, 2<sup>nd</sup> edition. ed: C.A. Edwards. CRC Press. U.S.A. pp: 91 – 113.
- Curry P.G., Schmidt O. 2007. The feeding ecology of earthworms – A review. *Pedobiologia*, 50: 463 – 477.  
doi: 10.1016/j.pedobi.2006.09.001
- Decaëns T., Margerie P., Aubert M., Hedde M., Bureau F. 2008. Assembly rules within earthworm communities in North-Western France – A regional analysis. *Applied Soil Ecology*, 39: 321 – 335.  
doi:10.1016/j.apsoil.2008.01.007
- Di Bene C., Pellegrino E., Debolini M., Silvestri N., Bonari E. 2013. Short- and long-term effects of olive mill wastewater land spreading on soil chemical and biological properties. *Soil Biology and Biochemistry*, 56: 21 – 30.  
doi: 10.1016/j.soilbio.2012.02.019
- Di Serio M.G., Lanza B., Mucciarella M.R., Russi F., Iannucci E., Marfisi P., Madeo A. 2008. Effects of olive mill wastewater spreading on the physic-chemical and microbiological characteristics of soil. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 62: 403 – 407.  
doi: 10.1016/j.ibiod.2008.03.006
- Didden W.A.M. 2001. Earthworm communities in grasslands and horticultural soils. *Biology and Fertility of Soils*, 33: 111 – 117.  
<https://doi.org/10.1007/s003740000297>
- Dominquez J., Briones M.J.I., Mato S. 1997. Effect of the diet on growth and reproduction of *Eisenia andrei* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Pedobiologia*, 41: 566 – 576.  
[https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(96\)00193-9](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00193-9)
- Domínquez J., Edwards C.A., Webster M. 2000. Vermicomposting of sewage sludge: Effect of bulking materials on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei*. *Pedobiologia*, 44: 24 – 32.  
[https://doi.org/10.1078/S0031-4056\(04\)70025-6](https://doi.org/10.1078/S0031-4056(04)70025-6)

- Domínquez A., Bedano J.C. 2016. Earthworm and Enchytraeid co-occurrence pattern in organic and conventional farming: consequences for ecosystem engineering. *Soil Science*, 181 (3/4): 148 – 156  
DOI: 10.1097/SS.000000000000014
- Doube B.M., Brown G.G. 1998. Life in a complex community: Functional interactions between earthworms, organic matter, microorganisms, and plants. *in*: *Earthworm Ecology*. C.A. Edwards (ed.). CRC Press LLC. U.S.A.: 179 – 211.
- Doula M.K., Kavvadias V., Elaiopoulos K. 2013. Proposed soil indicators for olive mill waste (OMW) disposal areas. *Water, Air, & Soil Pollution*, 224: 1621.  
doi: 10.1007/s11270-013-1621-2
- Edwards C.A., Fletcher K.E. 1988. Interactions between earthworms and microorganisms in organic-matter breakdown. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 24: 235 – 247.  
[https://doi.org/10.1016/0167-8809\(88\)90069-2](https://doi.org/10.1016/0167-8809(88)90069-2)
- Edwards C.A., Bate J.E. 1992. The use of earthworms in environmental management. *Soil Biology and Biochemistry*, 24 (12): 1683 – 1689  
[https://doi.org/10.1016/0038-0717\(92\)90170-3](https://doi.org/10.1016/0038-0717(92)90170-3)
- Edwards C.A., Bohlen P.J. 1996. *Biology and ecology of earthworms*. 3<sup>d</sup> ed. Chapman & Hall London UK
- Edwards C.A. 1998. The use of earthworms in the breakdown and management of organic wastes. *in*: *Earthworm Ecology*. C.A. Edwards (ed.). CRC Press LLC. U.S.A. pp: 327 - 354
- Edwards C.A., Aracon Q. 2004. The use of earthworms in the breakdown of organic wastes to produce vermicomposts and animal feed protein. *in*: *Earthworm Ecology*, 2<sup>nd</sup> edition. C.A. Edwards (ed.). CRC Press. Florida, U.S.A. pp: 345 - 379.
- Eggleton P., Inward K., Smith J., Jones D.T., Sherlock E. 2009. A six year study of earthworm (Lumbricidae) populations in pasture woodland in southern

- England shows their responses to soil temperature and soil moisture. *Soil Biology and Biochemistry*, 41: 1857 – 1865.  
doi: 10.1016/j.soilbio.2009.06.007
- Eijsackers H. 1998. Earthworms in environmental research: still a promising tool. *in*: *Earthworm Ecology*, C.A. Edwards (ed.). CRC Press LLC. U.S.A.: 295 – 323.
- Eijsackers H., Beneke P., Louw J.P.E., Reinecke A.J. 2005. The implications of copper fungicide usage in vineyards for earthworm activity and resulting sustainable soil quality. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 62: 99 – 111  
doi:10.1016/j.ecoenv.2005.02.017
- Elhag M., Bahrawi A., Galal H.K., Aldhebiani A., Al-Ghamdi A.A.M. 2017. Stream network pollution by oil wastewater risk assessment in Crete, Greece. *Environmental Earth Sciences*, 76: 278.  
DOI 10.1007/s12665-017-6592-y
- Elkacmi R., Boulmal N., Kamil N., Bennajah M. 2017a. Techno-economical evaluation of a new technique for olive mill wastewater treatment. *Sustainable Production and Consumption*, 10: 38 – 49.  
dx.doi.org/10.1016/j.spc.2016.12.004
- Elkacmi R., Kamil N., Bennajah M. 2017b. Separation and purification of high purity products from three different olive mill wastewater samples. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5: 829 – 837.  
dx.doi.org/10.1016/j.jece.2017.01.005
- Ermakov A.I., Golovanova E.V. 2010. Species composition and abundance of earthworms in the tundra biocenoses of Denezhkin Kamen' Mountain (*Northern Urals*). *Contemporary Problems of Ecology*, 3 (1): 10 - 14.  
DOI: 10.1134/S1995425510010030
- Ernst G., Emmerling C. 2009. Impact of five different tillage systems on soil organic carbon content and the density, biomass, and community composition of earthworms after a ten year period. *European Journal of Soil Biology*, 45: 247 – 251.  
doi:10.1016/j.ejsobi.2009.02.002

- Erseus C., Wetzel M.J., Gustavsson L. 2008. ICZN rules—a farewell to Tubificidae (Annelida, Clitellata). *Zootaxa*, 1744: 66 – 68.
- Faber F., Wachter E., Zaller J.G. 2017. Earthworms are little affected by reduced soil tillage methods in vineyards. *Plant, Soil and Environment*, 63 (6): 257 – 263.  
doi:10.17221 /160/2017-PSE
- Falco L.B., Sandler R., Momo F., Di Ciocco C., Saravia L., Coviella C. 2015. Earthworm assemblages in different intensity of agricultural uses and their relation to edaphic variables. *PeerJ*, 3: e979.  
DOI: 10.7717/peerj.979
- Feijoo A., Carvajal A.F., Zúñiga M., Quintero H., Fragoso C. 2011. Diversity and abundance of earthworms in land use systems in central-western Colombia. *Pedobiologia*, 54S: S69 – S75.  
doi: 10.1016/j.pedobi.2011.09.016
- Ferguson S.J., Richardson D.J., van Spanning R.J.M. 2007. Biochemistry and molecular biology of nitrification. *in*: *Biology of the Nitrogen Cycle*. H. Bothe, S.J. Ferguson & W.E. Newton (eds). Elsevier B.V. the Netherlands: 209 – 222.
- Fonte S.J., Winsome T., Six J. 2009. Earthworm populations in relation to soil organic matter dynamics and management in California tomato cropping systems. *Applied Soil Ecology*, 41: 206 – 214.  
doi: 10.1016/j.apsoil.2008.10.010
- Fragoulis G., Merli A., Reeves G., Meregalli G., Stenberg K., Tanaka T., Capri E. 2011. A Bayesian approach to assessing the uncertainty in estimating bioconcentration factors in earthworms – the example of quinoxifen. *Pest Management Science*, 67: 656 – 664.  
(wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/ps.2105
- Galina M.A., Palma J.M., Pacheco D., Morales R. 1995. Effects of goat milk, cow milk, cow milk replacer and partial substitution of the replacer mixture with whey on artificial feeding of female kids. *Small Ruminant Research*, 17: 153 – 158.  
[https://doi.org/10.1016/0921-4488\(95\)00668-B](https://doi.org/10.1016/0921-4488(95)00668-B)

- Galliou F., Markakis N., Fountoulakis M.S., Nikolaidis N., Manios T. 2018. Production of organic fertilizer from olive mill wastewater by combining solar greenhouse drying and composting. *Waste Management*, 75: 305 – 311.  
doi.org/10.1016/j.wasman.2018.01.020
- García J.A., Fragoso C. 2003. Influence of different food substrates on growth and reproduction of two tropical earthworm species (*Pontoscolex corethrulus* and *Amyntas corticis*). *Pedobiologia*, 47 (5-6): 754 – 763.  
<https://doi.org/10.1078/0031-4056-00255>
- García-Sánchez M., Taušnerová H., Hanč A., Tlustoš P. 2017. Stabilization of different starting materials through vermicomposting in a continuous system: Changes in chemical and biological parameters. *Waste Management*, 62: 33 – 42.  
dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2017.02.008
- Gargouri K., Masmoudi M., Rhouma A. 2014. Influence of olive mill wastewater (OMW) spread on carbon and nitrogen dynamics and biology of arid sandy soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45: 1 – 14.  
DOI: 10.1080/00103624.2013.849727
- Gaup-Berghausen M., Hofer M., Rewald B., Zaller J.G. 2015. Glyphosate-based herbicides reduce the activity and reproduction of earthworms and lead to increased soil nutrient concentrations. *Scientific Reports*, 5: 12886  
DOI: 10.1038/srep12886
- Gavinelli F., Barcaro T., Csuzdi Cs., Blakemore R.J., Marchan D.F., De Sosa I., Dorigo L., Lazzarini F., Nicolussi G., Dreon A.L., Toniello V., Pamio A., Squartini A., Concheri G., Moretto E., Paoletti M.G. 2018. Importance of large, deep-burrowing and anecic earthworms in forested and cultivated areas (vineyards) of northeastern Italy. *Applied Soil Ecology*, 123: 751 – 774.  
dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.07.012
- Gebreyohannes A.Y., Mazzei R., Giorno L. 2016. Trends and current practices of olive mill wastewater treatment: Application of integrated membrane process and its future perspective. *Separation and Purification Technology*, 162: 45 – 60.



[dx.doi.org/10.1016/j.seppur.2016.02.001](https://doi.org/10.1016/j.seppur.2016.02.001)

Grigoropoulou N., Butt K.R., Lowe C.N. 2008. Effects of adult *Lumbricus terrestris* on cocoons and hatchlings in Evan's boxes. *Pedobiologia*, 51: 343 – 349.

doi:10.1016/j.pedobi.2007.07.001

Grossi J.-L., Brun J.-J. 1997. Effect of climate and plant succession on lumbricid populations in the French Alps. *Soil Biology and Biochemistry*, 29 (3/4): 329 – 333.

[https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(96\)00234-9](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00234-9)

Guida M.Y., Bouaik H., Tabal A., Hannioui A., Solhy A., Barakat A., Aboulkas A., El Harfi K. 2016. Thermochemical treatment of olive mill solid waste and olive mill wastewater. Pyrolysis kinetics. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 123: 1957 – 1666.

DOI: 10.1007/s10973-015-5061-7

Guimarães P.M.R., Teireira J.A., Domingues L. 2010. Fermentation of lactose to bio-ethanol by yeasts as part of integrated solutions for the valorization of cheese whey. *Biotechnology Advances*, 28: 375 – 384.

doi: 10.1016/j.biotechadv.2010.02.002

Gutiérrez-López M., Moreno G., Trigo D., Juárez E., Jesús J.B., Díaz Cosín D.J. 2016. The efficiency of earthworm extraction methods is determined by species and soil properties in the Mediterranean communities of Central-Western Spain. *European Journal of Soil Biology*, 73: 59 – 68.

[dx.doi.org/10.1016/j.ejsobi.2016.01.005](https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2016.01.005)

Hai L.T., Schnitzer H., van Thanh T., Thao N.T.P. 2016. An integrated eco-model of agriculture and small-scale industry in craft villages toward cleaner production and sustainable development in rural areas – A case study from Mekong delta of Viet Nam. *Journal of Cleaner Production*, 137: 274 – 282.

[dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.146](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.146)

Helling B., Reinecke S.A., Reinecke A.J. 2000. Effects of the fungicide Copper Oxychloride on the growth and reproduction of *Eisenia fetida* (Oligochaeta). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 46: 108 - 116.

doi:10.1006/eesa.1999.1880

- Hendrix P.F., Mueller B.R., Bruce R.R., Langdale G.W., Parmelee R.W. 1992. Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia Piedmont, U.S.A. *Soil Biology and Biochemistry*, 24 (12): 1357 – 1361.  
[https://doi.org/10.1016/0038-0717\(92\)90118-H](https://doi.org/10.1016/0038-0717(92)90118-H)
- Hendrix P.F. 1998. Earthworms in agroecosystems: A summary of current research. *in*: *Earthworm Ecology*. C.A. Edwards (ed.), CRC Press LLC, U.S.A.: 259 – 269.
- Hentati O., Oliveira, V., Sena, C., Bouji, M.S., Wali, A., Ksibi, M. 2016. Soil contamination with olive mill wastes negatively affects microbial communities, invertebrates and plants. *Ecotoxicology* 25: 1500 – 1513.  
 DOI: 10.1007/s10646-016-1700-4
- Hoeffner K., Santonja M., Monard C., Barbe L., LE Moing M., Cluzeau D. 2021. Soil properties, grassland management, and landscape diversity drive the assembly of earthworm communities in temperate grasslands. *Pedosphere*, 31 (3): 375 – 383  
[https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(20\)60020-0](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(20)60020-0)
- Holmstrup M. 1999. Cocoon production of *Aporrectodea longa* Ude and *Aporrectodea rosea* Savigny (Oligochaeta; Lumbricidae) in a Danish grass field. *Soil Biology and Biochemistry*, 31 (7): 957 – 964.  
[https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00004-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00004-8)
- Homan C., Beier C., McCay T., Lawrence G. 2016. Application of lime (CaCO<sub>3</sub>) to promote forest recovery from severe acidification increases potential for earthworm invasion. *Forest Ecology and Management*, 368: 39 – 44.  
[dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2016.03.002](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.03.002)
- Hooper D.U., Bignell D.E., Brown V.K., Brussaard L., Dangerfield J.M., Wall D.H., Wardle D.A., Coleman D.C., Giller K.E., Lavelle P., Van Der Putten W.H., De Ruiter P.C., Rusek J., Silver W.L., Tiedje J.M., Wolters V. 2000. Interactions between aboveground and belowground biodiversity in terrestrial ecosystems: patterns, mechanisms and feedbacks. *BioScience*, 12: 1049 – 1061.  
[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[1049:IBAABB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[1049:IBAABB]2.0.CO;2)

- Huang K., Xia H., Li F., Wei Y., Cui G., Fu X., Chen X. 2016. Optimal growth condition of earthworms and their vermicompost features during recycling of five different fresh fruit and vegetable wastes. *Environmental Science and Pollution Research*, 23: 13569 – 13575.  
doi: 10.1007/s11356-016-6848-1
- Huang W., Zhao Y., Wu J., Zhang J., Zheng Z. 2014. Effects of different influent C/N ratios on the performance of various earthworm eco-filter systems: nutrient removal and greenhouse gas emission. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30: 109 – 118.  
DOI: 10.1007/s11274-013-1430-1
- Huerta E., Rodriguez-Olan J., Evia-Castillo I., Montejo-Maneses E., de la Cruz-Mondragon M., Garzia-Hernandez R., Uribe S. 2007. Earthworms and soil properties in Tabasco, Mexico. *European Journal of Soil Biology*, 43: S190 – S195.  
doi: 10.1016/j.ejsobi.2007.08.024
- Huerta E., van der Wal H. 2012. Soil macroinvertebrates' abundance and diversity in home gardens in Tabasco, Mexico, vary with soil texture, organic matter and vegetation cover. *European Journal of Soil Biology*, 50: 68 – 75.  
doi:10.1016/j.ejsobi.2011.12.007
- Hughes M.S., Bull C.M., Doube B.M. 1994. The use of resource patches by earthworms. *Biology and Fertility of Soils*, 18: 241 – 244.  
<https://doi.org/10.1007/BF00647674>
- Inglezakis, V.J., Moreno J.L., Doula, M. 2012. Olive oil waste management EU legislation: Current situation and policy recommendations. *International Journal of Chemical and Environmental Engineering Systems*, 3 (2): 65 - 77.
- Ioannou-Trofa L., Michael-Kordatou I., Fattas S.C., Eusebio A., Ribeiro B., Rusan M., Amer A.R.B., Zuraiqi S., Waismand M., Linder C., Wiesman Z., Gilron J., Fatta-Kassinou D. 2017. Treatment efficiency and economic feasibility of biological oxidation, membrane filtration and separation processes, and advanced oxidation for the purification and valorization of olive mill wastewater. *Water Research*, 114: 1 – 13.

[dx.doi.org/10.1016/j.watres.2017.02.020](https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.02.020)

Ivask M., Meriste M., Kuu A., Kutti S., Sizov E. 2012. Effect of flooding by fresh and brackish water on earthworm communities along Matsalu Bay and the Kasari River. *European Journal of Soil Biology*, 53: 11 – 15.

<https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2012.08.001>

James S.W. 1988. The postfire environment and earthworm populations in tallgrass prairie. *Ecology*, 69 (2): 476 – 483.

DOI:[10.2307/1940446](https://doi.org/10.2307/1940446)

James S.W., Hendrix P.F. 2004. Invasion of exotic earthworms into North America and other regions. *in*: *Earthworm Ecology*. C.A. Edwards (ed.), CRC Press LLC, Florida, U.S.A.: 75 - 88.

Jones J.J.B., Case V.W. 1990. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. *in*: *Soil Testing and Plant Analysis*. R.L. Westerman (Ed.), Soil Science Society of America Publisher Inc, Madison, WI, USA: 389 – 427.

Kalu S., Koirala M., Khadaka U.R. 2015. Earthworm population in relation to different land use and soil characteristics. *Journal of Ecology and The Natural Environment*, 7 (5): 124 – 131.

DOI: [10.5897/JENE2015.0511](https://doi.org/10.5897/JENE2015.0511)

Kapellakis I., Tzanakakis V.A., Angelakis A.N. 2015. Land Application-Based Olive Mill Wastewater Management. *Water*, 7: 362 - 376.

doi:[10.3390/w7020362](https://doi.org/10.3390/w7020362)

Kavdir Y., Ilay R. 2011. Earthworms and Soil Structure. *in*: *Biology of Earthworms, Soil Biology* 24. A. Karaca (ed.). DOI [10.1007/978-3-642-14636-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-14636-7_3), Springer-Verlag Berlin Heidelberg.: 39 - 50.

Kavvadias V., Doula M., Komnitsas K., Liakopoulou N. 2010. Disposal of olive oil mill wastes in evaporation ponds: Effects on soil properties. *Journal of Hazardous Materials*, 182: 144 – 153.

doi: [10.1016/j.jhazmat.2010.06.007](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.06.007)

Köhler A.-S., Wolfrum S., Huber J., Hülsbergen K.-J. 2014. Earthworm abundance and species richness: contribution of farming system and habitat type. *in*:

Proceedings of the 4<sup>th</sup> ISOFAR Scientific Conference. G. Rahmann & U. Aksoy (eds). Istanbul, Turkey: 473 – 476.

DOI:10.3220/REP\_1\_2014

Komnitsas K., Zaharaki D. 2012. Pre-treatment of the olive mill wastewaters at laboratory and mill scale and subsequent use in agriculture: Legislative framework and proposed soil quality indicators. *Resources, Conservation and Recycling*, 69: 82 – 89.

[dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.09.009](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.09.009)

Koné A.W., Edoukou E.F., Gonnety J.T., N'Dri A.N.A., Assémien L.F.E., Angui P.K.T., Tondoh J.E. 2012. Can the shrub *Chromolaena odorata* (Asteraceae) be considered as improving soil biology and plant nutrient availability? *Agroforestry Systems*, 85: 233 – 245

DOI: 10.1007/s10457-012-9497-5

Kontos S.S., Katrivesis F.K., Constantinou T.C., Zoga C.A., Ioannou I.S., Koutsoukos P.G., Paraskeva C.A. 2018. Implementation of membrane filtration and melt crystallization for the effective treatment and valorization of olive mill wastewaters. *Separation and Purification Technology*, 193: 103 – 111.

[doi.org/10.1016/j.seppur.2017.11.005](https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.11.005)

Korboulewsky N., Perez G., Chauvat M. 2016. How tree diversity affects soil fauna diversity: A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 94: 94 – 106

[dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.11.024](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.11.024)

Kotcon J. 2011. Population dynamics of earthworms in organic farming systems. *in: Biology of Earthworms, Soil Biology*, 24. A. Karaca (ed). Springer-Verlag Berlin Heidelberg: 299 – 310.

DOI: 10.1007/978-3-642-14636-7\_10

Koutsos T.M., Chatzistathis T., Balampekou E.I. 2018. A new framework proposal, towards a common EU agricultural policy, with the best sustainable practices for the re-use of olive mill wastewater. *Science of The Total Environment*, 622-623: 942 – 953.

[doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.073](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.073)

- Kristensen T., Søegaard K., Eriksen J., Mogensen L. 2015. Carbon footprint of cheese produced on milk from Holstein and Jersey cows fed hay differing in herb content. *Journal of Cleaner Production*, 101: 229 – 237.  
[dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.087](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.087)
- Kumar K., Kumawat P. 2018. A review on the effect of herbicides on the earthworms. *International Journal of Zoology Studies*, 3 (2): 120 – 125.
- Kurtz M.P., Peikert B., Brühl C., Dag A., Zipori I., Shoqeir J.H., Schaumann E. 2015. Effects of olive mill wastewater on soil microarthropods and soil chemistry in two different cultivation scenarios in Israel and Palestinian territories. *Agriculture*, 5: 857 – 878.  
[doi: 10.3390/agriculture5030857](https://doi.org/10.3390/agriculture5030857)
- La Scalia G., Micale R., Cannizzaro L., Marra F.P. 2017. A sustainable phenolic compound extraction system from olive oil mill wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 142: 3782 – 3788.  
[dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.086](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.086)
- Lalander C.H., Komakech A.J., Vinneras B. 2015. Vermicomposting as manure management strategy for urban small-holder animal farms – Kampala case study. *Waste Management*, 39: 96 – 103.  
[dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.02.009](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.02.009)
- Lanza B., Di Serio M.G., Di Giovacchino L. 2017. Long-term spreading of olive mill wastewater on olive orchard: effects on olive production, oil quality, and soil properties. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48 (20): 2420 – 2433.  
[doi.org/10.1080/00103624.2017.1411512](https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1411512)
- Larsen T., Pollierer M.M., Holmstrup M., D'Annibale A., Maraldo K., Andersen N., Eriksen J. 2016. Substantial nutritional contribution of bacterial amino acids to earthworms and enchytraeids: A case study from organic grasslands. *Soil Biology and Biochemistry*, 99: 21 – 27.  
[dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.03.018](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.03.018)
- Lavelle P., Pashanasi B., Charpentier F., Gilot C., Rossi J.-P., Derouard L., Andre J., Ponge J.-F., Bernier N. 1998. Large-scale effects of earthworms on soil

- organic matter and nutrient dynamics. in: Earthworm Ecology. C.A Edwards (ed.), CRC Press LLC, U.S.A.: 103 – 122.
- Lavelle P., Spain A.V. 2005. Soil ecology. Springer, U.K.
- Le Bayon R.-C., Bullinger-Weber G., Schomburg A., Turberg P., Schlaepfer R., Guenat C. 2017. Earthworms as ecosystem engineers: A review. in: Earthworms. Types, Roles and Research. C.G. Horton (ed.). NOVA Science Publishers, Inc., New York, U.S.A.: 129 - 177.
- Leitão S., Cerajeira M.J., van den Brink P., Sousa J.P. 2014. Effects of azoxystrobin, chlorothalonil, and ethoprophos on the reproduction of three terrestrial invertebrates using a natural Mediterranean soil. *Applied Soil Ecology*, 76: 124 – 131.  
[dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.12.013](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.12.013)
- Li Y., Liu Q., Liu F., Zhu P., Zhang L., Zhou X., Sun C., Cheng Y. 2016. Effects of different ratios of sewage sludge and cattle manure on growth and propagation of *Eisenia fetida*. *PLOS ONE*/ June 3, 2016: 1 - 13  
 DOI: 10.1371/journal.pone.0156492
- Lindahl A.M.L., Dubus I.G., Jarvis N.J. 2009. Site classification to predict the abundance of the deep-borrowing earthworm *Lumbricus terrestris* L. *Vadoze Zone Journal*, 8 (4): 911 – 915  
[doi:10.2136/vzj2008.140](https://doi.org/10.2136/vzj2008.140)
- Little A.G., Cardoza Y.J. 2011. Host plant effects on generalist and specialist lepidopterous cabbage pests modulated by organic soil amendment. *Pedobiologia*, 54 (5-6): 353 - 359.  
<https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2011.08.004>
- Lowe C.N., Butt K.R. 2005. Culture techniques for soil dwelling earthworms: A review. *Pedobiologia*, 49: 401 - 413  
[doi:10.1016/j.pedobi.2005.04.005](https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2005.04.005)
- Lowe C.N., Butt K.R. 2007. Earthworm culture, maintenance and species selection in chronic ecotoxicological studies: A critical review. *European Journal of Soil Biology*, 43: S281 – S288

<https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.08.028>

Macci Ch., Masciandaro G., Ceccanti B. 2010. Vermicomposting of olive mill wastewaters. *Waste Management & Research*, 28: 738 – 747.

DOI: 10.1177/0734242X09345278

Magdich S., Ben Ahmed C., Jarboui R., Ben Rouina B., Boukhris M., Ammar E. 2013. Dose and frequency dependent effects of olive mill wastewater treatment on the chemical and microbial properties of soil. *Chemosphere*, 93: 1896 – 1903.

[dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.06.066](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.06.066)

Magdich S., Abid W., Boukhris M., Ben Rouina B., Ammar E. 2016. Effects of long-term olive mill wastewater spreading on the physiological and biochemical responses of adult Chembali olive trees (*Olea europaea* L.). *Ecological Engineering*, 97: 122 – 129.

[dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.09.004](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.09.004)

Magdich S., Ben Rouina B., Ammar E. 2018. Olive mill wastewater agronomic valorization by its spreading in olive grove. *Waste and Biomass Valorization*, 11: 1359 – 1372.

[doi.org/10.1007/s12649-018-0471-y](https://doi.org/10.1007/s12649-018-0471-y)

Malmström A., Persson T., Ahlström K., Gongalsky K.B., Bengtsson J. 2009. Dynamics of soil meso- and macrofauna during a 5-year period after clear-cut burning in a boreal forest. *Applied Soil Ecology*, 43: 61 - 74.

<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.06.002>

Manios V., Balis C., 1983. Respirometry to determine optimum conditions for the biodegradation of extracted olive press-cake. *Soil Biology and Biochemistry*, 15: 75 – 83.

[https://doi.org/10.1016/0038-0717\(83\)90122-0](https://doi.org/10.1016/0038-0717(83)90122-0)

Martin M., Eudoxie G. 2018. Feeding composition influences vermicomposting performance of *Dichogaster annae* relative to *Eudrilus eugeniae* and *Perionyx excavatus*. *Environmental Science and Pollution Research*, 25: 17716 – 17725.

<https://doi.org/10.1007/s11356-018-1853-1>



- Martin M., Eudixie G., Gouveia G. 2020. Labile carbon affects fecundity of *Omodeoscolex divergens* and *Eudrilus eugeniae* under pure and mixed culture vermicomposting. *Compost Science & Utilization*, 28 (1): 1 – 15.  
<https://doi.org/10.1080/1065657X.2020.1727788>
- Mathieu J., Grimaldi M., Jouquet P., Rouland C., Lavelle P., Desjardins T., Rossi J.-P. 2009. Spatial patterns of grasses influence soil macrofauna biodiversity in Amazonian pastures. *Soil Biology and Biochemistry*, 41: 586 – 593.  
 doi: 10.1016/j.soilbio.2008.12.020
- Mechri B., Issaoui M., Echbili A., Chehab A., Mariem F.B., Braham M., Hammami M. 2009. Olive orchard amended with olive mill wastewater: Effects on olive fruit and olive oil quality. *Journal of Hazardous Materials*, 172: 1544 – 1550  
 doi: 10.1016/j.hazmat.2009.08.026
- Meissner G., Athmann M., Fritz J., Kauer R., Stoll M., Schultz H.R. 2019. Conversion to organic and biodynamic viticulture practices: impact on soil, grapevine development and grape quality. *OENO One*, 53 (4): 639 – 659.  
<https://doi.org/10.20870/oeno-one.2019.53.4.2470>
- Mekki A., Dhouib A., Sayadi S. 2009. Evolution of several soil properties following amendment with olive mill wastewater. *Progress in Natural Science*, 19: 1515 – 1521.  
 doi: 10.1016/j.pnsc.2009.04.014
- Michalis K., Fragoulis A.N., Panidis S. 1985. Earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) from the mountainous mas of Pella province southwest region, and Imathias province, northwest region a systematical and ecological study. *Ecologia Mediterranea*, 11 (4): 37 – 42.  
<https://doi.org/10.3406/ecmed.1985.1111>
- Michalis K.B. 1987. Contribution to the systematic and ecological study of the earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) of the Western Thrace. *Arquivos do Museu Bocage*, 1: 59 – 69.

- Mirzaei J. 2016. Impacts of two spatially and temporally isolated anthropogenic fire events on soils of oak-dominated Zagros forests of Iran. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40: 109 – 119.  
doi:10.3906/ tar-1406-61
- Mkhinini M., Boughattas I., Alphonse V., Livet A., Bousserhine N., Banni M. 2019. Effect of treated wastewater irrigation in East Central region of Tunisia (Monastir governorate) on the biochemical and transcriptomic response of earthworms *Eisenia andrei*. *Science of The Total Environment*, 647: 1245 – 1255.  
doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.449
- Monroy F., Aira M., Gago J.Á., Domínguez J. 2007. Life cycle of the earthworm *Octodrilus complanatus* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Comptes Rendus Biologies*, 330: 389 – 391.  
doi: 10.1016/j.crv.2007.03.016
- Muys B., Granval Ph. 1997. Earthworms as bio-indicators of forest site quality. *Soil Biology and Biochemistry*, 29 (3/4): 323 – 328.  
[https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(96\)00047-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00047-8)
- OECD/OCDE, 1984. Guideline for testing of chemicals 207. Earthworm acute toxicity tests.
- OECD/OCDE, 2016. Guideline for testing of chemicals 222. Earthworm reproduction test (*Eisenia fetida/Eisenia andrei*). (Adopted: 29 July 2016).
- Owojori O.J., Reinecke A.J., Voua-Otomo P., Reinecke S.A. 2009. Comparative study of the effects of salinity on life-cycle parameters of four soil-dwelling species (*Folsomia candida*, *Enchytraeus doerjesi*, *Eisenia fetida* and *Aporrectodea caliginosa*). *Pedobiologia*, 52: 351 – 360.  
doi:10.1016/j.pedobi.2008.12.002
- Pansu M., Gautheyrou J., 2006. Handbook of soil analysis – Mineralogical, organic and inorganic methods. Springer – Verlag, Berlin Heidelberg.
- Paoletti M.G., Sommaggio D., Favretto M.R., Petruzzelli G., Pezzarossa B., Barbafieri M. 1998. Earthworms as useful bioindicators of agroecosystem

- sustainability in orchards and vineyards with different inputs. *Applied Soil Ecology*, 10: 137 – 150.  
[https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(98\)00036-5](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00036-5)
- Parmelee R.W., Bohlen P.J., Blair J.M. 1998. Earthworms and nutrient cycling processes: Integrating across the ecological hierarchy. *in*: *Earthworm Ecology*. C.A. Edwards (ed.), CRC Press LLC, U.S.A.: 123 – 143.
- Pavlíček T., Csuzdi Cs., Nevo E. 2005. Prolonged diapauses of earthworms as an adaptation to semiarid environments. A case study. *Advances in Earthworm Taxonomy II*: 189 - 194.  
<https://www.researchgate.net/publication/259284548>
- Pavlíček T., Csuzdi Cs. 2006. Species richness and zoogeographic affinities of earthworms in Cyprus. *European Journal of Soil Biology*, 42: S111 - S116.  
<https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.09.001>
- Peach M.E., Hicks Pries C.E., Friedland A.J. 2021. Plants and earthworms control soil carbon and water quality trade-offs in turfgrass mesocosms. *Science of The Total Environment*, 753: 141884.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141884>
- Pelosi C., Pey B., Hedde M., Caro G., Capowiez Y., Guernion M., Peigné J., Piron D., Bertrand M., Cluzeau D. 2014. Reducing tillage in cultivated fields increases earthworm functional diversity. *Applied Soil Ecology*, 83: 79 – 87.  
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.10.005>
- Pérès G., Cluzeau D., Curmi P., Hallaire V. 1998. Earthworm activity and soil structure changes due to organic enrichments in vineyard systems. *Biology and Fertility of Soils*, 27: 417 – 424.  
<https://doi.org/10.1007/s003740050452>
- Pfiffner L., Luka H. 2007. Earthworm populations in two low-input cereal farming systems. *Applied Soil Ecology*, 37: 184 – 191.  
 doi:10.1016/j.apsoil.2007.06.005
- Phillips H.R.P., Bach E.M., Bartz M.L.C., Bennett J.M., Beugnon R., Briones M.J.I., Brown G.G., Ferlian O., Gongalsky K.B., Guerra C.A., et al. 2021. Global

data on earthworm abundance, biomass, diversity and corresponding environmental properties. *Scientific Data*, 8 (1), 136.

doi: 10.1038/s41597-021-00912-z.

Pilar Ruiz M., Ramajo M., Jesús j.B., Trigo D., Díaz Cosín D.J. 2006. Selective feeding of the earthworm *Hormogaster elisae* (Oligochaeta, Hormogastridae) in laboratory culture. *European Journal of Soil Biology*, 42: S289 – S295. doi:10.1016/j.ejsobi.2006.07.027

Piotrowska A., Iamarino G., Rao M.A., Gianfreda L. 2006. Short-term effects of olive mill waste water (OMW) on chemical and biochemical properties of a semiarid Mediterranean soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 600 – 610. doi: 10.1016/j.soilbio.2005.06.012

Plum N.M., Filser J., 2005. Floods and drought: Response of earthworms and potworms (Oligochaeta: Lumbricidae, Enchytraeidae) to hydrological extremes in wet grassland. *Pedobiologia*, 49: 443 – 453. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2005.05.004>

Pop V.V. 1997. Earthworms-vegetation-soil relationships in the Romanian Carpathians. *Soil Biology and Biochemistry*, 29 (3/4): 223 - 229. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(96\)00168-X](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00168-X)

Pop V.V., Pop A.A. 2004. A comprehensive study of the taxonomy and ecology of the lumbricid earthworm genus *Octodrilus* from the Carpathians. *in*: *Earthworm Ecology* 2<sup>nd</sup> edition. C.A. Edwards (ed.). CRC Press LLC, Florida, U.S.A.: 115 – 141.

Prendergast-Miller M.T., Jones D.T., Berdeni D., Bird S., Chapman P.J., Firbank L., Grayson R., Helgason T., Holden J., Lappage M. 2021. Arable fields as potential reservoirs of biodiversity: Earthworm populations increase in new leys. *Science of The Total Environment*, 789, 147880. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147880>

Prosser J.I. 2007. The ecology of nitrifying bacteria. *in*: *Biology of the Nitrogen cycle*. H. Bothe, S.J. Ferguson & W.E. Newton (eds). Elsevier B.V. the Netherlands: 223 - 243.

- Qui J., Li W., Li X. 2016. Effects of earthworm *Eisenia foetida* in constructed wetland on purification of country wastewater. *Procedia Engineering*, 154: 406 – 411.  
doi: 10.1016/j.proeng.2016.07.505
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria.  
Available online: <https://www.R-project.org/> (προσπελάσθηκε 20 Oct. 2021)
- Rajiv P., Rajeshwari S., Yadav R.H., Rajendran V. 2013. Vermiremediation: detoxification of parthenin toxin from *Parthenium* weeds. *Journal of Hazardous Materials*, 262: 480 – 495.  
[dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.08.075](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.08.075)
- Redmond C.T., Kesheimer A., Potter D.A. 2014. Earthworm community composition, seasonal population structure, and casting activity on Kentucky golf courses. *Applied Soil Ecology*, 75: 116 – 123.  
[dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.11.005](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.11.005)
- Regni L., Nasini L., Ilarioni L., Brunori A., Massaccesi L., Agnelli A., Proietti P. 2017. Long term amendment with fresh and composted solid olive mill waste on olive grove affects carbon sequestration by prunings, fruits, and soil. *Frontiers in Plant Science*, 7: 2042. [www.frontiersin.org](http://www.frontiersin.org)  
doi: 10.3389/fpls.2016.02042
- Reich P.B., Oleksyn J., Modrzyński J., Mrozinski P., Hobbie S.E., Eissenstat D.M., Chorover J., Chadwick O.A., Hale C.M., Tjoelker M.G. 2005. Linking litter calcium, earthworms and soil properties: a common garden test with 14 tree species. *Ecology Letters*, 8: 811 – 818.  
doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00779.x
- Reinecke A.J., Reinecke S.A. 1998. The use of earthworms in ecotoxicological evaluation and risk assessment: New approaches. *in*: *Earthworm Ecology*, C.A. Edwards (ed.). CRC Press LLC, U.S.A.: 273 – 293.
- Reynolds J.W. 2004. The status of earthworm biogeography, diversity and taxonomy in North America revisited with glimpses into the future. *in*: *Earthworm Ecology*, 2<sup>nd</sup> edition. C.A. Edwards (ed.). CRC Press., Florida-U.S.A.: 63 - 74.

- Robinson C.H., Pearce T.G., Ineson P., Dickson D.A., Nys C. 1992. Earthworm communities of limed coniferous soils: field observations and implications for forest management. *Forest Ecology and Management*, 55: 117 – 134.  
[https://doi.org/10.1016/0378-1127\(92\)90096-R](https://doi.org/10.1016/0378-1127(92)90096-R)
- Römbke J., Sousa J-P., Schouten T., Riepert F. 2006. Monitoring of soil organisms: a set of standardized field methods proposed by ISO. *European Journal of Soil Biology*, 42: S61 – S64.  
doi: 10.1016/j.ejsobi.2006.07.016
- Rothwell A., Chaney K., Haydock P. 2011. The impact of cultivation techniques on earthworm populations. *in: Biology of Earthworms, Soil Biology*, 24. A. Karaca (ed.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg: 159 – 172.  
DOI: 10.1007/978-3-642-14636-7\_10
- Rousidou C., Papadopoulou K., Zervakis G., Kumar Singh B., Ehaliotis C., Karpouzas D.G. 2010. Repeated application of diluted olive mill wastewater induces changes in the structure of the soil microbial community. *European Journal of Soil Biology*, 46: 34 – 40.  
doi: 10.1016/j.ejsobi.2009.10.004
- Rusan M.J.M., Albalasmeh A.A., Malkawi H.I. 2016. Treated olive mill wastewater effects on soil properties and plant growth. *Water, Air, & Soil Pollution*, 227: 135.  
DOI: 10.1007/s11270-016-2837-8
- Ryder K., Azam Ali M., Carne A., Billakanti J. 2017. The potential use of dairy by-products for the production of nonfood biomaterials. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 0: 1 – 22.  
doi.org/10.1080/10643389.2017.1322875
- Saadi I., Laor Y., Raviv M., Medina S. 2007. Land spreading of olive mill wastewater: Effects on soil microbial activity and potential phytotoxicity. *Chemosphere*, 66: 75 – 83.  
doi: 10.1016/j.chemosphere.2006.05.019

- Salomé C., Guenat C., Bulliger-Weber G., Gobat J.-M., le Bayon R.-C. 2011. Earthworm communities in alluvial forests: Influence of altitude, vegetation stages and soil parameters. *Pedobiologia*, 54S: S89 - S98.  
doi: 10.1016/j.pedobi.2011.09.012
- Samal S., Mishra C.S.K., Sahoo S. 2019. Setal-epidermal, muscular and enzymatic anomalies induced by certain agrochemicals in the earthworm *Eudrilus eugeniae* (Kinberg). *Environmental Science and Pollution Research*, 26: 8039 – 8049.  
doi.org/10.1007/s11356-019-04204-3
- Sánchez E.G., Muñoz B., Garvín M.H., Jesús J.B., Díaz D.J. 1997. Ecological preferences of some earthworm species in southwest Spain. *Soil Biology and Biochemistry*, 29 (3-4): 313 - 316.  
[https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(96\)00169-1](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00169-1)
- Sánchez-De León Y., Zou X., Borges S. 2003. Recovery of native earthworms in abandoned tropical pastures. *Conservation Biology*, 17 (4): 999 – 1006.  
<https://www.jstor.org/stable/3588856>
- Sanchez-Hernandez J.C., Sáez J.A., Vico A., Moreno J., Moral R. 2020. Evaluating earthworms' potential for remediating soils contaminated with olive mill waste sediments. *Applied Sciences*, 10 (7): 2624.  
doi:10.3390/app10072624
- SAS Institute. 2012. JMP version 10.0.0 SAS Institute Inc.
- Scharenbroch B.C., Nix B., Jacobs K.A., Bowles M.L. 2012. Two decades of low-severity prescribed fire increases soil nutrient availability in a Midwestern, USA oak (*Quercus*) forest. *Geoderma*, 183-184: 80 - 91.  
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.03.010>
- Schon N.L., Mackay A.D., Gray R.A., van Koten C., Dodd M.B. 2017. Influence of earthworm abundance and diversity on soil structure and the implications for soil services throughout the season. *Pedobiologia*, 62: 41 – 47.  
dx.doi.org/10.1016/j.pedobi.2017.05.001

- Schon N.S., Mackay A.D., Gray R.A. 2019. Changes in the abundance and diversity of earthworms in hill soils under different long-term fertilizer and sheep stocking regimes. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 64 (2): 162 – 177.  
doi.org/10.1080/00288233.2019.1581238
- Schreck E., Geret F., Gontier L., Treilhou M. 2008. Neurotoxic effects and metabolic responses induced by a mixture of six pesticides on the earthworm *Aporrectodea caliginosa nocturna*. *Chemosphere*, 71: 1832 – 1839.  
doi:10.1016/j.chemosphere.2008.02.003
- Schreck E., Gontier L., Dumat C., Geret F. 2012. Ecological and physiological effects of soil management practices on earthworm communities in French vineyards. *European Journal of Soil Biology*, 52: 8 – 15.  
doi:10.1016/j.ejsobi.2012.05.002
- Schulz E., Vannina U., Hall M. 2014. The double mosaic-regeneration of vegetation and soil after clearing, burning and cultivation: lessons from Forchtenberg experiment. *Vegetation History and Archaeobotany*, 23 (suppl 1): S19 – S36.  
DOI: 10.1007/s00334-014-0451-5
- Sharma K., Garg V.K. 2017. Management of food and vegetable processing waste spiked with buffalo waste using earthworms (*Eisenia fetida*). *Environmental Science and Pollution Research*, 24: 7829 – 7836  
DOI: 10.1007/s11356-017-8438-2
- Sherlock E. 2012. Key to the earthworms of the UK and Ireland. Field Studies Council & Natural History Museum, London. pp: 44
- Shipitalo M.J., Le Bayon R.-C. 2004. Quantifying the effects of earthworms on soil aggregation and porosity. in: *Earthworm Ecology*, 2<sup>nd</sup> edition. C.A. Edwards (ed.). CRC Press. Florida, U.S.A.: 183 - 200.
- Shylesh Chandran M.S., Sujatha S., Mohan M., Julka J.M., Ramasamy E.V. 2012. Earthworm diversity at Nilgiri biosphere reserve, Western Ghats, India. *Biodiversity and Conservation*, 21: 3343 – 3353.  
DOI: 10.1007/s10531-012-0365-4



- Sileshi G., Mafongoya P.L. 2006. The short-term impact of forest fire on soil invertebrates in the Miombo. *Biodiversity and Conservation*, 15: 3153 - 3160.  
<https://doi.org/10.1007/s10531-005-5411-z>
- Sims R. W., Gerard B. M. 1999. Earthworms. R.S.K. Barnes & J.H. Crothers (eds). Field Studies Council. Shrewsbury, U.K. pp.: 169
- Singh R., Samal K., Dash R.R., Bhunia P. 2019. Vermifiltration as a sustainable natural treatment technology for the treatment and reuse of wastewater: A review. *Journal of Environmental Management*, 247: 140 - 151.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.075>
- Singh S., Singh J., Vig A.P. 2016. Earthworm as ecological engineers to change the physic-chemical properties of soil: Soil vs vermicast. *Ecological Engineering*, 90: 1 – 5.  
[dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.01.072](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.01.072)
- Solomou A.D., Sfougaris A.I., Vavoulidou E.M., Csuzdi C. 2012. The effects of farming practices on earthworm dynamics in olive groves of central Greece. *Zoology in the Middle East*, 58: 119 – 126.  
DOI:[10.1080/09397140.2012.10648993](https://doi.org/10.1080/09397140.2012.10648993)
- Solomou A.D. Sfougaris A.I., Vavoulidou E.M., Csuzdi C. 2013. Species richness and density of earthworms in relation to soil factors in olive orchard production systems in central Greece. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44(1-4): 301 – 311.  
<https://doi.org/10.1080/00103624.2013.741904>
- Solomou A.D., Sfougaris A. 2021. Contribution of agro-environmental factors to yield and plant diversity of olive grove ecosystems (*Olea europaea* L.) in the Mediterranean landscape. *Agronomy*, 11, 161.  
<https://doi.org/10.3390/agronomy11010161>
- Soobhany N., Mohee R., Kumar Garg V. 2015. Experimental process monitoring and potential of *Eudrilus eugeniae* in the vermicomposting of organic solid waste in Mauritius. *Ecological Engineering*, 84: 149 – 158.  
[dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.08.003](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.08.003)

- Steinwandter M., Schlick-Steiner B.C., Seeber G.U.H., Steiner F., Seeber J. 2017. Effects of Alpine land-use changes: Soil macrofauna community revisited. *Ecology and Evolution*, 7: 5389 – 5399.  
DOI: 10.1002/ece3.3043
- Stellin F., Gavinelli F., Stevanato P., Concheri G., Squartini A., Paoletti M.G. 2018. Effects of different concentrations of glyphosate (Roundup 360) on earthworms (*Octodrilus complanatus*, *Lumbricus terrestris* and *Aporrectodea caliginosa*) in vineyards in the North-East of Italy. *Applied Soil Ecology*, 123: 802 – 808.  
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.07.028>
- Stojanović M., Milutinović T., Karaman S. 2008. Earthworm (*Lumbricidae*) diversity in the Central Balkans: An evaluation of their conservation status. *European Journal of Soil Biology*, 44: 57 - 64.  
<https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.09.005>
- Stojanović M., Sekulić J., Trakić T. 2017. Distribution and threat status of the endemic earthworm *Allolobophora dofleini* (Oligochaeta, Lumbricidae) on the Balkan Peninsula. *North-Western Journal of Zoology*, 13 (1): 136 – 143.
- Stoscheck L.M., Sherman R.E., Suarez E.R., Fahey T.J. 2012. Exotic earthworm distributions did not expand over decade in a hardwood forest in New York state. *Applied Soil Ecology*, 62: 124 – 130  
[dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.07.002](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.07.002)
- Szederjesi T., Csuzdi C. 2012. New and little known earthworm species from Greece (Oligochaeta: Lumbricidae, Acanthodrilidae). *Zootaxa*, 3304: 25 – 42.  
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.3304.1.2>
- Szederjesi T., Angyal D., Balázs G., Dányi L. 2014. Remarks on the earthworm genus *Helodrilus* Hoffmeister, 1845 with new epigeal and subterranean records (Oligochaeta: Lumbricidae). *Opuscula Zoologica (Budapest)*, 45 (2): 181 – 188.
- Szederjesi T., Vavoulidou E., Chalkia C., Dányi L., Csuzdi C. 2017. An annotated checklist of earthworms of Greece (Clitellata: Megadrili). *Zootaxa*, 4272 (1): 057 - 082.

[doi.org/10.11646/zootaxa.4272.1.3](https://doi.org/10.11646/zootaxa.4272.1.3)

Szederjesi T., Pop V.V., Pavlíček T., Márton O., Krízsik V., Csuzdi C. 2018. Integrated taxonomy reveals multiple species in the *Dendrobaena byblica* (Rosa, 1893) complex (Oligochaeta: Lumbricidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 182: 500 – 516.

<https://doi.org/10.1093/zoolinnean/zlx049>

Szlavec K., Placella S.A., Pouyat R.V., Groffman P.M., Csuzdi C., Yesilonis I. 2006. Invasive earthworm species and nitrogen cycling in remnant forest patches. *Applied Soil Ecology*, 32(1): 54 – 62.

<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.01.006>

Tatmo T. 2020. Observations on the life cycles of aquatic Oligochaeta in aquaria *Zoosymposia*, 17: 102 – 120

[doi.org/10.11646/zoosymposia.17.1.11](https://doi.org/10.11646/zoosymposia.17.1.11)

Thomson L.J., Hoffmann A.A. 2007. Effects of ground cover (straw and compost) on the abundance of natural enemies and soil macro invertebrates in vineyards. *Agricultural and Forest Entomology*, 9: 173 – 179.

DOI:10.1111/j.1461-9563.2007.00322.x

Tomati U., Galli E., Fiorelli F., Pasetti L. 1996. Fertilizers from composting of olive mill wastewaters. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 38 (3-4): 155 – 162.

DOI:10.1016/S0964-8305(96)00044-3

Tsiafouli M.A., Thébault E., Sgardelis S.P., De Ruiter P.C., Van Der Putten W.H., Birkhofer K., Hemerik L., de Vries F.T., Bardgett R.D., Brady M.V., Bjornlund L., Jørgensen H.B., Christensen S., D' Hertefeldt T., Hotes S., Gera Hol W.H., Frouz J., Liiri M., Mortimer S.R., Setälä H., Tzanopoulos J., Uteseny K., Pižl V.P., Wolters V., Hedlund K. 2015. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology*, 21: 973 – 985.

DOI: 10.1111/gcb.12752

- Tsiknia M., Tzanakakis V.A. Oikonomidis D., Paranychianakis N.V., Nikolaidis N.P. 2014. Effects of olive mill wastewater on soil carbon and nitrogen cycling. *Environmental Biotechnology*, 98: 2739 – 2749.  
doi: 10.1007/s00253-013-5272-4
- Tzortzi I.E., 2010. Effects of 4 soil concentrations of Al on its bioaccumulation into earthworms of the genus *Octodrilus*. MSc Thesis. Agric. Univ. Athens.
- Udovic M., Lestan D. 2010. Fractionation and bioavailability of Cu in soil remediated by EDTA leaching and processed by earthworms (*Lumbricus terrestris* L.). *Environmental Science and Pollution Research*, 17: 561 – 570.  
DOI: 10.1007/s11356-009-0262-x
- Uvarov A.V., Tiunov A.V., Scheu S. 2011. Effects of seasonal and diurnal fluctuations on population dynamics of two earthworm species in forest soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 43: 559 – 570.  
doi: 10.1016/j.soilbio.2010.11.023
- Valckx J., Govers G., Hermy M., Muys B. 2011. Optimising earthworm sampling in ecosystems. *in*: A Karaca (ed.), *Soil Biology: Biology of Earthworms*. Springer – Verlag Berlin Heidelberg: 19 - 38.  
doi: 10.1016/j.pedobi.2011.07.004
- Van Capelle C., Schrader S., Brunotte J. 2012. Tillage-induced changes in the functional diversity of the soil biota – A review with a focus on German data. *European Journal of Soil Biology*, 50: 165 – 181.  
<https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2012.02.005>
- Van Groenigen J.W., Van Groenigen K.J., Koopmans G.F., Stokkermans L., Vos H.M.J., Lubbers I.M. 2019. How fertile are earthworm casts? A meta-analysis. *Geoderma*, 338: 525 – 535.  
doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.11.001
- Vavoulidou E., Avramides E., Wood M., Lolos P. 2009. The response of soil quality indicators to the pesticide cadusaphos. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 40 (1 – 6): 416 – 434.  
doi.org/10.1080/00103620802697996

- Vavoulidou E., Benckiser G., Kavvadias V.A. 2021. Soil fauna activities in agricultural Greek landscapes. *in*: Soil and Recycling Management in the Anthropocene Era. G. Benckiser (ed.). Springer Nature Switzerland AG. Environmental Science & Engineering: 87 – 113.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-030-51886-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-51886-8_4)
- Vidal A., Quenea K., Alexis M., Derenne S. 2016. Molecular fate of root and shoot litter on incorporation and decomposition in earthworm casts. *Organic Geochemistry*, 101: 1 – 10.  
[dx.doi.org/10.1016/j.orggeochem.2016.08.003](https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2016.08.003)
- Vlyssides A., Van der Smissen N., Barampouti E.M., Mai S. 2014. Sustainable cultivation of olive trees by reusing olive mill wastes after effective co-composting treatment processes. *Proceedings of the 4<sup>th</sup> ISOFAR Scientific Conference*. G. Rahmann & U. Aksoy (eds.). Turkey (eprint ID 23721): 559 – 561.
- Vršič S., Breznik M., Pulko B., Rodrigo-Comino J. 2021. Earthworm abundance changes depending on soil management practices in Slovenian vineyards. *Agronomy*, 11 (6), 1241.  
<https://doi.org/10.3390/agronomy11061241>
- Weigand S., Auerswald K., Beck T. 1995. Microbial biomass in agricultural topsoils after 6 years of bare fallow. *Biology and Fertility of Soils*, 19: 129 – 134  
<https://doi.org/10.1007/BF00336148>
- Whalen J.K. 2004. Spatial and temporal distribution of earthworm patches in corn field, hayfield and forest systems of southwestern Quebec, Canada. *Applied Soil Ecology*, 27: 143 – 151.  
doi:10.1016/j.apsoil.2004.04.004
- Wightwick A., Mollah M., Smith J., Macgregor A. 2006. Sampling considerations for surveying copper concentrations in Australian vineyard soils. *Australian Journal of Soil Research*, 44: 711 – 717.  
DOI:10.1071/SR05135
- Wilke B.-M. 2005. Determination of chemical and physical soil properties. *Monitoring and assessing soil bioremediation*. *in*: Soil Biology, Volume 5.

- Manual of Soil Analysis. R.Margesin & F.Schinner (eds.). Springer – Verlag Berlin Heidelberg: 47 – 95.
- Wills A., Abbott I. 2003. Landscape-scale species richness of earthworms in the Porongurup Range, Western Australia: influence of aspect, soil fertility, and vegetation type. *Biology and Fertility of Soils*, 39: 94 – 102.  
DOI: 10.1007/s00374-003-0683-5
- Xie D., Wu W., Hao X., Jiang D., Li X., Bai L. 2016. Vermicomposting of sludge from animal wastewater treatment plant mixed with cow dung or swine manure using *Eisenia fetida*. *Environmental Science and Pollution Research*, 23: 7767 – 7775.  
DOI: 10.1007/s11356-015-5928-y
- Yadav A., Garg V.K. 2016. Influence of stocking density on the vermicomposting of an effluent treatment plant sludge amended with cow dung. *Environmental Science and Pollution Research*, 23: 13317 – 13326  
DOI: 10.1007/s11356-016-6522-7
- Yadav S., Singh V.K. 2014. Vermitechnology. Rebuilding sustainable rural livelihoods. Nova Science Publishers. New York.
- Zagklis D.P., Vavouraki A.I., Kornaros M.E., Paraskeva C.A. 2015. Purification of olive mill wastewater phenols through membrane filtration and resin adsorption/desorption. *Journal of Hazardous Materials*, 285: 69 – 76.  
[dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.11.038](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.11.038)
- Zaller J.G., Cantelmo C., Dos Santos G., Muther S., Gruber E., Pallua P., Mandl K., Friedrich B., Hofstetter I., Schmuckenschlager B., Faber F. 2018. Herbicides in vineyards reduce grapevine root mycorrhization and alter soil microorganisms and the nutrient composition in grapevine roots, leaves, xylem sap and grape juice. *Environmental Science and Pollution Research*, 25: 23215 – 23226.  
[doi.org/10.1007/s11356-018-2422-3](https://doi.org/10.1007/s11356-018-2422-3)
- Zarea M.J., Karimi N. 2012. Effects of herbicides on earthworms. *Dynamic Soil, Dynamic Plant*, 6 (Special Issue 1). Global Science Books: 5 – 13.

Zicsi A., Michalis K. 1981. Übersicht der regenwurm-fauna Griechenlands (Oligochaeta: Lumbricidae). Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae, XXVII: 239 – 264.

Zicsi A., Michalis K. 1993. Zwei Neue *Dendrobaena*—Arten aus Griechenland (Oligochaeta, Lumbricidae). Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae, 39: 301 – 310

### **Βιβλιογραφία στα Ελληνικά**

Ασημακόπουλος Ι., Οιχαλιώτης Κ. 2010. Εργαστηριακές ασκήσεις των μαθημάτων: - Γονιμότητα εδάφους, - Αναλύσεις φυτών και εδαφών – Αξιολόγηση αποτελεσμάτων, - Λιπάσματα-Λιπάνσεις. Γ.Π.Α. Εργαστήριο: Γ. Χημείας & Εδαφολογίας, Αθήνα

Βαβουλίδου Ε., Μπιλάλης Δ., Χαλκιά Χ. 2020. Οι γαιοσκώληκες. στο: Η πανίδα της Ελλάδας. Βιολογία και διαχείριση της άγριας πανίδας. Π. Παφίλης (επιμέλεια). Broken Hill Publishers Ltd, Nicosia, Cyprus.

Γεωργάλα Α., Καμινारीδης Σ. 2017. Ανασκόπηση σε Ελληνικά τυριά τυρογάλακτος: Περιγραφή των κυρίων χαρακτηριστικών τους. Πρακτικά του 10<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής. Γ. Ξανθόπουλος, Δ. Λέντζου (επιμ.). ΓΠΑ, Αθήνα: 506 – 513.

Εμμανουήλ Ν. 2001. Γενική και συστηματική γεωργική ζωολογία. Πανεπιστημιακό Σύγγραμμα, εκδόσεις ΓΠΑ. Αθήνα

Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας Αρ. Φύλλου 3924 / 7 Δεκεμβρίου 2016.

Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας Αρ. Φύλλου 4333 / 12 Δεκεμβρίου 2017.

Μπιλάλης Δ., Παπαστυλιανού Π.-Θ., Τραυλός Η.Σ. 2019. Γεωργία - φυτά μεγάλης καλλιέργειας, εκδ. Πεδίο, Αθήνα.

Μπλήκα Π.Σ. 2009. Βιοτεχνολογικές μέθοδοι επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών. Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πάτρα

- Οικονόμου Λ., Αράπης Γ., Ρήγα-Καρανδεινού Α. 2007. Επίδραση της προσθήκης στο έδαφος υγρών αποβλήτων ελαιουργείου (κατσίγαρος), στην κοινότητα νηματωδών του εδάφους σε δύο επίπεδα εδαφικής υγρασίας. Πρακτικά 12<sup>ου</sup> Πανελληνίου Εντομολογικού Συνεδρίου. Κύπρος: 67 - 69.
- Τζελέπης Ν.Δ. 1943. Συμβολή στην μελέτη των Ολιγοχαιτών της Ελλάδος. Διδακτορική διατριβή. Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Χατζηπαυλίδης Ι.Γ. 1999. Επιπτώσεις των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων στη δυναμική και τις δράσεις των μικροβιακών πληθυσμών εμπλουτισμού στο έδαφος. Διδακτορική διατριβή. Γ.Π.Α., Εργαστήριο Γενικής και Γεωργικής Μικροβιολογίας. Αθήνα.
- Χρονοπούλου – Σερέλη Α., Τσίρος Ι., Καμούτσης Α., Ματσούκης Α., Δρούλια Φ., Χαραμπόπουλος Ι., Χρονόπουλος Κ. 2012. Γενικά & Ειδικά Θέματα Βιοκλιματολογίας, Εφαρμογές – Ασκήσεις, εκδ. Ζήτη, Πειραιάς.

### **Διαδίκτυο**

Διαδίκτυο 1: [taxo.drilobase.org](http://taxo.drilobase.org/) / (προσπελάσθηκε 15/9/2022)

Διαδίκτυο 2: [http://earthworms.elte.hu/Israel/species/o\\_complanatus.htm](http://earthworms.elte.hu/Israel/species/o_complanatus.htm) (προσπελάσθηκε Αύγουστο 2021)

Διαδίκτυο 1.1: [www.gbif.org/species/2307609](http://www.gbif.org/species/2307609)

Διαδίκτυο 2.1: <https://www.statistics.gr/el/statistics/agr> (προσπελάσθηκε Αύγουστο 2021)

Διαδίκτυο 2.2: <http://publications.naturalengland.org.uk/category/1006> (προσπελάσθηκε Μάιο 2020)

Διαδίκτυο 2.3: <https://en.wikipedia.org/wiki/Glyphosate> (προσπελάσθηκε Αύγουστος 2021)

Διαδίκτυο 3.1: [www.statistics.gr](http://www.statistics.gr) (προσπελάσθηκε 30/4/2022)

Διαδίκτυο 3.2: [www.gaiapedia.gr](http://www.gaiapedia.gr) (προσπελάσθηκε 6/5/2022)



Διαδίκτυο 3.3: [https://inspectapedia.com/septic/BOD5\\_Wastewater\\_Test.php](https://inspectapedia.com/septic/BOD5_Wastewater_Test.php) (προσπελάστηκε 15/4/2022)

Διαδίκτυο 4.1: <https://www.earthwormsoc.org.uk/VermicompostingToilets> (τελευταία επίσκεψη: 11-4-2021)

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

- **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.1**  
Τα είδη των γαιοσκωλήκων και οι πληθυσμιακές τους πυκνότητες (αριθμός ατόμων  $m^{-2} \pm$  Τυπικό Σφάλμα) ανά περιοχή
- **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.2**  
Χαρακτηρισμός των εδαφικών κλάσεων με βάση τις τιμές των παραμέτρων τους
- **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.3**  
Χλωρίδα των περιοχών δειγματοληψίας - Ενδεικτικά φυτικά taxa και είδη γαιοσκωλήκων στις περιοχές δειγματοληψίας
- **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.1**  
Καλλιεργητικές φροντίδες που δέχθηκαν οι αμπελώνες της μελέτης κατά το διάστημα της καταγραφής της εποχικής διακύμανσης των πληθυσμών των γαιοσκωλήκων στο έδαφος τους
- **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.2**  
Μετεωρολογικά δεδομένα από την Πάρνηθα  
Α. Τιμές των βασικών ατμοσφαιρικών παραμέτρων κατά το χρονικό διάστημα των παρατηρήσεων και  
Β. Μηνιαία διακύμανση της στιγμιαίας θερμοκρασίας εδάφους σε βάθος 10cm και της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας αέρα στις τοποθεσίες «προς Μόλα» και «καμένα» Πάρνηθας
- **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.3**  
Στοιχεία βλάστησης στην περιοχή «προς Μόλα» Πάρνηθας  
Α. Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της χλωρίδας  
Β. Εποχική μεταβολή της φυτοκάλυψης
- **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.4**  
Στοιχεία βλάστησης στην περιοχή «καμένα» Πάρνηθας  
Α. Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της χλωρίδας  
Β. Εποχική μεταβολή της φυτοκάλυψης
- **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.5**  
Μετεωρολογικά δεδομένα από τα Σπάτα  
Α. Τιμές των βασικών ατμοσφαιρικών παραμέτρων κατά το χρονικό διάστημα των παρατηρήσεων και  
Β. Μηνιαία διακύμανση της στιγμιαίας θερμοκρασίας εδάφους σε βάθος 10cm και της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας αέρα στο βιολογικό, συμβατικό και εγκαταλελειμμένο αμπελώνα στα Σπάτα

- **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.6**  
Στοιχεία βλάστησης από τον βιολογικό αμπελώνα των Σπάτων  
Α. Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της χλωρίδας  
Β. Εποχική μεταβολή της φυτοκάλυψης
- **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.7**  
Στοιχεία βλάστησης από το συμβατικό αμπελώνα των Σπάτων  
Α. Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της χλωρίδας  
Β. Εποχική μεταβολή της φυτοκάλυψης
- **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.8**  
Στοιχεία βλάστησης από το φυσικό-εγκαταλελειμμένο αμπελώνα των Σπάτων  
Α. Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της χλωρίδας  
Β. Εποχική μεταβολή της φυτοκάλυψης
- **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.9**  
Μετεωρολογικά δεδομένα από τη Νεμέα  
Α. Τιμές των βασικών ατμοσφαιρικών παραμέτρων κατά το χρονικό διάστημα των παρατηρήσεων και  
Β. Μηνιαία διακύμανση της στιγμιαίας θερμοκρασίας εδάφους σε βάθος 10cm και της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας αέρα στο βιολογικό και συμβατικό αμπελώνα της Νεμέας
- **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.10**  
Στοιχεία βλάστησης από το βιολογικό αμπελώνα της Νεμέας  
Α. Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της χλωρίδας  
Β. Εποχική μεταβολή της φυτοκάλυψης
- **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.11**  
Στοιχεία βλάστησης από το συμβατικό αμπελώνα της Νεμέας  
Α. Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της χλωρίδας  
Β. Εποχική μεταβολή της φυτοκάλυψης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.1: Τα είδη των γαιοσκωλήκων και οι πληθυσμιακές τους πυκνότητες (αριθμός ατόμων m<sup>-2</sup> ± Τυπικό Σφάλμα) ανά περιοχή.

	Περιοχή (ημερομηνία δειγματολ.)	Μενίδι-ποτάμι (2 – 8 – 2015)	Καρακαντά Πεντέλης (21 – 8 – 2015)	Μεσιανό νερό (23 – 8 – 2015)	Πάνακτος-Οινόη (1 – 9 – 2015)	Πηγή Φυλής (13 – 9 – 2015)	Κρυφό Νερό (28 – 10 – 2015)
	Στοιχείο	Όχθη ποταμού	Ορεινή πηγή	Ορεινή πηγή	Ορεινή πηγή	Ορεινή πηγή	Ορεινή πηγή
1	<i>Aporrectodea rosea</i>			4 ± 3,1			12,0 ± 5,9
2	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	44,8 ± 22,8	0,8 ± 0,7				
3	<i>A. calig. trapezoides</i>		3,2 ± 1,8			86,4 ± 36,0	
4	<i>Aporrectodea</i> spp.						
5	<i>Octodrilus complanatus</i>		4,0 ± 2,3				4,8 ± 2,3
6	<i>Eisenia fetida</i>	9,6 ± 5,7					
7	<i>Lubricus rubellus</i>						
8	<i>Eiseniella tetraedra</i>		5,6 ± 3,1	4,0 ± 3,1		3,2 ± 2,0	1,6 ± 1,6
9	<i>B. rubidus rubidus</i>						1,6 ± 1,0
10	<i>B. rubidus subrubicundus</i>	6,4 ± 5,7					
11	<i>D. byblica byblica</i>		16,0 ± 8,6	12,0 ± 5,9	3,2 ± 3,2	92,8 ± 45,4	4,0 ± 3,1
12	<i>Dendrobaena veneta</i>	35,2 ± 10,5					
13	<i>Dendrobaena olympiaca</i>						
14	<i>Microscolex phosphoreus</i>						
15	<i>Microscolex dubius</i>						
16	<i>Eukerria saltensis</i>						
17	<i>Allolobophora chlorotica</i>						
18	<i>Allolobophora dofleini</i>						
19	<i>Amyntas gracilis</i>						
20	<i>Cryodrilus lacuum</i>						
21	<i>Ocnerodrilus occidentalis</i>						
22	<i>Octolacion lacteum</i>						
23	<i>Dendrobaena attemsi</i>						
24	<i>Murchieona minuscula</i>						
25	<i>Unidentified</i> sp.1						
26	<i>Unidentified</i> sp.2						
27	Μη αναγνωρισμένο		1,6 ± 1,4		3,2 ± 3,2		1,6 ± 1,6
	<b>Σύνολο</b>	<b>96,0 ± 41,2</b>	<b>31,2 ± 13,4</b>	<b>20,0 ± 5,9</b>	<b>6,4 ± 3,9</b>	<b>182,4 ± 78,7</b>	<b>25,6 ± 7,6</b>
	<b>Αριθμός taxa</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>

συνεχίζεται

παράρτημα 1.1 συνέχεια (2)

	Περιοχή (ημερομηνία δειγματολ.)	Παλιοχώρι (14 – 11 – 2015)	Ρέμα Πικροδάφνης (3 - 4 - 2016)	Αγία Τριάδα (7 – 5 - 2016)	Χάνδακας Πάχης (4 – 6 – 2016)	Κορινθιακός Ασωπός (19 & 20 – 6 – 2016)	Λίμνη Δόξα (13 – 8 - 2016)
	Στοιχείο	Ορεινή πηγή	Εκβολές ρέματος	Ορεινή πηγή	Κοίτη ρέματος	όχθες ποταμού	λίμνη
1	<i>Aporrectodea rosea</i>	2,4 ± 2,4		4,8 ± 3,2	8,0 ± 3,9	2,4 ± 1,4	
2	<i>Aporrectodea caliginosa</i>			6,4 ± 3,0			
3	<i>A. calig. trapezoides</i>			5,6 ± 4,7	22,4 ± 11,7		
4	<i>Aporrectodea spp.</i>						
5	<i>Octodrilus complanatus</i>	11,2 ± 3,2		2,4 ± 1,6			
6	<i>Eisenia fetida</i>	0,8 ± 0,8		0,8 ± 0,8	57,6 ± 32,9		
7	<i>Lubricus rubellus</i>	14,4 ± 4,8					
8	<i>Eiseniella tetraedra</i>	18,4 ± 16,5	191,2 ± 115,9		47,2 ± 19,2	3,2 ± 3,0	9,6 ± 6,9
9	<i>B. rubidus rubidus</i>						
10	<i>B. rubidus subrubicundus</i>		100,8 ± 70,8		3,2 ± 1,8		
11	<i>D. byblica byblica</i>					9,6 ± 4,9	7,2 ± 6,4
12	<i>Dendrobaena veneta</i>				3,2 ± 1,3		
13	<i>Dendrobaena olympiaca</i>						
14	<i>Microscolex phosphoreus</i>			11,2 ± 6,8			
15	<i>Microscolex dubius</i>						
16	<i>Eukerria saltensis</i>			6,4 ± 4,1	78,4 ± 28,4		
17	<i>Allolobophora chlorotica</i>			4,8 ± 3,9			
18	<i>Allolobophora dofleini</i>						
19	<i>Amyntas gracilis</i>						
20	<i>Cryodrilus lacuum</i>					14,4 ± 12,0	✓
21	<i>Ocnerodrilus occidentalis</i>				2,4 ± 1,4		
22	<i>Octolacion lacteum</i>			2,4 ± 2,4			
23	<i>Dendrobaena attemsi</i>						
24	<i>Murchieona minuscula</i>						
25	Unidentified sp.1						
26	Unidentified sp.2						
27	Μη αναγνωρισμένο				20,0 ± 17,0		
	<b>Σύνολο</b>	<b>47,2 ± 13,0</b>	<b>292,0 ± 186,4</b>	<b>44,8 ± 19,2</b>	<b>242,4 ± 79,5</b>	<b>29,6 ± 13,6</b>	<b>16,8 ± 13,3</b>
	<b>Αριθμός taxa</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>3</b>

συνεχίζεται

παράρτημα 1.1 συνέχεια (3)

	Περιοχή (ημερομηνία δειγματολ.)	Κορομηλιά (4 – 9 - 2016)	Πηγή Κυρά (2 – 10 - 2016)	Βοιωτικός Κηφισσός (5 – 10 - 2016)	Βιλιάνι (21 – 7 - 2017)	Λίμνη Κουρνά (30 – 8 - 2017)	Μπελέτσι (5 – 11 - 2017)
	Στοιχείο	Ορεινή πηγή	Ορεινή πηγή	Εκβολές ποταμού	Ορεινή πηγή	λίμνη	Τεχνητή λίμνη
1	<i>Aporrectodea rosea</i>	7,2 ± 7,2		32,8 ± 27,6			
2	<i>Aporrectodea caliginosa</i>						
3	<i>A. calig. trapezoides</i>	0,8 ± 0,8					4,0 ± 2,5
4	<i>Aporrectodea spp.</i>						
5	<i>Octodrilus complanatus</i>				6,4 ± 2,4		3,2 ± 3,2
6	<i>Eisenia fetida</i>				0,8 ± 0,8		
7	<i>Lubricus rubellus</i>						0,8 ± 0,8
8	<i>Eiseniella tetraedra</i>						0,8 ± 0,8
9	<i>B. rubidus rubidus</i>						
10	<i>B. rubidus subrubicundus</i>						
11	<i>D. byblica byblica</i>	3,2 ± 2,3	12,0 ± 4,2				
12	<i>Dendrobaena veneta</i>						
13	<i>Dendrobaena olympiaca</i>						
14	<i>Microscolex phosphoreus</i>						
15	<i>Microscolex dubius</i>						
16	<i>Eukerria saltensis</i>						
17	<i>Allolobophora chlorotica</i>						
18	<i>Allolobophora dofleini</i>						
19	<i>Amyntas gracilis</i>						
20	<i>Cryodrilus lacuum</i>						
21	<i>Ocnerodrilus occidentalis</i>						
22	<i>Octolacion lacteum</i>						
23	<i>Dendrobaena attemsi</i>						
24	<i>Murchieona minuscula</i>						
25	<i>Unidentified sp.1</i>						
26	<i>Unidentified sp.2</i>						
27	Μη αναγνωρισμένο						
	<b>Σύνολο</b>	<b>11,2 ± 7,5</b>	<b>12,0 ± 5,2</b>	<b>32,8 ± 27,6</b>	<b>7,2 ± 2,9</b>	<b>0</b>	<b>8,8 ± 5,4</b>
	<b>Αριθμός taxa</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>4</b>

συνεχίζεται

παράρτημα 1.1 συνέχεια(4)

	Περιοχή (ημερομηνία δειγματολ.)	Ρεματιά Σπάτων (2 – 8 - 18)	Μενίδι δρόμος (9 – 8 - 2015)	πρώην Αμ. Βάση Ν. Μάκρη (27 – 9 - 2015)	Φυτεία ευκαλύπτου, ΣΕΛΕΤΕ (25 – 10 - 2015)	Φασκομηλιά, Α. Βουλαγμ. (2 – 11 - 2015)
	Στοιχείο	ποτάμι	Άκρη οδοστρώματος με λιμνάζοντα νερά	αγρός	Δασική φυτεία	μακκία
1	<i>Aporrectodea rosea</i>		19,2 ± 8,4	0,8 ± 0,7		3,2 ± 2,9
2	<i>Aporrectodea caliginosa</i>		6,4 ± 6,4		12,8 ± 7,1	
3	<i>A. calig. trapezoides</i>	0,8 ± 0,7	32,0 ± 24,8	5,6 ± 2,7	4,0 ± 2,8	
4	<i>Aporrectodea</i> spp.					
5	<i>Octodrilus complanatus</i>		6,4 ± 3,5	12,8 ± 7,8		
6	<i>Eisenia fetida</i>	0,8 ± 0,7				
7	<i>Lubricus rubellus</i>					
8	<i>Eiseniella tetraedra</i>	16,8 ± 15,0				
9	<i>B. rubidus rubidus</i>					
10	<i>B. rubidus subrubicundus</i>					
11	<i>D. byblica byblica</i>	4,8 ± 4,3				
12	<i>Dendrobaena veneta</i>					
13	<i>Dendrobaena olympiaca</i>					
14	<i>Microscolex phosphoreus</i>					
15	<i>Microscolex dubius</i>					
16	<i>Eukerria saltensis</i>					
17	<i>Allolobophora chlorotica</i>					
18	<i>Allolobophora dofleini</i>					✓
19	<i>Amyntas gracilis</i>					
20	<i>Cryodrilus lacuum</i>					
21	<i>Ocnerodrilus occidentalis</i>				0,8 ± 0,7	
22	<i>Octolacion lacteum</i>					
23	<i>Dendrobaena attemsi</i>					
24	<i>Murchieona minuscula</i>					
25	Unidentified sp.1					
26	Unidentified sp.2					
27	Μη αναγνωρισμένο					
	<b>Σύνολο</b>	<b>23,2 ± 20,8</b>	<b>64,0 ± 31,0</b>	<b>19,2 ± 8,7</b>	<b>17,6 ± 6,6</b>	<b>3,2 ± 2,9</b>
	<b>Αριθμός taxa</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

συνεχίζεται

παράρτημα 1.1 συνέχεια (5)

	Περιοχή (ημερομηνία δειγματολ.)	Διόνυσος (21 – 11 - 2015)	Άνω Γλυφάδα (6 – 12 - 2015)	Πάρνηθα Μακκία (26 – 12 - 2015)	Πάρνηθα Πευκοδάσ. (27 – 12 - 2015)	Άλσος Βεΐκου (1 – 1 - 2016)	Πάρνηθα Καμένα (9 – 1 - 2016)
	Στοιχείο	Δάσος κωνοφόρων & μακκία	Μακκία	Μακκία & φρύγανα	Δάσος κωνοφόρων	άλσος	Καμένη πλαγιά
1	<i>Aporrectodea rosea</i>		5,6 ± 3,3			92,8 ± 48,6	1,6 ± 1,6
2	<i>Aporrectodea caliginosa</i>					0,8 ± 0,7	
3	<i>A. calig. trapezoides</i>					2,4 ± 2,2	
4	<i>Aporrectodea</i> spp.						
5	<i>Octodrilus complanatus</i>	2,4 ± 4,0		0,8 ± 0,8	1,6 ± 1,0	2,4 ± 0,9	3,2 ± 0,8
6	<i>Eisenia fetida</i>						
7	<i>Lubricus rubellus</i>	3,2 ± 2,1					
8	<i>Eiseniella tetraedra</i>						
9	<i>B. rubidus rubidus</i>						
10	<i>B. rubidus subrubicundus</i>						
11	<i>D. byblica byblica</i>						
12	<i>Dendrobaena veneta</i>						
13	<i>Dendrobaena olympiaca</i>	1,6 ± 0,9					
14	<i>Microscolex phosphoreus</i>						
15	<i>Microscolex dubius</i>					5,6 ± 5	
16	<i>Eukerria saltensis</i>						
17	<i>Allolobophora chlorotica</i>						
18	<i>Allolobophora dofleini</i>						
19	<i>Amyntas gracilis</i>						
20	<i>Cryodrilus lacuum</i>						
21	<i>Ocnerodrilus occidentalis</i>						
22	<i>Octolacion lacteum</i>						
23	<i>Dendrobaena attemsi</i>						
24	<i>Murchieona minuscula</i>						
25	<i>Unidentified</i> sp.1						
26	<i>Unidentified</i> sp.2						
27	Μη αναγνωρισμένο			2,4 ± 2,4			
	<b>Σύνολο</b>	<b>7,2 ± 4,0</b>	<b>5,6 ± 3,3</b>	<b>3,2 ± 2,3</b>	<b>1,6 ± 1,0</b>	<b>104,0 ± 55,9</b>	<b>max = 3,2 ± 0,8</b>
	<b>Αριθμός taxa</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>2</b>

συνεχίζεται



παράρτημα 1.1 συνέχεια (6)

	Περιοχή (ημερομηνία δειγματολ.)	Καβούρι (17 - 1 - 2016)	Τατόι (14 - 2 - 2016)	Προς Μόλα (23 - 3 - 2016)	Μόλα - Πάρνηθα (23 - 4 - 2017)	Στυμφαλία δρόμος (7 - 8 - 2016)	Πόρος πευκοδάσος (3 - 12 - 2016)
	Στοιχείο	Πευκοδάσος & παραλία	Μακκία & δάσος κωνοφόρων	Ορεινό λιβάδι	Δάσος κωνοφόρων & λιβάδι	Αλέα δρόμου	πευκοδάσος
1	<i>Aporrectodea rosea</i>	109,6 ± 95,4	8,0 ± 8,0		41,6 ± 24,7	27,2 ± 15,2	
2	<i>Aporrectodea caliginosa</i>		2,4 ± 2,4				
3	<i>A. calig. trapezoides</i>						
4	<i>Aporrectodea spp.</i>						
5	<i>Octodrilus complanatus</i>		8,8 ± 4,1	18,4 ± 8,8	4 ± 2,2	8,0 ± 3,0	
6	<i>Eisenia fetida</i>						
7	<i>Lubricus rubellus</i>						
8	<i>Eiseniella tetraedra</i>						
9	<i>B. rubidus rubidus</i>						
10	<i>B. rubidus subrubicundus</i>						
11	<i>D. byblica byblica</i>						
12	<i>Dendrobaena veneta</i>						
13	<i>Dendrobaena olympiaca</i>						
14	<i>Microscolex phosphoreus</i>				✓		
15	<i>Microscolex dubius</i>						
16	<i>Eukerria saltensis</i>						
17	<i>Allolobophora chlorotica</i>						
18	<i>Allolobophora dofleini</i>						
19	<i>Amyntas gracilis</i>						
20	<i>Cryodrilus lacuum</i>						
21	<i>Ocnerodrilus occidentalis</i>						
22	<i>Octolacion lacteum</i>						
23	<i>Dendrobaena attemsi</i>				✓		
24	<i>Murchieona minuscula</i>			1,6 ± 1,6			
25	<i>Unidentified sp.1</i>						
26	<i>Unidentified sp.2</i>						
27	Μη αναγνωρισμένο		0,8 ± 0,8				
	<b>Σύνολο</b>	<b>109,6 ± 95,4</b>	<b>20,0 ± 8,0</b>	<b>max=20,0 ± 8,0</b>	<b>45,6 ± 24,0</b>	<b>35,2 ± 17,0</b>	<b>0</b>
	<b>Αριθμός taxa</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>0</b>

συνεχίζεται

παράρτημα 1.1 συνέχεια (7)

	Περιοχή (ημερομηνία δειγματολ.)	κτήμα Συγγρού Μαρούσι (4 - 10 - 2015)	χλοοτάπητας ΓΠΑ (30 - 6 - 2016)	Κορινθιακός Αμπελώνας (24 - 9 - 2016)	Ορεινό οροπέδιο Κορινθίας (30 - 10 - 2016)	Κήπος Μαρούσι (13 - 11 - 2016)	Πόρος πεδινά (3 - 12 - 2016)
	Στοιχείο	κήπος	Δημόσια αυλή	αμπελώνας	Αγρός σε αγρανάπαυση	κήπος	κήποι
1	<i>Aporrectodea rosea</i>		367,2 ± 103,1	7,2 ± 6,4	24,0 ± 11,8	2,4 ± 1,4	8,8 ± 7,9
2	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	0,8 ± 0,7	80,8 ± 28,5		4,8 ± 4,3		1,6 ± 1,4
3	<i>A. calig. trapezoides</i>		15,2 ± 7,3			0,8 ± 0,7	2,4 ± 1,4
4	<i>Aporrectodea</i> spp.			3,2 ± 2,9			
5	<i>Octodrilus complanatus</i>	9,6 ± 6	0,8 ± 0,7		5,6 ± 2,7	18,4 ± 1,4	28,8 ± 10,8
6	<i>Eisenia fetida</i>		0,8 ± 0,7				
7	<i>Lubricus rubellus</i>	2,4 ± 2,2			3,2 ± 2,1	1,6 ± 1,4	4,0 ± 2,3
8	<i>Eiseniella tetraedra</i>						
9	<i>B. rubidus rubidus</i>						
10	<i>B. rubidus subrubicundus</i>						
11	<i>D. byblica byblica</i>						
12	<i>Dendrobaena veneta</i>		7,2 ± 6,4				
13	<i>Dendrobaena olympiaca</i>			0,8 ± 0,7	0,8 ± 0,7		
14	<i>Microscolex phosphoreus</i>				✓		
15	<i>Microscolex dubius</i>				4,8 ± 2,6		
16	<i>Eukerria saltensis</i>		2,4 ± 2,2				
17	<i>Allolobophora chlorotica</i>		53,6 ± 42,8				
18	<i>Allolobophora dofleini</i>						
19	<i>Amyntas gracilis</i>		2,4 ± 2,2				
20	<i>Cryodrilus lacuum</i>						
21	<i>Ocnerodrilus occidentalis</i>				5,6 ± 5		
22	<i>Octolacion lacteum</i>						
23	<i>Dendrobaena attemsi</i>						
24	<i>Murchieona minuscula</i>						
25	Unidentified sp.1		67,2 ± 24,9				
26	Unidentified sp.2		8,8 ± 7,9				
27	Μη αναγνωρισμένο						
	<b>Σύνολο</b>	<b>12,8 ± 8,9</b>	<b>606,4 ± 180,8</b>	<b>11,2 ± 9,2</b>	<b>48,8 ± 22,2</b>	<b>23,2 ± 7,1</b>	<b>45,6 ± 20,4</b>
	<b>Αριθμός taxa</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

συνεχίζεται

παράρτημα 1.1 συνέχεια (8)

	Περιοχή (ημερομηνία δειγματολ.)	Τροιζήνα εσπεριδ. (4 – 12 - 2016)	Τροιζήνα ελαιώνας (4 – 12 - 2016)	Μαραθώνας (22 – 1 - 2017)	Ορεινό οροπέδιο Κορινθίας (22 – 10 - 2017)	Συχνότητα εμφάνισης
	Στοιχείο	εσπεριδοειδώνας	ελαιώνας	βιολογικά λαχανικά	λαχανικά	
1	<i>Aporrectodea rosea</i>	3,2 ± 1,8	0,8 ± 0,7	9,6 ± 5,4		26
2	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	0,8 ± 0,7	1,6 ± 1,4	30,4 ± 20,3	1,6 ± 1,4	15
3	<i>A. calig. trapezoides</i>	6,4 ± 3,3	2,4 ± 1,4	15,2 ± 10,4		17
4	<i>Aporrectodea</i> spp.					1
5	<i>Octodrilus complanatus</i>	3,2 ± 1,8	12 ± 9,9	2,4 ± 2,2	2,4 ± 2,2	26
6	<i>Eisenia fetida</i>					7
7	<i>Lubricus rubellus</i>				0,8 ± 0,7	8
8	<i>Eiseniella tetraedra</i>			1,6 ± 1,4		12
9	<i>B. rubidus rubidus</i>					1
10	<i>B. rubidus subrubicundus</i>					3
11	<i>D. byblica byblica</i>					10
12	<i>Dendrobaena veneta</i>					3
13	<i>Dendrobaena olympiaca</i>					3
14	<i>Microscolex phosphoreus</i>			31,2 ± 10,3		4
15	<i>Microscolex dubius</i>			25,6 ± 13,8		3
16	<i>Eukerria saltensis</i>					3
17	<i>Allolobophora chlorotica</i>					2
18	<i>Allolobophora dofleini</i>					1
19	<i>Amyntas gracilis</i>					1
20	<i>Cryodrilus lacuum</i>					2
21	<i>Ocnodrilus occidentalis</i>				1,6 ± 0,9	4
22	<i>Octolacion lacteum</i>					1
23	<i>Dendrobaena attemsi</i>					1
24	<i>Murchieona minuscula</i>					1
25	<i>Unidentified</i> sp.1					1
26	<i>Unidentified</i> sp.2					1
27	Μη αναγνωρισμένο			3,2 ± 2,1	1,6 ± 0,9	8
	<b>Σύνολο</b>	<b>13,6 ± 6,4</b>	<b>16,8 ± 10,9</b>	<b>119,2 ± 22,2</b>	<b>8 ± 1,4</b>	
	<b>Αριθμός taxa</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.2

**Χαρακτηρισμός των εδαφικών κλάσεων με βάση τις τιμές των παραμέτρων τους.**

Παράμετρος	Τιμή	Τύπος
pH	6,1 – 6,5	ελαφρά όξινο
	6,6 – 7,3	ουδέτερο
	7,4 – 7,8	ελαφρά αλκαλικό
	7,9 – 8,4	μέτρια αλκαλικό
CaCO <sub>3</sub> (%)	0	χωρίς (όξινα)
	≤ 1	πολύ πτωχά
	1 - 2	πτωχά
	2 - 3	μέτρια εφοδιασμένα
	3 - 5	επαρκώς εφοδιασμένα
	5 - 10	πλούσια
	10 - 20	μαργώδη
	20 - 40	μάργες
➤ 40	ασβεστώδη	
Οργανική ουσία (%)	≤ 1	πολύ πτωχά
	1 - 2	πτωχά
	2 - 3	μέτρια εφοδιασμένα
	3 - 5	εφοδιασμένα
	➤ 5	πλούσια
	➤ 20	τυρφώδη
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (mS cm <sup>-1</sup> )	≤ 4	κανονικά
	4 - 8	ελαφρά αλατούχα
	8 - 16	μέτρια αλατούχα
	16 - 40	ισχυρώς αλατούχα
	➤ 40	πολύ ισχυρώς αλατούχα
Άλατα (%)	≤ 0,2	κανονικά
	0,2 – 0,4	ελαφρά αλατούχα
	0,4 – 0,8	μέτρια αλατούχα
	➤ 0,8	ισχυρώς αλατούχα
Ολικό άζωτο (mg / g ξ.β.)	≤ 1,1	πολύ πτωχά
	1,1 – 1,5	πτωχά
	1,5 - 2	μέτρια εφοδιασμένα
	2 – 2,5	εφοδιασμένα
	➤ 2,5	πλούσια

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.3

ΧΛΩΡΙΔΑ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Ενδεικτικά φυτικά taxa και είδη γαιοσκωλήκων στις περιοχές δειγματοληψίας.

		Περιοχή (Ημερομηνία συλλογής)	
		Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της χλωρίδας	Είδη γαιοσκωλήκων
Υ γ ρ ό τ ο π ο ι	<b>Μενίδι-ποτάμι, Αττική (2 – 8 - 2015)</b>		
		<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.)Swingle Simaroubaceae, <i>Apium nudiflorum</i> Lag. Apiaceae, <i>Cynodon dactylon</i> (L.)Pers. Poaceae	<i>Aporrectodea caliginosa</i> , <i>Bimastos rubidus-subrubicundus</i> , <i>Dendrobaena veneta</i> , <i>Eisenia fetida</i>
	<b>Καρακαντά Πεντέλης, Αττική (21 – 8 - 2015)</b>		
		<i>Ficus carica</i> L. Moraceae, <i>Morus alba</i> L. Moraceae, <i>Platanus orientalis</i> L. Platanaceae, <i>Populus tremula</i> L.Salicaceae, <i>Prunus</i> sp. Rosaceae	<i>Aporrectodea caliginosa</i> , <i>Aporrectodea caliginosa</i> - <i>trapezoides</i> , <i>Dendrobaena byblica-byblica</i> , <i>Eiseniella tetraedra</i> , <i>Octodrilus complanatus</i>
	<b>Μεσιανό νερό – Πάρνηθα (23 – 8 - 2015)</b>		
		<i>Abies cephalonica</i> Loudon Pinaceae, <i>Cynodon dactylon</i> (L.)Pers. Poaceae, <i>Platanus orientalis</i> L. Platanaceae, <i>Rosa canina</i> L. Rosaceae, <i>Rubus fruticosus</i> L. Rosaceae	<i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Dendrobaena byblica-byblica</i> , <i>Eiseniella tetraedra</i>
	<b>Πάνακτος-Οινόη – Πάρνηθα (1 – 9 – 2015)</b>		
		<i>Adiantum capillus-ververis</i> Pteridaceae, <i>Circium</i> sp. Compositae, <i>Cynodon dactylon</i> (L.)Poaceae, <i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter Asteraceae, <i>Phlomis fruticosa</i> L. Lamiaceae, <i>Samolus valerandi</i> L. Primulaceae, <i>Scirpoides holoschoenus</i> (L.)Soják Cyperaceae	<i>Dendrobaena byblica-byblica</i>
	<b>Πηγή Φυλής – Πάρνηθα (13 – 9 - 2015)</b>		
		<i>Carex</i> sp. Cyperaceae, <i>Circium</i> sp. Compositae, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Poaceae, <i>Mentha cf longifolia</i> (L.)Huds Lamiaceae, <i>Platanus orientalis</i> L. Platanaceae, <i>Trifolium tomentosum</i> L. Fabaceae, <i>Trifolium</i> sp. Fabaceae	<i>Aporrectodea caliginosa</i> - <i>trapezoides</i> , <i>Dendrobaena byblica-byblica</i> , <i>Eiseniella tetraedra</i>
	<b>Κρυφό Νερό – Πάρνηθα (28 – 10 - 2015)</b>		
		<i>Abies cephalonica</i> Loudon Pinaceae, <i>Platanus orientalis</i> L. Platanaceae, <i>Populus tremula</i> L. Salicaceae, <i>Rosa canina</i> L. Rosaceae, <i>Rubus fruticosus</i> L. Rosaceae	<i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Bimastos rubidus-rubidus</i> , <i>Dendrobaena byblica-byblica</i> , <i>Eiseniella tetraedra</i> , <i>Octodrilus complanatus</i>
	<b>Παλιχώρι - Πάρνηθα (14 – 11 - 2015)</b>		
	<i>Cyclamen graecum</i> Link. Primulaceae, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Poaceae, <i>Ficus carica</i> L. Moraceae, <i>Malus domestica</i> Borkh. Rosaceae, <i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. Rosaceae, <i>Ranunculus</i> sp. Ranunculaceae, <i>Robinia pseudacacia</i> L. Fabaceae, <i>Rubus fruticosus</i> L. Rosaceae, <i>Salix</i> sp. Salicaceae, <i>Sanquisorba minor</i> Scop. Rosaceae, <i>Trifolium</i> sp. Fabaceae <i>Quercus coccifera</i> L. Fagaceae	<i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Eisenia fetida</i> , <i>Eiseniella tetraedra</i> , <i>Lubricus rubellus</i> <i>Octodrilus complanatus</i>	
<b>Ρέμα Πικροδάφνης-Φάληρο (3 – 4 - 2016)</b>			
	<i>Apium nudiflorum</i> Lag. Apiaceae, <i>Cynodon dactylon</i> (L.)Pers. Poaceae, <i>Hordeum murinum</i> L. Poaceae, <i>Polygonum persicaria</i> S.F.Gray Polygonaceae, <i>Phragmites</i> sp Poaceae,... <i>Sinapis</i> sp. Brassicaceae, κ.ά.	<i>Bimastos rubidus-subrubicundus</i> , <i>Eiseniella tetraedra</i>	
<b>Αγία Τριάδα - Πάρνηθα (7 – 5 - 2016)</b>			
	<i>Cupressocyparis leylandi</i> A.B.Jacks&Dallim. Cupressaceae, <i>Juglans regia</i> L. Juglandaceae, <i>Salix</i> sp. Salicaceae	<i>Allolobophora chlorotica</i> , <i>Aporrectodea caliginosa</i> , <i>Aporrectodea caliginosa</i> - <i>trapezoides</i> , <i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Eisenia fetida</i> , <i>Eukerria saltensis</i> , <i>Microscoclex phosphoreus</i> , <i>Octodrilus complanatus</i> , <i>Octolacion lacteum</i>	

συνεχίζεται

Περιογή (Ημερομηνία συλλογής)	
Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της γλωρίδας	Είδη γαιοσκωλήκων
<b>Αποστραγγιστικός χάνδακας Πάχης, Μέγαρο (4 – 6 - 2016)</b>	
<i>Carex</i> sp. Cyperaceae, <i>Convolvulus arvensis</i> L. Convolvulaceae, <i>Malva sylvestris</i> L. Malvaceae, <i>Piptatherum miliaceum</i> (L.)Coss Poaceae, <i>Polygonum persicaria</i> S.F.Gray Polygonaceae, <i>Ricinus communis</i> L. Euphorbiaceae, <i>Rumex</i> sp. Polygonaceae, <i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav. Solanaceae, διάφορα Αριaceae	<i>Aporrectodea rosea</i> , <i>A. caliginosa - trapezoides</i> , <i>B. rubidus-subrubicundus</i> , <i>Dendrobaena veneta</i> , <i>Eisenia fetida</i> , <i>Eiseniella tetraedra</i> , <i>Eukerria saltensis</i> , <i>Ocnerodrilus occidentalis</i>
<b>Κορινθιακός Ασοπός (19 – 6 - 2016)</b>	
<i>Circium arvense</i> (L.)Scop. Asteraceae, <i>Rubus fruticosus</i> L. Rosaceae, <i>Rumex</i> sp. Polygonaceae, <i>Salix alba</i> L. Salicaceae, <i>Ulmus glabra</i> Huds. Ulmaceae, <i>Urtica urens</i> L. Urticaceae, <i>Vitex angus-castus</i> L. Vervenaceae	<i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Cryodrilus lacuum</i> , <i>Dendrobaena byblica-byblica</i> , <i>Eiseniella tetraedra</i> ,
<b>Λίμνη Δόξα, Κορινθία (13 – 8 - 2016)</b>	
<i>Abies cephalonica</i> Loudon Pinaceae, <i>Arundo donax</i> L. Poaceae, <i>Juncus acutus</i> L. Juncaceae, <i>Pinus nigra</i> J.F.Arnold. Pinaceae, <i>Phragmites australis</i> (Cav.)Trin.exSteud. Poaceae, <i>Quercus coccifera</i> L. Fagaceae	<i>Cryodrilus lacuum</i> , <i>Dendrobaena byblica-byblica</i> , <i>Eiseniella tetraedra</i>
<b>Κορομηλιά - Πάρνηθα (4 – 9 - 2016)</b>	
<i>Abies cephalonica</i> Loudon Pinaceae, <i>Pinus nigra</i> J.F.Arnold. Pinaceae, <i>Platanus orientalis</i> L. Platanaceae, <i>Rosa canina</i> L. Rosaceae, <i>Rubus fruticosus</i> L. Rosaceae, <i>Ulmus glabra</i> Huds. Ulmaceae, μία μικρή κορομηλιά	<i>A. caliginosa - trapezoides</i> , <i>Aporrectodea rosea</i> , <i>D. byblica-byblica</i>
<b>Πηγή Κυρά - Πάρνηθα (2 – 10 – 2016)</b>	
<i>Abies cephalonica</i> Loudon Pinaceae, μικρό δένδρο <i>Cerquis ciliquastrum</i> L. Fabaceae, <i>Juncus acutus</i> L. Juncaceae, <i>Platanus orientalis</i> L. Platanaceae, <i>Rosa canina</i> L. Rosaceae, <i>Rubus</i> sp. Rosaceae	<i>D. byblica-byblica</i>
<b>Βοιωτικός Κηφισός (5 – 10 - 2016)</b>	
<i>Cynodon dactylon</i> (L.)Pers. Poaceae, <i>Polygonum persicaria</i> S.F.Gray Polygonaceae, <i>Vitex agnus-castus</i> L. Vervenaceae	<i>Aporrectodea rosea</i>
<b>Βιλιάνι – Πάρνηθα (21 – 7 - 2017)</b>	
<i>Avenae fatua</i> L. Poaceae, <i>Circium</i> sp Asteraceae, <i>Ficus carica</i> L. Ficaceae, <i>Hypericum empetrifolium</i> Willd. Hypericaceae, <i>Lolium</i> sp. Poaceae, <i>Onopordium acanthium</i> L. Asteraceae, <i>Platanus orientalis</i> L. Platanaceae, <i>Rosa canina</i> L. Rosaceae, <i>Rubus fruticosus</i> L. Rosaceae	<i>Eisenia fetida</i> , <i>Octodrilus complanatus</i>
<b>Λίμνη Κουρνά, Χανιά (30 – 8 - 2017)</b>	
<i>Cynodon dactylon</i> (L.)Pers. Poaceae, <i>Scirpoides holoschoenus</i> (L.)Soják Cyperaceae, <i>Vitex angus-castus</i> L. Vervenaceae	---
<b>Μπελέτσι – Πάρνηθα (5 – 11 - 2017)</b>	
<i>Cistus</i> sp. Cistaceae, <i>Euphorbia acanthothamnus</i> Heldr.&Sart.exBoiss. Euphorbiaceae, <i>Hypericum perforatum</i> L. Compositae, <i>Myrtus communis</i> L. Myrtaceae, <i>Pinus halepensis</i> Miller Pinaceae, <i>Poterium spinosum</i> L. Rosaceae, <i>Pyrus amygdaliformis</i> Vill. Rosaceae, <i>Quercus</i> sp. Fagaceae	<i>A. caliginosa- trapezoides</i> , <i>Eiseniella tetraedra</i> , <i>Lubricus rubellus</i> , <i>Octodrilus complanatus</i>

Υ γ ρ ό τ ο π ο ι

συνεχίζεται

παράρτημα 1.3 (συνέχεια3)

		<b>Περιοχή (Ημερομηνία συλλογής)</b>	
		<b>Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της χλωρίδας</b>	<b>Είδη γαιοσκωλήκων</b>
<b>Υ γ ρ ό τ .</b>	<b>Ρεματιά Σπάτων, Αττική (2 – 8 - 2018)</b>		
	<i>Daucus carota</i> L. Apiaceae, <i>Foeniculum vulgare</i> Mill. Apiaceae, <i>Phragmites australis</i> (Cav.)Trin.exSteud. Poaceae, <i>Rubus fruticosus</i> L. Rosaceae, <i>Vitex angus-castus</i> L. Verbenaceae	<i>Aporrectodea caliginosa</i> – <i>trapezoides</i> , <i>Dendrobaena byblica-byblica</i> , <i>Eisenia fetida</i> , <i>Eiseniella tetraedra</i>	
<b>Α δ ι α τ α ρ α κ τ α ο ι κ ο σ υ σ τ ή μ α τ α</b>	<b>Μενίδι – δρόμος, Αττική (9 – 8 - 2015)</b>		
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)Pers. Poaceae	<i>Aporrectodea caliginosa</i> , <i>Aporrectodea caliginosa trapezoides</i> , <i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Octodrilus complanatus</i>	
	<b>πρώην Αμερικάνικη Βάση Νέας Μάκρης, Αττική (27 – 9 - 2015)</b>		
	<i>Circium</i> sp. Compositae, <i>Cynodon dactylon</i> (L.)Pers. Poaceae, <i>Ecballium elaterium</i> (L.)A.Rich. Cucurbitaceae, <i>Helichrysum arenarium</i> (L.)Moench Asteraceae, <i>Phragmites australis</i> (Cav.)Trin.exSteud. Poaceae, <i>Piptatherum miliaceum</i> (L.)Coss Poaceae, <i>Plantago crassifolia</i> Forssk. Plantaginaceae, <i>Scirpoides holoschoenus</i> (L.)Soják Cyperaceae, <i>Sinapis</i> sp. Brassicaceae, <i>Tamarix hampeana</i> Boiss.&Heldr. Tamaricaceae	<i>Aporrectodea caliginosa</i> - <i>trapezoides</i> , <i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Octodrilus complanatus</i>	
	<b>ΣΕΛΕΤΕ, Αττική (25 – 10 - 2015)</b>		
	<i>Cupressocyparis leylandi</i> A.B.Jacks&Dallim. Cupressaceae, <i>Cupressus sempervirens</i> L. Cupressaceae, <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. Myrtaceae, <i>Oxalis pes-caprae</i> L. Oxalidaceae, <i>Salix alba</i> L. Salicaceae, <i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg Asteraceae	<i>Aporrectodea caliginosa</i> , <i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Ocnodrilus occidentalis</i>	
	<b>Φασκομηλιά, Λίμνη Βουλιαγμένης (2 – 11 – 2015)</b>		
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)Pers. Poaceae, <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. Myrtaceae, <i>Malva sylvestris</i> L. Malvaceae, <i>Medicago arborea</i> L. Fabaceae, <i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i> Brot. Oleaceae, <i>Phlomis fruticosa</i> L.Lamiaceae, <i>Pinus</i> sp. Pinaceae, <i>Pistacia lentiscus</i> L. Anacardiaceae, <i>Poterium spinosum</i> L. Rosaceae, <i>Trifolium</i> sp. Fabaceae, πολλά βολβώδη ( <i>Asphodelus</i> sp. Liliaceae, <i>Crocus</i> sp. Iridaceae, <i>Cyclamen graecum</i> Link. Primulaceae κ.ά.) και αγρωστώδη	<i>Allolobophora dofleini</i> , <i>Aporrectodea rosea</i>	
	<b>Διόνυσος, Αττική (21 – 11 - 2015)</b>		
	<i>Arbutus unedo</i> L. Ericaceae, <i>Cistus</i> sp. Cistaceae., <i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter Asteraceae, <i>Medicago arborea</i> L. Fabaceae, <i>Pinus</i> sp Pinaceae, <i>Piptatherum miliaceum</i> (L.)Coss Poaceae, <i>Quercus coccifera</i> L. Fagaceae	<i>Dendrobaena olympiaca</i> , <i>Lubricus rubellus</i> , <i>Octodrilus complanatus</i>	
<b>Άνω Γλυφάδα, Αττική (6 – 12 - 2015)</b>			
<i>Calicotome villosa</i> (Poir.)Link Fabaceae, <i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i> Brot. Oleaceae, <i>Oxalis pes-caprae</i> L.Oxalidaceae, <i>Pinus</i> sp. Pinaceae, <i>Spartium junceum</i> L. Fabaceae, <i>Thymus capitatus</i> (L.)Hoffmanns&Link Lamiaceae, <i>Trifolium repens</i> L. Fabaceae, <i>Urginea maritima</i> L. Liliaceae, διάφορα Poaceae και βολβώδη	<i>Aporrectodea rosea</i>		
<b>Μακκία - Πάρνηθα (26 – 12 - 2015)</b>			
<i>Anthyllis hermannia</i> L. Fabaceae, <i>Cistus</i> sp. Cistaceae, <i>Cyclamen graecum</i> Link Primulaceae, <i>Helichrysum</i> sp. Asteraceae, <i>Hypericum empetrifolium</i> Willd. Hypericaceae, <i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i> Brot. Oleaceae, <i>Pinus halepensis</i> Miller Pinaceae, <i>Poterium spinosum</i> L. Rosaceae, <i>Quercus coccifera</i> L. Fagaceae, <i>Satureja thymbra</i> L. Fabaceae, <i>Thymus capitatus</i> (L.) Fabaceae, διάφορα βολβώδη & Poaceae	<i>Octodrilus complanatus</i>		

Περιοχή (Ημερομηνία συλλογής)	
Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της χλωρίδας	Είδη γαιοσκωλήκων
<b>Πευκοδάσος – Πάρνηθα (27 – 12 - 2015)</b>	
<i>Anthyllis hermanniae</i> L. Fabaceae, <i>Arbutus unedo</i> L. Ericaceae, <i>Asparagus acutifolius</i> L. Asparagaceae, <i>Cistus</i> sp. Cistaceae, <i>Cyclamen graecum</i> Link Primulaceae, <i>Helichrysum</i> sp. Asteraceae, <i>Pinus halepensis</i> Miller Pinaceae, <i>Satureja thymbra</i> L. Fabaceae, <i>Smilax aspera</i> L. Smilacaceae, <i>Thymus capitatus</i> (L.) Fabaceae, <i>Quercus coccifera</i> L. Fagaceae, διάφορα Poaceae	<i>Octodrilus complanatus</i>
<b>Άλσος Βεΐκου, Αθήνα (1 – 1 - 2016)</b>	
<i>Arundo donax</i> L. Poaceae, <i>Olea europaea</i> L. Oleaceae, <i>Pinus</i> sp. Pinaceae, <i>Piptatherum miliaceum</i> (L.) Coss Poaceae, <i>Poterium spinosum</i> L. Rosaceae, <i>Rubus fruticosus</i> L. Rosaceae, <i>Trifolium</i> sp. Fabaceae, <i>Sinapis</i> sp. Brassicaceae, άλλα Poaceae	<i>Aporrectodea caliginosa</i> , <i>Aporrectodea caliginosa - trapezoides</i> , <i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Microscolex dubius</i> , <i>Octodrilus complanatus</i>
<b>Καμένα – Πάρνηθα (από 1 – 1 – 2016 έως 31 – 5 – 2017)</b>	
<i>Anemona blanda</i> Schott&Kotschy Ranunculaceae, <i>Anthemis maritima</i> L. Asteraceae, <i>Campanula celsii</i> A.DC. ssp. <i>parnesia</i> Phitos Campanulaceae, <i>Cephalaria leucantha</i> (L.) Schrad.exRoem.&Schult Caprifoliaceae, <i>Cistus</i> sp. Cistaceae, <i>Crocus sieberi</i> (L.) J.Gay Iridaceae, <i>Cyclamen graecum</i> Link Primulaceae, <i>Dianthus diffusus</i> Sibth.&Sm. Caryophyllaceae, <i>Euphorbia</i> sp. Euphorbiaceae, <i>Geranium</i> sp. Geraniaceae, <i>Ononis</i> sp. Fabaceae, <i>Onopordum acanthium</i> L. Asteraceae, <i>Ophrys lutea</i> ssp. <i>murbeckii</i> (Fleischm.) Soó Orchidaceae, <i>Pisum</i> sp. Fabaceae, <i>Quercus coccifera</i> L. Fagaceae, <i>Ranunculus</i> sp. Ranunculaceae, <i>Rubus fruticosus</i> L. Rosaceae, <i>Rumex</i> sp. Polygonaceae, <i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg Asteraceae, <i>Trifolium</i> sp. Fabaceae, <i>Urospermum</i> sp. Asteraceae, <i>Veronica</i> sp. Plantaginaceae, <i>Vicia</i> sp. Fabaceae	<i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Octodrilus complanatus</i>
<b>Καβούρι, Αττική (17 – 1 - 2016)</b>	
<i>Malva sylvestris</i> L. Malvaceae, <i>Oxalis pes-caprae</i> L. Oxalidaceae, <i>Pinus</i> sp. Pinaceae, <i>Piptatherum miliaceum</i> (L.) Coss Poaceae, <i>Pistacia lentiscus</i> L. Anacardiaceae, <i>Sinapis arvensis</i> L. Brassicaceae	<i>Aporrectodea rosea</i>
<b>Τατόι - Πάρνηθα (14 – 2 - 2016)</b>	
<i>Arbutus andrachne</i> L., <i>Arbutus unedo</i> L. Ericaceae, <i>Asparagus acutifolius</i> L. Asparagaceae, <i>Asphodelus</i> sp. Liliaceae, <i>Cistus</i> sp. Cistaceae, <i>Cupressus sempervirens</i> L. Cupressaceae, <i>Cyclamen graecum</i> Link Primulaceae, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Poaceae, <i>Erica</i> sp. Ericaceae, <i>Genista acanthoclada</i> DC. Fabaceae, <i>Pinus</i> sp. Pinaceae, <i>Piptatherum miliaceum</i> (L.) Coss. Poaceae, <i>Pistacia lentiscus</i> L. Anacardiaceae, <i>Quercus coccifera</i> L. Fagaceae, <i>Smilax aspera</i> L. Smilacaceae, <i>Thymus capitatus</i> (L.) Hoffmanns.&Link. Lamiaceae, άλλα Poaceae	<i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Aporrectodea caliginosa</i> , <i>Octodrilus complanatus</i>
<b>Προς Μόλα - Πάρνηθα (από 1 – 1 – 2016 έως 30 – 6 – 2017)</b>	
<i>Abies cefalonica</i> Loudon Pinaceae, <i>Anemona blanda</i> Schott&Kotschy Ranunculaceae, <i>Anthemis maritima</i> L. Asteraceae, <i>Campanula celsii</i> A.DC. ssp. <i>parnesia</i> Phitos Campanulaceae, <i>Cichorium intybus</i> L. Asteraceae, <i>Circium</i> sp. Asteraceae, <i>Cistus</i> sp. Cistaceae, <i>Crocus</i> sp. Iridaceae, <i>Cyclamen graecum</i> Link Primulaceae, <i>Dianthus diffusus</i> Sibth.&Sm. Caryophyllaceae, <i>Euphorbia</i> sp. Euphorbiaceae, <i>Hyacinthus</i> sp. Asparagaceae, <i>Juniperus oxycedrus</i> L. Cupressaceae, <i>Lathyrus</i> sp. Fabaceae, <i>Onopordum acanthium</i> L. Asteraceae, <i>Ophrys lutea</i> ssp. <i>murbeckii</i> (Fleischm.) Soó Orchidaceae, <i>Poa annua</i> L. Poaceae, <i>Quercus coccifera</i> L. Fagaceae, <i>Ranunculus</i> sp. Ranunculaceae, <i>Rubus fruticosus</i> L. Rosaceae, <i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg Asteraceae, <i>Teucrium capitatum</i> L. Lamiaceae, <i>Trifolium</i> sp. Fabaceae, <i>Urospermum</i> sp. Asteraceae, <i>Viola</i> sp. Violaceae	<i>Octodrilus complanatus</i> , <i>Murchieona minuscula</i>

Αδιατάρακτα οικοσυστήματα

συνεχίζεται



		<b>Περιοχή (Ημερομηνία συλλογής)</b>	
		<b>Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της χλωρίδας</b>	<b>Είδη γαιοσκωλήκων</b>
<b>Αδριατ. οικόστ.</b>	<b>Μόλα - Πάρνηθα (23 - 4 - 2017)</b>		
		<i>Abies cephalonica</i> Loudon Pinaceae, Χαμηλά λιβαδοπονικά και βρύα	<i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Microscolex phosphoreus</i> <i>Octodrilus complanatus</i>
	<b>Στυμφαλία δρόμος, Κορινθία (7 - 8 - 2016)</b>		
		<i>Cynodon dactylon</i> (L.)Pers. Poaceae, <i>Platanus orientalis</i> L. Platanaceae, <i>Scirpoides holoschoenus</i> (L.)Soják Cyperaceae	<i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Octodrilus complanatus</i>
	<b>Πόρος πευκοδάσος, Πειραιάς (3 - 12 - 2016)</b>		
		<i>Cyclamen graecum</i> Link. Primulaceae, <i>Cistus</i> sp. Cistaceae, <i>Pinus halepensis</i> Miller Pinaceae, <i>Pistacia lentiscus</i> L. Anacardiaceae, διάφορα Lamiaceae	---
<b>Καλλιέργειες</b>	<b>Κτήμα Συγγρού, Μαρούσι (4 - 10 - 2015)</b>		
		<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.)Swingle Simaroubaceae, <i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb)Lindl. Rosaceae, <i>Ficus carica</i> L. Moraceae, <i>Pistacia lentiscus</i> L. Anacardiaceae, <i>Pistacia vera</i> L. Anacardiaceae, <i>Prunus dulcis</i> (L.)Merr.&L.M.Perry Rosaceae	<i>Aporrectodea caliginosa</i> , <i>Lubricus rubellus</i> , <i>Octodrilus complanatus</i>
	<b>Χλοοτάπητας ΓΠΑ, Αθήνα (30 - 6 2016)</b>		
		Χλοοτάπητας από Poaceae	<i>Allolobophora chlorotica</i> , <i>Amyntas gracilis</i> , <i>Aporrectodea caliginosa</i> , <i>Aporrectodea caliginosa</i> - <i>trapezoides</i> , <i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Octodrilus complanatus</i> , <i>Eisenia fetida</i> , <i>Dendrobaena veneta</i> , <i>Eukerria saltensis</i>
	<b>Αμπελώνας Κορινθίας (24 - 9 - 2016)</b>		
		<i>Amaranthus blitum</i> L. Amaranthaceae, <i>Cichorium</i> sp. Asteraceae, <i>Cynodon dactylon</i> (L.)Pers. Poaceae, <i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg Asteraceae, <i>Vitis vinifera</i> L. Vitaceae	<i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Dendrobaena olympiaca</i>
	<b>Ορεινό οροπέδιο Κορινθίας 2016 (30 - 10 - 2016)</b>		
		<i>Onopordum acanthium</i> L. Asteraceae, διάφορα Poaceae	<i>Aporrectodea caliginosa</i> , <i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Dendrobaena olympiaca</i> , <i>Lubricus rubellus</i> , <i>Microscolex dubius</i> , <i>Microscolex phosphoreus</i> , <i>Octodrilus complanatus</i> , <i>Ocnerodrilus occidentalis</i>
	<b>Κήπος Μαρούσι, Αττική (13 - 11 - 2016)</b>		
		<i>Citrus</i> sp. Citraceae, <i>Ficus carica</i> L. Moraceae, <i>Oxalis pes-caprae</i> L. Oxalidaceae, <i>Prunus</i> sp. Rosaceae, <i>Punica granatum</i> L. Lythraceae, <i>Vitis vinifera</i> L. Vitaceae, διάφορα πολύ νεαρά πλατύφυλλα ( <i>Galium aparine</i> L. Rubiaceae, <i>Glebionis coronaria</i> (L.)Cass. ex Spach Asteraceae, <i>Malva sylvestris</i> L. Malvaceae, <i>Sinapis</i> sp. Brassicaceae, <i>Urtica urens</i> L. Urticaceae κ.ά.), διάφορα Poaceae	<i>Aporrectodea caliginosa</i> - <i>trapezoides</i> , <i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Lubricus rubellus</i> , <i>Octodrilus complanatus</i>
<b>Πόρος πεδινά, Πειραιάς (3 - 12 - 2016)</b>			
	<i>Chenopodium polyspermum</i> L. Chenopodiaceae, <i>Cistus</i> sp. Cistaceae, <i>Ecballium elaterium</i> (L.)A.Rich. Cucurbitaceae, <i>Ficus carica</i> L. Moraceae, <i>Olea europaea</i> L. Oleaceae, <i>Oxalis pes-caprae</i> L. Oxalidaceae, <i>Phragmites australis</i> (Cav.)Trin.exSteud. Poaceae, <i>Pinus halepensis</i> Miller Pinaceae, <i>Piptatherum miliaceum</i> (L.)Coss Poaceae, <i>Pistacia lentiscus</i> L. Anacardiaceae, <i>Sinapis</i> sp. Brassicaceae	<i>Aporrectodea caliginosa</i> , <i>Aporrectodea caliginosa</i> - <i>trapezoides</i> , <i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Lubricus rubellus</i> , <i>Octodrilus complanatus</i>	

συνεχίζεται

<b>Περιοχή (Ημερομηνία συλλογής)</b>	
<b>Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της χλωρίδας</b>	<b>Είδη γαιοσκωλήκων</b>
<b>Τροιζήνα εσπεριδοειδή, Πειραιάς (4 – 12 - 2016)</b>	
<i>Citrus limon</i> (L.)Burm.f. Citraceae, <i>Oxalis pes-caprae</i> L. Oxalidaceae, <i>Piptatherum miliaceum</i> (L.)Coss Poaceae	<i>Aporrectodea caliginosa</i> , <i>Aporrectodea caliginosa - trapezoides</i> , <i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Octodrilus complanatus</i>
<b>Τροιζήνα ελαιώνας, Πειραιάς (4 – 12 - 2016)</b>	
<i>Olea europaea</i> L Oleaceae, <i>Oxalis pes-caprae</i> L. Oxalidaceae, <i>Phlomis fruticosa</i> L., <i>Piptatherum miliaceum</i> (L.)Coss Poaceae, <i>Sinapis</i> sp. Brassicaceae, άλλα Lamiaceae	<i>Aporrectodea caliginosa</i> , <i>Aporrectodea caliginosa - trapezoides</i> , <i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Octodrilus complanatus</i>
<b>Μαραθόνας βιολογική καλλιέργεια, Αττική (22 – 1 - 2017)</b>	
<i>Ranunculus</i> sp. Ranunculaceae, <i>Rumex</i> sp. Polygonaceae, <i>Sinapis arvensis</i> L. Brassicaceae, <i>Urtica urens</i> L. Urticaceae, πολλά Poaceae	<i>Aporrectodea caliginosa</i> , <i>Aporrectodea caliginosa - trapezoides</i> , <i>Aporrectodea rosea</i> , <i>Eiseniella tetraedra</i> , <i>Microscolex dubius</i> , <i>Microscolex phosphoreus</i> , <i>Octodrilus complanatus</i>
<b>Ορεινό οροπέδιο Κορινθίας 2017 (22 – 10 - 2017)</b>	
<i>Balota acetabulosa</i> (L.)Benth. Lamiaceae, <i>Cistus</i> sp. Cistaceae, <i>Cynodon dactylon</i> (L.)Pers. Poaceae, <i>Phaseolus vulgaris</i> L. Fabaceae, <i>Phisalis</i> sp. Solanaceae, <i>Phlomis fruticosa</i> L. Lamiaceae, <i>Quercus coccifera</i> L. Fagaceae, <i>Sorghum</i> sp. Poaceae, <i>Thymus capitatus</i> (L.)Hoffmanns.&Link Lamiaceae, <i>Vicia sativa</i> L. Fabaceae	<i>Aporrectodea caliginosa</i> , <i>Lubricus rubellus</i> <i>Ocnodrilus occidentalis</i> <i>Octodrilus complanatus</i>

Κ α λ λ ι έ ρ γ ε ι ε ς

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.1

**Καλλιεργητικές φροντίδες που δέχθηκαν οι αμπελώνες της μελέτης στο έδαφος τους κατά το διάστημα της καταγραφής της εποχικής διακύμανσης των πληθυσμών των γαιοσκωλήκων**

<b>ΣΠΑΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ</b>	<b>Εδαφοκατεργασία</b>	<b>Λίπανση</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 13/4/2016: στελεχοκοπή ζιζανίων στους διαδρόμους με καταστροφή</li> <li>• 13/4/2017: στελεχοκοπή ζιζανίων στους διαδρόμους με καταστροφή</li> <li>• 24/5/17: καλλιέργεια του εδάφους των διαδρόμων με καλλιεργητή</li> <li>• Ιούνιος 2017: φρεζάρισμα για ζιζανιοκτονία στους διαδρόμους</li> <li>• Μάρτιος 2018: στελεχοκοπή ζιζανίων στους διαδρόμους με καταστροφή</li> <li>• Απρίλιος 2018: καλλιέργεια του εδάφους των διαδρόμων με καλλιεργητή</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Best base</i> (φύκια Νορβηγίας): [1λίτρο / 400 λίτρα ψεκαστικού. Εφαρμογή: 250 λίτρα διαλύματος / 8 στρ.]</li> <li>• 20/7/2016 <i>Best base</i> (φύκια Νορβηγίας): [1 λίτρο / 400 λίτρα ψεκαστικού. Εφαρμογή: 250 λίτρα διαλύματος στα 8 στρ.]</li> <li>• Σεπτέμβριος 2016: 1 λίτρο κοπριά πουλερικών / πρέμνο. Συνολικά 6 τόνοι / 8 στρ.</li> <li>• Δεκέμβριος 2017: ψεκασμός του εδάφους με το βιοδυναμικό σκεύασμα «500» [10 γραμ / 100 λίτρα ψεκαστικού στα 10 στρ.]</li> </ul>
	<b>Φυτοπροστασία - Λίπανση</b>	<b>Πότισμα</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 24/4/2016: <i>βρέξιμο θείο</i> 80% [300γραμ. / 100 λίτρα ψεκαστικού]</li> <li>• Ιούλιος 2017: ψεκασμός με <i>οξυχλωριούχο χαλκό</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 21 – 24/6/2016: πότισμα [4 λίτρα / ώρα από κάθε μπεκ, επί 3-4 ώρες / μέρα]</li> <li>• 1/8/2016: πότισμα</li> <li>• 15/9/2017: πότισμα [4 λίτρα / ώρα από κάθε μπεκ, επί 8ώρες / μέρα, περίπου 30 λίτρα / ώρα / μπεκ]</li> </ul>	
<b>ΣΠΑΤΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ</b>	<b>Φυτοπροστασία</b>	<b>Φυτοπροστασία</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 30/1/2016: ζιζανιοκτονία με <i>glyphosate</i> 36cc [5 λίτρα / 500 κιλά ψεκαστικού]</li> <li>• 10/6/2016: προστασία από τον περονόσπορο και το οίδιο με <i>Atracol Combi</i> και προσκολλητικό</li> <li>• 30/6/2016: προστασία από το οίδιο με <i>Bayleton</i> [800 γραμ. / 500 κιλά ψεκαστικού] και την ευδεμίδα με <i>Decis</i> [0,5 λίτρο / 500 κιλά ψεκαστικού]</li> <li>• 15/7/2016: όπως το προηγούμενο</li> <li>• 16/3/2017: ζιζανιοκτονία με <i>glyphosate</i> 36cc [4,5 λίτρα / 500 κιλά ψεκαστικού για 14 στρέμματα]</li> <li>• 16/5/2017: προστασία από τον περονόσπορο και οίδιο με <i>Atracol Combi</i> [800 γραμ. / 500 κιλά ψεκαστικού για 20 στρέμματα]</li> <li>• 23/5/2017: προστασία από τον περονόσπορο και ασθένειες του ξύλου με <i>βορδιγάλειο πολτό</i> [2,5 κιλά / 500 κιλά ψεκαστικού για 20 στρέμματα]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10/6/2017: προστασία από τον περονόσπορο και οίδιο με <i>Atracol Combi</i> και <i>οξυχλωριούχο χαλκό</i></li> <li>• 19/7/2017: προστασία από τον περονόσπορο και οίδιο με <i>Atracol Combi</i> [800 γραμ. / 500 κιλά ψεκαστικού] και την ευδεμίδα με <i>Decis</i>: [0,5 λίτρο / 500 κιλά ψεκαστικού για 18 στρέμματα]</li> <li>• Μάρτιος 2018: ζιζανιοκτονία με <i>glyphosate</i> (γενόσιμο)</li> </ul>
		<b>Εδαφοκατεργασία</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Απρίλιος 2016: όργωμα στα 8 – 10cm και ενσωμάτωση κληματίδων</li> <li>• Απρίλιος 2018: όργωμα στα 12 - 15cm</li> </ul>
		<b>Κλάδεμα</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20/3/2016</li> <li>• Ιανουάριος 2017</li> <li>• Ιανουάριος 2018 [κλαδοκάθαρος]</li> <li>• Φεβρουάριος 2018 [κλάδεμα και απομάκρυνση κληματίδων]</li> </ul>	

συνεχίζεται

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.1 (συνέχεια)

<b>ΝΕΜΕΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ</b>	<b>Λίπανση</b>	<b>Μηχανική κατεργασία</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• κοπριά κατά την εγκατάσταση (πριν 7 έτη)</li> <li>• πρόγραμμα λίπανσης: χλωρή λίπανση με βίκο κάθε 3<sup>ο</sup> έτος εναλλάξ σε κάθε 2<sup>ο</sup> διάδρομο</li> <li>• 19/10/2016: Σπορά βίκου για χλωρή λίπανση κάθε 2<sup>η</sup> σειρά</li> <li>• Μάρτιος 2018: κατ' εξαίρεση χημική λίπανση με <i>ουροθεϊκή αμμωνία</i> σε κοκκώδη μορφή [Diamon: 33% N, 12% S και 0,5% B σε δόση 40 κιλά / στρ.]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15/6/2016: ζιζανιοκτονία με φρεζάρισμα</li> <li>• 14/10/2016: ζιζανιοκτονία με καλλιεργητή</li> <li>• 18/4/2017: ενσωμάτωση χλωρής λίπανσης με φρεζάρισμα και κοπή ζιζανίων επί της γραμμής με λάμα</li> <li>• 10/6/2017: ζιζανιοκτονία με φρεζάρισμα</li> <li>• 5/8/2017: ζιζανιοκτονία με καλλιεργητή και κοπή της βλάστησης επί της γραμμής με λάμα</li> <li>• Ιανουάριος 2018: κοπή βλάστησης επί της γραμμής με λάμα</li> <li>• Απρίλιος 2018: φρεζάρισμα και ενσωμάτωση κληματίδων</li> </ul>
	<b>Φυτοπροστασία</b>	<b>Πότισμα</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20/4/2016: ψεκασμός με <i>βορδινάλειο πολύ</i> [5 κιλά / τόνο ψεκαστικού] και <i>βρέξιμο θείο</i>: [4 κιλά / τόνο]. Εφαρμογή: Ένας τόνος ανά 30 στρέμματα</li> <li>• 30/4/2016: επανάληψη</li> <li>• 8/5/2016: επανάληψη</li> <li>• 4. 17/6/2016: επανάληψη</li> <li>• 30/6/2016: θείο και χαλκός</li> <li>• 15/7/2016: θείο και χαλκός</li> <li>• 15/5/2017: ψεκασμός με <i>γαλαζόπετρα</i> [1,5 κιλό / τόνο] και <i>βρέξιμο S</i> [5 κιλά / τόνο]</li> <li>• 23/6/2017: ψεκασμός με <i>γαλαζόπετρα</i> [1,5 κιλό / τόνο] και <i>βρέξιμο S</i> [5 κιλά / τόνο]</li> <li>• 15/7/2017: ψεκασμός με <i>γαλαζόπετρα</i> [3 κιλά / τόνο] και <i>βρέξιμο S</i> [2 κιλά / τόνο]</li> <li>• 15/4/2018: ψεκασμός με <i>Θείο</i> και <i>γαλαζόπετρα</i></li> </ul>	25/6/2016 - 20/7/2016 - 13/8/2016 13/7/2017 - 16/8/2017 - Σεπτέμβριος 2017
		<b>Κλαδέματα, τρύγος</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Φεβρουάριος 2016: κλάδεμα</li> <li>• 15/6/2016: βλαστολόγημα</li> <li>• 16/9/2016: τρύγος</li> <li>• Φεβρουάριος 2016: κλάδεμα</li> <li>• 1/6/2017: βλαστολόγημα</li> <li>• 22/9/2017: τρύγος</li> <li>• Φεβρουάριος 2018: κλάδεμα</li> </ul>	
<b>ΝΕΜΕΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ</b>	<b>Φυτοπροστασία - Λίπανση</b>	<b>Μηχανική κατεργασία</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αρχές Φεβρουαρίου 2016: Ζιζανιοκτονία με <i>Energizer (pendimethalin)</i>, της ομάδας των δινιτροανιλινών [5 λίτρα / 500λίτρα ψεκαστικού σε 35 στρέμματα]</li> <li>• Αρχές Φεβρουαρίου 2016: λίπανση με <i>Tristar</i> της Sulfure (12-12-17+2MgO) [50 κιλά / στρ.]</li> <li>• 8/5/2016: ψεκασμός για οΐδιο και περονόσπορο</li> <li>• 10/6/2016: τοπική εφαρμογή <i>Rundup</i> εναντίον της αγριάδας</li> <li>• 15/6/2016: προστασία από τον περονόσπορο με <i>Mancozeb</i></li> <li>• 16/7/2016: ψεκασμός με <i>χαλκούχο</i></li> <li>• Μάρτιος 2017: ζιζανιοκτονία με <i>Roundup</i> [μόνο στη γραμμή φύτευσης]</li> <li>• 6/3/2017: λίπανση με (15-15-15) [200 γραμ. / πρέμνο]</li> <li>• 10/5/2017: ψεκασμός με <i>διασστηματικό</i></li> <li>• 23/6/2017: ψεκασμός με <i>χαλκούχο</i> [2 κιλά / τόνο στα 18 στρέμματα]</li> <li>• 15/7/2017: ψεκασμός με <i>χαλκούχο</i></li> <li>• Φεβρουάριος 2018: κοκκώδες <i>σύνθετο λίπασμα</i> [σε κάθε πρέμνο]</li> <li>• 7/3/2018: ψεκασμός με γενόσιμο <i>Roundup</i> [στη γραμμή φύτευσης]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Απρίλιος 2016: φρεζάρισμα</li> <li>• 10/10/2016: ζιζανιοκτονία με καλλιεργητή και κοπή της βλάστησης επί της γραμμής με λάμα</li> <li>• Απρίλιος 2017: φρεζάρισμα για ζιζανιοκτονία και ενσωμάτωση κληματίδων</li> <li>• 5/5/2017: ζιζανιοκτονία με φρεζάρισμα και κοπή ζιζανίων επί της γραμμής με λάμα</li> <li>• 10/7/2017: ζιζανιοκτονία με φρεζάρισμα και κοπή ζιζανίων επί της γραμμής με λάμα</li> <li>• Απρίλιος 2018: φρεζάρισμα και ενσωμάτωση κληματίδων</li> </ul>
		<b>Κλαδέματα, τρύγος</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Απρίλιος 2016: κλάδεμα</li> <li>• 13/9/2016: τρύγος</li> <li>• Απρίλιος 2017: κλάδεμα</li> <li>• Φεβρουάριος 2018: κλάδεμα</li> </ul>
		<b>Πότισμα</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 18/7/2016</li> <li>• 5/8/2016</li> <li>• 20/8/2016</li> </ul>	

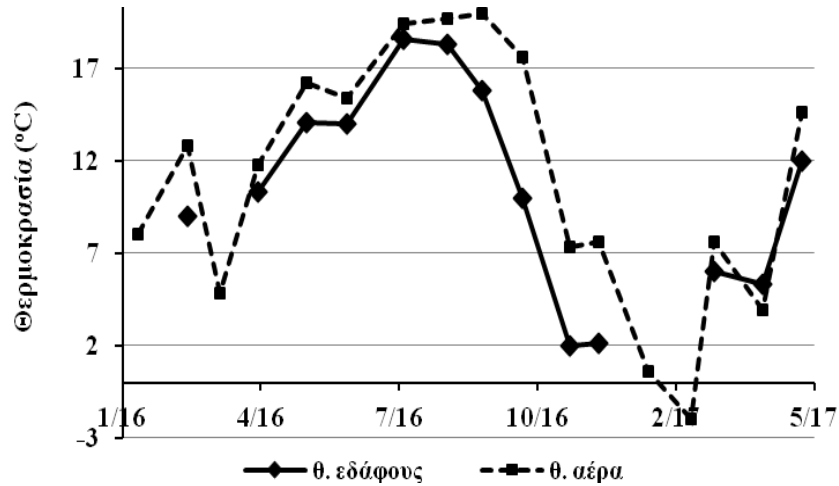
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.2

### Μετεωρολογικά δεδομένα από την Πάρνηθα

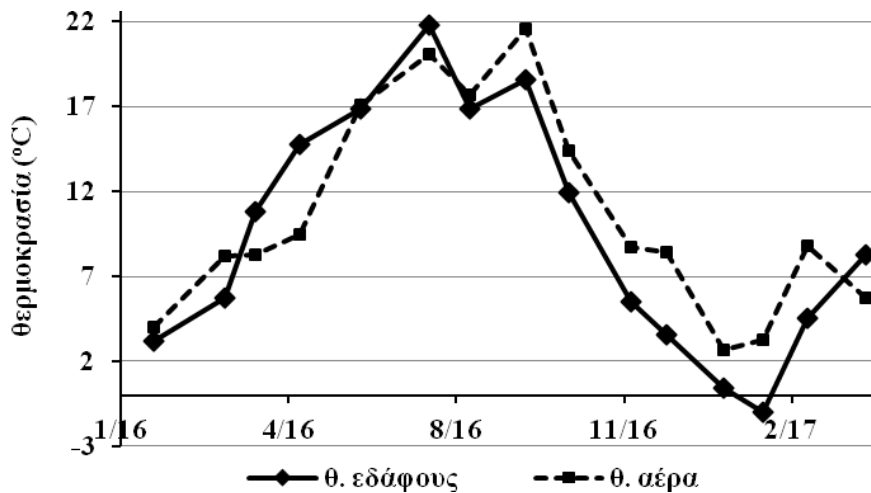
Α. Τιμές των βασικών ατμοσφαιρικών παραμέτρων κατά το χρονικό διάστημα των παρατηρήσεων [σταθμός εδάφους του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στα 1.230m, Βάση Ναυτικού (ΣΔΑΜ)]

Μήνας	Μέση Θ. (°C)	Μέση max Θ. (°C)	Μέση min Θ. (°C)	Max Θ. (°C)	Min Θ. (°C)	Κατακρ. (mm)	Μέση ταχ. ανέμου (km.hr <sup>-1</sup> )
Ιαν. 2016	1,9	4,1	-0,1	10,8	- 7,6	33,6	20,5
Φεβρ. 2016	6,8	9,5	4,3	16,3	- 3,8	59,8	20,2
Μάρτ. 2016	4,8	7,8	2,2	14,9	- 2,2	111,0	20,2
Απρ. 2016	12,4	15,9	9,3	22,8	3,0	0,6	20,3
Μάιος 2016	12,3	16,0	9,5	26,3	3,8	30,0	19,2
Ιούνιος 2016	18,7	22,4	15,7	31,7	8,3	46,0	22,1
Ιούλιος 2016	18,9	22,1	16,3	28,1	13,1	0,0	25,5
Αυγ. 2016	18,5	21,6	16,0	27,2	10,6	5,0	30,0
Σεπτ. 2016	14,8	18,1	12,6	25,9	7,3	26,8	23,4
Οκτ. 2016	12,5	14,7	9,1	22,6	1,8	63,6	23,3
Νοεμβ. 2016	6,9	9,6	4,8	16,1	- 3,6	93,8	18,1
Δεκέμ. 2016	0,1	2,4	- 2,0	10,9	- 7,3	26,1	22,1
Ιαν. 2017	- 1,8	- 0,1	- 3,6	4,9	- 12	62,2	15,7
Φεβρ. 2017	3,0	5,2	1,1	11,9	- 6,2	29,2	19,2
Μαρτ.2017	5,7	8,5	3,4	17,1	- 0,9	172,0	24,8
Απρ. 2017	8,2	11,8	5,6	19,7	- 0,7	31,6	14,9
Μάιος 2017	13,6	17,1	10,7	27,8	5,1	123,6	17,2

**B. Μηνιαία διακύμανση της στιγμιαίας θερμοκρασίας εδάφους σε βάθος 10cm και της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας αέρα στις τοποθεσίες «προς Μόλα» και «καμένα» Πάρνηθας.**



**Διάγραμμα Π.2.1: Μηνιαία διακύμανση θερμοκρασίας εδάφους και αέρα στην περιοχή «προς Μόλα»**



**Διάγραμμα Π.2.2: Μηνιαία διακύμανση θερμοκρασίας εδάφους και αέρα στην περιοχή «Καμένα»**

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.3

### Στοιχεία βλάστησης στην περιοχή «προς Μόλα» Πάρνηθας

A. Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της χλωρίδας στην περιοχή «προς Μόλα» της Πάρνηθας και η παρουσία τους κατά τις δειγματοληψίες.

Είδη	12/1/2016	17/2/2016	11/3/2016	8/4/2016	13/5/2016	11/6/2016	22/7/2016	23/8/2016	17/9/2016	16/10/2016	19/11/2016	10/12/2016	1 <sup>ος</sup> 2017	2 <sup>ος</sup> 2017	4/3/2017	8/4/2017	6/5/2017
<i>Quercus coccifera</i> L. Fagaceae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Rubus fruticosus</i> L. Rosaceae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Rubus</i> sp. Rosaceae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Abies cefalonica</i> Loudon Pinaceae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Juniperus oxycedrus</i> L. Cupressaceae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cistus</i> sp. Cistaceae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Rosa canina</i> L. Rosaceae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Onopordum acanthium</i> L. Asteraceae	X	X	X	X	X												
<i>Cyclamen graecum</i> Link Primulaceae	X	X	X	X	X												
<i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg Asteraceae	X	X	X	X													
<i>Teucrium capitatum</i> L. Lamiaceae	X	X	X	X	X												
<i>Poa annua</i> L. Poaceae	X	X	X	X													
<i>Trifolium</i> sp. Fabaceae																	X
<i>Lathyrus</i> sp. Fabaceae					X												
<i>Ranunculus</i> sp. Ranunculaceae															X	X	

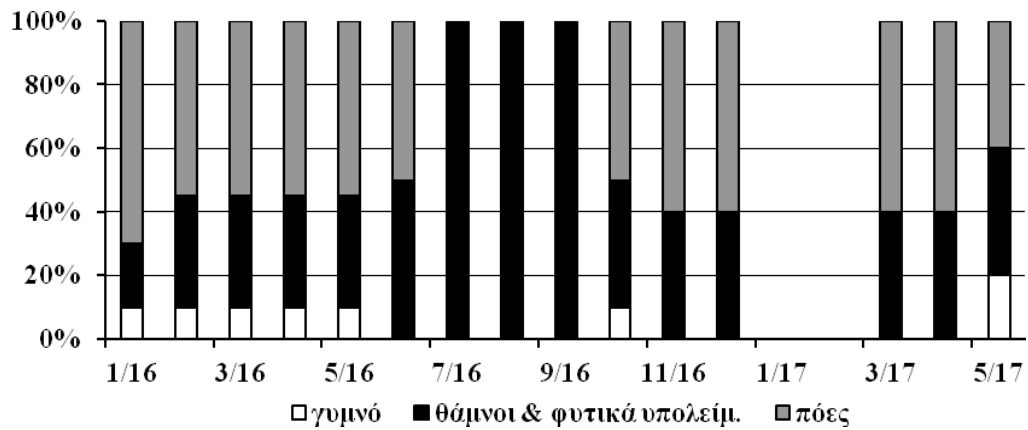
συνεχίζεται

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.3 (συνέχεια)

Είδη	12/1/2016	17/2/2016	11/3/2016	8/4/2016	13/5/2016	11/6/2016	22/7/2016	23/8/2016	17/9/2016	16/10/2016	19/11/2016	10/12/2016	1 <sup>ος</sup> 2017	2 <sup>ος</sup> 2017	4/3/2017	8/4/2017	6/5/2017
<i>Viola</i> sp. <b>Violaceae</b>																X	
<i>Urospermum</i> sp. <b>Asteraceae</b>						X											
<i>Anemona blanda</i> Schott&Kotschy <b>Ranunculaceae</b>															X		
<i>Euphorbia</i> sp. <b>Euphorbiaceae</b>																X	X
<i>Campanula celsii</i> A.DC. <i>spp. parnesia</i> <b>Phitos Campanulaceae</b>					X												
<i>Crocus sieberi</i> (L.)J.Gay <b>Iridaceae</b>															X		
<i>Hyacinthus</i> sp. <b>Liliaceae</b>															X		
<i>Aubrietta deltoidea</i> (L.) DC. <b>Brassicaceae</b>																X	X
<i>Anthemis maritima</i> L. <b>Asteraceae</b>						X											
<i>Dianthus diffusus</i> Sibth.&Sm. <b>Caryophyllaceae</b>						X											
<b>Διάφορα Poaceae</b>						X											
<b>ορχιδέες</b>																X	X
<b>βολβώδη</b>	X	X	X	X	X												
<b>χαμηλά λιβαδοπονικά</b>	X	X	X	X	X										X		
<b>Χαμηλά χόρτα και βρύα</b>										X	X	X					



**Β. Διάγραμμα Π.2.3: Εποχική μεταβολή των σχετικών μεγεθών φυτοκάλυψης - γυμνού εδάφους - αποξηραμένων φυτικών υπολειμμάτων (+ θάμνων) επί της επιφάνειας του εδάφους στην περιοχή «προς Μόλα» Πάρνηθας**



Η απώλεια δεδομένων κατά τον Ιανουάριο και Φεβρουάριο 2017 οφείλεται στη χιονόπτωση

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.4

### Στοιχεία βλάστησης στην περιοχή «καμένα» Πάρνηθας

Α. Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της χλωρίδας στην περιοχή «Καμένα» της Πάρνηθας και η παρουσία τους κατά τις δειγματοληψίες.

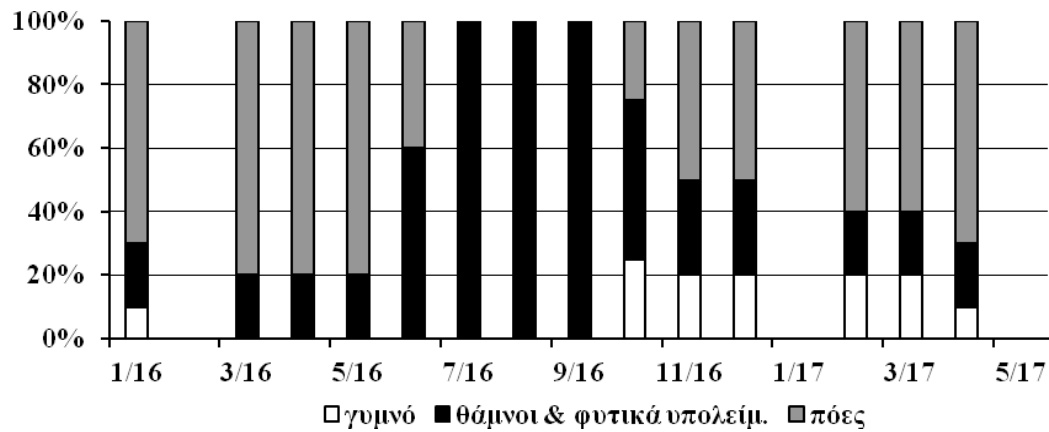
Είδη	9/1/2016	10/2/2016	23/3/2016	10/4/2016	7/5/2016	12/6/2016	23/7/2016	16/8/2016	18/9/2016	14/10/2016	20/11/2016	11/12/2016	14/1/2017	17/2/2017	5/3/2017	9/4/2017
<i>Quercus coccifera</i> L. Fagaceae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Rubus fruticosus</i> L. Rosaceae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Rubus</i> sp. Rosaceae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cistus</i> sp. Cistaceae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Onopordum acanthium</i> L. Asteraceae	X	X	X			X	X									
<i>Cyclamen graecum</i> Link Primulaceae	X	X	X													
<i>Ophrys lutea</i> ssp. <i>murbeckii</i> (Fleischm.)Soó Orchidaceae				X												
<i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg Asteraceae				X	X	X										X
<i>Vicia villosa</i> Roth. Fabaceae				X												
<i>Trifolium</i> sp. Fabaceae				X	X	X										
<i>Lathyrus</i> sp. Fabaceae				X												
<i>Ranunculus</i> sp. Ranunculaceae				X												
<i>Veronica arvensis</i> L. Plantaginaceae				X												X
<i>Ononis</i> sp. Fabaceae				X												
<i>Urospermum</i> sp. Asteraceae				X	X	X										

ι

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.4 (συνέχεια)

	9/1/2016	10/2/2016	23/3/2016	10/4/2016	7/5/2016	12/6/2016	23/7/2016	16/8/2016	18/9/2016	14/10/2016	20/11/2016	11/12/2016	14/1/2017	17/2/2017	5/3/2017	9/4/2017
<i>Geranium</i> sp. Geraniaceae				X												
<i>Anemona blanda</i> Schott&Kotschy Ranunculaceae				X												
<i>Euphorbia</i> sp. Euphorbiaceae				X												X
<i>Campanula celsii</i> A.DC. ssp. <i>parnesia</i> Phitos Campanulaceae					X											X
<i>Cephalaria</i> sp. Caprifoliaceae						X										
<i>Crocus sieberi</i> (L.)J.Gay Iridaceae														X	X	
<i>Aubrietta deltoidea</i> (L.) DC. Brassicaceae																X
<i>Rumex</i> sp. Polygonaceae					X											
<i>Anthemis maritima</i> L. Asteraceae						X										
<i>Dianthus diffusus</i> Sibth.&Sm. Caryophyllaceae						X										
Διάφορα Ροσaceae	X	X	X	X	X					X						
βολβώδη	X	X	X													
χαμηλά λιβαδοπονικά		X	X											X	X	

**Β. Διάγραμμα Π.2.4: Εποχική μεταβολή των σχετικών μεγεθών φυτοκάλυψης - γυμνού εδάφους - αποξηραμένων φυτικών υπολειμμάτων (+ θάμνων) επί της επιφάνειας του εδάφους στην περιοχή «Καμένα» Πάρνηθας**



Οι απώλειες δεδομένων κατά τον Φεβρουάριο 2016 και Ιανουάριο 2017 οφείλονται στη χιονόπτωση

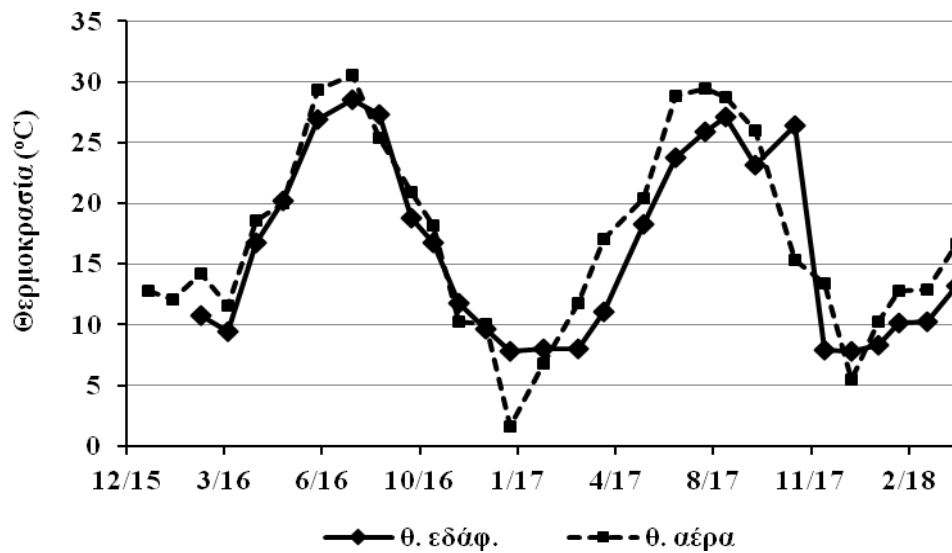
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.5

### Μετεωρολογικά δεδομένα από τα Σπάτα

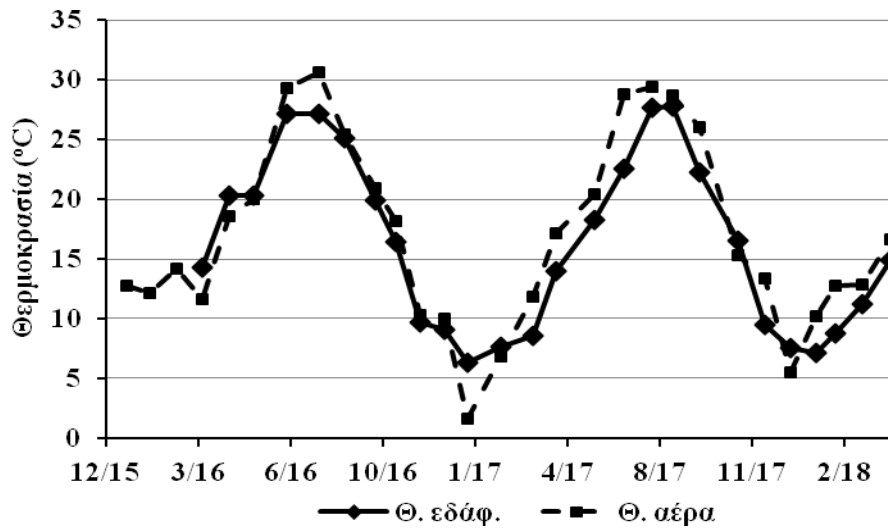
**Α. Τιμές των βασικών ατμοσφαιρικών παραμέτρων κατά το χρονικό διάστημα των παρατηρήσεων (σταθμός εδάφους του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στα εκπαιδευτήρια Ζηρίδη, υψόμετρο 144 μέτρα)**

Μήνας	Μέση Θ. (°C)	Μέση max Θ. (°C)	Μέση min Θ. (°C)	Max Θ. (°C)	Min Θ. (°C)	Κατακρ. (mm)	Μέση ταχ. ανέμου (km.hr <sup>-1</sup> )
Δεκ. 2015	11,0	14,9	7,5	20,6	0,6	1,6	8,2
Ιαν. 2016	10,4	14,3	7,0	21,2	-0,2	39,4	9,1
Φεβρ. 2016	13,6	18,4	9,9	24,7	3,4	24,6	8,2
Μαρ. 2016	12,9	17,6	9,2	23,5	4,9	74,8	9,1
Απρ. 2016	18,6	24,3	13,6	31,0	10,0	0,0	8,9
Μάι. 2016	20,3	25,6	15,6	31,8	12,2	19,2	9,1
Ιουν. 2016	26,4	31,6	21,3	39,5	16,1	39,4	9,4
Ιουλ. 2016	28,3	32,4	24,1	36,4	21,8	0,0	11,7
Αυγ. 2016	27,8	31,9	24,1	35,7	21,2	0,0	13,4
Σεπτ. 2016	23,7	28,6	19,9	35,6	15,0	10,0	9,9
Οκτ. 2016	19,0	23,3	15,8	30,9	11,4	68,8	10,0
Νοε. 2016	14,9	18,6	11,7	25,4	5,9	168,2	9,6
Δεκ. 2016	8,5	11,9	5,4	18,5	0,7	27,2	10,0
Ιαν. 2017	7,3	10,7	4,1	16,9	- 3,0	56,4	9,8
Φεβρ. 2017	10,8	14,8	7,5	19,9	2,2	14,2	10,3
Μαρ.2017	13,2	17,9	9,1	23,5	5,6	78,2	9,2
Απρ. 2017	15,6	20,9	11,0	27,5	7,1	10,4	8,1
Μάι. 2017	20,5	25,8	15,9	35,2	12,6	76,2	9,1
Ιουν. 2017	25,1	30,6	20,1	41,8	16,0	28,0	7,1
Ιουλ. 2017	28,1	33,0	23,6	42,5	18,0	8,6	11,2
Αυγ. 2017	28,2	32,5	24,5	37,8	19,9	20,6	13,0
Σεπτ. 2017	24,1	30,0	19,4	38,2	15,2	18,4	9,0
Οκτ. 2017	18,5	23,6	14,7	28,7	11,5	3,8	9,1
Νοε. 2017	14,2	18,7	10,6	23,0	6,3	81,4	7,0
Δεκ. 2017	11,9	15,7	8,7	20,7	3,1	54,2	10,1
Ιαν. 2018	10,4	14,1	7,3	17,8	3,9	84,4	8,3
Φεβρ. 2018	11,5	15,0	8,5	18,6	5,9	86,2	8,9
Μαρ.2018	14,4	18,8	10,7	22,4	5,8	7,0	8,7
Απρ. 2018	18,2	24,0	13,2	30,4	8,9	4,2	7,9
Μάι. 2018	22,8	29,1	17,4	29,5	16,2	0,0	8,1

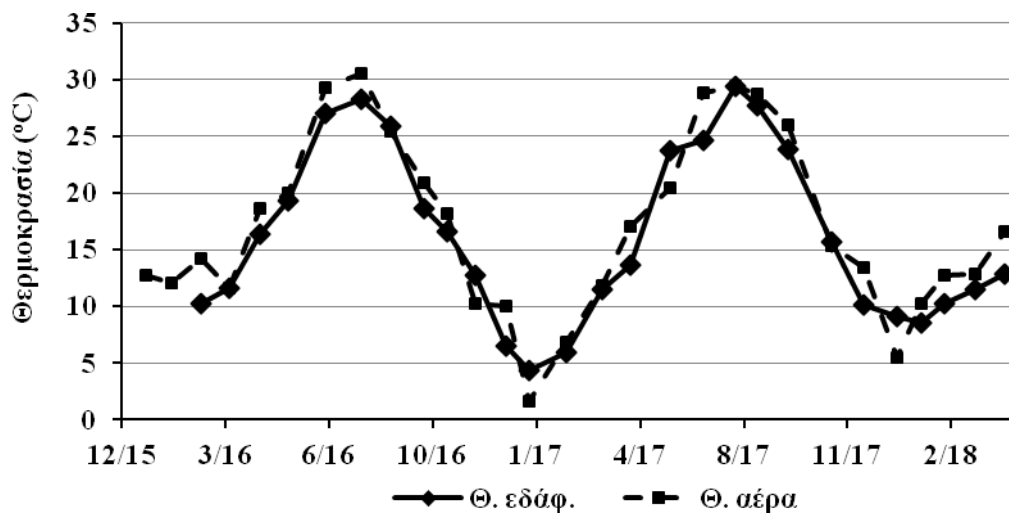
**B. Μηνιαία διακύμανση της στιγμιαίας θερμοκρασίας εδάφους σε βάθος 10cm και της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας αέρα στον βιολογικό, συμβατικό και εγκαταλειμμένο αμπελώνα των Σπάτων**



**Διάγραμμα Π.2.5: Μηνιαία διακύμανση θερμοκρασίας εδάφους και αέρα στον βιολογικό αμπελώνα**



**Διάγραμμα Π.2.6:** Μηνιαία διακύμανση θερμοκρασίας εδάφους και αέρα στο συμβατικό αμπελώνα



**Διάγραμμα Π.2.7:** Μηνιαία διακύμανση θερμοκρασίας εδάφους και αέρα στον εγκαταλειμμένο αμπελώνα

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.6

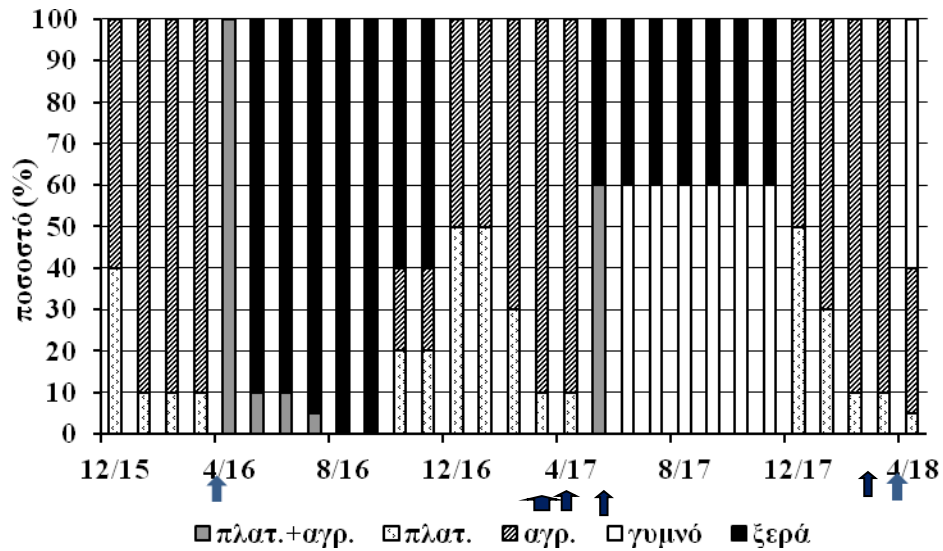
### Στοιχεία βλάστησης από τον βιολογικό αμπελώνα των Σπάτων

#### Α. Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της χλωρίδας και η εποχική τους παρουσία

	<i>Calendula arvensis</i> L. Asteraceae	<i>Cirsium</i> sp. Asteraceae	<i>Sinapis alba</i> L. Brassicaceae	<i>Allium sativum</i> L. Liliaceae	<i>Vicia sativa</i> L. Fabaceae	<i>Piptatherum miliaceum</i> (L.) Coss Poaceae	<i>Avena fatua</i> L. Poaceae	<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg Asteraceae	<i>Sinapis arvensis</i> L. Brassicaceae	<i>Malva sylvestris</i> L. Malvaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L. Convolvulaceae	<i>Cynanchum acutum</i> L. Apocynaceae	<i>Glebionis coronaria</i> (L.) Cass. ex Spach. Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L. Asteraceae	<i>Urospermum</i> sp. Asteraceae	<i>Lamium amplexicaule</i> L. Labiatae	<i>Trifolium</i> sp. Fabaceae	<i>Euphorbia helioscopia</i> L. Euphorbiaceae	<i>Papaver rhoeas</i> L. Papaveraceae	<i>Tragopogon porrifolius</i> L. Asteraceae	<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coult. Caprifoliaceae	<i>Echallium elaterium</i> (L.) Cucurbitaceae	<i>Daucus carota</i> L. Apiaceae	<i>Galium aparine</i> L. Rubiaceae	<i>Rumex</i> sp. Polygonaceae	Άίσωρα Poaceae
4/1/2016	X	X	X	X	X																					X
29/1/2016																										X
28/2/2016																										X
25/3/2016																										X
23/4/2016		X				X	X		X	X		X		X												X
20/5/2016							X					X		X												
25/6/2016							X					X														
30/7/2016							X					X														
27/8/2016							X					X														
28/9/2016																										
21/10/2016																										
16/11/2016	X										X			X		X	X	X								
13/12/2017	X										X			X		X	X	X								X
7/1/2017	X										X			X		X	X	X								X
11/2/2017	X										X			X		X	X	X								X
18/3/2017			X																							X
15/4/2017					X		X												X	X	X					X
24/5/2017							X		X	X				X									X			X
25/6/2017							X																			
26/7/2017																										
16/8/2017												X														
15/9/2017												X														
26/10/2017																										
24/11/2017																										
22/12/2017	X						X																			
29/1/2018	X						X																			
9/2/2018	X	X	X	X				X						X												X
10/3/2018	X	X	X	X				X						X												X
9/4/2018	X	X		X		X							X					X		X		X	X	X	X	X



**Β. Διάγραμμα Π.2.8: Εποχική μεταβολή των σχετικών μεγεθών φυτοκάλυψης - γυμνού εδάφους - αποξηραμένων φυτικών υπολειμμάτων επί της επιφάνειας του εδάφους στο βιολογικό αμπελώνα Σπάτων\***



\* Εφόσον ήταν δυνατό, εκτιμήθηκε η αναλογία αγρωστωδών – πλατύφυλλων.

\*\*Τα βέλη δηλώνουν το χρόνο εδαφοκατεργασίας

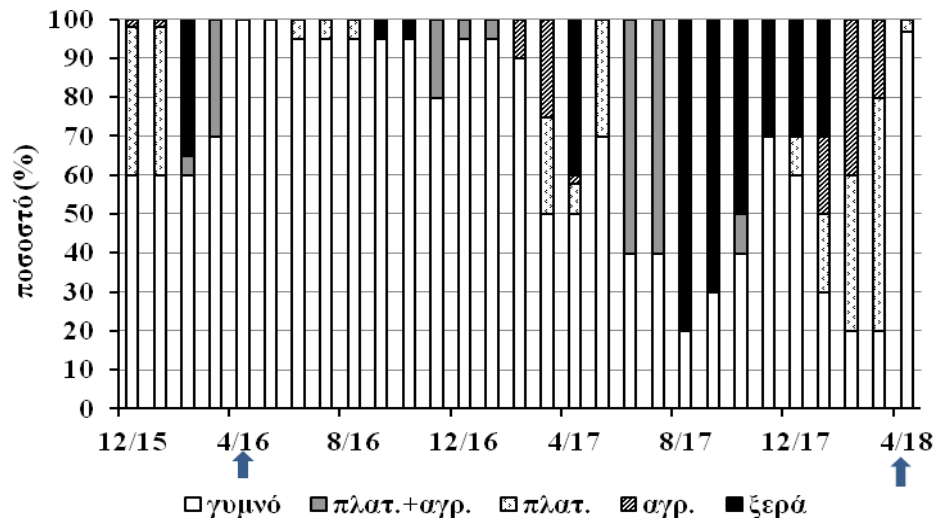
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.7

### Στοιχεία βλάστησης από το συμβατικό αμπελώνα Σπάτων

#### Α. Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της χλωρίδας και η εποχική τους παρουσία

	<i>Calendula arvensis</i> L. Asteraceae	<i>Genista</i> sp. Fabaceae	<i>Sinapis alba</i> L. Brassicaceae	<i>Cichorium intybus</i> L. Asteraceae	<i>Erodium</i> sp. Geraniaceae	<i>Geranium</i> sp. Geraniaceae	<i>Malba sylvestris</i> L. Malvaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L. Convolvulaceae	<i>Conyza</i> sp. Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L. Asteraceae	<i>Urospermum</i> sp. Asteraceae	<i>Amaranthus</i> sp. Amaranthaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. Poaceae	<i>Lactuca serriola</i> L. Asteraceae	<i>Hypericum perforatum</i> L. Hypericaceae	<i>Daucus carota</i> L. Apiaceae	<i>Senecio vulgaris</i> L. Asteraceae	<i>Rumex</i> sp. Polygonaceae	Διάφορα Fabaceae	Διάφορα Poaceae
4/1/2016	X		X	X	X				X											X
29/1/2016	X		X	X	X				X											X
28/2/2016																				
25/3/2016		X	X	X	X	X		X											X	
23/4/2016																				
20/5/2016								X												
25/6/2016																X				
30/7/2016																				
27/8/2016																				
28/9/2016																				
21/10/2016																				
16/11/2016								X												
13/12/2017																				
7/1/2017																				
11/2/2017																				X
18/3/2017	X	X	X	X	X	X														X
15/4/2017	X		X	X	X		X		X	X					X	X				X
24/5/2017						X	X		X	X			X							
25/6/2017							X								X					
26/7/2017							X				X	X		X	X					
16/8/2017							X								X					
15/9/2017							X								X					
26/10/2017											X	X		X	X					
24/11/2017																				
22/12/2017	X		X					X	X									X		
29/1/2018																				X
9/2/2018	X		X		X				X						X					X
10/3/2018	X		X		X				X						X					X
9/4/2018								X												

**Β. Διάγραμμα Π.2.9: Εποχική μεταβολή των σχετικών μεγεθών φυτοκάλυψης - γυμνού εδάφους - αποξηραμένων φυτικών υπολειμμάτων επί της επιφάνειας του εδάφους στο συμβατικό αμπελώνα Σπάτων\***



\* Εφόσον ήταν δυνατό, εκτιμήθηκε η αναλογία αγρωστωδών – πλατύφυλλων.

\*\*Τα βέλη δηλώνουν το χρόνο εδαφοκατεργασίας

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.8

Στοιχεία βλάστησης από τον φυσικό - εγκαταλελειμμένο αμπελώνα Σπάτων

Α. Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της χλωρίδας και η εποχική τους παρουσία

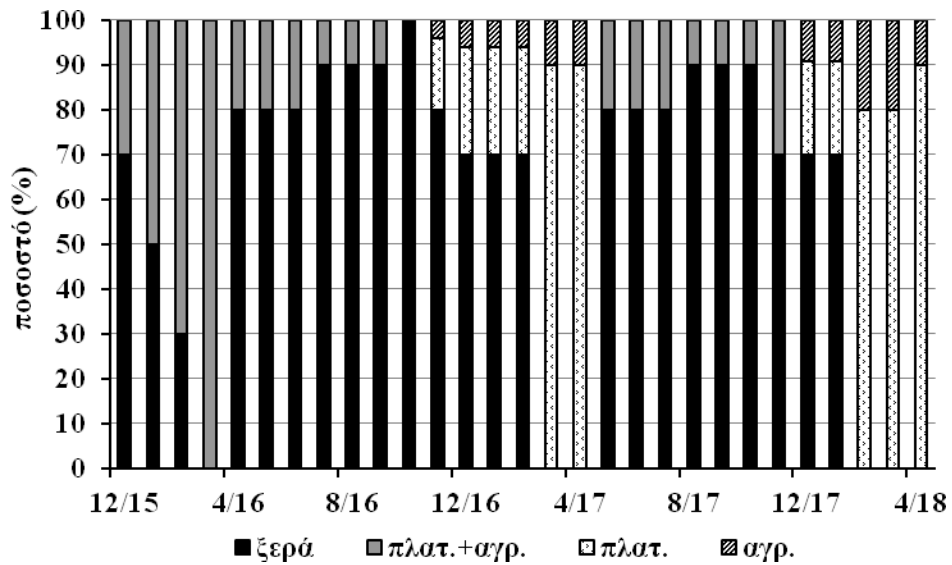
	<i>Calendula arvensis</i> L. Asteraceae	<i>Cirsium</i> sp. Asteraceae	<i>Sinapis alba</i> L. Brassicaceae	<i>Anemone coronaria</i> L. Ranunculaceae	<i>Vicia sativa</i> L. Fabaceae	<i>Piptatherum miliaceum</i> (L.) Coss Poaceae	<i>Avena fatua</i> L. Poaceae	<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg Asteraceae	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill. Apiaceae	<i>Malva sylvestris</i> L. Malvaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L. Convolvulaceae	<i>Cynanchum acutum</i> L. Apocynaceae	<i>Reseda alba</i> Resedaceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L. Asteraceae	<i>Urospermum</i> sp. Asteraceae	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall. Fabaceae	<i>Trifolium</i> sp. Fabaceae	<i>Erodium</i> sp. Geraniaceae	<i>Papaver rhoeas</i> L. Papaveraceae	<i>Tragopogon porrifolius</i> L. Asteraceae	<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coult. Caprifoliaceae	<i>Geranium</i> sp. Geraniaceae
4/1/2016	X	X	X	X	X				X													
29/1/2016	X	X	X	X	X				X													
28/2/2016	X	X	X	X	X				X													
25/3/2016	X	X	X	X	X				X													
23/4/2016		X				X	X		X	X		X		X	X	X	X	X	X	X		X
20/5/2016									X	X	X										X	
25/6/2016									X												X	
30/7/2016																						
27/8/2016									X					X								
28/9/2016																						
21/10/2016																						
16/11/2016		X				X			X	X							X					X
13/12/2017		X				X			X	X							X					X
7/1/2017		X				X			X	X							X					X
11/2/2017		X				X			X	X							X					X
18/3/2017																						
15/4/2017		X				X	X		X	X		X		X	X	X	X					X
24/5/2017		X				X	X		X	X		X		X							X	
25/6/2017		X				X	X		X	X											X	
26/7/2017		X				X	X		X	X											X	
16/8/2017									X													
15/9/2017									X					X								
26/10/2017									X													
24/11/2017																						
22/12/2017																						
29/1/2018																						
9/2/2018																						
10/3/2018																						
9/4/2018		X			X			X	X	X				X	X	X	X		X		X	

συνεχίζεται

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.8 (συνέχεια)

	<i>Daucus carota</i> L. Apiaceae	<i>Dittrichia viscosa</i> (L.)Greuter Asteraceae	<i>Conium maculatum</i> L. Apiaceae	<i>Capparis spinosa</i> L. Capparaceae	<i>Cichorium intybus</i> L. Asteraceae	<i>Lotus corniculatus</i> L. Fabaceae	<i>Lactuca serriola</i> L. Asteraceae	<i>Phalaris</i> sp. Poaceae	<i>Rumex</i> sp. Polygonaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)Pers. Poaceae	<i>Hypericum perforatum</i> L. Hypericaceae	<i>Galium aparine</i> L. Rubiaceae	<i>Leopoldia comosa</i> (L.)Parl. Asparagaceae	Διάφορα Apiaceae	Διάφορα Poaceae
4/1/2016															X
29/1/2016															X
28/2/2016															X
25/3/2016															X
23/4/2016		X						X						X	
20/5/2016		X	X						X						
25/6/2016	X	X		X						X					
30/7/2016		X													
27/8/2016		X													
28/9/2016		X													
21/10/2016		X							X						
16/11/2016	X	X			X			X							X
13/12/2017	X	X			X			X							X
7/1/2017	X	X			X			X							X
11/2/2017	X	X			X			X							X
18/3/2017															X
15/4/2017		X						X					X	X	
24/5/2017		X						X					X	X	
25/6/2017		X						X					X	X	
26/7/2017		X						X					X	X	
16/8/2017															X
15/9/2017		X							X						X
26/10/2017		X							X						
24/11/2017															X
22/12/2017															X
29/1/2018															X
9/2/2018															X
10/3/2018											X				X
9/4/2018		X	X		X	X	X	X				X			X

**Β. Διάγραμμα Π.2.10: Εποχική μεταβολή των σχετικών μεγεθών φυτοκάλυψης - γυμνού εδάφους - αποξηραμένων φυτικών υπολειμμάτων επί της επιφάνειας του εδάφους στον εγκαταλειμμένο αμπελώνα Σπάτων\***



\*Εφόσον ήταν δυνατό, εκτιμήθηκε η αναλογία αγρωστωδών – πλατύφυλλων.

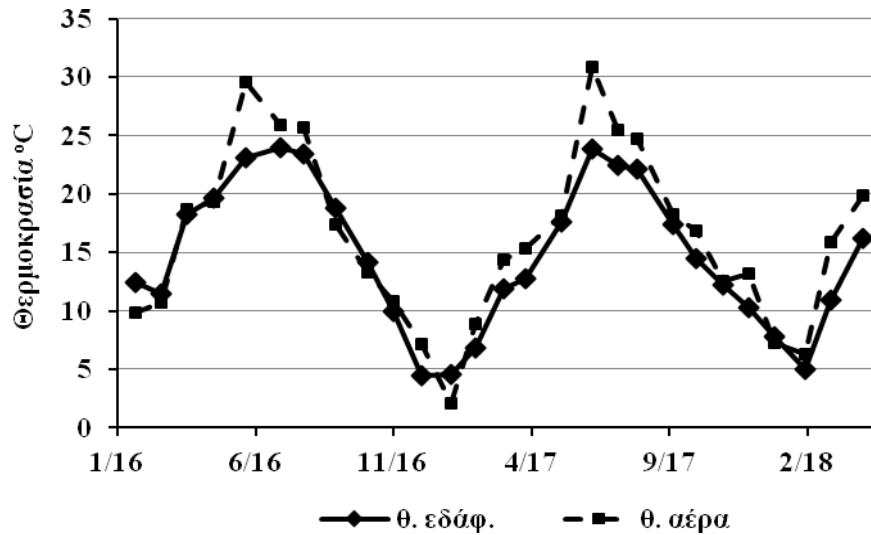
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.9

### Μετεωρολογικά δεδομένα από τη Νεμέα

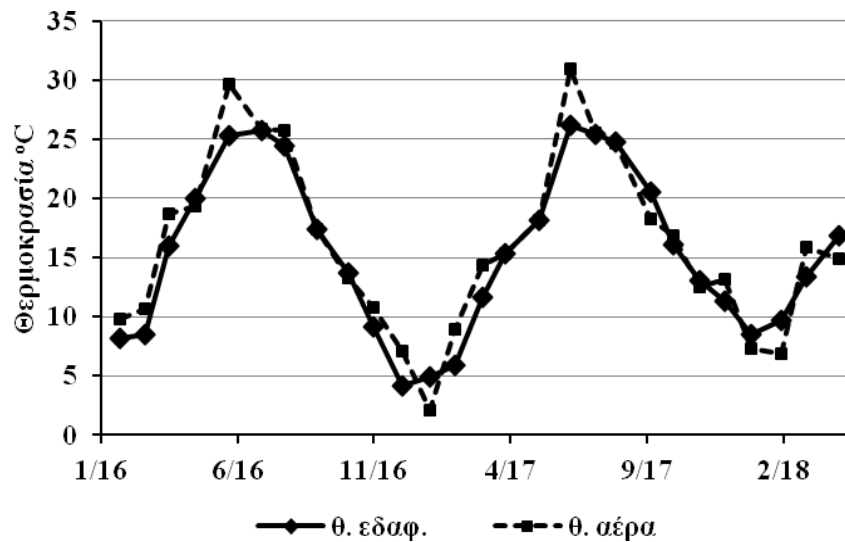
**Α. Τιμές των βασικών ατμοσφαιρικών παραμέτρων κατά το χρονικό διάστημα των παρατηρήσεων (σταθμός εδάφους του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στον Οινοποιητικό Συνεταιρισμό Νεμέας, σε υψόμετρο 290μ.)**

Μήνας	Μέση Θ. (°C)	Μέση max Θ. (°C)	Μέση min Θ. (°C)	Max Θ. (°C)	Min Θ. (°C)	Κατακρ. (mm)	Μέση ταχ. ανέμου (km.hr <sup>-1</sup> )
Ιαν. 2016	8,0	13,7	2,7	21,3	- 5,0	67,8	5,2
Φεβ. 2016	11,4	18,4	4,7	24,2	- 4,3	4,8	5,4
Μαρ. 2016	10,8	16,5	5,3	24,6	- 0,2	78,8	6,0
Απρ. 2016	16,8	24,9	8,5	31,0	1,8	0,4	6,4
Μάι. 2016	18,3	25,7	10,0	33,3	5,0	6,0	6,4
Ιουν. 2016	24,6	32,1	16,1	40,5	10,5	34,8	6,0
Ιουλ. 2016	26,1	33,4	17,2	37,2	14,3	9,2	6,5
Αυγ. 2016	25,4	33,3	17,0	37,6	10,9	7,4	6,8
Σεπτ. 2016	20,5	28,1	13,8	34,7	6,1	124,2	4,0
Οκτ. 2016	16,2	22,4	10,4	30,9	4,9	56,4	3,9
Νοε. 2016	11,5	17,9	5,5	26,8	0,5	78,8	3,6
Δεκ. 2016	5,2	11,4	- 0,5	18,1	- 5,2	38,6	4,3
Ιαν. 2017	4,2	9,4	- 0,5	14,9	- 11,3	98,4	3,7
Φεβ. 2017	8,1	14,1	2,6	20,1	- 4,5	30,0	5,3
Μαρ. 2017	10,6	17,6	3,7	24,3	- 0,2	89,8	5,4
Απρ. 2017	13,7	21,4	5,5	28,7	1,7	16,2	5,2
Μάι. 2017	19,1	26,3	11,5	37,8	5,8	45,2	6,1
Ιουν. 2017	23,4	31,6	14,7	42,1	11,4	66,2	4,6
Ιουλ. 2017	26,1	33,9	17,0	42,2	13,7	31,8	6,1
Αυγ. 2017	25,2	33,1	16,2	39,1	10,3	3,2	6,8
Σεπτ. 2017	21,6	29,8	13,1	37,6	9,7	13,8	5,2
Οκτ. 2017	15,2	23,3	7,7	28,4	3,8	16,6	3,9
Νοε. 2017	11,3	17,5	5,7	20,6	- 1,3	98,8	3,1
Δεκ. 2017	8,5	14,7	3,0	20,8	- 2,9	119,4	4,0
Ιαν. 2018	7,3	13,5	1,8	18,8	- 4,2	59,8	3,9
Φεβ. 2018	9,3	14,1	4,5	18,1	- 1,9	136,6	3,4
Μαρ. 2018	12,8	18,8	6,6	22,9	0,7	23,4	5,4
Απρ. 2018	16,4	24,6	8,0	29,9	3,5	6,2	3,9
Μάι. 2018	19,5	28,9	10,2	29,5	10,0	0,4	2,9

**B. Μηνιαία διακύμανση της στιγμιαίας θερμοκρασίας εδάφους σε βάθος 10cm και της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας αέρα στον βιολογικό και στο συμβατικό αμπελώνα της Νεμέας.**



**Διάγραμμα Π.2.11: Μηνιαία διακύμανση θερμοκρασίας εδάφους και αέρα στο βιολογικό αμπελώνα**



**Διάγραμμα Π.2.12: Μηνιαία διακύμανση θερμοκρασίας εδάφους και αέρα στο συμβατικό αμπελώνα**



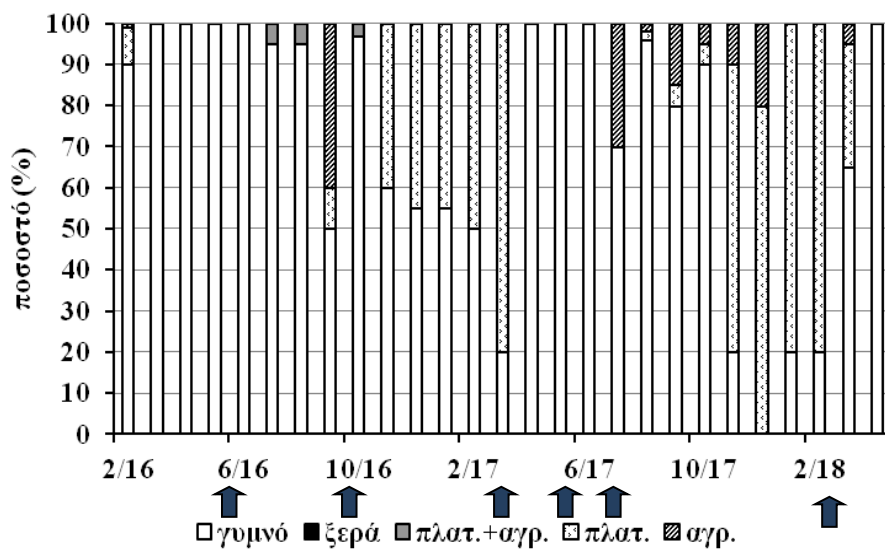
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.10

Στοιχεία βλάστησης στον βιολογικό αμπελώνα της Νεμέας

Α. Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της χλωρίδας και η εποχική τους παρουσία

	<i>Calendula arvensis</i> L. Asteraceae	<i>Cirsium</i> sp. Asteraceae	<i>Cichorium intybus</i> L. Asteraceae	<i>Allium sativum</i> L. Liliaceae	<i>Vicia sativa</i> L. Fabaceae	<i>Muscari comosum</i> Mill. Liliaceae	<i>Veronica arvensis</i> L. Plantaginaceae	<i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg Asteraceae	<i>Sinapis arvensis</i> L. Brassicaceae	<i>Amaranthus</i> sp. Amaranthaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L. Convolvulaceae	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik. Brassicaceae	<i>Senecio vulgaris</i> L. Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L. Asteraceae	<i>Amaranthus</i> sp. Amaranthaceae	<i>Lamium amplexicaule</i> L. Labiatae	<i>Trifolium</i> sp. Fabaceae	<i>Euphorbia helioscopia</i> L. Euphorbiaceae	<i>Papaver rhoeas</i> L. Papaveraceae	<i>Erodium</i> sp. Geraniaceae	<i>Setaria</i> sp. Poaceae	<i>Oxalis pes-caprae</i> L. Oxalidaceae	<i>Galium aparine</i> L. Rubiaceae	<i>Onopordum acanthium</i> L. Asteraceae	<i>Eruca sativa</i> Lank. Brassicaceae	<i>Ranunculus ficaria</i> L. Ranunculaceae	Διάφορα Liliaceae	Διάφορα Poaceae
20/2/16	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X			X	X		X									X
19/3/16																												
15/4/16																												
14/5/16																												
19/6/16																												
26/7/16										X				X		X												
20/8/16																					X							
24/9/16																				X								X
29/10/16					X																							
26/11/16					X																							
27/12/17					X																	X						
27/1/17					X																							
23/2/17					X																							
26/3/17	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X				X	X		X				X				X
19/4/17																												
27/5/17																												
30/6/17																												
28/7/17																					X							
18/8/17										X				X							X							X
26/9/17							X	X		X	X		X	X		X				X							X	X
21/10/17							X	X		X	X		X	X		X				X							X	X
19/11/17	X	X					X					X				X				X		X	X		X			X
17/12/17	X	X					X					X				X	X					X		X		X	X	
14/1/18	X	X					X					X				X	X					X				X	X	
17/2/18	X	X					X					X				X	X					X				X	X	
17/3/18	X	X			X		X	X		X	X	X	X		X	X	X	X				X						X
21/4/18																												

**Β. Διάγραμμα Π.2.13: Εποχική μεταβολή των σχετικών μεγεθών φυτοκάλυψης - γυμνού εδάφους - αποξηραμένων φυτικών υπολειμμάτων επί της επιφάνειας του εδάφους στο βιολογικό αμπελώνα Νεμέας\***



\* Εφόσον ήταν δυνατό, εκτιμήθηκε η αναλογία αγρωστωδών – πλατύφυλλων.

\*\*Τα βέλη δηλώνουν τον χρόνο μηχανικής καλλιέργειας του εδάφους.

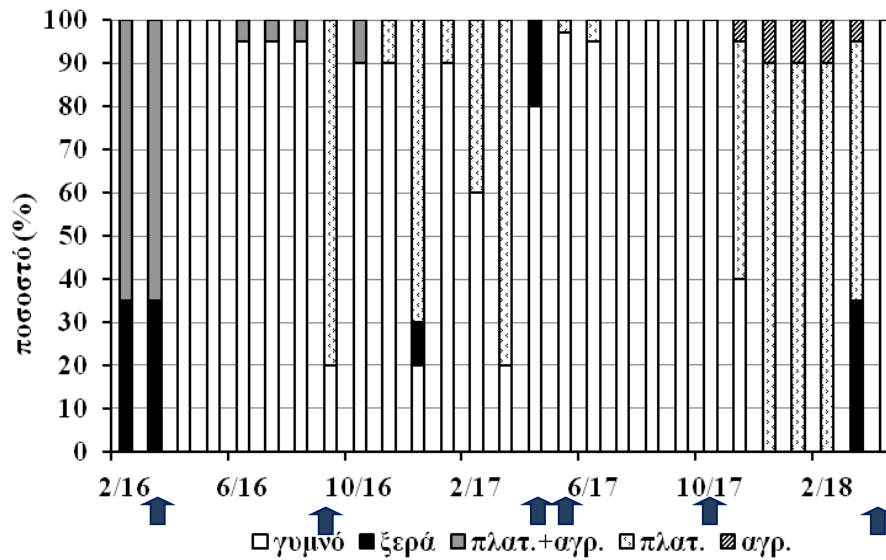
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.11

Στοιχεία βλάστησης στο συμβατικό αμπελώνα της Νεμέας

Α. Ενδεικτικοί αντιπρόσωποι της χλωρίδας και η εποχική τους παρουσία

	<i>Calendula arvensis</i> L. Asteraceae	<i>Ecballium elaterium</i> (L.) Cucurbitaceae	<i>Cichorium intybus</i> L. Asteraceae	<i>Allium sativum</i> L. Liliaceae	<i>Vicia sativa</i> L. Fabaceae	<i>Muscari comosum</i> Mill. Liliaceae	<i>Veronica arvensis</i> L. Plantaginaceae	<i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg Asteraceae	<i>Portulaca oleracea</i> L. Portulacaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L. Convolvulaceae	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik. Brassicaceae	<i>Senecio vulgaris</i> L. Asteraceae	<i>Amaranthus</i> sp. Amaranthaceae	<i>Lamium amplexicaule</i> L. Labiatae	<i>Trifolium</i> sp. Fabaceae	<i>Euphorbia helioscopia</i> L. Euphorbiaceae	<i>Papaver rhoeas</i> L. Papaveraceae	<i>Erodium</i> sp. Geraniaceae	<i>Tribulus terrestris</i> L. Zygophyllaceae	<i>Setaria</i> sp. Poaceae	<i>Galium aparine</i> L. Rubiaceae	<i>Cirsium</i> sp. Asteraceae	<i>Eruca sativa</i> L. Brassicaceae	<i>Lepidium draba</i> L. Brassicaceae	Διάφορα Liliaceae	Διάφορα Poaceae
20/2/2016	X		X	X	X	X	X	X				X		X	X		X					X			X	
19/3/2016	X		X	X	X	X	X	X				X		X	X		X					X			X	
15/4/2016																										
14/5/2016																										
19/6/2016		X								X			X													
26/7/2016		X								X		X							X							
20/8/2016										X		X							X							
24/9/2016		X							X			X														
29/10/2016		X							X			X														
26/11/2016	X							X				X	X	X	X	X	X									
27/12/2017	X							X				X	X	X	X	X										
27/1/2017	X							X				X	X	X	X	X										
23/2/2017	X							X				X	X	X	X	X										
26/3/2017	X							X				X	X	X	X	X										
19/4/2017		X								X																
27/5/2017																										
30/6/2017		X								X		X							X							
28/7/2017																										
18/8/2017																										
26/9/2017																										
21/10/2017																										
19/11/2017	X		X					X				X		X					X	X		X				
17/12/2017	X		X					X				X		X	X	X				X				X		
14/1/2018	X		X					X				X		X	X	X				X				X		
17/2/2018	X		X					X				X		X	X	X				X				X		
17/3/2018	X		X					X		X		X		X	X	X				X			X			
21/4/2018																										

**Β. Διάγραμμα Π.2.14: Εποχική μεταβολή των σχετικών μεγεθών φυτοκάλυψης - γυμνού εδάφους - αποξηραμένων φυτικών υπολειμμάτων επί της επιφάνειας του εδάφους στο συμβατικό αμπελώνα Νεμέας\***



\* Εφόσον ήταν δυνατό, εκτιμήθηκε η αναλογία αγρωστωδών – πλατύφυλλων.

\*\*Τα βέλη δηλώνουν τον χρόνο μηχανικής καλλιέργειας του εδάφους.