

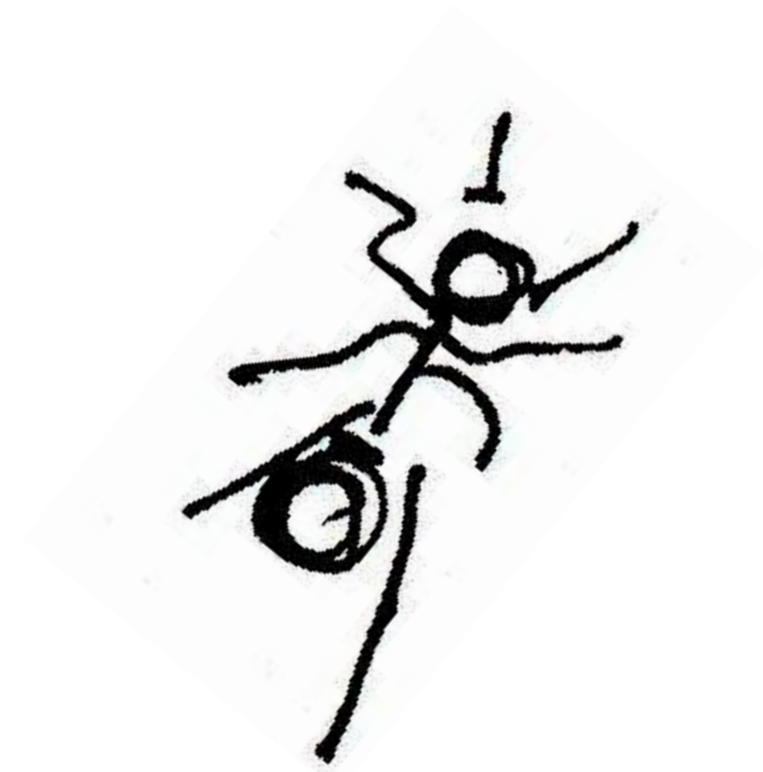


Οικολογία και Στρατηγική Τροφοληψίας των Σποροφάγων Μυρμηγκιών του Γένους *Messor*
σε Μεσογειακά Οικοσυστήματα της Ελλάδας

Αθήνα 2013
Γεωργιάδης Χρήστος

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Οικολογία και Στρατηγική Τροφοληψίας των
Σποροφάγων Μυρμηγκιών του Γένους *Messor*
σε Μεσογειακά Οικοσυστήματα της Ελλάδας



Διδακτορική Διατριβή
Χρήστος Γεωργιάδης

Αθήνα 2013

Πίνακας Περιεχομένων

Πρόλογος	vii
Περίληψη	xiii
Summary	xvi
Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή	
1.1 Γενικά για τα μυρμήγκια	1
1.2 Τα μυρμήγκια στην Ελλάδα	4
1.3 Τα σποροφάγα μυρμήγκια	7
1.3.1 Ιστορία μελέτης	7
1.3.2 Επιλογή σπερμάτων	9
1.3.3 Πρότυπα τροφικής αναζήτησης	10
1.3.4 Επιρροή στην χλωρίδα	12
1.4 Το γένος <i>Messor</i> και τα σποροφάγα μυρμήγκια	17
1.5 Στόχοι της μελέτης	23
Κεφάλαιο 2 – Προσέγγιση μεθοδολογίας	
2.1 Συλλογή βιβλιογραφίας	25
2.2 Διαχωρισμός πειραμάτων	25
2.3 Μέθοδοι συλλογής πρωτογενών δεδομένων	26
2.4 Επιλογή περιοχών μελέτης	26
2.5 Περιγραφή σταθμών	28
2.5.1 Περιοχή Βίγλα (Πάρνηθα)	28
2.5.1.1 Κλίμα	29
2.5.1.2 Χλωρίδα - Βλάστηση	30
2.5.2 Περιοχή Υδραγωγείο (Πανεπιστημιούπολη, Ζωγράφου)	34
2.5.2.1 Κλίμα	35
2.5.2.2 Χλωρίδα - Βλάστηση	36
Κεφάλαιο 3 – Ημερήσια/μηνιαία/εποχιακή φαινολογία	
3.1 Εισαγωγή	41
3.1.1 Αβιοτικοί παράγοντες – Πλαίσιο θερμοκρασίας και υγρασίας	41
3.1.2 Ημερήσια φαινολογία	44
3.2 Μεθοδολογία	47
3.2.1 Διαχωρισμός αποικιών	47
3.2.2 Μέτρηση δραστηριότητας	50
3.2.3 Στατιστική προσέγγιση ανάλυσης	53
3.3 Αποτελέσματα	55
3.4 Συζήτηση	74

Κεφάλαιο 4 – Επιλογή υλικών τροφοληψίας	
4.1 Εισαγωγή	79
4.1.1 Μοντέλα τροφοσυλλογής	79
4.2 Μεθοδολογία	81
4.2.1 Υλικά και μέθοδοι	81
4.2.2 Στατιστική προσέγγιση ανάλυσης	82
4.3 Αποτελέσματα	83
4.4 Συζήτηση	95

Κεφάλαιο 5 – Χωρική μελέτη επιλογής σπερμάτων	
5.1 Εισαγωγή	99
5.2 Πειραματικό σκεπτικό	100
5.3 Μεθοδολογία	101
5.3.1 Υλικά και μέθοδος	101
5.3.2 Στατιστική προσέγγιση ανάλυσης	105
5.4 Αποτελέσματα	106
5.5 Συζήτηση	122

Κεφάλαιο 6 – Συσχετισμός βάρους/μεγέθους σπερμάτων και μυρμηγκιών	
6.1 Εισαγωγή	129
6.2 Συσχετισμοί μεγέθους	131
6.3 Μεθοδολογία	131
6.4 Αποτελέσματα	134
6.5 Συζήτηση	141

Κεφάλαιο 7 – Σύνθεση αποτελεσμάτων και συμπεράσματα	
7.1 Σύντομη ανασκόπηση και τελική συζήτηση	145
7.1.1 Πρότυπα δραστηριότητας	145
7.1.2 Συσχέτιση μεγεθών μυρμηγκιών-τροφής και επιλογή τροφής	147
7.1.3 Τροφική χωροκρατία	149
7.2 Σύνθεση αποτελεσμάτων - Συμπεράσματα	150
7.3 Τελικές σκέψεις – Προσωπικά σχόλια	151

Παραρτήματα

Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Τμήμα Βιολογίας
Τομέας Ζωολογίας – Θαλάσσιας Βιολογίας

Οικολογία και στρατηγική τροφοληψίας των σποροφάγων μυρμηγκιών του
γένους *Messor* σε μεσογειακά οικοσυστήματα της Ελλάδας

Διδακτορική Διατριβή
Χρήστος Γεωργιάδης

Αθήνα 2013

National and Kapodestrian University of Athens
Faculty of Biology
Department of Zoology – Marine Biology

Ecology and foraging strategy of harvester ants of the genus *Messor* in
Mediterranean ecosystems of Greece

Doctoral Thesis
Chris Georgiadis

Athens 2013

Συμβουλευτική Επιτροπή

Αναστάσιος Λεγάκις	Αναπληρωτής Καθηγητής Πανεπιστημίου Αθηνών
Κωνσταντίνος Θάνος	Καθηγητής Πανεπιστημίου Αθηνών
Άρτεμις Νικολαΐδου	Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Αθηνών

Εξεταστική Επιτροπή

Αναστάσιος Λεγάκις	Αναπληρωτής Καθηγητής Πανεπιστημίου Αθηνών
Κωνσταντίνος Θάνος	Καθηγητής Πανεπιστημίου Αθηνών
Άρτεμις Νικολαΐδου	Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Αθηνών
Μαργαρίτα Αριανούτσου	Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Αθηνών
Μωυσής Μυλωνάς	Καθηγητής Πανεπιστημίου Κρήτης
Γεώργιος Στάμου	Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης
Παναγιώτης Πετράκης	Ερευνητής Α΄ – Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικών Ερευνών

Η έγκριση διδακτορικής διατριβής από τη Σχολή Θετικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αθηνών δεν σημαίνει και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα. (Ν.5343/1932, άρθρο 202)

Πρόλογος

Σχέσεις Μυρμηγκιών – Φυτών

Η συσχέτιση φυτών και μυρμηγκιών είναι γνωστή σε επιστήμονες και φυσιοδίφες εδώ και αρκετούς αιώνες. Οι εξελικτικές απαρχές αυτής της συσχέτισης παραμένουν άγνωστες. Θα πρέπει να υποθέσουμε πως πρέπει να ήταν τόσο ποικίλες όσο και τα φυτά που σχετίζονταν. Η εξέλιξη θα πρέπει να ήταν σταδιακή και 'παράλληλη' (Jolivet 1996).

Οι γνωστότερες περιπτώσεις σχέσης φυτών και μυρμηγκιών είναι γύρω από το φαινόμενο της μυρμηκοφιλίας. Είναι περιπτώσεις όπου φυτά παρέχουν χώρους για φωλιές στα μυρμηγκία με αντάλλαγμα την προστασία τους από εχθρούς. Πολλοί βοτανικοί και εντομολόγοι ερευνητές έχουν περιγράψει αυτή τη σχέση σε διαφορετικό βαθμό και από διαφορετική οπτική γωνία ανάλογα με τα ενδιαφέροντα του καθένα (Belt 1874; Ule 1902-1906; Bailey 1922; Wheeler 1912-1923; Schnell 1970; O'Dowd 1979-1980; Hocking 1975; Keeler 1978-1981; Davidson & Morton, 1981; Davidson, 1988). Ο Hocking με την εργασία του το 1975 παραθέτει 6 κλάσεις σχέσεων φυτών-μυρμηγκιών:

- 1) Φυτά ως τροφή για τα μυρμηγκία
- 2) Φυτά ως προστασία για τα μυρμηγκία
- 3) Μυρμηγκία που προστατεύουν φυτά
- 4) Μυρμηγκία ως επικονιαστές
- 5) Μυρμηγκία ως διασπορείς σπερμάτων (μυρμηκοχωρία)
- 6) Μυρμηγκία ως τροφή για τα φυτά (εντομοφάγα)

Ο Buckley (1982) προτείνει ένα διαφορετικό σύστημα σχέσεων με όχι βασικές αλλαγές. Τονίζει όμως τις έμμεσες επιδράσεις των δραστηριοτήτων των μυρμηγκιών σε φυτά και αρθρόποδα όπως και σε αβιοτικούς παράγοντες (π.χ. ιδιότητες εδάφους). Και ο Buckley όμως παραδέχεται πως οι σχέσεις αυτές δεν είναι εύκολα διακριτές και οι κλάσεις πολλές φορές επικαλύπτουν η μία την άλλη.

Φυτά ως τροφή μυρμηγκιών

Στην περίπτωση των μυρμηγκιών-θεριστών (harvester ants) της υπο-οικογένειας Myrmicinae η σχέση με τα φυτά είναι υποχρεωτική αλλά όχι και απόλυτα εξειδικευμένη. Αυτά τα μυρμηγκία τρέφουν τις προνύμφες τους με κομμάτια σπερμάτων. Τα μυρμηγκία συλλέγουν τα σπέρματα που βρίσκουν στο έδαφος αλλά επίσης τα παίρνουν μαζί με τον κάλυκά τους κατευθείαν από το φυτό. Τα ξεφλουδίζουν και απορρίπτουν το στέλεχος και τον κάλυκα σε ένα σωρό έξω από τη φωλιά. Σε τροπικές περιοχές η συλλογή των σπερμάτων γίνεται για την θερμή περίοδο οπότε και η δραστηριότητα είναι δύσκολη, αν όχι αδύνατη έξω από τη φωλιά. Αντίθετα, σε

εύκρατες περιοχές η δύσκολη περίοδος είναι ο χειμώνας οπότε τα σπέρματα αποθηκεύονται για αυτή την περίοδο. Οι δραστηριότητες αυτές σε μεγάλο βαθμό ευθύνονται για την διασπορά σπερμάτων και την τυχαία φύτευσή τους γύρω από ορισμένες φωλιές. Ενώ τα περισσότερα είδη μυρμηγκιών συλλέγουν σπέρματα και τα αποθηκεύουν σε χώρους ανάλογους με τις δικές μας 'σιταποθήκες', ορισμένα είδη μαζεύουν σπέρματα ώστε να διαχωρίσουν το ελαιώδες τμήμα τους ονομαζόμενο και *ελαιόσωμα*. Το σπέρμα χωρίς το ελαιόσωμα μπορεί να φυτρώσει ενώ μυρμηγκία που έχουν αφαιρέσει το βλαστίδιο και το ριζίδιο από το σπέρμα ουσιαστικά το νεκρώνουν. Ορισμένα σπέρματα, όπως αυτά της *Viola*, και γενικά φυτών κρύων κλιμάτων του βορείου ημισφαιρίου, βλαστάνουν γρηγορότερα όταν συλλεχθούν και 'ανοιχτούν' από μυρμηγκία (Jolivet, 1996).

Γεγονός είναι πως στην Ελλάδα δεν έχουν δημοσιευτεί πολλές εργασίες σχετικές με αυτό το πολύ σημαντικό φαινόμενο που συμβάλει στις οικολογικές διεργασίες των περισσότερων οικοτόπων σε χαμηλά υψόμετρα. Οι εργασίες των Harkness & Isham (1988) και Harkness & Magoudas (1994) είναι οι μόνες που αναφέρονται σε καταγραφές αυτής της συμπεριφοράς για μυρμηγκία του γένους *Messor* από τον ελλαδικό χώρο. Τα μυρμηγκία του γένους αυτού φαίνεται παρόλα αυτά να αποτελούν τους κύριους παράγοντες μετακίνησης σπερμάτων από χειρσαία ασπόνδυλα σε τυπικά μεσογειακά οικοσυστήματα. Αυτή εδώ η διατριβή έρχεται να συνεισφέρει στην γνώση και την καλύτερη κατανόηση των διεργασιών που συντελούν σε αυτή τη συμπεριφορά στα μυρμηγκία του γένους *Messor* στην Ελλάδα.

Ευχαριστίες

Σε αυτή την προσπάθεια ο συγγραφέας είχε αρωγούς ανθρώπους τόσο από τον ακαδημαϊκό όσο και από τον προσωπικό του κύκλο γνωριμιών. Θα ήθελα λοιπόν να ευχαριστήσω αυτούς τους ανθρώπους που με διάφορους τρόπους συνεισέφεραν στην ολοκλήρωση αυτής της διδακτορικής διατριβής.

Ο Αναπληρωτής Καθηγητής Αναστάσιος Λεγάκις ήταν εκείνος που μου έδωσε την ευκαιρία να συνεχίσω τις σπουδές μου σε μία περίοδο της ζωής μου που φαινόταν ότι η ακαδημαϊκή μου καριέρα όδευε προς ένα απότομο τέλος. Ήταν εκείνος που με έσπρωξε στο να συμμετέχω σε ερευνητικά προγράμματα που αποτέλεσαν πηγή εμπειρίας και γνώσης. Ήταν εκείνος που με τις γνώσεις του για τα μυρμηγκία αποτέλεσε σημείο αναφοράς για κάθε απορία μου και μελλοντική μου έρευνα. Ήταν εκείνος που με την καθοδήγησή του κατάφερα να φέρω εις πέρας αυτό το έργο...

Ευχαριστώ τους Καθηγητές Κωνσταντίνο Θάνο και Άρτεμη Νικολαΐδου για την συμμετοχή τους στην Συμβουλευτική Επιτροπή καθώς και για την ώθησή τους και τη συμβολή τους στην κατάληξη αυτής της εργασίας.

Τον Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης Γεώργιο Στάμου, τον Καθηγητή του Πανεπιστημίου Κρήτης Μωυσή Μυλωνά, την Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Αθηνών Μαργαρίτα Αριανούτσου και τον Ερευνητή Α΄ Παναγιώτη Πετράκη, μέλη της επταμελούς εξεταστικής επιτροπής, ευχαριστώ θερμά για την τιμή που μου έκαναν να αποδεχθούν να κρίνουν την εργασία αυτή.

Ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ στον συνάδελφο Δρ. Ιωάννη Αναστασίου για το αμέριστο ενδιαφέρον του, για την ανυπολόγιστη βοήθειά του στην επεξεργασία των αποτελεσμάτων αυτής της μελέτης και την φιλία του όλα αυτά τα χρόνια.

Καθοριστική ήταν η συνεισφορά του Επίκουρου Καθηγητή Φώτιου Σιάννη του Τμήματος Μαθηματικών του ΕΚΠΑ στην αντιμετώπιση της ανάλυσης των πρωτογενών δεδομένων και τον ευχαριστώ για τον χρόνο και την αρωγή του σε ένα δύσκολο κομμάτι αυτής της μελέτης.

Ανεκτίμητη ήταν η συμβολή της Επίκουρης Καθηγήτριας Ρόζας Πολυμένης. Η αγάπη, συμπαράσταση και – αρκετές φορές – νουθεσία της σε ποικίλα ζητήματα τόσο της ακαδημαϊκής όσο και προσωπικής μου ζωής με βοήθησαν να ξεπεράσω πολλές δυσκολίες. Την ευχαριστώ από καρδιάς...

Ιδιαίτερα θα πρέπει να ευχαριστήσω τον συνάδελφο Δρ. Ιωάννη Μπαζό για την συμβολή του στην αναγνώριση και καταγραφή των στοιχείων της χλωρίδας των περιοχών όπου πραγματοποιήθηκε η παρούσα μελέτη. Επίσης, την Ναταλία Χούσου και τον Διαμαντή Σελλή για την βοήθειά τους στην συλλογή και αναγνώριση των ειδών της χλωρίδας στην περιοχή της Πάρνηθας.

Ευχαριστώ τους συναδέλφους και συντρόφους σε αυτή μου την προσπάθεια Δρ. Παναγιώτη Παφίλη, Δρ. Κωνσταντίνο Σωτηρόπουλο, Δρ. Δημήτρη Τσαπάρη, ΥΔ Κάρολο Ελευθεράκο, Δρ. Κανέλα Ραδέα, Δρ. Παύλο Ανδριόπουλο, Δρ. Νικόλαο Φύλλα και Δρ. Πηνελόπη Δεληπέτρου.

Η διατριβή αυτή πραγματοποιήθηκε στους χώρους του Τομέα Ζωολογίας – Θαλάσσιας Βιολογίας. Ευχαριστώ όλο το προσωπικό του Τομέα για την βοήθεια και την αγάπη τους. Ιδιαίτερα θέλω να ευχαριστήσω τις Κική Σιαφάκα και Λένα Γαλένου για τις συζητήσεις μας, την συνεργασία και την στοργή τους προς το πρόσωπό μου.

Στους φοιτητές – μέλη του εργαστηρίου Κυριακή Παπαστυλιανού, Μαρία Μαυρικά, Χρήστο Λεριάδη, Νικολέτα Στυλιανίδη, Χριστίνα Σαχινούγλου, Κατερίνα Φωστίνη, Σπύρο Σπυρόπουλο και Εύη Δουκουδάκη οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ για το ευχάριστο κλίμα, την βοήθεια και την υπομονή τους.

Ευχαριστώ τον Αναστάσιο Αδαμόπουλο από το Τμήμα Ποιότητας της Ατμόσφαιρας του ΥΠΕΚΑ για την προσφορά στοιχείων κλιματολογίας για την περιοχή της Πάρνηθας καθώς και τον Αναπληρωτή Καθηγητή του Πανεπιστημίου Αθηνών Παναγιώτη Νάστο, Διευθυντή του

Εργαστηρίου Κλιματολογίας Τμήματος Γεωγραφίας και Κλιματολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών για την προσφορά στοιχείων κλιματολογίας της περιοχής της Πανεπιστημιούπολης.

Τους επί χρόνια συντρόφους μου Χάρη Φρετζάγια και Χάρη Σεϊτανίδη ευχαριστώ για τις εποικοδομητικές συζητήσεις μας, την αμέριστη συμπαράστασή τους και την συμβολή τους στη διατήρηση της ψυχικής μου ηρεμίας. Στους «άλλους γονείς» μου, Γιάννη και Νίνα, ένα μεγάλο ευχαριστώ για την υποστήριξη, τα σχόλια και την επιμονή τους ως προς το πέρας αυτού εδώ του έργου.

Από την πρώτη στιγμή οι γονείς μου, Γιώργος και Διονυσία, στάθηκαν στο πλάι μου και με περίσσια στοργή και ενδιαφέρον με στήριζαν οικονομικά και συναισθηματικά σε αυτό το ταξίδι. Ποτέ δεν σταμάτησαν να πιστεύουν σε εμένα και ελπίζω από μέρους μου να τους έχω ανταμείψει για αυτή τους την εμπιστοσύνη.

Τέλος, στον οικογενειακό μου πυρήνα, Έλλη και Διονυσούλα, θέλω να μεταφέρω τις θερμότερες ευχαριστίες και την αγάπη μου για την υπομονή και συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια...

Σημείωση

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκαν ζητήματα που άπτονται της σποροφαγίας των μυρμηγκιών αλλά μόνο από την ζωολογική πλευρά τους. Σε μελλοντικό χρόνο θα είχε ενδιαφέρον μία μελέτη των μυρμηγκόχωρων φυτών της Ελλάδας και της σχέσης τους με τα είδη των μυρμηγκιών που δραστηριοποιούνται στις περιοχές εξάπλωσης της εν λόγω χλωρίδας.



Η παρούσα διδακτορική διατριβή υποστηρίχθηκε από το πρόγραμμα "ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ – Υποτροφίες Βασικής Έρευνας στο ΕΚΠΑ", το οποίο συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (75%) και εθνικούς πόρους (25%)

Όλοι οι άνθρωποι όταν είναι 10 χρονών παρατηρούν μυρμήγκια.

Μερικοί από εμάς, δεν σταματάνε ποτέ...

Περίληψη

Η μελέτη των μυρμηγκιών στον Ελλαδικό χώρο είναι σχετικά αποσπασματική τόσο χωρικά όσο και χρονικά. Με τα μέχρι τώρα δεδομένα στην Ελλάδα έχουν καταγραφεί 291 είδη (και υποείδη) μυρμηγκιών από 8 υποοικογένειες. Τα σποροφάγα μυρμηγκία που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα ανήκουν όλα στην υποοικογένεια *Myrmicinae* και εντοπίζονται σε 4 γένη (*Goniomma*, *Oxygorymex*, *Pheidole* και *Messor*) με τα μυρμηγκιαθεριστές του γένους *Messor* να αποτελούν τα κοινότερα σποροφάγα αρθρόποδα σε μεσογειακά οικοσυστήματα.

Η παρούσα μελέτη είχε σαν σκοπό την καταγραφή, ανάλυση και ανάδειξη δεδομένων που σχετίζονται με την τροφοληπτική δραστηριότητα των μυρμηγκιών-θεριστών ενός είδους του γένους – ίσως του πιο κοινού είδους στην κεντρική και νότια ηπειρωτική Ελλάδα, το *Messor meridionalis*.

Προσπαθώντας να απαντηθούν βασικά ερωτήματα που σχετίζονται με αυτό το φαινόμενο (Πότε; Γιατί; Που; Τι; Πώς;), σχεδιάστηκαν πειράματα στο πεδίο ώστε να ελαχιστοποιηθούν εξωγενείς παράγοντες που πολύ πιθανά να επηρεάζαν τις καταγραφές μιας φυσικής διεργασίας όπως αυτή της τροφοληψίας. Βάσει της καλύτερης μας αντίληψης, για πρώτη φορά πραγματοποιήθηκε μία τέτοιας χρονικής έκτασης καταγραφή για την δραστηριότητα των μυρμηγκιών-θεριστών του γένους *Messor* όπου συλλέχθηκαν στοιχεία για τρία διαδοχικά έτη, εκτείνοντας την συλλογή πρωτογενών δεδομένων από τον Απρίλιο έως τον Νοέμβριο και σε σύνολο 420 ημερών εργασίας πεδίου.

Πότε και Γιατί;

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις αριθμού εξερχομένων μυρμηγκιών από φωλιές που ανήκαν σε διαφορετικές αποικίες. Οι φωλιές βρέθηκαν να ακολουθούν παρόμοιο πρότυπο δραστηριότητας. Επίσης, η σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών ετών δεν εμφάνισε σημαντικές διαφορές. Έγινε συσχέτιση μεταξύ της δραστηριότητας και αβιοτικών παραγόντων που συλλέχθηκαν στο πεδίο. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων ανέδειξαν την σημασία της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας καθώς και της σχετικής υγρασίας στις αποφάσεις των μυρμηγκιών για το πότε θα εξέρχονται από την φωλιά τους ώστε να επιτελέσουν εργασίες συντήρησης καθώς και συλλογής τροφής. Είναι κατανοητό πως το μικροκλίμα μίας περιοχής καθορίζει τις όποιες αποφάσεις της κολεκτίβας, αλλά οι ενδείξεις που συνελέγησαν θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως βάση ενός γενικευμένου μοντέλου που σχετίζει την δραστηριότητα των μυρμηγκιών με τους παράγοντες που επηρεάζουν τις όποιες αποφάσεις τους.

Που:

Σε μία μοναδική φωλιά μυρμηγκιών-θεριστών τοποθετήθηκε ένα πλέγμα σημείων τροφοληψίας περιμετρικά της εξόδου. Με την πειραματική διάταξη της μεθόδου της καφετέριας, καταγράφηκαν στοιχεία τροφοληπτικής δραστηριότητας που σχετίζονται με την χωροκρατικότητα και την επισκεψιμότητα των σημείων συλλογής της τροφής από τα μυρμηγκία κατά τις απογευματινές και βραδινές ώρες. Χρησιμοποιήθηκαν 4 είδη σπερμάτων και 1 καρπός ώστε να υπάρχει διαφοροποίηση κατά το είδος, το μέγεθος, το βάρος, την απουσία ή παρουσία του είδους στην περιοχή μελέτης και στον τύπο της προσφερόμενης τροφής. Καθώς το πείραμα διήρκησε καθ' όλη την κύρια περίοδο τροφοληψίας των μυρμηγκιών, μπορέσαμε να μελετήσουμε και να συγκρίνουμε την δραστηριότητα σε τρεις διαφορετικές χρονικές περιόδους (μεσημέρι, απόγευμα και βράδυ), σε διαφορετικές αποστάσεις από την φωλιά, σε διαφορετικούς μήνες δραστηριότητας και για τους διαφορετικούς τύπου προσφερόμενης τροφής. Τα αποτελέσματά έδειξαν πως τα μυρμηγκία προτιμούν τα κοντινά από τα μακρινά σημεία τροφοληψίας ανεξαρτήτως από την εποχή και τον τύπο τροφής, με την μέγιστη δραστηριότητά τους να παρατηρείται τον Σεπτέμβριο και Οκτώβριο μήνα (φθινόπωρο). Ανεξαρτήτως εποχιακής δραστηριότητας (μήνες) τα μυρμηγκία-θεριστές ήταν περισσότερο δραστήρια κατά την απογευματινή περίοδο. Τα μυρμηγκία φαίνεται πως επέλεξαν να μεταφέρουν πολλά, ελαφριά και μικρά σπέρματα παρά βαριά σπέρματα. Κατά την αρχή της τροφοληπτικής δραστηριότητας (Ιούλιος) τα μυρμηγκία φαίνεται να είναι πιο δραστήρια κατά την βραδινή περίοδο ενώ όσο πλησιάζει το φθινόπωρο, μετατοπίζουν την δραστηριότητά τους προς το μέσον της ημέρας. Τέλος, στα μυρμηγκία-θεριστές παρατηρήθηκε ότι οι επισκέψεις σταθμών τροφοληψίας ήταν περισσότερες στους κοντινούς σταθμούς διότι: 1) η πυκνότητα των εργατριών που ψάχνουν για τροφή μειώνεται ραγδαία, καθώς αυξάνεται η απόσταση από την έξοδο της φωλιάς και 2) η επιλογή των κέντρων αυτών συμφέρει ενεργειακά, αφού έτσι δαπανάται λιγότερη ενέργεια για τη μεταφορά της τροφής από αυτά τα κέντρα προς τη φωλιά.

Τι:

Τα μυρμηγκία-θεριστές μεταφέρουν σπέρματα πίσω στην φωλιά, όπου τα αποθηκεύουν για τον επερχόμενο χειμώνα ως τροφή. Πολλές μελέτες επάνω σε αυτή την συμπεριφορά τους έχουν δημοσιευτεί αλλά είναι ελάχιστες οι αναφορές σε αυτές τις εργασίες για άλλα υλικά που μεταφέρονται πίσω στην φωλιά. Αν και υπάρχουν περιγραφικές καταγραφές όπου τα μυρμηγκία-θεριστές μετέφεραν φύλλα, βλαστούς, πέταλα, αλλά και κομμάτια ή ολόκληρα έντομα, δεν είχε πραγματοποιηθεί μία ποσοτική καταμέτρηση αυτών των δεδομένων. Με αυτό σαν το βασικό ερώτημα, κατεγράφησαν τα ποσοστά των διάφορων κατηγοριών μεταφερόμενων υλικών πίσω στην φωλιά κατά την κύρια τροφοληπτική περίοδο δύο ετών. Επιπλέον χωρίστηκε η ημερήσια περίοδος δραστηριότητας σε δύο τμήματα – το πρωινό και το

απογευματινό. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα μυρμηγκια-θεριστές δεν μετέφεραν κάτι πίσω στην φωλιά κατά το μεγαλύτερο μέρος της δραστηριότητάς τους, ενώ παρατηρήθηκε μία σταδιακή αύξηση στην μεταφορά σπερμάτων (ή καρπών) από την άνοιξη (Μάιος, Ιούνιος) προς το καλοκαίρι και φθινόπωρο (Ιούλιος – Σεπτέμβριος). Τα μικρά ποσοστά του ζωικού υλικού που μεταφέρονταν παρουσίασαν μικρή αύξηση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, κάτι που ήταν αναμενόμενο καθώς εκείνη είναι η περίοδος με την μεγαλύτερη αφθονία χερσαίων αρθροπόδων και άρα μεγαλύτερων πιθανοτήτων εντοπισμού πτωμάτων εντόμων. Σημαντικό ήταν και το ποσοστό μεταφοράς άλλου φυτικού υλικού προς την φωλιά κατά την άνοιξη, δραστηριότητα η οποία συνάδει με την παρατήρηση της ‘αποψίλωσης’ των φυτών που αναπτύσσονται περιμετρικά της φωλιάς για την ίδια χρονική περίοδο. Τέλος, σημαντική ήταν επίσης η αλλαγή στα μεταφερόμενα υλικά μεταξύ των σπερμάτων και των ανόργανων υλικών (χώμα, πέτρες κλπ) κατά τον Οκτώβριο, περίοδος κατά την οποία πραγματοποιείται η γαμήλια πτήση των περισσότερων ειδών του υπό μελέτη γένους *Messor*.

Πώς;

Είναι αρκετά γνωστό πως τα μυρμηγκια μπορούν και μεταφέρουν υλικά με βάρος πολλαπλάσιο του δικού τους. Η μεταφορά μάλιστα μπορεί να πραγματοποιείται με την συμμετοχή περισσότερων εργατριών ή ακόμη και με τακτική σκυταλοδρομίας. Γεγονός είναι πως αρκετοί παράγοντες επηρεάζουν την επιλογή του μεταφερόμενου υλικού (π.χ. οσμή, υφή, ύπαρξη ελαιοσώματος, σχήμα, βάρος, κ.α.). Με το ερώτημα αν ‘το μεγάλο μυρμηγκι μεταφέρει μεγάλους σπόρους και το μικρό μικρούς’ και βάσει του δεδομένου πολυμορφισμού που παρατηρείται στα άτομα αυτού του γένους μυρμηγκιών, συλλέχθηκαν εργάτριες μαζί με ό,τι μετέφεραν. Κατόπιν πραγματοποιήθηκαν μορφομετρικές αναλύσεις και μετρήσεις βαρών. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν τρεις κλάσεις μεγεθών στις εργάτριες και αντίστοιχα τρεις κλάσεις μεγεθών στα υλικά (συνήθως σπέρματα) που μετέφεραν. Μόνο το μήκος των σπερμάτων αναδείχθηκε ως σημαντικός παράγοντας για την επιλογή των σπερμάτων, με τα μυρμηγκια να επιλέγουν κυρίως μεσαίου και μεγάλου μεγέθους σπέρματα. Τέλος, με την συσχέτιση των κλάσεων μεγέθους των μυρμηγκιών και των σπερμάτων αναδείχθηκε η τάση όπου τα μικρά μυρμηγκια επιλέγουν μικρά σπέρματα, τα μεσαία μεσαία σπέρματα και τα μεγάλα μυρμηγκια επιλέγουν μεγάλα σπέρματα. Επιπλέον, καθώς την περίοδο του Αυγούστου-Σεπτεμβρίου υπάρχει μεγάλη παραγωγή σπερμάτων και ταυτόχρονα υπάρχει μεγάλη ανάγκη συμπλήρωσης του αποθέματος σπερμάτων στις φωλιές, τα μεγάλα μυρμηγκια μεταφέρουν και μικρά σπέρματα. Ο περιοριστικός παράγοντας του μεγέθους ισχύει συνεπώς μόνο για τα μικρά μυρμηγκια.

Summary

The study of ants in Greece is relatively fragmented, both spatially and temporally. With our current data, in Greece we have recorded 256 species (and subspecies) of 8 ant subfamilies. Seed eating ants active in Greece belong to the subfamily Myrmicinae and identified in 4 genera (*Goniomma*, *Oxyopomyrmex*, *Pheidole* and *Messor*) with harvester ants of the genus *Messor* to be the commonest seed eating arthropods in Mediterranean ecosystems.

The present study was designed to record, analyze and highlight data associated with the foraging activity of a harvester ant species of the genus - perhaps the most common species in the central and southern mainland Greece, namely *Messor meridionalis*.

Trying to answer basic questions related to this phenomenon (When? Why? Where? What? How?), we designed experiments in the field in order to minimize extraneous factors which might influence the recordings of a physical process such as foraging. To our best of knowledge, it is the first time that such a recording of data was held, for the foraging activity of harvester ants of the genus *Messor*, where data was collected for three consecutive years, extending the collection of primary data from April to November and a total of 420 days of fieldwork.

When and Why?

Measurements were carried out for the number of outbound ants from nests belonging to different colonies. Nests were found to follow a similar pattern of activity. Also, the comparison between different years showed no significant differences. We then correlated the activity and several abiotic factors collected on the field. The analytical results have highlighted the importance of air temperature and relative humidity in the decisions of ants when to leave the nest in order to perform maintenance work and collection of food. It is understood that the microclimate of an area determine any collective decisions, but evidence gathered could be used as the basis of a generalized model that relates the activity of ants and the factors that influence any such decisions.

Where?

In a unique harvester ant nest, we placed a grid of foraging stations around the entrance. With the setup of a cafeteria experiment, we recorded foraging activity elements relating to territoriality and visiting the feeding collection points from ants during the afternoon and

evening hours. We used four kinds of seeds and one kind of fruit to differentiate our results according to species, size, weight, the presence or absence of the species in the study area and the type of food offered. As the experiment lasted throughout the main foraging period of ants, we were able to study and compare the activity in three different time periods (noon, afternoon and evening), at different distances from the nest, in different months of activity and different type of food offered. The results showed that the ants prefer foraging from nearby vs. distant points regardless of the season and the type of food, with maximum activity observed in September and October (autumn). Regardless of seasonal activity (months), harvester ants were more active during the afternoon period. Ants seem to choose to carry many, light and small seeds in contrast to heavy seeds. At the beginning of the foraging activity period (July), ants seem to be more active during the evening period and as autumn approaches, they tend to shift their activity towards the middle of the day. Finally, harvester ants were observed visiting the nearby feeding stations more because: 1) the density workers searching for food decreases rapidly with the increasing distance from the exit of the nest and 2) the selection of these stations is more energy-efficient, since they spend less energy to transport food back to the nest.

What?

Harvester ants carry seeds back to the nest, where they store them for the upcoming winter as food. Many studies for this behavior have been published, but there are very few references as to what type of different materials are transported back to the nest. Although there are descriptive records where harvester ants carried leaves, stems, petals, and pieces or whole insects, no quantitative measurement for such data had been made. With this as the basic question, we recorded rates of different categories of materials transferred back to the nest during the main foraging period for two years. Moreover, we divided the daily activity period into two parts - morning and afternoon. The results showed that harvester ants did not bring anything back to the nest during most of their activity period, while there was a gradual increase in the transportation of seeds (or fruits) from spring (May, June) to the summer and autumn (July - September). The small amounts of animal material transported increased slightly during the summer months, which was expected since that is the period with the most abundant terrestrial arthropods and hence increased probability of locating corpses of insects. Significant was also the increase of the transfer rate for other plant material (beside seeds) to the nest during the spring; an activity which is consistent with the observation of plant "clearing" which grows around the nest for the same period. Equally important was also the shift of materials transported between seeds and inorganic materials (soil, stones etc) during October; the period during which the nuptial flight of most *Messor* species takes place.

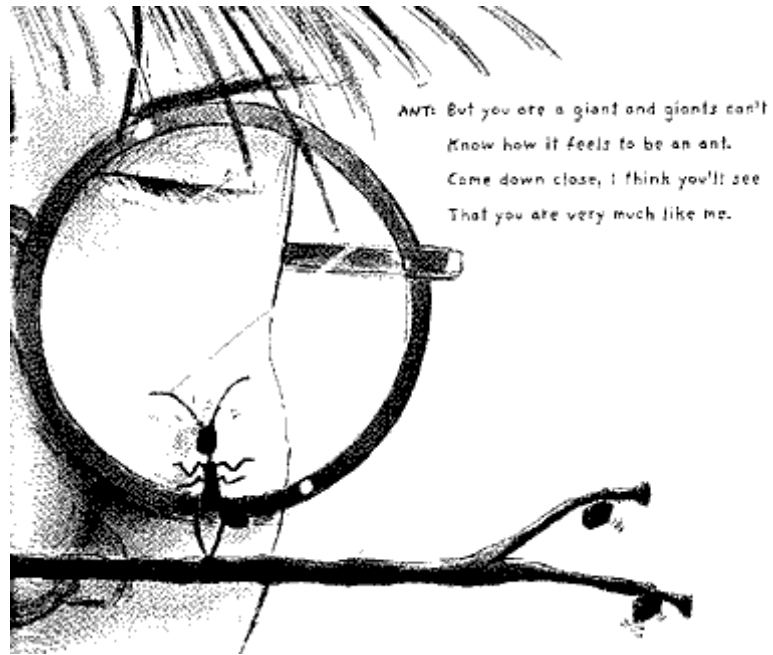
How?

It is well known that ants can and carry materials weighing multiple times their own weight. The transfer may even be open to the participation of more than one workers or even a type of relay. It is easily perceived that many factors influence the selection of the conveyed material (e.g., odor, texture, existence of elaiosomes, shape, weight, etc.). In order to tackle the question of whether 'big ants carry large seeds and small ones carry small seeds' and within the context of the polymorphism observed in individuals of this genus, we collected workers together along with whatever they were carrying. We then performed morphometric analyses and weight measurements for each pair. The results revealed three size fractions of workers and three corresponding size classes in the material (usually seeds) that they were carrying. Only the length of the seeds emerged as an important factor in the selection of these seeds, with ants choosing mainly medium and large seeds. Finally, the correlation of class size of ants and seeds brought into view the trend where small size ants choose small seeds, middle size ants choose middle size seeds and large size ants choose large seeds. Moreover, since during the period of August-September there is a significant increase of seed availability while there is also a great need to supplement the stock of seeds in the nests, even large size ants carry small seeds. The limiting factor in size therefore applies only to small size ants.

Γενικές παρατηρήσεις

Αν και έγινε η προσπάθεια κωδικοποίησης και τυποποίησης των στοιχείων που σχετίζονται με την δραστηριότητα των μυρμηγκιών στην περιοχή μελέτης, υπήρξαν ορισμένες παρατηρήσεις στο πεδίο που αν και σχετίζονται με την τροφοληψία του είδους (με τον έναν ή τον άλλο τρόπο...) δεν ήταν δυνατή η ένταξή τους σε κάποιο πλαίσιο μαθηματικής ανάλυσης. Παρακάτω αναφέρω ορισμένες περιπτώσεις με μία σύντομη περιγραφή:

- ❖ Ομάδες καταστροφής βλάστησης
Κατά την αρχή της άνοιξης (Μάρτιος-Απρίλιος) παρατηρήθηκε πως σε καλές, ηλιόλουστες, θερμές ημέρες εργάτριες εξέρχονταν της φωλιάς και με ιδιαίτερο ζήλο και συστηματικά κατέστρεφαν την βλάστηση περιμετρικά της εισόδου της φωλιάς. Χρησιμοποιώντας τις γνάθους τους, εργάτριες διαφόρων μεγεθών (πολυμορφικό είδος) έκοβαν κομμάτια φύλλων από βλαστούς υπό ανάπτυξη με αποτέλεσμα τον θάνατο του φυτού. Με αυτό τον τρόπο κατάφερναν να αποκόψουν την περαιτέρω ανάπτυξη φυτών τα οποία πιθανόν να προκαλούσαν προβλήματα στην δομή και σταθερότητα της φωλιάς.
- ❖ Ομάδες καθαριότητας διαδρόμων τροφοληψίας
Κατά το πρώτο διάστημα της εποχιακής δραστηριότητας των μυρμηγκιών (Απρίλιος-Ιούνιος) παρατηρήθηκε η ανάπτυξη ομάδων μυρμηγκιών που συστηματικά διέρχονταν από κοντινούς διαδρόμους τροφοληψίας. Κατά τη διάρκεια των διαδρομών τους μετέφεραν υλικά τα οποία έφρασαν την ελεύθερη πρόσβαση από αυτούς τους διαδρόμους. Συνήθως τα υλικά αυτά μεταφέρονταν στον χώρο απόθεσης άχρηστων υλικών (chaff pile).
- ❖ Γαμήλια πτήση
Όταν οι αποικίες των μυρμηγκιών φθάσουν να έχουν ένα αρκετά μεγάλο πληθυσμό, περνούν στην φάση της παραγωγής αναπαραγωγικών ατόμων (alates) – θηλυκά ή πριγκίπισσες και αρσενικά ή κηφήνες. Όταν οι συνθήκες το επιτρέπουν, τα αναπαραγωγικά άτομα επιτελούν την γαμήλια πτήση. Τα αρσενικά και τα θηλυκά άτομα εξέρχονται της αποικίας και πετούν. Τα αρσενικά μεταφέρουν το σπέρμα τους στα θηλυκά (το αποθηκεύουν σε σπερμαθήκες) και μετά συνήθως πεθαίνουν. Τα θηλυκά, πέφτουν στο έδαφος, αφαιρούν τα φτερά τους και ξεκινούν νέες αποικίες. Στην περίπτωση της ερευνητικής διαδικασίας και περιόδου η γαμήλια πτήση για το είδος *Messor meridionalis* και για τις τρεις χρονιές πραγματοποιήθηκε μέσα στο πρώτο δεκαπενθήμερο του Οκτωβρίου. Φαίνεται πως οι συνθήκες που επικρατούν εκείνη την περίοδο είναι οι βέλτιστες για την γαμήλια πτήση. Επιπλέον, οι πρώτες βροχές που παρατηρούνται εκείνη την περίοδο πιθανόν να δημιουργούν τις κατάλληλες συνθήκες για την εγκατάσταση και ίδρυση των νέων αποικιών (μαλακό χώμα, υγρασία, μειωμένη κινητικότητα θηρευτών, κ.α.).



Από το βιβλίο "Hey, Little Ant" του Phil Hoose (Tricycle Press, Berkley, CA, 32pp.)

*Αλλά εσύ είσαι γίγαντας και οι γίγαντες
δεν γνωρίζουν πως νοιώθεις σαν μυρμήγκι.
Έλα κοντά. Νομίζω ότι θα δεις
ότι μοιάζεις πολύ με εμένα.*

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή



Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

1.1 Γενικά για τα μυρμήγκια

Τα μυρμήγκια είναι σχεδόν παντού αλλά σπάνια τα προσέχουμε. Λειτουργούν ως ο κύριος παράγοντας αναστροφής του χώματος, μεταφορείς ενέργειας και διαχειριστές μεγάλου μέρους της εντομοπανίδας. Χρησιμοποιούν εξαιρετικά πολύπλοκες δομές χημικής επικοινωνίας που σε μεγάλο βαθμό καθορίζουν την κοινωνική τους οργάνωση – κάτι που έρχεται σε αντίθεση με αυτή των ανθρώπων. Αν και στις ανθρώπινες κοινωνίες δεν παρατηρούνται αντίστοιχα πρότυπα χημικής επικοινωνίας, ωστόσο η κοινωνική οργάνωση των μυρμηγκιών και των ανθρώπων έχει πολλά κοινά στοιχεία. Στην πραγματικότητα υπάρχουν πολλές ομοιότητες και αναλογίες ακόμη και σε πολιτικό επίπεδο, όπου οι κοινωνίες των μυρμηγκιών έχουν χρησιμοποιηθεί ως κοινωνικά μοντέλα από τον 18^ο αιώνα (από τον φιλόσοφο Adam Smith – μία μορφή από την οποία προέκυψε το Θατασεριστικό κίνημα) έως τον Μάρξ (για τις οικονομικοκοινωνικές σχέσης μίας αυτοδιαχειριζόμενης κολεκτίβας). Η έλλειψη μελέτης των μυρμηγκιών στην επιστήμη και την φυσική ιστορία θα πρέπει να αναθεωρηθεί, αφού αντιπροσωπεύουν την αποκορύφωση της εξέλιξης των εντόμων, όπως το ανθρώπινο είδος ενσαρκώνει την επιτομή της εξέλιξης των σπονδυλωτών (Hölldobler & Wilson, 1990).

Ζουν σε οργανωμένες κοινωνίες μέσα σε στοές στη γη, σε κορμούς δέντρων, σε ειδικά διαμερίσματα ορισμένων δέντρων, κλπ. Σε κάθε κοινωνία υπάρχουν τριών ειδών άτομα:

- ❖ οι φτερωτές βασίλισσες (θηλυκά - ♀)
- ❖ οι φτερωτοί κηφήνες (αρσενικά - ♂) και
- ❖ οι άπτερες εργάτριες (στείρα θηλυκά - ♀)

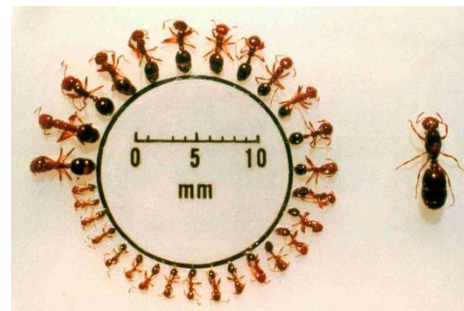
Γενικότερα, το σύστημα καθορισμού του φύλου των μυρμηγκιών (καθώς και των άλλων Υμενοπτέρων αλλά και άλλων αρθροπόδων, όπως ακάρεα (Tetranychidae), κολεόπτερα (Scolytinae) κ.α.), είναι το απλοδιπλοειδές σύστημα. Σε αυτό το σύστημα το φύλο καθορίζεται από τον αριθμό των χρωμοσωμάτων που λαμβάνει το κάθε άτομο. Μία απόγονος που δημιουργείται από την σύζευξη ενός ωαρίου με ένα σπερματοζώαριο αναπτύσσεται σε θηλυκό άτομο, ενώ ένα μη γονιμοποιημένο ωάριο αναπτύσσεται σε αρσενικό άτομο. Αυτό σημαίνει πως τα αρσενικά διαθέτουν τα μισά χρωμοσώματα από τα θηλυκά και είναι απλοειδή. Από τα περιέργα και αξιοσημείωτα αυτού του συστήματος είναι ότι ένα αρσενικό άτομο δεν έχει 'πατέρα' και δεν μπορεί να αποκτήσει 'γιούς', αλλά έχει 'παπού' και μπορεί να αποκτήσει 'εγγονούς'. Ο απλοδιπλοειδισμός ενδεχομένως αποτέλεσε τη βάση για την εξέλιξη της κοινωνικότητας στα Υμενόπτερα και σε ορισμένα άλλα τάξα, αν και αυτή η

δήλωση αποτελεί ένα θέμα σημαντικής συζήτησης (Hughes *et al.*, 2008; Wilson & Hölldobler, 2005)

Κάθε άτομο έχει καθορισμένες δραστηριότητες για την εύρυθμη λειτουργία της κοινωνίας. Γενικά οι εργάτριες χωρίζονται σε τέσσερις κάστες: τις μεγάλες (major; ♀), τις μεσαίες (median), τις μικρές (minor; ♀) και τις βραχύσωμες (minorim). Ορισμένα γένη δεν έχουν εργάτριες (π.χ. *Anergates*), ενώ σε άλλα γένη οι εργάτριες είναι διμορφικές (πχ. *Rheidole*, Εικόνα 1.1) ή πολυμορφικές (πχ. *Messor*, *Solenopsis*, Εικόνες 1.2, 1.7).



Εικόνα 1.1: Διαφορετικές κάστες στο είδος *Rheidole pallidula* (επάνω: βασίλισσα, κάτω αρ.: εργάτρια 'στρατιώτης', κάτω δεξ.: μικρή εργάτρια) © Hugo Darras



Εικόνα 1.2: Εργάτριες ενός είδους του γένους *Solenopsis* αναδεικνύοντας τον πολυμορφισμό στο μέγεθός τους © Sanford D. Porter, USDA

Στα ιερά κείμενα τα μυρμηγκία αναφέρονται πολλές φορές, όπως για παράδειγμα στην Παλαιά Διαθήκη (Ἰθι πρὸς τὸν μύρμηκα, ὦ ὄκνηρέ, καὶ ζήλωσον ἰδὼν τὰς ὁδοὺς αὐτοῦ καὶ γενοῦ ἐκείνου σοφώτερος; Βιβλίο των Παροιμιῶν του Σολομώντος, 6:6 και οἱ μύρμηκες, οἷς μὴ ἔστιν ἰσχὺς καὶ ἐτοιμάζονται θέρους τὴν τροφήν; Βιβλίο των Παροιμιῶν του Σολομώντος, 30:25), στο Κοράνι, όπου αναφέρεται ότι ο Σολομώντας μπορούσε να μιλά την γλώσσα των μυρμηγκιών (Sura An-Naml [The Ant] (27):18-19), ενώ αρκετές φορές σε εβραϊκά κείμενα του Ταλμουδ¹ και σε μετα-ταλμουδικά κείμενα αραβικής επιρροής τα μυρμηγκία αναδεικνύονται σε σοφά και συνετά πλάσματα με ιδιαίτερο υψηλό κύρος. Τα μυρμηγκία επίσης εμφανίζονται συχνά σε μυθολογικές ιστορίες, όπως από τον Αίσωπο (620-560π.Χ.: Ο τζίτζικας κι ο μέρμηγκας) καθώς και σε περιπτώσεις απόδοσης φυλετικών ὁρων². Στην ινδική μυθολογία επίσης τα μυρμηγκία εμφανίζονται σαν ματαιόδοξα

¹ Hullin (57b), Erruvin (100b), [παρ. 938] Hullin (63a).

² Οβίδιος **Publius Ovidius Naso: *Metamorphoses*** vi. 113, vii. 472, &c. Ο μυθικός υἱός του Δία και της Αίγινας, κόρης του θεού Ασωπού και της Μετώπης, βασιλιάς της Αίγινας, Αιακός, αισθανόταν φοβερή μοναξιά στο νησί και έτσι ο Δίας μεταμόρφωσε τα μυρμηγκία του νησιού σε ανθρώπους. Αυτοί οι άνθρωποι ονομάστηκαν Μυρμιδόνες. Μία άλλη εκδοχή είναι ότι ονομάστηκαν έτσι επειδή σε μία περίοδο μεγάλης πείνας στο νησί έσκαβαν την γη, όπως κάνουν τα μυρμηγκία και επιπλέον ζούσαν στα ανοίγματα της γης, που δημιουργούνταν από την δραστηριότητά τους να χρησιμοποιούν το χώμα για να κατασκευάζουν πλίνθους.

πλάσματα³ ή ζώα, που είχαν την δύναμη να αποφέρουν τεράστιο πλούτο⁴. Στη μυθολογία των λαών της κεντρικής Αμερικής, τα μυρμήγκια είχαν τη δύναμη να δημιουργούν την έκλειψη του Ηλίου⁵. Σε αρχαία ινδικά κείμενα αναφέρεται, ότι τα μυρμήγκια ήταν ένας παράγοντας διάγνωσης διαβήτη στους ανθρώπους, αφού τα μυρμήγκια συγκεντρώνονταν στα ούρα των ασθενών (Atharvaveda, περ. 1500 π.Χ.).

Όλα τα μυρμήγκια ανήκουν στην οικογένεια Formicidae, στην τάξη των Υμενοπτέρων και σαν ομάδα συγγενεύουν με τις μέλισσες (Apoidea) και τις σφήκες (Vespidae) καθώς και με λίγες ακόμη λιγότερο γνωστές ομάδες (Mutillidae, Symphyla). Είναι τα πιο ευρέως διαδεδομένα έντομα μετά τα Δίπτερα και τα Κολεόπτερα. Παρά το ότι συνήθως σχηματίζουν σταθερές και μακροχρόνιες αποικίες σε ένα βιότοπο, μπορούν να εξαπλωθούν σε μεγάλες αποστάσεις λόγω της ευκολίας με την οποία μεταφέρονται (μετεωρολογικά φαινόμενα, ανθρώπινη δραστηριότητα). Για τον λόγο αυτό παρουσιάζουν εξαιρετικό ενδιαφέρον όσον αφορά στην μελέτη της βιογεωγραφίας τους.

³ Στο ινδουιστικό κείμενο Μπραχμαβαϊβάρτα (ένα από τα οκτώ βασικά θρησκευτικά κείμενα 'Πουράνα') υπάρχει η ιστορία για τον μυθικό βασιλιά των θεών Ίντρα, ο οποίος διέταξε τον μεγάλο θεϊκό αρχιτέκτονα Βισβακαρμάν να του χτίσει ένα μεγαλοπρεπές παλάτι. Καθώς ο Βισβακαρμάν δούλευε, ο Ίντρα ζητούσε όλο και περισσότερα, έως ότου ο απηυδισμένος αρχιτέκτονας παραπονέθηκε στον δημιουργό Βράχμα και εκείνος με τη σειρά του παραπονέθηκε στον – μεγαλύτερης δύναμης – Βίσνου. Ο Βίσνου συμφώνησε ότι κάτι έπρεπε να γίνει, ώστε να μετριάσουν την υπέρμετρη υπερηφάνεια του Ίντρα. Ένα πρωί εμφανίστηκε μπροστά στον Ίντρα ένας νεαρός βραχμάνος και τον ευλόγησε. Ο Ίντρα τον ρώτησε τον λόγο της επίσκεψής του και ο βραχμάνος του απάντησε ότι είχε ακούσει για το παλάτι του και αναρωτιόταν πόσο καιρό θα του πάρει να το τελειώσει. Επεσήμανε επίσης ότι κανένας άλλος Ίντρα δεν είχε καταφέρει να χτίσει ένα τέτοιο παλάτι. Έκπληκτος ο Ίντρα ρώτησε πόσοι άλλοι Ίντρα μπορεί να υπήρχαν. Τότε ο νεαρός του απάντησε σαν να μιλούσε σε παιδί και αποκαλύπτοντας ότι είναι ένα αρχαίο πλάσμα που γνώριζε τους Βράχμα και Βίσνου και που είχε παρευρεθεί σε πολλές δημιουργίες και τέλη του σύμπαντος. 'Όταν 28 Ίντρα έχουν έλθει και παρέλθει', είπε ο νεαρός, 'μόνο ένα μερόνυχτο του Βράχμα έχει φύγει'. Σε εκείνο το χρονικό σημείο, εμφανίστηκε μία παρέλαση μυρμηγκιών πλάτους ενός μέτρου σε μία αέναη στήλη. 'Κάθε μυρμήγκι' είπε ο νεαρός 'ήταν κάποτε ένας Ίντρα και κάθε Ίντρα, ο οποίος έχει μάταιες επιθυμίες θα γίνει μυρμήγκι'. Ο Ίντρα τότε κατάλαβε το λάθος του και ταπεινώθηκε.

⁴ Κατά τον Ηρόδοτο (Ιστορικά, 3: 102-105), οι Ινδοί γείτονες της πόλης Κασπατηρίας στη βόρεια Ινδία (κοντά στο σημερινό Αφγανιστάν), ήταν πολεμοχαρείς και αγαπούσαν πολύ το χρυσάφι. Στα μέρη τους υπήρχε αμμώδης έρημος με μυρμήγκια, που σε μέγεθος ήταν μικρότερα από σκυλιά, αλλά μεγαλύτερα από αλεπούδες και καθώς έφτιαχναν τις υπόγειες φωλιές τους εύρισκαν στα χώματα και χρυσάφι. Οι Ινδοί έπαιρναν 2 θηλυκές και 1 αρσενική καμήλα και κατά τις πιο ζεστές ώρες της ημέρας, ώστε τα μυρμήγκια να έχουν αποτραβηχτεί στις φωλιές τους, πήγαιναν στην έρημο και έπαιρναν το χρυσάφι με σάκους επάνω στις θηλυκές καμήλες. Καθώς όμως τα μυρμήγκια μυρίζονταν τους ανθρώπους, έβγαιναν από τις φωλιές τους και τους κυνηγούσαν. Τα μυρμήγκια ήταν εξαιρετικά γρήγορα και καθώς οι άνθρωποι προσπαθούσαν να ξεφύγουν έκοβαν τα σκοινιά από την αρσενική καμήλα ώστε να την κατασπαράξουν τα μυρμήγκια. Εκείνοι ξέφευγαν επάνω στις θηλυκές καμήλες, που ήταν πιο γρήγορες και πιο σημαντικές από τις αρσενικές, καθώς μπορούσαν να γεννήσουν και άλλες καμήλες.

⁵ Κατά τη διάρκεια της έκλειψης ή κατά τη νέα Σελήνη, τα μυρμήγκια καλύπτουν τον Ήλιο ή τη Σελήνη. **Mesoamerica:** Yucatec [Sun, Moon: ants]: Olavarria 1994 [also Moon eats Sun]: 5; Redfield 1950: 117; Redfield, Villa Rojas 1934: 206 [ants, King of Ants; jaguar]; Sanchez de Aguilar 1921 [1639]: 204; Villa 1945: 156; 1952: 469; Tojolabal [during the eclipse male Sun attempts to copulate with female Moon; she is angry, can kill Sun and will be herself devoured by ants]: Ruz 1983: 421. **Bolivia-Guapore:** Tacana [Sun: ants produce small, palometa fishes big eclipses]: Nordenskiold 1924 (Cavina): 285.

1.2 Τα μυρμηγκια στην Ελλάδα

Από τους αρχαίους και ιστορικούς χρόνους, έλληνες και ρωμαίοι συγγραφείς αναφέρονται στα μυρμηγκια (Ησίοδος, περ. 750-650 π.Χ.; Αριστοφάνης, περ. 446-386 π.Χ.; Φερεκράτης ο Απικώτατος, περ. 5^{ος} αιών. π.Χ.; Αριστοτέλης, 384-322 π.Χ.; Κλεάνθης της Άσσου, περ. 330-230 π.Χ.; Πλούταρχος, 46-120 μ.Χ.; Γάιος Πλίνιος Σεκούνδος [Πλίνιος ο Πρεσβύτερος], 23-79 μ.Χ.; Δίων Χρυσόστομος, 40-120 μ.Χ.; Λουκιανός ο Σαμοσατεύς, περ. 125-180 μ.Χ.; Κλάβδιος Αιλιανός [ο Σοφιστής], 175-235 μ.Χ.; Βασίλειος της Καισαρείας [Μέγας Βασίλειος ο Ιεράρχης], 329-379 μ.Χ.) για την κοινωνικότητά τους⁶, την τροφοληψία τους⁷, την ημερήσια φαινολογία τους⁸, τη μεταχείριση των νεκρών μυρμηγκιών⁹, την επικοινωνία τους¹⁰ ή χρησιμοποιούν τα μυρμηγκια με αλληγορικό τρόπο¹¹. Αρκετές είναι οι φορές που τα μυρμηγκια χρησιμοποιήθηκαν σε μύθους (Απολλόδωρος ο Αθηναίος, περ. 180-120 π.Χ.)¹², ως οιωνοί για καιρικά φαινόμενα (Θεόφραστος, περ. 371-287 π.Χ.; Άρατος ο Σολεύς, περ. 315-240 π.Χ.; Πόπλιος Βιργίλιος Μάρων [Βιργίλιος], 70-19 π.Χ.)¹³, για την έκβαση της σοδειάς (Αρτεμίδωρος ο Δαλδιανός [ή Ονειροκριτικός], 2^ο μισό 2^{ου} αιών. μ.Χ.)¹⁴ ή για θάνατο (Γάιος Σουετώνιος Τράνκυλλος [Σουετώνιος], περ. 75-130 μ.Χ.)¹⁵. Επίσης, τα μυρμηγκια αναφέρονται ως τροφή αρκούδων¹⁶ καθώς και για άλλα στοιχεία της βιολογίας τους (Φίλιππος ο Θεσσαλονικεύς, 1^{ος} αιών. μ.Χ.)¹⁷. Τέλος, ως τερατόμορφα μυρμηγκια έχουν ενδεχομένως χαρακτηριστεί άλλα ζώα, όπως ο ινδικός παγγολίνος (*Manis crassicaudata*)¹⁸, ο μυρμηγκολέων (*Myrmeleonidae*) (Αγαθαρχίδης [ή Αγάθαρχος], 2^{ος} αιών. π.Χ.; Αρτεμίδωρος ο Εφέσιος, 1^{ος} αιών. π.Χ.)¹⁹.

Γεγονός πάντως παραμένει πως σε ελάχιστες περιπτώσεις τα μυρμηγκια χρησιμοποιήθηκαν σε αναπαραστάσεις είτε σε τοιχογραφίες, είτε σε άλλα διακοσμητικά και χρηστικά αντικείμενα. Λίγα παραδείγματα παρατίθενται παρακάτω:

⁶ Αριστοτέλης: Περί τὰ ζῶα ἰστορία (Historia Animalum), 488a10, 622b20ff, 622b24ff; Πλούταρχος: Ἠθικά: Πότερα των ζῶων φρονιμότερα, τα χερσαία ἢ τα ἐνυδρα (Moralia), 967D-968B; Κλαύδιος Αἰλιανός: Περί ζῶων ιδιότητος (de Natura Animalium), 6.43, 2.25, 16.15; Γάιος Πλίνιος Σεκούνδος [Πλίνιος ο Πρεσβύτερος]: Naturalis Historiæ, 11.108ff

⁷ Πλίνιος: NH, 11.108ff; Πλούταρχος: Ἠθικά, 968A; Βασίλειος ο Μέγας: Εἰς τὴν Εξαήμερον, 83B

⁸ Αριστοτέλης: HA 622b27; Αἰλιανός: NA 4.43, 1.22; Πλίνιος: NH 11.109, 2.109, 18.292; Ησίοδος: Ἔργα καὶ Ἡμέραι (Works and Days), 778

⁹ Αἰλιανός: NA 5.49, 6.43; Πλίνιος: NH 11.110

¹⁰ Πλούταρχος: Ἠθικά: 967E (αναφορά στον Κλεάνθη της Άσσου); Αἰλιανός: NA 6.50; Πλίνιος: NH 11.110

¹¹ Δίων Χρυσόστομος: Ορατόρια 40.32, 40f, 48.16; Αἰλιανός: NA 4.43; Λουκιανός ο Σαμοσατεύς: Ἰκαρομένιππος ἢ Ὑπερνέφελος: 19; Αριστοφάνης: Θεσμοφοριάζουσαι, 100; Φερεκράτης: τμήμα 145.20ff

¹² Ησίοδος: τμήμα 205MW; Απολλόδωρος: 3.12.6

¹³ Θεόφραστος: Περί σημείων, υδάτων καὶ πνευμάτων καὶ χειμώνων καὶ ευδιών 22; Άρατος: Φαινόμενα, 956; Βιργίλιος: Γεωργικά, 1.379f; Πλίνιος: NH 18.364

¹⁴ Αρτεμίδωρος: Ονειροκριτικά, 3.6

¹⁵ Πλούταρχος: Η ζωή του Κίμωνα, 18.4; Σουετώνιος: Τιβέριος, 72.2; Νέρων 46.1

¹⁶ Πλίνιος: NH 10.198; NH 10.419

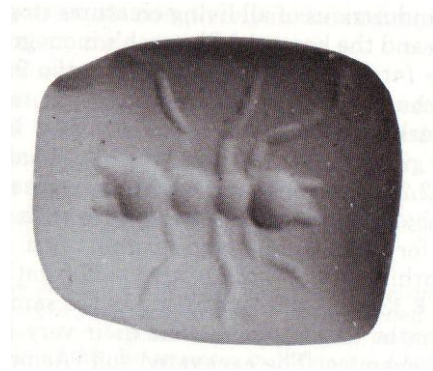
¹⁷ Αἰλιανός: NA 10.42; NA 17.42; Φίλιππος: AP 9.438

¹⁸ Ηρόδοτος: 3.102ff

¹⁹ Αγαθαρχίδης: (από Φώτιος I [Πατριάρχης Κωνσταντινουπόλεως, 810-893 μ.Χ.]: Βιβλιοθήκη [ή Μυριόβιβλος], 455^α); Αρτεμίδωρος: ((από Στράβωνα, 63 π.Χ.-23 μ.Χ.): 16.774.15);



Εικόνα 1.3: Ρωμαϊκό χρυσό δακτυλίδι με εγχάρακτη απεικόνιση μυρμηγκιού σε σάρδιο λίθο. περ. 2^{ος} αιώνας μ.Χ. Ιδ. Συλλ., Λονδίνο.



Εικόνα 1.4: Μυρμήγκι σε σφραγιδόλιθο. περ. 1^{ος} αιώνας π.Χ. Μουσείο Ashmolean, Οξφόρδη, Αγγλία.

Σε γενικές γραμμές, λίγα είναι γνωστά για τα μυρμηγκία στην Ελλάδα. Κατά τους πρόσφατους αιώνες λιγότεροι από 10 συγγραφείς έχουν κάνει δημοσιεύσεις για την μυρμηγκοπανίδα της Ελλάδας και από αυτές οι περισσότερες είναι πριν τον 2^ο Παγκόσμιο Πόλεμο (Legakis, 1983). Οι πρώτες καταγραφές μυρμηγκιών από την Ελλάδα

προέρχονται από την Γαλλική Επιστημονική Αποστολή του Μοριά (1829) και πραγματοποιήθηκαν από

τον Gaspard Auguste Brullé (1809 – 1873). Αργότερα, οι

συλλέκτες E. von Cœrtzen και Ernst August Hellmuth von Kiesenwetter (1820 – 1880) (επάνω δεξιά) δημιούργησαν συλλογές από διάφορες περιοχές της σημερινής Ελλάδας.

Οι πρώτες συλλογές

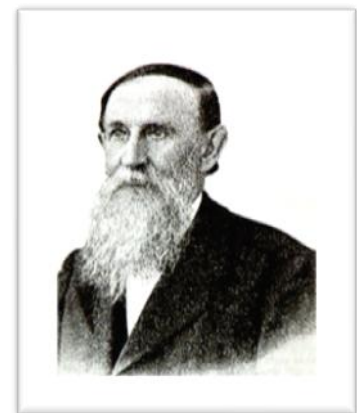
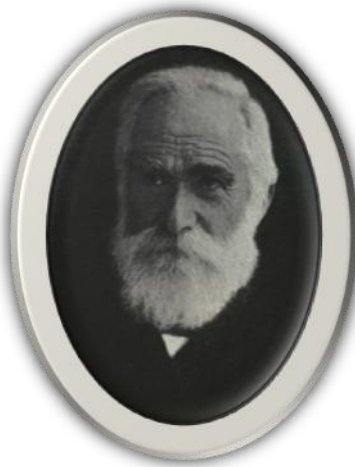
μυρμηγκιών που βρίσκονται στην Ελλάδα έγιναν από τον

Επιμελητή του Ζωολογικού

Μουσείου (Μουσείου Φυσικής Ιστορίας τότε) του Πανεπιστημίου Αθηνών, Theodor Heinrich Hermann von Heldreich (1822 – 1902) (αριστερά) και τον αντικαταστάτη του Theobald Johannes Krüper (1830 – 1917) (κάτω δεξιά) (Legakis, 1984a, b). Τα δείγματα που συλλέχθηκαν μεταξύ του 1861 και του 1910 αποτελούν και τα

παλαιότερα δείγματα μυρμηγκιών που έχει στην κατοχή του το Μουσείο. Είναι προφανές, ότι τα ελληνικά νησιά ήταν εκείνα που προκάλεσαν το

μεγαλύτερο ενδιαφέρον σε ερευνητές και φυσιολγνώστες. Στα νησιά αυτά βρίσκουμε είδη που



το αρχικό κέντρο εξάπλωσής τους μπορεί να είναι η Μεσόγειος, τα Βαλκάνια, η Μικρά Ασία, η Μέση Ανατολή ή η Βόρεια Αφρική, ενώ έχουν αναφερθεί και αρκετά ενδημικά είδη (Legakis, 1983, 2011). Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τον αριθμό ειδών και υποειδών ανά γεωγραφικό διαμέρισμα στην Ελλάδα (προσαρμοσμένος από Λεγάκις, 2011).

Πίνακας 1.1: Είδη και υποείδη της Ελλάδας (προσαρμοσμένος από Λεγάκις, 2011).

Γεωγραφικό διαμέρισμα	Αριθμός ειδών	Ενδημικά	Παρατηρήσεις
Θράκη	12		
Μακεδονία	137	1	
Ήπειρος	48		
Θεσσαλία	49		
Στερεά Ελλάδα	91	2	
Πελοπόννησος	90		
Ιόνια νησιά	95	1	
Νησιά ανατολικού Αιγαίου	111	2	
Κυκλάδες	57		
Δωδεκάνησα	108	2	Δεν έχουν συμπεριληφθεί είδη της υποοικογένειας Leptanillinae που πολύ πιθανόν υπάρχουν.
Κρήτη	96	1	Δεν έχουν συμπεριληφθεί είδη της υποοικογένειας Leptanillinae που γνωρίζουμε ότι υπάρχουν (Φωστήνη, προσ. επικ) και της οικογένειας Aenictinae που πιθανόν να υπάρχουν.
Χωρίς ακριβή γεωγραφικό προσδιορισμό	14		

Όπως έχει προαναφερθεί, όλα τα μυρμηγκία ανήκουν στην οικογένεια Formicidae, η οποία χωρίζεται σε διάφορες υποοικογένειες. Οι υποοικογένειες που έχουν αναφερθεί στην Ελλάδα είναι οι: Aenictinae, Ponerinae, Proceratiinae, Amblyoponinae, Myrmicinae, Dolichoderinae, Formicinae και Leptanillinae²⁰. Αν και κατά ορισμένους ερευνητές η υποοικογένεια Aenictinae εντάσσεται στην ομάδα των Dorylinae (ως φυλή Aenictini), λόγω της ύπαρξης του μοναδικού είδους σε όλη την Ευρώπη, που υπάρχει μόνο στην Ρόδο καθώς και σύγχρονων φυλογενετικών μελετών θα πρέπει να θεωρείται ξεχωριστή υποοικογένεια (Bolton, 1990; Bolton, 1994; Xu, 1994). Σύμφωνα με τα τελευταία δεδομένα, από την Ελλάδα έχουν περιγραφεί 283 είδη μυρμηγκιών.

²⁰ Από ελάχιστα δείγματα (αρσενικά) από την Ρόδο και την Ζάκυνθο καθώς και από την Κρήτη (Φωστήνη, προσ. επικ.). Παρόλ' αυτά η υποοικογένεια πρέπει να έχει αρκετά μεγάλη εξάπλωση στην νότια Ελλάδα αλλά καθώς είναι είδη που δραστηριοποιούνται υπόγεια, είναι εξαιρετικά δύσκολο να συλλεχθούν με συμβατικές μεθόδους.

1.3 Τα σποροφάγα μυρμηγκία

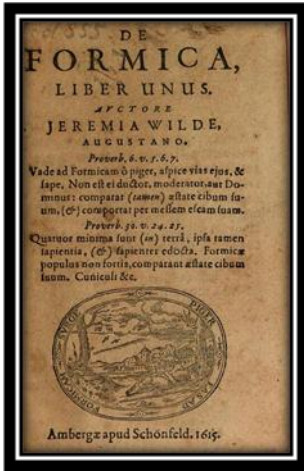
Οι επιστημονικές ονομασίες που αναφέρονται στο κείμενο δεν έχουν επικαιροποιηθεί και σε κάθε περίπτωση αναφέρονται στα είδη, όπως αυτά εμφανίζονται στις αντίστοιχες δημοσιεύσεις. Ο αναγνώστης θα πρέπει να λάβει υπόψη το γεγονός ότι καθώς η έρευνα σε ταξινομικό επίπεδο συνεχώς τροποποιείται και εξελίσσεται, τα είδη των μυρμηγκιών αλλάζουν ονομασίες και ταξινομική κατάταξη (αλλαγές σε γένη ή και σε υποοικογένειες). Για την πληρέστερη και ίσως την πλέον επικαιροποιημένη ταξινομική κατάσταση της οικογένειας των μυρμηγκιών (*Formicidae*) ο ενδιαφερόμενος μπορεί να ανατρέξει την ταξινομική βάση δεδομένων στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://www.antcat.org/>

Στα σποροφάγα μυρμηγκία ανήκουν είδη, τα οποία συστηματικά χρησιμοποιούν σπέρματα ως μέρος της διαίτας τους. Απαρτίζουν μια πλατειά συνάθροιση που αντιπροσωπεύει αρκετές εξελικτικές γραμμές μέσα στις υποοικογένειες των *Ronerinae*, *Myrmicinae* και *Formicinae*. Διαχωρίζονται από την ακόμη μεγαλύτερη ομάδα των ειδών που συλλέγουν μυρμηκόχωρα σπέρματα, τα οποία έχουν θρεπτικές αποφύσεις που εφαρμόζουν σαν πώμα ή περιβλήμα γύρω από το σπέρμα. Αυτά τα τελευταία είδη απορρίπτουν τα σπέρματα αμέσως, αφού αποσπάσουν τις αποφύσεις, οπουδήποτε ανάμεσα στο φυτό και την φωλιά. Δρουν λοιπόν σαν σημαντικοί διασπορείς των μυρμηκόχωρων φυτών, όπως θα εξηγηθεί εκτενέστερα αργότερα. Σε αντίθεση, τα σποροφάγα μυρμηγκία τρέφονται με τα καθαυτά σπέρματα. Παρόλα αυτά η επίδραση στα φυτά που επισκέπτονται δεν είναι εξ' ολοκλήρου αρνητική. Τα 'λάθη' που κάνουν, δηλαδή τα σπέρματα που χάνουν κατά την διαδρομή ή κατά λάθος απορρίπτονται από την φωλιά. Επίσης διασπείρουν τα φυτά και τα αποζημιώνουν (τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό) για την ζημιά που προέρχεται από την αρπαγή των σπερμάτων. Είναι πολύ πιθανό, ότι η διασπορά των σπερμάτων από σποροφάγα μυρμηγκία προηγήθηκε αυτής των μυρμηκόχωρων φυτών κατά την διάρκεια της συνεξέλιξης των μυρμηγκιών και των φυτών (Rissing, 1986).

1.3.1 Ιστορία μελέτης

Το ιστορικό μελέτης της δραστηριότητας αυτών των εντόμων αποτελείται από δύο ενεργές περιόδους με ένα προφανές χρονικό χάσμα μεταξύ τους. Όπως έχουμε προαναφέρει, οι αρχαίοι συγγραφείς ήταν αρκετά γνώριμοι με τα σποροφάγα μυρμηγκία, αφού ζούσαν στις περιοχές της Μεσογείου και της Μέσης Ανατολής, όπου το φαινόμενο είναι αξιοπρόσεκτο. Τα κύρια είδη που συναντούσαν, όπως επισημαίνει και ο Wheeler (1910), ήταν αναμφίβολα το *Messor barbarus*, το οποίο απαντάται παντού στην μεσογειακή παράκτια ζώνη της Ευρώπης, της Ασίας και της Αφρικής και νότια μέχρι το ακρωτήριο της Καλής Ελπίδας, το *M. structor* το οποίο απουσιάζει από την Αφρική αλλά εκτείνεται σε όλο το μήκος της νοτίου

Ευρώπης μέχρι και την Ιάβα της Ινδονησίας και το *M. arenarius* το οποίο είναι άφθονο στις ερήμους της βόρειας Αφρικής και Μέσης Ανατολής.



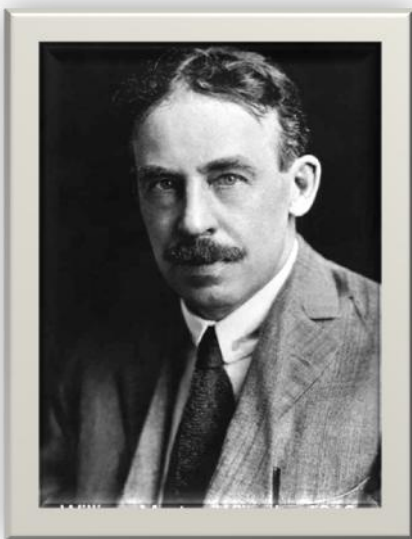
Αυτά τα μεσαιού μεγέθους, ευκολοθώρητα μυρμηγκία είναι συχνά σημαντικοί επιβλαβείς παράγοντες για τις αποθήκες σιτηρών και για αυτό τον λόγο τα κείμενα του Ησιόδου, του Πλουτάρχου, του Ορατίου, του Βιργιλίου, του Οβιδίου και του Πλινίου αναφέρονται σε αυτά. Νεώτερες εργασίες σε μυρμηγκία όπως το "De Formica" (*liber unus*) του Jeremias Wilde (1615) (εικόνα αριστερά), απλώς επαναλαμβάνουν τις αναφορές αυτών των συγγραφέων στα Λατινικά. Όταν ο William Gould (1747), ο Pierre André Latreille (φωτ. δεξιά) (1802), ο



Pierre Huber (1810) και άλλοι πρώιμοι εντομολόγοι της σύγχρονης εποχής ξεκίνησαν να μελετούν τα μυρμηγκία στο πεδίο, δεν είδαν αποδείξεις σποροφαγίας και κατά συνέπεια αμφέβαλλαν ή ακόμη και δεν παραδέχονταν τις κλασικές καταγραφές. Αυτή η ανατροπή των δεδομένων βασίστηκε εξ ολοκλήρου στο γεγονός ότι οι μελετητές αυτοί ζούσαν στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη, όπου τα σποροφάγα μυρμηγκία είναι σπάνια ή απόντα. Όταν Ευρωπαίοι μελετητές άρχισαν να αναφέρουν παρατηρήσεις από πιο ζεστά και ξηρά κλίματα το φαινόμενο γρήγορα επαληθεύτηκε. Ο William Henry Sykes το 1835, αν και ορνιθολόγος, παρατήρησε στην Πούνα της Ινδίας, όπου και ήταν τοποθετημένος ως συνταγματάρχης του Στρατού των Ανατολικών Ινδιών, μυρμηγκία του είδους *Pheidole providens* να βγάζουν από την φωλιά τα βρεγμένα σπέρματα από την βροχή και να τα απλώνουν στο γρασίδι για να στεγνώσουν. Ο Thomas Caverhill Jerdon το 1854 επιβεβαίωσε το φαινόμενο στα είδη *P. providens*, *P. diffusa* και *Solenopsis geminata* και παρατήρησε επίσης εργάτριες από αυτά τα είδη να συλλέγουν σπέρματα από διαφορετικά είδη φυτών και να τα αποθηκεύουν στις φωλιές τους. Ο Άγγλος βοτανολόγος John Traherne Moggridge το 1873 κατά την διάρκεια της διαμονής του στην νότια Γαλλία, μελέτησε την διαδικασία συλλογής σπερμάτων από τα είδη *Messor barbarus* και *M. structor* με κάποια λεπτομέρεια. Βρήκε, ότι τα μυρμηγκία συλλέγουν τα σπέρματα από τουλάχιστον 18 οικογένειες φυτών και επιβεβαίωσε τις παρατηρήσεις του Πλουτάρχου και άλλων αρχαίων συγγραφέων, ότι τα μυρμηγκία αποκόπτουν το ριζίδιο του σπέρματος, ώστε να εμποδίσουν την βλάστηση και μετά αποθηκεύουν τα απενεργοποιημένα σπέρματα σε σποραποθήκες μέσα στις φωλιές. Με ένα αξιοπρόσεκτο καινοτόμο τρόπο, ο Moggridge επίσης απεφάνθη, ότι τα σποροφάγα μυρμηγκία παίζουν ένα σημαντικό ρόλο στην διασπορά των φυτών, καθώς τυχαία εγκαταλείπουν βιώσιμα σπέρματα στην γεινιάζουσα περιοχή ή αδυνατώντας να τα απενεργοποιήσουν πριν αυτά φυτρώσουν. Όλες αυτές οι θεμελιώδεις παρατηρήσεις

επαναλήφθηκαν από μετέπειτα ερευνητές, όπως οι Auguste-Henri Forel (φωτ. δεξιά), Ernest André, Carlo Emery και Auguste Lameere, καθώς και μία ολόκληρη γενιά νεώτερων ερευνητών που μελετούν την οικολογία των σποροφάγων μυρμηγκιών.

Την ίδια στιγμή, αρκετοί πρώιμοι αμερικανοί εντομολόγοι επιδίδονταν στην μελέτη της σποροφαγίας των μυρμηγκιών, μεταξύ αυτών οι Samuel Botsford Buckley (1861), Gideon Lincecum (1862, 1866), Henry Christopher McCook (1879) και ο William



Morton Wheeler (φωτ. αριστερά) με την σημαντική σύνθεση στο πεδίο μελέτης των μυρμηγκιών του 1910. Ο καθένας πραγματοποίησε παρεμφερείς παρατηρήσεις στα σποροφάγα μυρμηγκία στις ερήμους των νοτιοδυτικών Ηνωμένων Πολιτειών. Το αγαπημένο θέμα ήταν το ευρέως διαδεδομένο γένος *Rogonomyrmex*, αλλά τα γένη *Aphaenogaster* (= *Novomessor*), *Messor* (= *Veromessor*) και *Pheidole* χρησιμοποιούνταν και αυτά.

Μετά την πρώτη καρποφόρα περίοδο μελέτης της φυσικής ιστορίας των σποροφάγων μυρμηγκιών, περίπου μεταξύ του 1860 και του 1910, υπήρξε μια προσωρινή παύση δραστηριότητας στην μελέτη αυτών των μυρμηγκιών. Μία έντονη αναβίωση ξεκίνησε στην

δεκαετία του 1970, όταν μία νέα γενιά οικολόγων αναγνώρισε την ευκολία των γενών *Messor*, *Monomorium* (= *Chelaner*), *Rogonomyrmex* και άλλων σποροφάγων μυρμηγκιών για μελέτες στο πεδίο και το εργαστήριο.

1.3.2 Επιλογή σπερμάτων

Όλα τα είδη των σποροφάγων μυρμηγκιών που έχουν μελετηθεί, αποδέχονται μία μεγάλη γκάμα σπερμάτων υπό φυσιολογικές συνθήκες. Στα απαιτητικά και ανώμαλα περιβάλλοντα όπου τα σποροφάγα μυρμηγκία ζουν, μπορούν να εμπιστευθούν λίγα είδη φυτών, ώστε να παράγουν επικερδείς καλλιέργειες κάθε χρονιά. Αυτή η ερμηνεία της οικολογικής σημασίας της ευρείας επιλογής σπερμάτων υποστηρίχθηκε στην εργασία των Hahn & Maschwitz (1985) στο είδος *Messor rufitarsis*, ένα παράξενο σποροφάγο είδος που κατανέμεται σε όλη την κεντρική Ευρώπη. Στο βορειότερο όριο της κατανομής του, στο γερμανικό ομόσπονδο κρατίδιο του Έσσην, το *M. rufitarsis* υπάρχει σε διασκορπισμένους πληθυσμούς κατέχοντας ανοιχτούς βιοτόπους, στους οποίους αναπτύσσονται εξαιρετικοί αριθμοί φυτικών ειδών. Από

τον Μάιο έως τον Οκτώβριο δύο ή και περισσότερα από αυτά τα είδη παράγουν σημαντικές ποσότητες σπερμάτων και τα μυρμηγκία αλλάζουν από την μία ομάδα στην άλλη κατά την διάρκεια της εποχής ανάπτυξης, όπως ένας άνθρωπος περνά από μία πέτρα στην άλλη διασχίζοντας μία λιμνούλα.

Παρά τα πλεονεκτήματα μίας πλατειάς διαιτητικής επιλογής, τα σποροφάγα μυρμηγκία κάνουν διακρίσεις μεταξύ σπερμάτων σε κάποιο βαθμό. Γενικότερα, υπάρχει μία επικρατούσα τάση προς την συλλογή σπερμάτων του είδους, που είναι πιο άφθονο (Davidson *et al.*, 1980). Μεταξύ ειδών από τα γένη *Pheidole* και *Pogonomyrmex* στις νοτιοδυτικές Ηνωμένες Πολιτείες, υπάρχει ένας ισχυρός συσχετισμός μεταξύ των μεγεθών των εργατριών και το μέγεθος των σπερμάτων που προτιμούν (Hölldobler, 1976a; Hansen, 1978; Chew & De Vita, 1980). Στην ημι-άνυδρη Αυστραλία, το είδος *Monomorium rothsteini* συλλέγει μεγαλύτερο ποσοστό μικρών σπερμάτων από ότι κάνει ο ανταγωνιστής του *M. whitei* (Davidson, 1982). Στις σαβάνες της βόρειας Ακτής Ελεφαντοστού, το είδος *Messor galla* δραστηριοποιείται συλλέγοντας σπέρματα την νύχτα κατά την περίοδο ξηρασίας από τα κοντά και μέτρια σε ύψος είδη *Monocymbium seresiiforme* και *Pennisetum hordeoides*, ενώ το *Messor regalis* είναι κυρίως νυχτόβιο και συλλέγει σπέρματα από τα ψηλά χόρτα του είδους *Andropogon gayanus*. Προτιμήσεις για σπέρματα ενός είδους φυτού έναντι κάποιου άλλου έχουν επίσης αναφερθεί στα γένη *Monomorium* (Davidson, 1982), *Pheidole* (Mott & McKeon, 1977), *Pogonomyrmex* (Nickle & Neal, 1972; Whitford, 1978), και *Solenopsis* (Risch & Carroll, 1986). Σε αρκετές περιπτώσεις οι ερευνητές παρατήρησαν μία αλλαγή στην επιλογή άλλων λιγότερο επιθυμητών σπερμάτων, όταν αυτά που συνήθως επιλέγονταν έγιναν λιγότερο διαθέσιμα. Η χημική βάση της επιλογής παραμένει άγνωστη, αν και ο Buckley (1982) παρατήρησε την πιθανή ευρεία ύπαρξη απωθητικών ουσιών, όπως οι τανίνες και ο Ashton (1979) ανέφερε την ύπαρξη γλυκών ελκτικών ουσιών στα σπέρματα του είδους *Eucalyptus regnans* στην Αυστραλία. Από την άλλη, τα σπέρματα μπορεί να προστατεύονται με μηχανικό τρόπο. Τα σπέρματα του είδους *Datura discolor* είναι μεταξύ των μεγαλύτερων και ενεργειακά πλουσιότερων από οποιοδήποτε άλλο εφήμερο είδος των νοτιοδυτικών ερήμων των ΗΠΑ, αλλά προφανώς είναι εξαιρετικά προστατευμένα από τα σποροφάγα μυρμηγκία λόγω του χονδρού, ανάγλυφου περισπερμίου του (O'Dowd & Hay, 1980).

1.3.3 Πρότυπα τροφικής αναζήτησης

Η θεωρία της βέλτιστης τροφοληψίας αναπτύχθηκε αρχικά από μελέτες σε σπονδυλόζωα (Maynard Smith, 1978; Krebs & Davies, 1992) και επεκτάθηκε για να περιλάβει κοινωνικά έντομα που μεταφέρουν τρόφιμα πίσω σε ένα κεντρικό σημείο, όπου η τροφή καταναλώνεται ή αποθηκεύεται (Orians & Pearson, 1979). Οι συσχετίσεις μεταξύ προβλέψεων της θεωρίας αυτής και της συμπεριφοράς αναζήτησης τροφής σε κοινωνικά έντομα έχει διερευνηθεί σε είδη του γένους *Bombus* (bumblebees) (Pyke, 1978; Cartar & Dill, 1990; Harder, 1990;

Waddington, 1995), μέλισσες (Schmid-Hempel *et al.*, 1985; Schmid-Hempel & Schmid-Hempel, 1987) και τα μυρμηγκια (Traniello *et al.*, 1984; Holder Bailey & Polis, 1987; Fewell, 1988; Crist & MacMahon, 1991; Ferster & Traniello, 1995; Fewell *et al.*, 1996). Τα βέλτιστα μοντέλα αμφισβητήθηκαν από παρατηρήσεις 'υπο-βέλτιστης' απόδοσης σε ατομικό επίπεδο, στις μέλισσες (Núñez, 1982) και τα μυρμηγκια (Kacelnik, 1993; Roces & Núñez, 1993; Detrain *et al.*, 1999). Οι τελευταίες μελέτες δείχνουν, ότι στις περιπτώσεις των κοινωνικών εντόμων, οι στρατηγικές τροφοληψίας είναι το αποτέλεσμα μίας ανταλλαγής μεταξύ της ατομικής αποτελεσματικότητας ανάκτησης της τροφής και της μεταφοράς πληροφοριών σε συντρόφους κατά την στρατολόγηση εργατριών για την τροφοληψία. Με άλλα λόγια, το ταίριασμα της θεωρίας της βέλτιστης τροφοληψίας και της συμπεριφοράς τροφοληψίας των εργατριών παραμένει αμφιλεγόμενο. Για παράδειγμα, η αναμενόμενη αύξηση στην επιλεκτικότητα της τροφής ως συνάρτηση της απόστασης σε μία θέση τροφοληψίας, δεν έχει ομόφωνα επικυρωθεί στα μυρμηγκια!

Από τη μία, η αυξημένη επιλεκτικότητα σε σχέση με την απόσταση έχει επιβεβαιωθεί στα *Pogonomyrmex barbatus* (Davidson, 1978a) και επίσης στο *P. occidentalis*, αν και εκτός της φυσιολογικής συνηθισμένης περιοχής αναζήτησης τροφής (Crist & MacMahon, 1992). Από την άλλη, παρόμοια πειράματα με μυρμηγκια-θεριστές (Rissing & Pollock, 1984; Holder Bailey & Polis, 1987; Baroni-Urbani & Nielsen, 1990; Ferster & Traniello, 1995) απέτυχαν να αποδείξουν οποιαδήποτε σημαντική μεταβολή στην κλίμακα μεγέθους των ειδών διατροφής, που συλλέγονται σε διαφορετικές αποστάσεις αναζήτησης τροφής. Οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες της θεωρίας της βέλτιστης τροφοληψίας στα μυρμηγκια επικεντρώθηκαν σε είδη μυρμηγκιών-θεριστών, που ζουν στην έρημο της Βόρειας Αμερικής και σε ημι-άνυδρα περιβάλλοντα. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν είτε στο εργαστήριο ή σε ημι-φυσικές συνθήκες με τη χρήση δολωμάτων μη-ιθαγενών σπερμάτων (Crist & MacMahon, 1992). Ενώ τα τεχνητά δολώματα επιτρέπουν τον έλεγχο της διαθεσιμότητας της τροφής, η πραγματικότητα ήταν κάπως παραμορφωμένη σε αυτά τα υπεραπλουστευμένα, τεχνητά περιβάλλοντα. Σε φυσικές συνθήκες οι αποικίες των μυρμηγκιών είναι σε θέση να μεγιστοποιήσουν την απόκτηση των πόρων τόσο προσαρμόζοντας την χωρική κατανομή των εργατριών με εκείνη των πηγών τροφής, όσο και με την προσαρμογή της συμπεριφοράς αναζήτησης τροφής σε περιβαλλοντικούς περιορισμούς.

Τα πρότυπα της θήρευσης σπερμάτων από μυρμηγκια του γένους *Messor* εξαρτώνται από την χωρική δομή των οικοσυστημάτων (Díaz, 1992; López *et al.*, 1993a, 1993b; Wilby & Shachak, 2000). Σε μεσογειακά λιβάδια και θαμνότοπους, ένα μεγάλο μέρος της περιβαλλοντικής μεταβλητότητας συνδέεται με τις διακυμάνσεις, που δημιουργούνται από την τοπογραφία και την παρουσία διεσπαρμένων δένδρων (Bernáldez *et al.*, 1969; González-Bernáldez & Pineda, 1980; Rivas Martínez *et al.*, 1980; De Pablo *et al.*, 1982; Gómez, 1991; González Bernáldez & Peco, 1991). Αυτές οι διακυμάνσεις οδηγούν σε ένα μωσαϊκό διαφορετικών τύπων οικοτόπων ως προς το μικροκλίμα, τις ιδιότητες του εδάφους,

του νερού, τη διαθεσιμότητα ιχνοστοιχείων, τη σύνθεση της κοινότητας, τη δομή βλάστησης, την παραγωγικότητα και τη διαθεσιμότητα των σπερμάτων. Αυτοί οι παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν τα πρότυπα της θήρευσης σπερμάτων, τουλάχιστον σε τρία επίπεδα:

1. τον χώρο επιλογής εγκατάστασης της φωλιάς,
2. την επιλογή της τοποθεσίας τροφοληψίας και
3. την ένταση της τροφοληψίας.

Ο χώρος επιλογής εγκατάστασης της φωλιάς από τα μυρμηγκία συνήθως σχετίζεται με αβιοτικούς παράγοντες, όπως ιδιότητες του εδάφους και το βαθμό της ηλιακής έκθεσης (Sudd & Franks, 1987; Díaz, 1991; Gordon, 1991; Dean *et al.*, 1997), αλλά και τη δομή της βλάστησης (Briese, 1982). Οι οπές των φωλιών πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στις περιοχές αναζήτησης τροφής και επιλέγονται κυρίως βάσει της διαθεσιμότητας των σπερμάτων προς θερισμό (López *et al.*, 1993a, 1993b; Wilby & Shachack, 2000). Η δομή της βλάστησης μπορεί επίσης να επηρεάσει την προσβασιμότητα ορισμένων ενδαιτημάτων και να τροποποιήσει τις μικροκλιματικές συνθήκες, από τις οποίες η δραστηριότητα των μυρμηγκιών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό (Cerdá *et al.*, 1988, 1998; Kaspari, 1993). Τόσο ο χώρος επιλογής εγκατάστασης της φωλιάς όσο και η επιλογή τοποθεσίας τροφοληψίας μπορούν να επηρεαστούν από ορισμένες βιοτικές αλληλεπιδράσεις, ιδιαίτερα από την θήρευση των μυρμηγκιών (Munger, 1984; Gotelli, 1996) καθώς και από τον ανταγωνισμό μεταξύ σποροφάγων μυρμηγκιών (Whitford *et al.*, 1976; Brown & Davidson, 1977; Gordon, 1993; Gordon & Kulig, 1996). Τέλος, η ένταση της τροφοληψίας καθορίζεται εν μέρει από τα πρότυπα της επιλογής εγκατάστασης της φωλιάς και της επιλογής της τοποθεσίας τροφοληψίας, αλλά μπορεί επίσης να ποικίλει και σε μια μικρότερη κλίμακα. Η συγκεντρωμένη δομή του συστήματος των μονοπατιών τροφοληψίας, καθώς και τοπικές αλλαγές στο μικροπεριβάλλον που συνδέονται με τη δομή της βλάστησης, μπορούν να οδηγήσουν σε μια ανομοιογενή κατανομή του κινδύνου θήρευσης σπερμάτων και ως εκ τούτου, στην δημιουργία μικροκαταφυγίων εντός των περιοχών τροφοληψίας των μυρμηγκιών-θεριστών.

1.3.4 Επιρροή στην χλωρίδα

Υπάρχει μια γενική συμφωνία μεταξύ των μελετητών της οικολογίας των μυρμηγκιών, ότι οι θεριστές συμβάλλουν δυναμικά στην αφθονία και στην τοπική κατανομή των ανθοφόρων φυτών, ιδιαίτερα στις έρημους, στα λιβάδια (βοσκότοποι) και σε άλλα ξηροθερμικά περιβάλλοντα, όπου τα μυρμηγκία αυτά έχουν έντονη παρουσία. Ευνοούν συχνά, με τις παρεμβάσεις τους, ορισμένα είδη φυτών στον ανταγωνισμό τους με άλλα, ενώ διασφαλίζουν ισορροπίες σε άλλες περιπτώσεις. Όμως, συντελούν ακόμα και στην εξαφάνιση ορισμένων ειδών, τα όποια ήδη βρίσκονται στα όρια της επιβίωσης.

Σε πολλές περιπτώσεις η αρπαγή των σπερμάτων από τα μυρμηγκία, μειώνει την πυκνότητα των σπερμάτων και, ως συνέπεια, μειώνεται και η παραγόμενη φυτική μάζα. Σε πειραματικά πεδία και σε περιπτώσεις που τα μυρμηγκία απομακρύνθηκαν από δεδομένη περιοχή, όπως στην Αριζόνα από τον Brown *et al.* (1979b), τα ετήσια φυτά στη δεδομένη περιοχή ήταν 50% πυκνότερα, μετά από δυο περιόδους, σε σύγκριση με τα διπλανά πεδία-μάρτυρες, όπου ο πληθυσμός των μυρμηγκιών παρέμεινε ανέπαφος. Στα δάση ευκαλύπτων της Νοτιοανατολικής Αυστραλίας, η πυκνότητα των σπερμάτων του *Eucalyptus baxteri* αυξήθηκε κατά 15 φορές, μετά από μείωση του αριθμού των μυρμηγκιών (Andersen, 1987).

Αυτά τα μυρμηγκία συχνά συμβάλλουν ταυτόχρονα και στη διάδοση των ειδών των φυτών, μέσω της διασποράς των σπερμάτων. Το *Pogonomyrmex rugosus* και το *Messor pergandei* συλλέγουν σπέρματα των φυτών *Plantago insularis* και *Schismus arabicus* στις ερήμους της Αριζόνας. Πολλά σπέρματα διατηρούν επί μακρόν τη βλαστική τους ικανότητα και ριζώνουν στους σωρούς των απορριμμάτων, οι οποίοι δημιουργούνται γύρω από τις φωλιές των μυρμηγκιών. Σε αυτούς τους χώρους, τα φυτά που βλαστάνουν, έχουν πυκνότητα τουλάχιστον πέντε φορές μεγαλύτερη έναντι της μέσης πυκνότητας των ίδιων φυτών στις κοντινές περιοχές, αλλά σε αρκετή απόσταση από τις φωλιές (Rissing, 1986). Έτσι τα φυτά και τα μυρμηγκία-θεριστές μπορούμε να ισχυριστούμε, ότι συνυπάρχουν σε μια κατάσταση αμοιβαιότητας, σε δεδομένο περιβάλλον. Τα φυτά διαθέτουν ένα τμήμα των σπερμάτων τους για τη διατροφή των μυρμηγκιών, σε αντάλλαγμα της μεταφοράς ενός άλλου τμήματος σπερμάτων σε τοποθεσίες – κυρίως στην περίμετρο από τις φωλιές των μυρμηγκιών – στις οποίες διασφαλίζονται πλούσια θρεπτικά στοιχεία για τα βλαστάνοντα φυτά, καθώς και συνθήκες αποφυγής ανταγωνισμού με άλλα είδη φυτών.

Με τον προσδιορισμό των αντικρουόμενων τάσεων, αφενός της λεηλασίας και αφ' ετέρου της διασποράς των σπερμάτων σαν γενικό πλαίσιο αλληλεπιδράσεων των μυρμηγκιών και των φυτών, οι οικολόγοι αρχίζουν να ορίζουν μια πλέον πολύπλοκη κατάσταση ενός δεύτερου επιπέδου αποτελεσμάτων.

Στα ξηρά, τροπικά δάση της βορειοδυτικής Costa Rica, τα γένη *Pheidole* και *Atta* είναι διακινητές δεύτερης φάσης των σπερμάτων ενός είδους συκιάς (*Ficus hondurensis*). Τα σπέρματα αρχικά διασκορπίζονται από τα πουλιά, τα coatis (= θηλαστικό σαν το ρακούν, του γένους *Nasua*), τις μαιμούδες και τις σαύρες, δεδομένου ότι αυτά τα ζώα τρέφονται με φρούτα. Στη συνέχεια, τα μυρμηγκία αναμορφώνουν το τοπίο των σπερμάτων («seed shadow»), συλλέγοντας τα σπέρματα από τα κόπρανα των σπονδυλοζώων, καθώς και τμήματα φρούτων τα οποία δεν έφαγαν και τα άφησαν. Κάποια από τα σπέρματα που μεταφέρουν τα μυρμηγκία, πέφτουν και βλαστάνουν (Roberts & Heithaus, 1986). Σε αυτή την περίπτωση, μπορούμε να αναφερόμαστε σε κάποιο είδος αμοιβαιότητας μεταξύ φυτών, σπονδυλωτών και εντόμων, αν και είναι αμφίβολο τα μυρμηγκία να εξελίχθηκαν παράλληλα με τους άλλους οργανισμούς, ώστε να ανταποκρίνονται στη συλλογή σπερμάτων που προετοιμάστηκαν από τα σπονδυλωτά.

Στο αντίθετο άκρο της αποτελεσματικότητας, τα μυρμηγκία ασκούν ισχυρή επίδραση σε ό,τι αφορά θέματα ανταγωνισμού, ακόμα και αφανισμού των φυτών. Επίσης, μπορούν να αποτελέσουν καθοριστικά είδη (key stone species), τα οποία επηρεάζουν τη σύνθεση της κοινωνίας των φυτών, σε τέτοιο μάλιστα βαθμό, ώστε να αλλάζουν τις ισορροπίες ή και τη βιομάζα τους. Ένα σημαντικό παράδειγμα είναι τα μυρμηγκία *Solenopsis geminata*, τα οποία επηρεάζουν τον ετήσιο κύκλο του συστήματος καλλιεργειών στα υγρά τροπικά κλίματα του Μεξικού και της Κεντρικής Αμερικής (Risch & Carroll, 1986). Η αφθονία των σπόρων και η βιομάζα των ζιζανίων, ειδικά των αγρωστωδών, είναι περιορισμένη στις περιοχές στις οποίες διαβιούν τα μυρμηγκία. Σε πειραματικούς αγρούς καλλιεργειών αραβοσίτου και κολοκυθιάς, που μελετήθηκαν στο Μεξικό, τα μυρμηγκία περιόρισαν τους αριθμούς ατόμων των αρθροπόδων κατά δέκα φορές και τους αριθμούς των ειδών τους κατά τρεις φορές. Τέτοια σημαντικά αποτελέσματα, τα οποία μπορεί να χαρακτηριστούν ως μέθοδοι βιολογικής καταπολέμησης των εχθρών των φυτών, βρίσκονται στα πρώτα στάδια διερεύνησης. Οι Risch & Carroll (1986) ερεύνησαν τις επιπτώσεις του μυρμηγκιού της φωτιάς *Solenopsis invicta* σε ένα πείραμα τεσσάρων ζευγών επαναλήψεων (pairwise combinations), με συνδυασμούς ζιζανίων και επεσήμαναν ότι τα μυρμηγκία, γενικά, προτιμούν τα σπέρματα κάποιου συγκεκριμένου είδους έναντι των υπολοίπων. Στο συγκεκριμένο πείραμα, το τελικό αποτέλεσμα σε ό,τι αφορά την ποσότητα βιομάζας, αποδείχτηκε σημαντικά διαφορετικό στο κάθε ζεύγος. Στο πρώτο, τα μυρμηγκία αντέστρεψαν τη συνήθη πορεία ανταγωνισμού, επιμένοντας επιλεκτικά στη λεηλασία των σπερμάτων του κυρίαρχου φυτού, με αποτέλεσμα τελικά να ξεπεραστεί από το υποδεέστερο του είδος. Σε άλλες δυο περιπτώσεις όπου τα μυρμηγκία προτιμούσαν σπέρματα από τα συνήθως υποδεέστερα είδη φυτών, συνέβαλαν στην ταχύτερη εξαφάνισή τους. Στον τέταρτο τέλος συνδυασμό, τα μυρμηγκία δημιούργησαν μια σταθερή ισορροπία, ελέγχοντας το κυρίαρχο είδος σε τέτοιο βαθμό, ώστε τα υποδεέστερα είδη φυτών να επιβιώνουν.

Παρά το γεγονός ότι το θέμα της επίδρασης των μυρμηγκιών-θεριστών στην ισορροπία της βλάστησης είναι, προφανώς, τεράστιας σημασίας, σε μεγάλο βαθμό παραμένει άγνωστο. Αναφερόμενοι στη χλωρίδα της Αυστραλίας, οι Andersen & Ashton (1985) κατέταξαν τα προβλήματα – και τη γενική μας άγνοια – των αλληλεπιδράσεων μυρμηγκιών-φυτών κατά τον ακόλουθο τρόπο :

1. Αν και είναι σαφές ότι τα μυρμηγκία διαθέτουν δυναμική στο να καταστρέφουν μεγάλες ποσότητες σπερμάτων, υπάρχουν πολλές διέξοδοι για την αντιμετώπιση του προβλήματος, πριν εμφανιστούν τα δραστικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη των νεαρών φυτών. Έτσι, τα μικροσκοπικά σπέρματα πολλών σκληρόφυλλων φυτών (όπως κάποια είδη των γενών *Leptospermum*, *Melaleuca* και *Kunzea*), διαφεύγουν σε σημαντικό ποσοστό τη λεηλασία, είτε πέφτοντας μέσα σε απορρίμματα ή γιατί γρήγορα ενσωματώνονται στο έδαφος.

2. Τα σπέρματα μπορούν ακόμη να αποφύγουν απώλειες και λεηλασίες, ωριμάζοντας και πέφτοντας από τα φυτά σε περιόδους μειωμένης δραστηριοποίησης των μυρμηγκιών, όπως π.χ. το χειμώνα ή πέφτοντας σε περιοχές, όπου η δράση των σποροφάγων μυρμηγκιών είναι μικρή. Έρευνες σε περιοχές μεταφοράς σπερμάτων από τα μυρμηγκία, δείχνουν ότι ακόμα και σε θέσεις όπου οι ρυθμοί της μεταφοράς τους είναι ιδιαίτερα υψηλοί, υπάρχουν πολλά σημεία, στα οποία η διακίνηση σπερμάτων είναι σταθερά χαμηλή.
3. Δεδομένου, ότι το πλείστον των σποροφάγων μυρμηγκιών είναι παμφάγα, οι διακυμάνσεις στην εξασφάλιση εναλλακτικών πηγών τροφής, όπως π.χ. εντόμων, μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στους ρυθμούς μεταφοράς σπερμάτων.
4. Τυχαία συμβάντα, όπως μια εκτεταμένη περίοδος πτώσης ώριμων σπερμάτων στη διάρκεια του καλοκαιριού, ακολουθούμενη από μία επίσης εκτεταμένη περίοδο ενός ασυνήθιστα υγρού και ψυχρού καιρού, μπορεί να προστατεύει τα σπέρματα από λεηλασία, δεδομένου ότι η βροχή περιορίζει τη δραστηριότητα των μυρμηγκιών, γεγονός που διευκολύνει τη βλάστηση.
5. Υποτίθεται ότι όλα τα σπέρματα τα οποία μετακινούνται από τα μυρμηγκία, τελικά καταστρέφονται, μια υπόθεση όμως που προφανώς απαιτεί επιβεβαίωση.
6. Η σημαντικότητα απωλειών σπερμάτων από τα μυρμηγκία εξαρτάται και από τις προϋποθέσεις ανάπτυξης των νεαρών βλαστών. Εάν π.χ. υπάρχει μεγάλη πυκνότητα σπερμάτων και εξ αυτού δυσχέρειες ανάπτυξης και επιβίωσης των νεαρών φυτών, τότε η διαρπαγή κάποιου ποσοστού σπερμάτων από τα μυρμηγκία, αποδεικνύεται ως μη σημαντική και πιθανόν ευεργετική (μπορεί να χαρακτηριστεί ως φυσική αραίωση, ευνοϊκή για τα φυτά).
7. Σε τελευταία ανάλυση, οι φωτιές ασκούν καθοριστικό ρόλο στη βιολογία της αναπαραγωγής πολλών ειδών σκληρόφυλλων φυτών, και η μαζική πτώση σπερμάτων λόγω της φωτιάς, η οποία δημιουργεί κορεσμό και σε ό,τι αφορά τη λεηλασία, μπορεί να αποβεί σημαντική για τη διασπορά και για ένα επιτυχές φύτεμα νεαρών φυτών. Υπάρχει επίσης πιθανότητα μεγάλων συγκεντρώσεων μυρμηγκιών ακόμα και σε περιπτώσεις που δεν έχουν εκδηλωθεί πυρκαγιές, αλλά απλώς όταν κάποια φυτά απελευθερώνουν μαζικά και ταυτόχρονα τα σπέρματα που παράγουν.

Σε αυτές τις πολύπλοκες καταστάσεις, πρέπει να προστεθεί και ο ανταγωνισμός των θεριστών-μυρμηγκιών με άλλα είδη ζώων, τα οποία επίσης εκμεταλλεύονται την παραγωγή σπερμάτων. Εξειδικευμένα πειράματα τα οποία έγιναν από τους J.H. Brown, D.W. Davidson και άλλους συνεργάτες στις έρημους της Νότιας Αριζόνας, επιβεβαίωσαν ακριβώς την πολυπλοκότητα τέτοιων ισορροπιών. Στις αλλουβιακές πεδιάδες Silver Bell, στο Tucson, στη νοτιοδυτική Αριζόνα, οι ερευνητές αυτοί απομάκρυναν τα μυρμηγκία από μια σειρά φραγμένων πεδίων, 0,1 εκταρίων/πειραματικό τεμάχιο, και αντίστοιχα, τα τρωκτικά από άλλα. Σε σύντομο

χρονικό διάστημα, ο αριθμός των αποικιών των μυρμηγκιών αυξήθηκε κατά 71% στα πεδία χωρίς τρωκτικά, ενώ τα τρωκτικά αυξήθηκαν, σε αριθμό ατόμων, κατά 20% (και 29% σε βιομάζα) σε πεδία απουσίας μυρμηγκιών, αντίστοιχα.

Αυτά τα αποτελέσματα αποδίδονται, σε τελική ανάλυση, στον μεγαλύτερο αριθμό σπερμάτων που, αναλογικά, ήταν διαθέσιμος, όταν η μία ή η άλλη από τις δυο ομάδες των ζώων είχε απομακρυνθεί από δεδομένο πεδίο. Όμως, δυο χρόνια αργότερα από την έναρξη του πειράματος, η κατάσταση άλλαξε απρόσμενα. Τα μυρμηγκία άρχισαν να μειώνονται στα πεδία, από τα οποία είχαν απομακρυνθεί τα τρωκτικά. Η αιτία φαίνεται να οφείλεται στα φυτά και όχι στα ζώα. Με την απομάκρυνση των τρωκτικών, τα φυτά τα οποία έχουν μεγάλα σπέρματα και συνήθως προτιμώνται από τα τρωκτικά σαν τροφή, άρχισαν να εξαπλώνονται εκτοπίζοντας σταδιακά τα φυτά, που παράγουν μικρού μεγέθους σπέρματα και προτιμώνται από τα μυρμηγκία, με αποτέλεσμα να μειωθεί η παραγωγή τροφής των τελευταίων (Davidson *et al.*, 1984). Οι ίδιοι συγγραφείς επανέλαβαν παρόμοιο πείραμα 250 χιλιόμετρα ανατολικότερα, στις αλλουβιακές πεδιάδες Cave Creek, κοντά στο Portland της Αριζόνα. Σε αυτή την περιοχή τα μυρμηγκία υπήρξαν ανταγωνιστές των τρωκτικών μόνο στη χαμηλή περίοδο παραγωγής σπερμάτων, κατά την αιχμή της χειμερινής περιόδου. Όταν τα τρωκτικά περιορίστηκαν, το *Pheidole xerophila* αύξησε τους πληθυσμούς του, άλλα το *Rogonomyrmex desertorum* μειώθηκε. Οι πληθυσμοί των τρωκτικών δεν άλλαξαν σημαντικά, όταν απηλλάγησαν από τα μυρμηγκία. Οι αιτίες αυτών των διαφορών, σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ειδών των μυρμηγκιών στην κάθε τοποθεσία και, γενικότερα, μεταξύ όλων των οργανισμών, που διαβιούν κατά μήκος των δυο περιοχών στην Αριζόνα, φαίνεται να είναι:

1. Η εποχιακή διάθεση των παραγομένων σπερμάτων, καθώς και ο τρόπος αξιοποίησής τους από τις δύο ομάδες ζώων.
2. Ο βαθμός εξειδίκευσης από πλευράς μυρμηγκιών και τρωκτικών στη διασπορά και η ακολουθούμενη στρατηγική στις διαφορετικές πυκνότητες των σπερμάτων.
3. Η αναπλήρωση της διάχυσης ή η αναπλήρωση, η οποία επιτυγχάνεται με τη διασπορά του πληθυσμού σε πολλά είδη και,
4. Η ανάπτυξη έμμεσων τρόπων αλληλεπίδρασης, οι οποίες καθοδηγούνται από την «πίεση» του ανταγωνισμού των διαφορετικών τάξεων (competing resource classes).

Τελικά, η πολυπλοκότητα και οι τρόποι εκδήλωσης των φαινομένων μεταξύ οργανισμών, όπως πρόεκυψαν από τα πειράματα της Αριζόνας, φαίνεται ότι αλλάζουν σαν καλειδοσκόπιο, όταν μεταφέρονται και εφαρμόζονται από το ένα φυσικό περιβάλλον ή την μια ήπειρο στην άλλη. Στην Αυστραλία π.χ. υπάρχουν πολλά είδη μυρμηγκιών και πουλιών, αλλά περιορισμένος αριθμός θηλαστικών, τα οποία εξειδικεύονται στην σποροφαγία. Αντίθετα, οι τρεις κατηγορίες έχουν σημαντική παρουσία στη Νότια Αμερική. Αν στην πανίδα της Αυστραλίας τα μυρμηγκία-θεριστές διαθέτουν, αναλογικά, σε φυσικό περιβάλλον, μεγαλύτερη

βιοποικιλότητα και αφθονία, όπως υποστηρίζουν οι Brown *et al.* (1979), αυτό δεν μπορεί να εξακριβωθεί με τα υφιστάμενα δεδομένα.

Στη Νότια Αμερική, παρά την απουσία εξειδικευμένων σποροφάγων τρωκτικών, τα σποροφάγα μυρμηγκία και τα πουλιά δεν διαθέτουν μεγαλύτερη βιοποικιλότητα ή αφθονία σε σύγκριση με τη Βόρεια Αμερική (Mares & Rosenzweig, 1978). Ένα σημείο σύγκρισης, είναι το χαρακτηριστικό μυρμηγκι-θεριστής του γένους *Rogonomyrmex*, αντιπροσωπευόμενο από 22 είδη στο ερημικό περιβάλλον της Βόρειας Αμερικής (Cole, 1968) και από 22 επίσης διαφορετικά είδη στα αντίστοιχα ερημικά περιβάλλοντα στο νότιο ήμισυ της Νότιας Αμερικής (Kempf, 1972b). Τα είδη της Νότιας Αμερικής χαρακτηρίζονται, συγκριτικά, από πολύ μικρότερες αποικίες, οι οποίες διαθέτουν και λιγότερης πυκνότητας πληθυσμούς.

1.4 Το γένος *Messor* και τα σποροφάγα μυρμηγκία

Τα γνωστά είδη μυρμηγκιών που ασκούν την σποροφαγία ανήκουν σε 3 υποοικογένειες (Ponerinae, Myrmicinae και Formicinae), ενώ τα καταγεγραμμένα είδη που ανήκουν σε αυτή την ομάδα είναι περίπου 35. Στον πίνακα 1.2 αναφέρονται τα γένη, τα οποία βρίσκονται στην Ελλάδα και είναι σποροφάγα.

Πίνακας 1.2: Σποροφάγα είδη της Ελλάδας (προσαρμοσμένος από Wilson & Hölldobler, 1990).

Είδος	Κατανομή	Βαθμός εξάρτησης	Σχόλια	Βιβλιογραφική πηγή
Υποοικογένεια Myrmicinae <i>Gonomyrmex</i> spp.	Μεσόγειος, ξερικά ενδιαίτηματα	++	Σχετικά σπάνιο	Emery (1922), Bernard (1968)
<i>Messor</i> spp.	Αφρική, νότια Ευρώπη και Ασία, ξερικά ενδιαίτηματα	++	Μεταξύ των σημαντικότερων θηρευτών του Παλαιού Κόσμου	Délye (1971), Lévieux and Diomande (1978), Lévieux (1979), Otagama and Abe (1982), Hahn and Maschwitz (1985)
<i>Oxyomyrmex</i> spp.	Μεσόγειος, ξερικά ενδιαίτηματα	++	Σχετικά σπάνιο	Wheeler (1910), Bernard (1968)
<i>Pheidole</i> spp.	Μεσόγειος, Ασία	+		Moggridge (1873)

Τα σποροφάγα μυρμηγκία είναι τα επικρατέστερα στοιχεία στις ερήμους και στα ξηρότερα χορτολίβαδα, στα ζεστά εύκρατα κλίματα και στις τροπικές περιοχές ανά τον κόσμο, ειδικότερα στην Βόρεια Αμερική, την Αυστραλία, την Σαχάρα και τη νότια Αφρική (Wehner, 1987). Τα σποροφάγα είδη αποτελούν/καταλαμβάνουν πάνω από τις μισές αποικίες μυρμηγκιών σε ορισμένες αυστραλιανές τοποθεσίες (Briese & Macauley, 1981). Στην έρημο

Ναμίμπ (μεταξύ της Ναμίμπια και της Αγκόλας) καταλαμβάνουν πάνω από το 95% της ολικής βιομάζας των θηρευτών.

Το αμερικανικό είδος *Messor pergandei*, το οποίο έχει μελετηθεί πολύ από την Diane Davidson, τον Steven Rissing και άλλους κατά τα τελευταία τριάντα χρόνια, είναι ένα από τα πιο ειδικευμένα σποροφάγα είδη μυρμηγκιών από όλο τον κόσμο. Ακμάζει στις ερήμους της νοτιοδυτικής Αριζόνα, της νότιας Καλιφόρνιας και στην έρημο Μπάχα του Μεξικού. Στην Κοιλιάδα του Θανάτου, ένα από τα πιο ξερά και ζεστά μέρη της Βορείου Αμερικής, το είδος *M. pergandei* είναι το πιο άφθονο από όλα τα είδη μυρμηγκιών. Έχει μία βιομάζα που κατά προσέγγιση είναι εφάμιλλη με αυτή όλου του πληθυσμού των τρωκτικών στην ίδια περιοχή



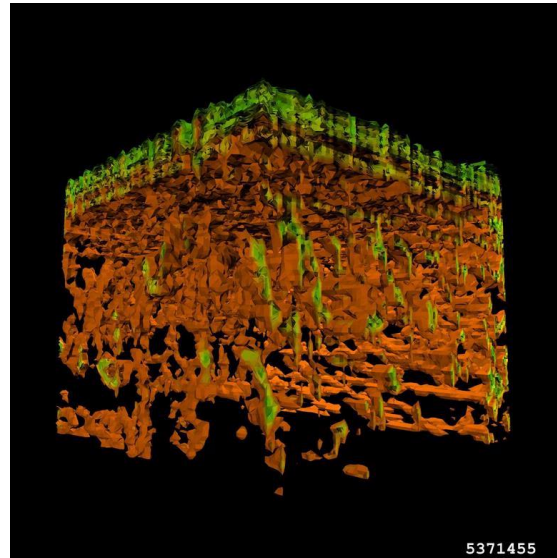
Εικόνα 1.5: Ο Καθηγητής Walter Tschinkel (Florida State University) δίπλα από ένα πήλινο εκμαγείο που αποτυπώνει την υπόγεια δομή μιας φωλιάς του είδους *Pogonomyrmex badius* από τη Φλόριδα.

(Went *et al.*, 1972). Η ανθεκτικότητα του είδους υπό αντίξοες συνθήκες είναι θρυλική μεταξύ των εντομολόγων. Στην κοιλάδα Κοαχέλα της Καλιφόρνιας, αποικίες επιβίωσαν ακόμη και μετά από δώδεκα συνεχόμενα χρόνια δριμείας ξηρασίας (Tevis, 1958). Το κλειδί σε αυτή την επιτυχία είναι η τάση των μυρμηγκιών να αποθηκεύουν μεγάλες ποσότητες σπερμάτων υπόγεια και η φανερή τους ικανότητα να συντηρούνται από αυτή την τροφή δίχως την συμπλήρωση από θηράματα αρθροπόδων ή νέκταρ. Ο πληθυσμός μιας μεγάλης αποικίας είναι πολύ μεγάλος και αριθμεί δεκάδες χιλιάδες άτομα. Μία πλήρης καταγραφή δεν έχει γίνει, αφού κανείς δεν έχει καταφέρει να ανασκάψει μία ολόκληρη φωλιά. Ο Tevis (1958) φαινομενικά έχει φτάσει πιο κοντά. Μπόρεσε να ακολουθήσει μία γαλαρία για 4 μέτρα πριν χάσει το σύστημα της φωλιάς. Επίσης οι Wheeler & Rissing (1975a) χρησιμοποίησαν ρητίνη ώστε να αποκαλύψουν την πολυπλοκότητα του ανώτερου τμήματος μιας φωλιάς. Σύμφωνα με τα λόγια τους «θα χρειαζόταν ο σχεδιασμός

και η ενέργεια μιας αρχαιολογικής ανασκαφής για να επιτευχθούν περισσότερα». Αυτό το σχόλιο αξιοποίησαν και οι Aktaş *et al.* και χρησιμοποιώντας μία ομάδα φοιτητών αρχαιολογίας κατάφεραν να ακολουθήσουν τις γαλαρίες μιας φωλιάς του είδους *Messor oertzeni* μέχρι περίπου τα 3,5 μέτρα βάθος (Aktaş *et al.*, 1990). Ομολογουμένως αρκετές προσπάθειες έχουν γίνει, ώστε να έχουμε μία ιδέα της πολυπλοκότητας της δομής μιας φωλιάς μυρμηγκιών, αλλά γεγονός παραμένει, ότι η κάθε μία είναι διαφορετική αν και ακολουθείται ένα γενικό πρότυπο χαρακτηριστικό του κάθε γένους ή είδους (Lavigne, 1969; Dlussky, 1974; Buhl *et al.*, 2002; Tschinkel, 2004; Tschinkel, 2010; Buczkowski, 2012).

Ίσως το σημαντικότερο γένος σποροφάγων μυρμηγκιών για την Ελλάδα είναι το *Messor* (Forel, 1890) (Myrmicinae). Έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για την αποσαφήνιση της

συστηματικής κατάστασης του γένους, αλλά ακόμη δεν υπάρχει μια πλήρης και κοινώς αποδεκτή κλείδα για αυτό το γένος. Ειδικά για τον ελλαδικό χώρο η κλείδα που παρέχεται από τους Agosti & Collingwood (1987a, b) είναι μάλλον η πλέον επίκαιρη και κατάλληλη και ταυτόχρονα κατά πολλούς θέλει σε πολλά σημεία τροποποιήσεις και διορθώσεις. Τα άτομα του γένους είναι σποροφάγα και ζουν σε μεγάλες φωλιές (>100,000 άτομα), στις οποίες υπάρχουν μέχρι και 3 βασίλισσες, αν και συνήθως υπάρχει μόνο μία (μονόγυνες αποικίες) όπου αποθηκεύουν σπέρματα. Είναι προσαρμοσμένα σε εξαιρετικά ξηρές και άνυδρες συνθήκες.



Εικόνα 1.6: Η Καθηγήτρια Carol LaFayette (Texas A&M University) χρησιμοποίησε ένα ραντάρ υπόγειας διείσδυσης (GPR), ώστε να αποτυπώσει ηλεκτρονικά την δομή της φωλιάς του είδους *Atta texana*. (επάνω αριστερά: χρήση ραντάρ, επάνω δεξιά: οι 'ηλεκτρονικές γαλαρίες' των μυρμηγκιών, κάτω αριστερά: οπτικοποίηση των γαλαριών με χρήση γραφιστικού λογισμικού).

Από τους προτεινόμενους ταξινομικούς διαχωρισμούς του γένους ο επικρατέστερος είναι σύμφωνα με τον Bolton (2012) ο εξής:

*Messor*²¹

Αρτίγονα: 115 έγκυρα είδη (30 συνώνυμα, 3 μη επιλυμένα ομώνυμα), 49 έγκυρα υποείδη (34 συνώνυμα, 2 ομώνυμα, 25 μη διαθέσιμα, 1 μη επιλυμένο ομώνυμο, 1 *nomen nudum*) Απολιθώματα: (1 ομώνυμο)



Εικόνα 1.7: Διαφορετικές κάστες στο είδος *Messor capitatus* (από αριστερά στα δεξιά: βασίλισσα, κηφήνας, μέγιστη εργάτρια, μεγάλη εργάτρια, μεσαία εργάτρια, μικρή εργάτρια) © Alex Wild, 2003

Εικόνα 1.8: Εργάτριες του είδους *Messor meridionalis* κατά την τροφοληψία. © Χρήστος Γεωργιάδης, 2010

Είναι ένα κυρίως Παλαιαρκτικό γένος, που περιλαμβάνει πολλά είδη και έχει ευρεία εξάπλωση από τη Βόρεια Αφρική και τη Νότια Ευρώπη μέχρι τη Μέση Ανατολή, και ανατολικά διαμέσου των δημοκρατιών της πρώην Σοβιετικής Ένωσης, μέχρι την Κίνα και την Ιαπωνία. Πολύ λίγα είδη έχουν αναφερθεί από τις Νεαρκτικές περιοχές και από την τροπική ζώνη της Αφρικής. Το γένος δεν έχει αναφερθεί στις Νεοτροπικές περιοχές και την Ωκεανία. Τα 174 είδη του γένους (antweb, 2011) χωρίζονται σε τρεις βασικές ομάδες: *instabilis* ή *minor*, *structor* και *barbarus*.

Πίνακας 1.3: Ταξινομικά στοιχεία των ειδών του γένους *Messor* στη Μεσόγειο.

Ομάδα	Είδη	Γεωγραφική εξάπλωση (Ευρώπη, Μικρά Ασία, Βόρεια Αφρική)	Παρατηρήσεις
<i>instabilis</i>	<i>M. sanctus</i>		
	<i>M. minor</i>		
	<i>M. meridionalis</i>	Στα Ιόνια έχουμε το <i>M. wassmani</i>	Κυριαρχεί στην Ελλάδα
	<i>M. semirufus</i>	Μικρά Ασία, με υποείδη στις κοντινές περιοχές (πχ. Δωδεκάνησα)	
<i>structor</i>	<i>M. structor</i>	Νότια Γαλλία, Ιβηρική, Βαlearίδες και Ιταλία. Κεντρική Ευρώπη μέχρι την Ιταλία, Βαλκάνια μέχρι την Κασπία και Μ. Ασία.	Το <i>M. structor s. str.</i> ανατολικά μέχρι την Αδριατική και Δαλματία, ανατολικά μέχρι τη Μ. Ασία.
	<i>M. structor var. aegaeus</i>		Νησιά Αιγαίου, Τουρκία, Ανατολία.
<i>barbarus</i>	<i>M. barbarus</i>	Δυτική και Βόρεια Αφρική, Ισπανία, Λιγυρία (Βόρεια Ιταλία)	
	<i>M. capitatus</i>	Νότια Γαλλία, Βόρεια Ισπανία, Ιταλία, Μάλτα, ανατολικές ακτές Αδριατικής, Δαλματία	

²¹ Για περισσότερες πληροφορίες ο ενδιαφερόμενος μπορεί να ανατρέξει στον ηλεκτρονικό κατάλογο AntCat (<http://www.antcat.org/catalog/429828>)

Ο πίνακας 1.4 συνοψίζει τα είδη που έχουν αναφερθεί στην Ελλάδα καθώς και την γεωγραφική τους εξάπλωση.

Πίνακας 1.4: Τα είδη του γένους *Messor* της Ελλάδας (προσαρμοσμένος από Legakis, 2011).

Είδος	Ανώτερο τάξο	Μακεδονία	Αιγαίο	Ιόνιο	Κρήτη	Δωδεκάνησα	Πελοπόννησος	Στερεά Ελλάδα	Θράκη	Κυκλάδες	Θεσσαλία	Ήπειρος
<i>M. aegaea</i>	<i>structor</i>	+	+		+	+				+		
<i>M. alexandrei</i>						+						
<i>M. amphigea</i>		+	+			+						
<i>M. bouvieri</i>								+	+			
<i>M. caducus</i>						+			+			
<i>M. caritatus</i>						+	+					
<i>M. carpathus</i>	<i>oertzeni</i>					+						
<i>M. clivorum</i>												
<i>M. concolor</i>				+	+	+				+		
<i>M. denticulatus</i>					+	+						
<i>M. fodorii</i>	<i>antennatus</i>		+									
<i>M. hellenis</i>	<i>structor</i>	+	+				+	+		+		
<i>M. intermedius</i>	<i>semirufus</i>					+						
<i>M. meridionalis</i>		+	+	+	+	+	+	+		+	+	
<i>M. muticus</i>		+		+	+	+		+	+			
<i>M. oertzeni</i>			+			+			+			
<i>M. orientalis</i>		+	+	+	+		+	+				
<i>M. romanus</i>	<i>structor</i>	+										
<i>M. rufitarsis</i>		+						+				+
<i>M. structor</i>				+	+		+	+				
<i>M. sultanus</i>		+			+	+						
<i>M. vizir</i>	<i>sultanus</i>	+										
<i>M. werneri</i>	<i>structor</i>		+							+		
Σύνολο ειδών		10	8	7	8	13	5	7	4	5	2	1

Τα περισσότερα είδη απαντώνται στα Δωδεκάνησα, την Μακεδονία και την Κρήτη και τα λιγότερα στην Θράκη, τη Θεσσαλία και την Ήπειρο, ενώ δεν υπάρχει καμία αναφορά για τις Σποράδες. Τα είδη με την μεγαλύτερη εξάπλωση είναι τα *M. meridionalis* (9 γεωγ. διαμ.), τα *M. muticus*, *M. orientalis*, *M. hellenis* (6 γεωγ. διαμ.) και *M. aegaea*, ενώ τα λιγότερο εξαπλωμένα είναι τα *M. vizir*, *M. romanus*, *M. fodorii*, *M. carpathus*, *M. alexandrei* και *M. intermedius*, όπου απαντώνται σε ένα μόνο γεωγραφικό διαμέρισμα.

Η σελίδα αυτή είναι κενή

1.5 Στόχοι της μελέτης

Γεγονός είναι, ότι ο συγγραφέας γνώρισε και αγάπησε την πολυπλοκότητα των κοινωνιών των μυρμηγκιών αρκετά χρόνια πριν την εκπόνηση αυτής της μελέτης. Οι συγκυρίες βοήθησαν ώστε να γνωριστεί με τον νυν Καθηγητή κ. Λεγάκι και να συζητήσει μαζί του για την προοπτική ενασχόλησης με τα μυρμηγκία της Ελλάδας. Η ενασχόληση με την ομάδα των μυρμηγκιών λοιπόν ήταν δεδομένη. Μέσα από διάλογο επιλέχθηκε η πραγματοποίηση μιας μελέτης της τροφοληψίας των μυρμηγκιών του γένους *Messor*, αφού τα συγκεκριμένα μυρμηγκία παίζουν ίσως τον πιο σημαντικό ρόλο στον μικρόκοσμο ενός τυπικού μεσογειακού ενδιαιτήματος.

Η επιλογή της ηθολογικής μελέτης των μυρμηγκιών της Ελλάδας βασίστηκε σε τρία κυρίως δεδομένα. Οι γνώσεις που υπάρχουν αυτή τη στιγμή για την κατάσταση της μυρμηγκοπανίδας στην Ελλάδα είναι μάλλον περιορισμένες και σίγουρα όχι ολοκληρωμένες. Συνεπώς τα κενά στις γνώσεις για τα μυρμηγκία στην Ελλάδα (κυρίως σε ζητήματα βιογεωγραφίας) και η κάλυψη αυτών είναι ένα πολύχρονο εγχείρημα με προοπτική ίσως και δεκαετιών. Δεύτερον, οι δραστηριότητες των σποροφάγων μυρμηγκιών στα μεσογειακά οικοσυστήματα είναι πολύ σημαντικές και αποτελούν αξιόλογο πεδίο έρευνας και μελέτης με σημαντικές οικολογικές προεκτάσεις. Τέλος, ο οικονομικός παράγοντας έπαιξε το ρόλο του, αφού κατά την περίοδο επιλογής του θέματος μελέτης δεν υπήρχε η μετέπειτα χρηματοδότηση από το πρόγραμμα 'Ηράκλειτος' του ΥΠΕΠΘ και συνεπώς δεν επιτρεπόταν η ελεύθερη μετακίνηση ανά την Ελλάδα για συλλογή βιογεωγραφικών στοιχείων.

Με δεδομένα τα προαναφερθέντα, οι στόχοι της μελέτης επικεντρώθηκαν στο να διερευνηθούν πτυχές της τροφοληπτικής δραστηριότητας των σποροφάγων μυρμηγκιών του γένους *Messor* σε συνάρτηση με αβιοτικούς κυρίως παράγοντες σε ένα τυπικό μεσογειακό οικοσύστημα, στο οποίο κυρίως βρίσκονται. Όπως θα αναφερθούν και αργότερα, είναι γνωστές πολλές μελέτες που διερευνούν στοιχεία τροφοληψίας σε μυρμηγκία. Ερωτήματα όμως γεννώνται, όταν γίνονται συσχετισμοί με αβιοτικούς παράγοντες. Έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί συσχετίζοντας μεμονωμένους παράγοντες (π.χ. θερμοκρασία) με ημερήσια δραστηριότητα (Torres, 1984) χωρίς αυτή να χαρακτηρίζεται απαραίτητα τροφοληπτική. Σε αυτή τη μελέτη έγινε η προσπάθεια να συσχετιστούν όσο το δυνατόν περισσότεροι μετρήσιμοι περιβαλλοντικοί παράγοντες με την όσο το δυνατόν λεπτομερέστερη καταγραφή της δραστηριότητας, που σχετίζεται με την τροφή των μυρμηγκιών και να εξαχθούν συμπεράσματα για το ποιοι πραγματικά είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες για την δραστηριότητα των μυρμηγκιών αυτών.

Παρατηρήθηκε, ότι τα μυρμηγκία εκτός από σπέρματα μεταφέρουν και άλλα υλικά. Έτσι, δημιουργήθηκε η ανάγκη διερεύνησης του ποιοτικού στοιχείου μεταφορών που κάνουν τα μυρμηγκία. Ένας άλλος στόχος της μελέτης αυτής ήταν η πιθανή συσχέτιση των αβιοτικών στοιχείων του πεδίου με την γενικότερη ηθολογία των μυρμηγκιών κατά την περίοδο της τροφοληπτικής δραστηριότητας. Επιπλέον, θελήσαμε να διερευνήσουμε ένα ερώτημα, στο

οποίο αρκετές φορές έχουν γίνει μεμονωμένες μετρήσεις αλλά όχι και μελέτη επαναληψιμότητας: το μεγάλο μυρμήγκι κουβαλάει μεγάλα σπέρματα και το μικρό μικρά; Τέλος, διερευνήθηκε σε ποιο βαθμό τα μυρμήγκια λειτουργούν χωροταξικά σε σχέση με την τροφή τους. Σαν στόχο, το μέρος αυτό της μελέτης είχε την ανάλυση των δεδομένων σε ένα πλαίσιο, με το οποίο να εξηγείται σε κάποιο βαθμό η χρήση συγκεκριμένων τροφικών πεδίων και πώς αυτά αλλάζουν μέσα σε μία χρονική περίοδο.

Κεφάλαιο 2

Προσέγγιση μεθοδολογίας



Κεφάλαιο 2 – Προσέγγιση μεθοδολογίας

2.1 Συλλογή βιβλιογραφίας

Οι βιβλιογραφικές πηγές που χρησιμοποιήθηκαν προέκυψαν κυρίως από την πρόσφατη ύπαρξη μιας βιβλιογραφικής βάσης δεδομένων με όνομα FORMIS (<http://www.ars.usda.gov/research/docs.htm?docid=10003>) που περιέχει μετά και από την πιο πρόσφατη ανανέωση των δεδομένων της (2011), περίπου 50000 διακριτές δημοσιεύσεις (βιβλία, εκθέσεις, επιστημονικές εργασίες σε περιοδικά, κλπ) με θέμα τα μυρμηγκία. Με θεματική αναζήτηση βρέθηκαν 4434 (περ. 9%) δημοσιεύσεις για το θέμα της τροφοληπτικής δραστηριότητας των μυρμηγκιών. Με τη χρήση ως λέξης-κλειδί του όρου 'Messor', από αυτές τις δημοσιεύσεις μόνο 259 (περ. 6% ή 5% του συνόλου των αναφορών) αναφέρονται στην τροφοληψία του γένους αυτού (32 δημοσιεύσεις κατά την τελευταία δεκαετία). Η χρήση ηλεκτρονικών βιβλιογραφικών βάσεων δεδομένων ήταν επίσης ευρεία (HEALink, Scopus, Elsevier, ISI Web of Science και JSTOR).

Επίσης έγιναν επισκέψεις στις βιβλιοθήκες του Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών, του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας του Πανεπιστημίου της Αγίας Πετρούπολης (2005), της Βιβλιοθήκης Ernst Mayr του Πανεπιστημίου του Χάρβαρντ (2003, 2006 και 2011), της βιβλιοθήκης του Μουσείου Smithsonian (Washington DC) (2006) και της βιβλιοθήκης του Μεσογειακού Αγρονομικού Ινστιτούτου Χανίων (2005).

2.2 Διαχωρισμός πειραμάτων

Για την παρούσα μελέτη, επιλέχθηκαν τέσσερα επιμέρους πειράματα με διαφορετικούς στόχους το κάθε ένα, ώστε να μελετηθούν διαφορετικές προεκτάσεις της στρατηγικής τροφοληψίας των σποροφάγων μυρμηγκιών του γένους *Messor*. Ονομαστικά τα πειράματα αυτά έχουν τους εξής τίτλους:

- ❖ Ημερήσια/μηνιαία/εποχιακή φαινολογία
Μελετήθηκαν οι βιορυθμοί των εξερχόμενων μυρμηγκιών από διαφορετικές φωλιές που άνηκαν σε διαφορετικές αποικίες μυρμηγκιών σε συσχέτιση με αβιοτικούς (κλιματικούς) παράγοντες τόσο σε μακρο- όσο και σε μικρο-κλίμακα κατά τη διάρκεια της ημέρας (παρουσία φυσικού φωτισμού).
- ❖ Χωροταξική μελέτη τροφοληψίας
Μελετήθηκε η τροφοληψία των μυρμηγκιών γύρω από τη φωλιά καθώς εμπεριέχει την επιλογή της κατεύθυνσης σε σχέση με την χρονική στιγμή (ώρα της ημέρας/νύχτας), την απόσταση του σημείου τροφοληψίας και την σχετική έντασή της.

❖ Επιλογή σπερμάτων

Μελετήθηκε η επιλογή διαφορετικών ειδών σπερμάτων με πείραμα τύπου 'καφετέρας' και συσχετισμός χρονικής διάρκειας τροφοληψίας, επιλογής μεγέθους σπερμάτων και σχετική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της νύχτας.

❖ Συσχετισμός βάρους/μεγέθους σπερμάτων και μυρμηγκιών

Πραγματοποιήθηκε συγκριτική μελέτη μορφομετρίας και βάρους μεταξύ ζευγών μυρμηγκιών και των σπερμάτων που εκείνα μετέφεραν με στόχο την διερεύνηση τυχόν σχέσης μεγεθών.

2.3 Μέθοδοι συλλογής πρωτογενών δεδομένων

Σε κάθε περίπτωση, η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε στο πεδίο και όχι σε εργαστηριακές συνθήκες. Ο πολυπαραγοντικός χαρακτήρας των μελετών αυτών δεν μπορούσε σε καμία περίπτωση να αναπαραχθεί σε συνθήκες εργαστηρίου. Επίσης, η φύση των επιμέρους πειραμάτων ήταν τέτοια όπου η συλλογή των δεδομένων δεν μπορούσε να πραγματοποιηθεί σε συνθήκες εργαστηρίου καθώς οι καταγραφές βασίζονταν σε βιορυθμούς και οικολογικούς παράγοντες όπου η εναλλαγή στις τιμές τους έπρεπε να είναι φυσιολογική, στα πλαίσια των φυσικών και κλιματικών συνθηκών του πεδίου μελέτης.

2.4 Επιλογή περιοχών μελέτης

Για το πειραματικό μέρος της διατριβής αυτής επελέγησαν περιοχές με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

- Ευκολία πρόσβασης
 - ο Απόσταση από το σπίτι ή το εργαστήριο
Είναι σαφές πως οι αποστάσεις των πειραματικών σταθμών έπρεπε να είναι μικρές καθώς σε αρκετές περιπτώσεις οι μετρήσεις έπρεπε να επαναλαμβάνονται κατά τη διάρκεια της ημέρας.
 - ο Οδικό δίκτυο
Οι πειραματικοί σταθμοί επελέγησαν ώστε να είναι προσβάσιμοι με ΙΧ οχήματα τόσο για την ταχύτητα πρόσβασής τους όσο και για την ευκολία μεταφοράς υλικών και οργάνων μέτρησης.
 - ο Ελευθερία πρόσβασης (όχι ιδιόκτητος χώρος)
Οι πειραματικοί σταθμοί βρίσκονταν σε περιοχές με ελεύθερη πρόσβαση καθ' όλη τη διάρκεια του 24ωρου.

- Αμεσότητα πρόσβασης
Λόγω της φύσης ορισμένων πειραμάτων, οι τοποθεσίες που επελέγησαν έπρεπε να βρίσκονται σε σημεία όπου η πρόσβαση θα ήταν γρήγορη (άμεσες αλλαγές στο υλικό του πειράματος για την ελαχιστοποίηση του λάθους στην χρονική παράμετρο του πειράματος, πολύ πρωινές ώρες έναρξης των πειραμάτων).
- Οικοσύστημα
 - ο Χλωρίδα
Έγινε προσπάθεια ώστε τα σημεία που επελέγησαν να είναι αντιπροσωπευτικά μεσογειακού οικοσυστήματος όπου δραστηριοποιούνται σποροφάγα μυρμηγκία του γένους *Messor*.
 - ο Αριθμός φωλιών
Κατόπιν σχεδιασμού των πειραμάτων χρειάστηκε να γίνει επιλογή τοποθεσιών με διαφορετικό αριθμό ενεργών φωλιών. Πιο συγκεκριμένα, έγινε επιλογή περιοχής με πολλές ενεργές φωλιές (και αποικίες) (Πάρνηθα) και περιοχής με 1 μοναδική ενεργή φωλιά.
 - ο Σύσταση μυρμηγκοπανίδας
Έγινε προσπάθεια να εντοπιστούν σημεία δειγματοληψίας με το δυνατόν μικρότερο αριθμό άλλων ειδών μυρμηγκιών καθώς και εάν υπήρχαν, να έχουν μικρό πληθυσμό, ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο δια-ειδικός ανταγωνισμός και επίδραση στην χωροκρατία.
 - ο Όχληση
Ο ανθρώπινος παράγοντας είναι πάντα ένα σημείο αναφοράς για την επιλογή του/των σημείων πειράματος πεδίου. Έγινε προσπάθεια ώστε τα σημεία που επελέγησαν να έχουν την μικρότερη δυνατή όχληση/πρόσβαση από ανθρώπους που θα μπορούσαν δυνητικά να καταστρέψουν το πεδίο δράσης του πειράματος. Στην πράξη, κάτι τέτοιο εν πολλοίς λειτούργησε, πλην μίας περίπτωσης προς το τέλος των πειραματικών μετρήσεων στην Πάρνηθα, με μικρό ευτυχώς αντίκτυπο στην έκβαση και ολοκλήρωση των μετρήσεων.

Κατόπιν, τούτων τα σημεία πειραματικών μετρήσεων πεδίου ήταν οι περιοχές:

1. με τοπωνύμιο Βίγλα στον οικισμό Δροσοπηγή του ορεινού όγκου της Πάρνηθας (με πρόσβαση από το Κρυονέρι) και
2. με τοπωνύμιο Υδραγωγείο εντός της Πανεπιστημιούπολης στον ορεινό όγκο του Δυτικού Υμητού (με πρόσβαση από τον χώρο στάθμευσης της Σχολής Θετικών Επιστημών)

2.5 Περιγραφή σταθμών

2.5.1 Περιοχή Βίγλα (Πάρνηθα)

Χορτολιβαδική έκταση μήκους περίπου 85 μέτρων και πλάτους περίπου 15 μέτρων περιτριγυρισμένη από χαμηλή βλάστηση τύπου μακίας. Στην ανατολική πλευρά υπάρχει ασφάλτινος δρόμος. Η περιοχή έχει μικρή κλίση κατά τον άξονα Ανατολής-Δύσης. Εκτός κάποιων σημείων όπου υπήρχαν δέντρα τα οποία παρείχαν σκιά αλλά όχι καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, το πεδίο δειγματοληψίας δεν είχε καθόλου σκίαση.

Οι γεωγραφικές συντεταγμένες του σημείου δειγματοληψίας ήταν οι $Lat_{38.17123^{\circ}}$, $Lon_{23.81600^{\circ}}$, και το υψόμετρο του σημείου είναι τα 562 μέτρα.



Εικόνα 2.1: Αεροφωτογραφία της ευρύτερης περιοχής όπου με κόκκινο βέλος φαίνεται η περιοχή μελέτης σε σχέση με τους κοντινούς οικισμούς. Πηγή: Google Earth[®] 2010.

Εικόνα 2.2: Αεροφωτογραφία του πεδίου μελέτης (με άσπρο περίγραμμα). Πηγή: Google Earth[®] 2010.



Εικόνα 2.3: 'Αποψη του χώρου μελέτης προς τα ΒΑ. Αρχή της 'Ανοιξης.

Εικόνα 2.4: 'Αποψη του χώρου μελέτης προς το Β. 'Ανοιξη.



Εικόνα 2.5: 'Αποψη του χώρου μελέτης προς τα Δ.
'Ανοιξη.

2.5.1.1 Κλίμα

Τα περισσότερα δεδομένα για το κλίμα της Πάρνηθας προέρχονται από τον μετεωρολογικό σταθμό ιδιοκτησίας του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (φιλοξενείται στη Σ.Δ.Α.Μ. – Ν.Ο. Πάρνηθας) που βρίσκεται σε υψόμετρο 1230 μέτρων. Επίσης από το τέλος του 2004 λειτουργεί ιδιωτικός μετεωρολογικός σταθμός στην περιοχή των Θρακομακεδόνων καθώς και σταθμός ελέγχου ατμοσφαιρικών ρύπων του ΥΠΕΚΑ στις Αχαρνές.

Από άποψη κλιματολογικών συνθηκών η Πάρνηθα, κυρίως η ψηλή περιοχή της, διαφέρει από τα άλλα βουνά του λεκανοπεδίου (Πεντέλη-Υμηπτό) (Νέζης, 2002). Στην περιοχή της Πάρνηθας και κυρίως στην περιοχή του ελατοδάσους, τους θερινούς μήνες το κλίμα είναι σημαντικά δροσερότερο από το κλίμα της υπόλοιπης Απικής (6-7°C χαμηλότερες θερμοκρασίες) και η διαφοράς οφείλονται στο μεγαλύτερο υψόμετρο και στη θέση της Πάρνηθας σε σχέση με τους επικρατούντες ανέμους ενώ η διαφορά στην θερμοκρασία στα ορεινά κυμαίνεται από 2-6°C μικρότερη από αυτή των χαμηλών υψομέτρων (Απλαδά, 2006). Η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται το χειμώνα μεταξύ -7°C και +13°C (μέση +3°C) και το καλοκαίρι μεταξύ +12°C και +28°C (μέση +20°C) (Νέζης, 2002). Επίσης, οι βροχοπτώσεις είναι διπλάσιες στην ανώτερη ζώνη του βουνού ενώ αρκετά συχνά εμφανίζεται ομίχλη και παγετός κατά το φθινόπωρο και τον χειμώνα (Απλαδά, 2006). Στα 1000 μ. υψόμετρο έχει παρατηρηθεί μέσο ύψος βροχής 822 χιλ., ετήσιο ύψος χιονιού 120 εκ., μέση σχετική υγρασία 77%, αριθμός ημερών βροχής 70, χιονιού 33, μέση ετήσια θερμοκρασία 11°C, μέση μέγιστη 16°C, μέση ελαχίστη 6°C (Ορεινά, 1997-2001) ενώ τα δεδομένα τροποποιούνται από τα στοιχεία που παρέχονται από την Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Δυτικής Απικής ως: 700 χιλ. ετήσιο ύψος βροχής, 110 βροχερές ημέρες και 22 ημέρες χιονόπτωσης (ΝΑΔΑ, 2011). Οι άνεμοι είναι τους περισσότερους μήνες (8-9) Βόρειοι – Βορειοανατολικοί και τους υπόλοιπους (3-4) Νότιοι – Νοτιοδυτικοί (Νέζης, 2002). Ο Πίνακας 2.1 συνοψίζει τους κύριους τύπους κλίματος που επικρατούν στην Πάρνηθα.

Πίνακας 2.1: Κύριοι τύποι κλίματος στην Πάρνηθα (προσαρμογή από Νέζης, 2002, σσ.103)

Τύπος Κλίματος	Περιοχή	Παρατηρήσεις
Υπο-μεσογειακό	περιοχή ψηλών κορυφών	
Μεσο-μεσογειακό	Νότια μέχρι 700μ και Βόρεια μέχρι 1000μ	
Ασθενές θερμο-μεσογειακό	N-NΔ περιοχές	
Έντονο μεσο-μεσογειακό	B-BA & NA περιοχές	Η περιοχή μελέτης εντάσσεται σε αυτό τον τύπο κλίματος.

2.5.1.2 Χλωρίδα - Βλάστηση

Η Πάρνηθα χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα πυκνή βλάστηση κυρίως στην ανατολική της πλευρά που έχει περισσότερη υγρασία. Κυρίαρχο είδος είναι η χαλέπιος πεύκη (*Pinus halepensis*). Από τα 800 μέτρα και πάνω εμφανίζεται η κεφαλληνιακή ελάτη (*Abies cephalonica*), που σχηματίζει το μοναδικό ελατοδάσος της Απικής. Στις όχθες ρεμάτων συναντάται χαρακτηριστικός τύπος βλάστησης με τη συμμετοχή των ειδών *Platanus orientalis* (πλατάνι), *Salix alba* (ιτιά) και *Populus alba* (λεύκα). Στο βουνό υπάρχουν επίσης άρκευθοι (*Juniperus* spp.), δρυς (*Quercus* spp.), οστριές (*Ostrya carpinifolia*), αγριελιές (*Olea europaea*), φυλίκια (*Phillyrea latifolia*), φράξοι (*Fraxinus* spp.), κουτσουπιές (*Cercis siliquastrum*), αγριοκορομηλιές (*Prunus pseudoarmenica*), σφενδάμια (*Acer* spp.), κουμαριές (*Arbutus unedo*), μυρτιές (*Myrtus communis*), σχίνα (*Pistacia lentiscus*), κράτεγοι (*Crataegus* spp.) κ.ά., που εμπλουτίζουν την άγρια χλωρίδα του. Στην χλωρίδα της Πάρνηθας περιλαμβάνονται περισσότερα από 1100 τάξα, μεταξύ των οποίων κρίνοι (*Lilium* spp.), κρόκοι (*Crocus* spp.), παιώνιες (*Paeonia mascula*), καμπανούλες (*Campanula* spp.), ορχιδέες (*Orchidaceae*) κ.ά. Πολλά από αυτά είναι σπάνια και ενδημικά, όπως τα *Campanula celsii* subsp. *parnesia* (καμπανούλα), *Tulipa undulatifolia* (τουλίπα), *Lilium chalcedonicum* (κόκκινο κρίνο), *Paeonia mascula* subsp. *hellenica* (άσπρη παιώνια), *Fritillaria obliqua* subsp. *obliqua* (φριτιλλάρια) κ.ά.

Πιο συγκεκριμένα για την περιοχή μελέτης πραγματοποιήθηκε μια καταγραφή των ανθοφόρων ειδών καθώς και μια ένδειξη σχετικής αφθονίας κατά την περίοδο της άνοιξης (Μάιος – Ιούνιος). Έγινε συλλογή δειγμάτων τα οποία αφού αποξηράνθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία φυτολογίου. Τα αποτελέσματα αυτής της καταγραφής παρατίθενται αλφαβητικά στον Πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2: Τα φυτά της περιοχής μελέτης (Βίγλα, Δροσοπηγή, Πάρνηθα)[†]

Είδος	Σχετική αφθονία	Παρατηρήσεις
<i>Aira elegantissima</i>	❖❖❖❖	
<i>Ajuga orientalis</i>		Ⓢ
<i>Alyssum sp.</i>		‡
<i>Anthemis chia</i>		
<i>Anthemis sp.</i>		‡
<i>Calendula arvensis</i>	❖❖❖	
<i>Calepina irregularis</i>		
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	❖❖❖❖❖	
<i>Cardamine hirsuta</i>		
<i>Cerastium comatum</i>		
<i>Cnicus benedictus</i>		
<i>Crepis sp.</i>		‡
<i>Erodium moschatum</i>		
<i>Euphorbia peplus</i>		Ⓢ
<i>Geranium molle</i>		
<i>Geranium robertianum</i>		
<i>Hymenocarpus circinnatus</i>		
<i>Medicago sp.</i>	❖❖❖❖	
<i>Myosotis sp.</i>		‡
<i>Ornithogalum sp.</i>		‡, Ⓢ
<i>Plantago lagopus</i>		
<i>Poa bulbosa</i>		
<i>Ranunculus sp.</i>		‡
<i>Rumex tuberosus</i>		
<i>Scandix pecten-veneris</i>		
<i>Sedum sp.</i>		‡
<i>Sinapis sp.</i>		‡
<i>Taraxacum sp.</i>		‡
<i>Trifolium stellatum</i>		
<i>Trifolium tomentosum</i>		
<i>Valerianella sp. 1</i>		‡
<i>Valerianella sp. 2</i>		‡
<i>Veronica cymbalaria</i>		

[†] Η συλλογή των φυτών έγινε από την Ναταλία Χούσου-Πολυδούρη και τον Διαμαντή Σελλή. Η ταξινομική αναγνώριση των ειδών έγινε από τον Δρ. Ιωάννη Μπαζό, Επιμελητή του Βοτανικού Μουσείου ΕΚΠΑ.

Ⓢ Τα γένη των φυτών στα οποία σύμφωνα με τους Lengyel *et al.* (2010) τα σπέρματα τους φέρουν ελαιόσωμα και παρουσιάζουν μυρμηκοχωρία.

‡ Καθώς το φυτό δεν βρισκόταν σε ανθοφορία ή υπήρχε απουσία σπερμάτων, δεν ήταν δυνατός ή υπήρχε αβεβαιότητα για τον ακριβή προσδιορισμό του στο επίπεδο του είδους.

Για τα πιο κοινά είδη παρατίθενται βασικές πληροφορίες για την βιολογία τους καθώς και τυχόν στοιχεία για την σχέση τους με τα μυρμηγκια. Τα στοιχεία αυτά προέρχονται κυρίως από τις χλωρίδες Flora Hellenica (Strid & Tan (eds.), 1997, 2002), Flora of Cyprus (Meikle, 1977, 1985), Flora Europaea (Tutin *et al.* (eds.), 1964-1993), Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Davis (ed.), 1965-1988) και το φυτολογικό λεξικό του Π.Γ. Γενναδίου (1914).

Capsella bursa-pastoris

Στην Ελλάδα είναι γνωστό με το όνομα αγριοκαρδαμούρα και είναι ένα πολύ κοινό, μονοετές ή διετές φυτό της οικογένειας Cruciferae (Σταυροφόρα). Φυτρώνει άφθονα παντού σε χέρσα εδάφη, αναχώματα, καλλιέργειες κ.α. Τα φύλλα σχηματίζουν ρόδακα στη βάση του φυτού και οι όρθιοι βλαστοί του φτάνουν σε ύψος μέχρι τα 50 εκατοστά. Τα φύλλα είναι μικρά, γκριζοπράσινα με διάφορα σχήματα ενώ τα άνθη είναι λευκά και μικρά. Οι καρποί του είναι τριγωνικοί ή καρδιάσχημοι, πλατιοί και εγκολπωμένοι και περιέχουν έως και 15 σπέρματα. Σε αντίθεση με τα περισσότερα ανθοφόρα φυτά, ανθίζει σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου αλλά κυρίως μεταξύ Φεβρουαρίου και Αυγούστου.



Εικόνα 2.6: Καρδιάσχημοι καρποί και άνθη καφέλλας.



Εικόνα 2.7: Ρόδακας φύλλων αρχικής ανάπτυξης της καφέλλας. © Leo Michels. Δημόσια Χρήση

Όπως και αρκετά άλλα είδη που ανήκουν σε διάφορες οικογένειες, τα σπέρματά του περιέχουν μια κολλώδη ουσία γνωστή ως mucilage, μια κατάσταση γνωστή ως μυξοσπερμία (Western *et al.*, 2000). Η αξία προσαρμογής της μυξοσπερμίας παραμένει άγνωστη, αν και το γεγονός ότι όταν η ουσία αυτή βραχεί γίνεται εξαιρετικά κολλώδης, έχει οδηγήσει αρκετούς επιστήμονες να πιστεύουν ότι χρησιμοποιείται από το φυτό για την παγίδευση εντόμων. Τα έντομα ενδεχομένως παρέχουν θρεπτικά συστατικά στο αναπτυσσόμενο σπόρο, κάτι που αν ισχύει το κατατάσσει στα πρωτοσαρκοφάγα (protocarnivora) (Barber, 1978). Είναι εξαιρετικά διαδεδομένο για τις θεραπευτικές ιδιότητες που του αποδίδονται.

Aira elegantissima

Ετήσιο, πολύ λεπτό αγρωστώδες (οικογένεια Gramineae). Πολύ πυκνά συνωστισμένες ανθήλες. Βλαστοί μήκους 10 – 40 εκατοστών, όρθιοι ή κατακείμενοι. Λεία, επίπεδα ή σπειροειδή φύλλα μήκους 4 εκ. Το γένος *Aira* είναι πολύ κοινό και ευρέως διαδεδομένο σε παγκόσμια κλίμακα όπου σε πολλές περιοχές αναφέρεται ως ξενικό.



Εικόνα 2.8: Το φυτό σε πλήρη ανάπτυξη. Andrea Moro - Comune di Trieste, Monte valerio., TS, FVG, Italia, - Image licensed under a Creative Commons Attribution Non Commercial Share-Alike 3.0 License



Εικόνα 2.9: Σπέρματα του φυτού. © Enrico Romani. Δημόσια Χρήση

Medicago sp.

Γένος Αγγειόσπερμων δικοτυλήδωνων φυτών της οικογένειας Leguminosae (Χεδρωπά). Περιλαμβάνει 50 περίπου είδη ποωδών φυτών, τα οποία είναι ιθαγενή της Ευρώπης, της Μεσογείου και της Νότιας Αφρικής. Τα είδη της είναι μονοετή ή πολυετή, σπάνια φρυγανώδη ή θαμνώδη, με φύλλα σύνθετα με τρία φυλλάρια, άνθη κίτρινα ή μωβ-μπλε, που σχηματίζουν συνήθως κοντούς βότρους και μοιάζουν με το τριφύλλι από το οποίο διακρίνονται κυρίως από τους σπειροειδώς-δρεπανοειδώς περιεστραμμένους καρπούς. Στην Ελλάδα απαντούν αυτοφυή περισσότερα από 20 είδη. Στα ριζίδια, κατά τον σχηματισμό των πρώτων φύλλων στο νεαρό φυτό, εμφανίζονται φυμάτια που περιέχουν τα αζωτοβακτήρια. Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα. Η επικονίαση γίνεται από έντομα.

Calendula arvensis

Η καλέντουλα, γνωστή και ως νεκρολούλουδο ή αδράχτρι της γριάς, είναι γένος Αγγειόσπερμων δικοτυλήδων φυτών που ανήκει στην οικογένεια Compositae. Περιλαμβάνει περίπου 20 είδη ποωδών και ημιθαμνωδών φυτών, ιθαγενών των χωρών της Μεσογείου, των Κανάριων Νήσων, των Αζόρων και των νήσων του Πράσινου Ακρωτηρίου. Σημαντικότερο είδος είναι το *C. officinalis*, πολλές ποικιλίες του οποίου καλλιεργούνται ως καλλωπιστικά φυτά. Στην Ελλάδα είναι αυτοφυές το είδος *C. arvensis* το οποίο είναι ένα μικρό φυτό, που δεν ξεπερνάει τα 20 εκ., με φύλλα λογχοειδή και άνθη πορτοκαλόχρωμα. Η ανθοφορία της αρχίζει από τον Δεκέμβριο και συνεχίζεται μέχρι το καλοκαίρι. Το όνομά της προέρχεται ακριβώς από την μακρά περίοδο άνθησής της (Calendae=ημερολόγιο)



Εικόνα 2.10: *Calendula arvensis* σε ανθοφορία.



Εικόνα 2.11: Διάφορες μορφές καρπών της *Calendula arvensis* © Solvin Zankl.

2.5.2 Περιοχή Υδραγωγείο (Πανεπιστημιούπολη, Ζωγράφου)

Στον χώρο υπάρχουν κτίσματα που στεγάζουν εγκαταστάσεις για την ύδρευση της Πανεπιστημιούπολης. Χώρος σκιασμένος κατά τις απογευματινές ώρες (περίοδος καλοκαιριού) τόσο από τα κτίσματα αλλά και από ώριμα πεύκα (*Pinus brutia*, τα περισσότερα εκ των οποίων είναι φυτεμένα). Φτωχή χλωρίδα. Η μελέτη έγινε σε μία και μοναδική φωλιά του είδους *Messor meridionalis* που υπήρχε στο χώρο. Δεν εντοπίστηκαν άλλες φωλιές σε απόσταση μικρότερη των 100 περίπου μέτρων. Το πεδίο γύρω από την έξοδο της αποικίας ήταν επίπεδο, καλυμμένο από μικρό, λευκό χαλίκι. Στην νοτιοανατολική πλευρά του πεδίου έρευνας (περ. 35μ. απόσταση από την φωλιά) είχε δημιουργηθεί μια πρόσκαιρη υδατοσυλλογή που δεν επηρέασε το πείραμα (τα μυρμήγκια δεν επισκέπτονταν τον χώρο).

Οι γεωγραφικές συντεταγμένες του σημείου δειγματοληψίας ήταν οι Lat_37.96656°, Lon_23.78888°, και το υψόμετρο του σημείου είναι τα 272 μέτρα.



Εικόνα 2.12: Αεροφωτογραφία της ευρύτερης περιοχής όπου με κόκκινο βέλος φαίνεται η περιοχή μελέτης σε σχέση με τους κοντινούς οικισμούς και τον ορεινό όγκο του Υμηττού. Πηγή: Google Earth® 2010.



Εικόνα 2.13: Αεροφωτογραφία του πεδίου μελέτης (με κόκκινο περίγραμμα). Πηγή: Google Earth® 2010.



Εικόνα 2.14: 'Αποψη του χώρου μελέτης προς τα Α. 'Ανοιξη.



Εικόνα 2.15: Η φωλιά των σποροφάγων μυρμηγκιών *Messor meridionalis* που χρησιμοποιήθηκε.

2.5.2.1 Κλίμα

Τα περισσότερα δεδομένα προέρχονται από τον Μετεωρολογικό Σταθμό του Αστεροσκοπίου Αθηνών. Δεν διαφέρει πολύ από το κλίμα της πόλης των Αθηνών με ετήσιες βροχοπτώσεις 400χιλ για το νότιο τμήμα του βουνού και 600χιλ για το βόρειο (μέσο ύψος 50εκ./έτος), μέση σχετική υγρασία 65%, σπάνιες χαλαζοπτώσεις και με ελάχιστες χιονοπτώσεις (4ημ./έτος) οι οποίες αφορούν κυρίως τις κορυφές Κορακοβούνι και Εύζωνας. Οι άνεμοι είναι τους περισσότερους μήνες Β και ΒΑ και τους υπόλοιπους Ν και ΝΔ (Νέζης, 2002). Το κλίμα του Υμηττού χαρακτηρίζεται ως τυπικό μεσογειακό και διακρίνεται σε δύο εναλλασσόμενες περιόδους ανά έτος – το ξηρό και θερμό καλοκαίρι και τον ήπιο και βροχερό χειμώνα (Οικονόμου, 2007). Ο Πίνακας 2.3 συνοψίζει τους κύριους τύπους κλίματος που επικρατούν στον Υμηττό.

Πίνακας 2.3: Κύριοι τύποι κλίματος στον Υμητό (προσαρμογή από Οικονόμου, 2007)

Τύπος Κλίματος	Περιοχή	Παρατηρήσεις
Μεσο-μεσογειακό	Βόρεια άνω του 400μ	
Θερμο-μεσογειακό	Νότια (σύνολο) και Βόρεια μέχρι 400μ	Η περιοχή μελέτης εντάσσεται σε αυτό τον τύπο κλίματος.

2.5.2.2 Χλωρίδα - Βλάστηση

Στον Υμητό έχουν ανευρεθεί περισσότερα από 650 τάξα (είδη και υποείδη) φυτών. Η βλάστηση του Υμητού ανήκει στη κατώτερη ζώνη των πλατύφυλλων, σκληρόφυλλων και των μεσογειακών κωνοφόρων. Επειδή ο Υμητός δεν έχει πολλά πηγαία νερά, υπάρχουν μόνο λίγα δάση από πεύκα (*Pinus halepensis*) στις υδροφόρες περιοχές της Καισαριανής, του Αστερίου, του Καρέα και της Ηλιούπολης. Εκτός από τη χαλέπιο πεύκη υπάρχουν ακόμα, λεύκες (*Populus alba*) οι οποίες είναι μάλλον φυτεμένες, πλατάνια (*Platanus orientalis*), κυπαρίσσια (*Cupressus sempervirens*), άρκευθοι (*Juniperus* spp.), σχίνα (*Pistacia lentiscus*), κουμαριές (*Arbutus andrachne*), θυμάρια (*Coridothymus capitatus*), θρούμπια (*Satureja thymbra*), αφάνες (*Genista acanthoclada*) και φιλικία (*Phillyrea latifolia*). Στη χαμηλή ζώνη βλάστησης του Υμητού επικρατούν μεσογειακοί θαμνώνες (μακί και θρύγανα) με αντιπροσωπευτικότερα είδη τα ασφάκα (*Phlomis fruticosa*), γκλομπουλάρια (*Globularia alyrum*), υπέρικο (*Hypericum empetrifolium*), λαδανιά (*Cistus creticus*) και την γαλαστοιβή (*Euphorbia acanthothamnus*). Πολλά από τα σπάνια είδη φυτών που ευδοκιμούν στο βουνό εμφανίζονται σε υψόμετρα μεγαλύτερα των 700μ.

Παρόλα αυτά, στο σημείο μελέτης η βλάστηση ήταν φτωχή και χαμηλή (απουσία ειδών φυτών με ύψος μεγαλύτερο των 30εκ.) σε μια ακτίνα περίπου 25μ περιμετρικά της εξόδου της φωλιάς. Για την περιοχή μελέτης χρησιμοποιήθηκε η καταγραφή των ανθοφόρων ειδών όπως αυτή πραγματοποιήθηκε από τον Δρ. Μπαζό στα πλαίσια της επίσκεψής μας στον χώρο κατά την περίοδο της άνοιξης. Βάσει αυτού του καταλόγου και με την βοήθεια του Δρ. Μπαζού, κατεγράφησαν τα είδη που βρίσκονταν περιμετρικά της φωλιάς στην περιοχή μελέτης, καθώς και η σχετική αφθονία τους. Τα αποτελέσματα αυτής της καταγραφής παρατίθενται αλφαβητικά στον Πίνακα 2.4.

Πίνακας 2.4: Τα φυτά της περιοχής μελέτης (Πανεπιστημιούπολη, Υμητός)

Είδος	Σχετική αφθονία	Παρατηρήσεις
<i>Aegilops</i> sp.	❖❖❖	Ομοιότητα με το γένος <i>Triticum</i>
<i>Alkanna tinctoria</i> (L.) Tausch. subsp. <i>tinctoria</i>		
<i>Avena barbata</i> Link	❖❖❖	
<i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter		
<i>Eruca vesicaria</i> (L.) Cav. subsp. <i>sativa</i> (Miller) Thell.	❖❖	

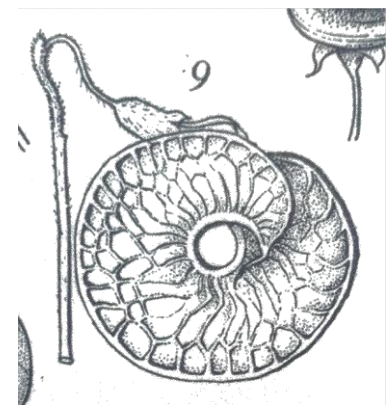
Πίνακας 2.4: (συνέχεια)

Είδος	Σχετική αφθονία	Παρατηρήσεις
<i>Helichrysum stoechas</i> (L.) Moench subsp. <i>barrelieri</i> (Ten.) Nyman		
<i>Hyparrhenia hirta</i> (L.) Stapf		
<i>Inula methansea</i> Hausskn.		
<i>Linum bienne</i> Mill		
<i>Linum strictum</i> L.		
<i>Medicago arborea</i> L. (καλλιεργημένη)	❖❖❖❖	
<i>Medicago coronata</i> (L.) Bortal.	❖❖❖	
<i>Medicago monspeliaca</i> (L.) Trautv.		
<i>Medicago orbicularis</i> (L.) Bortal.	❖❖	
<i>Phagnalon graecum</i> Boiss.		
<i>Phlomis fruticosa</i> L.		
<i>Piptatherum miliaceum</i> (L.) Cosson	❖❖❖❖	
<i>Plantago lagopus</i> L.	❖❖❖	

Για τα πιο κοινά είδη παρατίθενται βασικές πληροφορίες για την βιολογία τους καθώς και στοιχεία για την σχέση τους με τα μυρμήγκια.

Medicago arborea

Αειθαλής, σφαιρικός θάμνος με σύνθετα φύλλα αποτελούμενα από τρία φυλλάρια και κίτρινα άνθη. Σε θερμές περιοχές ριχνει τα φύλλα της το καλοκαίρι. Φτάνει έως και 2 μέτρα ύψος. Οι νεαροί κλάδοι καλύπτονται με μία υπόλευκη ήβη. Τα φύλλα έχουν φυλλάρια αντωειδή, στενόμακρα, οδοντωτά στα άκρα, με κηρώδη υφή από την κάτω επιφάνεια των φύλλων. Η στεφάνη είναι κίτρινη και πορτοκαλί και τα άνθη σχηματίζουν ταξιανθία. Ο καρπός της είναι σπειροειδής και αφήνει μια κεντρική οπή (Εικόνα 2.16). Ανθίζει από τον Μάρτιο μέχρι τον Ιούνιο (τέλη του φθινοπώρου σε θερμότερες χώρες). Είναι ένα φυτό δέσμευσης αζώτου του εδάφους λόγω της συμβιωτικής σχέσης του με το βακτήριο *Sinorhizobium meliloti*. Η φυσική κατανομή του εντοπίζεται στη Νότια Ευρώπη και την λεκάνη της Μεσογείου. Είναι αυτοφυές στο πέλαγος των Βαλεαρίδων, την Πορτογαλία και τη νότια Γαλλία. Βρίσκεται στις παρυφές των δρόμων ή κατά μήκος των τοίχων, σε φτωχά και ασβεστολιθικά εδάφη. Χρειάζεται γενικά ένα ζεστό κλίμα, όπου δεν υπάρχουν ή παρατηρούνται σπάνια παγετοί. Εκτός αυτού, είναι πολύ ανθεκτικό φυτό στην ξηρασία, χάρη στις πυκνές και βαθιές



Εικόνα 2.16: Καρπός του είδους *Medicago arborea* (από Flora of Turkey).

ρίζες και μπορούν να ανεχθούν παρατεταμένες περιόδους υψηλών θερμοκρασιών χωρίς βροχή, αν και μπορεί να έχουν σαν αποτέλεσμα μια σημαντική απώλεια της βιομάζας των φύλλων. Οι τυπικές κλιματικές συνθήκες στις οποίες αναπτύσσεται είναι ημι-άνυδρο μεσογειακό κλίμα που χαρακτηρίζεται από βροχοπτώσεις μεταξύ 200 και 400 μμ, ισχυρή καλοκαιρινή ξηρασία και υψηλές θερμοκρασίες που υπερβαίνουν τους 22°C κατά το καλοκαίρι. Χρειάζεται ένα υπόστρωμα με αλκαλικό pH. Μπορεί να αναπτυχθεί σε βραχώδες έδαφος, σε ένα μικρό τμήμα γης.

Piptatherum miliaceum

Πρόκειται για ένα είδος της οικογένειας Gramineae, ιθαγενές και ευρέως διαδεδομένο στην Ευρασία αν και η εξάπλωσή του περιλαμβάνει και τοποθεσίες στις οποίες έχει μεταφερθεί ως εισαγόμενο είδος και απ' όπου αναφέρεται ως ζιζάνιο διαταραγμένων περιοχών. Είναι ένα συσσωρευτικό πολυετές αγρωστώδες που παράγει ανθεκτικά, όρθια στελέχη τα οποία μπορούν να φθάσουν το 1,5 μέτρο σε ύψος. Η ταξιανθία του είναι φόβη.



Εικόνα 2.17: Η συστάδα του χόρτου. Δημόσια Χρήση



Εικόνα 2.18: Ταξιανθία του είδους. Δημόσια Χρήση

Aegilops sp.

Το *Aegilops* είναι ένα γένος φυτών γενικά γνωστών ως κασικόχορτα και ανήκουν στην οικογένεια Gramineae. Υπάρχουν περισσότερα από 20 είδη και πολυάριθμα υποείδη στο γένος. Τα διάφορα είδη του γένους χαρακτηρίζονται ως γεωργικά ζιζάνια. Διαχειμάζοντας, μοιάζουν με το χειμερινό σιτάρι. Είναι σε θέση να υβριδίζουν με διάφορα είδη σίτου και μερικές φορές ταξινομούνται ως μέλη του γένους *Triticum*.



Εικόνα 2.19: Η ανάπτυξη συστάδων του γένους σε λιβαδική έκταση. © M . Nabil Battikha . Δημόσια Χρήση



Εικόνα 2.20: Σπέρματα του είδους *Aegilops vavilovii* (με μαύρο αποτυπώνεται μία τυπική τομή κατά πλάτος). Η ομοιότητα με σπέρματα του γένους *Triticum* είναι εμφανής (βλ. Εικ. 2.21). Δημόσια Χρήση



Εικόνα 2.21: Σπέρματα του είδους *Triticum monococcum* (με μαύρο αποτυπώνεται μία τυπική τομή κατά πλάτος). Δημόσια Χρήση

Avena barbata

Είναι ένα είδος άγριας βρώμης γνωστό με την κοινή ονομασία αγριογιαλπός. Έχει βρώσιμους σπόρους. Είναι ιθαγενές στην Κεντρική Ασία και τη λεκάνη της Μεσογείου. Είναι επίσης γνωστό στη Βόρεια Αμερική ως εισαχθέν είδος και επιβλαβές ζιζανίο. Είναι ένα ετήσιο αγρωστώδες με λεπτούς βλαστούς που φτάνουν σε ύψος τα 60 έως 100, αλλά είναι γνωστό ότι μερικές φορές μπορεί να είναι και ψηλότερο. Έχει μακριά, γραμμοειδή, κολεοφόρα

φύλλα με τραχιά υφή, και μεμβρανώδες, οξύληκτο γλωσσίδιο. Τα άνθη ενώνονται ανά δύο σε σταχύδια, τα οποία διατάσσονται κατά όρθια, αραιή, επάκρια φόβη. Ο καρπός είναι καρύοψη. Τα αγκαθωτά σταχύδια είναι 2 με 3 εκατοστά, χωρίς να υπολογίζουμε την κλίση των αγάνων που είναι μέχρι 4 εκατοστά σε μήκος. Στην περιοχή της νοτιανατολικής Μεσογείου διακρίνεται σε δύο υποείδη: *A. barbata* subsp. *barbata* και *A. barbata* subsp. *atherantha*.



Εικόνα 2.22: Συστάδα του είδους. © Manuel M. Ramos. Δημόσια Χρήση



Εικόνα 2.23: Σπέρματα του είδους. © Jose Hernandez, The Agricultural Research Service. Δημόσια Χρήση.

Plantago lagopus

Το είδος *Plantago lagopus* είναι ένα ποώδες φυτό της οικογένειας Plantaginaceae. Είναι παρόμοιο με το *Plantago lanceolata*, αλλά είναι μικρότερο και συνήθως περισσότερο τριχωτό με τριχωτά βράκτια. Ανθίζει από το τέλος του χειμώνα έως και την άνοιξη. Σε νιτρόφιλα, ξηρά λιβάδια, αγραναπαύσεις, σε εγκαταλελειμμένες εκτάσεις, κλπ. Ιθαγενές από τον Ατλαντικό έως το Πακιστάν, συμπεριλαμβανομένης της Βόρειας Αφρικής και της Μέσης Ανατολής.



Εικόνα 2.24: Ροζέτα του είδους. © Manuel Bernal. Δημόσια Χρήση



Εικόνα 2.25: Φύλλα και στελέχη ταξιανθιών. © Herbari Virtual, Universitat Illes Balears. Δημόσια Χρήση

Κεφάλαιο 3

Ημερήσια/μηνιαία /εποχιακή φαινολογία



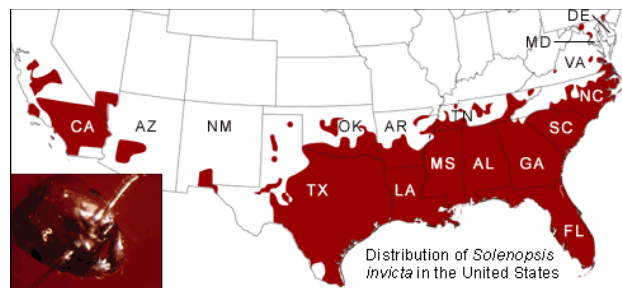
Κεφάλαιο 3 – Ημερήσια/μηνιαία/εποχιακή φαινολογία

3.1 Εισαγωγή

3.1.1 Αβιοτικοί παράγοντες – Πλαίσιο θερμοκρασίας και υγρασίας

Το κάθε είδος μυρμηγκιού λειτουργεί και επιβιώνει μέσα σε ένα συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασιών και υγρασίας, τα μεγέθη και τα όρια των οποίων μπορούν να απεικονιστούν σε ένα διάγραμμα δυο διαστάσεων. Με άλλα λόγια, το κάθε είδος έχει ένα «πλαίσιο» θερμοκρασίας και υγρασίας. Ακόμη, τα όρια ανοχής και αντοχής ενός εξειδικευμένου εργάτη-ανιχνευτή είναι πολύ διαφορετικά από ένα μέσο «πλαίσιο» ολόκληρης της αποικίας.

Ένας ανιχνευτής επηρεάζεται περισσότερο από την υφιστάμενη θερμοκρασία και υγρασία του ανοιχτού περιβάλλοντος, ενώ τα άτομα της αποικίας μπορούν να ελέγχουν το μικροπεριβάλλον της, είτε μετακινούμενα σε βαθύτερες γωνίες της φωλιάς, είτε δημιουργώντας συμπλέγματα με τα κορμιά τους προκειμένου να συγκρατήσουν τη μεταβολική θερμότητα και την υγρασία. Σε αυτό το πνεύμα, αποφεύγονται οι ερωτικές διαμάχες των μυρμηγκιών της φωτιάς *Solenopsis invicta*, όταν οι πρωινές θερμοκρασίες του εδάφους (μετρήσεις σε βάθος 10 εκατοστών από την επιφάνεια) είναι χαμηλότερες από 18°C, ενώ διεξάγονται κατασκευαστικές εργασίες, στην αποικία που οι βασίλισσες έχουν πρόσφατα γονιμοποιηθεί, μόνον όταν οι θερμοκρασίες εδάφους (μετρήσεις σε βάθος 5-7 εκατοστών από την επιφάνεια) είναι ίσες ή μεγαλύτερες από 24°C. Επίσης, αποικίες νεαρών ατόμων δύσκολα επιβιώνουν τον χειμώνα, ακόμα και στο Νότιο Μισοσισιπηή (Rhoades & Davis, 1967, Markin *et al.*, 1973, 1974).



Εικόνα 3.1: Εξάπλωση του είδους *Solenopsis invicta* στις ΗΠΑ. © UC Berkeley. (Ένθετη φωτογραφία © USDA APHIS PPQ Imported Fire Ant Station Archives, www.forestryimages.org)

Σαν συνέπεια, ξενικά μυρμηγκια της φωτιάς ήδη παρουσιάζονται ότι έφτασαν στα γεωγραφικά τους όρια προς το βόρειο τμήμα των πολιτειών των ακτών. Προς τα δυτικά, οι αποικίες τους εμφανίζουν τάσεις να απλωθούν κατά μήκος ερημικών περιοχών, περιοριζόμενες όμως σε όχθες ρυακιών, σε αρδευόμενους αγρούς και σε αστικές ζώνες. Επίσης, εργάτριες-ανιχνευτές τροφής των μυρμηγκιών της φωτιάς, δείχνουν ότι διαθέτουν πολύ μικρότερη αντοχή σε μεγάλα κρύα ή μεγάλη ζέση και χαμηλή σχετική υγρασία, ενώ είναι ανάκαινα να επιβιώσουν σε συνθήκες περιβάλλοντος στις οποίες η αποικία, σαν σύνολο, ανταπεξέρχεται καλύτερα (Francke & Cokendolpher, 1986). Το βασικό συμπέρασμα είναι ότι, αν τα

μυρμήγκια της φωτιάς ζούσαν ατομικά, η γεωγραφική διασπορά αυτού του είδους θα ήταν περισσότερο περιορισμένη σε σχέση με αυτή που είναι πραγματικά.

Δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι υφίσταται συσχετισμός μεταξύ των ορίων ανοχής και του περιβάλλοντος, με τα είδη των ερήμων στα ανώτατα όρια και ορισμένων ειδών της ζώνης των ψυχρών δασών στα κατώτερα όρια. Τα ακραία θερμοφιλά της παγκόσμιας πανίδας ανήκουν στα μυρμήγκια (*Myrmicine*) του γένους *Ocymyrmex* της Νότιας Αφρικής και στα *Formicine* του γένους *Cataglyphis* της Βόρειας Αφρικής και της Ευρασίας. Τα δυο γένη βιογεωγραφικά καλύπτουν το ένα το άλλο. Ειδικότερα, και τα δυο γένη εξειδικεύονται κατά παρόμοιο τρόπο στην ανεύρεση της τροφής, κατά τη διάρκεια της ημέρας, στο εξαιρετικά θερμό έδαφος της ερήμου. Οι εργάτριες κυνηγούν, αποκλειστικά, πτώματα εντόμων και άλλων αρθροπόδων τα όποια υπέκυψαν λόγω της ζέστης (Harkness & Wehrer, 1977; Marsh, 1985a,b; Wehner, 1987). Η συμπεριφορά τους και η εξωτερική φυσική τους εμφάνιση είναι εντυπωσιακά παρόμοιες. Το είδος *O. barbiger* ψάχνει για εξεύρεση τροφής στον ήλιο, σε θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους μέχρι 67°C, τιμή που βρίσκεται κοντά στο ρεκόρ, γενικά για έντομα. Το είδος *C. fortis* είναι εξειδικευμένο σε εξαιρετικά θερμό, ξηρό και πολύ φτωχό από πλευράς τροφής έδαφος στις λεκάνες αλατιού της Σαχάρας.

Στην αντίθετη πλευρά, τα είδη που αρέσκονται στο ψύχος (cryophilic) όπως είναι τα *Camponotus vicinus* και *Prenolepis imparis*, ξεκινούν για την ανίχνευση της τροφής μόλις η θερμοκρασία είναι λίγο πάνω από το μηδέν και διακόπτουν όταν η θερμοκρασία φτάσει γύρω στους 20°C. Κατά παρόμοιο τρόπο, το αυστραλιανό είδος *Nothomyrmecia macrops* βγαίνει για εξεύρεση τροφής αποκλειστικά μετά το σούρουπο και οι εργάτριες δραστηριοποιούνται πιο πολύ σε περιόδους στις οποίες οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές (5-10°C). Οι Hölldobler & Taylor (1983) επισημαίνουν ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες παρεμποδίζουν την εύκολη απόδραση των θηραμάτων που τα εντοπίζουν στις κορυφές των δένδρων, γεγονός που βελτιώνει τις κυνηγητικές επιδόσεις των ανιχνευτών του γένους *Nothomyrmecia*.

Τα περισσότερα από τα μυρμήγκια που κυνηγούν κατά τη διάρκεια της ημέρας σε ερήμους, αφιερώνουν δυο χρονικές περιόδους για τον σκοπό τους, όταν οι θερμοκρασίες είναι οι πλέον επιθυμητές: μια το πρωί και μια αργά το απόγευμα. Κατά συνέπεια, έχουν διπλή κατανομή της δραστηριότητας της ανίχνευσης, με μια περίοδο περιορισμού των δράσεων κατά το μεσημέρι.

Σε ημιεύκρατα περιβάλλοντα όπως στα βόρεια δάση των κωνοφόρων, απαντάται το αντίθετο μοντέλο μεταξύ των ειδών που ανιχνεύουν την τροφή τους κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η κορύφωση της δραστηριοποίησης συμβαίνει ακριβώς στο μέσον της ημέρας. Αυτά τα μοντέλα κατά πάσα πιθανότητα καθορίζονται από τις εξωτερικές συνθήκες και μεταβολές του περιβάλλοντος. Ο Hunt (1974), κατόρθωσε να μετατρέψει το «μοντέλο της έρημου», με τις δυο περιόδους ανίχνευσης του Χιλιανού είδους *Dorymyrmex antarcticus* (*Dolichoderine*) σε

μοντέλο μιας περιόδου ανίχνευσης κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπως αυτό των μυρμηγκιών της εύκρατης ζώνης, δημιουργώντας άπλα σκίαση της φωλιάς κατά τη διάρκεια του μεσημεριού.

Παρά το γεγονός ότι οι ανοχές στις θερμοκρασίες των διαφόρων ειδών μυρμηγκιών συσχετίζονται με το κλίμα και το ευρύτερο περιβάλλον, αυτού του είδους οι σχέσεις παραμένουν χαλαρές. Πρόσθετες παράμετροι απορρέουν από δυο ακόμα πηγές: εξειδίκευση σε δεδομένο μικροκλίμα και αποφυγή ανταγωνισμού. Δασικά είδη, όπως το *Arheonogaster rudis* και το *Paratrechina melanderi*, έχουν χαμηλότερες ανοχές έναντι άλλων ειδών όπως το *Monomorium minimum* και το *Tetramorium caespitum*, τα οποία είναι καλύτερα προσαρμοσμένα στον ίδιο μικροχώρο. Αποτελεί επίσης πλεονέκτημα για τα μυρμηγκία το να χρησιμοποιούν απίθανα μοντέλα αντιδράσεων και δραστηριοτήτων, προκειμένου να

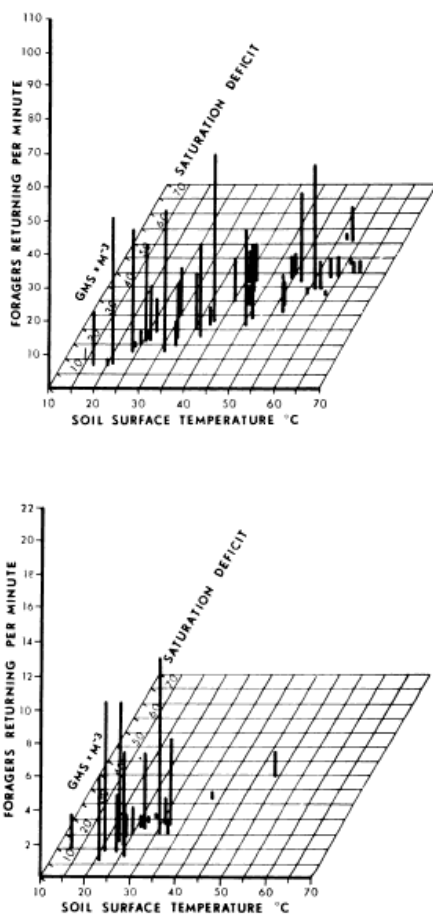


FIGURE 10-1 The temperature-humidity envelopes of foraging activity by workers of two American desert ants, *Formica perpilosa* (above) and *Trachymyrmex smithi* (below). The measurements were taken around the nest surfaces of the colonies. The envelope of the *Formica* is broader in part because the workers forage on plants, where the temperature is lower and humidity higher than on the ground. The humidity saturation deficit is expressed in grams of water per square meter. (From Schumacher and Whitford, 1974.)

Εικόνα 3.2: Γραφικές παραστάσεις συσχέτισης θερμοκρασίας – υγρασίας κατά την περίοδο τροφοληψίας δύο ειδών μυρμηγκιών σε ερημική περιοχή στο Νέο Μεξικό.

εμφανίζεται περισσότερο ανθεκτικό σε απώλειες νερού, ενώ έχει την τάση να ανιχνεύει την

αποφύγουν τους ανταγωνιστές τους. Τα θερμόφιλα γένη *Cataglyphis* και *Ocymyrmex* έχουν ουσιαστικά στην κατοχή τους τις ερημικές εκτάσεις κατά τη διάρκεια του μεσημεριού. Στα πράσινα λιβάδια της Μασαχουσέτης, το μικρό μαύρο μυρμηγκί *Monomorium minimum*, επιβιώνει σε υψηλότερες θερμοκρασίες από ότι τα τρία πλέον συγγενικά και ανταγωνιστικά είδη, *Lasius neoniger*, *Myrmica americana* και *Tetramorium caespitum*. Συνδυάζει μάλιστα αυτή του την εξειδίκευση, με μια αποτελεσματική διασπορά ενός δηλητηρίου που εκχέει, επιτυγχάνοντας έτσι να αποκομίσει σημαντικό μερίδιο από νεκρά έντομα και αλλά τεμάχια τροφών (Adams & Traniello, 1981).

Οι μικρές διαφορές που χαρακτηρίζουν τα διάφορα είδη, σε δεδομένο περιβάλλον, απεικονίζονται χαρακτηριστικά στην περίπτωση των *Formica perpilosa* και *Trachymyrmex smithi*, δυο είδη μυρμηγκιών που είναι κοινά στην έρημο Chihuahu του Νότιου Νέου Μεξικού. Όπως απεικονίζεται και στη Εικόνα 3.2 αριστερά, το *F. perpilosa* δραστηριοποιείται σε μια ευρύτερη έκταση γύρω από τη φωλιά του σε σύγκριση με το είδος *T. smithi*. Η αιτία είναι ότι το *Formica*

τροφή του σε ευρύτερη ποικιλία βλάστησης, ακόμα και σε χώρους που η σχετική υγρασία είναι υψηλότερη (Schumacher & Whitford, 1974).

Έρευνες οι οποίες προσδιορίζουν ποσοτικά τις προτιμήσεις σε υγρασία των ανίχνευτών μυρμηγκιών, όπως αυτές που υλοποιήθηκαν από τους Schumacher & Whitford (1974), είναι πολύ περιορισμένες στη διεθνή βιβλιογραφία, αλλά γενικά από συναφείς με το θέμα εργασίες φαίνεται πως όσο υψηλότερη είναι η σχετική υγρασία, τόσο μεγαλύτερη είναι η ανοχή στις θερμοκρασίες (Lighton & Bartholomew, 1988; Gordon *et al.*, 2011; Pinter-Wollman *et al.*, 2012). Αύξηση στις δραστηριότητες ανίχνευσης για την τροφή έχει παρατηρηθεί στο είδος *Pheidole militicida*, όταν η υγρασία αυξάνει σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες (Hölldobler & Möglich, 1980). Το ίδιο ισχύει για το *Formica polyctena* (Rosengren, 1977b), το *Prenolepis imparis* (Talbot, 1943, 1946) και για έναν μεγάλο αριθμό ειδών μυρμηγκιών των ημι-έρημων περιοχών της Αυστραλίας (Briese & McCauley, 1980). Είναι πιθανότατα ένα γενικό φαινόμενο και αφορά στο σύνολο των μυρμηγκιών.

Μια άλλη αιτία διαφοροποίησης του τρόπου ανίχνευσης της τροφής σε συσχετισμό με την μεταβολή της υγρασίας, είναι η απλή φυσιολογική αντίδραση στην αφυδάτωση, ένα φαινόμενο που έχει παρατηρηθεί στο *Tetramorium caespitum* από τον Brian (1965), στο *Pogonomyrmex* από τον Hansen (1978) και σε ημερήσιους ανίχνευτές ειδών μυρμηγκιών στην Αυστραλία από τους Briese & McCauley (1980).

Όμως, η βροχή σταματά όλες σχεδόν τις δραστηριότητες για ανίχνευση τροφής, σε περιοχές όπου οι σταγόνες δημιουργούν ανάδευση του εδάφους, λακκούβες, λάσπη και ρυάκια (Hodgson, 1955; Lewis *et al.*, 1974; Skinner, 1980a). Ο κάθε ερευνητής είναι εξοικειωμένος με αυτό το φαινόμενο, το οποίο συχνά προκαλεί συμφορές στα μυρμηγκία, ειδικά κατά τη διάρκεια των περιόδων τροπικών καταιγίδων. Παραταύτα, υπάρχουν λιγοστά είδη μυρμηγκιών, με ψηλά πόδια, συμπεριλαμβανόμενων των ειδών του γένους, *Leptomyrmex* (Dolichoderine) της Αυστραλίας και της Νέας Γουινέας και τα «μυρμηγκία καμηλοπαρδάλεις» (giraffe ants), *Aphaenogaster* (*Deromyrma*) *phalangium* της Κεντρικής Αμερικής, που αξιοποιούν τα ασυνήθιστα σωματικά τους προσόντα, επιπλέοντας στην επιφάνεια του νερού. Σαν αποτέλεσμα, είναι από τα πρώτα έντομα που βγαίνουν για συλλογή τροφής, αμέσως μετά το σταμάτημα της βροχής.

3.1.2 Ημερήσια φαινολογία

Κάθε είδος μυρμηγκιού αναπτύσσει ένα συγκεκριμένο μοντέλο ανίχνευσης-συλλογής της τροφής του. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εκπληκτικού βαθμού ακρίβειας και συντονισμού, αφορά στην «αλλαγή φρουράς» ορισμένων ειδών μυρμηγκιών κατά το σούρουπο. Στους θαμνότοπους της Νοτιοδυτικής Αυστραλίας (Wilson, 1971), κατά το

μέσον του απογεύματος, στο έδαφος, καθώς και στους κλάδους και τα φύλλα των χαμηλών θάμνων που κυριαρχούν στη βλάστηση, κινούνται ορδές εργατών, κυρίως χρώματος καφέ, κόκκινου ή μαύρου, διαθέτουν σύνθετα μάτια μεσαίου μεγέθους και ανήκουν σε δέκα περίπου είδη των *Myrmecia*, *Rhytidoponera*, *Dacryon*, *Iridomyrmex* και άλλων τυπικών αυστραλιανών γενών μυρμηγκιών. Μόλις όμως πέφτει το σούρουπο, διαδοχικά το ένα είδος μετά το άλλο επιστρέφουν στις φωλιές τους, ενώ τα νυκτόβια, ανοικτού χρώματος, κυρίως τα είδη με τα μεγάλα μάτια όπως τα *Colobostruma*, *Iridomyrmex*, *Camponotus*, κάνουν την εμφάνιση τους με μια συγκεκριμένη διαδοχική κλιμάκωση. Κατ' αυτό τον τρόπο των αλλαγών, διασφαλίζεται ένας περίπου σταθερός αριθμός ανίχνευτών-εργατών που παραμένουν στην περιοχή των θάμνων, στον κύκλο της ημέρας.

Προκύπτει το ερώτημα αν αυτοί οι ημερήσιοι κύκλοι βασίζονται σε καθορισμένους βιολογικούς ρυθμούς (circadian rhythms) ή επηρεάζονται, από στιγμή σε στιγμή, με τις αλλαγές της θερμοκρασίας και των άλλων εξωτερικών ερεθισμάτων. Η απάντηση φαίνεται ότι αφορά, κατά βάση, σε καθορισμένους κυκλικούς ρυθμούς οι οποίοι επηρεάζουν σημαντικά τη συμπεριφορά των μυρμηγκιών στον τρόπο ανίχνευσης-συλλογής της τροφής, αλλά σε πολλά είδη μυρμηγκιών αυτοί οι ρυθμοί ξεπερνιούνται ή τουλάχιστον διαφοροποιούν το μοντέλο, είτε λόγω έλλειψης τροφής στην αποικία, είτε κάποιων άλλων περιβαλλοντικών αλλαγών. Οι McCluskey & Soong (1979) π.χ., εντόπισαν προκαθορισμένους βιολογικούς ρυθμούς σε ορισμένα είδη που ζουν μαζί στη Νότια Καλιφόρνια, τα *Pogonomyrmex californicus* και *P. rugosus* που είναι συλλέκτες φυτικής τροφής (harvesters) και ξεκινούν την ανίχνευση νωρίς το μεσημέρι, παραμένοντας πολύ δραστήρια και κατά τη διάρκεια του απογεύματος.

Συλλέκτες φυτικής τροφής, όπως τα *Messor* (= *Veromessor*) *andrei* και *M. pergandei*, καθώς και τα *Formica pilicornis* και *Myrmecocystus mimicus*, τα οποία, κατά βάση, είναι κυνηγοί εντόμων, αναπτύσσουν ένα μοντέλο δραστηριότητας δυο κύκλων ημερησίως: κινητοποιούνται πρωινές ώρες, περιορίζοντας τη δράση τους κατά το μεσημέρι και συλλέγοντας πάλι από αργά το απόγευμα μέχρι το σούρουπο. Οι εργάτριες του *Messor pergandei* έχουν 2 περιόδους τροφοληψίας μέσα στην ημέρα (Rissing & Wheeler, 1976). Η μια περίοδος ξεκινάει νωρίς το πρωί πριν καν ξημερώσει και τελειώνει κατά την διάρκεια της ανόδου της θερμοκρασίας αργά το πρωί. Η δεύτερη περίοδος ξεκινάει το απόγευμα όταν η θερμοκρασία έχει πέσει από τις υψηλές τιμές του μεσημεριού και συνεχίζεται έως το σούρουπο ή ακόμα και αφού έχει νυχτώσει. Οι εργάτριες προβάλλουν γρήγορα σε διάταξη σειρών και ακολουθούν συγκεκριμένα μονοπάτια. Σε μια περίπτωση που καταγράφηκε από τους Wheeler & Rissing (1975b), μια σειρά περιείχε 17000 μυρμηγκία και εκτεινόταν σε απόσταση 40 μέτρων από την φωλιά. Όταν τμήματα της αποικίας μετεφέρθησαν στο εργαστήριο, σε σταθερή θερμοκρασία με εναλλαγές φωτός και σκότους, διατήρησαν τις φυσικές τους αντιδράσεις σε σημαντικό βαθμό. Ένα παρόμοιο αποτέλεσμα προκλήθηκε από τον Rosengren (1977b) με αποικίες του φινλανδικού δασικού είδους μυρμηγκιών *F.*

polyctena. Οι εργάτριες αντέδρασαν σε ένα κύκλο 12 ώρες φως: 12 ώρες σκότος, υπό εργαστηριακές συνθήκες, με μια αύξηση της δραστηριότητος τους προς το τέλος της περιόδου σκότους, επιδεικνύοντας προνοητικότητα εν όψει της επερχομένης «ημέρας». Πιθανότατα τα μυρμήγκια παρασυρθήκαν από το νέο κύκλο «12:12», ο οποίος είναι διαφορετικός εκείνου που συμβαίνει στη φύση.

Όταν διατηρήθηκαν σε απόλυτο σκοτάδι, σε ένα κύκλο 12 ώρες ζεστη:12 ώρες κρύο, οι εργάτριες δραστηριοποιούνταν περισσότερο στο μέσο της ζεστής περιόδου. Συμπερασματικά, το φως από μόνο του δεν είναι καθοριστικό στο να επηρεάζει τους βιολογικούς ρυθμούς (diel cycles).

Στις νεώτερες εργασίες των Rosengren & Fortelius (1986), επέκτειναν τις έρευνες σε μια ποικιλία ειδών των ομάδων *exsecta* και *rufa* του γένους *Formica*. Παρατήρησαν τους εργάτριες να έχουν μια τάση αύξησης της δραστηριότητας τους πριν από την τεχνητή χαραυγή, αλλά ταυτόχρονα παρατηρήθηκε και μια σημαντική παραλλακτικότητα στα μοντέλα των αντιδράσεων μεταξύ των διαφόρων αποικιών. Αμφιβολίες πρόεκυψαν επίσης για το γιγαντιαίο μυρμήγκι της οικογενείας *Ronegine*, *Paraponera clavata* (Εικόνα 3.3). Οι McCluskey & Brown (1972) παρατήρησαν ότι οι εργάτριες του είδους, στο νησί Barro Colorado του Παναμά, δραστηριοποιούνταν συνήθως κατά το σούρουπο και, εμφανώς, ανίχνευαν για εξεύρεση τροφής μέχρι τη χαραυγή. Όταν μεταφέρθηκαν σε μια τεχνητή φωλιά, στο εργαστήριο, επέδειξαν εντονότερες αιχμές δραστηριοποίησης κατά τη διάρκεια της χαραυγής και του σούρουπου. Όταν όμως τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με εναλλαγές φωτός και σκότους και με σταθερή θερμοκρασία, μεταμορφώθηκαν σε μυρμήγκια που ανιχνεύουν μάλλον την ημέρα (diurnal), παρά του να δραστηριοποιούνται κατά το δειλινό (crepuscular) και τη νύχτα (nocturnal). Στην Κόστα Ρίκα, για μια περίοδο δυο ετών, παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση του βιολογικού μοντέλου δραστηριοτήτων των εργατών του *Paraponera*, παρά το γεγονός ότι αυτά τα γιγαντιαία μυρμήγκια δείχνουν ότι κατά βάση είναι νυκτόβια. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρήθηκε και από τους Harrison & Breed (1987), οι οποίοι κατόρθωσαν να εκπαιδεύσουν τους εργάτριες *Paraponera* να επισκέπτονται τα σημεία των δολωμάτων ζάχαρης σε καθορισμένη ώρα, τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας, όσο και της νύχτας.



Εικόνα 3.3: Εργάτρια του τροπικού είδους *Paraponera clavata*, ένα από τα μεγαλύτερα είδη της οικογένειας Formicidae © Kalytta eCommerce, Version 2.0.6.3, 2006 - 2013 Benjamin Kalytta

Το συχνότερα αναφερόμενο μοντέλο θερισμού στα θερμά και ξηρά κλίματα, είναι δυο διαστάσεων, με δραστηριότητες οι οποίες μεγιστοποιούνται στη δροσιά του πρωινού και ξανά, το απόγευμα ή νωρίς το βραδύ. Όμως αυτός ο χαρακτήρας είναι τελικά συνάρτηση των θερμοκρασιών και της υγρασίας που επικρατούν κάθε φορά. Με την έναρξη της περιόδου των βροχών (και του κρύου) στην Κολομβία, το *Pogonomyrmex mayri* διαφοροποιεί το μοντέλο των δυο διαστάσεων σε αυτό της μιας και η μεγιστοποίηση της δραστηριότητας του εστιάζεται στο μέσον της ημέρας (Kugler, 1984). Κατά την περίοδο των βροχών στις σαβάνες της Ακτής Ελεφαντοστού, το *Messor galla* και το *M. regalis*, διαφοροποιούν επίσης το βασικό τους μοντέλο της νυκτερινής συλλογής τροφής, με προσθήκη μιας δεύτερης περιόδου δραστηριοποίησης κατά τη διάρκεια του πρωινού και μετατρέποντας το σε μοντέλο δυο περιόδων δραστηριοποίησης εντός ενός 24ωρου (Lénioux, 1979). Θεριστές οι οποίοι διαβιούν σε ψυχρότερα και πιο υγρά περιβάλλοντα, όπως οι ιαπωνικοί πληθυσμοί του *M. aciculatus*, φτάνουν στο μέγιστο της δραστηριότητας τους περίπου στο μέσον της ημέρας (Onoyama, 1982).

Οι κλιματικές συνθήκες έχουν πολλές φορές συνδεθεί με τις διαδικασίες τροφοληψίας των μυρμηγκιών *Messor*, με την θερμοκρασία και την σχετική υγρασία να αναφέρονται ως οι σημαντικότεροι κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν τους εποχιακούς κύκλους τους (Pfeiffer *et al.* 2003; Georgiadis & Legakis 2005; Kiryatkov & Lopatina 2007; Bharti *et al.* 2009). Επιπλέον των ατμοσφαιρικών συνθηκών, οι Azcárate *et al.* (2007) έδειξαν ότι οι μικροκλιματικές συνθήκες, όπως η θερμοκρασία υπεδάφους, η θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους καθώς και η σχετικής της υγρασία, έχουν επίπτωση στην δραστηριότητα των μυρμηγκιών-θεριστών στο πεδίο, αν και δεν ήταν αρκετοί ώστε να προβλέψουν τον επιμερισμό εργασιών έξω από την φωλιά. Επίσης, οι Reyes López & Fernández Haeger (2001) έδειξαν ότι υπάρχει ένας πολύ υψηλός βαθμός συσχέτισης μεταξύ της μάζας των μυρμηγκιών και της μάζας των μεταφερόμενων υλικών κοντά στο τέλος των διαδρομών τροφοληψίας. Επιπλέον, η εργασία των Heredia & Detrain (2005) για την μεταβίβαση πληροφοριών και συνεργασία κατά τη διάρκεια της εκμετάλλευσης πόρων παρείχε μια περαιτέρω ματιά στην δυναμική τροφοληψίας και στον καταμερισμό εργασιών των μυρμηγκιών-θεριστών.

3.2 Μεθοδολογία

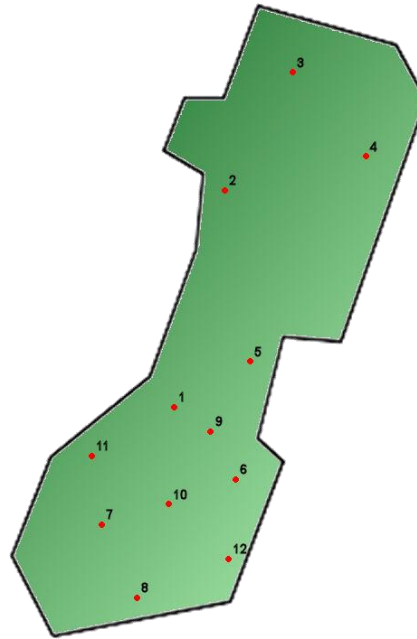
3.2.1 Διαχωρισμός αποικιών

Στην περιοχή μελέτης (όπως αυτή αναφέρεται στο Κεφ. 2.2.1) εντοπίστηκαν όλες οι ενεργές φωλιές των σποροφάγων μυρμηγκιών του γένους *Messor*. Οι Εικόνες 3.4 και 3.5 αποτυπώνουν την χωρική κατανομή των ενεργών φωλιών στην περιοχή μελέτης. Αφού έγινε δειγματοληπτική συλλογή εργατριών από κάθε φωλιά, τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο

εργαστήριο όπου με τη χρήση κλείδας προσδιορισμού (Agosti & Collingwood, 1987a) βρέθηκε πως το είδος σε όλες τις φωλιές ήταν το *Messor meridionalis* André 1883.



Εικόνα 3.4: Περίγραμμα της περιοχής μελέτης. Κατά τη διάρκεια της μελέτης δεν παρατηρήθηκε τροφοληψία εκτός των ορίων της περιοχής μελέτης (με κόκκινο).



Εικόνα 3.5: Σχηματικός χάρτης της περιοχής μελέτης που αποτυπώνει την κατανομή των ενεργών φωλιών στο χώρο. Η αρίθμηση έγινε με τη σειρά εύρεσης της κάθε φωλιάς και παρέμεινε ίδια έως το τέλος των καταγραφών.

Το επόμενο βήμα ήταν να προσδιοριστούν οι διαφορετικές αποικίες στην περιοχή μελέτης. Καθώς το είδος μελέτης είναι πολύδομο¹ (Schlick-Steiner *et al.*, 2005; Debout *et al.*, 2007), επιλέχθηκε η μέθοδος της δοκιμασίας αρένας² (Cole, 1983; Dahbi *et al.*, 1996; Roulston *et al.*, 2003) ώστε να εντοπιστούν/ομαδοποιηθούν οι διαφορετικές φωλιές που δομούν μια αποικία.

Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε στο πεδίο ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι διαφορές σε τυχόν αβιοτικούς παράγοντες. Μία εργάτρια (τυχαία επιλογή – συνήθως χρησιμοποιούνταν η πέμπτη κατά σειρά εξόδου από την φωλιά ώστε να μην υπάρχει προκατάληψη ως προς το μέγεθος της εργάτριας) τοποθετούνταν σε πλαστικό τριβλίο (Ø 9εκ) με καπάκι και διηθητικό χαρτί ως υπόστρωμα, όπου αφήνονταν να ηρεμήσει για περίπου 3 λεπτά. Το διηθητικό χαρτί αναφέρεται στην βιβλιογραφία (Dahbi *et al.*, 1996) ως μέθοδος απορρόφησης φερομονών συναγερωμού³. Σε παρόμοιο τριβλίο τοποθετούνταν 5 τυχαίες εργάτριες από μια άλλη φωλιά. Μετά το πέρας των 3 λεπτών, η μόνη εργάτρια αφήνονταν στο τριβλίο με τις άλλες 5 και παρατηρούνταν η αντίδραση τους για τα επόμενα 5-10 λεπτά, η οποία κατηγοριοποιήθηκε σε 3 πιθανές κατηγορίες:

¹ έχει πολλές φωλιές/εξόδους ανά αποικία

² arena experiment

³ alert pheromones

- ❖ **Εχθρικότητα:** συνήθως οι 5 εργάτριες επιτίθονταν στη μια έως ότου εκείνη πεθάνει – ακρωτηριασμός μελών, αποκοπή κεφαλιού
- ❖ **Αποφυγή:** οι εργάτριες απέφευγαν την μόνη εισαχθείσα στην αρένα εργάτρια – καταλάμβαναν διαφορετικές περιοχές της αρένας
- ❖ **Αδιαφορία:** οι εργάτριες αναμειγνύονταν μεταξύ τους χωρίς εμφανή σημάδια εχθρικότητας ή φόβου

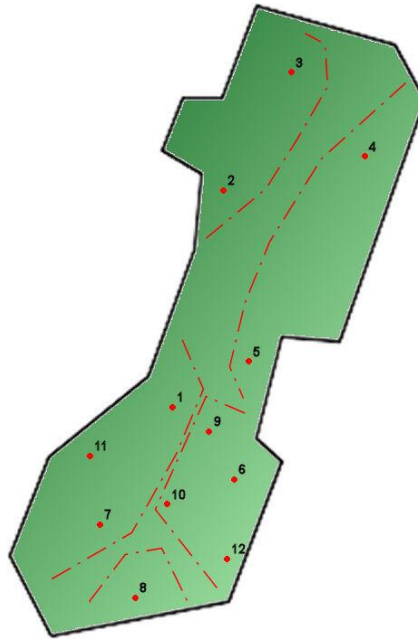
Το διηθητικό χαρτί άλλαζε μετά από κάθε πείραμα, το τριβλίο καθαρίζονταν με οινόπνευμα και αφήνονταν να στεγνώσει καλά. Τα ζωντανά μυρμηγκία αφήνονταν ελεύθερα μακριά από την φωλιά ώστε να μην ξαναχρησιμοποιηθούν. Για κάθε φωλιά πραγματοποιήθηκε και πείραμα δοκιμασίας αρένας με εργάτριες της ίδιας φωλιάς ως μάρτυρας. Για κάθε ζεύγος φωλιών πραγματοποιήθηκαν 3 πειράματα. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων δοκιμασίας αρένας συνοψίζονται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Αποτελέσματα πειραμάτων δοκιμασίας αρένας μεταξύ μυρμηγκιών των φωλιών της περιοχής μελέτης. Με πράσινο ✓ παρουσιάζονται οι συνευρέσεις Αδιαφορίας ενώ με κόκκινο ✗ εκείνες με σημεία Εχθρικότητας ή/και Αποφυγής.

		Αριθμός φωλιάς												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Αριθμός φωλιάς	1													
	2													
	3	✗	✓											
	4	✗	✗	✗										
	5	✗	✗	✗	✓									
	6	✗	✗	✗	✗	✗								
	7	✓	✗	✗	✗	✗	✗							
	8	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗						
	9	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗					
	10	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✓				
	11	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗			
	12	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✓		✗	

Από τα αποτελέσματα προκύπτει πως στην περιοχή μελέτης δραστηριοποιούνταν 5 αποικίες του είδους *Messor meridionalis* διαφόρων ηλικιών, καθώς υπάρχει συσχετισμός μεταξύ του αριθμού των εξόδων/φωλιών μιας αποικίας και της ωριμότητας/ηλικίας της αποικίας. Στην Εικόνα 3.6 φαίνεται ο χωρικός διαχωρισμός/ομαδοποίηση των φωλιών ανά αποικία. Οι διακεκομμένες γραμμές αποτυπώνουν ένα γενικό διαχωρισμό και όχι μια ακριβή αποτύπωση της χωροκρατίας της κάθε αποικίας, καθώς αυτή αλλάζει βασιζόμενη σε πολλές οικολογικές

παραμέτρους (π.χ. θερμοκρασία εδάφους, ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου, τροφική διαθεσιμότητα, κ.α.).



Εικόνα 3.6: Σχηματικός χάρτης της περιοχής μελέτης που αποτυπώνει την ομαδοποίηση των ενεργών φωλιών σε αποικίες και την σχετική χωροκρατία (με διακ. κόκκινο).

Στο πειραματικό μέρος της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν 5 φωλιές – μία από κάθε αποικία (οι φωλιές με αριθ. 2, 4, 6, 8 και 11) στις οποίες είχαν πραγματοποιηθεί μετρήσεις κατά την περίοδο της άνοιξης και του καλοκαιριού του 2003 και είχαν αποτυπωθεί *παρόμοια πρότυπα σχετική δραστηριότητας*. Οι φωλιές αυτές σημαδεύτηκαν με σίδερα του ενός (1) περίπου μέτρου με τη μία τους άκρη μέσα στο έδαφος ενώ η άκρη του σίδερου που εξείχε βάφτηκε με κόκκινο χρώμα για ευκολία στον εντοπισμό τους μέσα στο πεδίο εργασίας.

3.2.2 Μέτρηση δραστηριότητας

Οι κατευθύνσεις των εξερχόμενων μυρμηγκιών από τη φωλιά είναι εξαιρετικά άναρχες. Επιπλέον, μπορούν να υπάρχουν αρκετές διαφορετικές οπές/έξοδοι σε κάθε φωλιά. Σε παρεμφερείς μελέτες και όποτε άλλοι επιστήμονες προσπάθησαν να καταγράψουν σχετικές δραστηριότητες, το πρόβλημα της οριοθέτησης της κυκλοφορίας των μυρμηγκιών ήταν εμφανές (Hahn & Maschwitz, 1985; Collett *et al.*, 1998; Detrain *et al.*, 2000). Ο Skinner (1980b) είχε προτείνει μια μέθοδο αποκλεισμού της φωλιάς δασικών μυρμηγκιών του είδους *Formica rufa* (Εικόνα 3.7). Με βάση το σχέδιο αυτό έγινε η προσπάθεια 'ομαδοποίησης' των μονοπατιών των μυρμηγκιών αρχικά με ένα πλαστικό δοχείο (Εικόνα 3.8) στο οποίο είχε αφαιρεθεί κομμάτι από το χείλος του (\approx 2εκ.), επιτρέποντας μόνο από εκεί την είσοδο και

έξοδο των μυρμηγκιών. Το άνοιγμα ήταν αρκετά μεγάλο ώστε να επιτρέπεται η μεταφορά αρκετά μεγάλων σπερμάτων και άλλων υλικών στη φωλιά. Επίσης, ο πάτος του δοχείου είχε αφαιρεθεί ώστε να ελαττωθεί η επίπτωση στις περιβαλλοντικές συνθήκες γύρω από την είσοδο της φωλιάς. Η επίδραση στην συμπεριφορά των μυρμηγκιών ήταν περιστασιακή (για λίγα λεπτά της ώρας) μέχρι να συνηθίσουν την ύπαρξη της μοναδικής εισόδου-εξόδου και το γεγονός πως το δοχείο δεν αποτελεί απειλή.

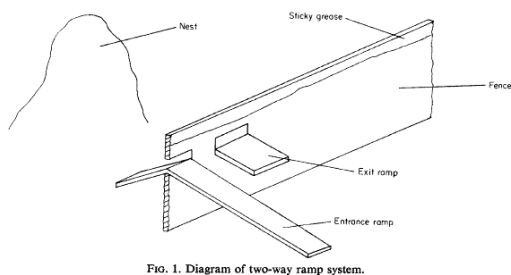


FIG. 1. Diagram of two-way ramp system.



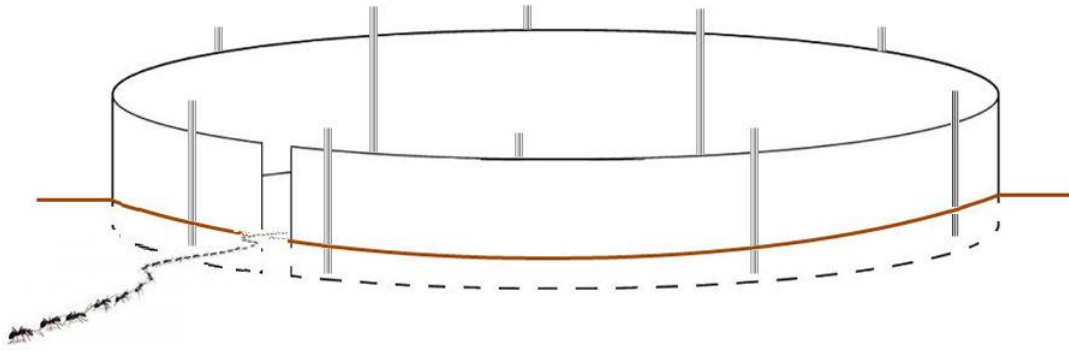
Εικόνα 3.7: Σχήμα του διπλού συστήματος ράμπας που χρησιμοποιήθηκε κατά τον Skinner (1980b).

Εικόνα 3.8: Δείγμα από τα πλαστικά δοχεία που χρησιμοποιήθηκαν αρχικά στο πειραματικό κομμάτι της μελέτης.

Παρόλα αυτά, το πλαστικό δοχείο παρουσίαζε διάφορα προβλήματα όπως:

- ❖ το πλαστικό σκλήραινε και έσπαγε με τον ήλιο
- ❖ ήταν ελαφρύ και παρασύρονταν από τον αέρα
- ❖ οι διαστάσεις του ήταν μικρές για να καλύψουν τα διαφορετικά ανοίγματα της φωλιάς (μπορεί να ήταν μέχρι και 7 ανοίγματα/τρύπες σε μία φωλιά)
- ❖ τα μυρμηγκία έσκαβαν και περνούσαν από κάτω

Για τους παραπάνω λόγους η 'ομαδοποίηση' των ανοιγμάτων κάθε φωλιάς καθώς και η 'ομαδοποίηση' των μονοπατιών των μυρμηγκιών πραγματοποιήθηκε με την χρήση αλουμινένιων ελασμάτων/φύλλων μήκους περ. 2.5 μέτρων και πλάτους 30 εκ. Τα ελάσματα τοποθετήθηκαν σε σχήμα κύκλου περιμετρικά της κάθε φωλιάς υπό μελέτη, αφήνοντας ένα άνοιγμα περ. 3 εκ. προς το πιο έντονο μονοπάτι δραστηριότητας. Το έλασμα βυθίστηκε μέσα στο έδαφος περ. 10εκ. ώστε τα μυρμηγκία να μην περνούν (εμφανώς) από κάτω, αφήνοντας 20 εκ. ως φράκτη και στηρίχθηκε με μεταλλικούς πασσάλους μήκους περ. 50εκ. (15εκ. περ. μέσα στο έδαφος). Στο επάνω μέρος του ελάσματος χρησιμοποιήθηκε μικρή ποσότητα γράσου ώστε τα μυρμηγκία να μην σκαφαλώνουν από επάνω (Εικόνα 3.9).



Εικόνα 3.9: Σχήμα του τρόπου αποκλεισμού/ομαδοποίησης των πολλαπλών εξόδων φωλιών στο πεδίο.

Για την μέτρηση της ημερήσιας δραστηριότητας των μυρμηγκιών έγινε η εξής καταγραφή:

**Αριθμός μυρμηγκιών που εξέρχονται από το πέρασμα
του φράκτη ανά 5 λεπτά της ώρας.**

Οι επισκέψεις στο πεδίο έρευνας πραγματοποιήθηκαν για τρία έτη (2004 – 2006), από τις αρχές Απριλίου έως το τέλος Νοεμβρίου και κάθε τρεις περίπου ημέρες (όποτε αυτό ήταν δυνατό καθώς υπήρξαν μικρές περιόδους απουσίας λόγω συμμετοχής σε άλλα προγράμματα, σε συνέδρια, λόγω αρρώστιας ή ανειλημμένων υποχρεώσεων). Στο σύνολό τους πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις κατά τη διάρκεια 261 ημερών. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια ηλεκτρονικού χρονομετρητή χειρός και καταγραφέα χειρός⁴ (Εικόνα 3.10). Τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταγράφονταν στη Φόρμα 1 (Παράρτημα).

Με τη χρήση λογισμικού υπολογισμού του ηλιακού κύκλου (Suncycle ver.1.0.9.3; © Straetemans, Jean-Marie), εκτιμήθηκε η ώρα ανατολής και δύσης του ηλίου στο γεωγραφικό μήκος και πλάτος της περιοχής μελέτης για την περίοδο μελέτης (N38° 10' 17", E23° 48' 56"). Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν από την ανατολή έως τη δύση του ηλίου, με καταλυτικό παράγοντα για τις μετρήσεις την παρουσία φυσικού φωτός. Τα σχετικά διαγράμματα παρατίθενται στο Παράρτημα.

Παράλληλα με τις προαναφερόμενες δράσεις, πραγματοποιήθηκε καταγραφή στοιχείων μικροκλίματος της περιοχής μελέτης σε πραγματικό χρόνο, με τη βοήθεια φορητού μετεωρολογικού σταθμού χειρός (KESTREL 4000, *Kestrel/Meters.com, USA*) (Εικόνα 3.11). Τα στοιχεία που καταγράφονταν ανά πέντε λεπτά ήταν:

- ❖ Θερμοκρασία αέρα (°C)
- ❖ Ταχύτητα ανέμου (m/s)

⁴ Tally counter (Handitally Mod. no. 3027, *Trumeter Technologies Ltd., USA*)

- ❖ Κατεύθυνση ανέμου⁵
- ❖ Σχετική υγρασία (%)⁶
- ❖ Σημείο δρόσου (°C)⁷

Τα στοιχεία της κάθε καταγραφής αποθηκεύονταν σε μορφή αρχείου MS Excel με τη χρήση σχετικού υλικού και λογισμικού της εταιρείας.



Εικόνα 3.10: Ο καταγραφέας χειρός που χρησιμοποιήθηκε (Handitally Mod. no. 3027).



Εικόνα 3.11: Φορητός μετεωρολογικός σταθμός χειρός KESTREL 4000.

Συνοπτικοί πίνακες των καταγραφών παρατίθενται στο Παράρτημα. Σκοπός ήταν να συσχετίσουμε την δραστηριότητα των μυρμηγκιών, που σε μεγάλο μέρος της περιόδου σχετίζεται με την τροφοληπτική τους συμπεριφορά, με αβιοτικούς οικολογικούς παράγοντες ώστε να εξετάσουμε τυχόν πρότυπα αλληλεξάρτησης. Η καταγραφή δραστηριότητας εξόδου των μυρμηγκιών από την κάθε φωλιά, καταλαμβάνει μία χρονική περίοδο 30 λεπτών για κάθε πεδίο στο πίνακα καταγραφής δεδομένων.

3.2.3 Στατιστική προσέγγιση ανάλυσης

Αρχικά η καταγραφή των δεδομένων δραστηριότητας των μυρμηγκιών της κάθε φωλιάς (από εδώ και στο εξής οι φωλιές αναφέρονται με αύξοντα αριθμό 1 – 5) πραγματοποιήθηκε ανά

⁵ Τελικά, η παράμετρος αυτή δεν χρησιμοποιήθηκε στις αναλύσεις μας, καθώς η σημασία της στην δραστηριότητα των μυρμηγκιών δεν θεωρείται ότι εμπεριέχει βιολογική έννοια.

⁶ Ένας τύπος υγρασίας όπου λαμβάνει υπόψη την σχέση της πραγματικής πίεσης του υγρού αέρα με την πίεση του κορεσμένου υγρού αέρα. Συνήθως εκφράζεται σε ποσοστό επί τις εκατό.

⁷ Το σημείο δρόσου είναι η θερμοκρασία εκείνη οι ατμοσφαιρικοί υδράτμοι στο σημείο καταγραφής συμπυκνώνονται σε σταγόνες νερού, καλύπτοντας την επιφάνεια, υποθέτοντας πως όλες οι άλλες συνθήκες παραμένουν σταθερές. Το σημείο δρόσου δεν μπορεί ποτέ να είναι μεγαλύτερο από την θερμοκρασία του αέρα. Στην περίπτωση όπου το σημείο δρόσου και η θερμοκρασία του αέρα είναι ίδια, τότε η υγρασία πρέπει να είναι 100%.

τριάντα λεπτά, οπότε και η τιμή που λήφθηκε αναφέρεται στο συγκεκριμένο μισάωρο. Λόγω του μεγάλου όγκου των δεδομένων η ημέρα χωρίστηκε σε έξι (6) περιόδους⁸:

❖ Νωρίς το πρωί	από τις 6:30πμ έως τις 9πμ	(early morning	[em])
❖ Πρωί	από τις 9πμ έως τις 11:30πμ	(morning	[m])
❖ Μεσημέρι	από τις 11:30πμ έως τις 2μμ	(noon	[n])
❖ Νωρίς το απόγευμα	από τις 2μμ έως τις 4:30μμ	(early afternoon	[ea])
❖ Απόγευμα	από τις 4:30μμ έως τις 7μμ	(afternoon	[a])
❖ Σούρουπο/Βράδυ	από τις 7μμ έως τις 9:30μμ	(evening	[e])

Αρχικά πραγματοποιήθηκε έλεγχος κανονικότητας των δεδομένων σύμφωνα με τα tests Kolmogorov-Smirnov (Kolmogorov, 1933; Smirnov, 1948; Lilliefors, 1967) και Shapiro-Wilk (Shapiro, Wilk, & Chen, 1968). Τα αποτελέσματα αυτού ελέγχου (Πίνακας 3.2) έδειξαν ότι τα πρωτογενή δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή. Σύμφωνα με τον Στάμου (2009), πραγματοποιήσαμε λογαριθμικό μετασχηματισμό των δεδομένων και καθώς υπήρχαν πολλές μηδενικές τιμές, χρησιμοποιήθηκε ο μετασχηματισμός $[\log_{10}(x+1)]$ για να μειωθεί η επίδραση των υψηλών τιμών όπου αυτές εμφανίζονται. Μετά από τον έλεγχο των νέων μετασχηματισμένων τιμών (Πίνακας 3.3) αποδείχθηκε ότι τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή. Συνεπώς οι στατιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν μη παραμετρικές.

Πίνακας 3.2: Αποτελέσματα πειραμάτων ελέγχου κανονικότητας πρωτογενών δεδομένων.

Δεδομένα δραστηριότητας	Kolmogorov-Smirnov test	Shapiro-Wilk test
Φωλιά 1	d=,15157, p<,01 (Lilliefors p<,01)	W=,88741, p=0,0000
Φωλιά 2	d=,17294, p<,01 (Lilliefors p<,01)	W=,86932, p=0,0000
Φωλιά 3	d=,16126, p<,01 (Lilliefors p<,01)	W=,87728, p=0,0000
Φωλιά 4	d=,16984, p<,01 (Lilliefors p<,01)	W=,86547, p=0,0000
Φωλιά 5	d=,16177, p<,01 (Lilliefors p<,01)	W=,87332, p=0,0000

Πίνακας 3.3: Αποτελέσματα πειραμάτων ελέγχου κανονικότητας μετασχηματισμένων ($[\log_{10}(x+1)]$) δεδομένων.

Δεδομένα δραστηριότητας	Kolmogorov-Smirnov test	Shapiro-Wilk test
Φωλιά 1	d=,22665, p<,01 (Lilliefors p<,01)	W=,75177, p=0,0000
Φωλιά 2	d=,24657, p<,01 (Lilliefors p<,01)	W=,75783, p=0,0000
Φωλιά 3	d=,22799, p<,01 (Lilliefors p<,01)	W=,76176, p=0,0000
Φωλιά 4	d=,23600, p<,01 (Lilliefors p<,01)	W=,76546, p=0,0000
Φωλιά 5	d=,23298, p<,01 (Lilliefors p<,01)	W=,76341, p=0,0000

⁸ Για λόγους στατιστικής ομοιοποίησης και λειτουργικότητας της ανάλυσης, δεν χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές για τα μισάωρα αλλά οι τιμές οι οποίες προέκυψαν από την πρόσθεση των τιμών 5 μισάωρων (2,5 ωρών).

Χρησιμοποιώντας μη παραμετρική συσχέτιση Spearman (Πίνακας 3.4) παρατηρήσαμε ότι τα δεδομένα για την κάθε φωλιά συσχετίζονται σημαντικά (συντελεστής συσχέτισης $>0,9$) μεταξύ τους και άρα μπορούμε να πούμε ότι το πρότυπο δραστηριότητας για τις 5 φωλιές ήταν παρόμοιο. Κάτι τέτοιο ήταν αναμενόμενο αφού τα πρότυπα δραστηριότητας των φωλιών που επελέγησαν ήταν ελεγμένα προηγουμένως (Κεφάλαιο 3.2.1). Αυτή η συσχέτιση μας επέτρεψε την ενοποίηση των δεδομένων ανά φωλιά και τη χρησιμοποίηση της μονόδρομης Ανάλυσης Διακύμανσης (Kruskal-Wallis ANOVA) για την επίδραση των αβιοτικών παραγόντων στην δραστηριότητα των φωλιών.

Πίνακας 3.4: Τιμές συσχέτισης (Spearman) πρωτογενών δεδομένων μεταξύ των φωλιών.

Spearman Rank Order Correlations					
	Φωλιά 1	Φωλιά 2	Φωλιά 3	Φωλιά 4	Φωλιά 5
Φωλιά 1		0,944535	0,932271	0,939786	0,944011
Φωλιά 2			0,929862	0,927427	0,927770
Φωλιά 3				0,923724	0,925670
Φωλιά 4					0,926464

Τέλος, για την πολυπαραγοντική ανάλυση της επίδρασης των αβιοτικών παραγόντων στο πρότυπο δραστηριότητας των φωλιών όπως αυτό καταγράφηκε, χρησιμοποιήθηκαν Γενικευμένα Γραμμικά Μοντέλα (GLM). Ειδικά για τα GLMs και καθώς τα δεδομένα της δραστηριότητας των μυρμηγκιών είναι διακριτά (count data), χρησιμοποιήθηκε η κατανομή Poisson ως αναφορά για την ανάλυση του εκάστοτε μοντέλου. Για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα στατιστικά πακέτα λογισμικού Statistica (ver. 7)⁹ και R (ver. 2.15.1)¹⁰.

3.3 Αποτελέσματα

Αρχικά πραγματοποιήθηκε έλεγχος για την διαφοροποίηση της δραστηριότητας των μυρμηγκιών μεταξύ των ετών (Γράφημα 3.1). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ($df=2$, $p=0,1073$) και επομένως θα μπορούσαμε να υποστηρίξουμε ότι το συνολικό πρότυπο δραστηριότητας παραμένει ίδιο από χρονιά σε χρονιά.

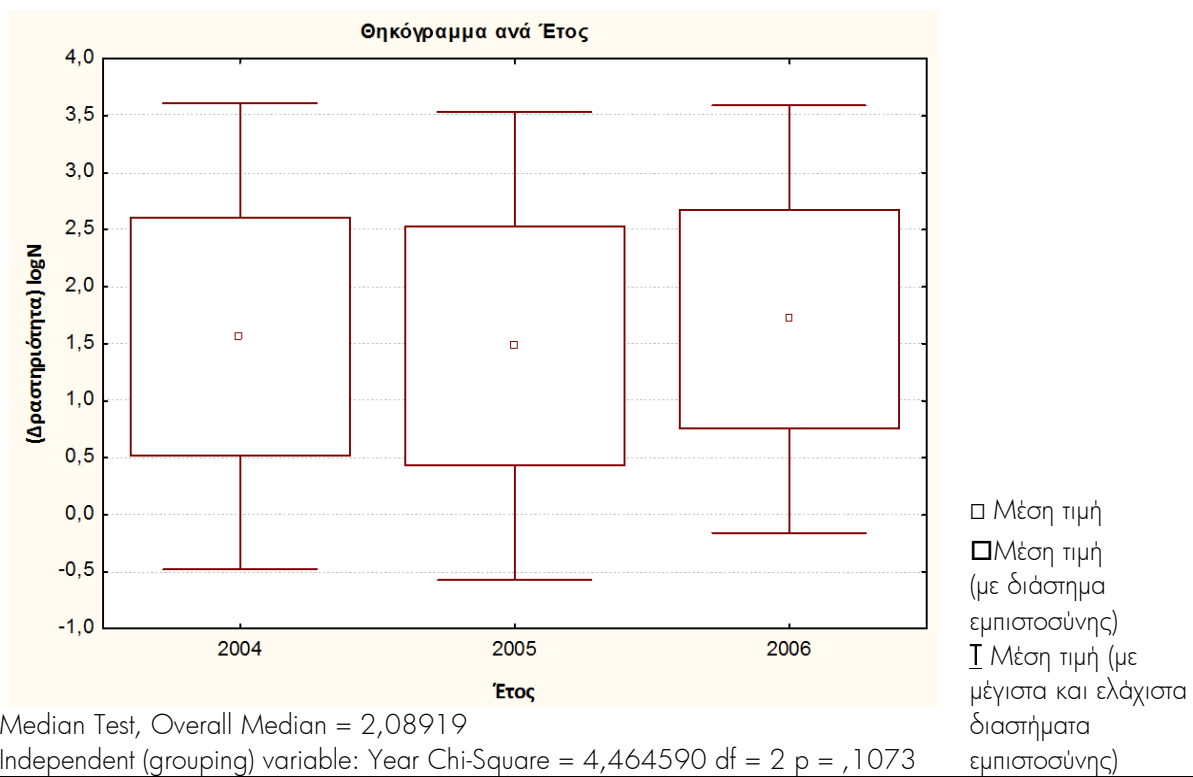
Συγκρίνοντας τις περιόδους δραστηριότητας βάσει ενός γενικευμένου γραμμικού μοντέλου (GLZ) (Γράφημα 3.2), βλέπουμε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($Wald \chi^2(5)=14,147$, $p=0,0147$) μεταξύ των περιόδων δραστηριότητας κατά τη διάρκεια της

⁹ StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA© (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.

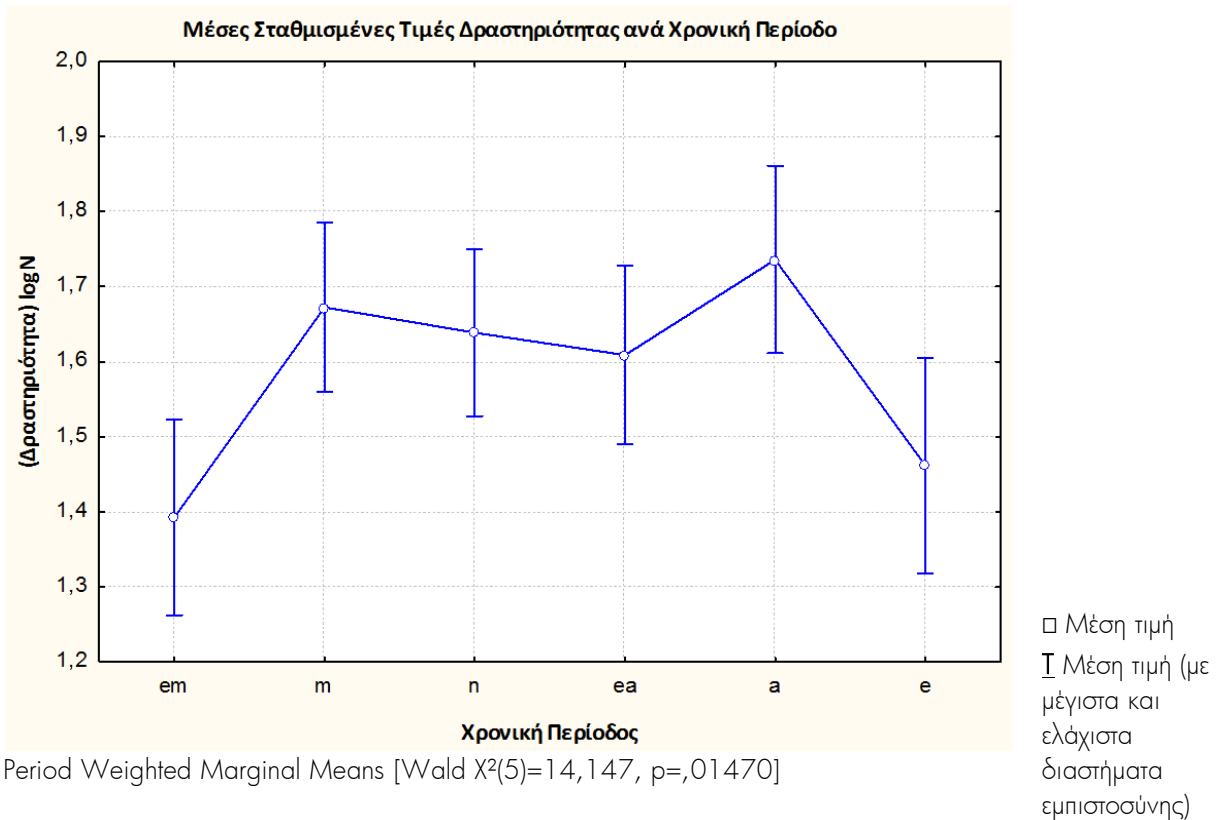
¹⁰ 2012 © The R Foundation for Statistical Computing – (GNU Project) – Bell Laboratories

ημέρας, ανεξαρτήτως έτους, με την μέγιστη δραστηριότητα να εμφανίζεται κατά την απογευματινή περίοδο (α).

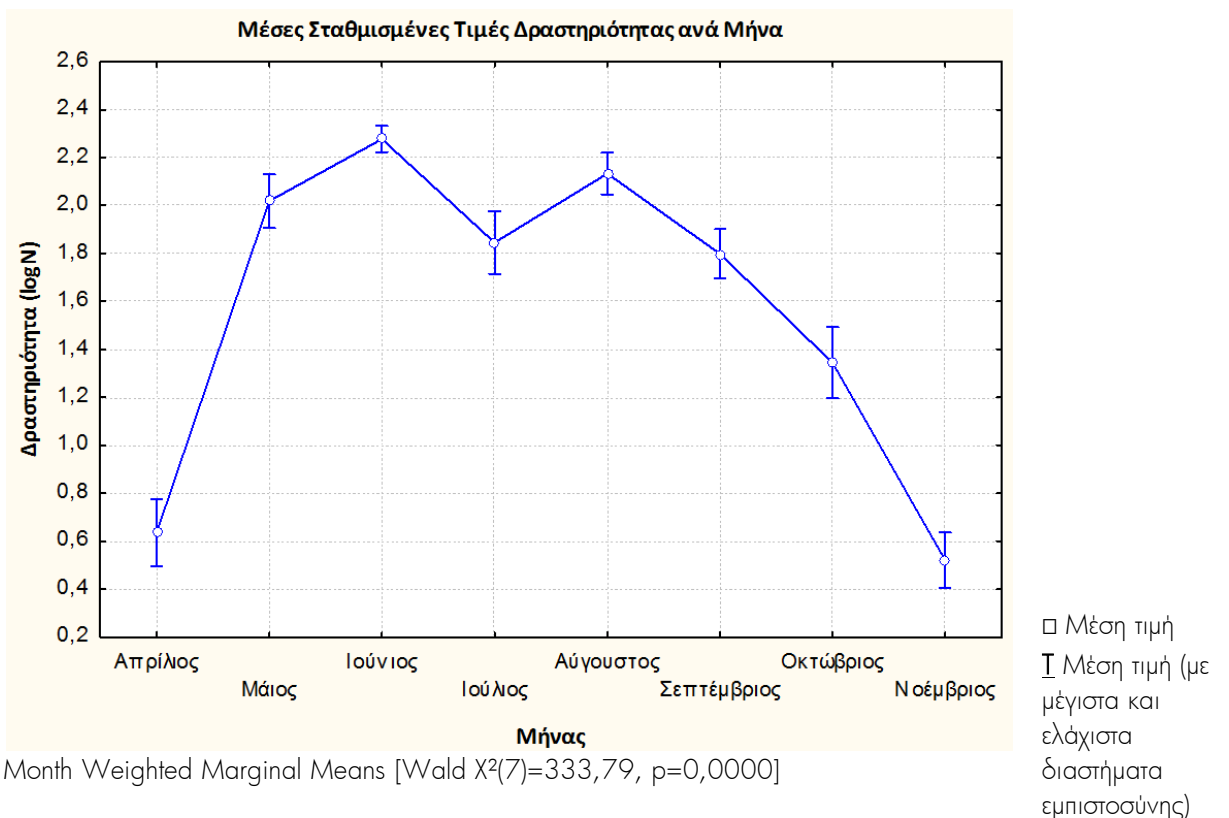
Επιπλέον, όταν εξετάσαμε την ένταση της δραστηριότητας ανά μήνα (Γράφημα 3.3) ανεξαρτήτως έτους και χρονικής περιόδου, είδαμε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Wald $\chi^2(7)=333,79$, $p<0,001$). Ο μήνας με την μέγιστη συνολική δραστηριότητα είναι ο Ιούνιος ακολουθούμενος από τον Αύγουστο, ενώ οι μήνες Νοέμβριος και Απρίλιος ήταν οι μήνες με την ελάχιστη δραστηριότητα των μυρμηγκιών. Γενικότερα, το πρότυπο συνολικής δραστηριότητας των μυρμηγκιών συμβαδίζει με το αναμενόμενο θεώρημα ότι κατά τους θερμότερους μήνες (άνοιξη, καλοκαίρι, φθινόπωρο) η δραστηριότητα των μυρμηγκιών είναι μεγαλύτερη. Εκείνο που είναι αξιοπρόσεκτο και θα διερευνηθεί εκτενέστερα πιο κάτω είναι η πτώση της συνολικής δραστηριότητας κατά τον μήνα Ιούλιο.



Γράφημα 3.1: Συγκριτικό θηκόγραμμα συνολικής δραστηριότητας ανά έτος.

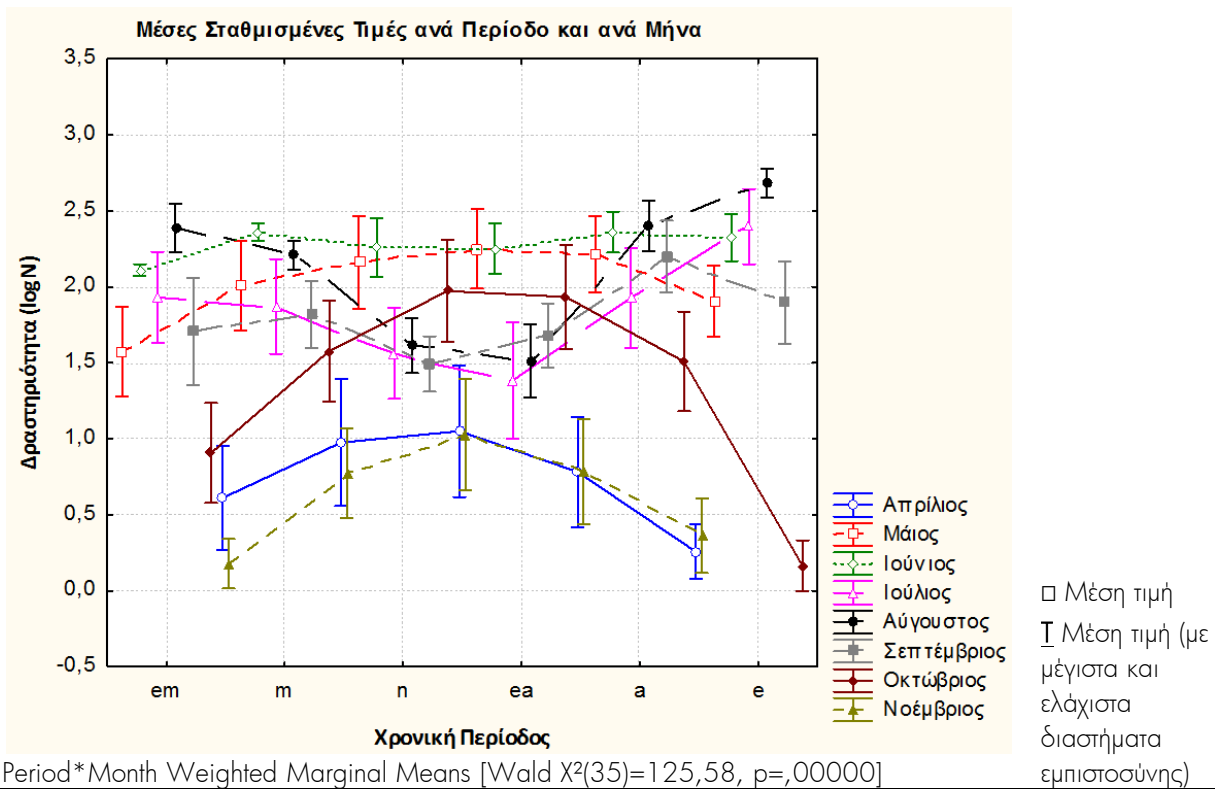


Γράφημα 3.2: Συγκριτικό γράφημα συνολικής δραστηριότητας ανά χρονική περίοδο.

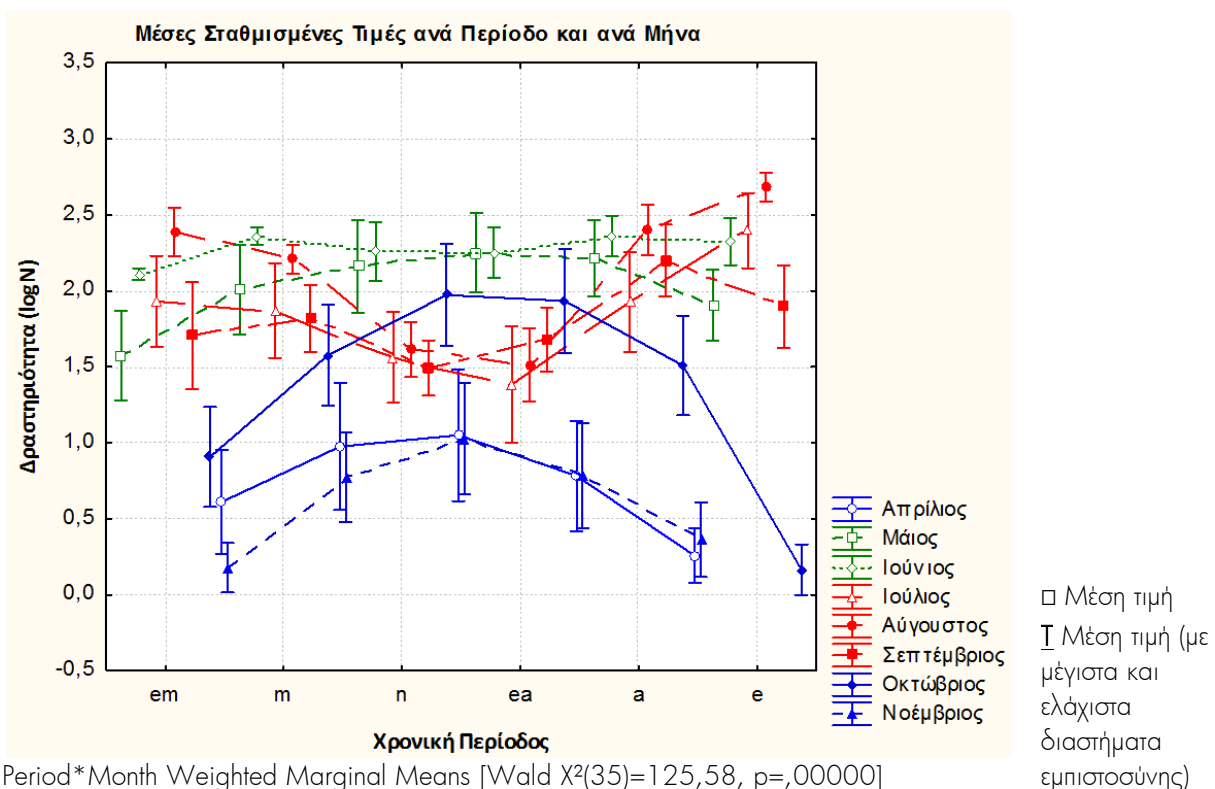


Γράφημα 3.3: Συγκριτικό γράφημα συνολικής δραστηριότητας ανά μήνα.

Λεπτομερέστερα, όταν εξετάσαμε την δραστηριότητα των μυρμηγκιών ανά χρονική περίοδο ανά μήνα, αρχικά παρατηρήσαμε ότι υπάρχουν τρία (3) διακριτά πρότυπα ημερήσιας δραστηριότητας ανάλογα με τον μήνα (Γραφήματα 3.4, 3.5).

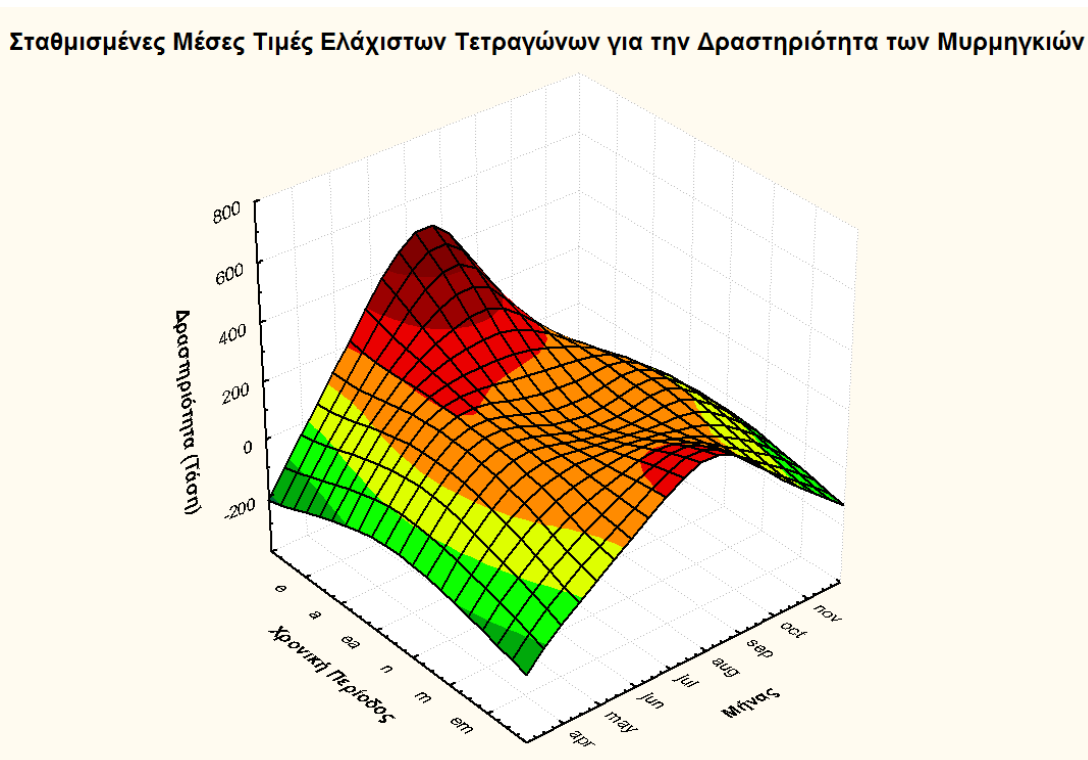


Γράφημα 3.4: Συγκριτικό γράφημα δραστηριότητας ανά χρονική περίοδο και ανά μήνα.



Γράφημα 3.5: Συγκριτικό γράφημα δραστηριότητας ανά χρονική περίοδο και ανά μήνα με χρωματικό διαχωρισμό των τριών (3) προτύπων δραστηριότητας.

Βάσει των τιμών του παραπάνω γραφήματος, μπορέσαμε να οπτικοποιήσουμε την συνολική τάση μεταβολής της δραστηριότητας των μυρμηγκιών κατά τη διάρκεια της ημέρας σε βάθος χρόνου (μήνες) (Γράφημα 3.6).

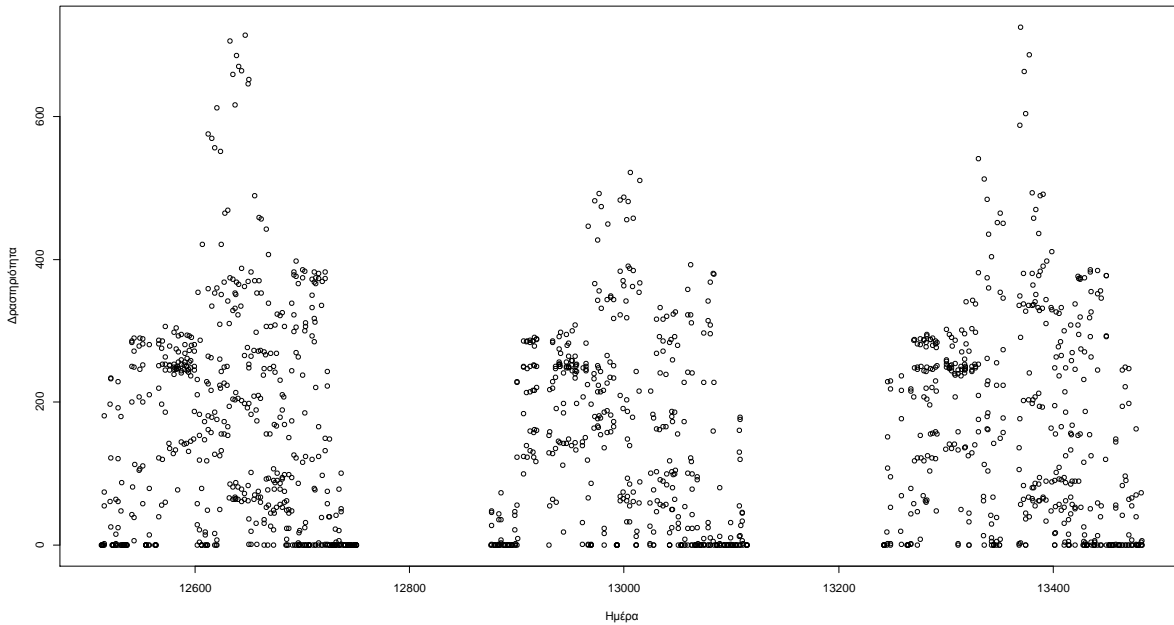


Γράφημα 3.6: Γράφημα αποτύπωσης της συνολικής τάσης δραστηριότητας των μυρμηγκιών σε σχέση με τους μήνες και την χρονική περίοδο μέσα στην ημέρα.

Για να απαντηθούν ερωτήματα τα οποία προκύπτουν από την συσχέτιση των αβιοτικών παραγόντων με τα πρότυπα δραστηριότητας των μυρμηγκιών κατά την περίοδο δειγματοληψίας, μετατρέψαμε την μεταβλητή του χρόνου (ημέρα δειγματοληψίας) σε μία γραμμική μεταβλητή (δηλ. η ημέρα 5.IV.2004 αναφέρεται ως 12513, η 7.IV.2004 ως 12515 κλπ – δημιουργεί την αναφορά σε αριθμό από την ημέρα 1.I.1900)

```
as.Date(ants$Date, format="%m/%d/%Y") # Create Date
ants$daten=as.numeric( as.Date(ants$Date, format="%m/%d/%Y") ) # Numeric date
```

Συνεπώς μπορούμε να οπτικοποιήσουμε (Γράφημα 3.7) την συνολική δραστηριότητα κατά την περίοδο δειγματοληψίας (και τα τρία χρόνια) και να εξετάσουμε τα πρότυπα δραστηριότητας των μυρμηγκιών.

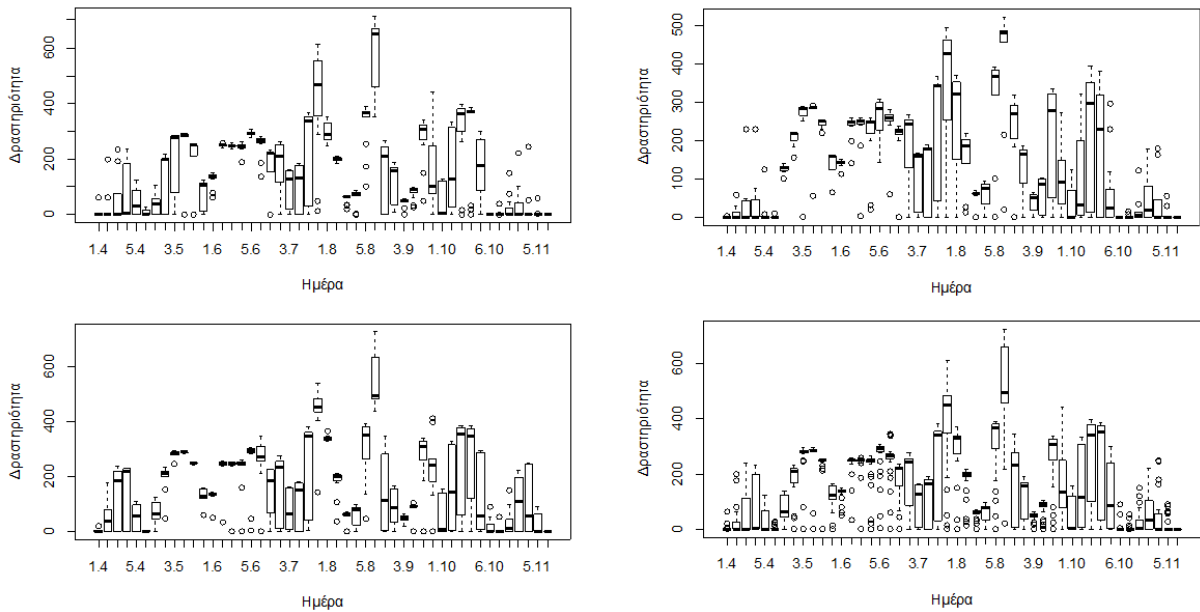


Γράφημα 3.7: Πρότυπα δραστηριότητας των μυρμηγκιών για τα τρία χρόνια.

Πιο αναλυτικά, θα μπορούσαμε να εξετάσουμε το συνολικό πρότυπο δραστηριότητας για κάθε έτος και να εντοπίσουμε τυχόν αυξο-μειώσεις στην δραστηριότητα των μυρμηγκιών, μην εξετάζοντας ακόμη τους λόγους αυτών διακυμάνσεων (Γράφημα 3.8) και επομένως θεωρώντας ότι η κάθε ημέρα του έτους είναι ανεξάρτητη από την προηγούμενη και την επόμενη.

```

boxplot(N~per+monthN, data=ants, subset=(Year==2004), xlab='Ημέρα', ylab='Δραστηριότητα')
boxplot(N~per+monthN, data=ants, subset=(Year==2005), xlab='Ημέρα', ylab='Δραστηριότητα')
boxplot(N~per+monthN, data=ants, subset=(Year==2006), xlab='Ημέρα', ylab='Δραστηριότητα')
και συνολικά (για τα 3 έτη):
boxplot(N~per+monthN, data=ants, xlab='Ημέρα', ylab='Δραστηριότητα')
    
```



Γράφημα 3.8: Μέση δραστηριότητα των μυρμηγκιών ανά έτος θεωρώντας την κάθε ημέρα ως ανεξάρτητη μεταβλητή. 2004: επ. αριστερά, 2005: επ. δεξιά, 2006: κάτω αριστερά, Για το σύνολο των ετών: κάτω δεξιά.

Στην πραγματικότητα όμως, αν και δεν υπάρχει απόλυτη εξάρτηση της δραστηριότητας της μίας ημέρας με την επόμενη, ισχύει ότι το συνολικό πρότυπο δραστηριότητας αποδίδεται καλύτερα (πιο σωστά) εξετάζοντας ως υποσύνολα δραστηριότητας τις ‘κοντινές’ ημέρες μαζί. Σε μία τέτοια περίπτωση, μπορούμε να αποτυπώσουμε την δραστηριότητα των μυρμηγκιών σε σχέση με τον χρόνο (ημέρα) χρησιμοποιώντας την γραμμή εξομάλυνσης βάσει της κεντρικής τάσης παλινδρόμησης (kernel regression) Nadaraya-Watson (Nadaraya, 1964; Watson, 1964) σε γραφική παράσταση ομαδοποιημένης (κατά ημέρα) συσχέτισης χρόνου και δραστηριότητας (Γράφημα 3.9). Η γραμμή αυτή εξομάλυνσης προκύπτει από έναν μη-παραμετρικό τρόπο εκτίμησης της βαρύτητας μίας τυχαίας μεταβλητής – στην περίπτωση μας η δραστηριότητα των μυρμηγκιών από μέρα σε μέρα – και αποδίδεται με τον τύπο:

$$\hat{m}_h(x) = \frac{\sum_{i=1}^n K_h(x - X_i) Y_i}{\sum_{i=1}^n K_h(x - X_i)}$$

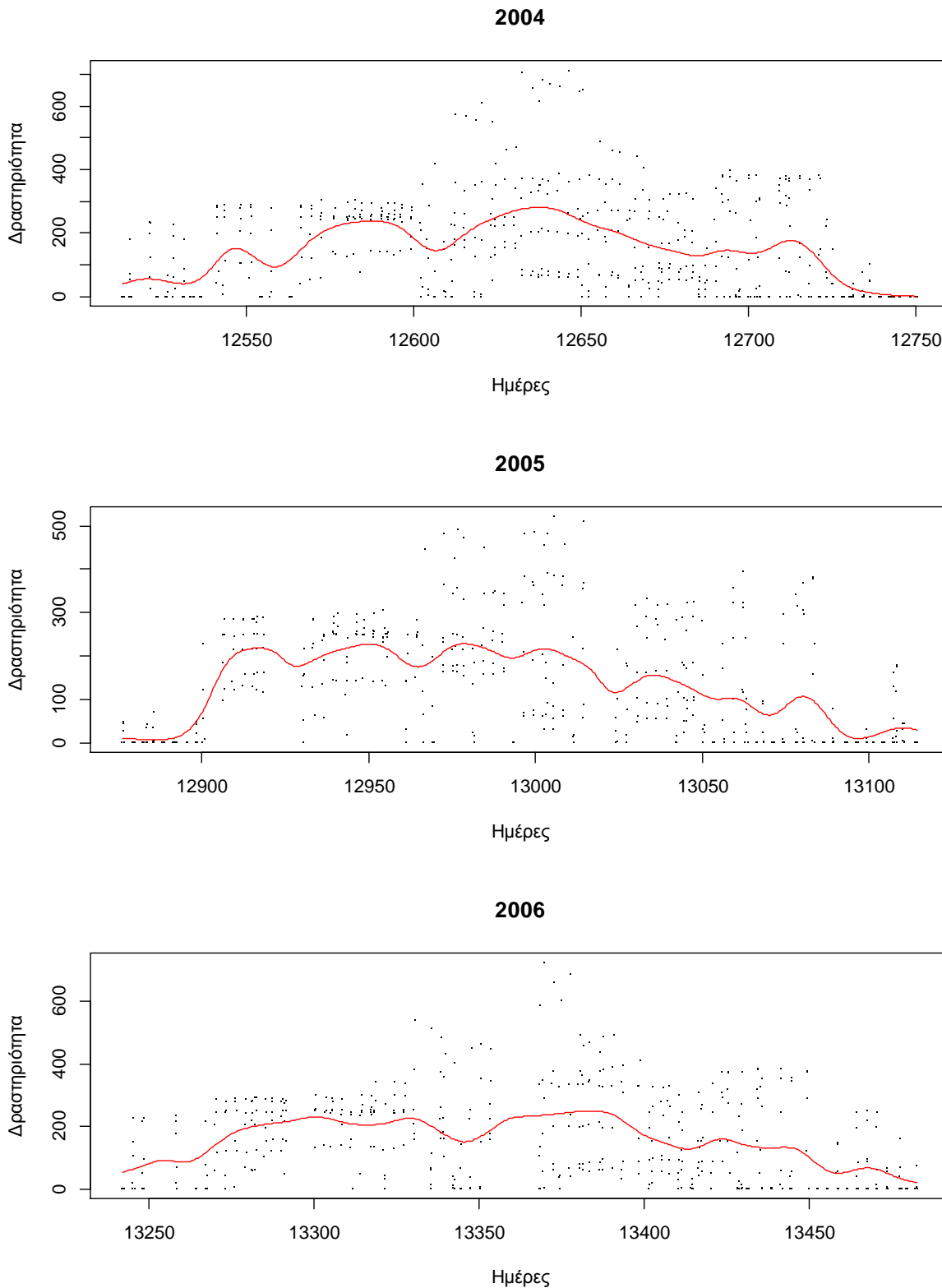
Όπου m είναι η τοπικά σταθμισμένη μέση τιμή της παλινδρόμησης, με το K να είναι η εκτίμηση της βαρύτητας της μεταβλητής με μία διακύμανση h για την σχέση των μεταβλητών X και Y .

```
plot(cbind(ants[ants$Year==2004,]$time,ants[ants$Year==2004,]$N), main =
'2004',xlab='Ημέρες',ylab='Δραστηριότητα',pch=".")
lines(ksmooth(x=ants[ants$Year==2004,]$time,y=ants[ants$Year==2004,]$N,kernel="normal",bandwidth=15),type="l",col=2)
```

```
plot(cbind(ants[ants$Year==2005,]$time,ants[ants$Year==2005,]$N), main =
"2005",xlab='Ημέρες',ylab='Δραστηριότητα',pch=".")
lines(ksmooth(x=ants[ants$Year==2005,]$time,y=ants[ants$Year==2005,]$N,kernel="normal",bandwidth=15),type="l",col=2)
```



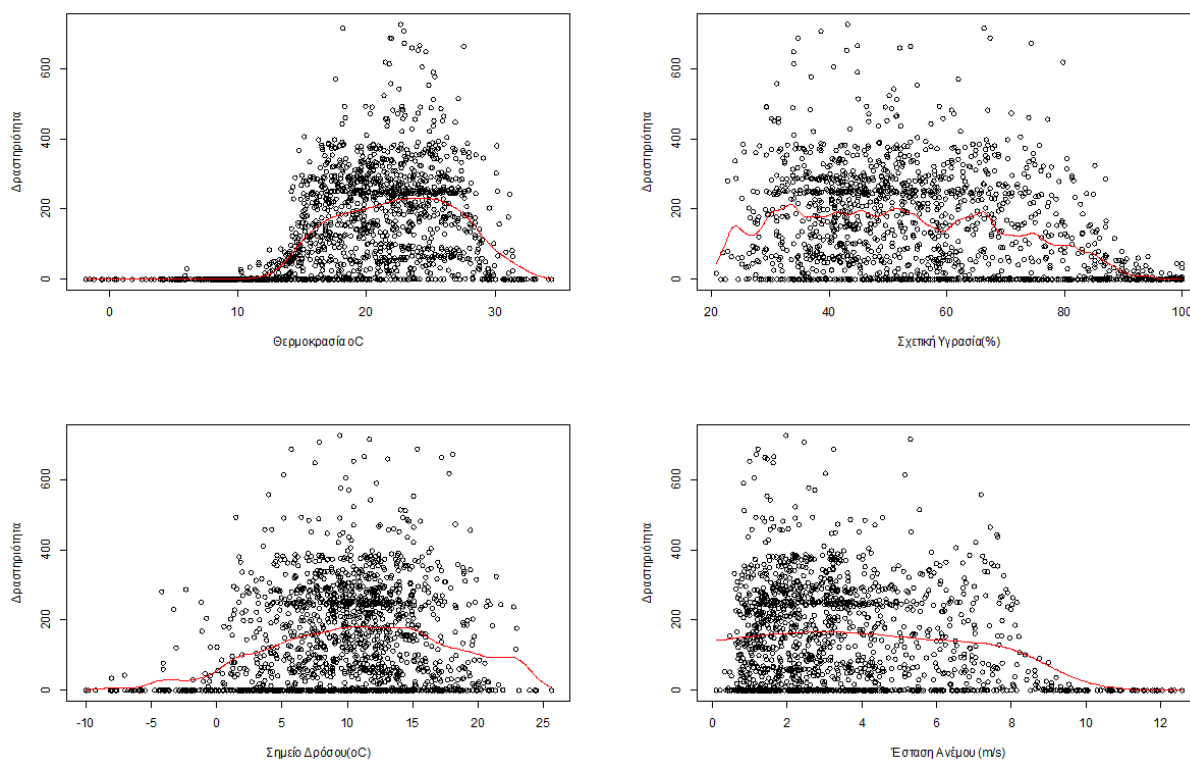
```
plot(cbind(ants[ants$Year==2006,]$time,ants[ants$Year==2006,]$N), main =  
"2006",xlab='Ημέρες',ylab='Δραστηριότητα',pch=".")  
lines(ksmooth(x=ants[ants$Year==2006,]$time,y=ants[ants$Year==2006,]$N,kernel="norm  
al",bandwidth=15),type="l",col=2
```



Γράφημα 3.9: Σταθμισμένες μέσες τιμές δραστηριότητας (σύμφωνα με την στατιστική της κεντρικής τάσης παλινδρόμησης Nadaraya-Watson) για τα 3 έτη ως προς την ημέρα (με κόκκινο χρώμα).

Έως τώρα προσπαθήσαμε να περιγράψουμε π έγινε ως προς την δραστηριότητα των μυρμηγκιών σε σχέση με τον χρονικό παράγοντα (ημέρες, μήνες, εποχές, έτη). Θα πρέπει λοιπόν να εξετάσουν *γιατί* υπάρχουν αυτές οι τάσεις εναλλαγής των προτύπων δραστηριότητας και πώς αυτές οι τάσεις σχετίζονται με αβιοτικούς παράγοντες που μετρήσαμε στο πεδίο έρευνας. Θα πρέπει λοιπόν, να εξετάσουμε την σχέση της δραστηριότητας των μυρμηγκιών με τους επιμέρους αβιοτικούς παράγοντες (Θερμοκρασία, Σχετική υγρασία, Σημείο Δρόσου και Ένταση Ανέμου) αρχικά στο σύνολό της διακύμανσης των τιμών τους (Γράφημα 3.10). Παρατηρούμε ότι για την θερμοκρασία υπάρχει μία βέλτιστη τιμή περίπου στους 22-23°C, για το σημείο δρόσου η τιμή αυτή κυμαίνεται μεταξύ των 7-13°C, για την ένταση του ανέμου οι χαμηλές τιμές μεταξύ 1-3 m/s φαίνεται να ευνοούν την δραστηριότητα των μυρμηγκιών ενώ δεν μπορούμε να εκφέρουμε με κάποια βεβαιότητα το βέλτιστο εύρος τιμών για την σχετική υγρασία και την επίδρασή της στην δραστηριότητα των μυρμηγκιών.

```
plot(ants$T,ants$N,type='p',xlab='Θερμοκρασία οC',ylab='Δραστηριότητα')
plot(ants$H,ants$N,type='p',xlab='Σχετική Υγρασία (%)',ylab='Δραστηριότητα')
plot(ants$D,ants$N,type='p',xlab='Σημείο Δρόσου οC',ylab='Δραστηριότητα')
plot(ants$W,ants$N,type='p',xlab='Ένταση Ανέμου (m/s)',ylab='Δραστηριότητα')
```



Γράφημα 3.10: Συσχέτιση δραστηριότητας των μυρμηγκιών με τους αβιοτικούς παράγοντες που μετρήθηκαν. Με την κόκκινη γραμμή αποτυπώνεται η σταθμισμένη μέση τιμή της δραστηριότητας σύμφωνα με την στατιστική της κεντρικής τάσης παλινδρόμησης Nadaraya-Watson.

Για να εξετάσουμε εκτενέστερα και στατιστικά ορθά ποιός ή ποιοί (συνδυαστικά) αβιοτικοί παράγοντες επηρεάζουν (και σε ποιο βαθμό) το πρότυπο δραστηριότητας των μυρμηγκιών, αρχικά επιλέξαμε μία μη-παραμετρική προσέγγιση με ένα γενικευμένο γραμμικό μοντέλο για κάθε μία μεταβλητή (αβιοτικοί παράγοντες). Οι Πίνακες 3.5 – 3.7 συνοψίζουν τα

αποτελέσματα για κάθε μεταβλητή που μετρήθηκε ανά έτος. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε έχει την μορφή:

$$y = X\beta + Zu + \epsilon$$

όπου:

- y είναι ένα διάνυσμα παρατηρήσεων με μέση τιμή $E(y)=X\beta$,
- β είναι ένα διάνυσμα σταθερών επιδράσεων,
- u είναι ένα διάνυσμα τυχαίων επιδράσεων με μέση τιμή $E(u)=0$ και μήτρα διακύμανσης-συνδιακύμανσης $\text{var}(u)=G$,
- ϵ είναι ένα διάνυσμα ανεξάρτητων και παρόμοιων όρων τυχαίων σφαλμάτων με μέση τιμή $E(\epsilon)=0$ και διακύμανση $\text{var}(\epsilon)=R$ και
- X, Z είναι μήτρες παλινδρόμησης που αφορούν τις παρατηρήσεις από y έως β και u .

Η όλη προσπάθεια συνεπώς επικεντρώνεται στο να υπολογιστούν οι τιμές για τα β και u , οι οποίες μπορούν να εκτιμηθούν βάσει της λύσης των εξισώσεων σύμφωνα με τον Henderson (1984):

$$\begin{pmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + G^{-1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \tilde{\beta} \\ \tilde{u} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{pmatrix}$$

Στην δική μας περίπτωση, το μοντέλο το οποίο εξετάσαμε αποδίδεται (πολύ απλουστευμένα...) με τον τύπο:

$$\text{Δραστηριότητα} = \text{(Περίοδος της ημέρας)}\beta + \text{(Αβιοτική μεταβλητή)}u + \text{Τυχαίο σφάλμα επίδρασης της μίας χρονικής περιόδου της ημέρας με την επόμενη}$$

Πίνακας 3.5: Γενικευμένα γραμμικά μοντέλα για κάθε μεταβλητή ξεχωριστά για το έτος 2004.

Θερμοκρασία (T)	Generalized linear mixed model fit by the Laplace approximation			
	Formula: NN ~ time22 + T + (1 per)			
	Data: ants[ants\$Year == 2004,]			
	AIC	BIC	logLik	deviance
	72127	72144	-36059	72119
	Random effects:			
	Groups Name	Variance	Std.Dev.	
	per (Intercept)	0.059561	0.24405	
	Number of obs: 582, groups: per, 6			
	Fixed effects:			
	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	3.163e+00	1.011e-01	31.28	< 2e-16 ***
time22	3.966e-04	6.393e-05	6.20	5.55e-10 ***
T	9.072e-02	6.494e-04	139.68	< 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Correlation of Fixed Effects:				
	(Intr)	time22		
time22		-0.103		
T		-0.150	0.195	

Υγρασία (H)

```
-----
Generalized linear mixed model fit by the Laplace approximation
Formula: NN ~ time22 + H + (1 | per)
Data: ants[ants$Year == 2004, ]
AIC   BIC logLik deviance
84009 84026 -42000   84001
Random effects:
Groups Name      Variance Std.Dev.
per   (Intercept) 0.055856 0.23634
Number of obs: 582, groups: per, 6

Fixed effects:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  6.039e+00  9.718e-02  62.14 < 2e-16 ***
time22       3.530e-04  5.583e-05   6.32 2.56e-10 ***
H            -2.019e-02  2.115e-04  -95.50 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Correlation of Fixed Effects:
      (Intr) time22
time22 -0.039
H      -0.092 -0.276
-----
```

Σημείο Δρόσου (D)

```
-----
Generalized linear mixed model fit by the Laplace approximation
Formula: NN ~ time22 + D + (1 | per)
Data: ants[ants$Year == 2004, ]
AIC   BIC logLik deviance
84563 84580 -42277   84555
Random effects:
Groups Name      Variance Std.Dev.
per   (Intercept) 0.027491 0.16581
Number of obs: 582, groups: per, 6

Fixed effects:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  4.462e+00  6.852e-02  65.12 <2e-16 ***
time22       -1.828e-03  5.555e-05 -32.91 <2e-16 ***
D            8.196e-02  8.633e-04  94.94 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Correlation of Fixed Effects:
      (Intr) time22
time22 -0.077
D      -0.110 -0.163
-----
```

Ταχύτητα Ανέμου (W)

```
-----
Generalized linear mixed model fit by the Laplace approximation
Formula: NN ~ time22 + W + (1 | per)
Data: ants[ants$Year == 2004, ]
AIC   BIC logLik deviance
91413 91431 -45703   91405
Random effects:
Groups Name      Variance Std.Dev.
per   (Intercept) 0.027491 0.16581
Number of obs: 582, groups: per, 6

Fixed effects:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  5.458e+00  6.830e-02  79.91 <2e-16 ***
time22       -1.514e-03  5.022e-05 -30.14 <2e-16 ***
W            -8.042e-02  1.685e-03  -47.74 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Correlation of Fixed Effects:
      (Intr) time22
time22 -0.099
W      -0.086  0.126
-----
```

Πίνακας 3.6: Γενικευμένα γραμμικά μοντέλα για κάθε μεταβλητή ξεχωριστά για το έτος 2005.

Θερμοκρασία (T)

```

Generalized linear mixed model fit by the Laplace approximation
Formula: NN ~ time22 + T + (1 | per)
Data: ants[ants$Year == 2005, ]
AIC   BIC logLik deviance
56785 56802 -28389   56777
Random effects:
Groups Name      Variance Std.Dev.
per   (Intercept) 0.042679 0.20659
Number of obs: 498, groups: per, 6

Fixed effects:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  4.015e+00  9.239e-02  43.46  <2e-16 ***
time22       -2.052e-03  6.943e-05 -29.55  <2e-16 ***
T             8.705e-02  7.141e-04  121.90  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Correlation of Fixed Effects:
      (Intr) time22
time22 -0.367
T      -0.198  0.064
    
```

Υγρασία (H)

```

Generalized linear mixed model fit by the Laplace approximation
Formula: NN ~ time22 + H + (1 | per)
Data: ants[ants$Year == 2005, ]
AIC   BIC logLik deviance
66631 66648 -33312   66623
Random effects:
Groups Name      Variance Std.Dev.
per   (Intercept) 0.035861 0.18937
Number of obs: 498, groups: per, 6

Fixed effects:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  5.771e+00  8.232e-02  70.10  <2e-16 ***
time22       6.187e-04  6.646e-05   9.31  <2e-16 ***
H            -2.185e-02  2.600e-04  -84.02  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Correlation of Fixed Effects:
      (Intr) time22
time22 -0.308
H       0.011 -0.455
    
```

Σημείο Δρόσου (D)

```

Generalized linear mixed model fit by the Laplace approximation
Formula: NN ~ time22 + D + (1 | per)
Data: ants[ants$Year == 2005, ]
AIC   BIC logLik deviance
68566 68583 -34279   68558
Random effects:
Groups Name      Variance Std.Dev.
per   (Intercept) 0.032128 0.17924
Number of obs: 498, groups: per, 6

Fixed effects:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  6.233e+00  7.870e-02  79.20  <2e-16 ***
time22       -3.946e-03  6.479e-05 -60.90  <2e-16 ***
D            5.001e-02  6.729e-04  74.33  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Correlation of Fixed Effects:
      (Intr) time22
time22 -0.353
D       0.046 -0.370
    
```

Ταχύτητα Ανέμου (W)

```
-----
Generalized linear mixed model fit by the Laplace approximation
Formula: NN ~ time22 + W + (1 | per)
Data: ants[ants$Year == 2005, ]
AIC   BIC logLik deviance
70419 70436 -35206   70411
Random effects:
Groups Name          Variance Std.Dev.
per   (Intercept)    0.032128 0.17924
Number of obs: 498, groups: per, 6

Fixed effects:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  6.1144125   0.0780202   78.37   <2e-16 ***
time22       -0.0018439   0.0000556  -33.17   <2e-16 ***
W            -0.1226451   0.0022170  -55.32   <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Correlation of Fixed Effects:
      (Intr) time22
time22 -0.334
W      -0.066 -0.039
-----
```

Πίνακας 3.7: Γενικευμένα γραμμικά μοντέλα για κάθε μεταβλητή ξεχωριστά για το έτος 2006.

Θερμοκρασία (T)

```
-----
Generalized linear mixed model fit by the Laplace approximation
Formula: NN ~ time22 + T + (1 | per)
Data: ants[ants$Year == 2006, ]
AIC   BIC logLik deviance
61724 61741 -30858   61716
Random effects:
Groups Name          Variance Std.Dev.
per   (Intercept)    0.032922 0.18144
Number of obs: 486, groups: per, 6

Fixed effects:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  5.7348272   0.0916842   62.55   <2e-16 ***
time22       -0.0019464   0.0000588  -33.10   <2e-16 ***
T            0.0497956   0.0007198   69.18   <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Correlation of Fixed Effects:
      (Intr) time22
time22 -0.564
T      -0.239  0.134
-----
```

Υγρασία (H)

```
-----
Generalized linear mixed model fit by the Laplace approximation
Formula: NN ~ time22 + H + (1 | per)
  Data: ants[ants$Year == 2006, ]
      AIC   BIC logLik deviance
57334 57351 -28663   57326
Random effects:
  Groups Name      Variance Std.Dev.
per      (Intercept) 0.042497 0.20615
Number of obs: 486, groups: per, 6

Fixed effects:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  6.515e+00  9.705e-02  67.13 < 2e-16 ***
time22       -3.367e-04  6.003e-05  -5.61 2.04e-08 ***
H            -2.143e-02  2.235e-04  -95.90 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Correlation of Fixed Effects:
      (Intr) time22
time22 -0.484
H       0.054 -0.328
-----
```

Σημείο Δρόσου (D)

```
-----
Generalized linear mixed model fit by the Laplace approximation
Formula: NN ~ time22 + D + (1 | per)
  Data: ants[ants$Year == 2006, ]
      AIC   BIC logLik deviance
67149 67166 -33570   67141
Random effects:
  Groups Name      Variance Std.Dev.
per      (Intercept) 0.032922 0.18144
Number of obs: 486, groups: per, 6

Fixed effects:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  7.055e+00  8.641e-02  81.65 < 2e-16 ***
time22       -2.270e-03  5.377e-05  -42.22 < 2e-16 ***
D            -5.166e-03  6.722e-04  -7.69 1.53e-14 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Correlation of Fixed Effects:
      (Intr) time22
time22 -0.507
D       0.044 -0.233
-----
```

Ταχύτητα Ανέμου (W)

```
-----
Generalized linear mixed model fit by the Laplace approximation
Formula: NN ~ time22 + W + (1 | per)
  Data: ants[ants$Year == 2006, ]
      AIC   BIC logLik deviance
66845 66861 -33418   66837
Random effects:
  Groups Name      Variance Std.Dev.
per      (Intercept) 0.032922 0.18144
Number of obs: 486, groups: per, 6

Fixed effects:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  7.110e+00  8.628e-02  82.41 <2e-16 ***
time22       -2.244e-03  5.238e-05  -42.83 <2e-16 ***
W            -3.677e-02  1.561e-03  -23.55 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Correlation of Fixed Effects:
      (Intr) time22
time22 -0.507
W       -0.017 -0.088
-----
```

Όπως παρατηρούμε, σε όλα τα έτη υπήρχαν στατιστικά σημαντικές σχέσεις ($p < 0,01$) μεταξύ της δραστηριότητας των μυρμηγκιών και των επιμέρους αβιοτικών παραγόντων που μετρήθηκαν. Λεπτομερέστερα, υπήρχε μία θετική συσχέτιση της δραστηριότητας των μυρμηγκιών με την θερμοκρασία T (2004: $est.=0,00907$; 2005: $est.=0,08705$; 2006: $est.=0,04979$), αρνητική συσχέτιση με την σχετική υγρασία H (2004: $est.=0,02019$; 2005: $est.=0,02185$; 2006: $est.=0,02143$), αρνητική συσχέτιση με την ένταση του ανέμου W (2004: $est.=0,08042$; 2005: $est.=0,12226$; 2006: $est.=0,03677$) ενώ το πρότυπο συσχέτισης με το σημείο δρόσου D τροποποιήθηκε και ενώ υπήρχε θετική συσχέτιση κατά τα έτη 2004 ($est.=0,08196$) και 2005 ($est.=0,05001$), μετατράπηκε σε αρνητική για το έτος 2006 ($est.=0,05166$).

Συνολικά για όλα τα έτη (Πίνακας 3.8), η μοναδική μεταβλητή που έδωσε θετική συσχέτιση με την δραστηριότητα των μυρμηγκιών ήταν η θερμοκρασία T ($est.=0,4012$) ενώ οι άλλοι αβιοτικοί παράγοντες παρατηρήθηκε ότι είχαν αρνητική συσχέτιση με την δραστηριότητα των μυρμηγκιών (H $est.=0,01993$; D $est.=0,06896$; W $est.=0,07130$).

Πίνακας 3.8: Γενικευμένα γραμμικά μοντέλα για κάθε μεταβλητή ξεχωριστά, για όλα τα έτη.

Generalized linear mixed model fit by the Laplace approximation
Formula: NN ~ time22 + T2 + (1 | per)
Data: ants

	AIC	BIC	logLik	deviance
	5.847e+33	5.847e+33	-2.924e+33	5.847e+33

Random effects:

Groups Name	Variance	Std.Dev.
per (Intercept)	0.010217	0.10108

Number of obs: 1566, groups: per, 6

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	2.849e+00	3.800e-09	7.497e+08	<2e-16 ***
time22	3.764e-01	3.975e-18	9.470e+16	<2e-16 ***
T2	4.012e-01	1.457e-17	2.754e+16	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Correlation of Fixed Effects:

	(Intr)	time22
time22	0.000	
T2	0.000	0.205

Θερμοκρασία (T)

Κεφάλαιο 3 – Ημερήσια/μηνιαία/εποχιακή φαινολογία

Υγρασία (H)

```
-----
Generalized linear mixed model fit by the Laplace approximation
Formula: NN ~ time22 + H + (1 | per)
Data: ants
AIC    BIC    logLik deviance
210080 210102 -105036  210072
Random effects:
Groups Name      Variance Std.Dev.
per  (Intercept)  0.010217 0.10108
Number of obs: 1566, groups: per, 6

Fixed effects:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  6.006e+00  4.188e-02  143.40  <2e-16 ***
time22       6.836e-05  6.805e-06  10.05  <2e-16 ***
H            -1.993e-02  1.233e-04 -161.66  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Correlation of Fixed Effects:
      (Intr) time22
time22 -0.063
H      -0.146 -0.080
-----
```

Σημείο Δρόσου (D)

```
-----
Generalized linear mixed model fit by the Laplace approximation
Formula: NN ~ time22 + D2 + (1 | per)
Data: ants
AIC    BIC    logLik deviance
3.861e+77 3.861e+77 -1.93e+77 3.861e+77
Random effects:
Groups Name      Variance Std.Dev.
per  (Intercept)  0.010217 0.10108
Number of obs: 1566, groups: per, 6

Fixed effects:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  4.312e+00  1.530e-31  2.819e+31  <2e-16 ***
time22       4.902e-01  8.724e-40  5.618e+38  <2e-16 ***
D2           -6.896e-02  3.946e-40 -1.748e+38  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Correlation of Fixed Effects:
      (Intr) time22
time22  0.000
D2      0.000 -0.518
-----
```

Ταχύτητα Ανέμου (W)

```
-----
Generalized linear mixed model fit by the Laplace approximation
Formula: NN ~ time22 + W + (1 | per)
Data: ants
AIC    BIC    logLik deviance
236233 236254 -118112  236225
Random effects:
Groups Name      Variance Std.Dev.
per  (Intercept)  0.010217 0.10108
Number of obs: 1566, groups: per, 6

Fixed effects:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  5.218e+00  4.155e-02  125.59  <2e-16 ***
time22       1.374e-05  6.791e-06  2.02  0.043 *
W            -7.130e-02  9.880e-04 -72.17  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Correlation of Fixed Effects:
      (Intr) time22
time22 -0.074
W      -0.071 -0.031
-----
```

Συνδυαστικά, προσπαθήσαμε να αποδώσουμε την συσχέτιση των επιμέρους αβιοτικών μεταβλητών μη λαμβάνοντας υπόψη την αλληλεπίδραση μεταξύ τους, με ένα αντίστοιχο γενικευμένο γραμμικό μοντέλο που είχε την μορφή:

$$y = X\beta + \sum_{i=1}^n Z_{i \rightarrow n} \tilde{u} + \epsilon$$

ή αλλιώς:

$$\text{Δραστηριότητα} = \text{(Περίοδος της ημέρας)}\beta + \begin{bmatrix} \text{(Αβιοτική μεταβλητή 1)}u_1 \\ \vdots \\ \text{(Αβιοτική μεταβλητή } n)u_n \end{bmatrix} + \text{Τυχαίο σφάλμα επίδρασης της μίας χρονικής περιόδου της ημέρας με την επόμενη}$$

όπου στην δική μας περίπτωση $n=4$ (4 αβιοτικοί παράγοντες).

Τα αποτελέσματα του μοντέλου (Πίνακας 3.9) έδειξαν ότι υπάρχει μόνο μία θετική συσχέτιση της δραστηριότητας με τις τιμές του σημείου δρόσου D , ενώ υπάρχουν αρνητικές συσχετίσεις με τις υπόλοιπες μεταβλητές. Παρόλα αυτά, παρατηρούμε ότι ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ του σημείου δρόσου και της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας πλησιάζει την τιμή 1. Κάτι τέτοιο είναι αναμενόμενο αφού υπάρχει μία συνάρτηση (αναφέρεται και ως *φόρμουλα του Magnus*) που αποδίδει την σχέση των παραπάνω μεταβλητών (Εικόνα 3.11). Θα μπορούσαμε δυνητικά λοιπόν να αφαιρέσουμε την μεταβλητή του σημείου δρόσου από το μοντέλο μας και να εξετάσουμε αν το νέο (πιο απλό...) μοντέλο (Πίνακας 3.10) είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετικό από το προηγούμενο. Η ανάλυση διακύμανσης μεταξύ των δύο μοντέλων (Πίνακας 3.11) αποδεικνύει αυτή την απλοποίηση

$$\gamma(T, RH) = \ln \left(\frac{RH}{100} \exp \left(\frac{bT}{c + T} \right) \right) = \ln \left(\frac{RH}{100} \right) + \frac{bT}{c + T};$$

$$T_{dp} = \frac{c\gamma(T, RH)}{b - \gamma(T, RH)};$$

Εικόνα 3.11: Η συνάρτηση της φόρμουλας του Magnus.

($p < 0,01$) και άρα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα πιο απλό, αλλά εξίσου σημαντικό μοντέλο για την γραμμική περιγραφή του συνολικού προτύπου δραστηριότητας των μυρμηγκιών. Στην εφαρμογή του νέου μοντέλου όμως παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία παρουσιάζει θετική επίδραση και η νέα συσχέτιση παρουσιάζει θετικό πρόσημο· κάτι που συμφωνεί και με το αρχικό μονοδιάστατο μοντέλο επίδρασης της θερμοκρασίας (Πίνακας 3.8).

Πίνακας 3.9: Συνδυαστικό γενικευμένο γραμμικό μοντέλο για όλες τις μεταβλητές, για όλα τα έτη, μη λαμβάνοντας υπόψη την αλληλεπίδρασή τους.

```

> ants_lmer1 <- lmer(NN ~ time22 + T + H + D + W + (1|per),
data = ants, family = "poisson")
Generalized linear mixed model fit by the Laplace approximation
Formula: NN ~ time22 + T + H + D + W + (1 | per)
Data: ants
AIC      BIC logLik deviance
160820 160857 -80403  160806
Random effects:
Groups Name      Variance Std.Dev.
per    (Intercept) 0.010217 0.10108
Number of obs: 1566, groups: per, 6

Fixed effects:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  1.407e+01  8.022e-02  175.35  <2e-16 ***
time22       6.014e-05  6.979e-06   8.62  <2e-16 ***
T            -3.057e-01  2.654e-03 -115.21 <2e-16 ***
H            -1.208e-01  8.055e-04 -149.95 <2e-16 ***
D             3.982e-01  2.853e-03  139.56 <2e-16 ***
W            -9.780e-02  1.064e-03  -91.90  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Correlation of Fixed Effects:
      (Intr) time22 T      H      D
time22  0.008
T      -0.850 -0.042
H      -0.849 -0.050  0.979
D       0.838  0.027 -0.987 -0.980
W      -0.068 -0.073  0.035  0.040 -0.042

```

Πίνακας 3.10: Συνδυαστικό γενικευμένο γραμμικό μοντέλο για όλες τις μεταβλητές πλην του σημείου δρόσου, για όλα τα έτη, μη λαμβάνοντας υπόψη την αλληλεπίδρασή τους.

```

> ants_lmer2 <- lmer(NN ~ time22 + T + H + W + (1|per),
data = ants, family = "poisson")
Generalized linear mixed model fit by the Laplace approximation
Formula: NN ~ time22 + T + H + W + (1 | per)
Data: ants
AIC      BIC logLik deviance
183756 183788 -91872  183744
Random effects:
Groups Name      Variance Std.Dev.
per    (Intercept) 0.010217 0.10108
Number of obs: 1566, groups: per, 6

Fixed effects:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  4.682e+00  4.367e-02  107.19  <2e-16 ***
time22       8.873e-05  6.955e-06  12.76  <2e-16 ***
T            5.783e-02  4.297e-04  134.57 <2e-16 ***
H            -1.114e-02  1.362e-04  -81.77  <2e-16 ***
W            -9.148e-02  1.062e-03  -86.10  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Correlation of Fixed Effects:
      (Intr) time22 T      H
time22 -0.030
T      -0.275 -0.082
H      -0.247 -0.139  0.450
W      -0.065 -0.065 -0.027  0.013

```

Πίνακας 3.11: Μονοδιάσταση ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) μεταξύ των 2 μοντέλων.

```

Models:
ants_lmer2: NN ~ time22 + T + H + W + (1 | per)
ants_lmer1: NN ~ time22 + T + H + D + W + (1 | per)
          Df      AIC      BIC logLik Chisq Chi Df Pr(>Chisq)
ants_lmer2  6 183756 183788 -91872
ants_lmer1  7 160820 160857 -80403 22938      1 < 2.2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Τέλος, εξετάσαμε το μοντέλο συνυπολογίζοντας και τις αλληλεπιδράσεις των υπολειπόμενων μεταβλητών (Πίνακας 3.12). Το γενικευμένο λοιπόν μοντέλο μας παίρνει την μορφή:

$$y = X\beta + \sum_{i=1}^n Z_{i \rightarrow n} \tilde{u} + \sum_{j=1}^m (Z\tilde{u} \times Z'\tilde{u})_{j \rightarrow m} + \epsilon$$

Η εφαρμογή του νέου μοντέλου έδειξε τελικά την πλήρη διάσταση των επιδράσεων των αβιοτικών παραγόντων που χρησιμοποιήθηκαν, με την θερμοκρασία, την σχετική υγρασία, και την αλληλεπίδραση της θερμοκρασίας και του ανέμου να έχουν αρνητική συσχέτιση με την δραστηριότητα των μυρμηγκιών, ενώ τις αλληλεπιδράσεις της θερμοκρασίας και της υγρασίας αλλά και της υγρασίας και της έντασης του ανέμου να παρουσιάζουν θετικό πρόσημο. Αν και η επίδραση της έντασης του ανέμου δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική επίδραση στο μοντέλο μας, δεν μπορούμε να απορρίψουμε τον παράγοντα αυτό καθώς οι αλληλεπιδράσεις του με άλλες αβιοτικές μεταβλητές είναι ισχυρά σημαντικές.

χωρίς συγχρονισμό και φαίνεται να κινούνται, για τον εντοπισμό της τροφής, κατά έναν ανεξάρτητο τρόπο, σαν να υπακούουν σε κάποιο ακαθόριστο μήνυμα που ήρθε από το φυσικό τους περιβάλλον.

Στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε ότι τα μυρμήγκια του είδους *Messor meridionalis* προσαρμόζουν τον ρυθμό δραστηριότητάς τους σύμφωνα με δεδομένα που λαμβάνουν από τις μεταβολές μικροκλιματικών παραγόντων στο πεδίο δράσης τους. Αυτό το μοντέλο προσαρμοστικής πρακτικής, έχει επιδειχτεί επίσης στην πράξη σε δυο περιπτώσεις των *Messor galla* και *M. regalis*, δυο σποροφάγα είδη που διαβιούν στη σαβάνα της Βορειοανατολικής Ακτής Ελεφαντοστού, (Levieux, 1979). Κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου, όταν οι σπόροι αφθονούν, οι φάλαγγες ανίχνευσης-συλλογής δημιουργούνται συνήθως κατά τη διάρκεια της νύχτας και εμφανίζονται ιδιαίτερα πειθαρχημένες. Κατά την περίοδο όμως των βροχών ή σε χρονικά διαστήματα της ξηρής περιόδου με φτωχή παραγωγή σπερμάτων, τα μυρμήγκια διολισθαίνουν προς την ημερήσια αναζήτηση της τροφής και οι φάλαγγες εμφανίζονται με χειρότερη οργάνωση. Είναι πολύ συνηθισμένο φαινόμενο, τα μυρμήγκια της ερήμου να μεταμορφώνονται από νυκτόβιους ανιχνευτές που είναι στη διάρκεια του καλοκαιριού, σε ημερόβιους κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Το φαινόμενο έχει παρατηρηθεί σε είδη του *Aphaenogaster* (= *Novomessor*), (Whitford & Ettershank, 1975), *Atta* (Mintzer, 1979), *Messor* (= *Veromessor*) (Tevis, 1958), *Pheidole* (Hölldobler & Möglish, 1980) και *Rogonomyrmex* (Hölldobler, 1976). Σχεδόν το αντίστροφο μοντέλο επιδεικνύουν τα *Aphaenogaster rudis* και *Paratrechina melanderi* στα δάση φυλλοβόλων μη κωνοφόρων δένδρων του Maryland: περιορισμένη δραστηριότητα παρατηρείται γύρω στα μεσάνυχτα κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών. Το μοντέλο μεταμορφώνεται σε ένα πιο πειθαρχημένο και ομοιογενές σύνολο σε ότι αφορά τις δραστηριότητες κατά την περίοδο της άνοιξης και του φθινοπώρου, ενώ επιδεικνύει μια μορφή αδράνειας κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Lynch *et al.*, 1980).

Οι συγγραφείς που κατέγραψαν αυτά τα μοντέλα, θεωρούν ότι αφορούν σε μηχανισμούς προσαρμογής των εντόμων οι οποίοι συμβάλλουν στην αποτελεσματικότερη θερμορύθμιση. Σε περιοχές που τα τρωκτικά δραστηριοποιούνται αποκλειστικά κατά την περίοδο της νύχτας, τουλάχιστον σε ερημικές περιοχές, τα μυρμήγκια αλλάζουν τις δραστηριότητες τους, προσαρμόζόμενα στις θερμοκρασίες του περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της ημέρας (Davidson, 1977, Brown *et al.*, 1979a.b.). Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής, συμφωνούν και συμβάλλουν στην αποτύπωση και καλύτερη κατανόηση αυτών των μηχανισμών προσαρμογής.

Δυστυχώς, λόγω παραγόντων όπως αυτοί περιγράφονται στο Κεφάλαιο 3.2.2 του παρόντος, δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις κατά την διάρκεια της νύχτας. Παρόλα αυτά, μπορούμε να πούμε πως το πρότυπο δραστηριότητας που παρατηρήθηκε στο πεδίο έρευνάς μας, ταυτίζεται σε μεγάλο βαθμό με αυτό που κατέγραψαν οι Sheata & Kaschef (1971), Levieux

(1979), Chew & De Vita (1980), Azcárate *et al.* (2007), Aman *et al.* (2010), Gordon *et al.* (2011) και Gordon *et al.* (2013). Η αναμενόμενη αύξηση της δραστηριότητας των μυρμηγκιών κατά τους πρώτους μήνες της άνοιξης σχετίζεται θετικά με την αύξηση της θερμοκρασίας, κυρίως κατά το μέσο της ημέρας. Αν και το γενικότερο πρότυπο συσχέτισης για το σύνολο της δειγματοληπτικής περιόδου είναι θετικό, παρατηρήθηκε μία σαφής μείωση της δραστηριότητας η οποία σχετίζεται με την αύξηση της θερμοκρασίας κατά τον μήνα Ιούλιο. Όπως έχει αναφερθεί και από τους Lighton & Bartholomew (1988), Azcárate *et al.* (2007), Milton & Dean (1993) και Pinter-Wollman *et al.* (2011), η σχέση θερμοκρασίας και υγρασίας είναι ο καταλυτικός παράγοντας βάσει του οποίου τα μυρμηγκια-θεριστές τροποποιούν την δραστηριότητά τους.

Διαφορές στους ρυθμούς ανίχνευσης-συλλογής μεταξύ συγγενών ειδών μυρμηγκιών, μπορούν να συμβάλλουν στον επιμερισμό του χρόνου, με σημαντική αξιοποίηση των διαθέσιμων πηγών της τροφής. Τέτοιες διαφοροποιήσεις στην ικανότητα δράσεως προκύπτουν από τις διαφορές ανεκτικότητας των ειδών στην υγρασία και την θερμοκρασία, διαφορές που πιθανότατα αποτελούν και την τελική έκβαση μιας μακροχρόνιας διαδικασίας της εξέλιξης όπως προέκυψε από τον ανταγωνισμό μεταξύ των ειδών. Παρά το γεγονός ότι μόνον λίγες μελέτες προσπαθούν να απαντήσουν ευθέως σε αυτό το ερώτημα, ορισμένες παρατηρήσεις που αναφέρονται από τους Talbot (1946), Greenslade (1972), Bernstein (1979b), Swain (1977), Klotz (1984) και άλλους, υποδεικνύουν σαφώς τον επιμερισμό του χρόνου για την καλύτερη αξιοποίηση των διαθέσιμων πηγών της τροφής. Ο Klotz αναφέρει ότι στην περιοχή των ερευνών του, στο Κάνσας, αμφότερα τα είδη *Camponotus pennsylvanicus* και *Formica subsericea*, χρησιμοποιούν τις ίδιες πηγές από το μελίτωμα των αφίδων, αλλά σε διακριτές χρονικά περιόδους. Το γένος *Camponotus* είναι πλέον δραστήριο σε χαμηλότερες θερμοκρασίες και συνήθως νυκτόβιο, ενώ το γένος *Formica* δραστηριοποιείται σε υψηλότερες θερμοκρασίες και είναι, βασικά, ημερόβιο. Σε παρατηρήσεις στα *Camponotus socius* και *C. floridanus*, στην κεντρική Φλόριδα σε μια περιοχή που τα δυο είδη συμβιώνουν και χρησιμοποιούν τις ίδιες πηγές μελιτώματος, το *C. socius* ήταν κατά βάση ημερήσιος ανιχνευτής και το *C. floridanus* κυρίως νυκτόβιος.

Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν την αναζήτηση της τροφής σε κάθε στιγμή, όπως η θερμοκρασία (Azcárate *et al.*, 2007) και η βλάστηση μέσω της οποίας τα μυρμηγκια πρέπει να ταξιδέψουν για να φτάσουν την τροφή τους (Crist & Wiens, 1994), ενώ άλλες διεργασίες, όπως η θήρευση (Munger, 1984) και η ποσότητα των αποθηκευμένων τροφίμων (Cassill & Tschinkel, 1995), πιθανόν να επηρεάζουν το κατά πόσο μια αποικία δραστηριοποιείται για την εξεύρεση τροφής σε μια δεδομένη ημέρα. Οι αποικίες ανταγωνίζονται μεταξύ τους για τις περιοχές αναζήτησης τροφής και οι αποφάσεις των αποικιών σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις με τις συλλέκτριες των γειτονικών αποικιών, εξαρτάται από τις ηλικίες των αποικιών που εμπλέκονται (Gordon & Kulig, 1996; Gordon, 1992; Adler & Gordon, 2003), οπότε η δραστηριότητα αναζήτησης τροφής να εξαρτάται

επίσης από την ηλικία μιας αποικίας και την ηλικιακή κατανομή των γειτονικών αποικιών. Με τον συνδυασμό όλων αυτών των παραγόντων, οι αποικίες παρουσιάζουν αξιοσημείωτες διαφορές στην δραστηριότητα αναζήτησης τροφής. Παρόλα αυτά, τα πρότυπα δραστηριότητας για ηλικιακά όμοιες αποικίες φαίνεται να είναι αντίστοιχα.

Εν τέλει, η παρούσα μελέτη συνεισφέρει ουσιαστικά στην καταγραφή και συσχέτιση της δραστηριότητας των μυρμηγκιών-θεριστών με αβιοτικούς παράγοντες που αποτυπώνουν το μικροκλίμα ενός τυπικού μεσογειακού συστήματος. Σίγουρα δεν μπορούμε να αποδώσουμε σε έναν και μοναδικό παράγοντα το καταγεγραμμένο πρότυπο δραστηριότητας, αλλά θα μπορούσαμε να συμφωνήσουμε με άλλους ερευνητές (Azcarate *et al.*, 2007; Pinter-Wollman *et al.*, 2011; Gordon *et al.*, 2011) στο ότι οι αλληλεπιδράσεις της θερμοκρασίας με την σχετική υγρασία και της σχετικής υγρασίας με την ένταση του ανέμου είναι εκείνες οι μεταβλητές οι οποίες προβάλλουν μία θετική επίδραση στην απόφαση των μυρμηγκιών-θεριστών να εξέλθουν της φωλιάς και να αυξήσουν ίσως τον ρυθμό δραστηριότητάς τους. Το αξιοσημείωτο στην περίπτωση μας είναι ότι τα μυρμηγκια-θεριστές φαίνεται να επηρεάζονται αρνητικά από την αύξηση της θερμοκρασίας, όταν αυτή ξεπερνά τις βέλτιστες τιμές (περ. 22°C). Γεγονός είναι ότι σε τιμές θερμοκρασίας κάτω των 10 °C οι καταγραφές δραστηριότητας ήταν σχεδόν μηδενικές, κάτι που συμφωνεί και με στοιχεία άλλων μελετητών ότι τα μυρμηγκια δεν παρουσιάζουν έντονη κινητικότητα κάτω από αυτή την θερμοκρασία εκτός από είδη (ή γένη καλύτερα) της κεντρικής και βόρειας Ευρώπης και Αμερικής (Klotz, 1984; Lighton & Bartholomew, 1988). Μάλιστα, η ελάχιστη θερμοκρασία είναι ο καταλυτικός και ρυθμιστικός παράγοντας υψομετρικής εξάπλωσης ειδών μυρμηγκιών (Warren II & Chick, 2013), οπότε θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε ίσως αυτή την άποψη και να υποθέσουμε ότι η ελάχιστη θερμοκρασία είναι και ο καταλυτικός παράγοντας διαφοροποίησης της δραστηριότητας μεταξύ διαφορετικών ειδών μυρμηγκιών.

Από τα αποτελέσματα μπορούμε επίσης να προτείνουμε ότι τα μυρμηγκια-θεριστές του είδους μελέτης μας, μειώνουν έως σταματούν τη δραστηριότητά τους σε καταστάσεις υψηλής έντασης ανέμου (>περ. 8m/s). Σχετικά λίγες έρευνες έχουν δημοσιευτεί για την συσχέτιση της έντασης του ανέμου με την δραστηριότητα των μυρμηγκιών (Wolf & Wehner, 2000; Wolf & Wehner, 2005). Οι προφανείς λόγοι για την ελάχιστη δραστηριότητα σε συνθήκες δυνατού ανέμου είναι μάλλον μηχανικοί. Η μάζα των μυρμηγκιών δεν επιτρέπει στα μικρά αυτά ζώα να υποβάλλουν το σώμα τους στον κίνδυνο να παρασυρθούν από τον άνεμο, διακινδυνεύοντας έναν τραυματισμό στον εξωσκελετό τους που μπορεί να είναι μοιραίος. Υπάρχει όμως και ένας επιπλέον λόγος που σχετίζεται με την φυσιολογία των εντόμων αυτών. Έχει αναφερθεί (Feener & Lighton, 1991; Gordon *et al.*, 2013; Cole *et al.*, 2010; Pinter-Wollman *et al.*, 2012) ότι τα μυρμηγκια που παραμένουν έξω από την φωλιά τους σε αντίξοες συνθήκες, κινδυνεύουν εξαιτίας της αφυδάτωσης ή από θηρευτική δραστηριότητα άλλων ζώων, μειώνοντας έτσι την επιβίωση της αποικίας.

Συμπερασματικά, μπορούμε να αναζητήσουμε εξηγήσεις για την αποτύπωση της δραστηριότητας των μυρμηγκιών-θεριστών στο συνδυασμό των αβιοτικών παραγόντων που μετρήθηκαν. Σαφώς και επιπλέον παράγοντες (τόσο αβιοτικοί όσο και βιοτικοί) μπορούν να έχουν ρόλο στην αρτιότερη ερμηνεία των καταγεγραμμένων προτύπων. Η παρούσα εργασία βέβαια εστίασε στην λειτουργία της αποικίας, στο σύνολό της, ως μία αναπαραγωγική μονάδα στα πρότυπα του «υπεροργανισμού» όπως αναφέρεται και από τους Hölldobler & Wilson (2008) και δεν μελετήθηκαν στοιχεία ατομικής συμπεριφοράς τα οποία μπορεί να παρέκλιναν από τις επιταγές του συνόλου. Καθώς η αναπαραγωγική μονάδα των κοινωνικών εντόμων, η αποικία, περιλαμβάνει πολλές ατομικές υπομονάδες, τις εργάτριες, τα κοινωνικά έντομα προσφέρουν μοναδικές ευκαιρίες για τη διερεύνηση των μηχανισμών που διέπουν την ατομική διακύμανση. Η κατανόηση του τι παράγει σταθερή συμπεριφορά στα κοινωνικά έντομα μπορεί να ρίξει φως σχετικά με τις αιτίες και τις συνέπειες της ατομικής διαφοροποίησης στη συμπεριφορά και άλλων ζώων.

Κεφάλαιο 4

Επιλογή υλικών

τροφοληψίας

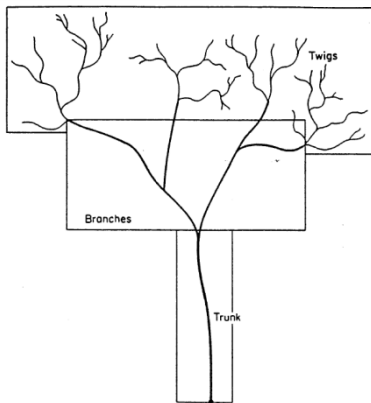


Κεφάλαιο 4 – Επιλογή υλικών τροφοληψίας

4.1 Εισαγωγή

4.1.1 Μοντέλα τροφοσυλλογής

Η πιο συνηθισμένη στρατηγική τροφοσυλλογής των διάφορων ειδών μυρμηγκιών, είναι ένας συνδυασμός της ατομικής τροφοσυλλογής και της δημιουργίας μονοπατιών και δικτύων (trail network) ομαδικών επιδρομών, προσαρμοσμένη στις



Εικόνα 4.1: Σχηματική αναπαράσταση μιας πλήρους επιδρομής τροφοληψίας του είδους *Pheidole milicida*, ενός μυρμηγκιού-θηρευτή των Αμερικανικών ερήμων. Κάθε μέρα δεκάδες χιλιάδες εργάτριες αναπτύσσονται κατά μήκος του δενδροειδούς αυτού συστήματος, διασπείρονται μοναχικά και ψάχνουν για τροφή. Από Hölldobler & Möglich (1980).

ανάγκες της καθημερινότητας (Εικόνα 4.1). Αυτό το γενικό μοντέλο, εφαρμόζεται χαρακτηριστικά από τα είδη *Messor* και *Rogonomyrmex*. Οι ανιχνευτές εξερευνούν αρχικά το πεδίο. Καθοδηγούνται ποικιλοτρόπως από ορατά σημάδια, από την ικανότητα προσανατολισμού που διαθέτουν σε σχέση με τη θέση του Ήλιου και από ερεθίσματα οσμών που έχουν αποτεθεί κοντά στις εξόδους της φωλιάς (Hölldobler, 1971b). Αν ένας εργάτης εντοπίσει κάποιο μεμονωμένο σπέρμα, απλά το μεταφέρει στη φωλιά του. Αν όμως το μυρμηγκί επισημάνει ένα σωρό από σπέρματα, π.χ. σπέρματα πεσμένα σε μια συστάδα θάμνων, μεταφέρει έναν σπέρμα στη φωλιά, ενώ ταυτόχρονα δημιουργεί μια σειρά από ίχνη οσμών, τα οποία εκκρίνει από την άκρη της κοιλιάς του. Οι σύντροφοι της φωλιάς

κινητοποιούνται προς τον σωρό των σπερμάτων, ακολουθώντας τα ίχνη των οσμών και επιστρέφοντας φορτωμένοι, προσθέτουν επιπλέον ίχνη φερομονών. Με τον χρόνο, εφ' όσον το απόθεμα των σπερμάτων εξακολουθεί να υφίσταται, τα χημικά αποθέματα των οσμών συσσωρεύονται σε σημαντικό βαθμό, δημιουργώντας έναν σταθερό δρόμο οσμών, κατά μήκος του οποίου μεγάλοι αριθμοί μυρμηγκιών ταξιδεύουν προς τα μπρος και προς τα πίσω. Ακόμα και χωρίς άλλη ενίσχυση, αυτό το μονοπάτι με τα ίχνη των οσμών διατηρείται επί ημέρες και εβδομάδες. Στο *P. badius* και σε άλλα είδη *Rogonomyrmex*, η βασική ουσία για τη στρατολόγηση των εργατών εκκρίνεται από τους δηλητηριώδεις αδένες τους, ενώ η μακράς διάρκειας ουσία εκκρίνεται από τους αδένες Dufour (Hölldobler & Wilson, 1970; Hölldobler, 1976a). Στο *Messor rufitarsis*, και οι δυο φερομονές εκκρίνονται από τους αδένες Dufour (Hahn & Maschwitz, 1985).

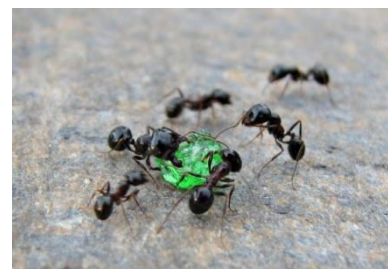
Όσο η τροφή διατίθεται σε μεγαλύτερες ποσότητες και σε περισσότερες συστάδες φυτών στην περιοχή, οι αποικίες διαφοροποιούν τη στρατηγική τους από την ατομική ανίχνευση προς το μοντέλο των ομαδικών διαδρομών και την ιχνηλάτιση τους. Όμως και στις πιο ευνοϊκές περιόδους, ορισμένοι ανιχνευτές περιφέρονται μακριά από τα κεντρικά δίκτυα των διαδρομών. Το αποτέλεσμα αυτών των δράσεων, είναι ότι συχνά ανακαλύπτουν και νέους σωρούς σπερμάτων, και με συνεργασίες, εξασφαλίζουν την απαιτούμενη ευελιξία της αποικίας, ώστε να ερευνηθεί καλύτερα το ευρύτερο περιβάλλον και να μεγιστοποιηθεί η αποτελεσματικότητα της τροφοληψίας. Πάντως η πυκνότητα των θεριστών μειώνεται σημαντικά και συχνά απότομα σε συνάρτηση με την απόσταση από την είσοδο της φωλιάς. Σε μια καταγραφή πληθυσμών του *P. californicus* η οποία έγινε από τον De Vita (1979), η μεγάλη πυκνότητα (modal density) ατόμων ήταν σε απόσταση 1,6 μέτρων από την είσοδο της φωλιάς, ενώ ελάχιστοι θεριστές απομακρύνθηκαν πέρα από τα 13 μέτρα.

Τα μυρμηγκια-θεριστές τα οποία χρησιμοποιούν διαδρομές μεταφοράς της τροφής, τις σχεδιάζουν και τις διαμορφώνουν κατά τέτοιον τρόπο, ώστε να αποφεύγουν τον ανταγωνισμό και τις συγκρούσεις στις περιοχές με τους σωρούς της τροφής, είτε με τις αποικίες του ίδιου είτε συγγενικών ειδών. Το τυπικό σχέδιο δικτύου τροφοσυλλογής αυτών των εντόμων είναι μια μεγάλη διασπορά των θέσεων στις φωλιές: Οι θέσεις με τις φωλιές δημιουργούνται με συγκεκριμένη ομοιογένεια, τέτοια που δεν μπορεί να θεωρηθεί ως τυχαία, ενώ οι ιχνηλατημένες διαδρομές των διαφόρων αποικιών δεν έχουν επικάλυψη. Μερικές φορές οι



Εικόνα 4.2: Μυρμηγκια του γένους *Messor* αξιοποιούν ανθρωπογενή πηγή τροφής – σε αυτή την περίπτωση υπολείμματα παγωτού.

δρόμοι φτάνουν τόσο κοντά που οι τελικές τους διακλαδώσεις εφάπτονται, αλλά και πάλι δεν διασταυρώνονται ή τουλάχιστον δεν καταλήγουν στον ίδιο σωρό τροφής. Αυτό το μοντέλο έχει καταγραφεί για το *Pogonomyrmex* (Hölldobler, 1976a) και το ευρωπαϊκό *Messor* (Levieux, 1979) και συμφωνεί με την περιγραφή τροφοσυλλογής του αμερικανικού *M. pergandei* (Rissing & Wheeler, 1976).



Εικόνα 4.3: Όταν σε μυρμηγκια του γένους *Messor* παρουσιάστηκε τροφή πλούσια σε ενέργεια (κομμάτι από γέλη) τα μυρμηγκια ακολουθώντας την ίδια στρατηγική στρατολόγησης, μετέφεραν κομμάτι-κομμάτι την τροφή πίσω στην αποικία. (Φωτογραφία: Α. Γιακουμπίνι, 2012)

Όπως αναφέραμε και πιο πάνω, πάρα πολλές μελέτες έχουν δημοσιευτεί για αυτή την άποψη της βιολογίας των μυρμηγκιών-θεριστών (πάνω από 90 εργασίες στην βιβλιογραφική βάση FORMIS, 2012). Ωστόσο, τα μυρμηγκια-θεριστές είναι γνωστό ότι μεταφέρουν και άλλα υλικά πίσω στη φωλιά τους (Fernández Escudero & Tinaut, 1993; Cerdá & Retana, 1994; Solida *et al.*, 2011). Κάτι

τέτοιο συμβαδίζει με την πρόβλεψη που βασίζεται στην θεωρία βέλτιστης τροφοληψίας, όπου τα μυρμηγκία προσανατολίζονται στην τροφοσυλλογή άλλων τροφικών πόρων, όταν το απόθεμα των σπερμάτων ελαχιστοποιείται (Stephens & Krebs 1986; Pirk & Lopez de Casenave 2006), όταν μία άλλη ενεργειακά συμφέρουσα πηγή τροφής ανακαλυφθεί (βλέπε Εικόνες 4.2 & 4.3) ή όταν μία άλλη πηγή τροφής, όπως ένα πτώμα εντόμου, βρεθεί κατά τύχη (Γεωργιάδης, προσ. παρατήρηση).

Οι κλιματικές συνθήκες έχουν αρκετές φορές συνδεθεί με τα πρότυπα τροφοληψίας των μυρμηγκιών του γένους *Messor*, με την ατμοσφαιρική θερμοκρασία και την σχετική υγρασία να αναφέρονται ως οι επικρατέστεροι παράγοντες επίδρασης στους εποχιακούς κύκλους δραστηριότητας των μυρμηγκιών (Pfeiffer *et al.*, 2003; Georgiadis & Legakis, 2005; Kiryatkon & Loratina, 2007; Bharti *et al.*, 2009). Εκτός των ατμοσφαιρικών συνθηκών, οι Azcárate *et al.* (2007) έδειξαν ότι και οι μικροκλιματικές συνθήκες, όπως για παράδειγμα η εσωτερική θερμοκρασία εδάφους, η επιφανειακή θερμοκρασία του εδάφους και η σχετική υγρασία της επιφάνειας του εδάφους έχουν επίπτωση στην επιφανειακή δραστηριότητα των μυρμηγκιών-θεριστών, αν και δεν ήταν αρκετές, ώστε να προβλέψουν τον επιμερισμό εργασιών έξω από την φωλιά. Οι Reyes López και Fernández Haeger (2001) έδειξαν ότι υπάρχει μία πολύ ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της μάζας των μυρμηγκιών και της μάζας της μεταφερόμενης τροφής κατά το τέλος της διαδρομής μεταφοράς (κοντά στην φωλιά). Επιπλέον, η εργασία των Heredia & Detrain (2005) για την μεταφορά πληροφοριών και συνεργασίας κατά την διάρκεια της εκμετάλλευσης των πηγών διατροφής παρείχε μία περαιτέρω επίγνωση στην δυναμική της τροφοληψίας και στον επιμερισμό της εργασίας των μυρμηγκιών-θεριστών.

Παρόλα αυτά, όλα τα προαναφερθέντα πειράματα εστίαζαν στην τροφοληψία σπερμάτων που είτε προέρχονταν από τη φύση είτε παρέχονταν στα μυρμηγκία *in situ*. Στην εργασία αυτή έγινε η προσπάθεια να υπολογιστεί η επιλογή των υλικών, που μεταφέρονται στην φωλιά στο σύνολό τους με φυσικό τρόπο (παρατήρηση), μεταξύ της αρχής της άνοιξης και του τέλους του φθινοπώρου. Καθώς πραγματοποιήθηκε η πλήρης καταγραφή της σύστασης αυτής, υπολογίστηκαν και οι σχετικές αλλά και διακριτές περιόδους κατά τη διάρκεια των οποίων τα μυρμηγκία στοχεύουν διαφορετικές κατηγορίες επιμέρους στοιχείων για την μεταφορά τους.

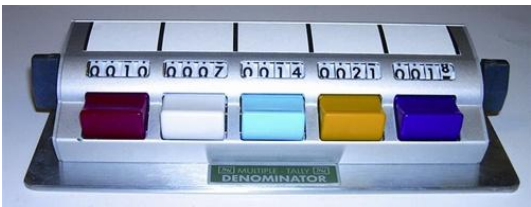
4.2 Μεθοδολογία

4.2.1 Υλικά και μέθοδοι

Στην περιοχή μελέτης (όπως αυτή αναφέρεται στο Κεφάλαιο 2.2.1) επιλέχθηκαν 3 φωλιές που ανήκαν σε διαφορετικές αποικίες (φωλιές 4, 6 και 8) με παρόμοια σχετική δραστηριότητα.

Για 2 περιόδους (Απρίλιος – Νοέμβριος) και για 2 έτη (2005, 2006), πραγματοποιήθηκαν καταγραφές εργατριών που επέστρεφαν στη φωλιά, σε 2 χρονικές στιγμές της ημέρας (στις 10:00πμ [ΠΡΩ] και στις 6:00μμ [ΑΠΟΓΕΥΜΑ]) σε σύνολο 147 ημερών (73 για το 2005 και 74 για το 2006), όταν τα μυρμήγκια, ήταν δραστήρια. Με τη βοήθεια πολλαπλού καταγραφέα (Εικόνα 4.4), μετρήθηκαν οι εργάτριες που επέστρεφαν στη φωλιά μεταφέροντας κάτι από τις εξής κατηγορίες:

- ❖ Σπέρματα (ή καρποί)
- ❖ Φυτικό υλικό (κομμάτια φύλλων, μίσχους, κλπ)
- ❖ Ζωικό υλικό (κομμάτια εντόμων, κλπ)
- ❖ Χώμα ή μικρές πέτρες
- ❖ Τίποτα



Εικόνα 4.4: Παράδειγμα πολλαπλού καταγραφέα, παρόμοιου με αυτόν που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες του πειράματος.

Ο πολλαπλός καταγραφέας είχε ρυθμιστεί έτσι ώστε όταν το σύνολο των κατηγοριών αριθμούσε 100, να εκπέμπει ηχητικό σήμα, ανεξαρτήτως της χρονικής περιόδου που χρειαζόταν, ώστε να ολοκληρωθεί η μέτρηση. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταγράφονταν στη Φόρμα 2 (Παράρτημα).

4.2.2 Στατιστική προσέγγιση ανάλυσης

Πραγματοποιήθηκαν πολυπαραγοντικοί συσχετισμοί μεταξύ των δεδομένων και για τις τρεις φωλιές, προκειμένου να εξεταστούν τυχόν διαφορές μεταξύ τους, συσχετίζοντας την διακύμανση των υπολοίπων και των μέσων όρων για κάθε αντίστοιχη ομάδα, ώστε να ελεγχθεί η τυχόν ομαδοποίηση δεδομένων (μονοδιάστατη ANOVA). Κατόπιν ελέγξαμε για πιθανές στατιστικές διαφορές μεταξύ διαδοχικών μηνών για κάθε στοιχείο μεταφερόμενου υλικού και για τις δύο χρονιές, χρησιμοποιώντας το G-test for independence ως μία δοκιμή άριστης εξομάλυνσης καμπύλης (goodness-of-fit), όπως περιγράφεται από τον McDonald (2009), με σκοπό να εντοπιστούν οι διακριτές περιόδους δραστηριότητας για κάθε στοιχείο μεταφερόμενου υλικού για κάθε χρονιά. Αντίθετα με το τεστ χ^2 , οι τιμές G είναι προσθετικές, που σημαίνει ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πιο περίπλοκους στατιστικούς σχεδιασμούς.

4.3 Αποτελέσματα

Για να εξετάσουμε κατά πόσον υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών φωλιών που μελετήσαμε, συγκρίναμε τα δεδομένα για την κάθε κατηγορία (εξαρτημένη μεταβλητή) μεταξύ των ετών (ανεξάρτητη μεταβλητή) και μεταξύ των περιόδων δραστηριότητας (ανεξάρτητη μεταβλητή). Τα αποτελέσματα (Πίνακας 4.1) δεν ανέδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των φωλιών, με τις τιμές του p να κυμαίνονται από ένα ελάχιστο $p = 0,4633$ ($F_r = 0,77$) κατά την περίπτωση του ζωικού υλικού που μεταφερόταν κατά την απογευματινή περίοδο δραστηριότητας το 2006, έως ένα μέγιστο $p = 0,9983$ ($F_r = 0,00$) για τα μυρμηγκία που δεν μετέφεραν τίποτε πίσω στην φωλιά κατά την απογευματινή περίοδο του 2005. Συνεπώς, για τις επόμενες αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν οι αντίστοιχες μέσες τιμές των τριών φωλιών.

Πίνακας 4.1: Αποτελέσματα συσχέτισης μετρήσεων μεταξύ των φωλιών για την πρωινή και απογευματινή περίοδο.

	2005		2006	
	ΠΡΩΙ	ΑΠΟΓΕΥΜΑ	ΠΡΩΙ	ΑΠΟΓΕΥΜΑ
Σπέρματα (ή καρποί)	$F_r = 0,09$ $p = 0,9108$	$F_r = 0,06$ $p = 0,9388$	$F_r = 0,24$ $p = 0,7884$	$F_r = 0,22$ $p = 0,8054$
Φυτικό υλικό (κομμάτια φύλλων, μίσχοι, κλπ)	$F_r = 0,05$ $p = 0,9510$	$F_r = 0,46$ $p = 0,6289$	$F_r = 0,17$ $p = 0,8409$	$F_r = 0,13$ $p = 0,8808$
Ζωικό υλικό (κομμάτια εντόμων, κλπ)	$F_r = 0,08$ $p = 0,9189$	$F_r = 0,12$ $p = 0,8912$	$F_r = 0,10$ $p = 0,9089$	$F_r = 0,77$ $p = 0,4633$
Χώμα ή μικρές πέτρες	$F_r = 0,04$ $p = 0,9640$	$F_r = 0,07$ $p = 0,9358$	$F_r = 0,15$ $p = 0,8619$	$F_r = 0,03$ $p = 0,9665$
Τίποτα	$F_r = 0,06$ $p = 0,9408$	$F_r = 0,00$ $p = 0,9983$	$F_r = 0,58$ $p = 0,5616$	$F_r = 0,22$ $p = 0,8041$

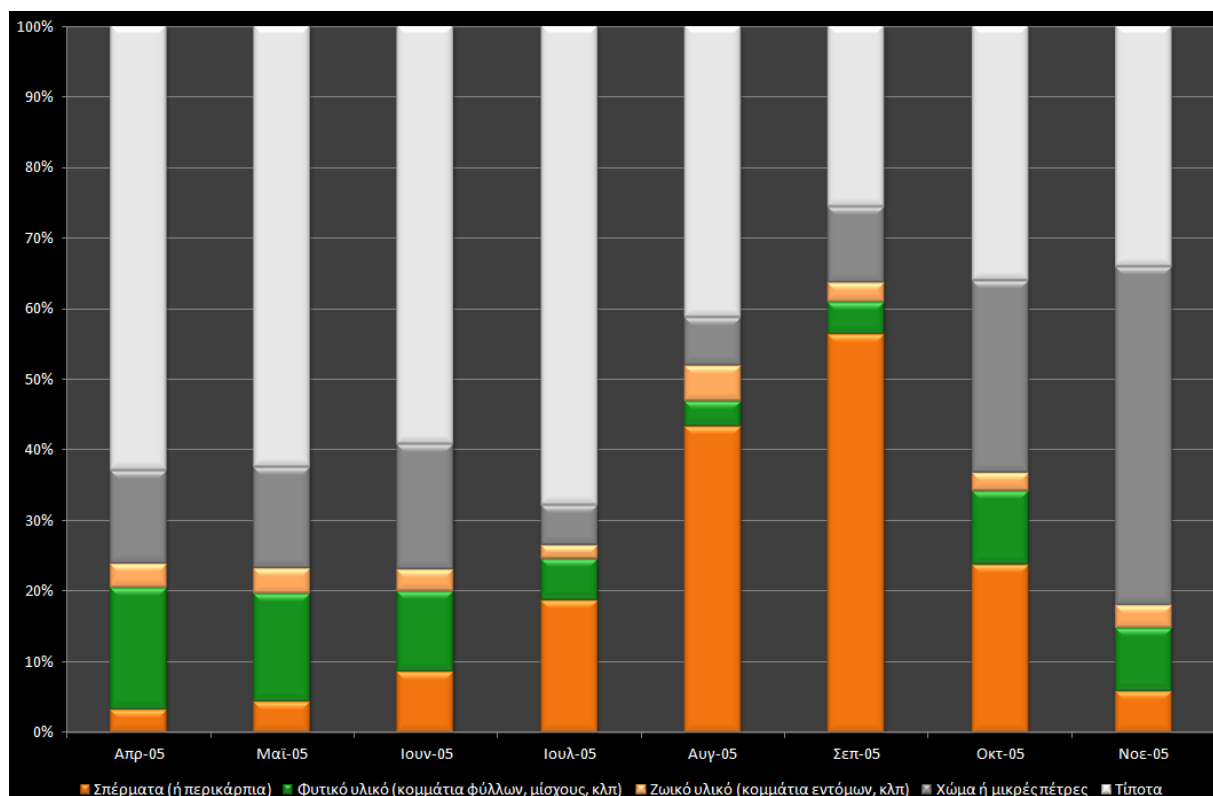
Κατόπιν, λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω και χρησιμοποιώντας τις μέσες τιμές για το κάθε έτος, συγκρίναμε τις συσσωρευτικές τιμές για την κάθε κατηγορία για την πρωινή και απογευματινή περίοδο. Και πάλι δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (ελαχ. $p = 0,4363$, $F_r = 0,97$ για το ζωικό υλικό που μεταφέρονταν κατά το απόγευμα, με μέγιστη τιμή $p = 0,9989$, $F_r = 0,04$ για το χώμα επίσης κατά τις απογευματινές ώρες). Παρόλα αυτά, όταν εξετάσαμε για πιθανή συσχέτιση μεταξύ των τιμών που καταγράφηκαν κατά τις πρωινές και κατά τις απογευματινές ώρες για κάθε έτος (Πίνακας 4.2), αναδείχτηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μόνο για το φυτικό υλικό που μεταφερόταν από τα μυρμηγκία κατά το έτος 2005 ($p < 0,01$, $F_r = 5,39$).

Κεφάλαιο 4 – Επιλογή υλικών τροφοληψίας

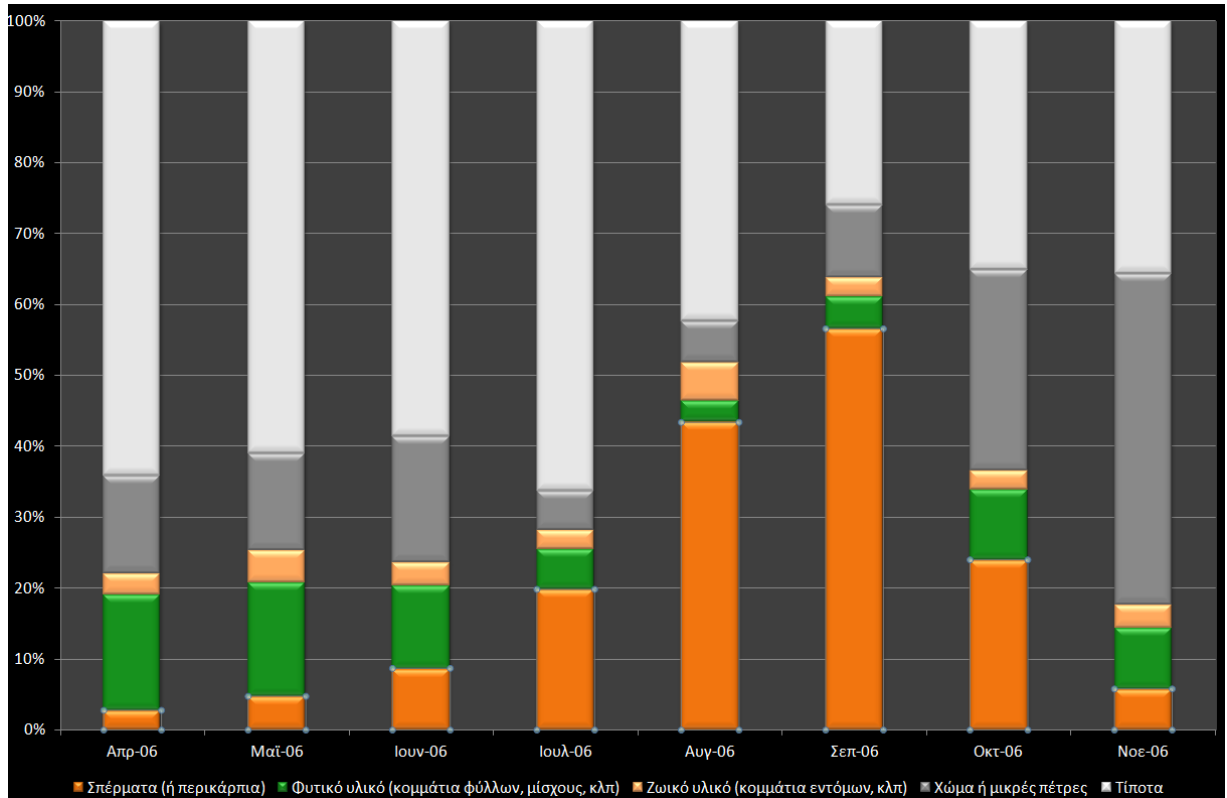
Πίνακας 4.2: Αποτελέσματα συσχέτισης μετρήσεων μεταξύ των φωλιών ανεξαρτήτως της πρωινής και απογευματινής περιόδου.

	2005	2006
Σπέρματα (ή περικάρπια)	$F_r = 0,92$ $\rho = 0,4688$	$F_r = 0,86$ $\rho = 0,5061$
Φυτικό υλικό (κομμάτια φύλλων, μίσχοι, κλπ)	$F_r = 5,39$ $\rho = 0,0001$	$F_r = 2,11$ $\rho = 0,0627$
Ζωικό υλικό (κομμάτια εντόμων, κλπ)	$F_r = 1,96$ $\rho = 0,0830$	$F_r = 1,52$ $\rho = 0,1806$
Χώμα ή μικρές πέτρες	$F_r = 0,10$ $\rho = 0,9929$	$F_r = 0,30$ $\rho = 0,9117$
Τίποτα	$F_r = 0,10$ $\rho = 0,9929$	$F_r = 0,78$ $\rho = 0,5681$

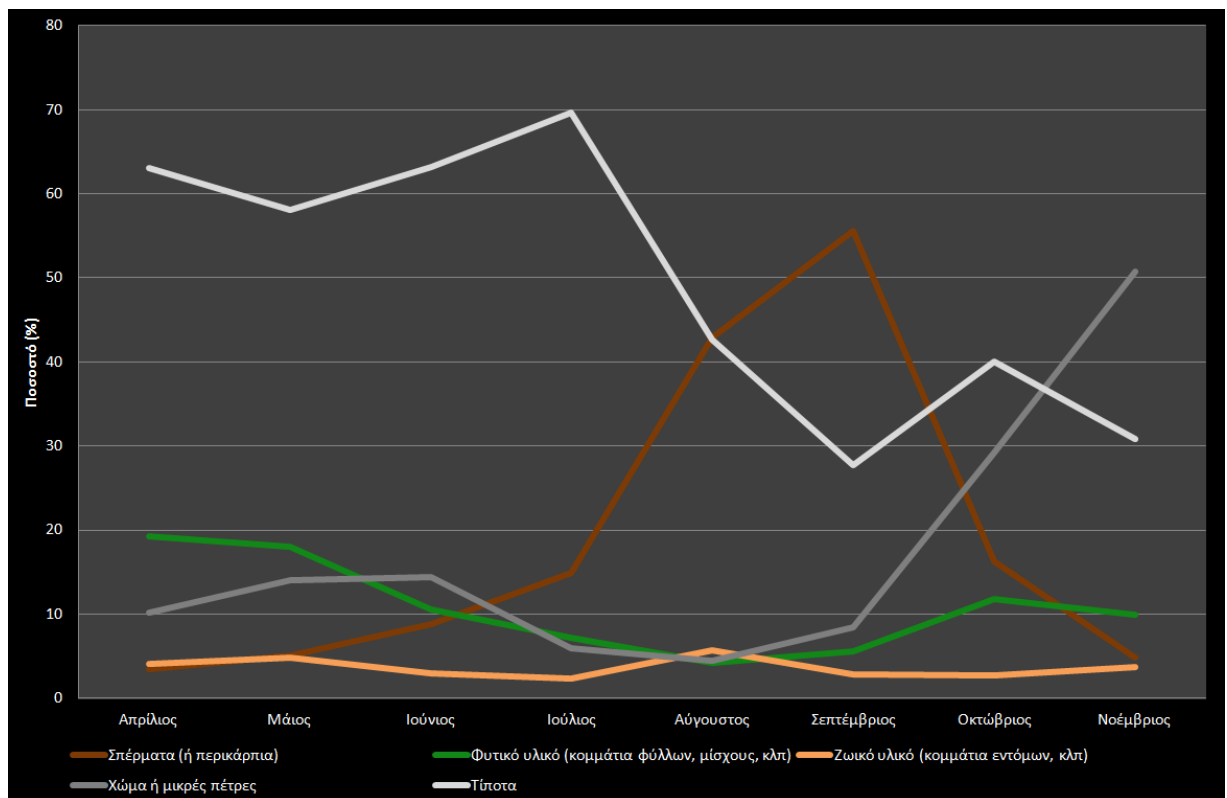
Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται με σχηματικό τρόπο το ποσοστό συνεισφοράς της κάθε κατηγορίας υλικού, που μεταφερόταν πίσω στη φωλιά ανά μήνα και ανά έτος (Γράφημα 4.1 και Γράφημα 4.2). Επίσης παρατίθενται και τα γραφήματα για τα ποσοστά της κάθε κατηγορίας για τις τρεις φωλιές κατά τις δύο χρονικές περιόδους δραστηριότητας (πρωί και απόγευμα) (Γραφήματα 4.3, 4.4).



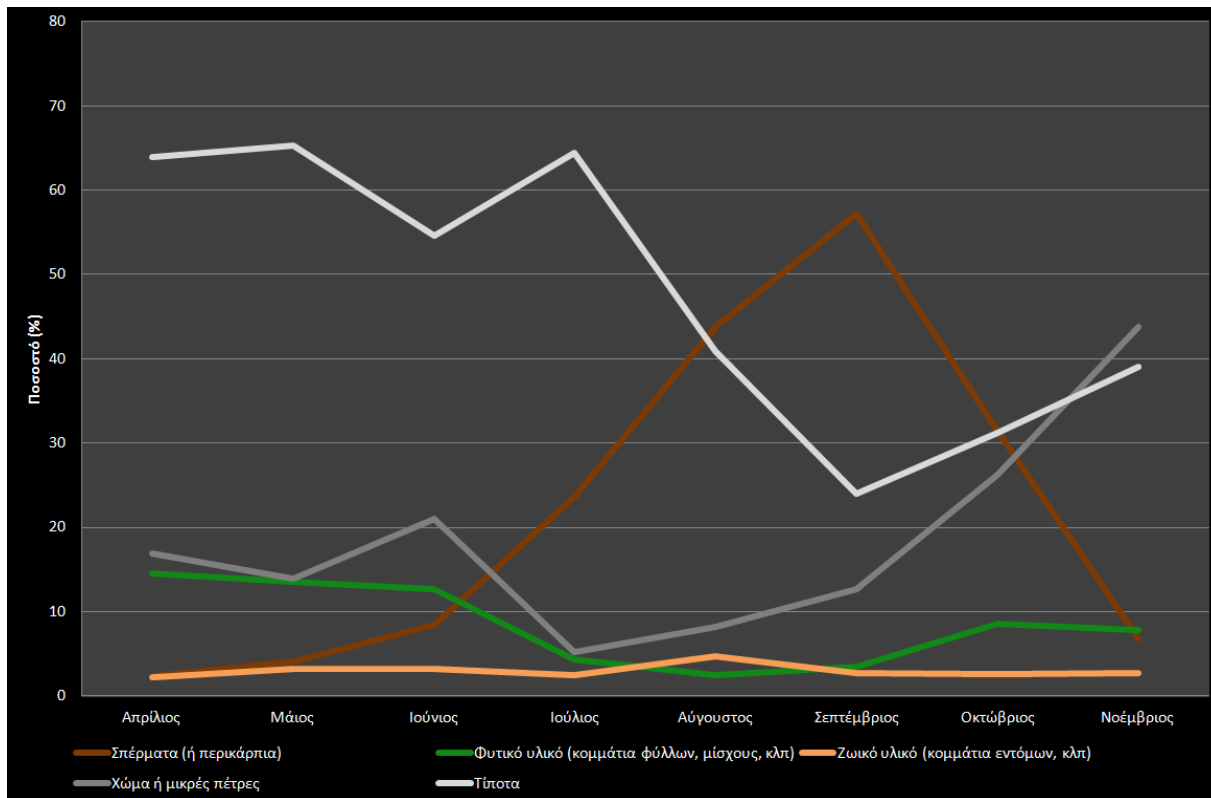
Γράφημα 4.1: Συνολικά ποσοστά συνεισφοράς (%) της κάθε κατηγορίας υλικού κατά την μηνιαία δραστηριότητα των μυρμηγκιών, που επέστρεφαν στις φωλιές ανεξαρτήτως χρονικής περιόδου (πρωί ή απόγευμα), κατά την περίοδο δειγματοληψίας του έτους 2005.



Γράφημα 4.2: Συνολικά ποσοστά συνεισφοράς (%) της κάθε κατηγορίας υλικού κατά την μηνιαία δραστηριότητα των μυρμηγκιών, που επέστρεφαν στις φωλιές ανεξαρτήτως χρονικής περιόδου (πρωί ή απόγευμα), κατά την περίοδο δειγματοληψίας του έτους 2006.



Γράφημα 4.3: Ποσοστά υλικών που μεταφέρονταν κατά την πρωινή περίοδο δραστηριότητας και για τα δύο έτη.



Γράφημα 4.4: Ποσοστά υλικών που μεταφέρονταν κατά την απογευματινή περίοδο δραστηριότητας και για τα δύο έτη.

Τέλος, πραγματοποιώντας μία συνολική συσχέτιση για τις τρεις φωλιές, ανεξαρτήτως χρονιάς ή χρονικής περιόδου, για την κάθε κατηγορία, οι κατηγορίες του ζωικού και φυτικού υλικού που μεταφέρονταν πίσω στη φωλιά, έδειξαν ορισμένες στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 4.3).

Πίνακας 4.3: Αποτελέσματα συσχέτισης μετρήσεων μεταξύ των ετών ανεξαρτήτως της πρωινής και απογευματινής περιόδου και φωλιών.

Σπέρματα (ή περικάρπια)	$F_r = 0,83$ $p = 0,6101$
Φυτικό υλικό (κομμάτια φύλλων, μίσχοι, κλπ)	$F_r = 3,46$ $p = 0,0001$
Ζωικό υλικό (κομμάτια εντόμων, κλπ)	$F_r = 1,87$ $p = 0,0396$
Χώμα ή μικρές πέτρες	$F_r = 0,18$ $p = 0,9984$
Τίποτα	$F_r = 0,40$ $p = 0,9582$

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα και από τις τρεις φωλιές, ανεξαρτήτως έτους ή χρονικής περιόδου δραστηριότητας, τα μυρμηγκία φαίνεται πως κατά την περίοδο δραστηριότητάς τους

από τον Απρίλιο μέχρι και τον Νοέμβριο, επιστρέφουν στη φωλιά μη μεταφέροντας κάτι. Μεταφέρουν σπέρματα μόνο 1 στις 5 διαδρομές, ενώ πολύ μικρά ποσοστά καταλαμβάνουν τα υλικά που προέρχονται από φυτικές ή ζωικές πηγές (Πίνακας 4.4).

Πίνακας 4.4: Συνολικά ποσοστά (με μέγιστες και ελάχιστες τιμές) μεταφερόμενων υλικών προς τις φωλιές, ανεξαρτήτως έτους ή χρονικής περιόδου.

	Μέση τιμή (%)	Μέγιστη τιμή (%)	Ελάχιστη τιμή (%)
Σπέρματα (ή περικόρπια)	20,58	57,23 (απόγευμα Σεπτεμβρίου)	2,38 (απόγευμα Απριλίου)
Φυτικό υλικό (κομμάτια φύλλων, μίσχοι, κλπ)	9,61	19,26 (πρωί Απριλίου)	2,43 (πρωί Αυγούστου)
Ζωικό υλικό (κομμάτια εντόμων, κλπ)	3,31	5,67 (πρωί Απριλίου)	2,18 (απόγευμα Αυγούστου)
Χώμα ή μικρές πέτρες	17,82	50,73 (πρωί Νοεμβρίου)	4,49 (πρωί Αυγούστου)
Τίποτα	48,68	69,68 (πρωί Ιουλίου)	23,97 (απόγευμα Σεπτεμβρίου)

Σε γενικές γραμμές, το πρότυπο δραστηριότητας ήταν ίδιο για τις δύο χρονιές καθώς και για τις δύο χρονικές περιόδους αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν μία απότομη αλλαγή από την συλλογή σπερμάτων στην μετακίνηση χώματος και άλλων σχετικών υλικών κατά τον Οκτώβριο. Επίσης, τα μυρμηγκία τείνουν να είναι πιο δραστήρια στο να μεταφέρουν υλικά πίσω στις φωλιές τους και όχι να επιστρέφουν 'άδεια', κατά τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες. Τέλος, υλικά που σχετίζονται με φυτική ή ζωική ύλη παραμένουν σχετικά σταθερά στις τιμές τους καθ' όλη τη διάρκεια της δραστηριότητας των μυρμηγκιών, με μόνο μία μικρή αύξηση κατά την 'Ανοιξη στο φυτικό υλικό.

Η σελίδα αυτή είναι κενή

Για να εντοπιστούν σημαντικές εποχιακές διαφορές στην δραστηριότητα των μυρμηγκιών χρησιμοποιήθηκε το G-test for independence (βλ. Κεφάλαιο 4.2.2). Τα συνολικά αποτελέσματα για τις τρεις φωλιές καταγράφονται στον Πίνακα 4.5.

Πίνακας 4.5: Τιμές του G-test for independence για κάθε ζεύγος τιμών μετρήσεων από διαδοχικούς μήνες. Οι στατιστικά σημαντικές τιμές (με γκρι, $p < 0,5$) υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τιμών των δύο μηνών.

Έτος	Μήνες	Πρωί					Απόγευμα				
		Σπέρματα (ή περικάρπια)	Φυτικό υλικό (κομμάτια φύλλων, μίσχοι, κλπ)	Ζωικό υλικό (κομμάτια εντόμων, κλπ)	Χώμα ή μικρές πέτρες	Τίποτα	Σπέρματα (ή περικάρπια)	Φυτικό υλικό (κομμάτια φύλλων, μίσχοι, κλπ)	Ζωικό υλικό (κομμάτια εντόμων, κλπ)	Χώμα ή μικρές πέτρες	Τίποτα
2005	Απρ – Μαι	4,040	7,269	5,341	11,057	4,897	4,249	3,470	3,725	4,595	2,297
	Μαι – Ιουν	7,106	9,812	4,258	8,981	3,328	10,519	3,854	3,408	11,252	8,339
	Ιουν – Ιουλ	11,092	6,489	7,037	26,771	3,964	41,369 ($p < 0,005$)	22,297	4,608	57,116 ($p < 0,005$)	8,557
	Ιουλ – Αυγ	84,846 ($p < 0,005$)	6,526	15,168	5,764	44,398 ($p < 0,005$)	32,245 ($p = 0,021$)	5,941	7,568	11,243	29,618 ($p = 0,041$)
	Αυγ – Σεπ	12,011	6,095	9,896	11,642	23,314	17,097	3,466	4,573	7,332	39,462 ($p < 0,005$)
	Σεπ – Οκτ	132,519 ($p < 0,005$)	18,88	4,276	59,674 ($p < 0,005$)	26,531	39,491 ($p < 0,005$)	15,740	3,621	31,692 ($p = 0,034$)	22,687
	Οκτ – Νοε	32,501	2,384	5,219	40,974 ($p < 0,005$)	18,553	97,720 ($p < 0,005$)	3,674	4,015	30,166 ($p = 0,05$)	10,918
2006	Απρ – Μαι	3,861	3,270	6,023	9,081	3,460	10,138	2,925	6,545	8,540	3,028
	Μαι – Ιουν	7,066	16,554	11,075	11,080	4,223	15,712	4,991	8,200	16,089	9,132
	Ιουν – Ιουλ	11,837	10,177	4,523	20,949	2,910	44,567 ($p < 0,005$)	30,214 ($p = 0,049$)	4,768	61,799 ($p < 0,005$)	7,165
	Ιουλ – Αυγ	63,016 ($p < 0,005$)	9,430	9,222	3,12	27,234	36,805 ($p = 0,005$)	7,388	5,231	7,624	34,828 ($p < 0,05$)
	Αυγ – Σεπ	13,560	6,744	8,968	6,009	24,846	14,931	3,936	5,767	13,803	33,714 ($p = 0,014$)
	Σεπ – Οκτ	116,194 ($p < 0,005$)	15,691	2,567	85,127 ($p < 0,005$)	20,640	46,769 ($p < 0,005$)	14,046	3,363	27,424	16,401
	Οκτ – Νοε	45,417	3,420	4,750	37,757 ($p < 0,005$)	17,187	96,497 ($p < 0,005$)	2,510	6,193	22,558	14,284

Η σελίδα αυτή είναι κενή

Χρησιμοποιώντας αυτά τα δεδομένα θα μπορούσαμε να διαχωρίσουμε εκείνους τους μήνες, όπου και για τα δύο έτη παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στον ρυθμό της τροφοληπτικής δραστηριότητας των μυρμηγκιών. Συγκεντρωτικά λοιπόν προκύπτει ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 4.6).

Πίνακας 4.6: Για κάθε κατηγορία μεταφερόμενου υλικού υπάρχουν 2 στήλες, αριστερά για το έτος 2005 και δεξιά για το 2006. Με Χ καταγράφονται εκείνοι οι μήνες, όπου φαίνεται να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στον ρυθμό δραστηριότητας, που σχετίζεται με την εν λόγω κατηγορία. Με γκρι τονίζονται εκείνοι οι μήνες όπου και για τα δύο έτη παρατηρήθηκε αυτή η διαφορά.

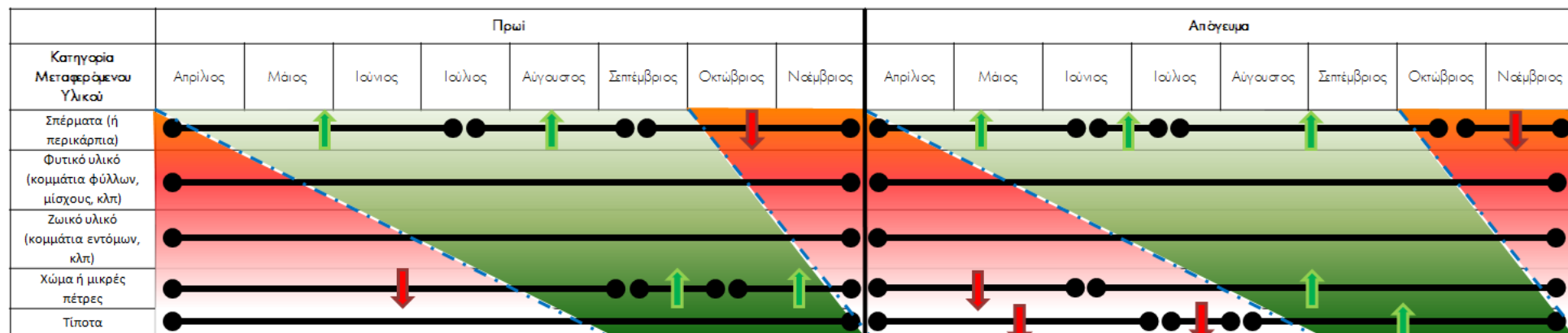
Μήνες	Πρωί					Απόγευμα				
	Σπέρματα (ή περικάρπια)	Φυτικό υλικό (κομμάτια φύλλων, μίσχοι, κλπ)	Ζωικό υλικό (κομμάτια εντόμων, κλπ)	Χώμα ή μικρές πέτρες	Τίποτα	Σπέρματα (ή περικάρπια)	Φυτικό υλικό (κομμάτια φύλλων, μίσχοι, κλπ)	Ζωικό υλικό (κομμάτια εντόμων, κλπ)	Χώμα ή μικρές πέτρες	Τίποτα
Απρ – Μαί										
Μαί – Ιουν										
Ιουν – Ιουλ						X	X	X	X	X
Ιουλ – Αυγ	X	X			X	X	X			X
Αυγ – Σεπ										X
Σεπ – Οκτ	X	X		X	X	X	X		X	
Οκτ – Νοε				X	X	X	X		X	

Η σελίδα αυτή είναι κενή

Βάσει του παραπάνω πίνακα θα μπορούσαμε να αποτυπώσουμε λοιπόν τα χρονικά διαστήματα ή αλλιώς ‘εποχές’ για την κάθε κατηγορία μεταφερόμενου υλικού από τα μυρμηγκία πίσω στη φωλιά (Γράφημα 4.5).

Κατηγορία Μεταφερόμενου Υλικού	Πρωί								Απόγευμα							
	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος
Σπέρματα (ή περικάρπια)	●			●	●		●	●	●			●	●		●	●
Φυτικό υλικό (κομμάτια φύλλων, μίσχους, κλπ)	●							●	●							●
Ζωικό υλικό (κομμάτια εντόμων, κλπ)	●							●	●							●
Χώμα ή μικρές πέτρες	●					●	●		●	●						●
Τίποτα	●							●	●			●	●			●

Γράφημα 4.5: Οι ‘εποχές’ δραστηριότητας των μυρμηγκιών βάσει των κατηγοριών μεταφερόμενων υλικών.



Γράφημα 4.6: Η τάση αυξομειώσης της σχετιζόμενης δραστηριότητας των μυρμηγκιών με τα διάφορα μεταφερόμενα υλικά κατά την περίοδο δραστηριότητάς τους.

Η σελίδα αυτή είναι κενή

Αν θα μπορούσαμε να διαχωρίσουμε τα διάφορα μεταφερόμενα υλικά σε δύο βασικές κατηγορίες βάσει του θερμιδικού ενεργειακού οφέλους που έχουν οι αποικίες λόγω της προσπάθειας των μυρμηγκιών, θα μπορούσαμε να ομαδοποιήσουμε τις κατηγορίες: σπέρματα, φυτικό και ζωικό υλικό (θετικό θερμιδικό όφελος) σε μία κατηγορία και τις κατηγορίες: χώμα και τίποτα (αρνητικό θερμιδικό όφελος) σε μία άλλη. Αποτυπώνοντας την τάση (αυξητική ή μειωτική) για την κάθε περίοδο δραστηριότητας, όπως αυτή φαίνεται στο Γράφημα 4.5, προκύπτει το Γράφημα 4.6.

Από τα παραπάνω γραφήματα φαίνεται, ότι τα μυρμηγκία είχαν διακριτές περιόδους δραστηριότητας ανάλογα με το είδος του μεταφερόμενου υλικού. Πιο συγκεκριμένα, για ότι αφορά στα σπέρματα, παρατηρήθηκαν τρεις περίοδοι δραστηριότητας κατά τις πρωινές ώρες καθ' όλη την χρονική περίοδο όπου τα μυρμηγκία ήταν δραστήρια, ενώ κατά τις απογευματινές ώρες, οι περίοδοι δραστηριότητας ήταν τέσσερις. Λαμβάνοντας υπόψη το φυτικό ή ζωικό υλικό που μεταφερόταν στη φωλιά, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές και θα μπορούσαμε να πούμε ότι για τις δύο αυτές κατηγορίες επικρατεί ένα μονοδιάστατο πρότυπο δραστηριότητας.

4.4 Συζήτηση

Από τα παραπάνω αποτελέσματα αντιλαμβάνεται κανείς, ότι η παραδοχή πως τα μυρμηγκία του γένους *Messor* είναι σποροφάγα, καλύπτει μόνο ένα κομμάτι της τροφοληπτικής τους δραστηριότητας. Σε γενικές γραμμές τα μυρμηγκία λειτουργούν αρκετά ομορτουμιστικά καλύπτοντας τις ανάγκες τους με διάφορες πηγές τροφής, αν και η συντριπτική πλειονότητα της διατροφής τους καλύπτεται από σπέρματα από τα γύρω φυτά.

Όπως έδειξαν οι Fernández Escudero & Tinaut (1993), υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ότι τα μυρμηγκία-θεριστές προτιμούν ζωική λεία από τα σπέρματα. Παρόλα αυτά υπάρχουν δύο πιθανοί λόγοι για την εξήγηση αυτής της προφανούς αντίφασης με ό,τι παρατηρείται στα σημεία τροφοληψίας των μυρμηγκιών. Πρώτον, τα σπέρματα χειρίζονται με περισσότερη ικανότητα και ευκολία από τα μυρμηγκία σε σχέση με τα τμήματα ζωικής λείας που πιθανόν εντοπιστούν. Ο δεύτερος λόγος, βρίσκεται στον πιθανό ανταγωνισμό αυτού του είδος με άλλα είδη αρπακτικών μυρμηγκιών: όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση από τη φωλιά, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα επαφής με ένα πιο ανταγωνιστικό είδος, που συλλέγει έντομα, χάνοντας έτσι τη λεία του. Συμπερασματικά, οι Fernández Escudero & Tinaut (1993) αναφέρουν ότι η επιλογή της λείας κατά την τροφοληψία των μυρμηγκιών-θεριστών του γένους *Messor* θα πρέπει να αποδίδεται περισσότερο στην ευκολία χρήσης και την ελαχιστοποίηση του ανταγωνισμού με άλλα είδη, παρά στην καθεαυτό επιλογή των σπερμάτων έναντι εναλλακτικών πηγών τροφής.

Οι Cerdá & Retana, (1994) ανέδειξαν επίσης το γεγονός, ότι η διατροφή των μυρμηγκιών-θεριστών του γένους *Messor* δεν περιορίζεται μόνο σε σπέρματα, αλλά περιλαμβάνει επίσης φυτικές και ζωικές ύλες (βλ. πίνακα δεξιά). Η σποροφαγία είναι μια γενική τάση όλων των ειδών του γένους *Messor* (Sheata & Kaschef, 1971; Levieux, 1979; Onoyama & Abe, 1982; Hahn & Maschwitz, 1985), αν και ορισμένοι συγγραφείς (Brown *et al.*, 1979b; Baroni-Urbani, 1987) αναφέρουν, ότι όταν σε σποροφάγα μυρμηγκία προσφερθούν νεκρά έντομα προτιμώνται σαφώς από τα σπέρματα, και οι Lopez *et al.* (1992) έχουν παρατηρήσει, ότι οι αποικίες του *M. barbarus* μπορούν να αντιδράσουν με προφανή τρόπο με αυξημένη πρόσληψη εργατριών (recruitment) και με έντονη δραστηριότητα τροφοληψίας για ασυνήθιστες πηγές πρωτεΐνης τροφίμων (π.χ. πύμα κουνελιού, νεκρά έντομα και κόπρανα σπονδυλοζώων).

Παρόλα αυτά, η διάσταση της 'μηδενικής μεταφοράς' (τα μυρμηγκία δεν μεταφέρουν τίποτα πίσω στη φωλιά) δεν είχε συμπεριληφθεί στις μελέτες όπως επιχειρεί να κάνει η παρούσα μελέτη. Επιπλέον, τα μυρμηγκία φαίνεται να δραστηριοποιούνται έντονα μεταφέροντας πετραδάκια, χώμα και άλλα παρόμοια υλικά στην αρχή του φθινοπώρου. Μάλιστα, όπως φαίνεται και από το Γράφημα 4.6, παρατηρείται ένα εποχιακό πρότυπο στην δραστηριότητα που σχετίζεται με την τροφοληψία τους με έντονα περιβαλλοντικά αλλά και ηθολογικά στοιχεία.

Λεπτομερέστερα, στην αρχή της άνοιξης και όσο μπαίνουμε στο καλοκαίρι, τα μυρμηγκία δραστηριοποιούνται με αυξανόμενες τάσεις στην συλλογή σπερμάτων. Αυτό συνάδει με το γεγονός, ότι οι περιβαλλοντικές συνθήκες (αύξηση της θερμοκρασίας, μεγαλύτερη ημέρα, κλπ) ευνοούν την εντονότερη δραστηριότητα καθώς και ότι η διαθεσιμότητα των σπερμάτων συνεχώς αυξάνει. Επιπλέον, οι ανάγκες των μυρμηγκιών σε τροφή μετά τον χειμώνα είναι προφανώς αυξημένες. Ταυτόχρονα, τα μυρμηγκία μειώνουν σταδιακά την μεταφορά αδρανών υλικών (π.χ. χώματος) πίσω στη φωλιά και αναλώνουν την προσπάθειά τους στην μεταφορά τροφής.

Όμως, κατά την αρχή του φθινοπώρου, αναδεικνύεται μία απότομη αλλαγή στην σύσταση των μεταφερόμενων υλικών που επιστρέφουν στη φωλιά. Τα υλικά στοιχεία του χώματος αυξάνονται και η τροφοληψία επιδέχεται μία ραγδαία μείωση. Σαφώς και πάλι οι περιβαλλοντικοί παράγοντες επηρεάζουν αυτή την αλλαγή, αλλά υπάρχει και ένας επιπλέον βιοηθολογικός παράγοντας πιθανής εξήγησης. Για το είδος που μελετήθηκε, η περίοδος κατά το πρώτο 15θήμερο του Οκτωβρίου σημαίνει και την πραγματοποίηση της γαμήλιας

Table 1. Percentage of each type of item brought by workers to four *Messor bouvieri* (n = 772) and *Messor capitatus* (n = 444) nests

Type of item	<i>Messor bouvieri</i>	<i>Messor capitatus</i>
Plant remains	98.30	97.75
Seeds	89.10	88.70
Flowers	3.10	0.45
Others	6.10	8.60
Animals remains	1.70	2.25
Arthropod corpses	0	0.45
Snails	1.40	0.45
Vertebrate faeces	0.30	1.35

Πίνακας από την μελέτη των Cerdá & Retana (1994) όπου παρατήρησαν την τροφοληψία και άλλων τροφών πλην σπερμάτων από τα μυρμηγκία του γένους *Messor*.

πήσης των νεαρών βασιλισσών και κηφήνων που διαρκεί περίπου 2-3 ημέρες. Μετά από αυτό το φαινόμενο, παρατηρήθηκε ότι οι εργάτριες μειώνονται και γενικότερα η αποικία τροποποιεί τη δραστηριότητά της, ελαπώνοντας αισθητά τους αριθμούς των εξερχόμενων εργατριών από την φωλιά με σκοπό την τροφосуλλογή. Επιπλέον, δραστηριοποιείται εντονότερα σε εργασίες που σχετίζονται με την προετοιμασία της φωλιάς για τον επερχόμενο χειμώνα.

Σε κάθε περίπτωση, τα αποτελέσματα του πειράματός μας έδειξαν, ότι τα μυρμηγκια-θεριστές διαφοροποιούν τη σύσταση της λείας τους βάσει των ευκαιριών που τους δίνονται καθώς και με γνώμονα τις περιβαλλοντικές εποχιακές συνθήκες. Τέλος, η συμπεριφορά τους για την τροφοληψία τροποποιείται και σύμφωνα με τις επιταγές του βιολογικού κύκλου της αποικίας.

Κεφάλαιο 5
Χωροταξική
μελέτη επιλογής
σπερμάτων



Κεφάλαιο 5 – Χωρική μελέτη επιλογής σπερμάτων

5.1 Εισαγωγή

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των μυρμηγκιών-θεριστών όταν συλλέγουν τροφή, είναι το φαινόμενο με την ονομασία «*ortstreue*» που περιγράφει την προσκόλληση τους σε μια ορισμένη θέση (site tenacity), δηλαδή την επιμονή επιστροφή του συγκεκριμένου συλλέκτη στην ίδια, καθορισμένη τοποθεσία κάθε φορά που ολοκληρώνει τη διαδρομή του, σε καθημερινή βάση. Κατά τη διάρκεια της συλλογής των σπερμάτων μέσω πολλών διακλαδώσεων των διαδρομών, οι εργάτες, επιδεικνύοντας τη συμπεριφορά «*ortstreue*», συνεχώς επιλέγουν μία συγκεκριμένη διαδρομή έναντι άλλων. Το φαινόμενο έχει εντοπιστεί στα *Pogonomyrmex* (Hölldobler, 1976a), *Pheidole* (Hölldobler & Möglish, 1980), *Messor* (Onoyama, 1982; Onoyama & Abe, 1982) και *Monomorium* (= *Chelone*) (Davidson, 1982).

Πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί στα γένη *Cataglyphis*, *Formica* και *Pogonomyrmex* υποδηλώνουν, ότι οι μνήμες των σημείων τροφοληψίας βασίζονται περισσότερο σε οπτικά ερεθίσματα και αναφορές. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις η εμμονή ή εκμάθηση των σημείων αυτών κρατάει για εβδομάδες ή ακόμη και μήνες. Οι Rosengren & Fortelius (1986) μπόρεσαν να δείξουν, ότι τουλάχιστον στο είδος *F. aquilonia* ο προσανατολισμός κατά τη διάρκεια της νύχτας επιτυγχάνεται ακλουθώντας οσφρητικά σημάδια στα όρια της περιοχής εξάπλωσης της αποικίας. Συνεπώς θα μπορούσαμε να πούμε ότι, όταν μία αίσθηση (π.χ. όραση) αποτυγχάνει, μία άλλη (π.χ. όσφρηση) αναλαμβάνει να υποστηρίξει την δραστηριότητα της τροφοληψίας. Το ίδιο μοτίβο λειτουργίας με τα *F. aquilonia* ακολουθείται και από τις εργάτριες του γένους *Pogonomyrmex*, όπως έχει δείξει ο Hölldobler με τις εργασίες του (1971, 1976). Είναι λοιπόν λογικό να πούμε, ότι η μνήμη και η πίστη σε συγκεκριμένα σημεία τροφοληψίας βελτιώνεται μέσω φυσικής επιλογής, καθώς οι πηγές τροφής γίνονται αποδοτικότερες λόγω των πιο τακτικών επισκέψεων. Κάτι τέτοιο έχει αναδειχθεί στις περιπτώσεις των μυρμηγκιών που βασίζουν την διατροφή τους στο μελίτωμα από τις δασικές αφίδες αλλά και από άλλα Ομόπτερα (Pasteels *et al.*, 1987; Goss *et al.*, 1989).

Μια ιδιαίτερα συγγενική συμπεριφορά είναι η «*majoring*», σύμφωνα με την οποία συγκεκριμένες εργάτριες επιλέγουν σταθερά ένα συγκεκριμένο είδος σπόρου, μεταξύ δύο ή περισσότερων ειδών που είναι διαθέσιμα στην ίδια περιοχή τροφοσυλλογής. Αυτό το είδος της συμπεριφοράς είναι γνωστό ότι ισχύει τουλάχιστον στα *Monomorium* (= *Chelone*) (Davidson, 1982) και στα *Messor* (= *Venomessor*) (Rissing, 1981a). Ακόμη και όταν στα πειράματα του Rissing, τους προσέφεραν μεγαλύτερους σπόρους ανακατεμένους με άλλα είδη σπερμάτων, οι μαρκαρισμένες εργάτριες συνέχισαν να επιλέγουν το είδος του σπόρου

που είχαν αρχικά επιλέξει. Αυτή η εξειδίκευση διατηρείται ακόμη και για αρκετές ημέρες, αλλά έχει παρατηρηθεί ότι μπορεί να αλλάξει απότομα. Οι επιλογές πάντως δεν σχετίζονταν με το μέγεθος του μυρμηγκιού καθώς η μεταβλητή αυτή αναφερόταν μόλις στο 4% της διακύμανσης στο μέγεθος των σπερμάτων. Δεν είναι γνωστό πώς γίνεται η πρωταρχική επιλογή του είδους και του μεγέθους του σπόρου, αλλά σε καμία περίπτωση δεν είναι τυχαία, καθώς έχει αναφερθεί ότι εργάτριες των γενών *Messor* και *Pogonomyrmex* εξετάζουν μέχρι και 60 σπόρους πριν επιλέξουν έναν, ώστε να τον μεταφέρουν πίσω στην αποικία τους (Hölldobler, 1976; Rissing, 1981).

Και οι δυο τύποι ατομικής εξειδίκευσης, η «*ortstreue*» και η «*majoring*», είναι βέβαιο ότι έχουν τη δυναμική βελτίωσης τόσο της ατομικής αποτελεσματικότητας, όσο και της αποτελεσματικότητας της αποικίας, δεδομένου ότι συντομεύουν το χρόνο διαδικασιών διερεύνησης, αλλά και της επιλογής της τροφής. Για την επαύξηση της απόδοσης εν τούτοις, είναι απαραίτητο για τα είδη των μυρμηγκιών αυτών, να προσθέσουν διαφοροποιήσεις και ευελιξία σε ό,τι αφορά τις επιλογές των εργατριών μεταξύ των θέσεων εξεύρεσης της τροφής και των τύπων των σπερμάτων, καθώς και την ικανότητα να μετακινούνται γρήγορα σε νέες θέσεις και είδη τροφής, όταν οι προηγούμενες πηγές πρόσληψης σπερμάτων έχουν εξαντληθεί. Όλες αυτές οι ιδιότητες έχουν καταγραφεί για τα *Messor* και τα *Pogonomyrmex* και, πιθανότατα, ισχύουν ευρύτατα και για άλλα είδη μυρμηγκιών-θεριστών.

5.2 Πειραματικό σκεπτικό

Η δραστηριότητα των μυρμηγκιών κατά τη διάρκεια του φωτός είναι λίγο-πολύ μελετημένη από ερευνητές (Plowes *et al.*, 2013) καθώς προστίθενται και νέα στοιχεία στα ήδη υπάρχοντα, όπως αυτά αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 3 της παρούσας διατριβής. Η νυχτερινή όμως τροφοληπτική δραστηριότητα των μυρμηγκιών του γένους *Messor* δεν έχει μελετηθεί επαρκώς αν και είναι γνωστό ότι συμβαίνει, κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Για να μετρηθεί η δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της νύχτας, θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν φακοί ή άλλος τρόπος τεχνητού φωτισμού κάτι όμως που ενδεχομένως θα επέφερε αλλαγές στην συμπεριφορά των μυρμηγκιών, αφού γνωρίζουμε πως η όραση παίζει ρόλο στην δραστηριότητα τροφοληψίας (Legge *et al.*, 2010; Ribeiro *et al.*, 2009; Rodrigo, 2002; Ronacher & Wehner, 1995). Επιλέχθηκε λοιπόν η έμμεση λύση της καταγραφής της δραστηριότητας βασιζόμενη στο αποτύπωμα αυτής της τροφοληψίας σε προ-μετρημένους και προ-ζυγισμένους σπόρους, που προσφέρονταν σε σημεία τροφοληψίας (cafeteria experiment) για ελεύθερη επιλογή. Πειράματα τέτοιου τύπου έχουν χρησιμοποιηθεί για να αναδείξουν μεταξύ άλλων την διασπορά σπερμάτων (Warren *et al.*, 2010), την τροφοσυλλογή συγκεκριμένων ειδών (Carrillo-Gavilán *et al.*, 2010), την αλλαγή στην συμπεριφορά των μυρμηγκιών (Nicolai *et al.*, 2007), την διασπορά μυρμηκόχωρων φυτών

(Imbert, 2006) και τις διατροφικές συνήθειες και επιλογές μυρμηγκιών (Dejean *et al.*, 1999). Η περίοδος που πραγματοποιήθηκε η μελέτη, ήταν η περίοδος της μέγιστης τροφοληπτικής δραστηριότητας (Ιούλιος – Οκτώβριος), όπως έχει ήδη αναδειχθεί στο Κεφάλαιο 3.

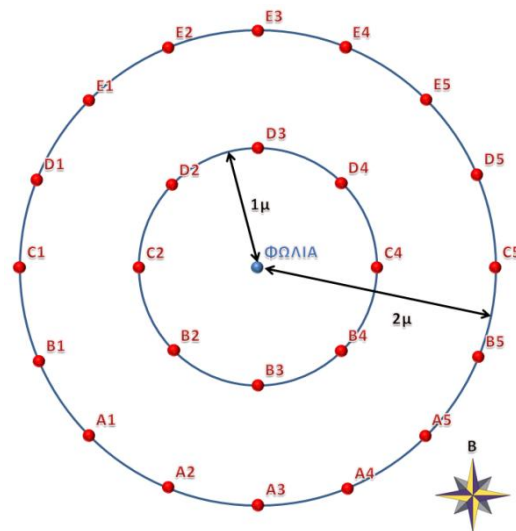
5.3 Μεθοδολογία

5.3.1 Υλικά και μέθοδος

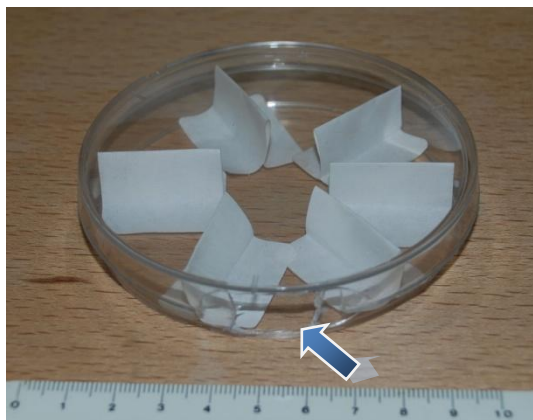
Στην περιοχή μελέτης (όπως αυτή αναφέρεται στο Κεφάλαιο 2.5.2) υπήρχε μόνο μια φωλιά του είδους μελέτης (Εικόνα 5.1). Περιμετρικά της φωλιάς τοποθετήθηκαν με συγκεκριμένο πρότυπο και όπως αυτό φαίνεται στην Εικόνα 5.2, 24 τροποποιημένα πλαστικά τριβλία διαμέτρου \varnothing 9εκ με καπάκι, στα οποία είχε αφαιρεθεί τμήμα περίπου 2,5 εκ. από το πλευρικό τους τοίχωμα, ώστε να δημιουργήσουν μία πύλη εισόδου/εξόδου για τα μυρμηγκία (Εικόνα 5.3). Χρησιμοποιώντας αυτοκόλλητες ετικέτες δημιουργήθηκαν 5 διακριτά και το κατά δυνατόν ισομεγέθη τμήματα, εσωτερικά του κάθε τριβλίου, ώστε να φιλοξενήσουν προμετρημένα και προ-ζυγισμένα σπέρματα (Εικόνα 5.4).



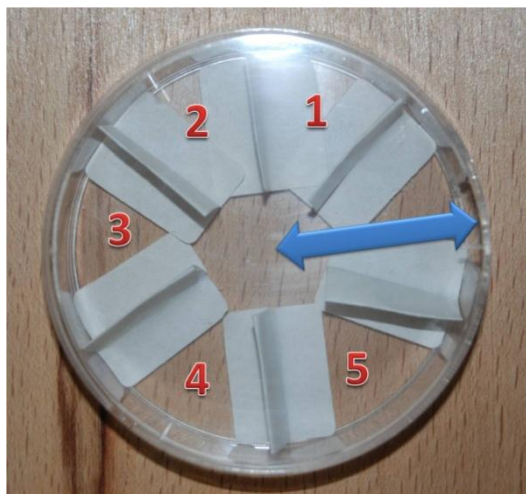
Εικόνα 5.1: Φωτογραφία στον άξονα Β-Ν που υποδεικνύει την είσοδο της μοναδικής φωλιάς του είδους στην περιοχή μελέτης (με κόκκινο βέλος).



Εικόνα 5.2: Διάγραμμα του πλέγματος τοποθέτησης των σημείων τροφοληψίας (πλαστικά τριβλία) περιμετρικά της φωλιάς.



Εικόνα 5.3: Δείγμα από τα πλαστικά τριβλία που χρησιμοποιήθηκαν. Με μπλε βέλος υποδεικνύεται το άνοιγμα στο πλάι από το οποίο έμπαιναν τα μυρμηγκία.



Εικόνα 5.4: Ο χώρος εσωτερικά του τριβλίου με τα 5 χωρίσματα για τα σπέρματα. Με μπλε βέλος υποδεικνύεται ο χώρος μετακίνησης των μυρμηγκιών.

Σε κάθε χωρίσμα τοποθετήθηκαν σπέρματα (ή σε μια περίπτωση καρπός) των παρακάτω ειδών (Εικόνες 5.5 – 5.9):

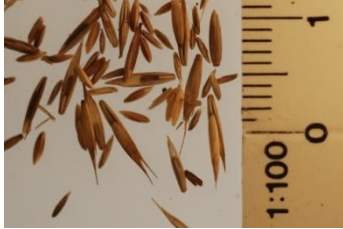
- ❖ *Sarcopoterium spinosum* (L.) Sprach
Θαμνώδες φυτό της οικογένειας Rosaceae. Ευρέως διαδεδομένο στην Μεσογειακή λεκάνη.
- ❖ *Medicago arborea* L.
Θαμνώδες φυτό της οικογένειας Fabaceae.
- ❖ *Festuca arundinacea* Schreber
Φυτό της οικογένειας Poaceae.
- ❖ *Triticum* sp.
Φυτό της οικογένειας Poaceae.

Τα σπέρματα που χρησιμοποιήθηκαν για αυτή τη μελέτη επιλέχθηκαν με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

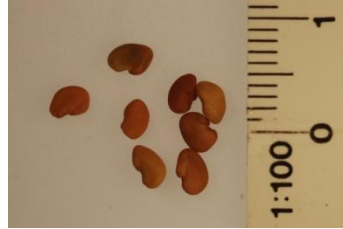
- ❖ Παρουσία/Απουσία του είδους από την περιοχή μελέτης
Αφού πραγματοποιήθηκε μελέτη της χλωρίδας της περιοχής και παρατήρηση των μυρμηγκιών και τι αυτά μεταφέρουν στη φωλιά, επιλέξαμε 3 είδη με παρουσία στην περιοχή και 1 εντελώς άγνωστο είδος στα μυρμηγκία (*Triticum* sp.). Θέλαμε να διερευνήσουμε, το κατά πόσο τα μυρμηγκία επιλέγουν 'γνωστά' σπέρματα από την περιοχή ή ενδεχομένως μπορούν να δοκιμάσουν κάποια καινούργια.
- ❖ Μέγεθος/βάρος σπέρματος
Τα είδη που επιλέχθηκαν είχαν διαφορετικά μεγέθη και βάρη. Οι μέσες τιμές τους συνοψίζονται στον Πίνακα 5.1.

❖ Επιλογή σπέρματος ή καρπού

Το είδος *M. arborea* επιλέχθηκε και χρησιμοποιήθηκε και με τις δύο μορφές της παραγωγής των καρπών του με στόχο την διερεύνηση της επιλογής της μίας ή της άλλης μορφής (σπέρματα ή καρπός).



Εικόνα 5.5: Σπέρματα του είδους *Festuca arundinacea*



Εικόνα 5.6: Σπέρματα του είδους *Medicago arborea*



Εικόνα 5.7: Σπέρματα του είδους *Sarcopoterium spinosum*



Εικόνα 5.8: Καρποί του είδους *Medicago arborea*



Εικόνα 5.9: Σπέρματα του είδους *Triticum* sp.

Πίνακας 5.1: Οι μέσες τιμές μεγέθους και βάρους για τα σπέρματα των ειδών που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη.

	Μέσο μέγιστο μήκος (mm)	Μέσο μέγιστο πλάτος (μm)	Μέσο βάρος (mgr)
<i>Sarcopoterium spinosum</i> (N=30)	4,03	3,68	4,47
<i>Medicago arborea</i> (σπέρματα) (N=30)	3,57	2,60	8,47
<i>Medicago arborea</i> (καρπός) (N=30)	11,78	9,49	49,63
<i>Festuca arundinacea</i> (N=30)	3,91	0,81	0,938
<i>Triticum</i> sp. (N=30)	7,57	3,51	52,27

Αφού συλλέχθηκαν με το χέρι σπέρματα του είδους *S. spinosum* και καρποί του είδους *M. arborea*, τοποθετήθηκαν σε αδιαφανείς θήκες από φωτογραφικό φιλμ, το οποίο δεν επέτρεπε την ανάπτυξη τους. Στο εργαστήριο, καρποί του είδους *M. arborea* ανοίχθηκαν με το χέρι και τα σπέρματά τους αποθηκεύτηκαν με τον ίδιο τρόπο. Τέλος, για πρακτικούς λόγους αγοράστηκε ποσότητα σπερμάτων *F. arundinacea* (γκαζόν) και *Triticum* sp. (σιτάρι). Σε κάθε

θήκη ξεχωριστά, τοποθετήθηκαν τελικά οι παρακάτω αριθμοί ή βάρη σπερμάτων (Πίνακας 5.2):

Πίνακας 5.2: Οι αριθμοί και τα βάρη των σπερμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στο πειραματικό μέρος της μελέτης σε κάθε σταθμό τροφοληψίας (τριβλίο). Με γκρι εμφανίζεται το βάρος (ή ο αριθμός αντιστοιχα) ο οποίος προκύπτει από την αναγωγή βασιζόμενη στα αποτελέσματα του Πίνακα 5.1.

	Αριθμός	Βάρος (gr)
<i>Sarcopoterium spinosum</i>	20	0,089
<i>Medicago arborea</i> (σπέρματα)	100	0,847
<i>Medicago arborea</i> (καρποί)	10	0,496
<i>Festuca arundinacea</i>	2132	2
<i>Triticum</i> sp.	50	2,614

Στο πειραματικό κομμάτι της μελέτης, τοποθετήθηκαν τα τριβλία στα σημεία περιμετρικά της εξόδου της φωλιάς, σύμφωνα με το διάγραμμα της Εικόνα 5.2 με την πύλη προς την κατεύθυνση της φωλιάς και κατόπιν σε κάθε χώρισμα τοποθετούνταν τα προμετρημένα σπέρματα πάντα με την ακόλουθη σειρά: *S. spinosum*, *M. arborea* (σπέρματα), *F. arundinacea*, *M. arborea* (καρποί) και *Triticum* sp. Κατόπιν, τοποθετείτο μία πέτρα επάνω στο κάλυμμα του τριβλίου ώστε να μην παρασυρθούν από τον άνεμο. Η τοποθέτηση πραγματοποιείται νωρίς το απόγευμα (15:00μμ) κατά την διάρκεια απουσίας των μυρμηγκιών από το πεδίο λόγω αυξημένων θερμοκρασιών. Η καταγραφή του αριθμού των σπερμάτων που παρέμεναν στα τριβλία πραγματοποιείται στις 18:00μμ και στις 20:00μμ καθώς και νωρίς το πρωί (6:00πμ) της επόμενης ημέρας. Ειδικά για τα σπέρματα του *F. arundinacea* γινόταν καταγραφή κατ' εκτίμηση. Κατόπιν τα τριβλία μεταφέρονταν στο εργαστήριο όπου τα σπέρματα καταμετρούντο ενδελεχώς και τα σπέρματα του *F. arundinacea* ζυγίζονταν.

Για την ποσοτικοποίηση της τροφοληψίας από τα μυρμηγκία και για κάθε σταθμό τροφοληψίας ελήφθησαν οι εξής υπολογισμοί:

- ❖ Απόσταση από την φωλιά (1 ή 2 μέτρα)
Αν και η τροφοληψία σπανίως πραγματοποιείται με γραμμική διάταξη, θεωρήθηκε πως οι σταθμοί τροφοληψίας ήταν επισκέψιμοι από τα μυρμηγκία σε ευθεία γραμμή.
- ❖ Γωνία ως προς τον Βορρά
Βασιζόμενη στην προηγούμενη παραδοχή, θεωρήθηκε πως η γωνία επίσκεψης των σταθμών τροφοληψίας πραγματοποιείται χωρίς ενδιάμεσους σταθμούς και σε ευθεία από την φωλιά.

Πίνακας 5.3: Συνοπτικά στοιχεία για κάθε σταθμό τροφοληψίας του πεδίου μελέτης.

Κωδικός Σταθμού Τροφοληψίας	Απόσταση από τη φωλιά (μ)	Γωνία ως προς τον Βορρά (0°)
A1	2	225
A2	2	202,5
A3	2	180
A4	2	157,5
A5	2	135
B1	2	247,5
B2	1	225
B3	1	180
B4	1	135
B5	2	112,5
C1	2	270
C2	1	270
C4	1	90
C5	2	90
D1	2	292,5
D2	1	315
D3	1	0
D4	1	45
D5	2	67,5
E1	2	315
E2	2	337,5
E3	2	0
E4	2	22,5
E5	2	45

5.3.2 Στατιστική προσέγγιση ανάλυσης

Τα πρωτογενή δεδομένα καταγράφηκαν σε πίνακα και κατηγοριοποιήθηκαν σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του κάθε σταθμού δειγματοληψίας (κάθε τριβλίο με σπόρους) όπως περιγράφεται παρακάτω:

1. Απόσταση: Οι σταθμοί που βρίσκονταν σε απόσταση ενός μέτρου (1μ) από την φωλιά (βλ. Εικόνα 5.2) χαρακτηρίστηκαν ως Κοντινοί (Κ) και εκείνοι στην απόσταση των δύο μέτρων (2μ) ως Μακρινοί (Μ).
2. Ημερομηνία: Το πείραμα επαναλήφθηκε από 2 έως 8 ημέρες ανά μήνα, από όπου προέκυψαν μηνιαίες ομαδοποιήσεις και τα δεδομένα ομαδοποιήθηκαν ανά μήνα, όπου ανήκε η δειγματοληπτική ημέρα (Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος και Οκτώβριος)
3. Περίοδος τροφοληψίας: Οι χρονικές περίοδοι κατά τις οποίες έγιναν οι μετρήσεις ονοματίστηκαν ως εξής:
 - a. 15.00-18.00: Μεσημέρι (Μ)
 - b. 18.00-20.00: Απόγευμα (Α)

c. 20.00-6.00: Βράδυ (B)

Τα αποτελέσματα της τροφосуλλογής των σπερμάτων μετατράπηκαν σε ποσοστά επί του συνόλου των σπερμάτων τα οποία αφαίρεσαν τα μυρμήγκια κατά την προηγούμενη χρονική περίοδο, και έγινε η αναγωγή τους σε ωριαίες μετρήσεις, ώστε να είναι απόλυτα συγκρίσιμα. Καθώς παρατηρήθηκαν μεγάλες αριθμητικές διαφορές (κυρίως λόγω του πολύ μεγάλου αριθμού σπερμάτων *Festuca*), στις αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν οι λογαριθμικές τιμές των μετρήσεων [$\log_{10}(X+1)$].

Για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο λογισμικού Statistica (ver. 7)¹. Ο τύπος της ανάλυσης που επιλέχθηκε, είναι της Μονοδιάστατης Ανάλυσης Διακύμανσης (One way ANOVA), ένα γραμμικό περιγραφικό μοντέλο με τα ποσοστά των σπερμάτων που μετακινήθηκαν από τα μυρμήγκια ως εξαρτημένη μεταβλητή, και κάθε φορά κάποιον περιγραφικό παράγοντα του σταθμού (π.χ. απόσταση, τύπο σπερμάτων, κλπ) ως ανεξάρτητη μεταβλητή. Στην περίπτωση πολυπαραγοντικών αναλύσεων χρησιμοποιήθηκε η Πολυδιάστατη Ανάλυση Διακύμανσης (Factorial ANOVA).

5.4 Αποτελέσματα

Κατά την διάρκεια του πειράματος υπήρξαν ορισμένες ημέρες, που τα μυρμήγκια δεν εξήλθαν της φωλιάς. Χρησιμοποιήθηκαν καταγραφές περιβαλλοντικών δεδομένων (θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία αέρα, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία), όπως καταγράφηκαν από τον μετεωρολογικό σταθμό του Τμήματος Γεωγραφίας και Κλιματολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών (ΕΚΠΑ) και υπέστησαν επεξεργασία από τον Διευθυντή του Εργαστηρίου Κλιματολογίας Δρ. Π. Νάστο, τον οποίο και ευχαριστώ θερμά για την προσφορά του.

Για κάθε επιμέρους περίοδο δειγματοληψίας (15:00-18:00, κλπ) ελήφθησαν οι μέσοι όροι των ωριαίων τιμών, καθώς και ο συνολικός μέσος όρος για την κάθε ημέρα. Οι τιμές όπως προέκυψαν, καταγράφονται στον Πίνακα 5.4. Η πραγματοποίηση τροφοληψίας από τα μυρμήγκια χαρακτηρίστηκε με τιμή 1 ενώ η απουσία δραστηριότητας με τιμή 0. Πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις t-test για ανεξάρτητες μεταβλητές (αβιοτικοί παράγοντες). Ο Πίνακας 5.5 παρουσιάζει τα αποτελέσματα αυτών των αναλύσεων βάσει των αποτελεσμάτων. Μία πιθανή εξήγηση για την απουσία τροφοληπτικής δραστηριότητας από τα μυρμήγκια για τις συγκεκριμένες μέρες θα ήταν ο παράγοντας της έντασης του ανέμου, αφού πλησιάζει σε ένα στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα ($p < 0,05$). Αυτή η εξήγηση είναι αρκετά λογική αφού και το μικρό μέγεθος των μυρμηγκιών καθώς και η σχετικά ελεύθερης βλάστησης περιοχή

¹ StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA© (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.

μελέτης (δεν υπάρχουν φυσικά εμπόδια/φράκτες) θα δημιουργούσαν προβλήματα στην οποιαδήποτε δραστηριότητα των μυρμηγκιών εκτός της φωλιάς σε συνθήκες ισχυρών ανέμων.

Στη συνολική περίοδο δειγματοληψίας, για κάθε είδος σπόρου, χρησιμοποιήθηκε η κυβική ρίζα των τιμών [$\sqrt[3]{x}$] του αριθμού των σπερμάτων, που μετακινήθηκαν από τα μυρμηγκία μετά την αναγωγή τους σε μία ώρα, για να μειωθεί η επίδραση των υψηλών τιμών που εμφανίζονται στα δείγματα.

Πίνακας 5.4: Μέσες τιμές αβιοτικών παραγόντων για τις ημέρες δειγματοληψίας κατά την περίοδο μετρήσεων (15:00-06:00). Με γκρι φόντο παρουσιάζονται οι ημέρες όπου δεν παρατηρήθηκε δραστηριότητα.

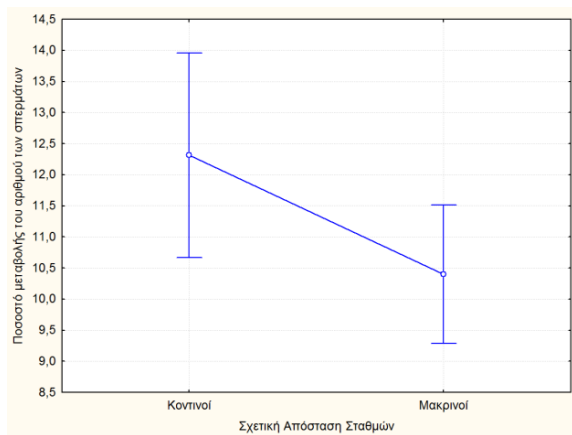
Ημερομηνία δειγματοληψίας	Κατάσταση δραστηριότητας μυρμηγκιών	Μέση θερμοκρασία αέρα (°C)	Μέση σχετική υγρασία αέρα (%)	Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s)	Μέση ηλιακή ακτινοβολία
25-26.7	1	27,67	33,93	2,72	120,12
29-30.7	1	28,92	30,70	2,41	110,26
2-3.8	1	27,99	47,46	1,42	98,35
4-5.8	0	29,45	37,12	1,83	108,66
8-9.8	0	26,41	40,09	1,87	106,08
11-12.8	0	25,95	52,90	1,94	105,75
15-16.8	0	28,80	35,90	2,14	94,57
19-20.8	1	31,78	27,78	4,23	86,14
22-23.8	0	29,94	46,66	1,45	78,73
24-25.8	1	26,77	34,92	2,31	82,56
1-2.9	1	20,76	45,10	2,79	77,94
5-6.9	1	28,40	36,04	2,94	67,08
9-10.9	1	25,12	44,70	4,75	63,45
13-14.9	1	20,65	54,59	3,63	35,38
16-17.9	0	22,65	47,37	1,28	47,51
30-1.10	1	19,99	80,07	1,32	18,70
4-5.10	1	21,22	72,53	0,96	34,65
14.15-10	1	15,08	67,02	3,93	27,73

Πίνακας 5.5: Αποτελέσματα ανάλυσης t-test ανεξάρτητων μεταβλητών σε σχέση με την «παρουσία/απουσία» δραστηριότητας των μυρμηγκιών.

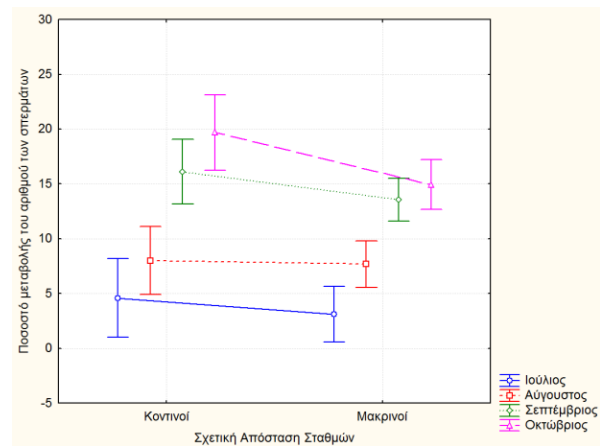
Ανεξάρτητες Μεταβλητές (Βαθμοί ελευθερίας = 16)	F-ratio	t-value	p-value
Θερμοκρασία αέρα	3,159668	-1,22927	0,236742
Σχετική υγρασία αέρα	6,670996	0,616822	0,546030
Ταχύτητα ανέμου	13,69564	2,048204	0,057317
Ηλιακή ακτινοβολία	1,992906	-1,41092	0,177415

Παρακάτω παρατίθενται διαγράμματα ως προς τον αριθμό και ως προς το βάρος για τις επιλογές των μυρμηγκιών ανά χρονική περίοδο (M, A και B) τροφοληψίας και ανά μήνα δραστηριότητας.

Στο ερώτημα αν η απόσταση από τη φωλιά διαφοροποιεί την τροφοληψία ανεξαρτήτως εποχής (μήνας), χρονικής περιόδου, τύπου σπέρματος ή γωνίας ως προς τον Βορρά, η ανάλυση (One way ANOVA) υποδηλώνει, ότι υπάρχει σημαντική στατιστική διαφορά ($p < 0,001$; $F_{1,38} = 53,44$) με τα μυρμηγκία να επισκέπτονται τους Κοντινούς (Κ) σταθμούς συχνότερα από τους Μακρινούς (Μ) (Γράφημα 5.1).



Γράφημα 5.1: Συσχέτιση της τροφοληψίας με την απόσταση από την φωλιά. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν το διάστημα εμπιστοσύνης στο 95%.

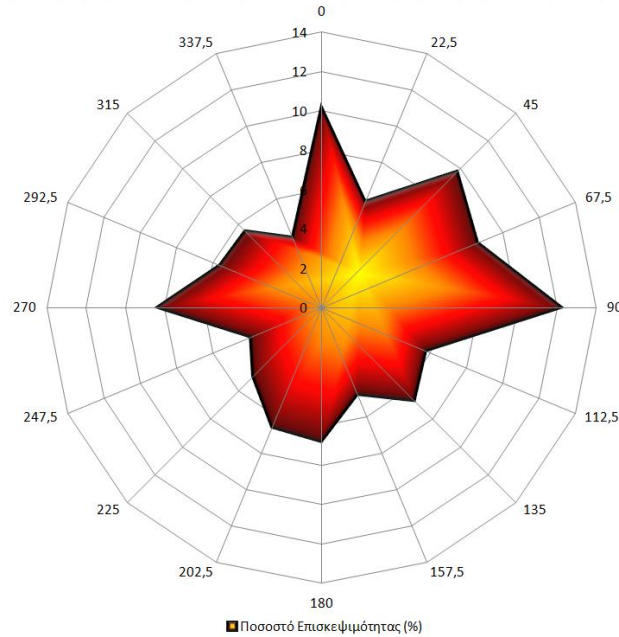


Γράφημα 5.2: Συσχέτιση της τροφοληψίας με την απόσταση από την φωλιά ανά μήνα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν το διάστημα εμπιστοσύνης στο 95%.

Ακόμη και όταν λαμβάνουμε υπόψη και τυχόν διαφοροποίηση λόγω εποχιακών αλλαγών (μήνες), το αποτέλεσμα της ανάλυσης (Factorial ANOVA) ακολουθώντας ακριβώς το ίδιο πρότυπο μειώνει ελάχιστα την διαφορά (3,57%) στην επιλογή των μυρμηγκιών για την σχετική απόσταση από τη φωλιά ($p < 0,001$; $F_{1,38} = 54,05$) (Γράφημα 4.2)

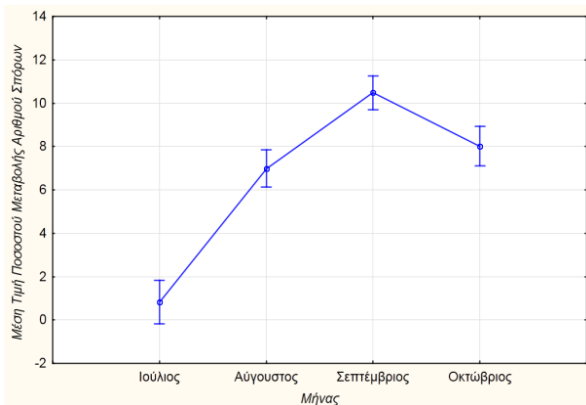
Βάσει της τροφοληψίας από τον κάθε σταθμό, ανεξαρτήτως άλλων παραγόντων (όπως π.χ. η εποχή ή ο τύπος των σπερμάτων επιλογής), μπορούμε να αποτυπώσουμε την συχνότητα και την τάση χρήσης συγκεκριμένων σταθμών τροφοληψίας (Γράφημα 4.3).

Κατανομή Προτίμησης Σταθμών (Επισκεψιμότητα) σύμφωνα με την Τροφοληψία

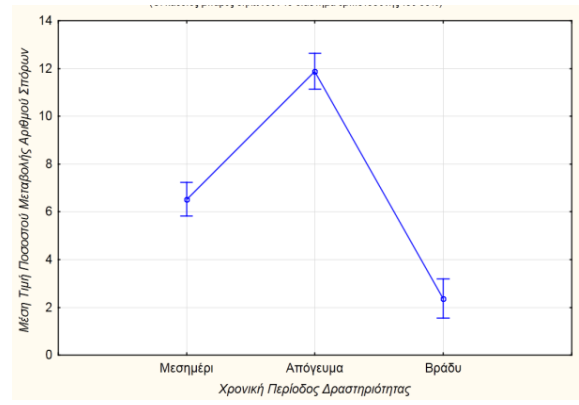


Γράφημα 5.3: Με αυτή την παράσταση παρουσιάζεται η προτίμηση των μυρμηγκιών στους σταθμούς τροφοληψίας βάσει της επισκεψιμότητας καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Τα μυρμηγκία διαφοροποιούν την τροφοληψία τους σημαντικά (One way ANOVA, $p < 0,001$; $F_{3,38} = 75,15$) (Γράφημα 4.4) ανά μήνα της κύριας τροφοληπτικής τους περιόδου (τέλος καλοκαιριού με αρχή φθινοπώρου) με την μεγαλύτερη δραστηριότητα να εμφανίζεται κατά τον μήνα Σεπτέμβριο (10,48%) ακολουθούμενη από τον Οκτώβριο (8,02%) που όμως παρουσιάζει μείωση του ρυθμού τροφοληψίας σε σχέση με τον μήνα Αύγουστο, όπου παρουσιάζεται αυξητική τάση (6,98%).



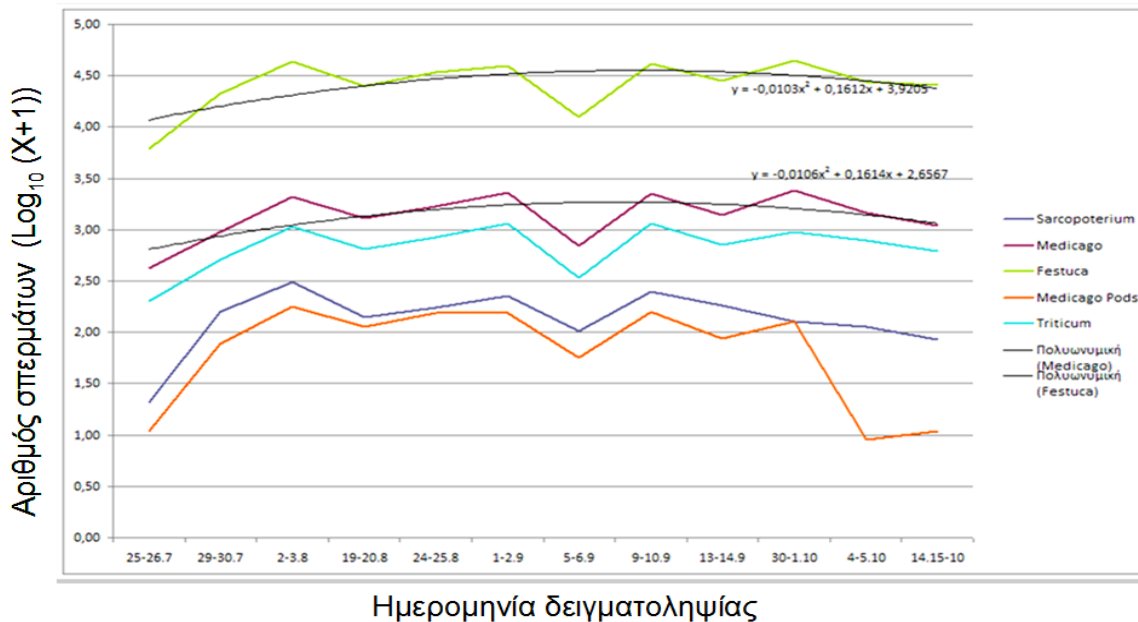
Γράφημα 5.4: Συσχέτιση τροφοληψίας ανά μήνα δραστηριότητας. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν το διάστημα εμπιστοσύνης στο 95%.



Γράφημα 5.5: Συσχέτιση τροφοληψίας ανά χρονική περίοδο δραστηριότητας. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν το διάστημα εμπιστοσύνης στο 95%.

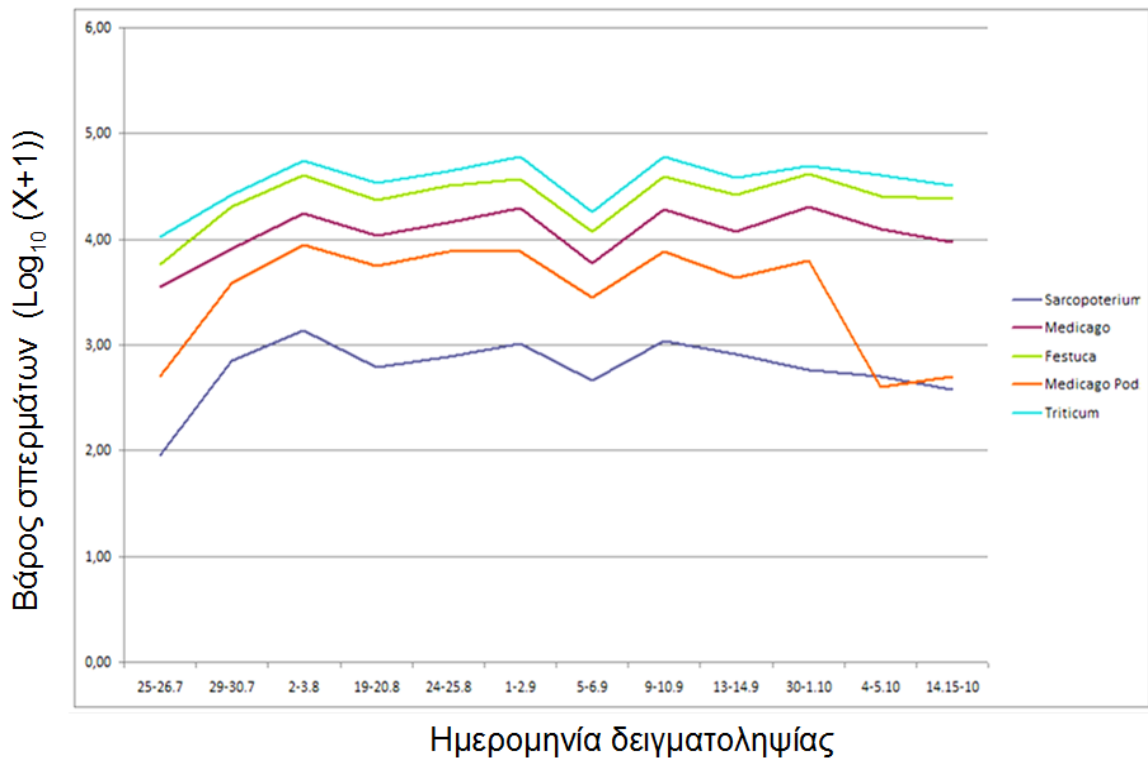
Ανεξάρτητα από κάθε άλλη μεταβλητή, τα μυρμηγκία που μελετήθηκαν διαφοροποιούν έντονα την δραστηριότητά τους, που σχετίζεται με την τροφοληψία τους ανάλογα με την χρονική

περίοδο του 24ώρου. Όπως φαίνεται και από το Γράφημα 5.5, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά (One way ANOVA, $p < 0,001$; $F_{2,38} = 142,7$) μεταξύ των τριών περιόδων που μελετήθηκαν, με τα μυρμήγκια να εμφανίζουν την μεγαλύτερη δραστηριότητά τους κατά την απογευματινή περίοδο (18.00 – 20.00) ανεξαρτήτως εποχής.



Γράφημα 5.6: Δεκαδικός λογάριθμος του μέσου αριθμού των σπερμάτων /καρπών, που επιλέγονται ανά ώρα σε συνάρτηση με την ημερομηνία τροφοληψίας.

Από το γράφημα Γράφημα 5.6 προκύπτει, ότι η προτίμηση κατά αριθμό σπερμάτων /καρπών ανά ώρα κατά φθίνουσα σειρά είναι η εξής: σπέρματα *Festuca*, σπέρματα *Medicago*, σπέρματα *Triticum*, σπέρματα *Sarcopoterium* και καρποί *Medicago*.



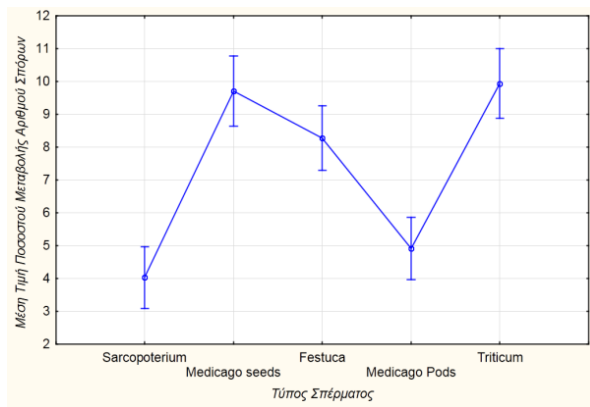
Γράφημα 5.7: Δεκαδικός λογάριθμος του μέσου βάρους των σπερμάτων /καρπών, που επιλέγονται ανά ώρα σε συνάρτηση με την ημερομηνία τροφοληψίας.

Παρόλα αυτά, όπως φαίνεται από το Γράφημα 5.7 προκύπτει, ότι η προτίμηση κατά βάρος σπερμάτων /καρπών ανά ώρα κατά φθίνουσα σειρά είναι η εξής: σπέρματα *Triticum*, σπέρματα *Festuca*, σπέρματα *Medicago*, καρποί *Medicago* και σπέρματα *Sarcopoterium*. Παρατηρείται λοιπόν, μία διαφοροποίηση της επιλογής των σπερμάτων από τα μυρμήγκια, όπου γενικά φαίνεται πως επιλέγουν μεγαλύτερο βάρος ανά αριθμό σπερμάτων.

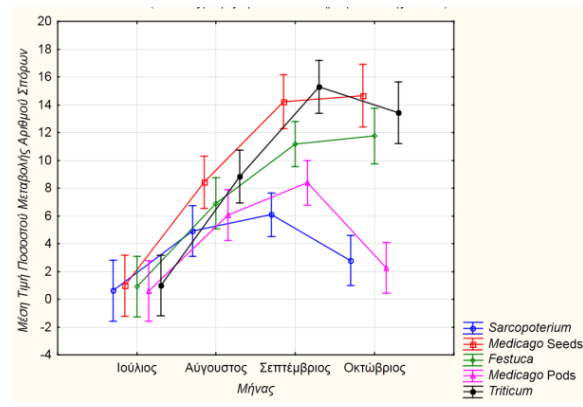
Από τα παραπάνω γραφήματα προκύπτει, ότι η τροφοληψία από τον Ιούλιο έως τον Οκτώβριο, παρουσιάζει ένα πρότυπο μεταβολής τριών σταδίων-εποχών. Στο πρώτο στάδιο (Ιούλιος-αρχές Αυγούστου) παρατηρείται αύξηση της πρόσληψης τροφής κατά αριθμό και κατά βάρος. Στο δεύτερο στάδιο (αρχές Αυγούστου-τέλη Σεπτεμβρίου) παρατηρείται μία σχετικά ομοιόμορφη τροφοληπτική δραστηριότητα με μικρές διακυμάνσεις και στο τρίτο στάδιο (Οκτώβριο) μια εμφανής μείωση της λήψης τροφής.

Τέλος, τα μυρμήγκια έχουν σαφώς προτιμήσεις στο είδος σπερμάτων που συλλέγουν από τους σταθμούς (Γράφημα 5.8) (One way ANOVA, $p < 0,001$; $F_{4,38} = 29,3$), με τα σπέρματα σίτου (*Triticum* sp.) να προτιμώνται περισσότερο (9,94%), ακολουθούμενοι από σπέρματα μηδικής (*M. arborea*; 9,71%) και ποσειδών (*F. arudinacea*; 8,28%). Τα λιγότερο προτιμώμενα σπέρματα είναι αυτά του είδους *Sarcopoterium spinosum* (3,94%).

Κεφάλαιο 5 – Χωρική μελέτη επιλογής σπερμάτων

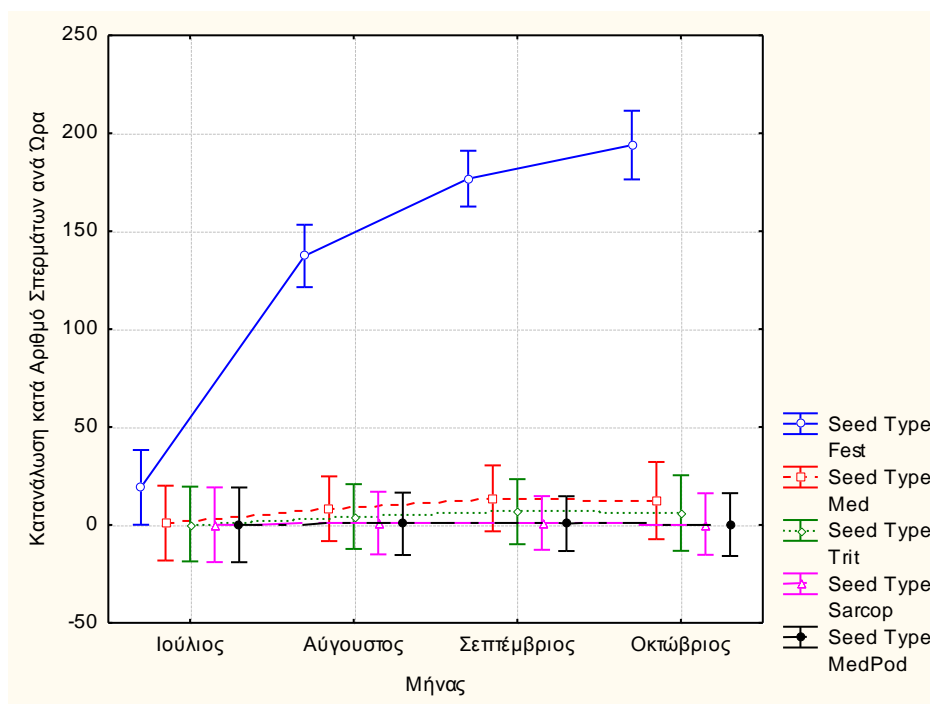


Γράφημα 5.8: Συσχέτιση τροφοληψίας ανά τύπο προσφερόμενης τροφής. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν το διάστημα εμπιστοσύνης στο 95%.

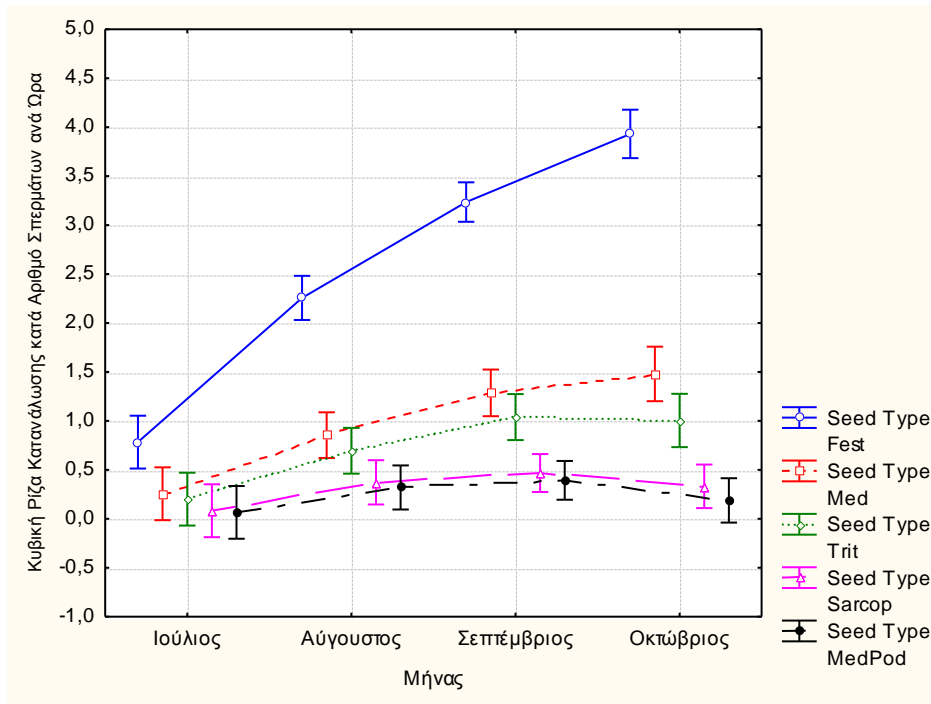


Γράφημα 5.9: Προτίμηση τύπου τροφής ανά μήνα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν το διάστημα εμπιστοσύνης στο 95%.

Οι διαφορές στις προτιμήσεις των μυρμηγκιών είναι σημαντικές (Factorial ANOVA, $p < 0,001$; $F_{12,37} = 6,61$) μεταξύ των μηνών της μελέτης για τα σπέρματα που προσφέρονταν. Εξετάζοντας τις προτιμήσεις των μυρμηγκιών σε τύπο προσφερόμενης τροφής ανά μήνα (Γράφημα 5.9) παρατηρούμε ένα γενικά παρόμοιο πρότυπο αύξησης της τροφοληψίας, καθ' όλη την περίοδο μελέτης για τα σπέρματα της μηδικής και της *F. arudinacea* και ένα άλλο πρότυπο για τα υπόλοιπα είδη τροφής με μία μικρή, αλλά στατιστικά σημαντική μείωση στα ποσοστά προτίμησης τους κατά τον μήνα Οκτώβριο.

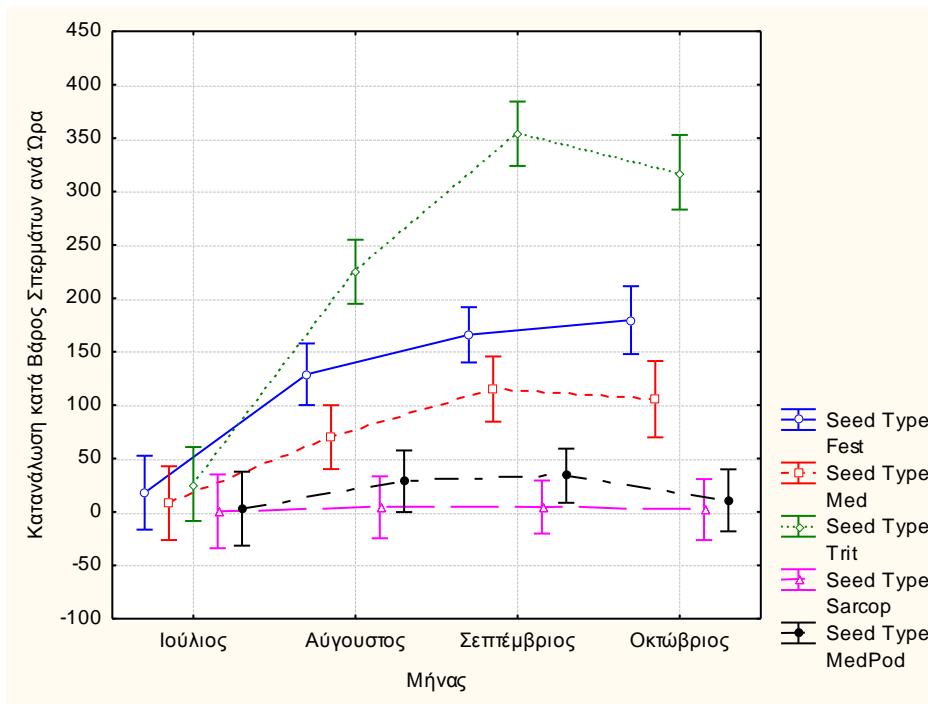


Γράφημα 5.10: Αριθμός σπερμάτων/καρπών, που επιλέγονται ανά ώρα σε συνάρτηση με τους μήνες τροφοληψίας για τα διάφορα είδη της προσφερόμενης τροφής. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν το διάστημα εμπιστοσύνης στο 95%.



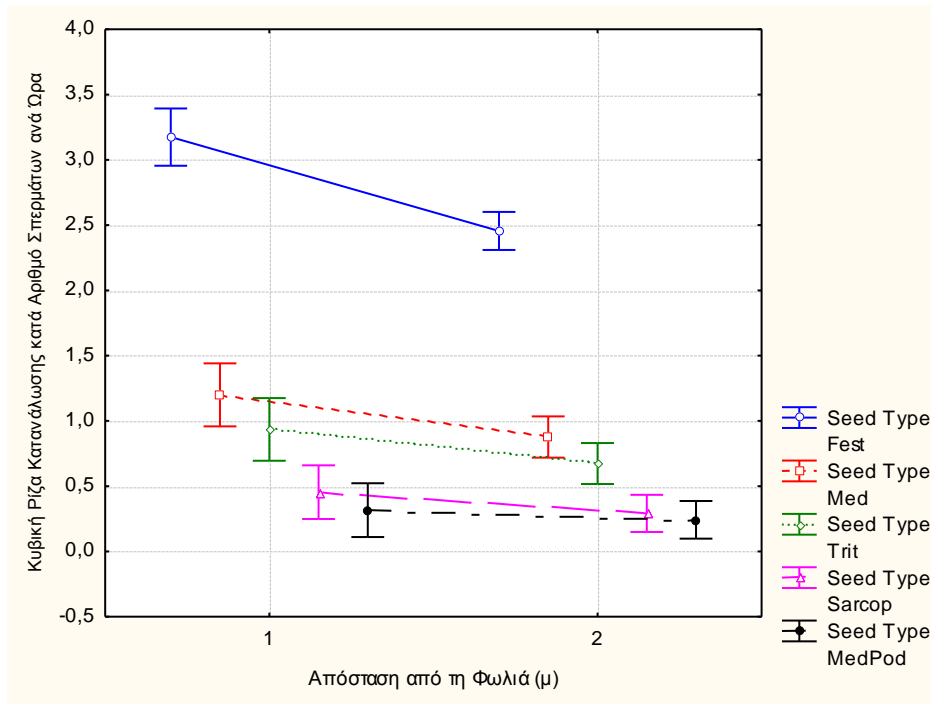
Γράφημα 5.11: Κυβική ρίζα του αριθμού των σπερμάτων/καρπών, που επιλέγονται ανά ώρα σε συνάρτηση, με τους μήνες τροφοληψίας για τα διάφορα είδη της προσφερόμενης τροφής. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν το διάστημα εμπιστοσύνης στο 95%.

Στο Γράφημα 5.10 και στο Γράφημα 5.11 απεικονίζεται ο αριθμός και η κυβική ρίζα αντίστοιχα του αριθμού των σπερμάτων/καρπών, που επιλέγονται ανά ώρα σε συνάρτηση με τους μήνες τροφοληψίας για τα διάφορα είδη της προσφερόμενης τροφής. Από τα γραφήματα αυτά προκύπτει, ότι η προτίμηση κατά αριθμό σπερμάτων/καρπών ανά ώρα κατά φθίνουσα σειρά είναι η εξής: Σπέρματα *Festuca*, σπέρματα *Medicago*, σπέρματα *Triticum*, σπέρματα *Sarcopoterium* και καρποί *Medicago*. Επιπλέον φαίνεται, ότι η τροφοληψία ως προς τον αριθμό σπερμάτων/καρπών ανά ώρα για όλα τα είδη τροφής αυξάνεται προοδευτικά από τον Ιούλιο μέχρι το Σεπτέμβριο. Κατά τον Οκτώβριο, η κατά αριθμό τροφοληψία των σπερμάτων *Festuca* και *Medicago* παρουσιάζει αύξηση, ενώ για τα σπέρματα *Triticum*, τα σπέρματα *Sarcopoterium* και τους καρπούς *Medicago* παρουσιάζεται μείωση.

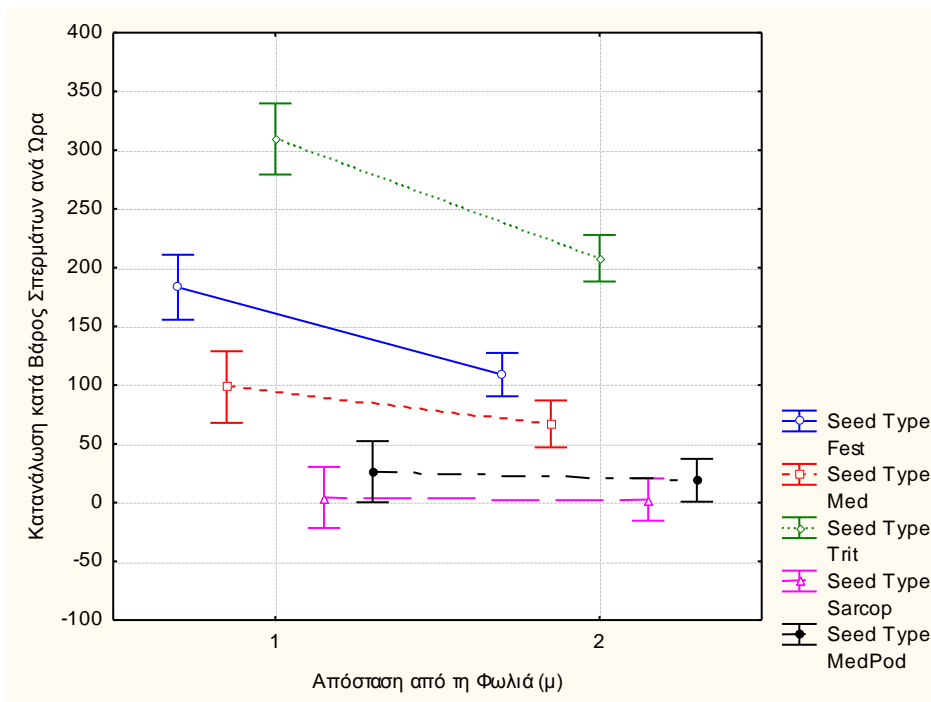


Γράφημα 5.12: Βάρος των σπερμάτων /καρπών, που επιλέγονται ανά ώρα σε συνάρτηση με τους μήνες τροφοληψίας για τα διάφορα είδη της προσφερόμενης τροφής.

Από το Γράφημα 5.12 φαίνεται ότι η προτίμηση κατά βάρος σπερμάτων/καρπών ανά ώρα κατά φθίνουσα σειρά είναι η εξής: Σπέρματα *Triticum*, σπέρματα *Festuca*, σπέρματα *Medicago*, καρποί *Medicago* και σπέρματα *Sarcopoterium*. Επιπλέον, φαίνεται ότι η τροφοληψία ως προς τον βάρος σπερμάτων/καρπών ανά ώρα για όλα τα είδη τροφής αυξάνεται προοδευτικά από τον Ιούλιο μέχρι το Σεπτέμβριο. Κατά τον Οκτώβριο, η κατά βάρος τροφοληψία των σπερμάτων *Festuca* παρουσιάζει αύξηση, ενώ για τα σπέρματα *Triticum*, τα σπέρματα *Sarcopoterium*, τα σπέρματα *Medicago* και τους καρπούς *Medicago* παρουσιάζεται μείωση.



Γράφημα 5.13: Κυβική ρίζα του αριθμού των σπερμάτων/καρπών, που επιλέγονται ανά ώρα σε συνάρτηση με την απόσταση τροφοληψίας.



Γράφημα 5.14: Βάρος των σπερμάτων/καρπών, που επιλέγονται ανά ώρα σε συνάρτηση με την απόσταση τροφοληψίας

Στο Γράφημα 5.13 και στο Γράφημα 5.14 απεικονίζεται η κυβική ρίζα του αριθμού και το βάρος αντίστοιχα των σπερμάτων/καρπών, που επιλέγονται ανά ώρα σε συνάρτηση με την απόσταση τροφοληψίας. Σε αυτά τα γραφήματα φαίνεται ότι τα μυρμηγκία προτιμούν να συλλέγουν μεγαλύτερο αριθμό και βάρος σπερμάτων/καρπών από κοντινούς σταθμούς (1 m)

παρά από μακρινούς (2m), καθώς η διαφορά της κατανάλωσης κατά αριθμό και κατά βάρος ανά ώρα μεταξύ κοντινών και μακρινών σταθμών είναι στατιστικά σημαντική.

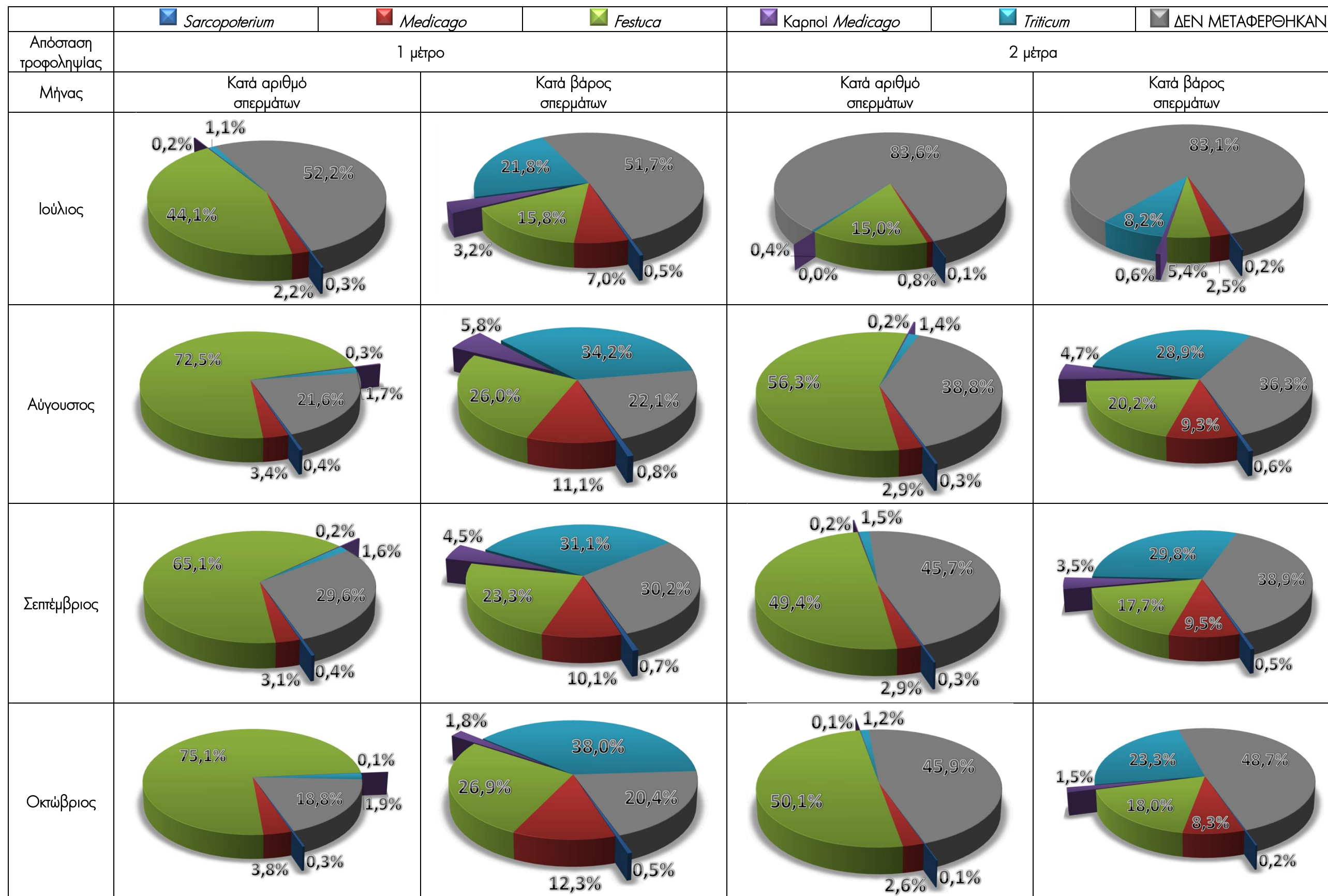
Από το Γράφημα 5.15 φαίνεται ότι η ένταση της τροφοληψίας κατά αριθμό και κατά βάρος είναι μεγαλύτερη στις κοντινές αποστάσεις. Επιπλέον φαίνεται, ότι τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο, η διαφορά της εντάσεως τροφοληψίας - σπερμάτων που δεν μεταφέρθηκαν - ανάμεσα στους κοντινούς και στους μακρινούς σταθμούς είναι πιο μεγάλη και στα ίδια επίπεδα και στις δύο περιπτώσεις, σε σχέση με την αισθητή μείωσή της τον Αύγουστο και το Σεπτέμβριο.

Από το Γράφημα 5.16 φαίνεται ότι ποσοστιαία επιλέγεται κατά αριθμό και κατά βάρος περισσότερο *Triticum* σε σχέση με τις άλλες τροφές στις μακρινές αναζητήσεις τροφής (2m) για όλους τους μήνες εκτός από τον Οκτώβριο. Για τα σπέρματα *Festuca* φαίνεται, ότι ποσοστιαία επιλέγονται κατά αριθμό και κατά βάρος λιγότερο στις μακρινές αναζητήσεις τροφής (2m) για όλους τους μήνες εκτός από τον Οκτώβριο. Για τα σπέρματα *Medicago* φαίνεται, ότι επιλέγονται κατά αριθμό και κατά βάρος περισσότερο στις μακρινές αναζητήσεις τροφής (2m) για όλους τους μήνες. Για τα σπέρματα *Sarcopoterium* φαίνεται, ότι επιλέγονται κατά αριθμό και κατά βάρος λίγο λιγότερο στις μακρινές αναζητήσεις τροφής (2m) για όλους τους μήνες. Για τους καρπούς *Medicago* φαίνεται, ότι επιλέγονται κατά αριθμό και κατά βάρος λιγότερο στις μακρινές αναζητήσεις τροφής (2m) για όλους τους μήνες εκτός από τον Οκτώβριο.

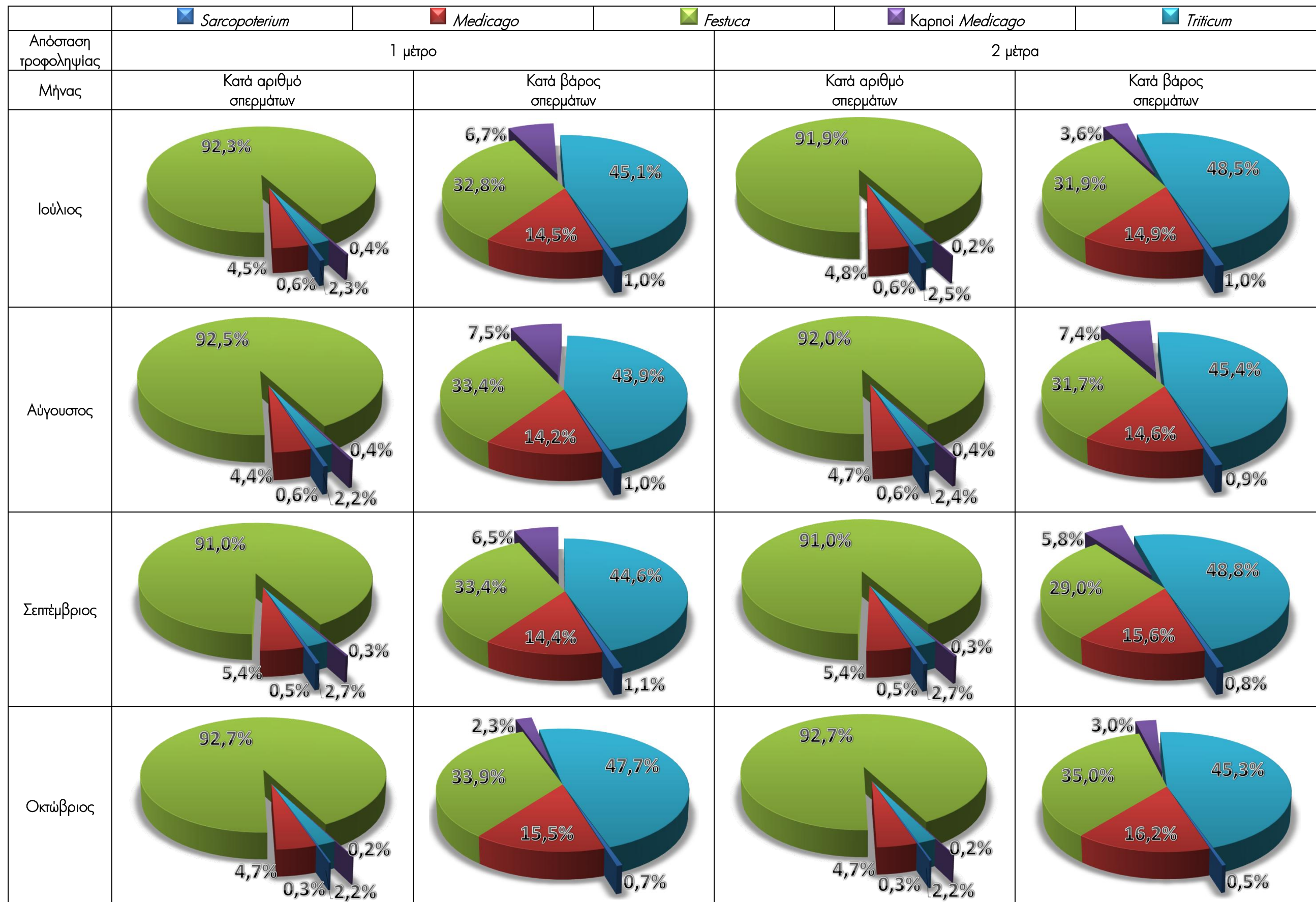
Από το Γράφημα 5.17 φαίνεται, ότι κατά την πρώτη περίοδο (15:00-18:00), το μήνα Ιούλιο και Αύγουστο, δεν συντελείται συλλογή σπερμάτων αλλά αρχίζει το Σεπτέμβριο και κορυφώνεται τον Οκτώβριο. Κατά τη δεύτερη περίοδο (18:00-20:00), τον Ιούλιο, δεν συντελείται συλλογή σπερμάτων, αλλά αρχίζει τον Αύγουστο και είναι παράλληλα και μέγιστη σε σχέση με το Σεπτέμβριο και τον Οκτώβριο, κατά τους οποίους έχουμε μια προοδευτική μείωση στην ένταση τροφοληψίας. Κατά την τρίτη περίοδο (20:00-06:00), εμφανίζεται μεγάλη ένταση τροφοληψίας από τον πρώτο μήνα (Ιούλιο) και είναι παράλληλα και μέγιστη σε σχέση με τους υπόλοιπους μήνες, κατά τους οποίους εμφανίζεται μείωση της εντάσεως τροφοληψίας, με μία μεγάλη πτώση ανάμεσα στον Αύγουστο και το Σεπτέμβριο.

Από το Γράφημα 5.18 φαίνεται, ότι αυξάνεται η σχετική προτίμηση ή ποσοστιαία κατανάλωση μέσα στο διαιτολόγιο τους, κατά αριθμό και κατά βάρος, για σπέρματα *Festuca* με την πάροδο των μηνών για όλες τις περιόδους. Επιπλέον, στη σχετική προτίμηση κατά αριθμό κυριαρχούν τα σπέρματα *Festuca* και στη σχετική προτίμηση κατά βάρος τα σπέρματα *Triticum*.







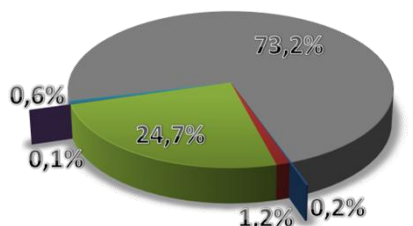
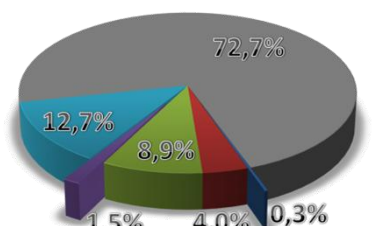
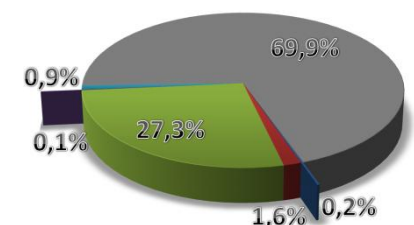
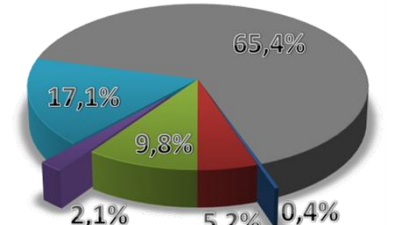
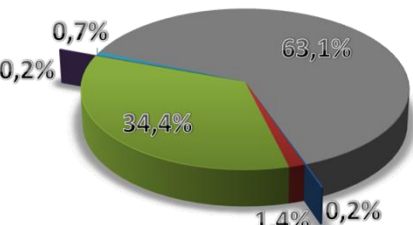
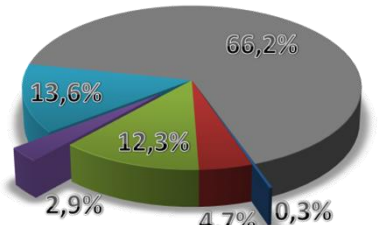
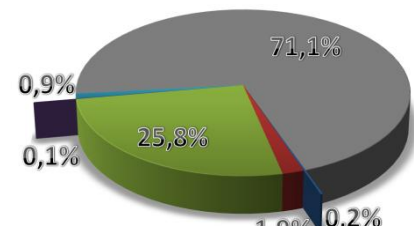
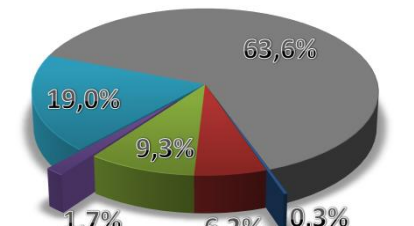
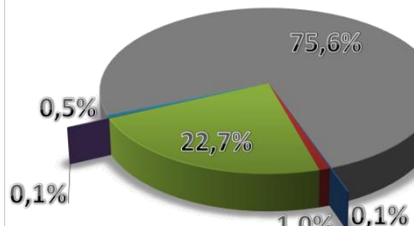
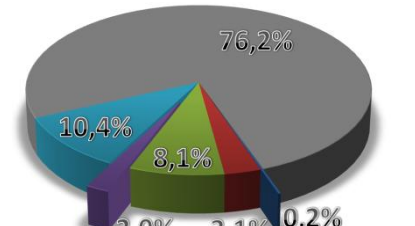
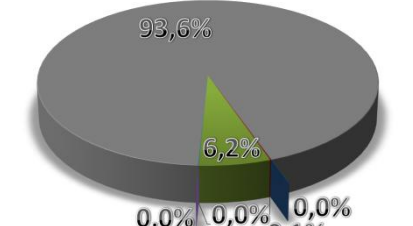
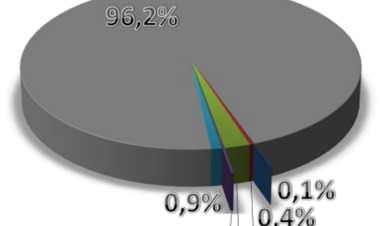
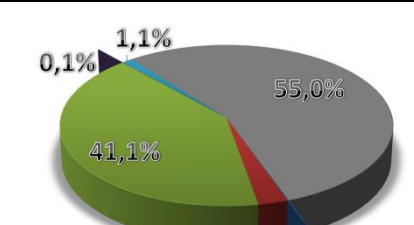
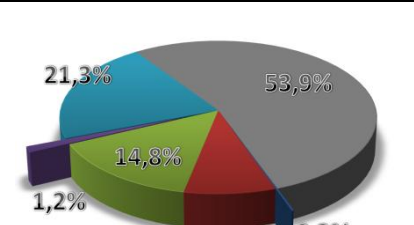
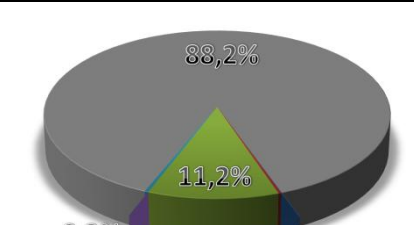
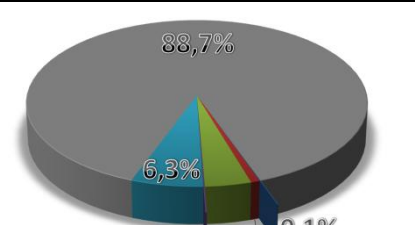
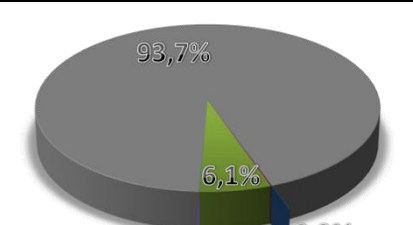
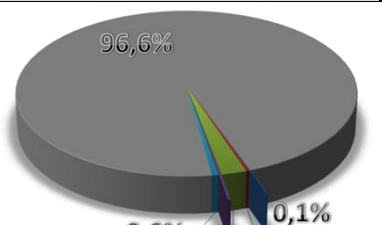
Γράφημα 5.15: Σχετική προτίμηση (%) κατά αριθμό και κατά βάρος (σε αντιπαράβολη), ανά απόσταση και ανά μήνα τροφοληψίας, ως προς τη συνολική διαθεσιμότητα της τροφής, (σχετική ένταση τροφοληψίας).



Γράφημα 5.16: Σχετική προτίμηση (%) κατά αριθμό και κατά βάρος (σε αντιπαράβολη), ανά απόσταση και ανά μήνα τροφοληψίας, ως προς τη συνολική κατανάλωση της τροφής

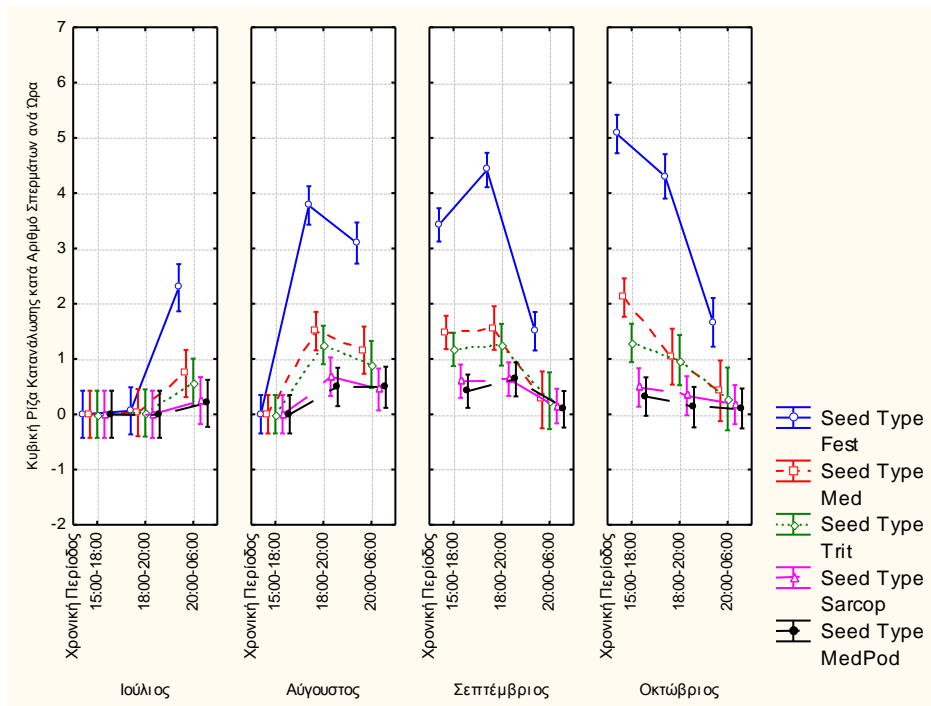


Γράφημα 5.17: Σχετική προτίμηση (%) κατά αριθμό και κατά βάρος (σε αντιπαραβολή), ανά περίοδο και ανά μήνα τροφοληψίας, ως προς τη συνολική διαθεσιμότητα της τροφής, (σχετική ένταση τροφοληψίας).

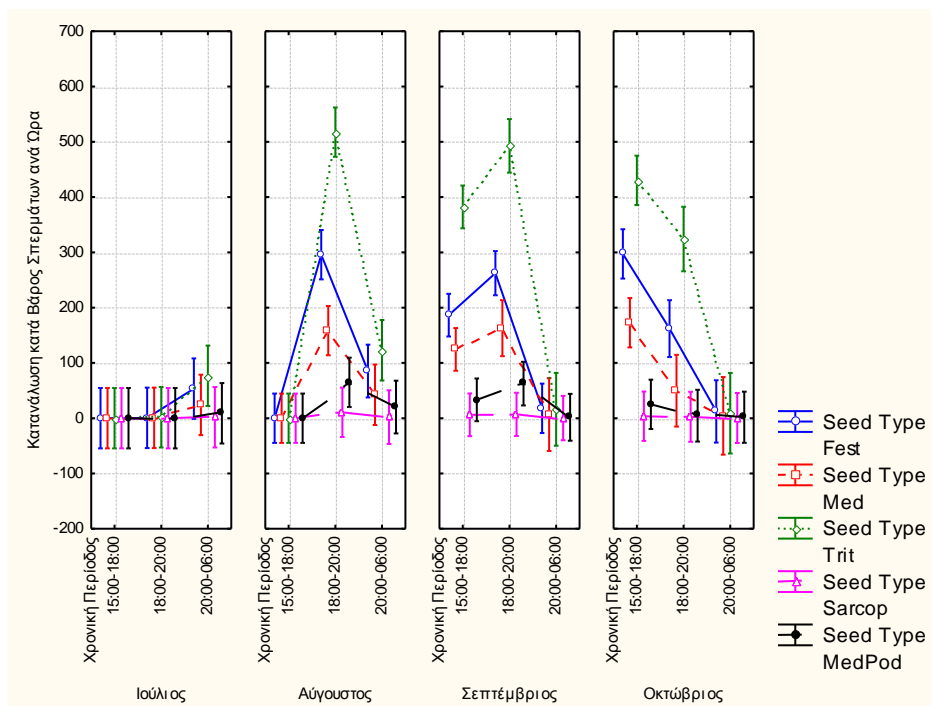
	 <i>Sarcopoterium</i>	 <i>Medicago</i>	 <i>Festuca</i>	 Καρποί <i>Medicago</i>	 <i>Triticum</i>	 ΔΕΝ ΜΕΤΑΦΕΡΩΚΑΝ
Περίοδος τροφοληψίας	15:00-18:00		18:00-20:00		20:00-06:00	
Μήνας	Κατά αριθμό σπερμάτων	Κατά βάρος σπερμάτων	Κατά αριθμό σπερμάτων	Κατά βάρος σπερμάτων	Κατά αριθμό σπερμάτων	Κατά βάρος σπερμάτων
Ιούλιος	Δεν πραγματοποιήθηκε τροφοληψία	Δεν πραγματοποιήθηκε τροφοληψία	Μεταφέρθηκαν μόνο 31 σπέρματα από σύνολο 55488	Μεταφέρθηκαν μόνο 128,67 mgr σπερμάτων από σύνολο 145108,8 mgr		
Αύγουστος	Δεν πραγματοποιήθηκε τροφοληψία	Δεν πραγματοποιήθηκε τροφοληψία				
Σεπτέμβριος						
Οκτώβριος						

Γράφημα 5.18: Σχετική προτίμηση (%) κατά αριθμό και κατά βάρος (σε αντιπαραβολή), ανά περίοδο και ανά μήνα τροφοληψίας, ως προς τη συνολική κατανάλωση της τροφής.

Περίοδος τροφοληψίας	15:00-18:00		18:00-20:00		20:00-06:00	
	Κατά αριθμό σπερμάτων	Κατά βάρος σπερμάτων	Κατά αριθμό σπερμάτων	Κατά βάρος σπερμάτων	Κατά αριθμό σπερμάτων	Κατά βάρος σπερμάτων
Ιούλιος	Δεν πραγματοποιήθηκε τροφοληψία					
Αύγουστος	Δεν πραγματοποιήθηκε τροφοληψία					
Σεπτέμβριος						
Οκτώβριος						



Γράφημα 5.19: Κυβική ρίζα του αριθμού των σπερμάτων/καρπών, που επιλέγονται ανά ώρα σε συνάρτηση με τις ημερήσιες περιόδους τροφοληψίας για τα διάφορα είδη της προσφερόμενης τροφής.



Γράφημα 5.20: Βάρος των σπερμάτων/καρπών, που επιλέγονται ανά ώρα σε συνάρτηση με τις ημερήσιες περιόδους τροφοληψίας για τα διάφορα είδη της προσφερόμενης τροφής.

Στο Γράφημα 5.19 και στο Γράφημα 5.20 απεικονίζεται η κυβική ρίζα του αριθμού και το βάρος αντίστοιχα των σπερμάτων/καρπών, που επιλέγονται ανά ώρα σε συνάρτηση με τις ημερήσιες περιόδους τροφοληψίας για τα διάφορα είδη της προσφερόμενης τροφής. Σε αυτό το γράφημα επιβεβαιώνεται ακόμα μια φορά το πρότυπο επιλογής κατά αριθμό (κατά

φθίνουσα σειρά: σπέρματα *Festuca*, σπέρματα *Medicago*, σπέρματα *Triticum*, σπέρματα *Sarcopoterium* και καρποί *Medicago*) και κατά βάρος (κατά φθίνουσα σειρά: σπέρματα *Triticum*, σπέρματα *Festuca*, σπέρματα *Medicago*, καρποί *Medicago* και σπέρματα *Sarcopoterium*). Επιπλέον φαίνεται, ότι το πρότυπο μεταβολής της κατανάλωσης είναι ίδιο κατά αριθμό με το αντίστοιχο κατά βάρος για όλους τους μήνες, τις περιόδους, και τα είδη της τροφής. Επομένως, ό,τι αναφέρουμε στη συνέχεια ισχύει και για τις δύο περιπτώσεις. Κατά το μήνα Ιούλιο, κατά την πρώτη περίοδο, 15:00-18:00, δεν παρατηρείται καθόλου συλλογή σπερμάτων. Κατά τη δεύτερη περίοδο, 18:00-20:00, η τροφοληψία είναι σχεδόν μηδαμινή, ενώ κατά την τρίτη περίοδο, 20:00-06:00, η τροφοληψία είναι η μέγιστη (σταδιακή αύξηση). Το μήνα Αύγουστο, κατά την πρώτη περίοδο, δεν παρατηρείται καθόλου συλλογή σπερμάτων. Κατά τη δεύτερη περίοδο, η τροφοληψία αυξάνεται αρκετά σε σχέση με τον Ιούλιο και είναι παράλληλα και η μέγιστη. Κατά την τρίτη περίοδο, η τροφοληψία είναι η μεγάλη, αλλά και μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του Ιουλίου. Το μήνα Σεπτέμβριο, κατά την πρώτη περίοδο παρατηρείται αύξηση, και την τρίτη μείωση της κατανάλωσης σε σχέση με τις αντίστοιχες του Αυγούστου, ενώ, φαίνεται, ότι η μέγιστη τροφοληψία ανά ώρα είναι της δεύτερης περιόδου, όπως και τον Αύγουστο. Το μήνα Οκτώβριο, κατά την πρώτη περίοδο παρουσιάζεται η μέγιστη τροφοληψία, και κατά την τρίτη περίοδο η τροφοληψία είναι η ελάχιστη για όλα τα είδη σπερμάτων (σταδιακή μείωση).

5.5 Συζήτηση

Σε γενικές γραμμές, για την ερμηνεία των παραπάνω αποτελεσμάτων μας έχουμε υπόψιν, ότι ο ρυθμός πρόσληψης των καρπών από τα μυρμηγκία μπορεί να επηρεαστεί και από διάφορους άλλους παράγοντες, όπως το μέγεθος, τη μορφολογία, τη χημική σύσταση και τη διαθεσιμότητα των καρπών (Brown *et al.*, 1979a; Andersen *et al.*, 2000; Willott *et al.*, 2000; Azcárate *et al.*, 2005). Επιπλέον, μορφολογικά γνωρίσματα όπως το βάρος (Baroni-Urbani & Nielsen, 1990; Baroni-Urbani, 1992; Milton & Dean, 1993; Dertain & Pasteels, 2000), το μέγεθος (Rissing, 1981; Campbell, 1982; Crist & MacMahon, 1992; Willott *et al.*, 2000), το σχήμα (Pulliam & Brand, 1975), ή η παρουσία αγάνων και άλλων μορφοανατομικών σχηματισμών (Schoning *et al.*, 2004) των καρπών, εξηγούν εν μέρει την επιλογή της λείας από τα μυρμηγκία-θεριστές.

Άλλα μη μορφολογικά γνωρίσματα, όπως το θρεπτικό και θερμιδικό περιεχόμενο (Kelrick *et al.*, 1986), η χημική σύνθεση (Pizo & Oliveira, 2000) και η ανθεκτικότητα των καρπών ως προς την αποθήκευση στη φωλιά (Andrew, 1986; Crist & MacMahon, 1992), μπορεί επίσης να επηρεάσει τις προτιμήσεις των μυρμηγκιών ως προς το είδος του καρπού που επιλέγουν.

Πιο συνοπτικά, η γενική ιδέα είναι η οικονομία, μιας και η «κρίση» είναι «διαειδική». Δηλαδή, αν ήμασταν εργάτριες μυρμηγκιών θα επιλέγαμε βάσει τριών παραγόντων:

1. την μορφολογία μας ως εργάτριες: το μέγεθος μας, το βάρος μας, την δύναμή μας, την μορφή των γνάθων μας, κλπ.
2. την μορφολογία του σπόρου: το μέγεθός του, το βάρος του, την υφή του, τον όγκο του, κλπ. και
3. την ενεργειακή αποτίμηση του σπόρου: πόσες θερμίδες/πόση ενέργεια εμπεριέχεται στον σπόρο (άγνωστος παράγοντας...)

Η βέλτιστη, προφανώς, επιλογή θα ήταν εκείνη, η οποία θα έδινε το πιο θετικό ισοζύγιο ενέργειας για να αποζημιώσει την προσπάθειά μας. Από τα αποτελέσματά μας (Γράφημα 5.13), φαίνεται, ότι η κατά αριθμό επιλογή των μυρμηγκιών για τα σπέρματα είναι η εξής: σπέρματα *Festuca*, σπέρματα *Medicago*, σπέρματα *Triticum*, σπέρματα *Sarcopoterium* και καρποί *Medicago*. Μία πιθανή εξήγηση είναι, ότι η συντριπτική πλειονότητα των μυρμηγκιών του πολυμορφικού αυτού είδους είναι γενικά μικρές ή μεσαίες μεγέθους εργάτριες. Συνεπώς, η πιθανή επιλογή ενός μεγάλου σπέρματος σαν το *Triticum* θα ήταν σπατάλη ενέργειας για τις περισσότερες εργάτριες. Η επιλογή των σπερμάτων *Festuca* είναι σαφώς συχνότερη, καθώς τα χαρακτηριστικά της τροφής αυτής προσεγγίζουν ολόένα και περισσότερο στον ιδανικό τύπο σπόρου, ο οποίος είναι αυτός που τείνει σε γενικές γραμμές να ζυγίζει λιγότερο, να έχει μικρότερες διαστάσεις, ενώ παράλληλα να αποδίδει ανά μονάδα βάρους το μέγιστο. Μικρότερες διαστάσεις τεμαχίου τροφής και μικρό βάρος συνεπάγεται εύκολη σύλληψη και μικρή κατανάλωση ενέργειας για τη μεταφορά. Αύξηση του ωφέλιμου βάρους του μεταφερόμενου τροφίμου συνεπάγεται μεγαλύτερη απόδοση ενέργειας.

Με βάση τα παραπάνω, τα σπέρματα *Festuca* επιλέγονται με μεγαλύτερη συχνότητα, διότι έχουν τις μικρότερες διαστάσεις, το μικρότερο βάρος και ατρακτοειδές σχήμα, το οποίο ευνοεί τη σύλληψη, χειρισμούς και τη μεταφορά. Ακολουθούν τα σπέρματα *Medicago*, διότι έχουν τις αμέσως μεγαλύτερες διαστάσεις από το *Festuca* και μεγαλύτερο ωφέλιμο βάρος σε σχέση με τα σπέρματα *Sarcopoterium*. Ακολουθούν τα σπέρματα *Triticum*, διότι έχουν μεγάλο ωφέλιμο βάρος και πυκνότητα ανά βάρος σπέρματος σε σχέση με τα σπέρματα *Sarcopoterium* και τους καρπούς *Medicago*. Ακολουθούν τα σπέρματα *Sarcopoterium*, διότι είναι πιο ελαφριά από τους καρπούς *Medicago* και δεν απαιτούν επεξεργασία. Οι καρποί του *M. arborea*, επιλέγονται τελευταίοι, διότι η μεταφορά του μεγάλου και άχρηστου περικάρπιου στη φωλιά έχει μεγάλο κόπο και δαπάνη ενέργειας. Το μέσο βάρος των καρπών είναι 49,63 mgr, δηλαδή σχετικά βαρύ. Εφόσον ο καρπός εισαχθεί στη φωλιά, θα πρέπει να ανοιχθεί, να αφαιρεθούν τα σπέρματα που περιέχει και τέλος να απορριφθούν τα κομμάτια του περικαρπίου έξω από τη φωλιά (απώλεια ενέργειας).

Υπενθυμίζονται τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά των τροφών:

	Μέσο μέγιστο μήκος (μm)	Μέσο μέγιστο πλάτος (μm)	Μέσο βάρος (mgr)
<i>Sarcopoterium spinosum</i>	4,03	3,68	4,47
<i>Medicago arborea</i> (σπέρματα)	3,57	2,60	8,47
<i>Medicago arborea</i> (καρπός)	11,78	9,49	49,63
<i>Festuca arundinacea</i>	3,91	0,81	0,938
<i>Triticum sp.</i>	7,57	3,51	52,27

Αν φανταστούμε, ότι είμαστε μυρμήγκια μιας αποικίας του *Messor meridionalis*, τι είδους τροφή θα φέρναμε στο «σπίτι»; Με άλλα λόγια, ποιά η κατά βάρος προτίμηση σπερμάτων/καρπών;

Η κατά βάρος προτίμηση σπερμάτων/καρπών ανά ώρα (Γράφημα 5.20) είναι κατά φθίνουσα σειρά η εξής: Σπέρματα *Triticum*, σπέρματα *Festuca*, σπέρματα *Medicago*, καρποί *Medicago* και σπέρματα *Sarcopoterium*. Αυτή η σειρά επιβάλλεται από την κατά αριθμό προτίμηση, σε συνδυασμό με το ότι κάθε σπέρμα έχει διαφορετικό βάρος. Άρα σαν αποικία επιλέγονται ποσότητες τροφής από το κάθε είδος, χωρίς να ενδιαφέρει από πόσα τεμάχια απαρτίζεται κάθε ποσότητα. Ειδικότερα, για τον κάθε τύπο προσφερόμενης τροφής μπορούν να διατυπωθούν τα εξής συμπεράσματα:

1) Σπέρματα σίτου (*Triticum sp.*) προτιμώνται περισσότερο, κατά βάρος, διότι πιθανώς ενεργειακά τους δίνει πολλά σε σχέση με τον κόπο που κάνουν για να το μεταφέρουν στη φωλιά. Οι σπέρματα έχουν το μεγαλύτερο μέσο βάρος 52,27 mgr και είναι καθαρά από άχρηστες φυτικές δομές, οπότε έχουν καλή χημική σύνθεση (Pizo & Oliveira, 2000) και επιλέγονται. Επιπλέον, το σπέρμα έχει σχήμα ατρακτοειδές και είναι συμπαγές, ιδιότητα που βοηθάει τη μεταφορά. Εδώ η ανθεκτικότητα των σπερμάτων ως προς την αποθήκευση στη φωλιά (Andrew, 1986; Crist & MacMahon, 1992) φαίνεται ότι αποκτά ιδιαίτερο νόημα.

2) Σπέρματα ποσειδών (*Festuca arundinacea*), διότι είναι γνωστά σπέρματα και ατρακτοειδούς σχήματος που διευκολύνουν τη μεταφορά τους. Επίσης έχουν μικρό μέγεθος, πράγμα που σημαίνει, ότι οι μικρού σωματικού μεγέθους εργάτριες, που είναι περισσότερες, είναι υπεύθυνες για τη συλλογή του και άρα η κατανάλωση των σπερμάτων αυτών αυξάνεται. Έχει αποδειχθεί (Κεφάλαιο 6) ότι τα μικρά μυρμήγκια μεταφέρουν μικρού μεγέθους διαστάσεων σπόρους (Μαυρικά, 2007).

3) Σπέρματα *Medicago arborea*, διότι έχουν αφαιρεθεί από τον καρπό, έχουν λοβοειδές σχήμα που διευκολύνει τη μεταφορά, έχουν μέσο βάρος 8,47 mgr που σημαίνει πιθανώς, ότι έχουν μεγάλο θερμιδικό περιεχόμενο - και είναι ένα γνωστό είδος σπέρματος στα μυρμήγκια από την περιοχή.

4) Καρπός *Medicago arborea*, διότι η μεταφορά του άχρηστου περικαρπίου στη φωλιά απαιτεί μεγάλο κόπο και δαπάνη ενέργειας. Το μέσο βάρος του είναι 49,63 mgr, δηλαδή σχετικά βαρύ. Εφόσον ο καρπός εισαχθεί στη φωλιά, θα πρέπει να ανοιχθεί, να αφαιρεθούν τα σπέρματα της μηδικής που περιέχει και τέλος να απορριφθούν τα κομμάτια του περικαρπίου έξω από τη φωλιά.

5) Τα λιγότερο προτιμώμενα σπέρματα, κατά βάρος, είναι αυτά του είδους *Sarcopoterium spinosum*, διότι έχει μικρή πυκνότητα ως φορτίο (Roces & Hölldobler, 1994) και παρασύρεται εύκολα από τον άνεμο. Το σχήμα (σφαιρικό) και ο όγκος του σπέρματος δυσχεραίνουν την μεταφορά ή αποτρέπει τα μυρμήγκια να το μεταφέρουν, ώστε να μην υπάρχει απώλεια ενέργειας. Ωστόσο, υπάρχει πιθανότητα κάποιο άλλο μυρμήγκι να εντοπίσει το παρασυρμένο σπέρμα από τον άνεμο, ενδεχομένως, σε πιο κοντινή θέση ως προς τη φωλιά και τελικά να το εισαγάγει με αποτέλεσμα να υπάρξει συνολικά για τη φωλιά μια ενεργειακή απόσβεση. Κατά αυτό τον τρόπο, η ενεργειακή απόδοση του *S. spinosum* είναι μεταβλητή και επηρεάζεται από την ένταση του ανέμου.

Από τα παραπάνω συνάγεται, ότι για το είδος *M. arborea*, που εισήχθηκε στους σταθμούς με στόχο τη διερεύνηση της επιλογής της μίας ή της άλλης μορφής, φαίνεται τελικά, ότι σαφώς επιλέγονται τα σπέρματα έναντι των καρπών. Κάνοντας μια αναγωγή φαίνεται, ότι τα μυρμήγκια προτιμούν «καθαρής» μορφή τροφή από μη θρεπτικές φυτικές ύλες ή άλλες δομές. Ακόμα, για το είδος *Triticum* sp., που εισήχθηκε στους σταθμούς με στόχο να διερευνήσουμε το κατά πόσο τα μυρμήγκια επιλέγουν 'γνωστά' σπέρματα από την περιοχή ή ενδεχομένως μπορούν να δοκιμάσουν κάποια καινούργια, φαίνεται, ειδικά και από τη κατά βάρος επιλογή, ότι το *Triticum* (άγνωστο) επιλέγεται χωρίς ιδιαίτερο δισταγμό.

Τα μυρμήγκια επισκέπτονται τους Κοντινούς (Κ) σταθμούς συχνότερα από τους Μακρινούς (Μ) με στατιστικά σημαντική διαφορά, ανεξαρτήτως εποχής (μήνας), χρονικής περιόδου, τύπου σπόρου ή γωνίας ως προς το Βορρά (Γραφήματα 5.6 και 5.7) και επομένως συλλέγουν μεγαλύτερο αριθμό σπερμάτων/καρπών από κοντινούς σταθμούς (1m) παρά από μακρινούς (2m). Με άλλα λόγια, η ένταση της τροφοληψίας κατά αριθμό και κατά βάρος είναι μεγαλύτερη στις κοντινές αποστάσεις για δύο λόγους:

Ο πρώτος λόγος είναι, ότι η πυκνότητα των εργατριών που ψάχνουν για τροφή μειώνεται ραγδαία, καθώς αυξάνεται η απόσταση από την έξοδο της φωλιάς. Επομένως οι πιθανότητες να ανακαλύψουν τα κοντινά τροφοληπτικά κέντρα είναι περισσότερες σε σχέση με τα μακρινά. Προέκταση αυτού είναι να χαραχθεί, να ξεκινήσει και να παγιωθεί ένα χημικό μονοπάτι, πιθανότερα πρώτα στα κοντινά τροφοληπτικά κέντρα. Έτσι, ένας σημαντικός αριθμός μυρμηγκιών απασχολείται για αρκετό χρόνο με τα

κοντινά τροφοληπτικά κέντρα, ώστε να «προστατεύονται» – κατά μία έννοια – τα μακρινά. Ωστόσο, ακόμα και κατά τις καλύτερες περιόδους, μερικά μυρμήγκια–ανιχνευτές περιπλανώνται μακριά από τα κύρια μονοπάτια και ανακαλύπτουν καινούργιες θέσεις σπερμάτων και παράλληλα, προσφέρουν στην αποικία την ευελιξία να ανταποκριθεί αποτελεσματικά στην αναγκαία εξερεύνηση όλου του περιβάλλοντος χώρου. Για το λόγο αυτό, ενώ βρέθηκε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στην επισκεψιμότητα των κοντινών και των μακρινών τροφοληπτικών κέντρων, η τιμή της διαφοράς αυτής είναι μικρή.

Ο δεύτερος λόγος για τον οποίο προτιμώνται τα κοντινά τροφοληπτικά κέντρα είναι, ότι η επιλογή των κέντρων αυτών συμφέρει ενεργειακά, αφού έτσι δαπανάται λιγότερη ενέργεια για τη μεταφορά της τροφής από αυτά τα κέντρα προς τη φωλιά. Ως αποτέλεσμα, η απόδοση της ενέργειας τείνει να φτάσει στο μέγιστο, όπως προβλέπει άλλωστε και η θεωρία τροφοληψίας κεντρικού σημείου (central place foraging theory) (Orians & Pearson, 1979; Schoener, 1979; Stephens & Krebs, 1986).

Επιπλέον, φαίνεται, ότι τον Ιούλιο και τον Οκτώβριο η διαφορά της έντασης τροφοληψίας (Γράφημα 5.8) κατά βάρους ανάμεσα στους κοντινούς και στους μακρινούς σταθμούς είναι μεγάλη και στα ίδια επίπεδα και στις δύο περιπτώσεις σε σχέση με την αισθητή μείωσή της τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο. Εξ αιτίας των μη ευνοϊκών θερμοκρασιών του Ιουλίου (πολύ ζέστη) και του Οκτωβρίου (πολύ κρύο) τα μυρμήγκια επιλέγουν εντονότερα τους κοντινούς σωρούς, ενώ στις πιο ευνοϊκές για τροφοληψία θερμοκρασίες αναζητούν τροφή εντονότερα και πιο μακριά. Με άλλα λόγια η μεγαλύτερη απόσταση της τροφής έχει λιγότερο αρνητική σημασία για την τροφοληψία, όταν η θερμοκρασία γίνει πιο ευνοϊκή. Ομοίως, για τον ίδιο λόγο η τροφοληψία από τον Ιούλιο έως τον Οκτώβριο παρουσιάζει ένα πρότυπο μεταβολής τριών σταδίων-εποχών. Στο πρώτο στάδιο (Ιούλιος-αρχές Αυγούστου) παρατηρείται αύξηση της πρόσληψης τροφής κατά αριθμό και κατά βάρους, αφού προοδευτικά η θερμοκρασία μειώνεται και γίνεται ευνοϊκότερη. Στο δεύτερο στάδιο (αρχές Αυγούστου-τέλη Σεπτεμβρίου) παρατηρείται μία σχετικά ομοιόμορφη τροφοληπτική δραστηριότητα με μικρές διακυμάνσεις (ιδανικές συνθήκες), και στο τρίτο στάδιο (Οκτώβριο) μια εμφανής μείωση της λήψης τροφής λόγω ψύχους εφ' όσον και η διαθέσιμη τροφή που προσφέρονταν στην αποικία ήταν, κάθε μήνα, η ίδια.

Τα μυρμήγκια έχουν σαφείς προτιμήσεις στο είδος σπερμάτων που συλλέγουν από τους σταθμούς, πράγμα που συμφωνεί με τη θεωρία τροφοληψίας central place (Orians & Pearson, 1979; Schoener, 1979; Stephens & Krebs, 1986), σύμφωνα με την οποία όσο μεγαλύτερη είναι η δαπάνη ενέργειας για να φτάσει στο σωρό με την τροφή, τόσο πιο εκλεκτικό πρέπει να είναι το μυρμήγκι στην επιλογή του κομματιού τροφής που θα μεταφερθεί πίσω στη φωλιά. Δηλαδή, όσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια που θα καταναλώσει για να

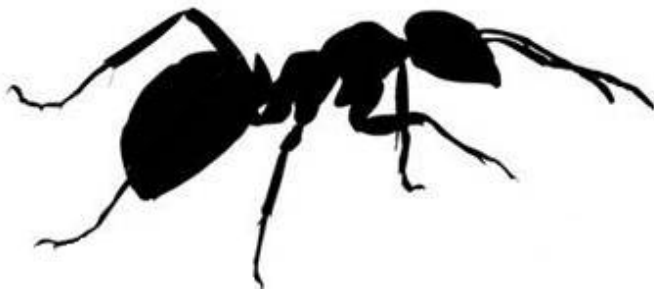
φτάσει εκεί, τόσο μεγαλύτερο θα πρέπει να είναι το ενεργειακό πακέτο που θα προσπαθήσει να φέρει πίσω στη φωλιά. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται από το Γράφημα 5.9 και συγκεκριμένα φαίνεται ότι επιλέγεται ποσοστιαία, κατά βάρος, περισσότερο *Triticum* στις μακρινές αναζητήσεις τροφής (2m) για όλους τους μήνες. Εικάζουμε λόγω της υψηλής σχετικά θρεπτικής αξίας ανά μονάδα βάρους, της μεγάλης πυκνότητας και του μεγάλου βάρους ανά σπέρμα έχουμε αύξηση εκλεκτικότητας, εκτός από τον Οκτώβριο. Τον Οκτώβριο, έχουμε κάποιες εξαιρέσεις ένεκα της μείωσης της επιλεκτικότητας καθώς λόγω του μη ευνοϊκού ψύχους τα μυρμήγκια δεν ερευνούν το σωρό για να μην παγώσουν και για να μειώσουν τον χρόνο έκθεσής τους στο κρύο, έξω από τη φωλιά. Με άλλα λόγια, αλλάζει η στρατηγική «κυνηγίου», η οποία χαρακτηρίζεται από πρακτικές «πλιάτσικου».

Στα Γραφήματα 5.3, 5.4 και 5.5 φαίνεται ότι η τροφοληψία ως προς τον αριθμό και κατά βάρος σπερμάτων/καρπών ανά ώρα για όλα τα είδη τροφής αυξάνεται προοδευτικά από τον Ιούλιο μέχρι το Σεπτέμβριο. Κατά τον Οκτώβριο, η τροφοληψία των σπερμάτων *Festuca* παρουσιάζει αύξηση, ενώ για τα σπέρματα *Triticum*, *Medicago*, *Sarcopoterium* και καρπούς *Medicago* παρουσιάζεται μείωση. Με άλλα λόγια, επειδή η θερμοκρασία γίνεται σταδιακά ευνοϊκότερη (χαμηλότερη του Ιουλίου), η τροφοληψία σταδιακά αυξάνεται. Όμως τον Οκτώβριο η μέση θερμοκρασία γίνεται τόσο χαμηλή, ώστε να παρατηρείται συνολικά μείωση της τροφοληψίας, δηλαδή τον Οκτώβριο φαίνεται, ότι έχει ιδιαίτερη σημασία η ταχύτητα περισυλλογής της τροφής και μετά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της όπως το θερμιδικό περιεχόμενο. Στα Γραφήματα 5.12 και 5.13 φαίνεται, ότι η ένταση της τροφοληψίας κατά μέρος και συνολικά καθορίζεται και επιβάλλεται από την ύπαρξη ευνοϊκών συνθηκών, κυρίως αυτών της θερμοκρασίας.

Για να απαντηθούν ορισμένα ερωτήματα που έχουν παραμείνει από τη παρούσα μελέτη, ίσως θα ήταν ωφέλιμο στο μέλλον να γίνουν επιπλέον αναλύσεις βάσει της θερμιδικής αξίας του κάθε σπέρματος.

Κεφάλαιο 6

Συσχετισμός
βάρους/μεγέθους
σπερμάτων και
μυρμηγκιών



Κεφάλαιο 6 – Συσχετισμός βάρους/μεγέθους σπερμάτων και μυρμηγκιών

6.1 Εισαγωγή

Τα μυρμηγκία περνάνε μεγάλο μέρος του χρόνου τους συλλέγοντας τροφή. Οι βασίλισσες και τα πρώτα στάδια της ανάπτυξης των μυρμηγκιών τροφοδοτούνται από τις εργάτριες. Έτσι μπορεί να παρακολουθήσει κανείς την είσοδο της τροφής στις αποικίες των μυρμηγκιών, ενώ για τα περισσότερα από τα υπόλοιπα ασπόνδυλα ζώα απαιτούνται ειδικές τεχνικές για παρατήρηση της εισόδου της.

Οι εργάτριες του είδους *Messor pergandei* (Εικόνα 6.1) συλλέγουν σπέρματα από ένα ευρύ φάσμα φυτών. Ερευνούν μέσα στο σωρό των σπερμάτων πριν επιλέξουν ένα, το οποίο θα μεταφέρουν στη φωλιά. Το σπέρμα αυτό συνήθως θα έχει μέγεθος μεγαλύτερο από το μέσο όρο του μεγέθους των σπερμάτων του κάθε είδους που υπάρχει (Rissing, 1981a).



Εικόνα 6.1: Εργάτριες του είδους *Messor pergandei* κατά τη μεταφορά σπόρου προς τη φωλιά. © Alex Wild

Οι εργάτριες τείνουν να επιμένουν στη συλλογή ενός είδους σπέρματος, ακόμα και όταν πιο επιθυμητά σπέρματα βρίσκονται στον ίδιο σωρό. Μετά τη μεταφορά στην φωλιά, οι εργάτριες σπάνε το ενδοσπέρμιο σε κομμάτια, τα οποία τοποθετούνται αμέσως μπροστά στην προνύμφη ώστε εκείνη να τραφεί. Οι Went *et al.* (1972) πρότειναν ότι η προνύμφη μεταβολίζει τα υλικά των σπερμάτων και εφοδιάζει τις εργάτριες με εκκρίσεις πλούσιες σε υδαάνθρακες. Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση που ταξιδεύει ένα μυρμηγκί από τη φωλιά του έως το σωρό της τροφής, τόσο περισσότερο χρόνο θα καταναλώσει για να διαλέξει την τροφή του. Έχει επιβεβαιωθεί από τα ευρήματα των Rissing & Pollock (1984), ότι οι εργάτριες του *M. pergandei* κάνουν περισσότερο χρόνο να ψάξουν για πιο απομακρυσμένους σωρούς σπερμάτων. Επίσης οι εργάτριες αυτές, ενώ διαλέγουν γενικά μεγαλύτερα σπέρματα από τον σωρό, το μέγεθος του σπέρματος δεν σχετίζεται με το χρόνο που σπαταλούν για να το διαλέξουν (Rissing & Pollock, 1984).

Οι εργάτριες του γένους *Messor* εξετάζουν έως και 60 σπέρματα έως να επιλέξουν αυτό που θα κουβαλήσουν στην φωλιά (Hölldobler, 1976a; Rissing, 1981a). Η επιλογή ενός συγκεκριμένου στοιχείου τροφής είναι ένα σύνθετο φαινόμενο. Ακόμα και αν παραμερίσουμε την επιρροή της χημικής σύνθεσης του φορτίου (Kelrick *et al.* 1984) και επικεντρωθούμε

μόνο στο βάρος, κάποιος βαθμός πολυπλοκότητας παραμένει, αφού και η διαδικασία μεταφοράς επηρεάζεται από έναν αριθμό παραμέτρων, συμπεριλαμβανομένης της θερμοκρασίας του αέρα (Traniello *et al.*, 1984), των ημερήσιων ρυθμών (Wetterer, 1990) και της πυκνότητας του φορτίου (Roces & Hölldobler, 1994). Στο *Messor barbarus* μόνο η μάζα του φαίνεται να επηρεάζει τις επιλογές των μυρμηγκιών και σπέρματα κάτω του βάρους των 0,4 mgf σπάνια επιλέγονται (Detrain & Pasteels, 2000). Τα αποτελέσματα ενός πρώτου πειράματος απέδειξαν, ότι το *M. barbarus* δεν κάνει κάποια σημαντική επιλογή της μάζας του φορτίου στην πηγή της τροφής.

Στο φυσικό περιβάλλον, όπου τα μυρμηγκία κόβουν κομμάτια των φυτών για μεταφορά, η συσχέτιση μεταξύ της μάζας του μυρμηγκιού και της μάζας του φορτίου είναι πολύ μικρή. Η μάζα του μυρμηγκιού μετράει μόνο για το 4,37% της διακύμανσης που παρατηρείται στην μάζα του φορτίου. Παρόλα αυτά η συσχέτιση αυτή φτάνει έως και το 41,58% για μυρμηγκία και το φορτίο τους στην περιοχή κοντά στην φωλιά. Αυτή η καλυτέρευση, στην συσχέτιση του μεγέθους κατά μήκος του μονοπατιού τροφοληψίας, μπορεί να σχετίζεται με το φορτίο που μεταφέρεται ανάμεσα στα μυρμηγκία που επιστρέφουν στη φωλιά (Reyes & Fernandez Haeger, 1999). Επιπλέον η μάζα του φορτίου που διατίθεται, μειώνεται λόγω απωλειών. Αυτό υποδηλώνει, ότι μέρος του φορτίου μεταφέρεται από το ένα μυρμηγκί στο άλλο, ενώ και το φορτίο μπορεί να εγκαταλειφθεί κατά μήκος της διαδρομής, κάτι που πράγματι παρατηρήθηκε. Γενικότερα στο *M. barbarus* η συσχέτιση μεταξύ μάζας μυρμηγκιού και μάζας φορτίου αυξάνει κατά την διάρκεια της μεταφοράς του φορτίου στη φωλιά. Όταν χρησιμοποιούνται τεχνητά ελκυστικά δολώματα, η συσχέτιση με το μέγεθος τείνει να εξαφανιστεί. Αυτό δηλώνει την προσπάθεια των μυρμηγκιών να μειώσουν τον χρόνο μεταφοράς στην φωλιά, μειώνοντας το χρόνο που επενδύεται στη επιλογή του φορτίου.

Η μελέτη άλλων ειδών μυρμηγκιών έχει αποδείξει, ότι η ποσότητα και η ποιότητα των πηγών που διατίθενται, μπορεί να ενεργοποιήσει διαφορές στην συμπεριφορά των μυρμηγκιών (Leonard & Herbers, 1986; Roces, 1993; Roces & Nunez, 1993; Schultz *et al.*, 1998) οι οποίες μπορεί και να επηρεάσουν και τα κριτήρια επιλογής του φορτίου (Roces, 1993). Ο Davidson (1978) περιέγραψε μια αξιοσημείωτη διακύμανση στο μέγεθος των εργατριών του *M. pergandei*. Οι μικρές εργάτριες τείνουν να συλλέγουν μικρά σπέρματα και οι μεγάλες εργάτριες προτιμούν τα μεγάλα σπέρματα. Εάν αυτό ίσχυε, θα επέτρεπε στην εργατική κάστα να συλλέγει καρπούς από διάφορα είδη φυτών πιο γρήγορα και με μεγαλύτερη ενεργειακή αποτελεσματικότητα.

Σε μετέπειτα μελέτες ο Rissing (1987) ανακάλυψε, ότι το μέγεθος των εργατριών συμμετέχει για λιγότερο από 4% στην ποικιλία του μεγέθους των καρπών. Απέδωσε τον πολυμορφισμό των εργατριών στον ετήσιο κύκλο της διαθεσιμότητας των τροφών στην αναπτυσσόμενη προνύμφη. Κατά την διάρκεια του χειμερινού κρίσιμου τρίπτυχου (μειωμένη διαθεσιμότητα σπόρων, μικρότερος χρόνος τροφοληψίας, παραγωγή νέων αρσενικών και βασιλισσών) η

προνύμφη που προορίζεται να γίνει εργάτρια προφανώς λαμβάνει λιγότερη τροφή και καταλήγει να είναι μικρότερη. Εάν αυτή η ερμηνεία ισχύει, τότε ο πολυμορφισμός των εργατριών του *M. pergandei* θα αποτελεί ένα μη προσαρμοστικό φαινόμενο και όχι έναν επιπλέον μηχανισμό, που ενισχύει τις τεχνικές τροφοληψίας.

6.2 Συσχετισμοί μεγέθους

Οι Brown *et al.* (1979) και Retana & Cerdá (1994) έχουν δείξει, ότι η τροφοσυλλογή των σπερμάτων μπορεί να συσχετιστεί με τη μορφομετρία των μυρμηγκιών, καθώς το μέγεθος των μυρμηγκιών επιβάλλει μηχανιστικά ανώτατα όρια στο μέγεθος των σπερμάτων που μπορούν να αξιοποιηθούν. Η αντιστοίχιση του μεγέθους ή – καλύτερα – ο συνδυασμός του μεγέθους των εργατριών και των στοιχείων της τροφής τους εμμέσως υποδηλώνει, ότι ο τύπος και το μέγεθος των σπερμάτων που συγκομίζονται εξαρτάται από τον τύπο και το μέγεθος των μυρμηγκιών, δηλαδή σχετικά με την αντιστοίχιση μεταξύ των σπερμάτων και των μυρμηγκιών-θεριστών που βρίσκονται στην περιοχή (Rissing & Pollock, 1984; Retana & Cerdá, 1994; Reyes-López & Fernández-Haeger, 2001). Ωστόσο, οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μυρμηγκιών και των σπερμάτων είναι πιο πολύπλοκες, επειδή δεν εξαρτώνται μόνο από τα ατομικά χαρακτηριστικά τους, αλλά επίσης και από τα πρότυπα συμπεριφοράς των αποικιών των μυρμηγκιών, που καθορίζουν τις επιπτώσεις στην επιλογή των σπερμάτων. Ειδικότερα, η απομάκρυνση/τροφοσυλλογή των σπερμάτων μπορεί να επηρεάζεται έντονα από την ηθολογία αναζήτησης τροφής (Mull & MacMahon, 1997).

Είναι κατανοητό, ότι το ερώτημα, «αν τα μεγάλα μυρμηγκία μεταφέρουν μεγάλα σπέρματα και τα μικρά μικρούς» έχει απασχολήσει ερευνητές στο πρόσφατο και το μακρινό παρελθόν (Arnan *et al.*, 2010; Boulay *et al.*, 2009; Azcárate & Peco, 2007, 2006; Heredia & Detrain, 2005; Georgiadis & Legakis, 2005; Azcárate *et al.*, 2005; Retana *et al.*, 2004; Hensen, 2002; Detrain & Pasteels, 2000; Baroni Urbani, 1992; Brown *et al.*, 1975). Τα μέχρι τώρα αποτελέσματα δεν είναι σε καμία περίπτωση δεσμευτικά για το σύνολο των μυρμηγκιών – θεριστών και αποτελούν ενδείξεις της πολύπλοκης σχέσης που αναπτύσσεται, όσον αφορά στην τροφοληπτική συμπεριφορά των κύριων θηρευτών σπόρων σε μεσογειακά οικοσυστήματα. Σε αυτή τη μελέτη προσπαθούμε να συγκρίνουμε το εποχιακό πρότυπο μεταφοράς σπερμάτων και την εξάρτησή του από το μέγεθος των σπερμάτων αυτών.

6.3 Μεθοδολογία

Στην περιοχή της μελέτης (όπως αυτή αναφέρεται στο Κεφάλαιο 2.5.1) επιλέχθηκαν 3 φωλιές (με αριθ. 1, 2 και 5), από διαφορετική αποικία η κάθε μία. Κατόπιν, πραγματοποιήθηκε

συλλογή 30 μυρμηγκιών και της τροφής που μετέφεραν από την κάθε μία, μέσα στο πρώτο δεκαήμερο κάθε μήνα, για διάστημα 5 μηνών (Απρίλιος – Αύγουστος). Η δειγματοληψία γινόταν τις πρωινές ώρες, οπότε παρατηρείτο σχετικά καλή δραστηριότητα τροφοληψίας. Συνολικά έγινε συλλογή 450 μυρμηγκιών μαζί με την τροφή που μετέφεραν. Στην πραγματικότητα τα δείγματα-ζεύγη που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση ήταν 445 καθώς σε 5 ζεύγη τελικά αποδείχθηκε, ότι η τροφή που μετέφεραν είτε χάθηκε είτε δεν μετέφεραν τίποτα. Η συλλογή έγινε με λαβίδες, τις περισσότερες φορές ανασκώνοντας την τροφή (συνήθως σπέρμα ή άλλο φυτικό υλικό) που μετέφεραν. Ακούσια το μυρμηγκι δεν αφήνει την τροφή, οπότε ανασκώνεται μαζί της. Στην περίπτωση που η τροφή που μεταφερόταν ήταν πολύ μικρή σε μέγεθος και δεν επέτρεπε το πιάσιμό της με λαβίδα, ανασκωνόταν το μυρμηγκι προσεκτικά, ώστε να μην χαθεί η τροφή και κατόπιν αποθηκευόταν σε δοκιμαστικούς σωλήνες τύπου *erpendorf* που περιείχαν ποσότητα αιθυλικής αλκοόλης (95%). Για κάθε φωλιά και μέρα δειγματοληψίας, τα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε ειδικά κουτιά στο εργαστήριο.

Με τη χρήση λογισμικού image analysis σε στερεοσκόπιο με τοποθετημένη ψηφιακή κάμερα, πραγματοποιήθηκαν 7 μετρήσεις μορφολογίας σε κάθε μυρμηγκι, όπως αυτές φαίνονται στις παρακάτω εικόνες. Συγκεκριμένα, υπολογίστηκαν σε χιλιοστά (με ακρίβεια μικρού), το **ολικό μήκος σώματος** (μήκος κεφαλής από την άκρη των γνάθων έως το ινίο της κεφαλής, από το σημείο αυτό έως την άρθρωση με τον μίσχο, από το σημείο αυτό έως την ένωση με την κοιλιά, από το σημείο αυτό έως την έδρα) (Εικόνα 6.2), το **μέγιστο πλάτος του θώρακα** (προθώρακα), το **μήκος του μεσαίου μηρού** (Εικόνα 6.3), το **μέγιστο μήκος της κεφαλής** (από το άκρο της άνω γνάθου έως το ινίο της κεφαλής), το **μέγιστο πλάτος της κεφαλής**, το **μήκος της άνω γνάθου** (από την άκρη της γνάθου έως το έξω σημείο της άρθρωσης με το κεφάλι) και το **μήκος του σκήπου** (το ευθύ τμήμα του σκήπου, μην υπολογίζοντας το μέγεθος του βολβού του κονδύλου)¹ (Εικόνα 6.4).

Με τις παραπάνω μετρήσεις, υπολογίστηκαν επίσης δύο ευρέως χρησιμοποιούμενοι δείκτες μορφομετρίας στα μυρμηγκια (Agosti & Collingwood, 1987b), ο **κεφαλικός δείκτης (CI)**² και ο **δείκτης του σκήπου (SI)**³. Οι τύποι υπολογισμού είναι οι εξής:

$$CI = \frac{MHW \times 100}{MHL}$$

όπου *MHW* (*Maximum Head Width*) είναι το μέγιστο πλάτος κεφαλής και *MHL* (*Maximum Head Length*) είναι το μέγιστο μήκος κεφαλής και

¹ condylar bulb

² Cephalic index

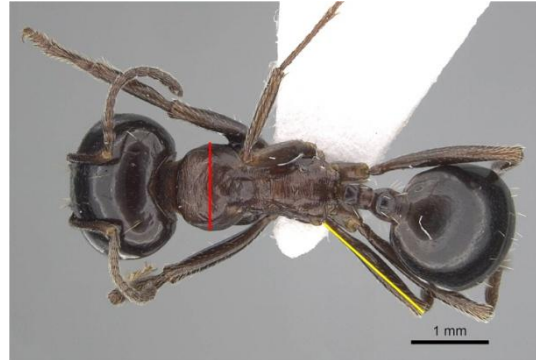
³ Scape index

$$SI = \frac{SL \times 100}{MHW}$$

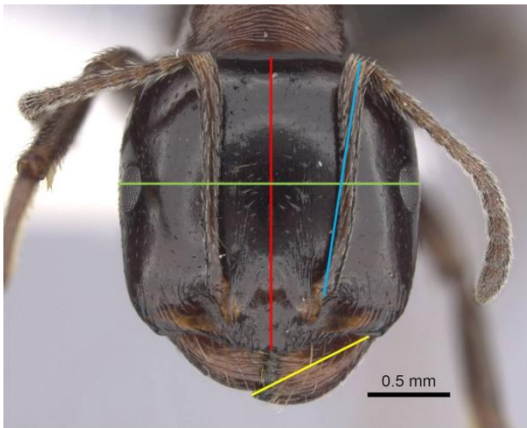
όπου *SL* (*Scapae Length*) είναι το μήκος του σκήπου και *MHW* (*Maximum Head Width*) είναι το μέγιστο πλάτος κεφαλής.



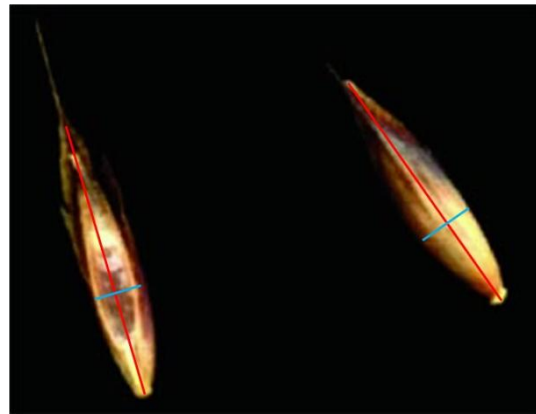
Εικόνα 6.2: Το ολικό μήκος μετρήθηκε ως το άθροισμα των επιμέρους μηκών όπως αυτά φαίνονται με την κόκκινη γραμμή.



Εικόνα 6.3: Οι μετρήσεις του μέγιστου πλάτους του θώρακα (κόκκινο) και το μήκος του μεσαίου μηρού (κίτρινο).



Εικόνα 6.4: Οι μετρήσεις του μήκους της κεφαλής (κόκκινο), του πλάτους της κεφαλής (πράσινο), του μήκους της άνω γνάθου (κίτρινο) και του σκήπου (μπλε).



Εικόνα 6.5: Παράδειγμα μέτρησης μέγιστου μήκους και μέγιστου πλάτους σε σπέρμα που μεταφερόταν από μυρμήγκι.

Στην συνέχεια, υπολογίστηκαν σε χιλιοστά (με ακρίβεια μικρού), το μέγιστο μήκος και το μέγιστο πλάτος του κάθε σπέρματος, όπως αυτά φαίνονται στην Εικόνα 6.5.

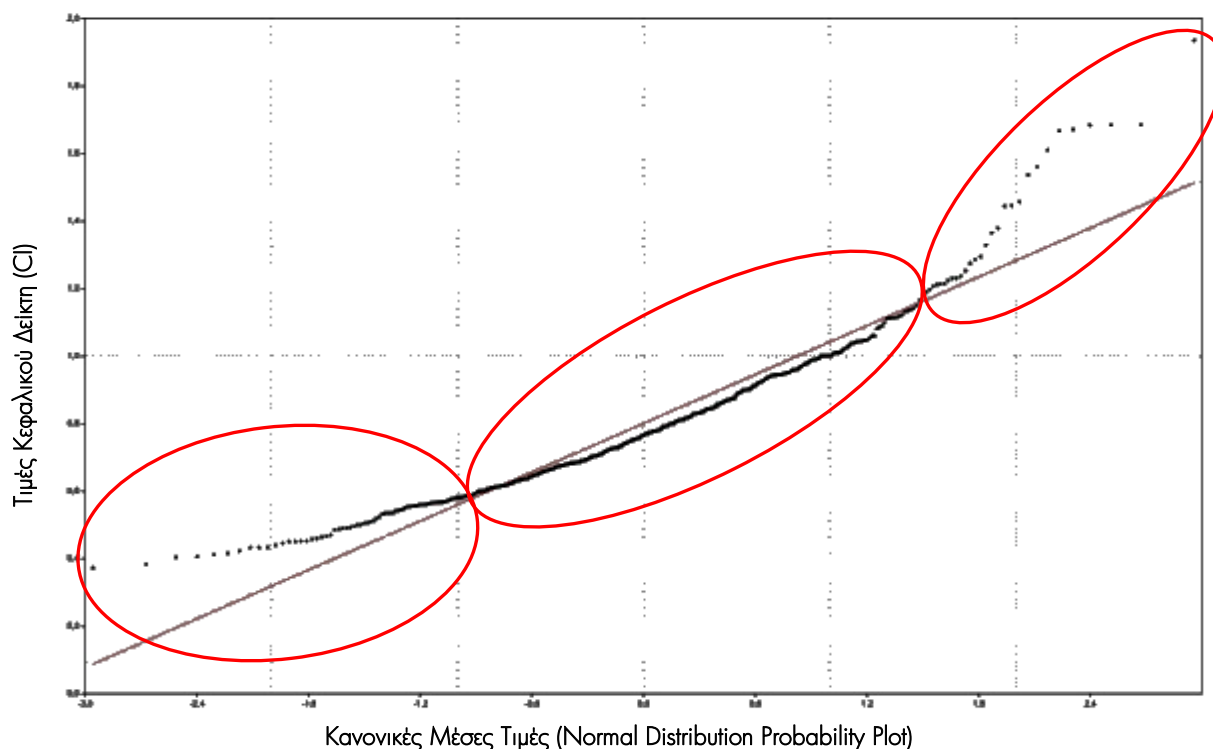
Τέλος, αφού το κάθε ζεύγος δειγμάτων (μυρμήγκι – σπέρμα) τοποθετήθηκε σε διηθητικό χαρτί, ώστε να αφαιρεθεί η περίσσεια αιθυλική αλκοόλη και μετά από αναμονή 10 λεπτών της ώρας, ώστε να εξατμιστεί πλήρως η ποσότητα της αιθυλικής αλκοόλης που υπήρχε μέσα

στο μυρμήγκι και το σπέρμα, υπολογίστηκαν τα βάρη του κάθε μυρμηγκιού και σπέρματος με ζυγό ακριβείας με ακρίβεια χιλιοστού του mgr.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταγράφηκαν σε πίνακα και παρατίθενται στο Παράρτημα.

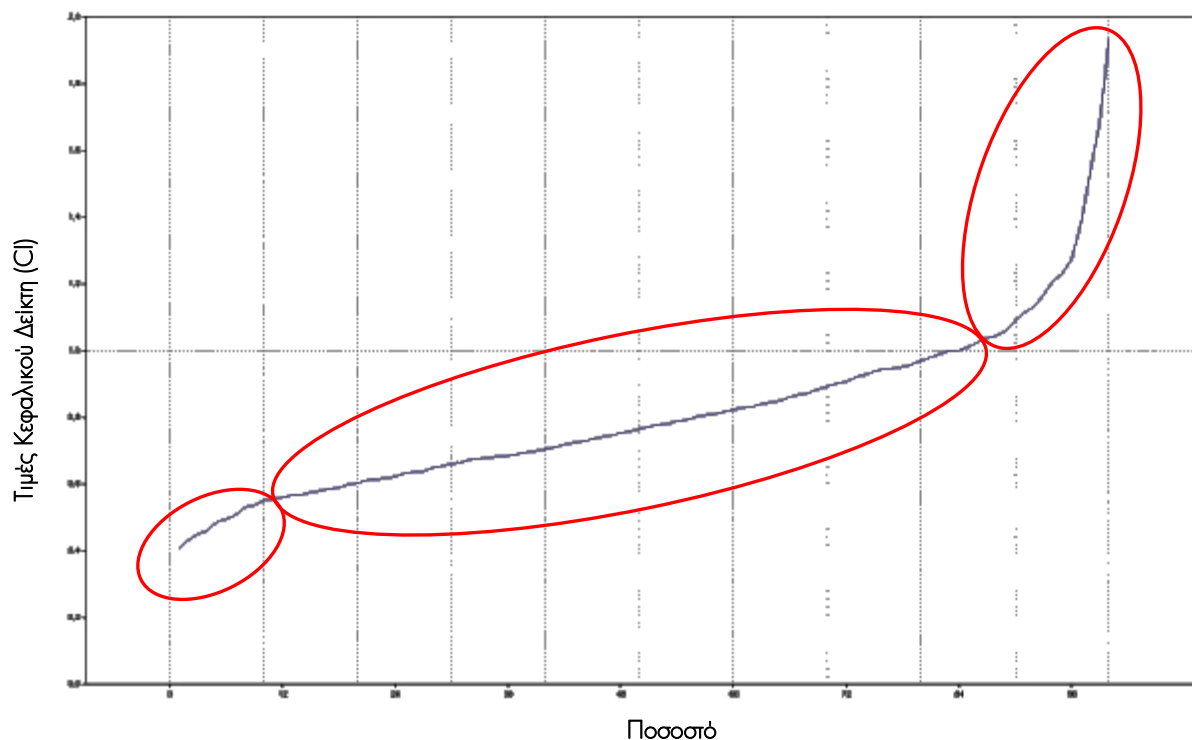
6.4 Αποτελέσματα

Τα μυρμήγκια του γένους *Messor* χαρακτηρίζονται από πολυμορφία (Davidson, 1977; Heredia & Detrain, 2000; Heredia & Detrain, 2005). Σε κάποιο βαθμό όμως διαχωρίζονται σε 2 μορφές, τα major και τα minor. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για τις παρακάτω αναλύσεις ήταν το PAST (ver. 2.16)⁴, όπως αναφέρεται στους Hammer *et al.* (2001). Χρησιμοποιώντας τις τιμές του κεφαλικού δείκτη (CI), όπως αναφέρεται και από τους Heredia & Detrain (2000) και δημιουργώντας τις γραφικές παραστάσεις κανονικής κατανομής (Normal Probability Plot) (Γράφημα 6.1) και συσσωρευτικής κατανομής ποσοστού, (Percentiles) (Γράφημα 6.2) φαίνεται πως υπάρχουν 3 διαφορετικές κλάσεις μεγέθους (σε κύκλους).



Γράφημα 6.1: Κανονική κατανομή μετρήσεων κεφαλικού δείκτη των μυρμηγκιών που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα.

⁴ <http://folk.uio.no/ohammer/past/>



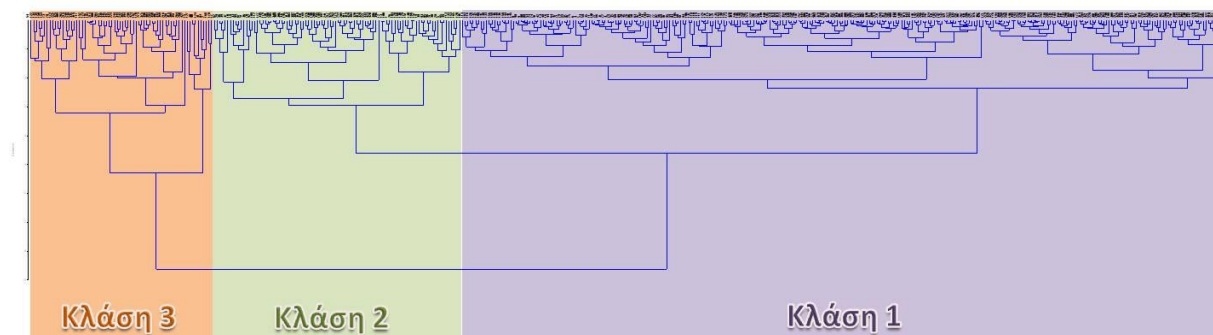
Γράφημα 6.2: Συσσωρευτική κατανομή ποσοστού μεγέθους βάσει των μετρήσεων του κεφαλικού δείκτη των μυρμηγκιών.

Για να μπορέσουμε να κατηγοριοποιήσουμε τα δείγματά μας στις τρεις αυτές μορφές, χρησιμοποιήσαμε ανάλυση ομαδοποίησης K-μέσων τιμών για το σύνολο των μορφομετρικών χαρακτηριστικών όλων των μυρμηγκιών. Ο παρακάτω πίνακας (6.1) περιγράφει τα χαρακτηριστικά της κάθε κλάσης μεγέθους:

Πίνακας 6.1: Αποτίμηση χαρακτηρισμού σχετικού μεγέθους μυρμηγκιών ανά κλάση.

	Κλάση 1	Κλάση 2	Κλάση 3
Αριθμός ατόμων	279	105	61
Εύρος τιμών Κεφαλικού Δείκτη	0,383-1,935 (μ.τ. 0,809)	0,411-1,685 (μ.τ. 0,834)	0,372-1,684 (μ.τ. 0,705)
Εύρος τιμών ολικού μήκους σώματος	3,28-7,15 (μ.τ. 4,74)	4,32-8,09 (μ.τ. 6,24)	6,45-9,1 (μ.τ. 7,35)
Εύρος τιμών βάρους	0,482-4,333 (μ.τ. 2,164)	4,167-9,568 (μ.τ. 6,395)	9,11-16,732 (μ.τ. 11,836)
Χαρακτηρισμός	Μικρά	Μεσαία	Μεγάλα

Στο παρακάτω κλαδόγραμμα φαίνεται η κατηγοριοποίηση στις κλάσεις μεγέθους του συνόλου των δειγμάτων των μυρμηγκιών που συλλέχτηκαν.

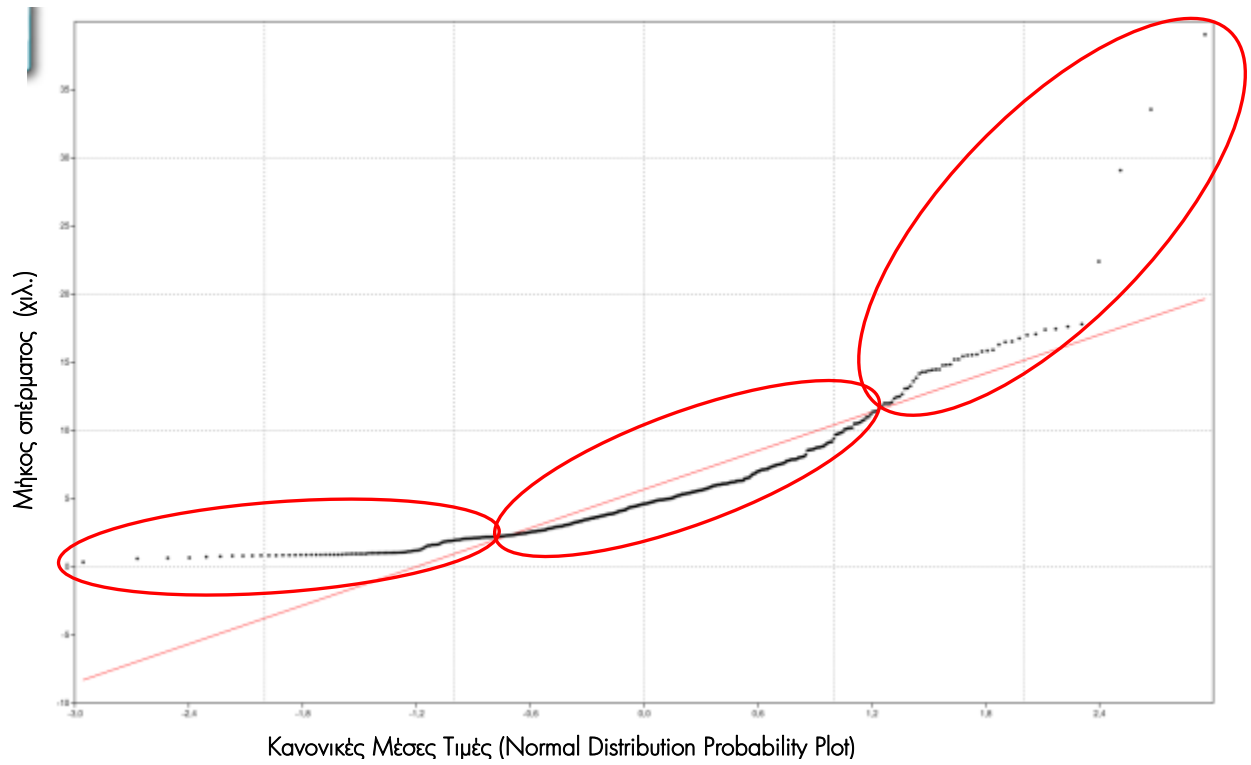


Με ανάλυση SIMPER (Similarity Percentage; Clarke, 1993) (Πίνακας 6.2) μπορούμε επίσης να δούμε, ότι για τις τρεις αυτές κλάσεις μεγεθών, το κύριο χαρακτηριστικό που αποδίδει αυτή την κατηγοριοποίηση, είναι το βάρος του κάθε μυρμηγκιού με 55,31% συνεισφορά στην συνολική διακύμανση, με δεύτερο χαρακτηριστικό το ολικό μήκος του κάθε μυρμηγκιού (13,75%), χρησιμοποιώντας το δείκτη σύνθεσης Bray-Curtis (1957).

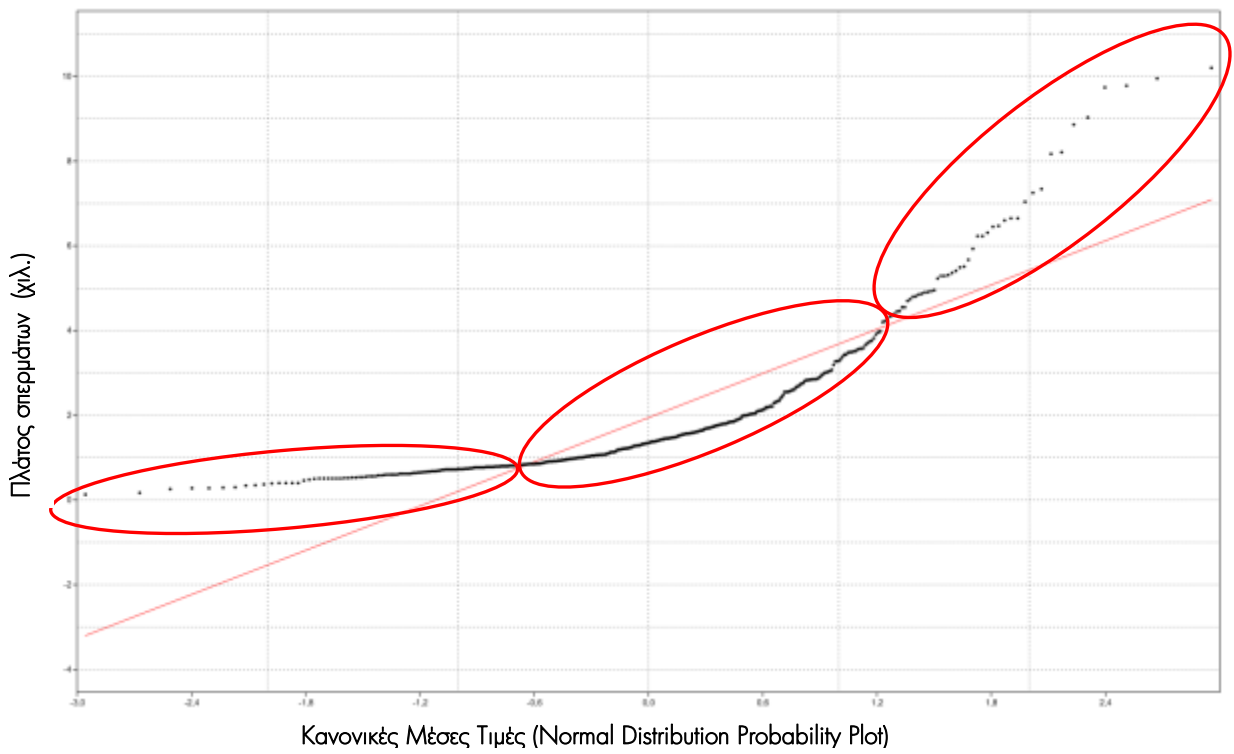
Ακολουθώντας την ίδια ανάλυση για την κατηγοριοποίηση των σπόρων, που μεταφέρονταν από τα μυρμηγκία, παρατηρούμε, ότι βάσει του μήκους, του πλάτους και του βάρους των σπερμάτων υπάρχουν πάλι τρεις διαφορετικές κλάσεις (Γραφήματα 6.3, 6.4 & 6.5, αντίστοιχα).

Πίνακας 6.2: Επιμέρους και συνολικά ποσοστά συνεισφοράς στην απόδοση της κλάσης μεγέθους για τα μυρμηγκία (Bray-Curtis index).

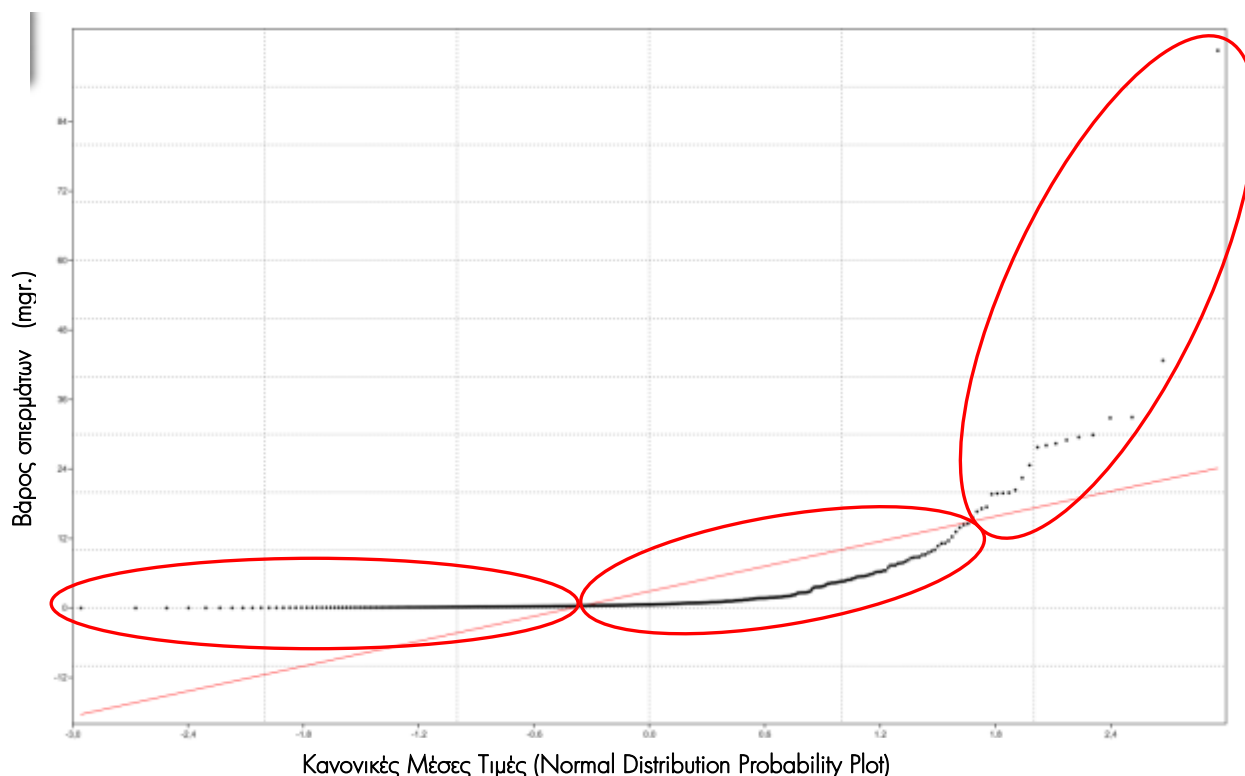
Χαρακτηριστικό	Μέση ανομοιότητα	Ποσοστό (%) συνεισφοράς	Συσσωρευτικό Ποσοστό (%) συνεισφοράς
Βάρος	11,36	55,31	55,31
Ολικό μήκος	2,822	13,75	69,06
Πλάτος Κεφαλής	1,79	8,721	77,78
Μήκος Κεφαλής	0,8225	4,006	81,79
CI	0,7521	3,663	85,45
Μήκος 2 ^{ου} μηρού	0,7257	3,535	88,98
Σκήπος	0,702	3,419	92,4
SI	0,6776	3,3	95,7
Μήκος γνάθου	0,4821	2,348	98,05
Πλάτος προθώρακα	0,4	1,948	100



Γράφημα 6.3: Κανονική κατανομή μετρήσεων μήκους των σπερμάτων.



Γράφημα 6.4: Κανονική κατανομή μετρήσεων πλάτους των σπερμάτων.



Γράφημα 6.5: Κανονική κατανομή μετρήσεων βάρους των σπερμάτων.

Για να μπορέσουμε λοιπόν να αποδώσουμε τον χαρακτήρα του σχετικού μεγέθους στο κάθε σπέρμα, χρησιμοποιήσαμε και πάλι την ανάλυση ομαδοποίησης K-μέσων τιμών για τις μετρήσεις τους και είχαμε τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 6.3: Αποτίμηση χαρακτηρισμού σχετικού μεγέθους σπερμάτων ανά κλάση.

	Κλάση 1	Κλάση 2	Κλάση 3
Αριθμός σπόρων	347	77	21
Εύρος τιμών μήκους σπέρματος	0,35-9,16 (μ.τ. 3,79)	5,62-39,04 (μ.τ. 12,91)	5,35-29,08 (μ.τ. 10,46)
Εύρος τιμών πλάτους σπέρματος	0,3-8,86 (μ.τ. 1,56)	0,13-9,03 (μ.τ. 2,62)	2,14-10,2 (μ.τ. 5,86)
Εύρος τιμών βάρους σπέρματος	0,01-10,7 (μ.τ. 1,07)	0,06-14,57 (μ.τ. 4,26)	15,63-96,28 (μ.τ. 28,15)
Χαρακτηρισμός	‘Μικρά’	‘Μεσαία’	‘Μεγάλα’

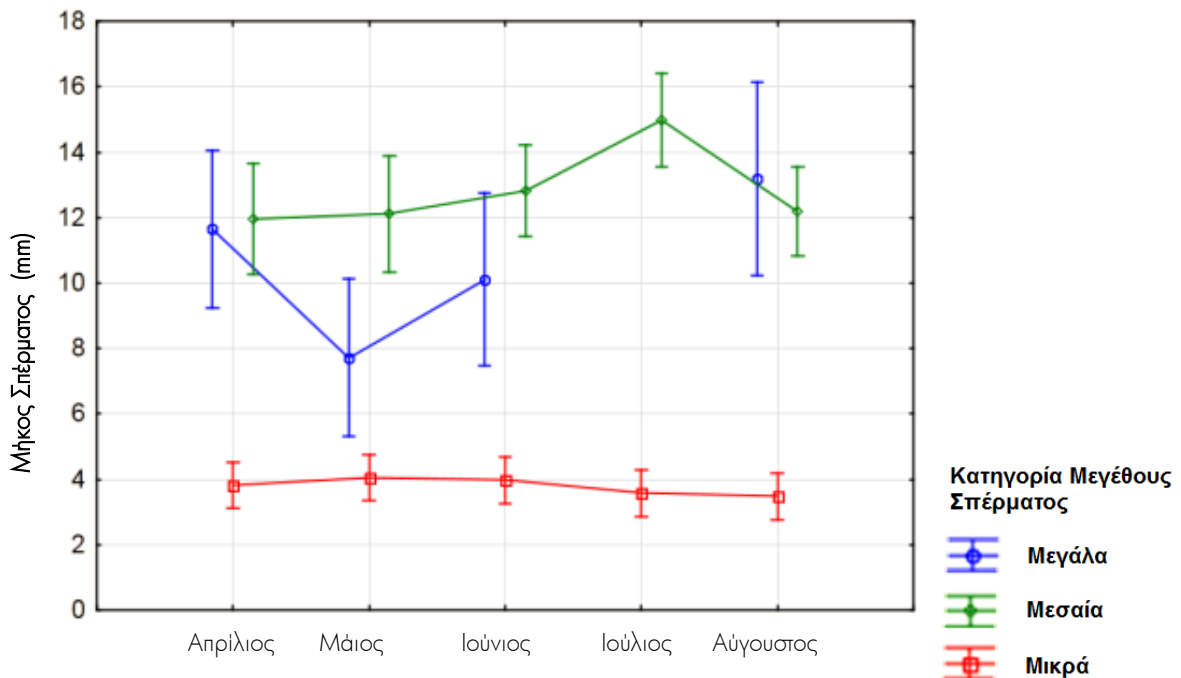
Αντίστοιχα με τα μυρμηγκία, με ανάλυση SIMPER (Similarity Percentage; Clarke, 1993) (Πίνακας 6.4) μπορούμε επίσης να δούμε, ότι για τις τρεις αυτές κλάσεις μεγεθών, το κύριο χαρακτηριστικό που αποδίδει αυτή την κατηγοριοποίηση, είναι το βάρος του κάθε σπέρματος με 70,07% συνεισφορά στην συνολική διακύμανση με δεύτερο χαρακτηριστικό το μήκος του σπέρματος (17,67%), χρησιμοποιώντας το δείκτη σύνθεσης Bray-Curtis (1957).

Πίνακας 6.4: Επιμέρους και συνολικά ποσοστά συνεισφοράς στην απόδοση της κλάσης μεγέθους για τα σπέρματα (Bray-Curtis index).

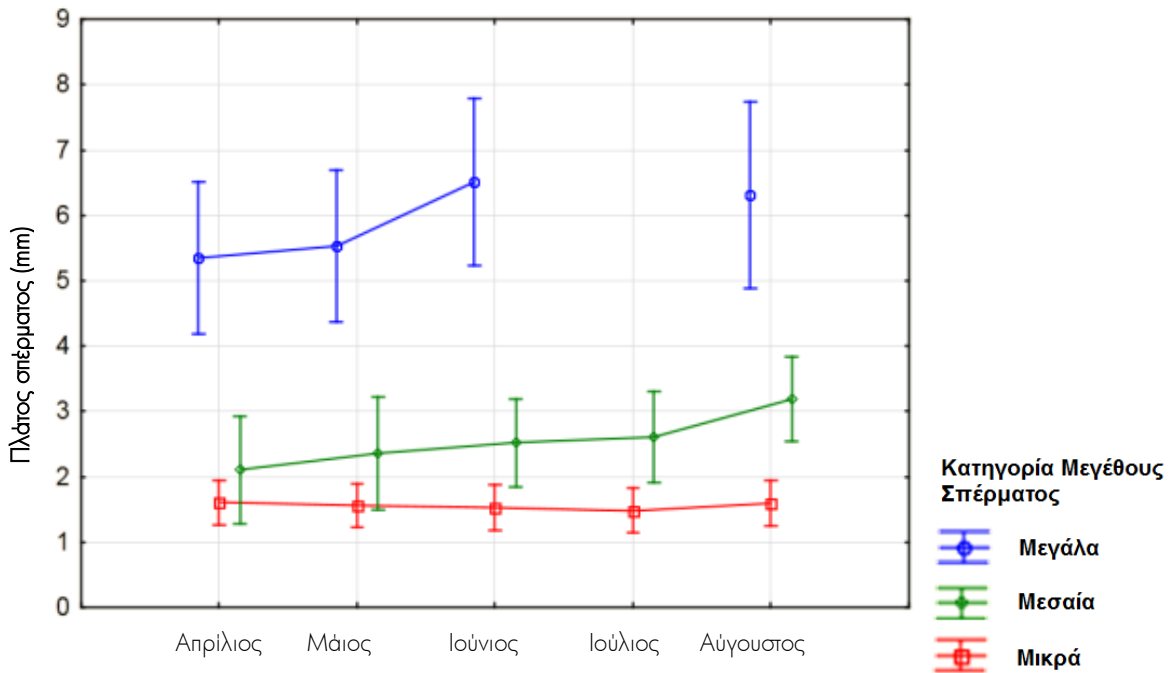
Χαρακτηριστικό	Μέση ανομοιότητα	Ποσοστό (%) συνεισφοράς	Συσσωρευτικό Ποσοστό (%) συνεισφοράς
Βάρος σπέρματος	35,74	70,07	70,07
Μήκος σπέρματος	9,015	17,67	87,75
Πλάτος σπέρματος	6,25	12,25	100

Λεπτομερέστερη ανάλυση βάσει των επιμέρους χαρακτηριστικών των σπερμάτων (μήκος, πλάτος, βάρος) ανέδειξαν, ότι το μήκος μπορεί να θεωρηθεί στατιστικά σημαντικός παράγοντας ερμηνείας επιλογής από τα μυρμηγκία ($p < 0,005$, $F_{2,44} = 151,42$). Παρόμοιες αναλύσεις για το πλάτος και το βάρος των σπερμάτων δεν έδωσαν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα ($p = 0,24$ & $p = 0,84$ αντίστοιχα).

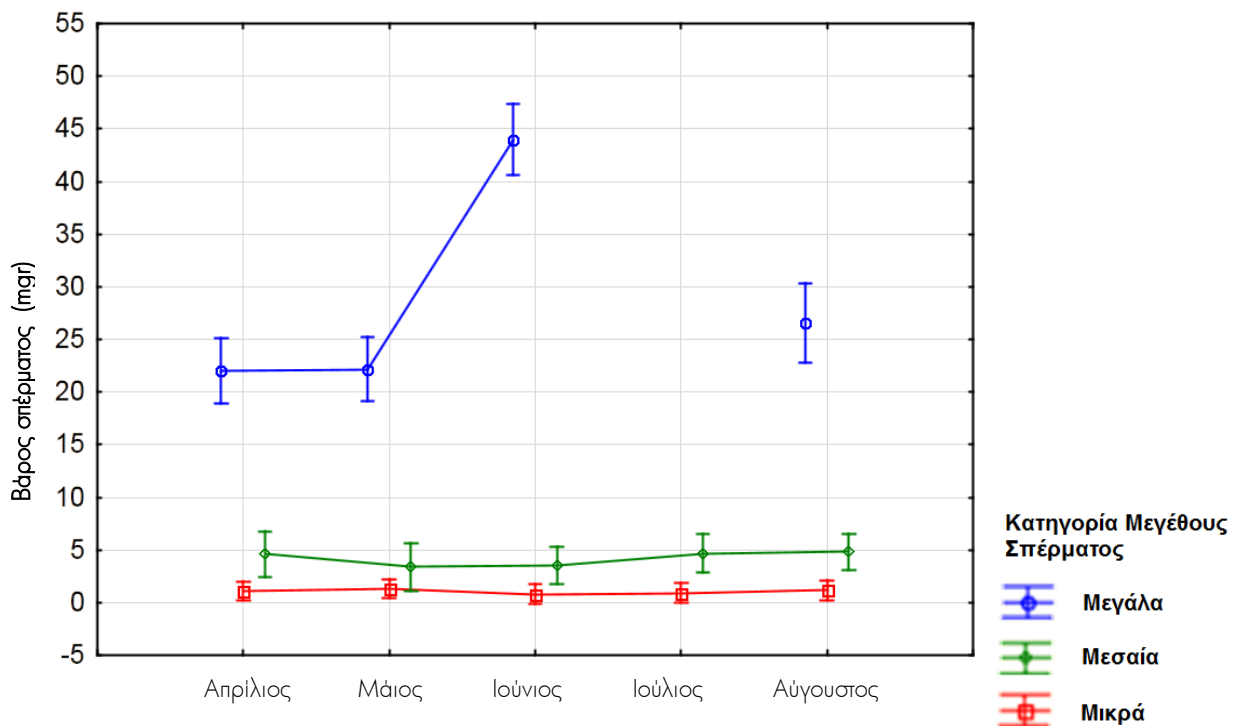
Όταν εξετάσαμε πιθανές στατιστικά σημαντικές αλλαγές στην επιλογή των σπερμάτων ανά μήνα τροφοληψίας, παρατηρήθηκε, ότι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Ιούνιο – Αύγουστο) υπήρξε μία αύξηση στην επιλογή των μεγαλύτερων σπερμάτων κατά μήκος (Γράφημα 6.6) (αν και δεν υπάρχουν δεδομένα για τον Ιούλιο). Επίσης, στατιστικά σημαντικές διαφορές στην επιλογή των μυρμηγκιών υπήρχαν στις επιλογές των σπερμάτων ως προς το πλάτος ($p < 0,005$) (Γράφημα 6.5) και ως προς το βάρος ($p < 0,005$) (Γράφημα 6.6).



Γράφημα 6.6: Μηνιαία επιλογή σπερμάτων με βάση το μήκος τους από τα μυρμηγκία.

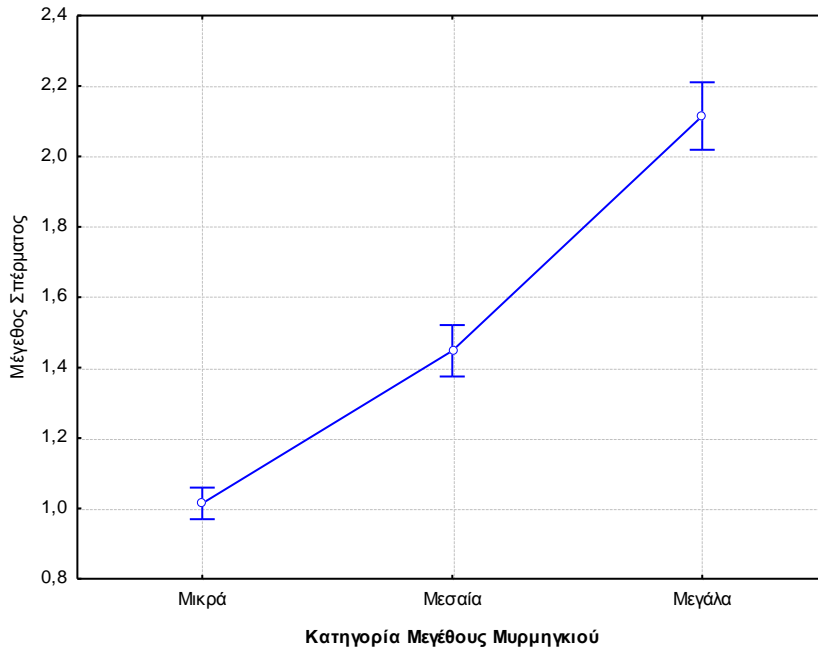


Γράφημα 6.7: Μηνιαία επιλογή σπερμάτων με βάση το πλάτος τους από τα μυρμηγκία.



Γράφημα 6.8: Μηνιαία επιλογή σπερμάτων με βάση το βάρος τους από τα μυρμηγκία.

Τέλος, χρησιμοποιώντας Μονοδιάστατη Ανάλυση Διακύμανσης (One way ANOVA) μεταξύ του σχετικού μεγέθους των μυρμηγκιών και του σχετικού μεγέθους των σπερμάτων, παρατηρούμε (Γράφημα 6.9), ότι υπάρχει σημαντική στατιστική διαφορά ($p < 0,05$, $F_{2,44} = 224,36$), όπου τα μεγάλα μυρμηγκία επιλέγουν μεγάλους σπόρους, τα μεσαία μεσαίους και τα μικρά μυρμηγκία μικρούς.



Γράφημα 6.9: Συσχετισμός κλάσης μεγεθών μυρμηγκιών και σπερμάτων.

6.5 Συζήτηση

Γεγονός είναι, ότι η ερμηνεία των παραπάνω αποτελεσμάτων φέρει δυσκολίες ως προς τους εξής παράγοντες: Τον τοπικό χαρακτήρα και την μονοετήσια περίοδο της δειγματοληψίας. Επιπλέον, δεν έχει ληφθεί υπόψη η απόσταση, από την οποία προέρχεται το σπέρμα από την είσοδο της φωλιάς. Παρόλα αυτά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ενδείξεις, αποδίδοντας κάποια στοιχεία για την ισοστάθμιση του ενεργειακού οφέλους, που προέρχεται από την μεταφορά των σπερμάτων πίσω στην φωλιά.

Στην περίπτωση του πειράματος αυτής της μελέτης, τα αποτελέσματα συμφωνούν με το πείραμα των Arnan *et al.* (2010). Μια προφανής εξήγηση της επιλογής διαφορετικών μεγεθών σπερμάτων από διαφορετικά είδη μυρμηγκιών-θεριστών – στην περίπτωση των Arnan *et al.* (2010): τα *Messor barbarus*, *M. capitatus* και *M. bouvieri* – είναι η αλληλεπίδραση μεταξύ του μεγέθους του σπέρματος και των ειδών των μυρμηγκιών, με τα *M. barbarus* και *M. capitatus* να συλλέγουν παρόμοιες ποσότητες μεγάλων και μικρών σπερμάτων, ενώ τα *M. bouvieri* να συλλέγουν μικρά σπέρματα πιο έντονα από τα μεγάλα (βλ. γράφημα δίπλα). Αυτό το μοτίβο θα μπορούσε να αποδοθεί στην προτίμηση σπερμάτων διαφορετικών φυτικών ειδών από διαφορετικά είδη μυρμηγκιών-θεριστών. Ωστόσο, κάτι τέτοιο

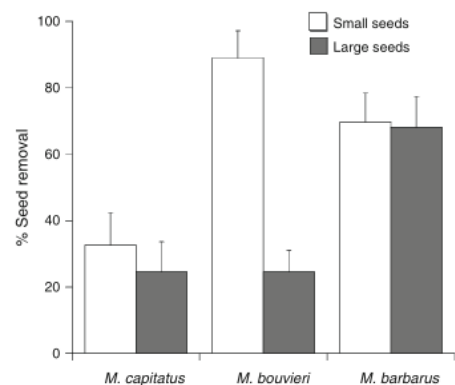


Fig. 3 Mean (+SE) percent of seed removal of small (*Guzotia abyssinica*) and large seeds (*Triticum vulgare*) by the three *Messor* species in the experiment of seed removal

είναι πιθανόν να είναι η συνέπεια ενός από τα πιο σημαντικά διακριτικά μορφολογικά γνωρίσματα μεταξύ αυτών των ειδών, το οποίο είναι ο διαφορετικός πολυμορφισμός μεγέθους της κάστας των εργατριών.

Το *M. bouvieri* εμφανίζει μία μονοφασική κατανομή μεγέθους των εργατριών, ενώ οι εργάτριες των *M. capitatus* και *M. barbarus* έχουν μια πολυμορφική κατανομή μεγέθους παρόμοια με το είδος *M. meridionalis* που μελετήθηκε. Η αντιστοίχιση του μεγέθους ή αλλιώς το ζευγάρωμα του μεγέθους των εργατριών και του μεγέθους της τροφής, εμμέσως υποδηλώνει ότι μια αποικία μεγιστοποιεί τα οφέλη της, έχοντας την κάθε εργάτριά του να τροφοληπτεί άριστα (Rissing & Pollock, 1984).

Για το λόγο αυτό, τα μεγέθη των τροφών, που συλλέγονται από αυτά τα είδη είναι σημαντικά διαφορετικά: Αυτά του *M. capitatus* και του *M. barbarus* είναι μεγαλύτερα και βαρύτερα από εκείνα του *M. bouvieri* (Cerdá & Retana, 1994; Detrain *et al.*, 2000; Azcárate & Peco, 2006). Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι μεγάλες εργάτριες των *M. barbarus* και *M. capitatus* ειδικεύονται σε μεγάλα σπέρματα ή καρπούς που προσφέρουν μία υψηλή καθαρή αμοιβή (Crist & MacMahon, 1992; Retana & Cerdá, 1994; Wilby & Shachak, 2000; Heredia & Detrain, 2005), αλλά αυτές του *M. bouvieri* δεν είναι σε θέση να συλλέξουν κάτι τέτοιο, οπότε και η είσπραξή τους είναι μικρότερη. Στην περίπτωση του *M. meridionalis*, καταγράφηκε παρόμοια συσχέτιση μεγέθους εργάτριας και τροφής με εκείνη των πολυμορφικών *M. barbarus* και *M. capitatus*.

Όσον αφορά στο μέγεθος του σπέρματος, η θεωρία βέλτιστης αναζήτησης τροφής προβλέπει, ότι τα ζώα θηρεύουν με τρόπο που να μεγιστοποιεί την πρόσληψη ενέργειας ανά μονάδα χρόνου (Schoener, 1971; Stephens & Krebs, 1986) και ως εκ τούτου τα μεγαλύτερα σπέρματα θα προσφέρουν μεγαλύτερα ενεργειακά οφέλη από ότι τα μικρότερα, αφού συνήθως περιέχουν ένα υψηλότερο ενεργητικό περιεχόμενο (Kelrick *et al.*, 1986; Crist & MacMahon, 1992). Οι προτιμήσεις αρκετών ειδών μυρμηγκιών έχουν συσχετιστεί θετικά με το μέγεθος των σπερμάτων (Kelrick *et al.*, 1986; Crist & MacMahon, 1992). Ωστόσο, καθώς αυξάνεται το μέγεθος του σπέρματος, προκύπτουν μηχανικοί περιορισμοί εφαρμογής μεταξύ των σπερμάτων και των γνάθων των μυρμηγκιών αλλά και ως προς την ανύψωση και μεταφορά μεγάλων φορτίων (Davidson, 1977; Kaspari, 1996).

Επιπλέον, ο χειρισμός και η μεταφορά μεγαλύτερων φορτίων μπορεί να απαιτήσει περισσότερο χρόνο και ενέργεια (Holder Bailey & Polis, 1987; Morehead & Feener, 1998). Οι εργάτριες μπορούν να μεγιστοποιήσουν την απόδοση της ενέργειας για την αποικία με το ταίριασμα του μεγέθους των σπερμάτων, που συλλέγονται στο μέγεθος του δικού τους σώματος. Σε διάφορες κοινότητες μυρμηγκιών, έχει παρατηρηθεί μία θετική συσχέτιση μεταξύ του μεγέθους του σώματος των εργατριών και του φορτίου που μεταφέρουν, όπου μικρότερα είδη προτιμούν μικρά σπέρματα και μεγαλύτερα είδη προτιμούν μεγάλα σπέρματα (Davidson, 1977) ή μεγαλύτερα είδη φέρουν σπέρματα από ένα ευρύτερο φάσμα

μεγέθους συμπεριλαμβανομένων μεγαλύτερων (Kaspari, 1996). Έχει επίσης υποστηριχτεί, ότι αυτή η συσχέτιση μεγέθους έχει προωθήσει την συνύπαρξη ορισμένων ειδών βάσει του επιμερισμού των πηγών διατροφής (Davidson, 1977) αν και κάτι τέτοιο δεν παρατηρήθηκε στο πεδίο έρευνας της παρούσας μελέτης, αφού δεν βρέθηκαν άλλα συγγενικά είδη του γένους *Messor* στην περιοχή.

Κάτω από φυσικές συνθήκες και άλλοι παράγοντες θα μπορούσαν να γίνουν σημαντικοί και να περιορίζουν τις επιλογές των μυρμηγκιών. Σύμφωνα με την θεωρία της κεντρικής θέσης αναζήτησης τροφής προβλέπεται, ότι κατά τον βέλτιστο τρόπο, οι εργάτριες θα επιλέξουν μεγαλύτερα αντικείμενα τροφής όσο αυξάνεται η απόσταση από το κεντρικό σημείο (είσοδος της φωλιάς) (Orians & Pearson, 1979). Ωστόσο, σε ορισμένα μυρμηγκια-θεριστές αυτή η πρόβλεψη δεν ισχύει, διότι και οι χρόνοι μετακίνησης και χειρισμού της τροφής συσχετίζονται θετικά με το μέγεθος του σπέρματος (Holder Bailey & Polis, 1987; Weier & Feener, 1995; Morehead & Feener, 1998). Αυτό είναι αρκετά σημαντικό για τα μυρμηγκια-θεριστές, καθώς το κόστος του χρόνου φαίνεται να είναι πιο σημαντικό από το ενεργειακό κόστος (Fewell, 1988; Lighton *et al.*, 1993; Weier & Feener, 1995).

Το πείραμα που παρουσιάζεται σε αυτό το κεφάλαιο, δεν μπόρεσε να καταγράψει τυχόν διαφορές στην επιλογή διαφορετικών μεγεθών σπερμάτων από διαφορετικά είδη μυρμηγκιών-θεριστών, καθώς μόνο ένα είδος του γένους υπήρχε στην περιοχή μελέτης. Παρόλα αυτά, σε πειράματα επιλογής με τη συμμετοχή έξι αυτόχθονων ειδών μυρμηγκιών-θεριστών στις ΗΠΑ, τα σπέρματα του μεσαίου μεγέθους ήταν περισσότερο προτιμώμενα από τα μυρμηγκια του γένους *Pogonomyrmex* (Pirk, 2007). Δεν ανιχνεύθηκαν διαφορές μεταξύ των ειδών των μυρμηγκιών σε αυτή την περίπτωση, πιθανώς επειδή το μεγαλύτερο και λιγότερο προτιμώμενο σπέρμα του είδους *Larrea divaricata* ήταν πολύ βαρύ (7,1 mg) και ήταν πέρα από όριο μεγέθους των τριών ειδών. Ωστόσο, σε περιπτώσεις πειραμάτων με συμμετοχή αρκετών ειδών (δηλαδή, πολυειδικά πειράματα προτίμησης διατροφής), πρέπει να ληφθεί μέριμνα, όταν πραγματοποιείται ερμηνεία των αποτελεσμάτων μόνο σε ενεργειακή βάση, αφού σπέρματα διαφορετικών ειδών διαφέρουν σε γνωρίσματα εκτός της ενέργειας περιεχομένου (π.χ., σχήμα, θρεπτικό περιεχόμενο, παρουσία δευτερογενών ενώσεων), τα οποία θα μπορούσαν επίσης να έχουν μία σημαντική επιρροή στην επιλογή τους από τα μυρμηγκια (Carroll & Janzen, 1973; Kelrick *et al.*, 1986; Crist & MacMahon, 1992; Azcárate *et al.*, 2005).

Γεγονός είναι ότι τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης καθώς και παρόμοιων εργασιών σε μυρμηγκια-θεριστές, αναδεικνύουν τον ρόλο των μυρμηγκιών αυτών σε εξαιρετικά σημαντικό για την διαμόρφωση της σύστασης των σπερματικών αποθεμάτων στα μεσογειακά οικοσυστήματα.

Κεφάλαιο 7

Σύνθεση αποτελεσμάτων και συμπεράσματα



Κεφάλαιο 7 – Σύνθεση αποτελεσμάτων και συμπεράσματα

7.1 Σύντομη ανασκόπηση και τελική συζήτηση

7.1.1 Πρότυπα δραστηριότητας

Πολλά είδη μυρμηγκιών έχουν γίνει το επίκεντρο μελετών που αφορούν στην τροφική αναζήτηση και επιλογή σπερμάτων (Rissing, 1987; Johnson, 1991; Baroni Urbani, 1992; Azcárate & Peco, 2007; Solida *et al.*, 2010, 2011). Το *Messor* (υποοικογένεια Myrmicinae, φυλή Pheidolini) είναι ένα μετρίου μεγέθους γένος μυρμηγκιών που τρέφονται κυρίως με σπέρματα και αποτελείται από 113 είδη που έχουν περιγραφεί (Bolton, 2012). Το γένος έχει κατανομή στο Νέο και Παλαιό Κόσμο, συνήθως σε άνυδρες και ημι-άνυδρες περιοχές, λιβάδια και σαβάνες. Πολλά είδη είναι πολυμορφικά, αλλά το γένος περιέχει επίσης μονομορφικά και ασθενώς πολυμορφικά είδη (Diaz, 1992; Detrain & Tasse, 2000; Azcárate *et al.*, 2005, Azcárate & Peco, 2007; Aman *et al.*, 2010).

Στο παρελθόν, έχουν μελετηθεί πολλοί περιβαλλοντικοί παράγοντες που επηρεάζουν αυτές τις συμπεριφορές (Rissing & Wheeler, 1976; Johnson, 1991; Lopez *et al.*, 1993a, 1993b, 1994; Wilby & Shachak, 2000). Στα μυρμηγκία, η ημερήσια και η εποχιακή δραστηριότητα αναζήτησης τροφής κυρίως διαμορφώνεται από την αλληλεπίδραση αβιοτικών και βιοτικών μεταβλητών (Carroll & Janzen, 1973; Cerdá *et al.*, 1998b; Gibb, 2005; Wielgoss *et al.*, 2010). Η θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους και η σχετική υγρασία έχουν αναφερθεί ως οι πιο σχετικές μεταβλητές που επηρεάζουν τα μυρμηγκία στην αναζήτηση της τροφής τους (Hölldobler & Wilson, 1990). Ωστόσο, άλλες αβιοτικές μεταβλητές όπως η ηλιακή ακτινοβολία, οι βροχοπτώσεις, η ένταση του ανέμου, η ατμοσφαιρική πίεση και η ένταση του φωτός μπορούν να επηρεάσουν τη δραστηριότητα ορισμένων ειδών μυρμηγκιών (Briese & Macauley, 1980; Cerdá *et al.*, 1997; Sheata & Kaschef, 1971; Lewis *et al.*, 1974). Η δραστηριότητα αναζήτησης τροφής που καθορίζεται από φυσικές μεταβλητές, διαμορφώνεται από βιοτικές παραμέτρους, όπως ο διαειδικός ανταγωνισμός και η δομή των ενδιαιτημάτων (Gibb, 2005), η παραγωγικότητα των πόρων (Maillieux *et al.*, 2003), το είδος των τροφίμων, τις ανάγκες της αποικίας (Potha *et al.*, 2002) και φυσιολογικούς περιορισμούς, όπως η ανοχή στην θερμότητα (Cerdá *et al.*, 1997).

Στην παρούσα έρευνα, αφού εξετάστηκαν οι μέσες τιμές δραστηριότητας των εξερχομένων εργατριών, τόσο συνολικά όσο και ανά χρονική περίοδο και εποχή, πραγματοποιήθηκε μία ανάλυση ως προς ένα γενικό πρότυπο φαινολογίας για τα μυρμηγκία-θεριστές του είδους *Messor meridionalis*. Ως ήταν αναμενόμενο, τα μυρμηγκία ακολουθούν μία συγκρατημένη δραστηριότητα στις αρχές της άνοιξης και με την πάροδο του χρόνου αυξάνουν (αρχικά απότομα και στη συνέχεια με μικρότερο ρυθμό) τη δραστηριότητά τους, με τις μέγιστες τιμές

να παρατηρούνται κατά τον μήνα Ιούνιο. Σημαντική είναι η μείωση της δραστηριότητάς τους κατά τον Ιούλιο, λόγω δυσμενών πλέον συνθηκών για τα μεσογειακά ενδιαιτήματα (υψηλές θερμοκρασίες, ξηρότητα). Αργότερα, λαμβάνοντας υπόψη και την σημαντική αύξηση της διαθεσιμότητας σπερμάτων από τα φυτά της περιοχής, η δραστηριότητα των μυρμηγκιών επιστρέφει στα ίδια σχεδόν επίπεδα του Ιουνίου και έκτοτε φθίνει με αυξανόμενο ρυθμό. Στο σύνολό του, αυτό το ετήσιο πρότυπο φαινολογίας έχει ονομαστεί πρότυπο σέλλας (saddle type activity) λόγω του σχήματος των γραφημάτων που προκύπτουν. Αναλυτικότερα, μπορούμε να πούμε ότι παρατηρήθηκαν τρία διακριτά πρότυπα ημερήσιας δραστηριότητας ανεξαρτήτως ημερολογιακών μηνών κατά τα οποία κατεγράφησαν. Ένα είναι το πρότυπο κατά το οποίο τα μυρμηγκία δραστηριοποιούνται κατά το μέσο της ημέρας, ένα άλλο καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και τέλος ένα κατά το οποίο δραστηριοποιούνται νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα (και συνήθως κατά τη διάρκεια της νύχτας).

Σε αυτή την μελέτη πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις αβιοτικών παραγόντων σε επίπεδο μικροενδιαιτήματος με στόχο την διερεύνηση πιθανών συσχετισμών των προτύπων δραστηριότητας που κατεγράφησαν με τις τιμές αυτές των παραγόντων. Όπως και σε άλλες μελέτες, αποτυπώθηκε μία σχέση της δραστηριότητας της αποικίας ως σύνολο, με τις τιμές της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας. Αν και πραγματοποιήθηκαν επιπλέον μετρήσεις για τις τιμές του σημείου δρόσου, απορρίφθηκαν από την ανάλυση λόγω της υψηλής συσχέτισης τους με τις παραπάνω αναφερθέντες μεταβλητές. Μία επιπλέον μεταβλητή για την οποία έγιναν καταγραφές ήταν η ένταση του ανέμου. Όπως ήταν αναμενόμενο, σε αυξημένες τιμές της έντασης του ανέμου τα μυρμηγκία-θεριστές μείωναν έως σταματούσαν την δραστηριότητά τους εκτός της φωλιάς, τόσο λόγω μηχανικών περιορισμών όσο και του αυξημένου κινδύνου της αφυδάτωσης στον οργανισμό τους. Γεγονός είναι ότι δεν υπήρξε ένας μοναδικός παράγοντας που μπορούσε να εξηγήσει καλύτερα το καταγεγραμμένο πρότυπο δραστηριότητας αλλά οι συσχετίσεις αβιοτικών παραγόντων κατάφεραν να αποδώσουν μία εξήγηση στο μοντέλο δραστηριότητας των μυρμηγκιών.

Η μετατόπιση της χρονικής περιόδου της βέλτιστης δραστηριότητας σε πολλά ζώα έχει αποτυπωθεί στο παρελθόν και συνήθως συνδυάζεται με περιβαλλοντικούς αλλά και ανταγωνιστικούς παράγοντες. Η αυξομείωση της θερμοκρασίας σε ένα μεσογειακό σύστημα είναι ίσως ο σημαντικότερος καταλυτικός παράγοντας που ερμηνεύει τα πρότυπα δραστηριότητας για πολλά είδη ζώων της περιοχής. Για τα μυρμηγκία φαίνεται ότι το εύρος των τιμών της θερμοκρασίας κατά το οποίο δραστηριοποιούνται είναι μεταξύ 10 και 30°C, με την βέλτιστη τιμή στους περίπου 22°C. Η σχετική υγρασία δεν παρουσιάζει κάποιο ιδιαίτερο ευδιάκριτο εύρος τιμών, μεταξύ των οποίων τα μυρμηγκία φαίνεται να δραστηριοποιούνται είτε με θετικό είτε με αρνητικό ρυθμό, ενώ τέλος η ένταση του ανέμου καταγράφει μία ανώτατη τιμή (περίπου 8m/s) πέρα από την οποία σταματά η όποια δραστηριότητα.

7.1.2 Συσχέτιση μεγέθων μυρμηγκιών-τροφής και επιλογή τροφής

Σχεδόν όλες οι μελέτες της επιλογής σπερμάτων ως προς το μέγεθός τους, αναφέρονται στις τάσεις επιλογής των μυρμηγκιών με απόλυτους όρους. Για παράδειγμα, οι Blate *et al.* (1998) αναφέρουν διάφορες μελέτες στις οποίες οι θηρευτές των σπερμάτων προτίμησαν μεγάλα σπέρματα σε σχέση με εκείνα που προσφέρονταν. Η έρευνα τους όμως βρήκε προτίμηση των θηρευτών για τα *μικρά* σπέρματα σε σχέση με εκείνα που προσφέρονταν. Αυτό ερμηνεύθηκε ως μια αντίφαση. Η θεωρία βέλτιστης αναζήτησης τροφής προβλέπει ότι οι θηρευτές θα επιλέξουν τα σπέρματα, σύμφωνα με την αναλογία της αξίας της τροφής σε σχέση με το χρόνο χειρισμού (Pyke *et al.*, 1977) και τα πρότυπα επιλογής σπερμάτων από τους θηρευτές έχουν αποδειχθεί ότι ακολουθούν αυτό το μοτίβο (Vickery, 1984). Συχνά τα σπέρματα ενός ορισμένου μεγέθους είναι τα βέλτιστα (Davidson, 1977; Pulliam, 1985; Kerley & Erasmus, 1991; Phelan & Baker, 1992) και τα είδη θηρευτών παρόμοιου μεγέθους παρουσιάζουν παρόμοιες προτιμήσεις στις επιλογές τους (Ivan & Swihart, 2000). Παρόλα αυτά, πολλοί συγγραφείς ερμηνεύουν την επιλογή μεγέθους από άλλες μελέτες με απόλυτους όρους (Radtko, 2011), κάτι το οποίο όμως δημιουργεί προβλήματα ερμηνείας.

Αρκετά πολυμορφικά είδη μυρμηγκιών έχουν εξεταστεί για την αντιστοίχιση μεταξύ του μεγέθους των εργατριών και το μέγεθος των στοιχείων της τροφής που συλλέγουν (Rissing, 1981; Waser, 1998; Heredia & Detrain, 2005; Azcárate *et al.*, 2005). Οι προτιμήσεις των μυρμηγκιών έχουν αποδοθεί σε πολλά χαρακτηριστικά των σπερμάτων, όπως η διατροφική τους ποιότητα (Kelrick *et al.*, 1986; Crist & MacMahon, 1992), η συγκέντρωση των δευτερογενών ενώσεων (Carroll & Janzen, 1973; Whitford, 1978; Buckley, 1982), η μορφολογία τους (Pulliam & Brand, 1975; Azcárate *et al.*, 2005) και το μέγεθός τους (Davidson, 1977; Kelrick *et al.*, 1986; Crist & MacMahon, 1992; Willott *et al.*, 2000). Οι προτιμήσεις των διαφόρων ειδών μυρμηγκιών έχουν θετική συσχέτιση με το μέγεθος του σπέρματος (Kelrick *et al.*, 1986; Crist & MacMahon, 1992). Ωστόσο, καθώς αυξάνεται το μέγεθος του σπόρου, προκύπτουν μηχανικοί περιορισμοί μεταξύ των σπερμάτων και των γνάθων των μυρμηγκιών καθώς και κατά την ανύψωση και τη μεταφορά μεγάλων φορτίων (Davidson, 1977; Kaspari, 1996). Επιπλέον, ο χειρισμός και τη μεταφορά μεγαλύτερων φορτίων μπορεί να απαιτήσει περισσότερο χρόνο και ενέργεια (Holder Bailey & Polis, 1987; Morehead & Feener, 1998). Οι εργάτριες μπορούν να μεγιστοποιήσουν την απόδοση της ενέργειας στην αποικία επιλέγοντας να συλλέξουν σπέρματα με μέγεθος που ταιριάζει στο μέγεθος του σώματός τους. Σε διάφορες κοινότητες μυρμηγκιών, έχει παρατηρηθεί μια θετική σχέση μεταξύ του μεγέθους του σώματος των εργατριών και του μεγέθους του φορτίου, όπου τα μικρότερα είδη προτιμούν μικρά σπέρματα και τα μεγαλύτερα είδη προτιμούν μεγάλα σπέρματα (Davidson, 1977) ή μεγαλύτερα είδη μεταφέρουν σπέρματα από ένα ευρύτερο φάσμα μεγέθους, συμπεριλαμβανομένων μεγαλύτερων σπερμάτων (Kaspari, 1996). Αυτή η αντιστοίχιση μεγέθους έχει χρησιμοποιηθεί για να υποστηρίξει την προώθηση της συνύπαρξης των ειδών μέσω της κατάτμησης της διατροφής (Davidson, 1977).

Και στην παρούσα μελέτη καταγράφηκε παρόμοια συσχέτιση μεγεθών των εργατριών και των σπερμάτων τα οποία μετέφεραν. Το είδος *Messor meridionalis* δρώντας βάσει της θεωρίας βέλτιστης αναζήτησης τροφής, εντοπίζει την προσπάθεια τροφοληψίας στην μεταφορά όσο το δυνατόν μεγαλύτερων, περισσότερων και ενεργειακά υψηλής περιεκτικότητας σπερμάτων, με τα οποία τρέφονται οι νέες προνύμφες. Οι παράγοντες εκείνοι που περιορίζουν αυτές τις επιλογές είναι μηχανικοί και χρονικοί. Αναλυτικότερα, τα μυρμηγκία φαίνεται να έχουν ένα ανώτερο 'κατώφλι' πέρα από το οποίο δεν μπορούν να μεταφέρουν ένα σπέρμα πίσω στην φωλιά. Κάτι τέτοιο προφανώς και αμβλύνεται στις περιπτώσεις όπου οι εργάτριες είναι αρκετά μεγάλες ώστε να έχουν την επιλογή στο μέγεθος της λείας τους. Γεγονός παραμένει ότι ακόμη και όταν οι μεγάλες εργάτριες έχουν την επιλογή να διαλέξουν ένα μικρό ή ένα μεγάλο σπέρμα από τον χώρο τροφοληψίας τους, επιλέγουν εκείνο με την μέγιστη απόδοση για την αποικία. Εδώ θα πρέπει βέβαια να αναφέρουμε ότι πολλές φορές έχει παρατηρηθεί η συνέργεια εργατριών με σκοπό την μεταφορά μεγάλων φορτίων καθώς και η διαδοχική μεταφορά φορτίων από μία σειρά εργατριών κατά μήκος ενός μονοπατιού τροφοληψίας. Επιπλέον, ο χρονικός παράγοντας φαίνεται να είναι σημαντικός κατά την επιλογή των εργατριών. Με τον όρο 'χρονικό παράγοντα' μπορούμε να θέσουμε δύο καταλυτικούς μηχανισμούς: τον χρόνο που χρειάζεται μία εργάτρια ώστε να εντοπίσει, να χειριστεί και να μεταφέρει πίσω στην φωλιά ένα σπέρμα αλλά και την χρονική περίοδο κατά την οποία πραγματοποιεί αυτή τη δραστηριότητα.

Όπως είναι αναμενόμενο, οι περισσότερες έρευνες που πραγματεύονται την διατροφική σύσταση των μυρμηγκιών-θηρευτών του γένους *Messor*, επικεντρώνονται στις διάφορες μορφές της φυτικής τροφής που μεταφέρεται (Andersen *et al.*, 2000; Azcárate & Peco, 2006; Kaspari, 1996; Azcárate *et al.*, 2005; Heredia & Detrain, 2005). Παρόλα αυτά, τα μυρμηγκία-θεριστές είναι γνωστό ότι μεταφέρουν και άλλα υλικά πίσω στη φωλιά τους (Fernández Escudero & Tinaut, 1993; Cerdá & Retana, 1994; Solida *et al.*, 2011).

Η παρούσα μελέτη, απέδειξε και κατέγραψε αυτή την γενική παραδοχή και παρουσίασε τα πρώτα αποτελέσματα για την σύσταση των μεταφερόμενων υλικών προς την φωλιά των μυρμηγκιών του είδους *Messor meridionalis*. Γεγονός είναι ότι τα διατροφικά υλικά πλην των σπερμάτων που μεταφέρονταν στην φωλιά ήταν σε πολύ μικρά ποσοστά (9,5% φυτικά υλικά, 3,3% ζωικά). Παρόλα αυτά, σημαντικό πόρισμα της μελέτης ήταν η αποτύπωση των ποσοστών των μεταφερόμενων αδρανών υλικών (χώμα και πέτρες) καθώς και της φαινομενικά κενής δραστηριότητας των εργατριών να επιστρέφουν άπραγες πίσω στην φωλιά (17,8% και 48,7% αντίστοιχα). Τέλος, παρατηρήθηκε η απότομη αλλαγή στη σύσταση του συνόλου των μεταφερόμενων υλικών κατά την περίοδο του φθινοπώρου – πιθανόν λόγω της επικείμενης περιόδου της γαμήλιας πτήσης του είδους. Η παραδοχή αυτή καθώς και τα αποτελέσματα αυτής εδώ της έρευνας, λειτουργούν συμπληρωματικά με την θεωρία βέλτιστης αναζήτησης τροφής καθώς προσδίδουν έναν επιπλέον παράγοντα στην εξίσωση ισορροπίας μεταξύ της

ενέργειας που απαιτείται για την εξεύρεση της τροφής και του ενεργειακού οφέλους για την αποικία.

7.1.3 Τροφική χωροκρατία

Ο Sudd (1959) όρισε την τοποθέτηση διαδρομών από τα μυρμήγκια ως μία δραστηριότητα πεδίου κατά την οποία ένα έντομο σηματοδοτεί μια διαδρομή με τη μυρωδιά ή ίχνη οσμών, έτσι ώστε άλλα έντομα της ίδιας κοινότητας να είναι σε θέση να την ακολουθήσουν. Ο Wilson (1962) αναφέρει ότι, όταν ένα μυρμήγκι ανακαλύπτει μια νέα πηγή τροφής, επιστρέφει στη φωλιά, αφήνοντας μια διαδρομή οσμής. Αυτό κατευθύνει τις συντρόφους της αποικίας στην τροφή και κατά την επιστροφή τους στη φωλιά ενισχύουν το μονοπάτι. Αυτό συνεχίζεται έως ότου η πηγή τροφής εξαντληθεί οπότε όταν οι εργάτριες επιστρέφουν στη φωλιά παύουν να ανανεώνουν το χημικό μονοπάτι. Η υφιστάμενη πτητική φερομόνη διασκορπίζεται τόσο ώστε οι εργάτριες δεν επιστρέφουν στην πηγή. Εντός του γένους *Messor*, τόσο ο αδένας του Dufour όσο και ο δηλητηριώδης αδένας μπορούν να συμμετέχουν σε αυτή τη διαδικασία (Mashaly, 2011).

Τα μονοπάτια των μυρμηγκιών μπορούν να επιμένουν για μήνες έως χρόνια (Rosengren, 1971; Hölldobler, 1974, 1976; Wirth *et al.* 2003), και μπορούν να θεωρηθούν ως μέρος της επικράτειας της αποικίας (Hölldobler & Lumsden, 1980). Σε περιοχές με γρασίδι ή χώμα, οι εργάτριες καθαρίζουν τα εμπόδια και τη βλάστηση από τα μονοπάτια, έτσι ώστε τα μονοπάτια είναι συχνά εμφανή και μπορούν να αναγνωριστούν ακόμα και μετά από βροχοπτώσεις. Σε πολλά είδη, τα μονοπάτια γειτονικών αποικιών δεν διασταυρώνονται ποτέ και ενεργούν ως εδαφικά διαχωριστικά τροφικής εκμετάλλευσης. Μία αποικία μπορεί να έχει πολλά μονοπάτια που εξέρχονται από την είσοδο της φωλιάς, αλλά δεν μπορούν όλα να χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα ή με την ίδια συχνότητα. Τα κεντρικά μονοπάτια μπορεί να επεκτείνονται και τα τερματικά κλαδιά είναι υπόκεινται σε αλλαγή δρομολογίων, ως αποτέλεσμα της διαθεσιμότητας πόρων ή ανταγωνιστικής πίεσης (Hölldobler 1974, 1976; Hölldobler & Möglich, 1980; Lopez *et al.*, 1994).

Με αυτή την μελέτη πραγματοποιήθηκε η καταγραφή και αποτύπωση των επισκέψεων των εργατριών σε προεγκατεστημένους σταθμούς τροφοληψίας ώστε να διερευνηθούν οι προτιμήσεις τους στην επισκεψιμότητα αυτών των σταθμών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι εργάτριες προτιμούσαν τους κοντινούς σταθμούς τροφοληψίας, καθ' όλη την περίοδο δραστηριότητάς τους, χωρίς να δείχνουν όμως ιδιαίτερη προτίμηση σε κάποιους σταθμούς με γνώμονα την γεωγραφική τους κατεύθυνση. Παρατηρήθηκε ότι τα μονοπάτια που δημιούργησαν, διατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια της τροφοληψίας τους αν και τροποποιούνταν εύκολα βάσει της διαθεσιμότητας των σπερμάτων στους σταθμούς επισκέψεών τους.

7.2 Σύνθεση αποτελεσμάτων - Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη προσπάθησε να καταγράψει και να διερευνήσει ορισμένες από τις πολύπλοκες διεργασίες που συντελούνται κατά την περίοδο δραστηριότητας των μυρμηγκιών του γένους *Messor* σε ένα τυπικό μεσογειακό οικοσύστημα. Αυτή τους η δραστηριότητα είναι γνωστό ότι στο μεγαλύτερό της βαθμό σχετίζεται με την εξεύρεση, μεταφορά και κατανάλωση τροφής.

Τα σημεία που θα μπορούσαμε να επικεντρώσουμε την προσοχή μας και αποτελούν ίσως και τα σημαντικά συμπεράσματα αυτής της εργασίας, είναι:

- ❖ Τα μυρμηγκία έχουν διακριτές περιόδους δραστηριότητας κατά την αρχή της άνοιξης (περίοδος προετοιμασίας του πεδίου τροφοληψίας), μετέπειτα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (κύρια περίοδος τροφοληπτικής δραστηριότητας) και τέλος κατά το φθινόπωρο (περίοδος προετοιμασίας για τον επερχόμενο χειμώνα).
- ❖ Και εντός της ημέρας παρατηρήθηκαν διαφορετικά πρότυπα δραστηριότητας που συνδυάζονται με την εναλλαγή εξωγενών (ως προς την αποικία) παραγόντων.
- ❖ Τα πρότυπα δραστηριότητάς τους βασίζονται κυρίως σε αβιοτικούς παράγοντες (κλιματικές συνθήκες) και κυρίως στην θερμοκρασία του αέρα, την σχέση της με την σχετική υγρασία και την ένταση του ανέμου.
- ❖ Ηλικιακά παρόμοιες φωλιές, στον ίδιο χώρο και μεταξύ των ετών παρουσιάζουν παρόμοια πρότυπα δραστηριότητας.
- ❖ Τα μυρμηγκία διατηρούν μία σταθερή ροή τροφοληψίας, εφόσον οι συνθήκες το επιτρέπουν και κατά την διάρκεια της νύχτας.
- ❖ Η επιλογή τους στο είδος σπερμάτων, όταν αυτά τους παρέχονται, ακολουθεί ένα πρότυπο που συνάδει με την θεωρία βέλτιστης αναζήτησης τροφής: η επιλογή των σπερμάτων πραγματοποιείται με τη σειρά μέγιστου ενεργειακού οφέλους για την αποικία.
- ❖ Η σύσταση της μεταφερόμενης τροφής προς την αποικία μεταβάλλεται εντός της περιόδου δραστηριότητας των μυρμηγκιών και περιλαμβάνει επίσης – εκτός φυτικής προέλευσης υλικών (π.χ. σπέρματα, καρπούς, φύλλα, κλπ) – και ζωικής προέλευσης υλικά (κυρίως τμήματα νεκρών εντόμων).
- ❖ Ένα μεγάλο ποσοστό εργατριών που επιστρέφει στην φωλιά δεν μεταφέρει τίποτα, ζήτημα το οποίο έρχεται σε αντίθεση με την θεωρία βέλτιστης αναζήτησης τροφής.
- ❖ Η τροφοληπτική δραστηριότητα των μυρμηγκιών τροποποιείται απότομα την εποχή της γαμήλιας πτήσης των γενετικά ώριμων μελών της αποικίας και σηματοδοτεί την λήξη της τροφοληπτικής περιόδου.
- ❖ Σε γενικές γραμμές, τα μικρά μυρμηγκία μεταφέρουν μικρά φορτία ενώ τα μεγάλα μυρμηγκία μεταφέρουν μεγάλα φορτία αν και υπάρχει μεγαλύτερο εύρος στο μέγεθος

φορτίων για τα μεγάλα μυρμηγκία. Κατά πάσα πιθανότητα, το μέγεθος αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την διαχείριση φορτίων μόνο στα μικρότερα μυρμηγκία.

7.3 Τελικές σκέψεις – Προσωπικά σχόλια

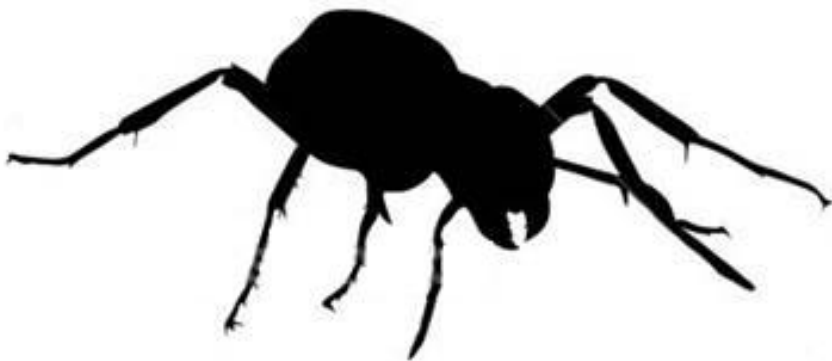
Η έρευνα αυτή προσπάθησε να ρίξει λίγο φως στην πολύπλοκη δομή των κοινωνιών των μυρμηγκιών και ορισμένα από τα επιμέρους στοιχεία που σχετίζονται με την τροφοληπτική τους δραστηριότητα. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να θεωρηθεί ότι εξαντλεί το θέμα αφού η πολυσύνθετη συμπεριφορά των μυρμηγκιών δεν επιτρέπει την καθολική τους μελέτη συνυπολογίζοντας όλους εκείνους τους παράγοντες που πιθανόν να σχετίζονται με τα παρατηρούμενα πρότυπα. Αποτυπώνοντάς το πιο 'ελαφρά'...: δεν είναι εκείνοι οι παράγοντες που μπορούμε να σκεφτούμε αλλά δεν μπορούμε να μετρήσουμε που καθιστούν ένα τέτοιο άθλο απαιτητικό αλλά εκείνοι οι οποίοι μας διαφεύγουν...!

Αν και η ανάγκη καταγραφής αυτών των στοιχείων για τα μυρμηγκία σε ένα τυπικό μεσογειακό οικοσύστημα ήταν (και είναι...) μεγάλη, συνειδητοποίησα το σημαντικό κενό στην πρωτογενή μελέτη, αποτύπωση και καταγραφή των ειδών των μυρμηγκιών στο σύνολό τους για τον ελλαδικό χώρο. Ελπίζω ότι με τη συμβολή συναδέλφων, τόσο εγχώριων όσο και από το εξωτερικό, θα καταφέρουμε κάποια στιγμή στο σύντομο μέλλον να αποκτήσουμε τον μυρμηγκολογικό χάρτη της Ελλάδας – έναν στόχο που με όλες μου τις δυνάμεις θα προσπαθήσω να ολοκληρώσω στα χρόνια που έρχονται.

Ως συγγραφέας, μπορώ να υποστηρίξω ότι η έρευνα αυτή με οδήγησε σε ένα μονοπάτι γνώσης γύρω από την συμπεριφορά αυτών των – ομολογουμένως – θαυμάσιων εντόμων και να περάσω πολλές ώρες μαζί τους στο πεδίο κάτω από (αρκετές φορές) δύσκολες συνθήκες. Ελπίζω η παρατήρησή μου αυτή, να 'ξέφτισε' επάνω μου λίγο από τον εκπληκτικά οργανωμένο τρόπο λειτουργίας αυτών των ζώων...

Κεφάλαιο 8

Βιβλιογραφία



Βιβλιογραφία

- Adams ES & Traniello JFA (1981) Chemical interference competition by *Monomorium minimum* (Hymenoptera: Formicidae). *Oecologia*. **51**:265-270
- Adler FR & Gordon DM (2003) Optimization, conflict, and nonoverlapping foraging ranges in ants. *American Naturalist* **162**: 529-543
- Agosti D & Collingwood CA (1987a) A provisional list of the Balkan ants (Hym. Formicidae) and a key to the worker caste. I. Synonymic list. *Mitt. Schweiz. Entomol. Ges.* **60**:51-62
- Agosti D & Collingwood CA (1987b) A provisional list of the Balkan ants (Hym. Formicidae) with a key to the worker caste. II. Key to the worker caste, including the European species without the Iberian. *Mitt. Schweiz. Entomol. Ges.* **60**:261-293
- Aktaş N, Çamlıtepe Y & Dane F (1990) Hasatçı karıncalar (*Messor oertzeni*, *M. semirufus*, Hymenoptera, Formicidae) in yuva yapıları ve tohum depoları üzerine ön araştırma. X. Ulusal Biyoloji Kongresi, *Zooloji Bildirileri*, Cilt : **4**, 183-192. 18-20 Temmuz 1990, Erzurum.
- Andersen A, Azcárate FM & Cowie ID (2000) Seed selection by an exceptionally rich community of harvester ants in the Australian seasonal tropics. *J. Anim. Ecol.* **69**: 975-984
- Andersen AN & Ashton DH (1985) Rates of seed removal by ants at heath and woodland sites in southeastern Australia. *Aust. J. Ecol.* **10**:381-390
- Andersen AN (1987) Effects of seed predation by ants on seedling densities at a woodland site in SE Australia. *Oikos* **48**:171-174
- Andrew MH (1986) Granivory of the annual grass *Sorghum intrans* by the harvester ant *Meranoplus* sp. in tropical Australia. *Biotropica*. **18**: 344-349
- Arnan X, Retana J, Rodrigo A & Cerdá X (2010) Foraging behaviour of harvesting ants determines seed removal and dispersal. *Insect. Soc.* **57**:421-430
- Ashton DH (1979) Seed harvesting by ants in forests of *Eucalyptus regnans* F. Muell. in central Victoria Effect on natural regeneration. *Aust. J. Ecol.* **4**:265-277
- Atanassov N & Dlussky GM (1992) Fauna of Bulgaria. Hymenoptera, Formicidae. [In Bulgarian]. *Fauna Bulg.* **22**:1-310
- Azcárate FM & Peco B (2006) Effects of seed predation by ants on Mediterranean grassland related to seed size. *J. Veg. Sci.* **17**:353-360
- Azcárate FM, Arqueros L, Sánchez AM & Peco B (2005) Seed and fruit selection by harvester ants, *Messor barbarus*, in Mediterranean grassland and scrubland. *Funct. Ecol.* **19**:273-283
- Azcárate FM, Kovacs E & Peco B (2007) Microclimatic conditions regulate surface activity in harvester ants *Messor barbarus*. *J. Insect Behav.* **20**:315-329
- Azcárate MF & Peco B (2007) Harvester ants (*Messor barbarus*) as disturbance agents in Mediterranean grasslands. *J. Veg. Sci.* **18**:103-110
- Bailey IW (1922) The anatomy of certain plants from the Belgian Congo, with special reference to myrmecophytism. *Bulletin of the American Museum of Natural History* **45**: 585-621
- Barber JT (1978) *Capsella bursa-pastoris* seeds: Are they "carnivorous"? *Carnivorous Plant Newsletter* **7(2)**: 39-42
- Baroni-Urbani C & Nielsen MG (1990) Energetics and foraging behaviour of the European seed-harvesting ant, *Messor capitatus* II. Do ants optimize their harvesting? *Physiol. Entomol.* **15**: 449-461
- Baroni-Urbani C (1987) Comparative feeding strategies in two harvesting ants. In: *Chemistry and biology of social insects* (J Eder & H Rembold, eds.). Munich, Peperny 509-510

- Baroni-Urbani C (1992) Factors affecting seed preference among old world harvester ants of the genus *Messor*. *Ethol. Ecol. Evol.* **2**:73-80
- Belt T (1874) *The naturalist in Nicaragua*. J. Murray, Dent, London
- Bernáldez FG, Morey M & Velasco F (1969) Influences of *Quercus ilex* on the herb layer at El Pardo woodland. *Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat.* **67**: 265–284
- Bernard F (1968) *Les fourmis (Hymenoptera Formicidae) d'Europe occidentale et septentrionale (Faune de l'Europe et du Bassin Méditerranéen, no.3)*. Masson et Cie, Paris. 411 pp.
- Bernstein RA (1979) Schedules of foraging activity in species of ants. *J. Anim. Ecol.* **48**: 921-930
- Bharti H, Sharma YP & Kaur A (2009) Seasonal patterns of ants (Hymenoptera: Formicidae) in Punjab Shivalik. *Halteres* **1(1)**: 36-47
- Blate GM, Peart DR & Leighton M (1998) Postdispersal predation on isolated seeds: a comparative study of 40 tree species in a Southeast Asian rainforest. *Oikos* **82**: 522-538
- Bolton B (1990) Army ants reassessed: the phylogeny and classification of the doryline section. *Journal of the Natural History.* **24**: 1339-1364
- Bolton B (1994) *Identification guide to the ant genera in the World*. Harvard University Press, Cambridge-London. 222 pp.
- Bolton B (1995) *A new general catalogue of the ants of the world*. Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Bolton B (2012) Bolton's catalogue and synopsis. Ver. 1.1.2012 (gap.entclub.org – retrieved: 12.VI.2013)
- Boulay R, Carro F, Soriguer RC & Cerdá X (2009) Small-scale indirect effects determine the outcome of a tripartite plant-disperser-granivore interaction. *Oecologia* **161**: 529-537
- Bray JR & Curtis JT (1957) An ordination of upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* **27**: 325-349
- Brian MV (1965) *Social insect populations*. Academic Press, London
- Briese DT & Macauley BJ (1980) Temporal structure of an ant community in semi-arid Australia. *Aust. J. Ecol.* **5**:121-134
- Briese DT & Macauley BJ (1981) Food collection within an ant community in semi-arid Australia, with special reference to seed harvesters. *Aust. J. Ecol.* **6**:1-19
- Briese DT (1982) Relationship between the seed-harvesting ants and the plant community in a semi-arid environment. In: *Ant-Plant Interactions in Australia* (RC Buckley, ed.), Junk, The Hague. pp 11–24
- Brown JH & Davidson DW (1977) Competition between seed-eating rodents and ants in desert ecosystems. *Science* **196**: 880-882
- Brown JH, Davidson DW & Reichman OJ (1979a) An experimental study of competition between seed-eating desert rodents and ants. *Am. Zool.* **19**:1129-1143
- Brown JH, Grover JJ, Davidson DW & Lieberman GA (1975) A preliminary study of seed predation in desert and montane habitats. *Ecology* **56**:987-992
- Brown JH, Reichman OJ & Davidson DW (1979b) Granivory in desert ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **10**: 201-227
- Buckley RC (1982) A world bibliography of ant-plant interactions. In: *Geobotany* (RC Buckley, ed), Dr. W Junk Publishers, The Hague. x + 162 p., pp 143-162
- Buckley SB (1861) Note on ants in Texas. *Proc. Acad. Nat. Sci. Phila.* **13**: 9-10
- Campbell MH (1982) Restricting losses of aerially sown seeds due to seed-harvesting ants. In: *Ant-Plant Interactions in Australia* (RC Buckley, ed.), pp. 25–30. W. Junk, Dordrecht, the Netherlands.

- Carrillo-Gavilán MA, Lalagüe H & Vilà M (2010) Comparing seed removal of 16 pine species differing in invasiveness. *Biol. Invasions* **12**: 2233-2242
- Carroll CR & Janzen DH (1973) Ecology of foraging by ants. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **4**: 231-257
- Cartar RV & Dill LM (1990) Why are bumble bees risk sensitive foragers? *Behav. Ecol. Sociobiol.* **26**: 121-127
- Cassill DL & Tschinkel WR (1995) Allocation of liquid food to larvae via trophallaxis in colonies of the fire ant, *Solenopsis invicta*. *Animal Behaviour* **50**: 801-813
- Cerdá X & Retana J (1994) Food exploitation patterns of two sympatric seed harvesting ants *Messor bouvieri* (Bond) and *Messor capitatus* (Latr) (Hym., Formicidae) from Spain. *J. Appl. Entomol.* **117**: 268-277
- Cerdá X, Bosch J, Alsina A & Retana J (1988) Dietary spectrum and activity patterns of *Aphaenogaster senilis* (Hymenoptera: Formicidae). *Ann. Soc. Ent. Fr.* **24**: 69-75
- Cerdá X, Retana J & Cros S (1997) Thermal disruption of transitive hierarchies in Mediterranean ant communities. *Journal of Animal Ecology*. **66**(3): 363-374
- Cerdá X, Retana J & Cros S (1998a) Critical thermal limits in Mediterranean ant species: trade-off between mortality risk and foraging performance. *Funct. Ecol.* **12**: 45-55
- Cerdá X, Retana J & Manzaneda A (1998b) The role of competition by dominants and temperature in the foraging of subordinate species in Mediterranean ant communities. *Oecologia*. **117**(3): 404-412
- Chew RM & De Vita J (1980) Foraging characteristics of a desert ant assemblage: functional morphology and species separation. *J. Arid Environ.* **3**: 75-83
- Clarke KR (1993) Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* **18**: 117-143
- Cole AC Jr. (1968) *Pogonomyrmex harvester* ants. A study of the genus in North America. University of Tennessee Press, Knoxville, Tenn.
- Cole BJ (1983) Assembly of mangrove ant communities: patterns of geographical distribution. *J. Anim. Ecol.* **52**: 339-347
- Cole BJ, Smith AA, Huber ZJ, Wiernasz DC (2010) The structure of foraging activity in colonies of the harvester ant, *Pogonomyrmex occidentalis*. *Behavioral Ecology* **21**: 337-342
- Collett M, Collett TS, Bisch S & Wehner R (1998) Local and global vectors in desert ant navigation. *Nature* **394**: 269-272
- Crist TO & MacMahon JA (1992) Harvester ant foraging and shrub-steppe seeds: interactions of seed resources and seed use. *Ecology* **73**: 1768-1779
- Crist TO & Wiens JA (1994) Scale effects of vegetation on forager movement and seed harvesting by ants. *Oikos* **69**: 37-46
- Dahbi A, Cerdá X, Hefetz A & Lenoir A (1996) Social closure, aggressive behavior, and cuticular hydrocarbon profiles in the polydomous ant *Cataglyphis iberica* (Hymenoptera, Formicidae). *J. Chem. Ecol.* **22**: 2173-2186
- Davidson DW & Morton SR (1981) Competition for dispersal in ant-dispersed plants. *Science* **213**: 1259-1261
- Davidson DW (1977) Foraging ecology and community organization in desert seed-eating ants. *Ecology* **58**: 725-737
- Davidson DW (1978a) Experimental tests of the optimal diet in two social insects. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **4**: 35-41
- Davidson DW (1978b) Size variability in the worker caste of a social insect (*Veromessor pergandei* Mayr) as a function of the competitive environment. *Am. Nat.* **112**: 523-532
- Davidson DW (1982) Sexual selection in harvester ants (Hymenoptera: Formicidae: *Pogonomyrmex*). *Behav. Ecol. Sociobiol.* **10**: 245-250

Βιβλιογραφία

- Davidson DW (1988) Ecological studies of neotropical ant gardens. *Ecology* **69**:1138-1152
- Davidson DW, Brown JH & Inouye RS (1980) Competition and the structure of granivore communities. *BioScience* **30**: 233-238
- Davidson DW, Inouye RS & Brown JH (1984) Granivory in a desert ecosystem: experimental evidence for indirect facilitation of ants by rodents. *Ecology* **65**:1780-1786
- Davis PH (1965-1988) *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vols. 1-10. University Press. Edinburgh.
- De Pablo CL, Peco B, Galiano EF, Nicolás JP & Pineda FD (1982) Space-time variability in Mediterranean pastures analyzed with diversity parameters. *Vegetatio* **50**: 113-125
- De Vita J (1979) Mechanisms of interference and foraging among colonies of the harvester ant *Pogonomyrmex californicus* in the Mojave Desert. *Ecology* **60**:729-737
- Dean WRJ, Milton SJ & Klotz S (1997) The role of ant nestmounds in maintaining small-scale patchiness in dry grasslands in Central Germany. *Biodivers. Conserv.* **6**: 1293-1307
- Debout G, Schatz B, Elias M & Mckey D (2007) Polydomy in ants: what we know, what we think we know, and what remains to be done. *Biol. J. Linn. Soc.* **90**: 319-348
- Dejean A, Schatz B, Orivel J, Beugnon G, Lachaud JP & Corbara B (1999) Feeding preferences in African ponerine ants: a cafeteria experiment (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* **34**: 555-568
- Délye G (1971) Observations sur le nid et le comportement constructeur de *Messor arenarius* (Hyménoptères Formicidae). *Insectes Sociaux*, **18(1)**: 15-20
- Detrain C & Pasteels J (2000) Seed preferences of the harvester ant *Messor barbarus* in a Mediterranean mosaic grassland. *Sociobiology* **35**: 35-48
- Detrain C & Tasse O (2000) Seed drops and caches by the harvester ant *Messor barbarus*: do they contribute to seed dispersal in Mediterranean grasslands? *Naturwissenschaften* **87**: 373-376
- Detrain C, Tasse O, Versaen M & Pasteels J (2000) A field assessment of optimal foraging in ants: trail patterns and seed retrieval by the European harvester ant *Messor barbarus*. *Insect. Soc.* **47**:56-62
- Detrain C, Versaen M & Pasteels JM (1996) Récolte de graines et dynamique du réseau de pistes chez la fourmi *Messor barbarus*. *Actes Coll. Insectes Soc.* **10**: 157-160
- Díaz M (1991) Spatial patterns of granivorous ant nest abundance and nest site selection in agricultural landscapes of Central Spain. *Insectes Soc.* **38**: 351-363
- Díaz M (1992) Spatial and temporal patterns of granivorous ant seed predation in patchy cereal crop areas of central Spain. *Oecologia* **91**: 561-568
- Emery C (1922) Hymenoptera, fam. Formicidae, subfam. Myrmicinae. In: *Genera Insectorum*, (P Wytzman, ed.), no. 174. Louis Desmet-Verteneuil, Brussels. 397 pp.
- Feener DH, Lighton JRB (1991) Is foraging in the desert ant, *Messor pergandei* (Hymenoptera, Formicidae), limited by water. *Ecol. Entomol.* **16**:183-191
- Fernández Escudero I & Tinaut A (1993) Alimentación no granivora en *Messor bouvieri* Bondroit, 1918 y *Messor barbarus* L., 1767 (Hymenoptera: Formicidae). *Bol. Asoc. Esp. Entomol.* **17**:247-254
- Ferster B & Traniello JFA (1995) Polymorphism and foraging behavior in *Pogonomyrmex badius*: worker size, foraging distance and load associations. *Environ. Entomol.* **24**: 673-678
- Fewell JH (1988) Energetic and time costs of foraging in the harvester ants *Pogonomyrmex occidentalis*. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **22**: 401-408
- Fewell JH, Harrison JF, Lighton JR & Breed MD (1996) Foraging energetics of the ant *Paraponera clavata*. *Oecologia* **105**: 419-427

- Forel A (1890) Fourmis de Tunisie et de l'Algérie orientale. *Ann. Soc. Entomol. Belg.* 34:lx-lxxvi
- Francke OF & Cokendolpher JC (1986) Temperature tolerances of the red imported fire ant. In: CS Lofgren & RK Vander Meer (ed) Westview Press, Boulder, CO, pp 104-113
- Georgiadis C & Legakis A (2005) Preliminary experiments on the foraging activity of *Messor* ants from Greece. [abstract]. In: VE Kipyatkov (ed) International Union for the Study of Social Insects, Russian Language Section, St. Petersburg State University, St. Petersburg, 202 p., pp 83
- Gibb H (2005) The effect of a dominant ant, *Iridomyrmex purpureus*, on resource use by ant assemblages depends on microhabitat and resource type. *Austral Ecology* **30**(8): 856-867
- Gómez JM (1991) *El libro de las dehesas salmantinas. Consejería M. Ambiente y ordenación del territorio.* Junta de Castilla-León. Salamanca.
- González Bernáldez F & Peco B (1991) *La dehesa de Colmenar.* Ayto. Colmenar Viejo. Madrid.
- González Bernáldez F & Pineda FD (1980) Bases para la tipificación integral de los pastizales de dehesa. *Pastos* **10**: 20-45
- Gordon DM & Kulig AW (1996) Founding, foraging, and fighting: colony size and the spatial distribution of harvester ant nests. *Ecology* **77**: 2393-2409
- Gordon DM (1991) Behavioral flexibility and the foraging ecology of seed-eating ants. *Am. Nat.* **138**: 379-411
- Gordon DM (1992) How colony growth affects forager intrusion between neighboring harvester ant colonies. *Behavioral Ecology and Sociobiology* **31**: 417-427
- Gordon DM (1993) The spatial scale of seed collection by harvester ants. *Oecologia* **95**: 479-487
- Gordon DM, Dektar KN, Pinter-Wollman N (2013) Harvester ant colony variation in foraging activity and response to humidity. *PLoS ONE* **8**(5): e63363. doi:10.1371/journal.pone.0063363
- Gordon DM, Guetz A, Greene MJ & Holmes S (2011) Colony variation in the collective regulation of foraging by harvester ants. *Behavioral Ecology* **22**(2): 429-435
- Goss S, Deneubourg JL, Pasteels JM & Josens G (1989) A model of noncooperative foraging in social insects. *Am. Nat.* **134**: 273-287
- Gotelli NJ (1996) Ant community structure: Effects of predatory ant lions. *Ecology* **77**: 630-638
- Gould W (1747) *An account of English ants.* A. Millar, London. Xv +109 pp.
- Greenslade PJM (1972) Comparative ecology of four tropical ant species. *Insect. Soc.* **19**:195-212
- Hahn M & Maschwitz U (1985) Foraging strategies and recruitment behaviour in the European harvester ant *Messor rufitarsis* (F.). *Oecologia* **68**(1): 45-51
- Hammer Ø, Harper DAT & Ryan PD (2001) PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* **4**(1): 9pp.
- Hansen SR (1978) Resource utilization and coexistence of three species of *Pogonomyrmex* ants in an Upper Sonoran grassland community. *Oecologia* **35**:109-117
- Harder LD (1990) Behavioral responses by bumble bees to variation in pollen availability. *Oecologia* **85**: 41-47
- Harkness RD & Isham V (1988) Relations between nests of *Messor wasmanni* in Greece. *Ins Soc* **35**:1-18
- Harkness RD & Maroudas NG (1994). "Lost" behaviour of a harvesting ant (*Messor wasmanni*) in Greece. In: *Les Insectes Sociaux.* Lenoir A, Arnold G & Lepage M (eds.). 12th Congress of the International Union for the Study of Social Insects, Paris, Sorbonne, 21-27 August 1994 , p.364
- Harkness RD & Wehner R (1977) *Cataglyphis.* *Endeavour, n.s.* **1**:115-121

Βιβλιογραφία

- Harrison JM & Breed MD (1987) Temporal learning in the giant tropical ant, *Paraponera clavata*. *Physiol. Entomol.* **12**: 317-320
- Henderson, CR (1984). ANOVA, MIVQUE, REML, and ML Algorithms for Estimation of Variances and Covariances. In: David HA & David HT, *Statistics: An Appraisal*. Iowa State University. pp. 257–280
- Hensen I (2002) Seed predation by ants in south-eastern Spain (Desierto de Tabernas, Almería). *An. Biol.* **24**: 89-96
- Heredia A & Detrain C (2000) Worker size polymorphism and ethological role of abdominal exocrine glands in the harvester ant *Messor barbarus*. *Insect. Soc.* **47**: 383-389
- Heredia A & Detrain C (2005) Influence of seed size and seed nature on recruitment in the polymorphic harvester ant *Messor barbarus*. *Behav. Process.* **70**: 289-300
- Hocking B (1975) Ant-plant mutualism: evolution and energy. pp. 78-90. In: *Coevolution of Animals and Plants* (LE Gilbert & PH Raven, eds). Univ. of Texas Press, Austin, Texas.
- Hodgson ES (1955) An ecological study of the behavior of the leaf-cutting ant *Atta cephalotes*. *Ecology* **36**: 293-304
- Holder Bailey K & Polis GA (1987) Optimal and central-place foraging theory applied to the desert harvester ant, *Pogonomyrmex californicus*. *Oecologia* **72**: 440-448
- Hölldobler B & Lumsden C (1980) Territorial strategies in ants. *Science* **210**: 732-739
- Hölldobler B & Möglich M (1980) The foraging system of *Pheidole militica* (Hymenoptera: Formicidae). *Insect. Soc.* **27**: 237-264
- Hölldobler B & Taylor RW (1983) A behavioral study of the primitive ant *Nothomyrmecia macrops* Clark. *Insect. Soc.* **30**: 384-401
- Hölldobler B & Wilson EO (1970) Recruitment trails in the harvester ant *Pogonomyrmex badius*. *Psyche* **77**: 385-399
- Hölldobler B & Wilson EO (1990) *The ants*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass, 732pp.
- Hölldobler B & Wilson EO (2008) *The Superorganism: The Beauty, Elegance, and Strangeness of Insect Societies*. W.W. Norton, 576 pp.
- Hölldobler B (1971) Homing in the harvester ant *Pogonomyrmex badius*. *Science* **171**: 1149-1151
- Hölldobler B (1974) Home range orientation and territoriality in harvesting ants. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **71**: 3274-3277
- Hölldobler B (1976) Recruitment behavior, home range orientation and territoriality in harvester ants, *Pogonomyrmex*. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **1**: 3-44
- Huber P (1810) *Recherches sur les mœurs dees fourmis indigenes*. JJ Paschoud, Paris. xiii +328 pp.
- Hughes WOH, Oldroyd BP, Beekman M & Ratnieks FLW (2008). Ancestral monogamy shows kin selection is key to the evolution of eusociality. *Science* **320**: 1213-1216
- Hunt JH (1974) Temporal activity patterns in two competing ant species (Hymenoptera: Formicidae). *Psyche* **81**: 237-242
- Imbert E (2006) Dispersal by ants in *Centaurea corymbosa* (Asteraceae): What is the elaiosome for? *Plant Species Biol.* **21**: 109-117
- Ivan JS & Swihart RK (2000) Selection of mast by granivorous rodents of the central hardwood forest region. *Journal of Mammalogy* **81**: 549-562
- Jerdon TC (1854) A catalogue of the species of ants found in Southern India. *Annals and Magazine of Natural History*, ser. **2**, **13**: 45-56, 100-110
- Johnson RA (1991) Learning, memory, and foraging efficiency in two species of desert seed-harvester ants. *Ecology* **72**: 1408-1419

- Jolivet P (1996) *Ants and Plants*, Blackhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. 303 pp.
- Kacelnik A (1993) Leaf-cutting ants tease optimal foraging theorists. *Tree* **8**: 346-348
- Kaspari M (1993) Body size and microclimate use in Neotropical granivorous ants. *Oecologia* **96**: 500-507
- Kaspari M (1996) Worker size and seed size selection by harvester ants in a neotropical forest. *Oecologia* **105**: 397-404
- Keeler K (1981) A model of selection for facultative nonsymbiotic mutualism. *Am Nat* **118**: 488-498
- Keeler KH (1978) Insects feeding at the extrafloral nectaries of *Ipomoea carnea* (Convolvulaceae). *Entomological News* **89**: 163-168
- Keeler KH (1979) Distribution of plants with extrafloral nectaries and ants at two elevations in Jamaica. *Biotropica* **11**: 152-154
- Keeler KH (1980) Distribution of species with extrafloral nectaries in temperate ecosystems. *Am. Midland Nat.* **104**: 274-280
- Kelrick MI, MacMahon JA, Parmenter RR & Sisson DV (1986) Native seed preferences of shrub-steppe rodents, birds and ants: the relationships of seed attributes and seed use. *Oecologia* **68**: 327-337
- Kempf WW (1972) A study of some Neotropical ants of genus *Pheidole* Westwood. I. (Hymenoptera: Formicidae). *Stud. Entomol.* **15**: 449-464
- Kerley GIH & Erasmus T (1991) What do mice select for in seeds? *Oecologia* **86**: 261-267
- Kipyatkov VE & Lopatina EB (2007) Seasonal cycles and strategies in ants: Structure, diversity and adaptive traits [In Russian with English summary]. In: AA Stekolnikov (ed) *Transactions of Biological Research Institute*, St. Petersburg University, St. Petersburg University Press, St. Petersburg, pp 107-192
- Klotz JH (1984) Diel differences in foraging in two ant species (Hymenoptera: Formicidae). *J. Kansas Entomol. Soc.* **57**: 111-118
- Kolmogorov A (1933) Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. *G. Ist. Ital. Attuari* **4**: 83
- Krebs JR & Davies NB (1992) *Behavioural Ecology: an Evolutionary Approach* (3rd Ed). Blackwell Scientific publications, Oxford, 482 pp.
- Kugler C (1984) Ecology of the ant *Pogonomyrmex mayri*: foraging and competition. *Biotropica* **16**: 227-234
- Latreille PA (1802) *Histoire naturelle des fourmis, et recueil de mémoires et d'observations sur les abeilles, les araignées, les faucheurs, et autres insectes*. De l'impr. de Crapelet (chez T. Barrois), Paris xvi +445 pp.
- Legakis A (2011) Annotated list of the ants (Hymenoptera: Formicidae) of Greece. *Hellenic Zoological Archives*, **7**: 1-55
- Legakis A (1983) Contribution to the zoogeography of ants (Hymenoptera, Formicidae) in the greek islands. *Biol. gallo-hellen.* **10**: 253-257
- Legakis A (1984a) The Zoological Museum of the University of Athens 1. Historical notes. *Biol. gallo-hellen.* **11(1)**: 79-83
- Legakis A (1984b) The Zoological Museum of the University of Athens 2. The collection of ants from Greece. *Biol. gallo-hellen.* **11(1)**: 85-87
- Legge ELG, Spetch ML & Cheng K (2010) Not using the obvious: desert ants, *Melophorus bagoti*, learn local vectors but not beacons in an arena. *Anim. Cogn.* **13**: 849-860
- Lengyel S., Gove AD., Latimer AM., Majer JD & Dunn RR (2010) Convergent evolution of seed dispersal by ants, and phylogeny and biogeography in flowering plants: A global survey. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, **12(1)**: 43-55
- Leonard JG & Herbers JM (1986) Foraging tempo in two woodland ant species. *Anim. Behav.* **34**: 1172-1181

Βιβλιογραφία

- Lévieux J & Diomande T (1978) La nutrition des fourmis granivores, I: Cycle d' activité et régime alimentaire de *Messor galla* et de *Messor* (= *Cratomyrmex*) *regalis* (Hymenoptera, Formicidae). *Insectes Sociaux*, **25(2)**: 127-139
- Lévieux J (1979) La nutrition des fourmis granivore, IV: Cycle d' activité et régime alimentaire de *Messor galla* et de *Messor* (= *Cratomyrmex*) *regalis* en saison des pluies fluctuations annuelles: discussion. *Insectes Sociaux*, **26(4)**: 279-294
- Lewis T, Pollard GV & Dibley GC (1974) Micro-environmental factors affecting diel patterns of foraging in the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (L.) (Formicidae: Attini). *J. Anim. Ecol.* **43**:143-153
- Lighton JRB & Bartholomew GA (1988) Standard energy metabolism of a desert harvester ant, *Pogonomyrmex rugosus*: effects of temperature, body mass, group size, and humidity. *Proc. Nat. Acad. Sc. USA* **85(1988)**: 4765-4769
- Lighton JRB, Weier JA & Feener DH Jr. (1993) Energetic of locomotion and load carriage in the desert harvester ant *Pogonomyrmex rugosus*. *J Exp Biol.* **181**: 49-61
- Lilliefors H (1967) On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. *Journal of the American Statistical Association*, **62**: 399-402
- Lincecum G (1862) Notice on the habits of the "agricultural ant" of Texas ["stinging ant" or "mound-making ant", *Myrmica* (*Atta*) *molefaciens*, Buckley], communicated by Charles Darwin. *Journal of the Linnean Society, Zoology*, **6**: 29-31
- Lincecum G (1866) On the agricultural ant of Texas. (*Myrmica molefaciens*). *Proc. Acad. Nat. Sci. Phila.* **1866**: 323-331
- López F, Acosta FJ & Serrano JM (1993a). Foraging territories and crop production of a Mediterranean harvester ant in a grassland ecosystem. *Acta Oecol.* **14**: 405-414
- López F, Acosta FJ & Serrano JM (1993b) Responses of the trunk routes of a harvester ant to plant density. *Oecologia* **93**:109-113
- López F, Acosta FJ & Serrano JM (1994) Guerilla vs. phalanx strategies of resource capture: growth and structural plasticity in the trunk trail system of the harvester ant *Messor barbarus*. *J. Anim. Ecol.* **63**: 127-138
- Lynch JF, Balinsky EC & Vail SG (1980) Foraging patterns in three sympatric forest ant species, *Prenolepis imparis*, *Paratrechina melanderi* and *Aphaenogaster rudis* (Hymenoptera: Formicidae). *Ecol. Entomol.* **5**: 353-371
- Mailleux AC, Deneubourg JL, & Detrain C (2003) Regulation of ants' foraging to resource productivity. *Proceedings of the Royal Society B.* **270(1524)**: 1609-1616
- Mares MA & Rosenzweig ML (1978) Granivory in North and South American deserts: rodents, birds, and ants. *Ecology* **59**: 235-241
- Markin GP, Dillier JH & Collins HL (1973) Growth and development of colonies of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta*. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **66**: 803-808
- Markin GP, O'Neal J, Dillier JH & Collins HL (1974) Regional variation in the seasonal activity of the imported fire ant, *Solenopsis saevissima richteri*. *Environ. Entomol.* **3**: 446-452
- Marsh AC (1985a) *Aspects of the ecology of Namib desert ants*. Ph.D. Thesis, University of Cape Town, Cape Town. 234 p.
- Marsh AC (1985b) Microclimatic factors influencing foraging patterns and success of the thermophilic desert ant, *Ocymyrmex barbiger*. *Insect. Soc.* **32**: 286-296
- Mashaly AMA (2011) Trail communication in two *Messor* species, *M. meridionalis* and *M. foreli* (Hymenoptera: Formicidae). *Italian Journal of Zoology.* **78(4)**: 524-531
- Maynard Smith J (1978) Optimization theory in evolution. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **9**: 31-56

- McCluskey ES & Brown WL (1972) Rhythms and other biology of the giant tropical ant *Paraponera*. *Psyche* **79**: 335-347
- McCluskey ES & Soong SMA (1979) Rhythm variables as taxonomic characters in ants. *Psyche* **86**: 91-102
- McCook HC (1879) *The natural history of the agricultural ant of Texas: a monograph of the habits, architecture, and structure of Pogonomyrmex barbatus*. Academy of Natural Sciences, Philadelphia. 208 pp.
- McDonald JH (2009) *Handbook of Biological Statistics* (2nd ed.), Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland, 319pp.
- Meikle RD (1977, 1985) *Flora of Cyprus* 1-2. – Kew, UK
- Milton SJ & Dean WRJ (1993) Selection of seeds by harvester ants (*Messor capensis*) in relation to condition of arid rangeland. *Journal of Arid Environments* **24**: 63-74
- Mintzer A (1979) Foraging activity of the Mexican leafcutting ant *Atta mexicana* (F. Smith) in a Sonoran desert habitat (Hymenoptera, Formicidae). *Insect. Soc.* **26**: 364-372
- Moggridge JT (1873) *Harvesting ants and trap-door spiders: notes and observations on their habits and dwellings*. L Reeve, London. xi + 156 pp.
- Morehead SA & Feener DH Jr. (1998) Foraging behavior and morphology: seed selection in the harvester ant genus, *Pogonomyrmex*. *Oecologia* **114**: 548-555
- Mott JJ & McKeon GM (1977) A note on the selection of seed types by harvester ants in northern Australia. *Aust. J. Ecol.* **2**: 231-235
- Mull JF & MacMahon JA (1997) Spatial variation in rates of seed removal by harvester ants (*Pogonomyrmex occidentalis*) in a shrub-steppe ecosystem. *Am. Midl. Nat.* **138**: 1-13
- Munger JC (1984) Long-term yield from harvester ant colonies: implications for horned lizard foraging strategy. *Ecology* **65**: 1077-1086
- Nadaraya EA (1964) On Estimating Regression. *Theory of Probability and its Applications* **9(1)**: 141-142
- Nickle DA & Neal TM (1972) Observations on the foraging behavior of the southern harvester ant, *Pogonomyrmex badius*. *Florida Entomol.* **55**: 65-66
- Nicolai N, Cook JL & Smeins FE (2007) Grassland composition affects season shifts in seed preference by *Pogonomyrmex barbatus* (Hymenoptera: Myrmicinae) in the Edwards Plateau, Texas. *Environ. Entomol.* **36**: 433-440
- Nunez JA (1982) Honeybee foraging strategies at a food source in relation to its distance from the hive and the rate of sugar flow. *J. Apic. Res.* **21**: 139-150
- O'Dowd DJ & Hay ME (1980) Mutualism between harvester ants and a desert ephemeral: seed escape from rodents. *Ecology* **61**: 531-540
- O'Dowd DJ (1979) Foliar nectar production and ant activity on a neotropical tree, *Ochroma pyramidale*. *Oecologia* **43**: 233-248
- O'Dowd DJ (1980) Pearl bodies of a neotropical tree, *Ochroma pyramidale*: ecological implications. *American Journal of Botany.* **67**: 543-549
- Onoyama K & Abe T (1982) Foraging behavior of the harvester ant *Messor aciculatus* in relation to the amount and distribution of food. *Japanese Journal of Ecology* **32(3)**: 383-393
- Onoyama K (1982) Foraging behavior of the harvester ant *Messor aciculatus*, with special reference to foraging sites and diel activity of individual ants. *Jpn. J. Ecol.* **32**: 453-461
- Orians GH & Pearson NE (1979) On the theory of central place foraging. In: *Analysis of Ecological Systems* (DJ Horn, GR Stairs & RD Mitchell, eds.). Ohio State University Press, Columbus, pp. 154-177.

- Pasteels JM, Deneubourg JL & Goss S (1987) Transmission and amplification of information in a changing environment: the case of insect societies. In: *G.O.R.D.E.S. (Groupe Opérationnel de Recherche de Documentation et d'Etude sur la Science)* Prigogine & M Sanglier (eds), Bruxelles, pp 129-156
- Pfeiffer M, Chimedregzen L & Ulykpan K (2003) Community organization and species richness of ants (Hymenoptera/Formicidae) in Mongolia along an ecological gradient from steppe to Gobi desert. *J. Biogeogr.* **30**:1921-1935
- Phelan JP & Baker RH (1992) Optimal foraging in *Peromyscus polionotus*: the influence of item-size and predation risk. *Behaviour* **121**: 95-109
- Pinter-Wollman N, Gordon DM, Holmes S (2012) Nest site and weather affect the personality of harvester ant colonies. *Behavioral Ecology* **23**: 1022–1029
- Pinter-Wollman N, Wollman R, Guetz A, Holmes S, Gordon DM (2011) The effect of individual variation on the structure and function of interaction networks in harvester ants. *Journal of the Royal Society Interface.* **8**: 1562-1573
- Pirk GI & Lopez de Casenave J (2006) Diet and seed removal rates by the harvester ants *Pogonomyrmex rastratus* and *Pogonomyrmex pronotalis* in the central Monte desert, Argentina. *Insect. Soc.* **53**:119-125
- Pizo MA & Oliveira PS (2000) The use of fruits and seeds by ants in the Atlantic forest of southeast Brazil. *Biotropica*, **32**: 851-861
- Plowes NJR, Johnson RA & Hölldobler B (2013) Foraging behavior in the ant genus *Messor* (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae). *Myrmecological News*, **18**: 33-49
- Portha S, Deneubourg JL & Detrain C (2002) Self-organized asymmetries in ant foraging: a functional response to food type and colony needs. *Behavioral Ecology.* **13(6)**: 776-781
- Pulliam HR & Brand MR (1975) The production and utilization of seeds in plains grasslands of southeastern Arizona. *Ecology*, **56**:1158-1166
- Pulliam HR (1985) Foraging efficiency, resource partitioning, and the coexistence of sparrow species. *Ecology* **66**: 1829-1836
- Pyke GH (1978) Optimal foraging: movement patterns of bumble bees between inflorescences. *Theor. Pop. Biol.* **13**: 72-98
- Pyke GH, Pulliam HR & Charnov EL (1977) Optimal foraging: a selective review of theory and tests. *The Quarterly Review of Biology* **52**., 137-154
- Radtke TM (2011) Granivore seed-size preferences. *Seed Science Research.* **21(2)**: 81
- Retana J & Cerdá X (1994) Worker size polymorphism conditioning size matching in two sympatric seed-harvesting ants. *Oikos* **71**: 261-266
- Retana J, Picó FX & Rodrigo A (2004) Dual role of harvesting ants as seed predators and dispersers of a non-myrmecorous Mediterranean perennial herb. *Oikos* **105**: 377-385
- Reyes JL & Fernández Haeger J (1999) Sequential co-operative load transport in the seed-harvesting ant *Messor barbarus*. *Insect. Soc.* **46**:119-125
- Reyes-López JL & Fernández Haeger J (2001) Some factors determining size-matching in the harvester ant *Messor barbarus*: food type, transfer activity, recruitment rate and size-range. *Insect. Soc.* **48**:118-124
- Rhoades WC & Davis DR (1967) Effects of meteorological factors on the biology and control of the imported fire ant. *J. Econ. Entomol.* **60**: 554-558
- Ribeiro PL, Helene AF, Xavier G, Navas C & Ribeiro FL (2009) Ants can learn to forage on one-way trails. *PLoS ONE* **4(4)**: e5024:7 p.
- Risch SJ & Carroll CR (1986) Effects of seed predation by a tropical ant on competition among weeds. *Ecology* **67**: 1319-27

- Rissing SW & Pollock GB (1984) Worker size variability and foraging efficiency in *Veromessor pergandei* (Hymenoptera: Formicidae). *Behav. Ecol. Sociobiol.* **15**: 121-126
- Rissing SW & Wheeler J (1976) Foraging responses of *Veromessor pergandei* to changes in seed production (Hymenoptera: Formicidae). *Pan-Pac. Entomol.* **52**: 63-72
- Rissing SW (1981) Foraging specializations of individual seed-harvester ants. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **9**: 149-152
- Rissing SW (1986) Indirect effects of granivory by harvester ants: plant species composition and reproductive increase near ant nests. *Oecologia*, **68(2)**: 231-234
- Rissing SW (1987) Annual cycles in worker size of the seed-harvester ant *Veromessor pergandei* (Hymenoptera: Formicidae). *Behav. Ecol. Sociobiol.* **20**: 117-124
- Rivas-Martínez S, Abelló RP, González-Bernáldez F & Levassor C (1980) Comunidades de pastizal de el Monte de El Pardo (Madrid). *Studia Oecol.* **2**: 59-90
- Roberts JT & Heithaus ER (1986) Ants rearrange the vertebrate-generated seed shadow of a neotropical fig tree. *Ecology* **67**: 1046-1051
- Roces F & Hölldobler B (1994) Leaf density and a trade-off between load-size selection and recruitment behavior in the ant *Atta cephalotes*. *Oecologia* **97**: 1-8
- Roces F & Núñez JA (1993) Information about food quality influences load-size selection in recruited leaf-cutting ants. *Anim. Behav.* **45**: 135-143
- Roces F (1993) Both evaluation of resource quality and speed of recruited leaf-cutting ants (*Acromyrmex lundii*) depend on their motivational state. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **33**: 183-189
- Rodrigo T (2002) Navigational strategies and models. *Psicologica* **23**: 3-32
- Ronacher B & Wehner R (1995) Desert ants *Cataglyphis fortis* use self-induced optic flow to measure distances travelled. *J. Comp. Physiol. A Sens. Neural Behav. Physiol.* **177**: 21-27
- Rosengren R & Fortelius W (1986) Light:dark-induced activity rhythms in *Formica* ants (Hymenoptera: Formicidae). *Entomol. Gen.* **11**: 221-228
- Rosengren R (1971) Route fidelity, visual memory and recruitment behavior in foraging wood ants of the genus *Formica* (Hymenoptera, Formicidae). *Acta Zool. Fenn.* **133**: 1-106
- Rosengren R (1977) Foraging strategy of wood ants (*Formica rufa* group), II: Nocturnal orientation and diel periodicity. *Acta Zool. Fenn.* **150**: 1-30
- Roulston TH, Buczkowski G & Silverman J (2003) Nestmate discrimination in ants: effect of bioassay on aggressive behavior. *Insect. Soc.* **50**: 151-159
- Schlick-Steiner BC, Steiner FM, Stauffer C & Buschinger A (2005) Life history traits of a European *Messor* harvester ant. *Insect. Soc.* **52**: 360-365
- Schmid-Hempel P & Schmid-Hempel R (1987) Efficient nectar-collecting by honeybees. II Responses to factors determining nectar availability. *J. Anim. Ecol.* **56**: 219-227
- Schmid-Hempel P, Kacelnik A & Houston AI (1985) Honeybees maximize efficiency by not filling their crop. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **17**: 61-66
- Schnell R (1970) *Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux les problèmes généraux. Vol. 1. — Les flores, les structures. Vol. 2 — Les milieux, les groupements végétaux.* Gauthier Villars, Paris.
- Schoener TW (1971) Theory of feeding strategies. *Annu. Rev. Ecol. Sys.* **2**: 369-404
- Schoener TW (1979) Generality of the size-distance relation in models of optimal foraging. *Am. Nat.* **114**: 902-914

Βιβλιογραφία

- Schöning C, Espadaler X, Hensen I & Roces F (2004) Seed predation of the tussock-grass *Stipa tenacissima* L. by ants (*Messor* spp.) in south-eastern Spain: the adaptive value of trypanocarpny. *Journal of Arid Environments* **56**: 43-61
- Schultz TR, Bekkevoeld D & Boomsma JJ (1998) *Acromyrmex insinuator* new species: An incipient social parasite of fungus-growing ants. *Insect. Soc.* **45**: 457-471
- Schumacher A & Whitford WG (1974) The foraging ecology of two species of Chihuahuan desert ants: *Formica perpilosa* and *Trachymyrmex smithi neomexicanus* (Hymenoptera Formicidae). *Insect. Soc.* **21**: 317-330
- Shapiro SS, Wilk MB & Chen HJ (1968) A comparative study of various tests for normality. *Journal of the American Statistical Association.* **63**: 1343-1372
- Sheata MN & Kaschef AH (1971) Foraging activities of *Messor aegyptiacus* Emery. *Insect. Soc.* **18**: 215-226
- Skinner GJ (1980a) Territory, trail structure and activity patterns in the wood-ant, *Formica rufa* (Hymenoptera: Formicidae) in limestone woodland in Northwest England. *J. Anim. Ecol.* **49**: 381-394
- Skinner GJ (1980b) The feeding habits of the wood-ant, *Formica rufa* (Hymenoptera: Formicidae), in limestone woodland in Northwest England. *J. Anim. Ecol.* **49**: 417-433
- Smirnov NV (1948) Tables for estimating the goodness of fit of empirical distributions. *Annals of Mathematical Statistics* **19**: 279
- Solida L, Celant A, Luiselli L, Grasso DA, Mori A & Fanfani A (2011) Competition for foraging resources and coexistence of two syntopic species of *Messor* harvester ants in Mediterranean grassland. *Ecological Entomology* **36**: 409-416
- Solida L, Scalisi M, Fanfani A, Mori A, Grasso DA (2010) Interspecific space partitioning during the foraging activity of two syntopic species of *Messor* harvester ants. *Journal of Biological Research-Thessaloniki.* **13**: 3-12
- Stephens DW & Krebs JR (1986) *Foraging theory*. Princeton University Press, Princeton, N.J.
- Strid A & Tan K (1997, 2002) *Flora Hellenica 1-2*. Koeltz, Königstein, DE
- Sudd JH & Franks NR (1987) *The Behavioural Ecology of Ants*. Blackie. Glasgow. 206 pp.
- Sudd JH (1959) Interaction between ants on a scent trail. *Nature* **183**: 1588
- Swain RB (1977) The natural history of *Monacis* a genus of Neotropical ants (Hymenoptera: Formicidae). Ph.D. dissert., Harvard University, 258 p.
- Sykes WH (1835) Descriptions of new species of Indian ants. *Transactions of the Entomological Society of London*, **1(2)**: 99-107
- Talbot M (1943) Response of the ant *Prenolepis imparis* Say to temperature and humidity changes. *Ecology* **24**: 345-352
- Talbot M (1946) Daily fluctuations in aboveground activity of three species of ants. *Ecology* **27**: 65-70
- Tevis L Jr. (1958) Interrelations between the harvester ant *Veromessor pergandei* (Mayr) and some desert ephemerals. *Ecology* **39**: 695-704
- Torres JA (1984) Niches and coexistence of ant communities in Puerto Rico: repeated patterns. *Biotropica*, **16(4)**: 284-295
- Traniello JFA, Fujita MS & Bowen RV (1984) Ant foraging behavior: ambient temperature influences prey selection. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **15**: 65-68
- Tutin TG, Heywood VH, Burges NA, Moore DM, Valentine DH, Walters SM, Webb DA (eds) (1964-1980) *Flora Europaea*, Vols. **1-5**, Cambridge University Press, Cambridge
- Ule E (1905) Wechselbeziehungen zwischen Ameisen und Pflanzen. *Flora* **94**: 491-497

- Ule E (1906) *Ameisenpflanzen des Amazonasgebietes*. Plate 1-6, Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Ule E (1902) Ameisengarten im Amazonasgebiet. *Beiblatt zu den Botanischen Jahrbuchern* **30**: 45-52
- Vickery WL (1984) Optimal diet model and rodent food consumption. *Animal Behaviour* **32**: 340-348
- Waddington KD (1995) Bumble bees do not respond to variance in nectar concentration. *Ethology* **101**: 33-38
- Warren II RJ & Chick L (2013) Upward ant distribution shift corresponds with minimum, not maximum, temperature tolerance. *Global Change Biology* **19(7)**: 2082-2088
- Warren RJ, Giladi I & Bradford MA (2010) Ant-mediated seed dispersal does not facilitate niche expansion. *J. Ecol.* **98**: 1178-1185
- Waser NM (1998) Task-matching and short-term size shifts in foragers of the harvester ant, *Messor pergandei* (Hymenoptera: Formicidae). *J. Insect Behav.* **11(3)**: 451-462
- Watson GS (1964) Smooth regression analysis. *Sankhyā: The Indian Journal of Statistics, Series A* **26(4)**: 359-372
- Wehner R (1987) Spatial organisation of foraging behavior in individually searching desert ants, *Cataglyphis* (Sahara desert) and *Ocymyrmex* (Namib desert). In: *Experientia Supplementum (Behavior in Social Insects)*, JM Pasteels & JL Deneubourg (ed), Birkhauser, Basel, pp 15-42
- Weier JA & Feener DH Jr. (1995) Foraging in the seed-harvester ant genus *Pogonomyrmex*: Are energy costs important? *Behavioral Ecology and Sociobiology* **36(5)**: 291-300
- Went FW, Wheeler J & Wheeler GC (1972) Feeding and digestion in some ants (*Veromessor* and *Manica*). *BioScience* **22**: 82-88
- Western TL, Skinner DJ & Haughn GW (2000) Differentiation of mucilage secretory cells of the *Arabidopsis* seed coat. *Plant Physiology*, **122(2)**: 345-355
- Wetterer JK (1990) Diel changes in forager size, activity, and load selectivity in a tropical leaf-cutting ant, *Atta cephalotes*. *Ecol. Entomol.* **15**: 97-104
- Wheeler J & Rissing SW (1975b) Natural history of *Veromessor pergandei*. II. Behavior (Hymenoptera: Formicidae). *Pan-Pac. Entomol.* **51**: 303-314
- Wheeler J & Rissing SW (1975a) Natural history of *Veromessor pergandei*. I. The nest (Hymenoptera: Formicidae). *Pan-Pac. Entomol.* **51**: 205-216
- Wheeler WM (1910) *Ants: their structure, development and behavior*. Columbia University Press, New York. xxv +663 pp.
- Wheeler WM (1912) Notes on a mistletoe ant. *J. N. Y. Entomol. Soc.* **20**: 130-133
- Wheeler WM (1913) Observations on the Central American *Acacia* Ants (ed. by K Jordan & H Eltringham), pp. 109-139. International Conference of Entomology, Oxford, August 1912, Vol. 2 Transactions, Hazell Watson and Viney Ltd, London
- Wheeler WM (1914) The ants of the Baltic Amber. *Schrift. Physik.-ökonom.Gesellschaft Königsberg*, **55**: 1-142
- Wheeler WM (1921) A new case of parabiosis and the "ant gardens" of British Guiana. *Ecology* **2**: 89-103
- Wheeler WM (1922-1923) Ants of the American Museum Congo expedition. A contribution to the myrmecology of Africa. *Bulletin of the American Museum of Natural History* **45**:1-1139
- Whitford WG & Ettershank G (1975) Factors affecting foraging activity in Chihuahuan desert harvester ants. *Environ. Entomol.* **4**: 689-696
- Whitford WG (1978) Foraging in seed-harvester ants: *Pogonomyrmex* spp. *Ecology* **59**: 185-189
- Whitford WG, Johnson P & Ramirez J (1976) Comparative ecology of the harvester ants *Pogonomyrmex barbatus* (F. Smith) and *Pogonomyrmex rugosus*. *Insectes Soc.* **23**: 117-132

Βιβλιογραφία

- Wielgoss A, Tschamtk T, Buchori D, Fiala B & Clough Y (2010) Temperature and a dominant dolichoderine ant species affect ant diversity in Indonesian cacao plantations. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. **135(4)**: 253-259
- Wilby A & Shachak M (2000) Harvester ant response to spatial and temporal heterogeneity in seed availability: pattern in the process of granivory. *Oecologia* **125**: 495-503
- Wilde J (1615) *De Formica*, Liber Unus. Ambergae, Schönfeld
- Willott SJ, Compton SG & Incoli LD (2000) Foraging, food selection and worker size in the seed harvesting ant *Messor bouvieri*. *Oecologia* **125**: 35-44
- Wilson EO & Hölldobler B (2005) Eusociality: origin and consequences. *PNAS*, **102 (38)**: 13367-13371
- Wilson EO (1962) Chemical communication among workers of fire ant *Solenopsis saevissima* (Fr. Smith). I – The organization of massforaging; II – An information analysis of the odour trail; III – The experimental induction of social responses. *Animal Behaviour* **10**: 134-164
- Wilson EO (1971) *The insect societies*. Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Wirth R, Herz H, Ryel RJ, Beyschlag W, Hölldobler B (2003) The herbivory of leaf-cutting ants. A case study on *Atta colombica* in the tropical rainforest of Panama. *Ecological Studies*. **164**: 1-233
- Wolf H & Wehner R (2000) Pinpointing food sources: Olfactory and anemotactic orientation in desert ants, *Cataglyphis fortis*. *J. Exp. Biol.* **203**: 857-868
- Wolf H & Wehner R (2005) Desert ants compensate for navigation uncertainty. *J. Exp. Biol.* **208**: 4223-4230
- Xu Z (1994) A taxonomic study of the ant subfamily Dorylinae in China (Hymenoptera Formicidae). *Journal of the Southwest Forestry College*, **14**: 115-122 (in Chinese).
- Γεννάδιος ΠΓ (1914) *Φυτολογικόν Λεξικόν*, Αθήνα, ις +1. 148 σελ.
- Νέζης Ν (2002) *Τα βουνά της Απικής*, Κληροδότημα Αθ. Λευκαδίτη – Ανάβαση, Αθήνα.
- Οικονόμου-Αμίλλη Α (επιμέλεια έκδοσης) (2007) *Ο Βιόκοσμος του Υμηττού. Δραστηριότητες της Έκθεσης «Απικό Τοπίο και Περιβάλλον»* - Βοτανικό Μουσείο ΕΚΠΑ, Αθήνα, 280 σελ.
- Στάμου Γ (2009) *Οικολογία: Μέθοδοι Ανάλυσης και Σύνθεσης Δεδομένων*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη. 584 σελ.

Βιβλιογραφία διαδικτύου

Antweb, 2012 (Ιούνιος). <http://www.antweb.org/>

Oreivatein, 1997-2001. Ιστότοπος με πληροφορίες για τα βουνά της Ελλάδας, <http://www.oreivatein.com/oreivatein/page/mountains/p/parnitha/parnitha.htm>

Απλαδά, Ε. 2006. Ιστότοπος Εθνικού Δρυμού Πάρνηθας, <http://www.parnitha-np.gr/>

ΝΑΔΑ, 2011. Ιστότοπος για το Περιβάλλον της Δυτικής Απικής, <http://www.nada-fms.gr/?p=9>

Παραρτήματα



Περιεχόμενα Παραρτημάτων

1. Φόρμα (1) καταμέτρησης φαινολογίας μυρμηγκιών
2. Φόρμα (2) καταμέτρησης μεταφερόμενων υλικών τροφοληψίας
3. Πρότυπο γραφήματος χρονικής αποτύπωσης ανατολής και δύσης του ηλίου
4. Καταγραφές στοιχείων μορφομετρίας και βαρών μυρμηγκιών και σπερμάτων
5. Περίληψη ομιλίας στο 3^ο Πανευρωπαϊκό Συνέδριο για τα Κοινωνικά Έντομα, St. Petersburg, Russia, 22-27.8.2005
6. Περίληψη αναρτημένης ανακοίνωσης σχετική με την μελέτη στο Διεθνές Συνέδριο της International Union for the Study of Social Insects, Washington DC, USA, 30.7 – 4.8.2006
7. Αναρτημένη ανακοίνωση σχετική με την μελέτη στο Διεθνές Συνέδριο της International Union for the Study of Social Insects, Washington DC, USA, 30.7 – 4.8.2006

Ημερομηνία: _____

ΦΟΡΜΑ 2

Αρχικές Περιβαλλοντικές μετρήσεις

Θερμοκρασία: _____ °C

Ένταση ανέμου: _____

Σχετική υγρασία: _____

Συννεφιά (ποιοτικά) : _____

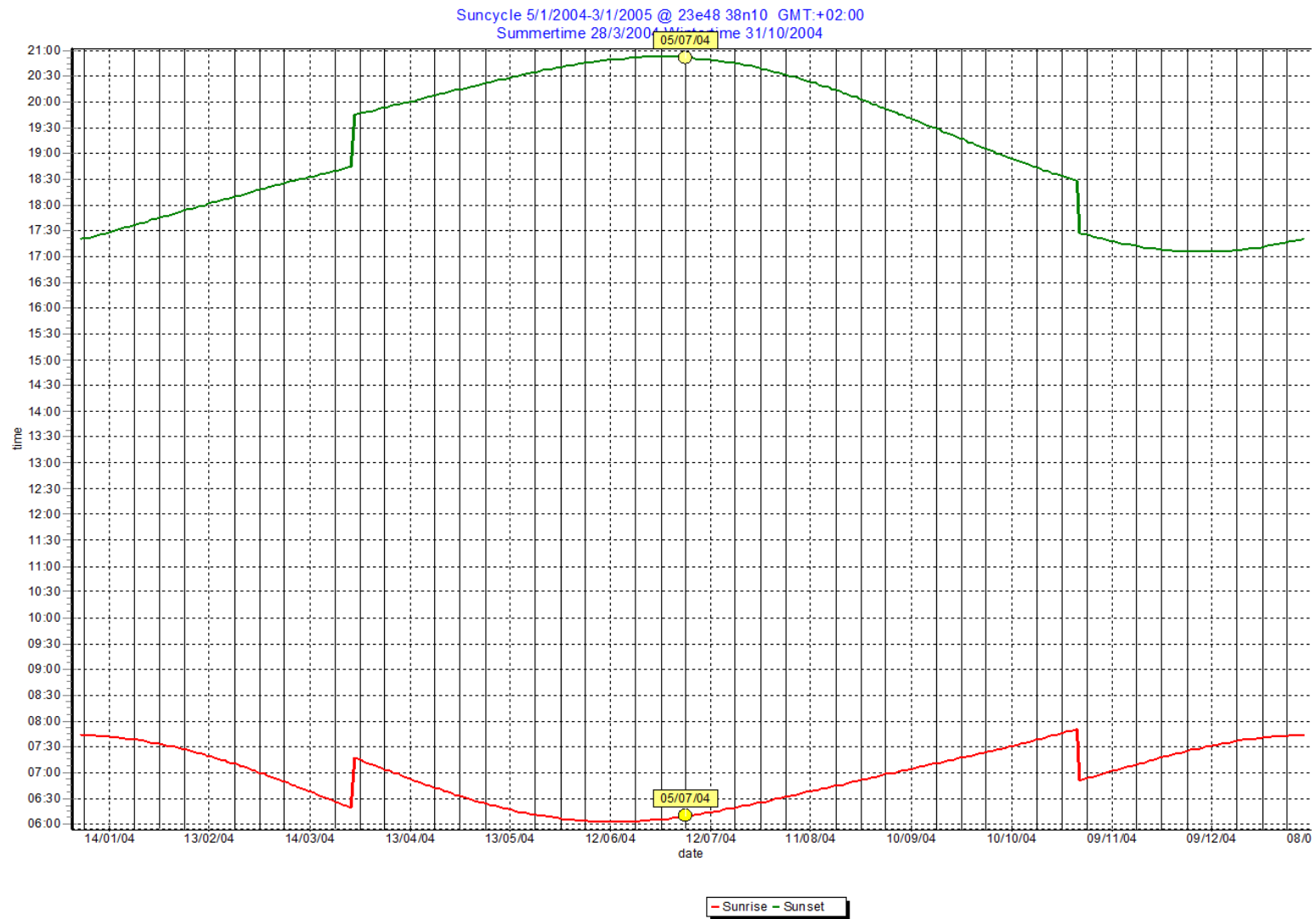
Αριθμοί μυρμηγκιών

Φωλιά 4	Πρωί (10πμ)	Απόγευμα (6μμ)
Σπέρματα		
Φυτικό υλικό		
Ζωικό υλικό		
Χώμα		
Τίποτα		
ΣΥΝΟΛΟ	100	100

Φωλιά 6	Πρωί (10πμ)	Απόγευμα (6μμ)
Σπέρματα		
Φυτικό υλικό		
Ζωικό υλικό		
Χώμα		
Τίποτα		
ΣΥΝΟΛΟ	100	100

Φωλιά 8	Πρωί (10πμ)	Απόγευμα (6μμ)
Σπέρματα		
Φυτικό υλικό		
Ζωικό υλικό		
Χώμα		
Τίποτα		
ΣΥΝΟΛΟ	100	100

Παρατηρήσεις – Σημειώσεις



Πρότυπο γραφήματος χρονικής αποτύπωσης ανατολής (κόκκινο) και δύσης (πράσινο) του ηλίου για την περίοδο δειγματοληψίας του 2004. Παρόμοια γραφήματα χρησιμοποιήθηκαν για τα έτη 2005 και 2006.

Μήνας	Μήκος Κεφαλής (mm)	Ολικό Μήκος (mm)	Πλάτος Κεφαλής (mm)	Πλάτος Θώρακα (mm)	Μήκος Δεύτερης Κνήμης (mm)	Μήκος Γνάθου (mm)	Μήκος Σκήπου (mm)	Βάρος Μυρμηγκιού (mgr)	Κεφαλικός Δείκτης (CI)	Δείκτης Σκύπου (SI)	Μήκος Σπέρματος (mm)	Πλάτος Σπέρματος (mm)	Βάρος Σπέρματος (mgr)
Απρίλιος	1,23	5,8	1,03	0,65	1,4	0,84	1,37	5,175	0,8374	1,3301	5,55	3,49	0,317
Απρίλιος	0,99	5,43	1	0,53	1,45	0,72	1,23	2,9	1,0101	1,23	10,51	0,28	0,223
Απρίλιος	0,81	4,24	0,42	0,39	0,99	0,67	0,56	1,71	0,51852	1,33333	2,27	0,69	0,161
Απρίλιος	0,94	4,85	1,08	0,43	1,22	0,7	1,12	2,548	1,14894	1,03704	2,93	1,14	0,168
Απρίλιος	1,07	5,83	1,19	0,71	1,41	0,88	1,32	4,167	1,11215	1,10924	33,55	0,17	1,265
Απρίλιος	1,35	6,21	1,54	0,75	1,56	0,63	1,31	5,862	1,14074	0,85065	5,37	4,22	1,873
Απρίλιος	0,77	4,15	0,77	0,47	1,11	0,781	1,2	1,673	1	1,55844	1,85	0,58	0,165
Απρίλιος	1,7	6,4	1,78	0,87	1,38	0,85	1,8	8,212	1,04706	1,01124	7,27	2,83	29,896
Απρίλιος	1,86	7,82	1,81	0,93	2,15	1,19	2,01	15,986	0,97312	1,1105	6,19	6,65	8,793
Απρίλιος	1,47	6,59	1,81	0,79	1,68	0,89	1,23	8,961	1,23129	0,67956	12,35	0,77	0,721
Απρίλιος	1,33	5,52	1,55	0,74	1,35	0,84	1,061	6,922	1,16541	0,68452	11	3,43	19,85
Απρίλιος	0,74	3,94	0,48	0,48	0,87	0,6	0,95	1,193	0,64865	1,97917	4,31	2,83	0,663
Απρίλιος	1,14	5,53	0,78	0,45	1,36	0,71	1,18	1,48	0,68421	1,51282	4,76	1,69	0,658
Απρίλιος	0,91	4,36	0,6	0,36	1,05	0,69	1,18	1,72	0,65934	1,96667	2,22	0,74	0,127
Απρίλιος	0,95	4,96	1,08	0,45	1,29	0,68	0,77	2,596	1,13684	0,71296	1,9	0,65	0,218
Απρίλιος	0,74	3,9	0,56	0,36	0,95	0,63	0,77	1,463	0,75676	1,375	2,59	0,93	0,188
Απρίλιος	0,96	4,36	0,62	0,7	1,1	0,58	1,09	0,76	0,64583	1,75806	1,62	0,59	0,105
Απρίλιος	0,83	4,02	0,58	0,44	1,13	0,72	0,76	1,458	0,6988	1,31034	3,9	0,6	0,099
Απρίλιος	1,09	4,84	0,79	0,63	1,33	0,84	0,69	2,136	0,72477	0,87342	2,08	0,71	0,194
Απρίλιος	1,22	5,34	1,36	0,63	1,43	0,8	1,5	4,036	1,11475	1,10294	2,52	0,8	0,145
Απρίλιος	1,07	4,25	1,1	0,6	1,28	0,65	1,04	1,795	1,02804	0,94545	1,9	0,91	0,233
Απρίλιος	0,87	4,16	1,03	0,51	1,1	0,55	0,82	0,632	1,18391	0,79612	1,62	0,64	0,102
Απρίλιος	0,87	4,17	0,7	0,38	0,98	0,65	1,11	1,522	0,8046	1,58571	2,15	0,72	0,318
Απρίλιος	0,93	4,72	1,04	0,42	1,06	0,68	0,86	2,234	1,11828	0,82692	1,78	0,72	0,192
Απρίλιος	0,98	4,63	0,79	0,59	1,26	0,59	1,08	1,218	0,80612	1,36709	7,36	0,4	0,107
Απρίλιος	1,06	4,72	0,72	0,57	1,2	0,73	1,124	2,332	0,67925	1,56111	1,84	0,89	0,167
Απρίλιος	1,039	4,24	1,1	0,75	1,05	0,6	0,95	1,585	1,05871	0,86364	22,4	0,71	4,215
Απρίλιος	1,03	5,17	1,5	0,71	1,2	0,87	1,02	2,876	1,45631	0,68	14,18	0,28	0,187
Απρίλιος	1,03	4,98	1,03	0,98	1,29	0,73	1,046	3,849	1	1,01553	7,42	2,43	3,699
Απρίλιος	1,09	5,03	1,15	0,62	1,22	0,74	0,68	3,299	1,05505	0,5913	4,38	1,39	0,537
Απρίλιος	1,45	5,94	1,45	0,85	1,59	0,94	1,48	6,07	1	1,02069	7,11	1,81	0,276

Μήνας	Μήκος Κεφαλής (mm)	Ολικό Μήκος (mm)	Πλάτος Κεφαλής (mm)	Πλάτος Θώρακα (mm)	Μήκος Δεύτερης Κνήμης (mm)	Μήκος Γνάθου (mm)	Μήκος Σκήπου (mm)	Βάρος Μυρμηγκιού (mgr)	Κεφαλικός Δείκτης (CI)	Δείκτης Σκύπου (SI)	Μήκος Σπέρματος (mm)	Πλάτος Σπέρματος (mm)	Βάρος Σπέρματος (mgr)
Απρίλιος	1,02	4,85	0,46	0,47	1,39	0,7	1,13	2,97	0,45098	2,45652	6,78	0,52	1,115
Απρίλιος	0,89	3,76	0,55	0,5	1,11	0,635	0,99	1,798	0,61798	1,8	12,08	0,29	0,352
Απρίλιος	1,27	5,94	1,59	0,64	1,32	0,81	1,43	5,693	1,25197	0,89937	6,22	0,6	0,128
Απρίλιος	1,07	5,1	0,56	0,71	1,44	0,79	1,29	3,839	0,52336	2,30357	7,02	1,87	1,422
Απρίλιος	1,26	5,09	1,02	0,78	1,9	0,72	1,22	3,526	0,80952	1,19608	6,5	2,85	0,109
Απρίλιος	1,65	6,35	2,03	0,78	1,74	1,21	1,49	7,227	1,2303	0,73399	8,11	5,51	0,198
Απρίλιος	0,93	4,64	1,15	0,57	1,2	0,68	0,73	2,02	1,23656	0,63478	5,06	1,64	1,194
Απρίλιος	0,93	3,93	0,96	0,45	1,02	0,56	0,87	1,593	1,03226	0,90625	3,84	1,79	0,502
Απρίλιος	1	4,89	1,19	0,58	1,22	0,6	1,07	3,627	1,19	0,89916	8,63	2	0,86
Απρίλιος	1,03	4,54	0,7	0,49	1,2	0,81	1,2	2,345	0,67961	1,71429	6,02	1,7	0,601
Απρίλιος	1,07	4,98	1	0,6	1,39	0,79	0,94	2,573	0,93458	0,94	4,69	1,52	0,598
Απρίλιος	1,17	5,24	0,88	0,65	1,17	0,73	1,04	2,196	0,75214	1,18182	4,14	1,68	0,66
Απρίλιος	1,74	6,15	1,57	0,99	1,86	1,075	1,48	8,805	0,9023	0,94268	3,93	1,21	0,282
Απρίλιος	1,1	4,83	1,04	0,61	1,42	0,85	1,27	2,661	0,94545	1,22115	7,04	1,85	0,147
Απρίλιος	1,1	4,94	0,92	0,63	1,49	0,885	1,42	3,486	0,83636	1,54348	3,88	2,32	0,474
Απρίλιος	0,9	4,08	0,58	0,5	1,08	0,55	1,07	1,531	0,64444	1,84483	3,32	1,52	0,329
Απρίλιος	0,9	4,11	0,55	0,49	1,15	0,68	0,75	2,019	0,61111	1,36364	8,7	0,78	1,31
Απρίλιος	1,34	5,88	0,67	0,65	1,45	1,02	1,02	5,583	0,5	1,52239	3,97	2	0,814
Απρίλιος	0,99	4,34	1	0,5	1,07	0,72	1,05	1,927	1,0101	1,05	3,47	0,82	0,102
Απρίλιος	0,81	4,3	0,55	0,51	1,16	0,6	0,99	0,917	0,67901	1,8	5,65	1,46	0,494
Απρίλιος	0,89	4,36	0,84	0,55	1,27	0,62	0,99	1,708	0,94382	1,17857	6,29	2,81	1,031
Απρίλιος	1,48	6,19	1,34	0,68	1,8	1,04	1,61	8,632	0,90541	1,20149	39,04	0,4	0,461
Απρίλιος	0,82	3,83	0,67	0,59	0,99	0,61	1,14	1,032	0,81707	1,70149	3,27	0,94	0,12
Απρίλιος	1,05	4,61	0,63	0,53	1,25	0,62	1,18	2,27	0,6	1,87302	5,96	1,6	0,14
Απρίλιος	1,24	5,74	1,35	0,68	1,55	0,93	1,16	6,126	1,08871	0,85926	3,74	1,34	0,219
Απρίλιος	1,01	4,66	0,91	0,84	1,3	0,67	0,99	2,413	0,90099	1,08791	6,5	0,97	0,107
Απρίλιος	0,86	4,27	0,65	0,67	1,2	0,67	0,9	1,74	0,75581	1,38462	6,12	0,51	0,169
Απρίλιος	1,11	5,12	1,53	0,66	0,96	0,84	1,27	2,941	1,37838	0,83007	5,15	1,53	0,726
Απρίλιος	1	4,92	0,79	0,71	1,49	0,79	1,42	3,242	0,79	1,79747	5,69	1,61	0,087
Απρίλιος	0,74	3,67	1,07	0,74	1,01	0,315	0,78	1,309	1,44595	0,72897	10,79	2,59	1,07
Απρίλιος	0,88	4,53	0,81	0,58	1,3	0,93	0,95	1,625	0,92045	1,17284	5,05	2,1	0,466

Μήνας	Μήκος Κεφαλής (mm)	Ολικό Μήκος (mm)	Πλάτος Κεφαλής (mm)	Πλάτος Θώρακα (mm)	Μήκος Δεύτερης Κνήμης (mm)	Μήκος Γνάθου (mm)	Μήκος Σκήπου (mm)	Βάρος Μυρμηγκιού (mgr)	Κεφαλικός Δείκτης (CI)	Δείκτης Σκύπου (SI)	Μήκος Σπέρματος (mm)	Πλάτος Σπέρματος (mm)	Βάρος Σπέρματος (mgr)
Απρίλιος	1,5	4,26	1,2	0,99	0,92	0,54	0,91	0,93	0,8	0,75833	5,12	0,51	0,159
Απρίλιος	1,05	4,27	0,86	0,47	1,1	0,604	0,93	1,483	0,81905	1,0814	6,03	5,29	1,364
Απρίλιος	1,62	5,76	0,92	0,71	1,72	1,13	1,14	2,734	0,5679	1,23913	11,42	1,57	1,2
Απρίλιος	1,36	6,4	2,29	0,67	1,19	0,97	1,49	4,489	1,68382	0,65066	4,6	1,72	0,583
Απρίλιος	1,32	4,94	1,6	0,62	1,43	0,902	0,933	3,966	1,21212	0,58313	7,44	6,23	1,811
Απρίλιος	1,25	4,57	1,25	0,8	3,1	0,79	1,21	1,689	1	0,968	13,11	1,06	0,347
Απρίλιος	1,51	6,6	2,32	1,05	1,81	1,195	1,44	7,505	1,53642	0,62069	5,94	5,23	0,881
Απρίλιος	1,93	7,91	3,25	1,02	1,83	1,27	1,41	9,951	1,68394	0,43385	3,65	1,93	0,843
Απρίλιος	1,68	5,94	1,87	0,75	1,83	0,92	1	2,305	1,1131	0,53476	6,11	3,48	0,452
Απρίλιος	1,57	5,03	1,23	0,91	1,25	0,74	0,79	1,653	0,78344	0,64228	6,57	1,27	2,243
Απρίλιος	1,98	7,15	2	1,11	1,62	0,89	1,37	2,856	1,0101	0,685	6,34	4,25	1,922
Απρίλιος	1,87	5,67	1,3	0,91	1,48	0,89	1,01	1,663	0,69519	0,77692	8,76	4,74	0,547
Απρίλιος	1,45	5,57	1,37	0,7	1,04	0,85	1,29	1,171	0,94483	0,94161	8,01	1	1,071
Απρίλιος	1,33	5,49	1,71	0,43	1,46	0,75	1,025	1,434	1,28571	0,59942	0,35	0,51	0,176
Απρίλιος	0,99	4,72	1,12	0,48	1,06	0,9	1,08	2,781	1,13131	0,96429	5,78	4,36	0,678
Απρίλιος	2,1	7	1,77	1	1,53	0,97	0,91	6,365	0,84286	0,51412	6,16	4,91	0,563
Απρίλιος	1,14	4,74	0,99	0,49	0,95	0,71	1,2	1,11	0,86842	1,21212	6,83	0,37	0,143
Απρίλιος	2,58	7,5	1,76	1,36	1,82	1,24	1,34	5,146	0,68217	0,76136	4,64	4,55	0,346
Απρίλιος	1	5,08	1,61	0,55	1,4	0,48	1,1	1,173	1,61	0,68323	1,13	0,93	0,007
Απρίλιος	0,96	4,96	1,6	0,47	1,14	0,7	0,86	1,02	1,66667	0,5375	10,6	0,6	0,574
Απρίλιος	1,49	6,4	2,49	0,61	1,86	1,05	1,63	6,729	1,67114	0,65462	10,5	1,8	0,864
Απρίλιος	1,6	5,82	1,67	1,12	1,66	0,75	0,81	2,099	1,04375	0,48503	3,09	1,19	0,109
Απρίλιος	0,77	4,07	1,49	0,75	1,15	0,66	0,93	0,901	1,93506	0,62416	6,99	1,64	1,105
Απρίλιος	1,43	5,42	1,49	0,94	1,55	0,72	1,08	1,017	1,04196	0,72483	14,31	0,34	1,043
Απρίλιος	1,04	4,2	1,42	0,73	0,7	0,56	0,94	0,799	1,36538	0,66197	8,84	1,36	0,268
Απρίλιος	1,46	6,31	2,46	0,85	1,6	1,14	1,36	4,73	1,68493	0,55285	6,22	2,85	0,316
Απρίλιος	1,82	7,32	2,84	1,13	1,97	0,84	1,8	8,169	1,56044	0,6338	8,55	2,85	2,5
Μάιος	2	9,1	1,33	1,45	1,83	1,46	2,23	16,19	0,665	1,67669	4,73	2,86	0,864
Μάιος	1,06	4,97	0,44	0,91	1,26	0,56	0,95	3,158	0,41509	2,15909	8,83	1,48	3,639
Μάιος	1,48	6	1,02	1,12	1,64	1,05	1,53	5,455	0,68919	1,5	4,82	1,46	0,307
Μάιος	1,65	7,15	1,13	1,2	1,23	1,18	1,78	9,442	0,68485	1,57522	5,41	2,09	0,828

Μήνας	Μήκος Κεφαλής (mm)	Ολικό Μήκος (mm)	Πλάτος Κεφαλής (mm)	Πλάτος Θώρακα (mm)	Μήκος Δεύτερης Κνήμης (mm)	Μήκος Γνάθου (mm)	Μήκος Σκήπου (mm)	Βάρος Μυρμηγκιού (mgr)	Κεφαλικός Δείκτης (CI)	Δείκτης Σκύπου (SI)	Μήκος Σπέρματος (mm)	Πλάτος Σπέρματος (mm)	Βάρος Σπέρματος (mgr)
Μάιος	0,86	4,14	0,66	0,6	0,94	0,67	1,1	0,843	0,76744	1,66667	3,06	0,86	0,074
Μάιος	0,96	4,36	0,81	0,75	1,05	0,73	0,99	1,707	0,84375	1,22222	2,99	1,34	0,275
Μάιος	0,88	4,38	0,62	0,61	0,98	0,71	1,21	1,941	0,70455	1,95161	2,9	1,38	0,425
Μάιος	1,64	6,73	1,18	1,11	1,96	1,41	1,79	10,212	0,71951	1,51695	7,17	0,87	3,775
Μάιος	0,92	4,83	1,11	0,78	1,21	0,76	0,84	1,9	1,20652	0,75676	4,61	3,66	1,668
Μάιος	1,08	5,17	0,78	0,88	1,38	0,93	1,43	2,579	0,72222	1,83333	2,06	0,73	0,276
Μάιος	0,85	4,25	0,64	0,65	1,29	0,62	1,25	1,951	0,75294	1,95313	7,79	2,34	0,644
Μάιος	1,03	5,09	0,48	0,75	1,22	0,65	1,36	2,266	0,46602	2,83333	4,91	1,84	0,873
Μάιος	1,5	7,07	0,99	1,15	1,97	1,42	2,12	9,11	0,66	2,14141	5,59	2,05	1,439
Μάιος	1,41	6,59	1,17	1,02	1,72	1,37	1,63	6,902	0,82979	1,39316	7,61	1,47	2,024
Μάιος	0,83	4,2	0,55	0,6	1,09	0,88	1,03	1,619	0,66265	1,87273	5,24	2,04	1,198
Μάιος	0,79	4,08	0,73	0,64	1,17	0,68	1,13	1,012	0,92405	1,54795	4,85	1,2	0,223
Μάιος	0,8	4	0,47	0,66	1,07	0,7	0,96	1	0,5875	2,04255	5,4	1,43	0,664
Μάιος	1,03	4,97	0,55	0,76	1,33	0,86	1,04	2,207	0,53398	1,89091	4,97	0,62	0,144
Μάιος	1,45	6,56	0,77	1,05	1,92	1,22	1,97	7,869	0,53103	2,55844	4,21	1,43	0,611
Μάιος	0,92	4,19	0,91	0,53	1,37	0,69	1,15	1,501	0,98913	1,26374	2,31	0,78	0,446
Μάιος	0,81	4,38	0,58	0,76	0,95	0,79	1,13	1,474	0,71605	1,94828	5,7	1,32	0,113
Μάιος	0,99	4,93	0,6	0,8	1,25	0,9	1,37	1,774	0,60606	2,28333	2,17	0,85	0,361
Μάιος	1,5	6,69	0,92	1,09	1,77	1,42	1,5	7,439	0,61333	1,63043	4,43	1,59	1,216
Μάιος	1,62	7,05	0,9	1,3	2	1,51	1,59	10,192	0,55556	1,76667	5,26	2,19	0,251
Μάιος	1,58	7,15	1,38	1,22	1,84	1,32	1,7	11,596	0,87342	1,23188	4,54	1,78	0,291
Μάιος	2,06	8,53	1	1,57	2,08	1,32	2,44	14,383	0,48544	2,44	5,01	2,66	0,323
Μάιος	0,94	4,59	0,65	0,64	1,23	0,76	1,41	2,061	0,69149	2,16923	4,64	3,07	0,455
Μάιος	0,85	4,09	0,51	0,56	1,1	0,7	1,09	0,638	0,6	2,13725	4,93	0,35	0,033
Μάιος	1,02	4,72	0,99	0,68	1,31	0,77	1,39	2,073	0,97059	1,40404	4,7	1,8	0,738
Μάιος	1,01	5,29	1,03	0,81	1,41	0,72	1,27	2,224	1,0198	1,23301	6,1	1,28	0,64
Μάιος	1,67	6,89	1,6	1,17	1,89	1,31	1,772	9,598	0,95808	1,1075	6,23	1,47	0,432
Μάιος	1,34	6,14	1,26	0,94	1,58	0,99	1,61	6,297	0,9403	1,27778	5,99	1,78	0,5
Μάιος	1,96	8,73	1,44	1,23	2,01	1,25	1,68	10,848	0,73469	1,16667	17,62	0,62	0,665
Μάιος	1,68	6,89	1,06	0,9	1,85	1,54	2,16	10,468	0,63095	2,03774	8,24	6,65	3,219
Μάιος	1	4,81	0,46	0,55	1,37	0,79	0,94	2,512	0,46	2,04348	2,87	1,06	0,828

Μήνας	Μήκος Κεφαλής (mm)	Ολικό Μήκος (mm)	Πλάτος Κεφαλής (mm)	Πλάτος Θώρακα (mm)	Μήκος Δεύτερης Κνήμης (mm)	Μήκος Γνάθου (mm)	Μήκος Σκήπου (mm)	Βάρος Μυρμηγκιού (mgr)	Κεφαλικός Δείκτης (CI)	Δείκτης Σκύπου (SI)	Μήκος Σπέρματος (mm)	Πλάτος Σπέρματος (mm)	Βάρος Σπέρματος (mgr)
Μάιος	1,48	6,31	1	0,72	1,89	0,81	1,38	6,904	0,67568	1,38	4,07	1,03	1,074
Μάιος	0,92	4,5	0,87	0,56	1,09	0,66	0,64	1,071	0,94565	0,73563	5,6	2,29	0,544
Μάιος	0,95	4,75	0,6	0,45	1,08	0,563	0,68	1,008	0,63158	1,13333	5,34	1,63	0,52
Μάιος	0,85	3,97	0,61	0,53	1,17	0,64	1,03	1,528	0,71765	1,68852	9,41	2,12	1,012
Μάιος	0,9	4,36	1,3	0,7	1,19	0,71	0,97	1,118	1,44444	0,74615	3,77	0,53	0,134
Μάιος	1,01	4,66	0,83	0,67	1,29	0,83	1,22	1,567	0,82178	1,46988	2,09	0,83	0,359
Μάιος	1,22	5,78	0,75	0,79	1,52	0,93	1,32	2,174	0,61475	1,76	4,76	1,82	0,779
Μάιος	1,04	4,59	0,71	0,61	1,19	0,83	1,19	1,617	0,68269	1,67606	5,61	1,8	0,514
Μάιος	1,39	6,47	0,6	0,75	1,73	0,96	1,76	5,577	0,43165	2,93333	2,58	0,88	0,608
Μάιος	1,01	4,99	0,96	0,67	1,27	0,88	1,47	2,167	0,9505	1,53125	2,69	1	0,659
Μάιος	1,64	6,62	1,5	0,96	1,9	1,35	1,81	6,159	0,91463	1,20667	2,19	0,99	0,244
Μάιος	1,27	5,62	1,15	0,75	1,18	1,12	1,21	2,983	0,90551	1,05217	2,81	1,05	0,679
Μάιος	1,24	6,04	1,27	0,85	1,34	1,06	1,52	4,333	1,02419	1,19685	4,87	1,3	0,413
Μάιος	0,81	4,08	0,85	0,45	1,12	0,8	1,11	0,875	1,04938	1,30588	2,13	2,34	0,528
Μάιος	1	4,62	0,83	0,62	1,22	0,76	1,26	1,633	0,83	1,51807	2,17	1,01	0,34
Μάιος	0,83	4,47	0,67	0,6	1,05	0,79	0,98	1,07	0,80723	1,46269	2,32	1,05	0,416
Μάιος	0,97	4,72	0,75	0,68	1,35	0,73	1,21	0,992	0,7732	1,61333	2,65	0,98	0,564
Μάιος	1,16	5,43	0,98	0,85	1,4	0,83	1,41	1,833	0,84483	1,43878	2,2	0,84	0,499
Μάιος	0,85	4,26	1,1	0,6	1,11	0,74	0,96	0,805	1,29412	0,87273	2,2	0,81	0,411
Μάιος	0,79	4,13	0,71	0,61	1,18	0,85	1,12	0,804	0,89873	1,57746	7,88	1,75	2,625
Μάιος	0,84	4,35	0,67	0,6	1,23	0,71	1,16	0,662	0,79762	1,73134	1,98	0,85	0,5
Μάιος	1	4,83	0,87	0,78	1,36	0,85	1,15	1,518	0,87	1,32184	2,06	0,78	0,392
Μάιος	0,98	4,34	0,69	0,74	1,12	0,74	1,26	0,779	0,70408	1,82609	1,63	0,66	0,278
Μάιος	1,19	5,4	0,69	0,84	1,49	0,78	1,37	3,734	0,57983	1,98551	6,29	4,85	0,676
Μάιος	0,86	4,14	0,67	0,68	1,1	0,67	1,15	0,87	0,77907	1,71642	5,33	1,55	0,446
Μάιος	1,86	7,75	1,27	1,31	1,86	1,49	1,52	10,662	0,6828	1,19685	5,43	2,11	0,234
Μάιος	0,99	4,82	0,94	0,57	1,22	0,79	1,1	1,272	0,94949	1,17021	3,43	1,61	0,148
Μάιος	1,09	5,38	0,8	0,78	1,47	1,06	1,53	2,562	0,73394	1,9125	2,7	0,87	0,571
Μάιος	1,57	6,83	1,03	1,02	1,73	1,67	1,2	7,847	0,65605	1,16505	2,25	1,1	0,093
Μάιος	1,6	7,26	1,05	1,21	2,12	1,36	1,56	7,857	0,65625	1,48571	2,34	0,75	0,225
Μάιος	1,18	5,8	0,51	0,83	1,55	0,96	1,46	2,302	0,4322	2,86275	4,92	2,11	0,424

Μήνας	Μήκος Κεφαλής (mm)	Ολικό Μήκος (mm)	Πλάτος Κεφαλής (mm)	Πλάτος Θώρακα (mm)	Μήκος Δεύτερης Κνήμης (mm)	Μήκος Γνάθου (mm)	Μήκος Σκήπου (mm)	Βάρος Μυρμηγκιού (mgr)	Κεφαλικός Δείκτης (CI)	Δείκτης Σκύπου (SI)	Μήκος Σπέρματος (mm)	Πλάτος Σπέρματος (mm)	Βάρος Σπέρματος (mgr)
Μάιος	1,62	6,58	1,28	1,17	1,91	1,15	2,09	6,868	0,79012	1,63281	2,23	2,76	0,111
Μάιος	1,37	6,65	0,89	0,87	1,63	1,22	1,68	6,322	0,64964	1,88764	5,88	5,29	0,327
Μάιος	1,61	7,14	1,07	1,15	1,94	1,25	1,39	9,765	0,6646	1,29907	7,91	7,25	1,962
Μάιος	1,6	6,99	1,3	1,08	1,99	1,46	1,63	9,128	0,8125	1,25385	8,95	1	0,625
Μάιος	1,46	6,26	0,9	1,05	1,85	0,95	1,46	7,488	0,61644	1,62222	10,09	1,9	1,292
Μάιος	1,26	5,72	0,84	0,8	1,58	1,11	1,54	4,289	0,66667	1,83333	5,52	3,98	0,411
Μάιος	1,04	4,88	0,51	0,75	1,29	0,79	1,47	1,183	0,49038	2,88235	2,12	0,83	0,028
Μάιος	1,1	5,11	0,7	0,83	1,45	0,99	1,49	2,674	0,63636	2,12857	3,28	1,59	0,528
Μάιος	1,69	7,59	1,27	0,97	1,89	1,5	1,56	9,139	0,75148	1,22835	4,52	3,7	0,363
Μάιος	1,18	5	1	0,79	1,26	0,92	0,96	1,55	0,84746	0,96	4,9	2,03	0,69
Μάιος	1,37	6,39	1,22	0,87	1,6	1,29	1,69	4,897	0,89051	1,38525	5,74	1,06	1,621
Μάιος	1,57	6,98	1,22	1,07	1,99	1,59	2,17	7,519	0,77707	1,77869	9,79	0,13	0,09
Μάιος	1,51	7,07	0,69	1,15	1,4	1,34	1,21	7,607	0,45695	1,75362	6,82	0,95	1,536
Μάιος	1,36	5,85	0,99	0,78	1,63	1,12	1,6	5,293	0,72794	1,61616	7,16	1,29	0,623
Μάιος	1,06	5,05	0,6	0,75	1,38	1,03	1,32	2,508	0,56604	2,2	5,5	1,28	0,363
Μάιος	0,98	4,55	0,81	0,63	0,78	0,62	1,25	1,768	0,82653	1,54321	4,41	1,85	0,402
Μάιος	1,83	7,33	1,52	0,83	1,5	1,17	1,8	8,505	0,8306	1,18421	3,9	0,8	0,082
Μάιος	1,55	7,05	0,7	1,01	1,68	0,78	1,21	2,917	0,45161	1,72857	4,99	1,73	0,784
Μάιος	0,95	4,75	0,76	0,56	1,23	0,89	1,17	1,671	0,8	1,53947	11,99	0,26	0,147
Μάιος	0,92	4,32	0,68	0,51	1,12	0,67	1,11	9,568	0,73913	1,63235	3,71	0,56	0,005
Μάιος	1,68	7,45	1,66	0,88	1,49	1,24	1,97	10,267	0,9881	1,18675	6,32	3,01	0,69
Μάιος	1,16	5,61	0,57	0,69	1,26	0,87	1,15	1,897	0,49138	2,01754	10,19	0,98	0,852
Μάιος	1,22	5,44	1,16	0,6	1	0,91	1,47	2,249	0,95082	1,26724	2,3	0,96	0,438
Μάιος	1,26	5,76	0,7	0,92	1,48	0,89	1,47	4,008	0,55556	2,1	3,36	2,21	0,622
Ιούνιος	0,91	4,19	0,71	0,61	1,16	0,69	1,27	1,912	0,78022	1,78873	3,29	0,92	0,26
Ιούνιος	0,82	4,41	0,89	0,63	1,77	0,49	1,06	2,276	1,08537	1,19101	1,56	0,77	0,433
Ιούνιος	1,32	6,02	0,91	0,78	1,7	0,94	1,78	5,419	0,68939	1,95604	3,09	1,21	0,603
Ιούνιος	1,55	6,34	0,89	0,98	1,8	0,92	1,99	7,341	0,57419	2,23596	1,89	1,45	2,673
Ιούνιος	1	4,93	0,73	0,55	1,31	0,62	1,34	3,172	0,73	1,83562	9,05	1,13	1,867
Ιούνιος	1,25	5,74	1,25	0,77	1,39	1,01	1,66	3,727	1	1,328	7,13	1,07	1,429
Ιούνιος	1,33	6,24	0,99	0,88	1,76	1,05	1,71	6,987	0,74436	1,72727	6,1	6,47	32,827

Μήνας	Μήκος Κεφαλής (mm)	Ολικό Μήκος (mm)	Πλάτος Κεφαλής (mm)	Πλάτος Θώρακα (mm)	Μήκος Δεύτερης Κνήμης (mm)	Μήκος Γνάθου (mm)	Μήκος Σκήπου (mm)	Βάρος Μυρμηγκιού (mgr)	Κεφαλικός Δείκτης (CI)	Δείκτης Σκύπου (SI)	Μήκος Σπέρματος (mm)	Πλάτος Σπέρματος (mm)	Βάρος Σπέρματος (mgr)
Ιούνιος	1,1	5,04	1,09	0,61	1,22	0,69	1,21	4,151	0,99091	1,11009	4,16	2,69	3,609
Ιούνιος	0,69	3,51	0,54	0,53	1,03	0,67	1,03	1,591	0,78261	1,90741	1,95	1,05	0,417
Ιούνιος	0,87	4,66	0,49	0,6	1,07	0,9	0,92	2,525	0,56322	1,87755	2,19	0,64	0,244
Ιούνιος	0,91	4,53	0,64	0,58	1,15	0,77	1,36	2,236	0,7033	2,125	2,13	1,64	0,911
Ιούνιος	0,95	5,14	0,7	0,53	1,12	0,97	1,38	3,08	0,73684	1,97143	3,57	0,81	0,098
Ιούνιος	0,88	4,21	0,45	0,53	1,16	0,72	0,85	1,395	0,51136	1,88889	2,97	0,8	0,135
Ιούνιος	0,95	4,54	0,66	0,54	1,28	0,77	1,16	1,942	0,69474	1,75758	3,57	0,97	0,154
Ιούνιος	2,2	7,48	1,24	1,3	2	1,5	1,91	12,193	0,56364	1,54032	2,34	2,01	5,361
Ιούνιος	2	7,55	1,34	1,22	2,15	1,37	1,97	13,147	0,67	1,47015	8,57	4,7	28,084
Ιούνιος	1,07	4,95	1	0,62	1,17	0,84	1,35	1,43	0,93458	1,35	1,06	0,66	0,069
Ιούνιος	1,07	4,58	0,92	0,6	1,21	0,79	1,09	2,275	0,85981	1,18478	2,19	0,5	0,184
Ιούνιος	1,2	5,04	0,68	0,74	1,21	0,91	1,31	4,085	0,56667	1,92647	5,74	1,73	1,352
Ιούνιος	0,9	4,48	0,72	0,63	1,31	0,65	1,13	2,352	0,8	1,56944	0,96	0,81	0,303
Ιούνιος	0,89	4,16	0,66	0,55	1,24	0,76	0,91	2,374	0,74157	1,37879	2,08	1,45	0,588
Ιούνιος	1,18	5,58	0,66	0,61	1,26	0,8	1,14	2,294	0,55932	1,72727	3,57	0,63	0,091
Ιούνιος	1,31	6,24	0,97	0,83	1,57	0,97	1,63	4,335	0,74046	1,68041	9,73	8,17	4,56
Ιούνιος	0,73	3,69	0,69	0,38	0,9	0,56	1,09	0,827	0,94521	1,57971	1,07	0,9	0,285
Ιούνιος	1,44	7,02	1,32	0,95	1,58	1,26	1,84	10,88	0,91667	1,39394	6,31	5,67	22,47
Ιούνιος	1,17	5,67	0,85	0,72	1,37	1,06	1,73	5,027	0,7265	2,03529	5,56	1,85	4,323
Ιούνιος	1,01	4,88	0,54	0,6	1,4	0,73	1,22	2,839	0,53465	2,25926	1,24	0,78	0,819
Ιούνιος	1,04	5,63	0,59	0,61	1,35	0,78	1,54	2,638	0,56731	2,61017	3,22	1,49	0,941
Ιούνιος	1,11	5,89	0,74	0,67	1,46	0,87	1,36	3,823	0,66667	1,83784	2,47	1,19	0,412
Ιούνιος	1	4,99	0,61	0,47	1,2	0,73	1,01	1,236	0,61	1,65574	1,92	0,65	0,098
Ιούνιος	1,08	5,41	0,55	0,63	1,42	0,85	1,27	3,967	0,50926	2,30909	7,87	0,51	0,896
Ιούνιος	1,12	5,22	0,62	0,56	1,36	0,82	1,42	2,904	0,55357	2,29032	3,04	1,19	1,314
Ιούνιος	0,98	4,36	0,64	0,51	1,05	0,85	1,3	2,302	0,65306	2,03125	15,91	0,46	1,346
Ιούνιος	1,91	8,24	1,36	1,06	2,19	1,41	1,55	16,732	0,71204	1,13971	1,69	0,52	0,013
Ιούνιος	0,91	4,53	0,62	0,57	0,92	0,71	1,25	1,936	0,68132	2,01613	3,37	1,33	0,477
Ιούνιος	2,25	7,48	1,87	1,15	2,01	1,38	2,07	16,493	0,83111	1,10695	4,95	3,96	9,828
Ιούνιος	1,52	6,81	1,23	0,9	1,55	1,3	1,89	10,477	0,80921	1,53659	10,72	1,38	1,604
Ιούνιος	1,24	5,29	0,76	0,63	1,22	0,87	1,27	2,697	0,6129	1,67105	1,01	0,82	0,225

Μήνας	Μήκος Κεφαλής (mm)	Ολικό Μήκος (mm)	Πλάτος Κεφαλής (mm)	Πλάτος Θώρακα (mm)	Μήκος Δεύτερης Κνήμης (mm)	Μήκος Γνάθου (mm)	Μήκος Σκήπου (mm)	Βάρος Μυρμηγκιού (mgr)	Κεφαλικός Δείκτης (CI)	Δείκτης Σκύπου (SI)	Μήκος Σπέρματος (mm)	Πλάτος Σπέρματος (mm)	Βάρος Σπέρματος (mgr)
Ιούνιος	1,15	5,07	0,73	0,73	1,33	0,96	1,24	3,123	0,63478	1,69863	0,89	0,98	0,265
Ιούνιος	0,98	4,81	0,84	0,51	1,31	0,82	1,37	2,262	0,85714	1,63095	1,64	0,69	0,215
Ιούνιος	1,84	8	1,05	1,02	1,38	1,42	1,96	14,005	0,57065	1,86667	6,31	4,87	29,508
Ιούνιος	1,42	6,4	0,9	0,68	1,66	1,05	1,25	6,065	0,6338	1,38889	8,59	3,51	9,554
Ιούνιος	0,98	4,18	0,67	0,54	0,95	0,85	1,04	1,565	0,68367	1,55224	0,94	0,85	0,216
Ιούνιος	1,11	5,22	0,95	0,82	1,23	0,88	1,57	4,406	0,85586	1,65263	7,81	1,03	0,387
Ιούνιος	0,94	4,01	0,71	0,62	1,14	0,84	1,28	1,84	0,75532	1,80282	7,5	2,03	5,692
Ιούνιος	0,89	4,78	0,56	0,66	1,08	0,95	1,26	2,738	0,62921	2,25	1,48	0,72	0,341
Ιούνιος	1,06	5,33	0,89	0,73	1,48	0,93	1,11	3,628	0,83962	1,24719	2,54	0,92	0,251
Ιούνιος	1,21	5,05	0,73	0,7	0,98	0,67	1,41	2,815	0,60331	1,93151	3,36	2,56	5,452
Ιούνιος	1,64	7,36	1,36	1,01	1,82	1,18	1,75	11,659	0,82927	1,28676	5,62	4,55	14,567
Ιούνιος	1,22	5,04	0,73	0,63	0,99	0,77	1,1	1,559	0,59836	1,50685	1,03	0,85	0,324
Ιούνιος	1,32	5,16	1,24	0,87	1,35	0,74	1,64	3,129	0,93939	1,32258	2,39	0,78	0,23
Ιούνιος	1,15	4,83	0,68	0,66	1,15	0,78	1	2,167	0,5913	1,47059	4,6	1,48	0,412
Ιούνιος	1,27	5,23	0,79	0,91	1,67	1,1	1,51	5,621	0,62205	1,91139	5,16	1,5	1,811
Ιούνιος	1,05	5,2	0,81	0,66	1,45	0,99	1,39	3,513	0,77143	1,71605	9,7	1,13	3,844
Ιούνιος	1,38	6,45	0,98	0,82	1,24	1,17	1,8	9,675	0,71014	1,83673	17,45	3,43	42,751
Ιούνιος	0,98	4,36	0,53	0,63	1,23	0,6	0,98	2,323	0,54082	1,84906	3,87	1,18	0,454
Ιούνιος	1,43	7,03	0,7	0,87	1,65	0,94	1,78	8,782	0,48951	2,54286	14,78	1,22	2,281
Ιούνιος	0,98	4,44	0,76	0,59	1,09	0,79	1,15	0,905	0,77551	1,51316	0,9	0,77	0,257
Ιούνιος	1,23	5,22	1,12	0,91	1,52	1,11	1,17	4,118	0,91057	1,04464	3,18	1,62	1,208
Ιούνιος	0,94	4,83	0,36	0,53	0,89	0,77	1,16	2,121	0,38298	3,22222	0,88	0,77	0,263
Ιούνιος	1,01	4,99	0,71	0,68	1,32	0,81	0,96	3,422	0,70297	1,35211	2,73	0,73	0,719
Ιούνιος	1,24	5,48	1,06	0,82	1,55	0,82	1,87	4,574	0,85484	1,76415	3,77	3,51	1,775
Ιούνιος	1,53	6,43	0,71	0,91	1,82	0,99	1,57	8,339	0,46405	2,21127	10,54	2,21	7,837
Ιούνιος	0,64	4,77	0,67	0,65	1,18	0,65	1,19	2,528	1,04688	1,77612	3,98	3,38	0,953
Ιούνιος	1,24	6,02	1,23	0,76	1,72	1,07	1,66	6,816	0,99194	1,34959	2,29	1,57	2,126
Ιούνιος	0,81	3,69	0,5	0,47	0,85	0,49	0,71	1,201	0,61728	1,42	3,61	0,4	0,065
Ιούνιος	0,92	5,23	0,64	0,75	1,11	0,89	1,25	2,293	0,69565	1,95313	2,59	0,56	0,235
Ιούνιος	1,38	5,48	1,06	0,8	1,65	0,84	1,43	4,988	0,76812	1,34906	7,13	1,06	1,797
Ιούνιος	1,16	5,39	0,71	0,68	1,67	0,83	1,72	2,294	0,61207	2,42254	5,01	1	0,985

Μήνας	Μήκος Κεφαλής (mm)	Ολικό Μήκος (mm)	Πλάτος Κεφαλής (mm)	Πλάτος Θώρακα (mm)	Μήκος Δεύτερης Κνήμης (mm)	Μήκος Γνάθου (mm)	Μήκος Σκήπου (mm)	Βάρος Μυρμηγκιού (mgr)	Κεφαλικός Δείκτης (CI)	Δείκτης Σκύπου (SI)	Μήκος Σπέρματος (mm)	Πλάτος Σπέρματος (mm)	Βάρος Σπέρματος (mgr)
Ιούνιος	1,54	7,21	0,84	0,94	1,9	1,21	1,48	11,228	0,54545	1,7619	7,17	1,03	0,9
Ιούνιος	1,39	6,25	0,83	0,92	1,18	1,2	1,42	7,003	0,59712	1,71084	2,25	1,9	4,355
Ιούνιος	0,89	3,85	0,54	0,57	0,88	0,66	1,02	1,785	0,60674	1,88889	2,82	1,09	0,453
Ιούνιος	0,96	4,25	0,6	0,62	0,84	0,69	1,32	2,333	0,625	2,2	2,44	1,58	2,053
Ιούνιος	1,58	6,36	0,86	0,91	1,64	0,98	1,5	7,486	0,5443	1,74419	14,48	2,14	19,666
Ιούνιος	1,27	5,52	0,72	0,86	1,58	0,97	0,94	3,878	0,56693	1,30556	2,47	1,13	0,341
Ιούνιος	1,16	4,95	0,81	0,87	1,42	0,76	1,44	3,107	0,69828	1,77778	6,09	2,4	1,55
Ιούνιος	1,16	4,31	0,98	0,77	1,36	0,89	1,15	2,313	0,84483	1,17347	1,39	1,09	0,476
Ιούνιος	0,92	4,95	1,01	0,71	1,18	0,6	1,42	3,05	1,09783	1,40594	2,02	2,04	2,617
Ιούνιος	1,07	5,21	1,2	0,85	1,49	0,68	1,59	4,195	1,1215	1,325	2,66	0,93	0,46
Ιούνιος	0,68	3,28	0,49	0,48	0,95	0,53	0,83	1,048	0,72059	1,69388	0,67	0,55	0,029
Ιούνιος	1,14	4,95	0,99	0,58	1,38	0,84	1,48	3,108	0,86842	1,49495	7,78	0,77	0,866
Ιούνιος	1,74	6,67	1,5	1,15	1,49	1,02	1,6	7,742	0,86207	1,06667	2,24	1,7	2,839
Ιούνιος	0,87	4,37	0,63	0,58	1,25	0,73	1,09	1,373	0,72414	1,73016	0,91	0,86	0,031
Ιούνιος	1,03	4,91	0,65	0,7	1,77	0,87	1,21	3,138	0,63107	1,86154	1,56	1,25	0,799
Ιούνιος	0,98	4,21	0,6	0,67	1,27	0,8	1,2	2,222	0,61224	2	5,22	2,6	0,908
Ιούνιος	1,48	6,53	1,21	1,03	1,79	1,15	1,68	6,325	0,81757	1,38843	0,9	0,72	0,157
Ιούνιος	0,85	4,46	0,6	0,64	1,14	0,83	0,57	1,985	0,70588	0,95	2,44	0,56	0,051
Ιούνιος	1,71	7,71	1,16	1,14	1,86	1,55	1,42	9,869	0,67836	1,22414	3,25	1,42	0,9
Ιούνιος	0,92	4,19	0,96	0,58	1,25	0,69	1,33	2,023	1,04348	1,38542	2,26	0,51	0,188
Ιούνιος	0,81	3,53	0,7	0,51	0,8	0,64	0,98	0,894	0,8642	1,4	0,84	0,8	0,035
Ιούλιος	1,15	4,94	1,15	0,68	1,12	0,76	1,28	3,08	1	1,11304	9,16	0,6	0,69
Ιούλιος	0,97	4,61	1,01	0,66	1,32	0,9	1,35	2,317	1,04124	1,33663	0,9	0,72	0,216
Ιούλιος	1	4,66	0,79	0,65	1,36	0,93	1,4	2,7	0,79	1,77215	2,69	3,59	7,38
Ιούλιος	1	5,13	0,81	0,7	1,43	1,01	1,33	4,479	0,81	1,64198	6,54	1,88	4,88
Ιούλιος	1,01	4,74	0,97	0,7	1,13	0,81	1,18	2,12	0,9604	1,21649	0,81	0,75	0,207
Ιούλιος	1,5	6,48	1,82	1,05	1,33	1,35	2,03	8,98	1,21333	1,11538	15,22	4,9	13,9
Ιούλιος	0,88	4,07	0,98	0,67	1,31	0,73	0,84	2,159	1,11364	0,85714	0,73	0,91	0,207
Ιούλιος	1,46	6,57	1,09	0,87	1,85	1,35	1,42	9,302	0,74658	1,30275	1,13	1,02	0,566
Ιούλιος	0,89	4,79	1,01	0,79	1,33	0,78	1,2	2,543	1,13483	1,18812	0,84	0,74	0,152
Ιούλιος	1,29	6,2	1,16	0,83	1,77	1,09	1,49	4,433	0,89922	1,28448	8,07	2,91	1,117

Μήνας	Μήκος Κεφαλής (mm)	Ολικό Μήκος (mm)	Πλάτος Κεφαλής (mm)	Πλάτος Θώρακα (mm)	Μήκος Δεύτερης Κνήμης (mm)	Μήκος Γνάθου (mm)	Μήκος Σκήπου (mm)	Βάρος Μυρμηγκιού (mgr)	Κεφαλικός Δείκτης (CI)	Δείκτης Σκύπου (SI)	Μήκος Σπέρματος (mm)	Πλάτος Σπέρματος (mm)	Βάρος Σπέρματος (mgr)
Ιούλιος	1,71	7,27	1,54	0,89	2,22	1,42	2,11	11,259	0,90058	1,37013	12,49	6,6	5,111
Ιούλιος	0,94	4,84	0,75	0,62	1,31	0,91	0,94	1,316	0,79787	1,25333	0,65	0,62	0,096
Ιούλιος	0,99	4,88	1	0,59	1,44	1,1	1,23	2,475	1,0101	1,23	3,65	5,93	0,593
Ιούλιος	0,84	4,47	1,07	0,56	0,74	0,86	0,93	0,974	1,27381	0,86916	0,81	0,8	0,235
Ιούλιος	0,95	4,84	0,64	0,65	1,4	0,73	1,23	2,173	0,67368	1,92188	2,78	2,84	6,251
Ιούλιος	0,96	5,03	0,75	0,68	1,36	0,76	1,25	2,688	0,78125	1,66667	10,12	1,24	1,701
Ιούλιος	2,15	8,47	1,23	1,17	2,4	1,54	2,27	15,805	0,57209	1,84553	6,92	1,23	1,724
Ιούλιος	0,92	4,46	0,62	0,54	1,26	0,86	1,26	2,018	0,67391	2,03226	0,86	0,81	0,231
Ιούλιος	1,31	5,44	1,02	0,68	1,34	0,87	1,3	1,392	0,77863	1,27451	1,03	0,79	0,228
Ιούλιος	1,37	6,39	1,64	0,94	1,59	0,9	1,72	7,045	1,19708	1,04878	15,45	4,2	4,225
Ιούλιος	1,31	5,82	1	0,67	1,48	0,94	1,59	6,1	0,76336	1,59	2,56	2,55	7,02
Ιούλιος	1,35	6,53	0,86	0,93	1,68	0,97	1,83	7,839	0,63704	2,12791	17	7,04	6,451
Ιούλιος	0,96	4,53	0,89	0,58	1,32	0,74	1,39	2,4	0,92708	1,5618	6,02	1,22	1,714
Ιούλιος	0,78	3,89	0,48	0,5	1	0,78	1,13	1,42	0,61538	2,35417	2,97	0,54	0,143
Ιούλιος	1,96	7,88	1,08	1,23	2,22	1,54	1,97	15,807	0,55102	1,82407	7,89	9,03	11,206
Ιούλιος	1,37	6,01	1	0,81	1,43	0,96	1,73	5,882	0,72993	1,73	3,72	3,57	10,7
Ιούλιος	1,8	6,76	1,11	1,03	2,02	1,59	2,08	11,629	0,61667	1,87387	15,54	4,93	4,42
Ιούλιος	1,63	7,36	1,06	1,04	1,92	1,57	1,75	12,125	0,65031	1,65094	17,8	4,95	14,373
Ιούλιος	1	5,21	0,5	0,8	1,49	0,79	1,36	2,985	0,5	2,72	2,37	2,55	4,894
Ιούλιος	1,02	4,91	0,81	0,69	1,38	0,89	1,4	3,203	0,79412	1,7284	11,8	1,57	0,296
Ιούλιος	1,73	6,88	0,77	1,09	2,1	1,4	1,65	12,536	0,44509	2,14286	16,76	4,39	13,16
Ιούλιος	0,97	4,74	0,56	0,65	1,33	0,73	1,42	3,124	0,57732	2,53571	2,42	2,61	5,42
Ιούλιος	0,8	4,69	0,78	0,58	1,19	0,87	1,11	1	0,975	1,42308	2,61	2,55	2,665
Ιούλιος	1,26	5,86	1,07	0,73	1,67	1,17	1,75	6,287	0,84921	1,63551	14,48	4,45	7,755
Ιούλιος	1,73	7,6	1,46	1,03	2,09	1,25	1,51	12,532	0,84393	1,03425	17,07	4,8	17,448
Ιούλιος	1,42	6,44	0,94	0,83	1,68	1,09	1,43	7,231	0,66197	1,52128	16,3	3,05	3,647
Ιούλιος	1,05	5,52	0,71	0,71	1,39	1,01	1,3	3,666	0,67619	1,83099	11,4	0,51	0,146
Ιούλιος	1,24	5,74	0,72	0,93	1,55	1,11	1,52	5,397	0,58065	2,11111	13,62	1,45	0,431
Ιούλιος	1,08	5,14	1,12	0,65	1,35	0,78	1,46	3,425	1,03704	1,30357	2,63	2,68	6,305
Ιούλιος	1,03	4,99	0,55	0,72	1,33	0,83	1,42	3,073	0,53398	2,58182	8,06	1,04	0,151
Ιούλιος	1,7	7,3	0,69	1,06	2,01	1,32	2,42	10,396	0,40588	3,50725	8,75	9,95	24,669

Μήνας	Μήκος Κεφαλής (mm)	Ολικό Μήκος (mm)	Πλάτος Κεφαλής (mm)	Πλάτος Θώρακα (mm)	Μήκος Δεύτερης Κνήμης (mm)	Μήκος Γνάθου (mm)	Μήκος Σκήπου (mm)	Βάρος Μυρμηγκιού (mgr)	Κεφαλικός Δείκτης (CI)	Δείκτης Σκύπου (SI)	Μήκος Σπέρματος (mm)	Πλάτος Σπέρματος (mm)	Βάρος Σπέρματος (mgr)
Ιούλιος	1,32	6,32	0,62	0,89	1,72	1,1	1,53	6,643	0,4697	2,46774	4,91	1,13	1,658
Ιούλιος	1,66	6,84	1,27	0,77	2,05	1,31	2,16	10,494	0,76506	1,70079	0,89	0,79	0,188
Ιούλιος	1,79	7,27	1	1,08	2,08	1,52	2,26	13,832	0,55866	2,26	12,46	2,3	9,24
Ιούλιος	1,75	6,96	1,2	0,96	2	1,32	1,8	10,848	0,68571	1,5	11,73	3,01	10,06
Ιούλιος	1	5,16	0,93	0,63	1,27	0,82	1,28	3,285	0,93	1,37634	4,8	0,97	1,189
Ιούλιος	1,29	5,48	1,19	0,81	1,33	1,09	1,38	4,818	0,92248	1,15966	6,33	1,07	1,709
Ιούλιος	1,7	7,79	0,86	0,97	1,84	1,3	1,74	13,369	0,50588	2,02326	2,85	2,88	7,38
Ιούλιος	1,62	6,9	1,09	1	1,81	1,27	2,12	11,18	0,67284	1,94495	13,86	1,58	4,599
Ιούλιος	1,94	7,31	0,98	1,2	2,09	1,48	2,53	13,481	0,50515	2,58163	29,08	4,33	29
Ιούλιος	1,29	6,44	0,94	0,81	1,61	1,06	1,72	6,56	0,72868	1,82979	15,51	1,55	1,027
Ιούλιος	0,99	5,15	1,07	0,58	1,37	0,85	1,03	2,508	1,08081	0,96262	6,04	1,4	1,054
Ιούλιος	1,49	5,95	1,18	0,91	1,89	1,18	1,61	8,127	0,79195	1,36441	14,39	1,07	1,695
Ιούλιος	0,85	4,22	0,71	0,47	1,16	0,715	1,17	1,478	0,83529	1,64789	3,64	1,21	0,095
Ιούλιος	0,91	4,71	0,64	0,67	1,22	0,79	1,06	2,158	0,7033	1,65625	1,05	0,79	0,29
Ιούλιος	1,03	5,08	0,92	0,69	1,5	0,9	1,61	3,805	0,8932	1,75	0,77	1,07	0,317
Ιούλιος	1,64	6,85	0,61	0,97	2,12	1,43	1,28	10,366	0,37195	2,09836	16,53	5,31	12,316
Ιούλιος	1	5,64	0,6	0,61	1,48	0,85	1,54	3,995	0,6	2,56667	0,61	0,85	0,171
Ιούλιος	0,99	5,03	0,58	0,59	1,17	0,83	1	1,26	0,58586	1,72414	3,14	0,48	0,106
Ιούλιος	1,57	6,65	0,91	1,01	1,87	1,1	1,39	8,767	0,57962	1,52747	14,44	3,19	5,5
Ιούλιος	1,49	6,84	1,3	0,8	1,52	1,07	1,07	6,799	0,87248	0,82308	15,21	2	1,347
Ιούλιος	1,76	7,81	1,57	0,99	1,96	1,17	1,58	12,97	0,89205	1,00637	7,55	2,19	1,911
Ιούλιος	0,93	4,66	0,92	0,54	0,86	0,72	1,24	1,731	0,98925	1,34783	5,47	1,29	0,124
Ιούλιος	1,73	7,73	0,96	1,12	2,1	1,47	2,04	13,7	0,55491	2,125	13,27	3,76	5,49
Ιούλιος	0,91	4,57	0,51	0,64	1,1	0,85	1,07	2,452	0,56044	2,09804	3,52	2,48	4,85
Ιούλιος	1,69	7,12	1,26	0,98	1,99	1,23	1,48	9,958	0,74556	1,1746	15,58	3,91	11,137
Ιούλιος	1,5	7,04	0,89	0,84	1,82	1,41	2,22	8,69	0,59333	2,49438	5,33	2,98	4,356
Ιούλιος	1,33	6,25	1,1	0,78	1,48	1,07	1,59	6,048	0,82707	1,44545	3,08	1,36	0,982
Ιούλιος	0,99	5,1	0,63	0,7	1,33	0,89	1,37	3,434	0,63636	2,1746	5,83	5,36	1,484
Ιούλιος	1,72	6,91	1,33	0,92	2	1,29	1,85	11,524	0,77326	1,39098	10,18	10,2	28,418
Ιούλιος	1,16	5,73	0,63	0,84	1,55	0,93	1,45	4,365	0,5431	2,30159	11,19	3,49	0,777
Ιούλιος	1,65	6,86	0,88	1	1,84	1,23	1,93	9,652	0,53333	2,19318	3,13	3,03	7,394

Μήνας	Μήκος Κεφαλής (mm)	Ολικό Μήκος (mm)	Πλάτος Κεφαλής (mm)	Πλάτος Θώρακα (mm)	Μήκος Δεύτερης Κνήμης (mm)	Μήκος Γνάθου (mm)	Μήκος Σκήπου (mm)	Βάρος Μυρμηγκιού (mgr)	Κεφαλικός Δείκτης (CI)	Δείκτης Σκύπου (SI)	Μήκος Σπέρματος (mm)	Πλάτος Σπέρματος (mm)	Βάρος Σπέρματος (mgr)
Ιούλιος	0,88	4,81	0,38	0,67	1,13	0,62	0,97	1,261	0,43182	2,55263	14,81	1,4	1,189
Ιούλιος	1,35	6,03	0,93	0,8	1,63	0,97	1,2	6,534	0,68889	1,29032	14,29	3,55	8,733
Ιούλιος	0,88	4,57	0,56	0,53	1,24	0,77	1,07	1,5	0,63636	1,91071	2,97	0,84	0,188
Ιούλιος	1,69	7,14	0,76	1,14	1,89	1,63	2,45	11,556	0,4497	3,22368	1,02	0,99	0,287
Ιούλιος	1,09	4,87	0,84	0,78	1,4	1,05	1,35	3,623	0,77064	1,60714	2,81	2,84	7,687
Ιούλιος	1,57	6,78	1,02	0,92	1,95	1,29	2,37	9,47	0,64968	2,32353	10,2	9,78	19,783
Ιούλιος	1,82	8,04	1,07	1,06	2,1	1,61	2,26	12,824	0,58791	2,11215	17,4	5,41	8,277
Ιούλιος	0,68	3,56	0,4	0,42	0,97	0,61	0,88	0,766	0,58824	2,2	12,67	2,21	0,613
Ιούλιος	1,66	6,54	0,73	0,96	1,89	1,4	2	12,611	0,43976	2,73973	9,9	9,74	19,91
Ιούλιος	1,7	7,55	1,3	1,01	1,93	1,5	2	11,088	0,76471	1,53846	14,84	3,57	5,889
Ιούλιος	1,38	5,96	0,8	0,81	1,55	0,72	1,93	6,808	0,57971	2,4125	15,8	3,74	6,133
Ιούλιος	0,84	4,45	0,73	0,61	1,06	0,68	0,73	1,478	0,86905	1	0,88	0,72	0,18
Ιούλιος	0,91	4,46	0,62	0,61	1,05	0,64	1,1	1,578	0,68132	1,77419	9,84	1,32	0,059
Ιούλιος	0,94	4,73	0,9	0,72	1,29	0,89	1,13	0,89	0,95745	1,25556	1,09	0,76	0,178
Αύγουστος	1,12	4,67	0,67	0,68	1,21	0,92	1,28	3,822	0,59821	1,91045	5,85	2,57	1,815
Αύγουστος	1,24	6,21	0,51	0,75	1,28	0,96	1,62	6,64	0,41129	3,17647	8,77	1,38	2,685
Αύγουστος	1,85	8,46	1,15	0,94	2,14	1,42	2,26	14,029	0,62162	1,96522	11,99	1,11	1,839
Αύγουστος	0,81	3,92	0,51	0,47	1,15	0,76	1,01	1,723	0,62963	1,98039	8,02	1,57	1,695
Αύγουστος	1,03	4,24	0,78	0,61	1,31	0,89	1,07	1,885	0,75728	1,37179	2,09	0,86	0,365
Αύγουστος	1,82	7,44	1,75	1,11	1,88	1,49	2,47	15,26	0,96154	1,41143	7,68	5,49	17,168
Αύγουστος	1,06	5,07	1,06	0,63	1,33	1	1,48	3,4	1	1,39623	4,42	2,19	9,18
Αύγουστος	1,28	5,53	1,05	0,72	1,38	0,85	1,69	4,362	0,82031	1,60952	0,86	0,94	0,264
Αύγουστος	0,85	3,94	0,54	0,58	1,1	0,69	0,9	1,598	0,63529	1,66667	4,1	1,76	1,905
Αύγουστος	1,03	4,26	1,26	0,74	1,09	0,6	1,55	1,403	1,2233	1,23016	1,98	1,71	3,504
Αύγουστος	1,15	5,11	0,74	0,68	1,19	1,02	1,29	2,329	0,64348	1,74324	3,48	1,43	0,943
Αύγουστος	0,98	4,96	1,19	0,55	1,18	0,5	0,76	0,86	1,21429	0,63866	1,18	0,83	0,275
Αύγουστος	1,21	4,67	0,98	0,67	1,46	1	0,6	3,889	0,80992	0,61224	4,01	0,4	0,211
Αύγουστος	1,59	6,69	1,5	0,87	1,67	1,16	2,02	7,55	0,9434	1,34667	2,19	1,76	2,713
Αύγουστος	1,2	5,32	0,54	0,66	0,99	0,93	1,17	2,262	0,45	2,16667	0,96	0,81	0,236
Αύγουστος	1,03	4,65	0,75	0,59	1,19	0,76	1,11	2,293	0,72816	1,48	1,21	0,77	0,354
Αύγουστος	1,04	5,44	0,81	0,69	1,36	0,9	1,52	4,03	0,77885	1,87654	2,12	0,53	0,26

Μήνας	Μήκος Κεφαλής (mm)	Ολικό Μήκος (mm)	Πλάτος Κεφαλής (mm)	Πλάτος Θώρακα (mm)	Μήκος Δεύτερης Κνήμης (mm)	Μήκος Γνάθου (mm)	Μήκος Σκήπου (mm)	Βάρος Μυρμηγκιού (mgr)	Κεφαλικός Δείκτης (CI)	Δείκτης Σκύπου (SI)	Μήκος Σπέρματος (mm)	Πλάτος Σπέρματος (mm)	Βάρος Σπέρματος (mgr)
Αύγουστος	1,9	7,31	1,8	1,11	2,04	1,52	2,18	15,316	0,94737	1,21111	3,69	3,28	6,477
Αύγουστος	0,99	3,51	0,49	0,55	1,09	0,53	0,72	0,865	0,49495	1,46939	1,97	0,62	0,24
Αύγουστος	1,34	5,67	1	0,74	1,58	0,9	1,06	5,191	0,74627	1,06	4,89	1,05	0,357
Αύγουστος	0,95	5,02	0,58	0,56	1,39	0,67	1,2	1,378	0,61053	2,06897	1,2	0,68	0,086
Αύγουστος	0,79	3,98	0,69	0,52	0,97	0,75	1,16	1,26	0,87342	1,68116	1,3	0,68	0,082
Αύγουστος	0,78	3,77	0,38	0,65	1,12	0,71	0,84	1,609	0,48718	2,21053	7,59	0,67	0,716
Αύγουστος	1,08	4,94	1,2	0,76	1,49	0,85	1,41	4,579	1,11111	1,175	4,66	3,82	8,068
Αύγουστος	0,7	4,13	0,51	0,51	0,94	0,75	1,17	1,546	0,72857	2,29412	3,83	0,58	0,381
Αύγουστος	1,15	6,06	0,83	0,67	0,9	0,98	1,5	5,384	0,72174	1,80723	3,87	0,73	0,761
Αύγουστος	0,79	4,65	0,56	0,44	0,97	0,55	0,76	0,891	0,70886	1,35714	2,65	1,54	0,545
Αύγουστος	1,42	5,94	0,6	0,72	1,39	1,14	1,46	5,692	0,42254	2,43333	9,18	1,34	2,854
Αύγουστος	1,21	4,87	0,75	0,82	1,15	0,83	1,13	3,565	0,61983	1,50667	4,26	1,15	1,026
Αύγουστος	1,67	7,08	0,98	0,96	1,6	1,45	2,07	12,123	0,58683	2,11224	11,99	1,84	8,654
Αύγουστος	0,87	4,83	0,71	0,48	1,09	0,53	1,14	1,304	0,81609	1,60563	6,67	1,33	1,046
Αύγουστος	1,2	5,72	1,15	0,74	1,46	0,62	1,44	5,341	0,95833	1,25217	5,5	1,56	2,076
Αύγουστος	1,17	5,59	1,11	0,7	1,42	0,89	1,05	4,178	0,94872	0,94595	8,61	2,73	4,618
Αύγουστος	1,8	6,51	1,39	0,9	1,89	1,34	1,7	9,527	0,77222	1,22302	15,85	3,28	20,375
Αύγουστος	1,33	6,5	1,08	0,85	1,6	1,16	1,76	6,518	0,81203	1,62963	13,07	4,46	5,851
Αύγουστος	0,64	3,32	0,85	0,5	0,87	0,68	1,06	0,757	1,32813	1,24706	2,11	0,77	0,106
Αύγουστος	0,9	4	0,7	0,55	0,91	0,79	1,22	2,427	0,77778	1,74286	4,34	0,54	0,395
Αύγουστος	1,21	6,24	1,19	0,87	1,6	0,89	1,44	5,846	0,98347	1,21008	7,52	1,28	1,758
Αύγουστος	1,46	6,5	1,23	0,88	1,82	1,12	1,6	7,936	0,84247	1,30081	7,5	6,31	27,769
Αύγουστος	1,17	5,37	0,68	0,66	1,29	1	1,58	4,333	0,5812	2,32353	4,56	1,92	2,653
Αύγουστος	1,37	6,26	0,9	0,79	1,76	1,52	1,77	7,541	0,65693	1,96667	4,96	1,69	2,086
Αύγουστος	0,98	4,67	0,55	0,58	1,37	0,67	1,28	1,207	0,56122	2,32727	3,53	1,41	0,464
Αύγουστος	1,06	4,88	0,8	0,66	1,21	0,8	1,55	3,329	0,75472	1,9375	4,38	2,95	6,259
Αύγουστος	1,11	5,12	1,07	0,69	1,77	0,89	1,41	3,233	0,96396	1,31776	4,09	0,86	0,656
Αύγουστος	1,78	7,45	1,26	1,03	1,66	1,55	1,94	12,794	0,70787	1,53968	7,88	8,21	96,276
Αύγουστος	1,54	5,72	1,53	0,68	1,54	1,12	1,15	4,171	0,99351	0,75163	2,24	1,99	4,029
Αύγουστος	1,1	4,61	1,08	0,72	1,37	1,17	1,29	3,175	0,98182	1,19444	3,44	2,14	4,689
Αύγουστος	0,97	4,52	0,95	0,64	0,92	0,79	1,07	2,788	0,97938	1,12632	5,24	1,98	0,575

Μήνας	Μήκος Κεφαλής (mm)	Ολικό Μήκος (mm)	Πλάτος Κεφαλής (mm)	Πλάτος Θώρακα (mm)	Μήκος Δεύτερης Κνήμης (mm)	Μήκος Γνάθου (mm)	Μήκος Σκήπου (mm)	Βάρος Μυρμηγκιού (mgr)	Κεφαλικός Δείκτης (CI)	Δείκτης Σκύπου (SI)	Μήκος Σπέρματος (mm)	Πλάτος Σπέρματος (mm)	Βάρος Σπέρματος (mgr)
Αύγουστος	0,99	4,57	0,56	0,65	1,13	1,01	1,46	3,305	0,56566	2,60714	16,49	0,6	1,452
Αύγουστος	0,89	4,18	0,6	0,57	1,32	0,81	0,85	1,93	0,67416	1,41667	4,12	1,22	0,499
Αύγουστος	1,2	5,87	0,95	0,62	1,62	0,84	1,3	2,412	0,79167	1,36842	1	0,85	0,286
Αύγουστος	1,84	8,09	1,31	1,07	2,09	1,51	1,34	7,909	0,71196	1,0229	6,48	6,45	32,946
Αύγουστος	0,77	3,82	0,64	0,42	0,98	0,58	0,69	1,507	0,83117	1,07813	2,45	1,07	0,509
Αύγουστος	1,12	5,75	1,05	0,59	1,66	0,79	1,67	4,407	0,9375	1,59048	5,95	1,38	2,046
Αύγουστος	1,05	4,89	0,97	0,62	1,16	0,67	1,26	1,297	0,92381	1,29897	1,01	0,68	0,201
Αύγουστος	1,56	6,16	1,09	0,77	1,54	1,11	1,27	2,347	0,69872	1,16514	4,45	0,92	0,869
Αύγουστος	0,96	4,87	0,56	0,55	1,43	0,82	1,44	2,485	0,58333	2,57143	5	1,02	0,924
Αύγουστος	1,42	6,3	1,34	0,81	1,8	0,97	1,56	7,162	0,94366	1,16418	2,41	2,02	3,635
Αύγουστος	0,8	3,53	0,72	0,52	1,04	0,7	0,94	1,073	0,9	1,30556	2,95	0,74	0,422
Αύγουστος	0,94	4,13	0,52	0,59	0,94	1	1,12	1,906	0,55319	2,15385	4,46	1,24	0,95
Αύγουστος	1,32	5,8	0,85	0,56	1,18	1,22	1,16	3,515	0,64394	1,36471	1,02	0,8	0,243
Αύγουστος	1,74	6,51	1,52	0,93	1,61	1,23	1,92	7,467	0,87356	1,26316	0,82	0,9	0,25
Αύγουστος	1,27	5,55	0,71	0,7	1,31	1,02	1,34	2,919	0,55906	1,88732	0,84	0,79	0,241
Αύγουστος	0,99	4,42	0,4	0,72	1,17	0,68	0,93	2,093	0,40404	2,325	3,48	0,78	0,576
Αύγουστος	1,23	4,94	0,83	0,7	1,22	0,93	1,45	2,482	0,6748	1,74699	0,95	0,84	0,287
Αύγουστος	1,29	5,11	1,14	0,8	1,58	1,21	1,58	3,69	0,88372	1,38596	5,41	0,62	0,936
Αύγουστος	0,85	3,84	0,49	0,53	1,04	0,84	0,72	1,3	0,57647	1,46939	2,32	2,75	0,057
Αύγουστος	1,25	6,02	0,95	0,74	1,43	0,99	1,53	4,882	0,76	1,61053	5,35	4,81	16,654
Αύγουστος	1,3	5,6	1,06	0,63	1,46	0,92	1,53	3,704	0,81538	1,4434	0,96	0,91	0,216
Αύγουστος	1,46	6,09	1,47	0,75	1,53	1,14	1,73	4,796	1,00685	1,17687	0,87	0,91	0,273
Αύγουστος	1,59	6,54	1,09	0,95	1,6	1,25	1,78	8,196	0,68553	1,63303	6,21	6,23	15,63
Αύγουστος	1,16	5,5	1,04	0,67	1,42	0,81	1,36	3,586	0,89655	1,30769	2,93	1,77	5,597
Αύγουστος	1,2	4,98	1,22	0,76	1,37	0,95	1,39	1,6	1,01667	1,13934	0,9	0,73	0,201
Αύγουστος	1,18	5,17	1,02	0,8	1,3	0,96	1,14	1,408	0,86441	1,11765	1,04	0,92	0,246
Αύγουστος	1,1	5,34	1,04	0,79	1,32	1,04	1,42	1,984	0,94545	1,36538	0,96	0,3	0,206
Αύγουστος	0,99	4,28	0,96	0,6	1,15	0,52	1,1	0,482	0,9697	1,14583	1,01	8,86	0,259
Αύγουστος	1,05	4,81	1,09	0,59	1,36	0,81	1,45	1,775	1,0381	1,33028	1,03	0,39	0,023
Αύγουστος	1,55	6,34	1,07	0,9	1,12	1,23	1,76	4,197	0,69032	1,64486	0,89	0,83	0,21
Αύγουστος	1,79	6,65	1,54	0,97	1,77	1,46	1,64	9,367	0,86034	1,06494	9,12	1,48	4,468

Μήνας	Μήκος Κεφαλής (mm)	Ολικό Μήκος (mm)	Πλάτος Κεφαλής (mm)	Πλάτος Θώρακα (mm)	Μήκος Δεύτερης Κνήμης (mm)	Μήκος Γνάθου (mm)	Μήκος Σκήπου (mm)	Βάρος Μυρμηγκιού (mgr)	Κεφαλικός Δείκτης (CI)	Δείκτης Σκύπου (SI)	Μήκος Σπέρματος (mm)	Πλάτος Σπέρματος (mm)	Βάρος Σπέρματος (mgr)
Αύγουστος	1,25	5,1	0,71	0,69	1,34	0,99	1,33	2,265	0,568	1,87324	10,97	1,67	1,54
Αύγουστος	1,24	5,19	0,92	0,67	1,31	0,97	1,3	1,26	0,74194	1,41304	1,04	0,96	0,242
Αύγουστος	1,35	5,74	1,2	0,73	1,38	0,94	1,49	3,347	0,88889	1,24167	2,5	0,67	0,119
Αύγουστος	1,56	6,37	1,42	0,96	1,61	1,37	1,98	4,592	0,91026	1,39437	4,51	0,95	0,405
Αύγουστος	1,74	6,92	1,66	0,98	1,65	1,41	1,65	6,911	0,95402	0,99398	7,28	3,27	8,836
Αύγουστος	1,52	6,82	1,26	0,82	1,23	1,2	1,59	6,145	0,82895	1,2619	6,08	1,29	2,316
Αύγουστος	1,37	6,34	1,16	0,7	1,65	0,96	1,69	5,406	0,84672	1,4569	11,38	3,32	5,148
Αύγουστος	1,39	6,01	1,22	0,84	1,68	1,07	1,54	6,031	0,8777	1,2623	7,37	7,34	11,626
Αύγουστος	0,9	4,02	0,72	0,52	1,04	0,73	0,84	0,821	0,8	1,16667	0,96	0,72	0,215
Αύγουστος	1,21	4,57	0,8	0,59	1,3	0,75	0,9	2,418	0,66116	1,125	4,16	1,01	0,513
Αύγουστος	0,84	3,81	0,89	0,49	1,35	0,52	1,14	1,108	1,05952	1,2809	3,8	1,45	0,283

Modelling multiple transfer and nectar flow in honeybees

Ronald Thenius, Thomas Schmickl, Karl Crailsheim

Department of Zoology, Karl-Franzens-University Graz, Universitätsplatz 2, A-8010 Graz, Austria;
E-mail: theniusr@stud.uni-graz.at

Honeybee colonies have to collect nectar in the environment to cover the colony's energy demands. This task is performed by forager bees. Foragers returning from a successful foraging trip do not store the collected nectar by themselves, in contrast, they handle it over to nectar-receivers. A forager bee does not always transfer the whole amount of collected nectar to just one nectar receiving bee. Such partial unloadings may recur several times within an unloading process after a forager returns to the colony. The rate of these multiple transfers increases with an increase of nectar flow on the nectar source, independent of the sugar concentration of the nectar offered by the source. We found, that this increase of multiple unloads does not only affect the foragers collecting on one source but the whole cohort of foraging and nectar receiving honeybees. Our simulation of honeybee foraging shows a new, yet unknown possible mechanisms of information transfer via multiple nectar transfers and the local availability of global information about the over-all environmental situation regarding the nectar flow in a honeybee colony.

Preliminary experiments on the foraging activity of *Messor* ants from Greece

Chris Georgiadis and Anastasios Legakis

Section of Zoology-Marine Biology, Dept. of Biology, University of Athens, Panepistimioupolis, GR-15784 Athens, Greece

Keywords: *Messor*, foraging, seeds, activity

The seed-harvesting ants of the genus *Messor* represent a significant ground-dwelling group in the Mediterranean ecosystems. Their effect on the constitution of the vegetation of Mediterranean meadows has not been extensively documented. We conducted experiments to assess the daily activity of ants in relation to the abiotic factors of the study area. In addition cafeteria experiments on the food preferences of *Messor* ants were held at this same area. Finally, we tried to evaluate the relationship between the size of the ants and the size of seeds available. Results indicate a clear pattern on the ant daily activity with direct liaison to environmental factors such as air temperature and relative humidity. *Messor* ants prefer the smaller and slimmer seeds among those offered. There is no direct correlation between worker size and seed size, however, larger seeds tend to be selected mainly by larger ants.

Tuesday, 1 August 2006

491

Foraging Strategy of *Messor* (Forel) seed-eating ants in a Mediterranean-type ecosystem

Chris Georgiadis, Department of Biology, Section of Zoology - Marine Biology, University of Athens, Panepistimioupolis, Zografou, Athens, Greece and
Anastasios Legakis, Zoological Museum, University of Athens, Panepistimioupolis, Zografou, Athens, Greece.

The harvester ants of the genus *Messor* represent the majority of seed removing arthropods in typical Mediterranean-type ecosystems. In this study we initially documented the spatial distribution of the colonies and performed population estimation for each one. We measured the daily activity in relation to abiotic factors such as air and soil temperature, air relative humidity, wind speed and others. A thorough assessment of the flora of the study area was carried out, providing a reference collection for the determination of the seeds. In addition, associations of the ant activity with the type and size of available seeds in the area were carried out, demonstrating randomness of selection for the type and a slight predisposition of larger ants selecting for larger seeds. Percentages of load samples were recorded indicating changes in the foraging activity from spring to autumn, as well as a shift in the load target before and after nuptial flight period. Finally, the hypothesized myrmecochory process was tested by examining the presence of elaiosomes on seeds that were carried by ants.



Foraging Strategy of *Messor* (Forel) seed-eating ants in a Mediterranean-type ecosystem



Chris Georgiadis, Department of Biology, Section of Zoology - Marine Biology, University of Athens, Panepistimioupolis, Zografou, Athens, Greece (cgeorgia@biol.uoa.gr)
 Anastasios Legakis, Zoological Museum, University of Athens, Panepistimioupolis, Zografou, Athens, Greece (alegakis@biol.uoa.gr)



Introduction

The ants of the genus *Messor* are the most important seed removing arthropods in typical Mediterranean-type ecosystems (Azcarate & Peco, 2003). They are polydomus and territoriality has been shown to exist between colonies (Hölldobler, 1976). Foraging takes place along well established trunk trails and recruitment is performed with the use of pheromones along that trail.

Area of Study

Typical Mediterranean-type ecosystem
 Vegetation: Gramineae grasses, *Sacropoterium spinosum*, *Capsella bursa-pastoris*, *Medicago* sp., *Calendula arvensis*, *Aira* sp.
 Coordinates: N38° 10' 20" E23° 48' 53" Altitude: 560m (1837ft)

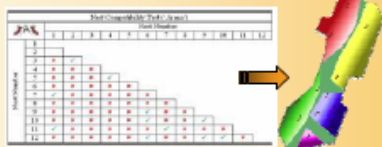


Abiotic factors

With the use of a hand-held meteorological logger we recorded abiotic factors such as air temperature, air relative humidity, barometric pressure and wind speed in the immediate vicinity of the nest entrance every 5 minutes of the day. The data were transferred using the appropriate software to a PC. In addition, soil properties were measured using standard methods.

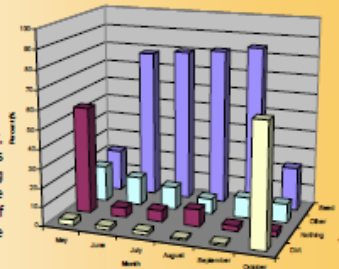
Territoriality

'Arena' tests → establish relationships between ant nests
 Individual ants from one nest were placed in the same petri dish with ants from other nest after leaving them alone for 2 minutes. Aggressive or kin behavior was recorded.
 After duplication → 5 groups (colonies) seem to exist



Percentages of Material Transported

Using a multiple tally counter, we recorded number of ants returning to the nest carrying different loads. Following the nuptial flight (about 10th of October) a rapid shift in the foraging activity takes place.

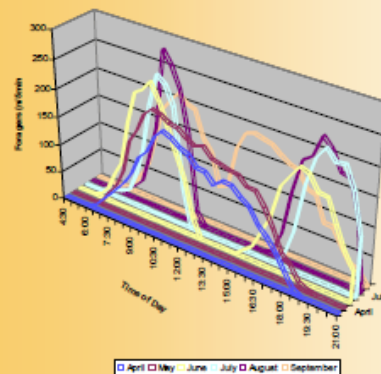


XV Congress IUSSI, Washington DC, 30.7-4.8.2006

Daily Phenology

5 nests were selected (No. 1-5) and all entrances were encircled with initially plastic and later aluminum strips (Pic.1.). It was shown that this enclosure did not have an effect on the foraging activity. All ants were thus directed through a single opening of the strips for ease of measurements. Recordings of ant numbers exiting each nest for the first 5 minutes of every half hour were performed twice a week, between April and September for the years 2004-2006.

Monthly Ant Foraging Activity

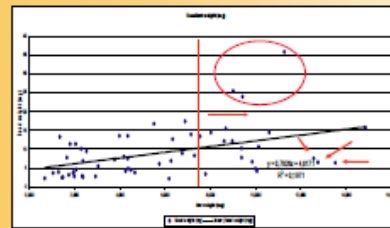


The relation of the abiotic factors that may affect ant foraging activity was explored by initially performing a multiple regression between these factors (adjusted R²=0.856, p=0.015) followed by a forward stepwise regression. Atmospheric pressure and air temperature seem to be the most important factors affecting foraging activity.

	F to enter	p value
Atmospheric pressure	5.81	0.07
Air Temperature	21.47	0.01
Wind Speed	1.41	0.30
Air Relative Humidity	1.16	0.34

Ant – Seed Size and Weight Correlation

Individual ants carrying seed were collected with the seed and stored in eppendorf tubes with 95% alcohol. Standard morphometric measurements were taken using a high-definition camera mounted on a stereoscope and connected to a PC. In addition, the weight of the ants and their seeds was recorded.



Body weight is a limiting factor for slimmer ants. Heavier ants can carry larger loads but are also non-selective.

Selected References

Hölldobler, B. 1976. Recruitment behavior, home range orientation and territoriality in harvester ants, *Pogonomyrmex*. Behavioral Ecology and Sociobiology, 1(1), 3-44.
 Azcarate, F.M. and Peco, B. 2003. Spatial patterns of seed predation by harvester ants (*Messor Forel*) in Mediterranean grassland and scrubland, *Insectes Sociaux*, 50(2), 120-126.

This project is part of a Ph.D. dissertation which is financially supported by the grant IRAKLEITOS - Fellowships for Research of NKUA- from the Greek Ministry of Education. The project is co-financed within Op. Education by the ESF (European Social Fund) and National Resources.

