



ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΕΠΟΙΚΟΝΙΑΣΤΩΝ *BOMBUS*
***TERRESTRIS* ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ**

ΝΙΚΟΛΑΪΔΗ ΒΑΣΙΛΕΙΑ

Εισηγητής: Δρ. Ροδιτάκης Εμμανουήλ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2010

Ευχαριστίες

Η εργασία αυτή είναι προϊόν σκληρής δουλειάς και πολύτιμης βοήθειας μιας σειράς ανθρώπων τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω.

Τον εισηγητή μου ερευνητή Δρ. Ν. Ροδιτάκη προϊστάμενο του εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Ινστιτούτου Προστασίας Φυτών Ηρακλείου (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε) που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα όπως η συμπεριφορά των εοικονιαστών στην καλλιέργεια της τομάτας και για την πολύτιμη βοήθειά του όλο αυτό το διάστημα κατά την διάρκεια της εκτέλεσης του πειραματικού μέρους και της συγγραφής της πτυχιακής μου εργασίας.

Τέλος, να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την ηθική και οικονομική υποστήριξη.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	5
1	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
Το φυτό της Τομάτας.....	6
Καλλιέργεια στο Θερμοκήπιο	8
Η ανάγκη για γονιμοποίηση.....	11
1.1	
Γενικά στοιχεία για την επικονίαση	15
Οι μέλισσες και η σπουδαιότητά τους ως επικονιαστές.....	16
Τα οικονομικά οφέλη των καλλιεργούμενων φυτών από την επικονίαση	18
1.2	
Οι επικονιαστές <i>Bombus Terrestris</i>	20
Βιολογικός Κύκλος.....	20
Επικονίαση φυτών στο θερμοκήπιο με βομβίνους.....	22
Σπουδαιότητα στη καλλιέργεια της Τομάτας.....	22
Φυσιικοί εχθροί και ασθένειες.....	23
2	
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	
Πειραματικό Μέρος.....	25
Υλικά και Μέθοδοι.....	25
3	
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	
Αποτελέσματα Πειράματος	31

4	
ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	42
5	
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	44

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το πείραμα που πραγματοποιήθηκε για την δημιουργία της παρακάτω πτυχιακής εργασίας ασχολήθηκε με την μελέτη της συμπεριφοράς των εποίκων *Bombus terrestris* μέσα σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια τομάτας κατά τους μήνες Νοέμβριο με Ιανουάριο. Με το πείραμα αυτό είχαμε σαν στόχο την καταγραφή της συμπεριφοράς των εντόμων κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Στόχος του πειράματος ήταν η καταγραφή της συμπεριφοράς των εντόμων και για την επίτευξη αυτού του στόχου χρησιμοποιήθηκε ένα πρωτοποριακό σύστημα ψηφιακής καταγραφής εικόνας που επιτρέπει στον παρατηρητή την πλήρη εικόνα της εισόδου της κυψέλης και την καταγραφή των κινήσεων. Διαπιστώθηκε ότι τα έντομα παρουσίαζαν μεγαλύτερη κινητικότητα τις μεσημεριανές ώρες.



1. Εισαγωγή

Το *Bombus terrestris* ανήκει στην τάξη των υμενόπτερων. Φέρει δυο ζεύγη μεμβρανωδών πτερυγίων, είναι σχετικά μεγάλου μεγέθους και το σώμα του καλύπτεται από τρίχες. Το χρώμα του είναι σχετικά σκούρο. Το κεφάλι είναι μικρό, πεπλατυσμένο και φέρει κοντή γλώσσα. Ο θώρακας είναι τριχωτός και προς το μέρος της κεφαλής φέρει κιτρινωπό δακτύλιο. Η κοιλιά επίσης τριχωτή, κυρίως το άνω μέρος. Η «κοινωνία» του βομβίνου αποτελείται από τη βασίλισσα, τις εργάτριες και τους κηφήνες (αρσενικά).

Είναι περισσότερο ανθεκτικοί στις αντίξοες συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκεια του χειμώνα στα θερμοκήπια. Σε χαμηλές θερμοκρασίες μέχρι και (5°C) και σε χαμηλή ένταση φωτισμού, οι βομβίνοι συνεχίζουν τη δραστηριότητά τους δηλ. τις επισκέψεις στα άνθη για συλλογή τροφής (γύρης), ενώ οι μέλισσες, ακόμα και σε υψηλότερες θερμοκρασίες (10°C), παραμένουν στις κυψέλες τους. Αντίθετα, δεν αρέσκονται στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες (> 40 °C).

Ελκύονται από το μπλε χρώμα και από τις μυρωδιές των αρωμάτων. Κλείνοντας πρέπει να αναφερθεί ότι ο *Bombus terrestris* παρά το ότι φέρει κεντρί, δεν επιτίθεται στον άνθρωπο (Ολυμπίου, 2001).

1.α Το φυτό της τομάτας

Η ντομάτα (*Solanum lycopersicum*) ανήκει στην οικογένεια των Σολανωδών (*Solanaceae*). Κατάγεται από την Λατινική Αμερική και πιο συγκεκριμένα από το Περού. Στην Ευρώπη την έφερε ο Χριστόφορος Κολόμβος τον 16^ο αιώνα. Τον πρώτο καιρό της εισαγωγής της στην Ευρώπη, την ονόμαζαν *Mala Peruviana* και *Pomi del Peru*. Η σημερινή της ονομασία προέρχεται από την λέξη *tomatl* μιας διαλέκτου του Μεξικού, της Ναχουάτλ.

Για ένα μακρύ χρονικό διάστημα οι κάτοικοι της Γηραιάς Ηπείρου θεωρούσαν την ντομάτα δηλητηριώδες φυτό και την καλλιεργούσαν αποκλειστικά για καλλωπιστικούς σκοπούς. Δύο είναι οι λόγοι που συντέλεσαν σε αυτήν την άποψη. Ο πρώτος είναι ότι στα φύλλα του φυτού περιέχεται η ουσία σαλανίνη, μια ουσία τοξική τόσο για τους ανθρώπους όσο και για τα ζώα. Σημειώστε ότι η ίδια ουσία περιέχεται και στα φύλλα της πατάτας και του καπνού. Ο άλλος λόγος είναι ότι η ντομάτα μοιάζει πολύ με το φυτό «Άτροπος» (*Atropus belladonna*), ένα φυτό που ήταν ήδη γνωστό και όντως δηλητηριώδες (Ολυμπίου 2001).

Η ντοματιά, όπως ονομάζεται στην καθομιλουμένη, είναι μονοετές φυτό και μπορεί να φτάσει σε ύψος έως και τρία μέτρα, αρκεί βέβαια να βρει κάπου να στηριχθεί γιατί ο κορμός της είναι αδύναμος και δεν μπορεί να στηρίξει μόνος του το βάρος του φυτού και των καρπών. Τόσο ο κορμός όσο και τα φύλλα του φυτού έχουν τρίχωμα. Τα φύλλα του είναι σχετικά μικρά, με μέγιστο μήκος τα οκτώ εκατοστά και πριονοειδή περίμετρο. Τα λουλούδια της ντοματιάς είναι μικρά, κίτρινα και εμφανίζονται σε ομάδες πάνω στο φυτό. Ο καρπός του φυτού, που έχει με αυτό κοινό όνομα, είναι συνήθως σφαιρικός και σε ορισμένες ποικιλίες μακρόστενος. Οι ανώριμοι καρποί έχουν χρώμα πράσινο, ενώ όταν ωριμάσουν αποκτούν κόκκινο χρώμα σε διάφορους τόνους ανάλογα με την ποικιλία του φυτού. Από την ποικιλία της ντοματιάς εξαρτάται και το μέγεθος του καρπού που κυμαίνεται από ένα εκατοστό έως δέκα ή και περισσότερα. (Mackenzie 1994)

Έχουν καταγραφεί σε όλο τον κόσμο περισσότερες από 12.000 ποικιλίες ντομάτας. Πολλές από αυτές δεν υπάρχουν πια και στον αντίποδα έχουν δημιουργηθεί υβρίδια του φυτού οι καρποί των οποίων είναι συνήθως οι ντομάτες που φτάνουν στο τραπέζι μας. Μια από τις καθαρόαιμες ποικιλίες ντομάτας, πολύ γνωστή στην Αττική, είναι η «Μπατάλα». Καλλιεργούνταν στην περιοχή της Βραυρώνας και στην αγορά την διοχέτευαν οι καλλιεργητές της μέσω πάγκων που έστηναν στον δρόμο. Αυτό γινόταν πριν μερικά χρόνια.

Δυστυχώς στις μέρες μας η Μπατάλα τείνει να εξαφανιστεί. Ελάχιστοι περιβολάρηδες της περιοχής καλλιεργούν πλέον την ποικιλία αυτή. Αυτό γίνεται γιατί οι καρποί αυτής της ποικιλίας είναι ευπαθείς στην μεταφορά, δεν είναι σφιχτοί (κάτι που θεωρείται από την σύγχρονη αγορά μειονέκτημα), δεν διατηρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα και χρειάζεται περισσότερη φροντίδα κατά την καλλιέργεια του φυτού. Οι καρποί αυτής της ποικιλίας είναι μεγαλύτεροι από τις συνηθισμένες ντομάτες, έχουν ακανόνιστο σχήμα και είναι απείρως νοστιμότεροι. Η μπατάλα πριν έρθει στην Αττική καλλιεργούνταν στην περιοχή του Άργους από όπου όμως έχει εξαφανιστεί στις μέρες μας (Roldan-Serrano and Guerra-Sanz, 2005).

1.β Καλλιέργεια στο Θερμοκήπιο

Στα θερμοκήπια καλλιεργούνται φυτά κατά τη διάρκεια του χειμώνα, που δεν είναι δυνατό να ευδοκιμήσουν έξω στον ανοιχτό χώρο. Τα τελευταία χρόνια η τεχνική της καλλιέργειας μέσα στα θερμοκήπια έχει αναπτυχθεί σε σημαντικό βαθμό. Έτσι, όλο το χρόνο στην πατρίδα μας παράγονται ντομάτες.

Το κλάδεμα, όπως και η υποστύλωση της τομάτας είναι εργασίες επιβεβλημένες και η εφαρμογή τους στα φυτά γίνεται ταυτόχρονα και συμβάλλουν στην καλύτερη αξιοποίηση του όγκου του θερμοκηπίου. Εκτός από αυτό, με το κλάδεμα επιτυγχάνεται:

- Εξισορρόπηση βλάστησης και καρποφορίας
- Περιορίζεται ο αριθμός των ταξιανθιών στον κεντρικό βλαστό.
- Η παραγωγή συγκεντρώνεται σε ορισμένη χρονική περίοδο.
- Εξασφαλίζεται ομοιογένεια στους καρπούς.

Βελτιώνεται η ποιότητα του καρπού (γεύση, συνεκτικότητα, χρώμα κ.ά.). Όσον αφορά το χρώμα, αυτό βελτιώνεται γιατί οι καρποί εκτίθενται καλύτερα στο φως. Το φυτό με το κλάδεμα μορφώνεται σε μονοστέλεχο σύστημα. Κατά το μονοστέλεχο σύστημα, αφαιρούνται όλοι οι πλάγιοι βλαστοί όταν το μήκος τους φτάσει περίπου (5–10 cm). Η αφαίρεση των νεαρών πλαγίων βλαστών γίνεται εύκολα με το χέρι, γιατί είναι τρυφεροί και εύθραυστοι. Θα πρέπει να επιδιώκεται η αφαίρεση των βλαστών να γίνεται όσο το δυνατό πιο νωρίς, όσο είναι ακόμη μικροί, για να αποφευχθούν οι μεγάλες πληγές που επουλώνονται πιο δύσκολα και να μειωθούν οι κίνδυνοι μετάδοσης παθογόνων διά των πληγών. (Kwon and Saeed 2003)

Το κλάδεμα πρέπει να επαναλαμβάνεται συχνά, για να αφαιρούνται οι πλευρικοί βλαστοί που παράγονται συνέχεια από το φυτό. Στις ελληνικές κλιματικές συνθήκες το διάστημα της μιας εβδομάδας θεωρείται ικανοποιητικό για την επανάληψή του.

Κορυφολόγημα: Η κορυφή του φυτού συνιστάται να αφαιρείται 1,5–2 μήνες πριν το τέλος της συγκομιδής. Το κορυφολόγημα εφαρμόζεται για να σταματήσει το φυτό να παράγει νέα φύλλα και ταξικαρπίες που δε θα προλάβουν να ωριμάσουν και παράλληλα για να αναγκαστεί να επιταχύνει την ωρίμανση των υπαρχόντων καρπών. Η κορυφή αφαιρείται μετά από 2–3 τουλάχιστον φύλλα από την τελευταία ταξιανθία του φυτού.



Εικόνα 1: Θερμοκηπιακή καλλιέργεια τομάτας στην οποία έχει γίνει αποφύλλωση

Αποφύλλωση: Καθώς τα φυτά μεγαλώνουν και όταν αρχίζει να ωριμάζει η πρώτη ταξικαρπία, αρχίζει και η διαδικασία της αποφύλλωσης, δηλαδή της αφαίρεσης των φύλλων που βρίσκονται κάτω από αυτήν. Η αποφύλλωση γίνεται για να επιτραπεί ο καλύτερος φωτισμός των καρπών που βρίσκονται κοντά στο στάδιο της ωρίμανσης, γιατί, όπως είναι γνωστό, το άμεσο φως βελτιώνει την ποιότητα των καρπών.

Τα φύλλα στο στάδιο αυτό αφαιρούνται γιατί, καθώς αρχίζουν ή ήδη έχουν “γεράσει”, δε δέχονται αρκετό φωτισμό για φωτοσύνθεση και δε συνεισφέρουν στην παραγωγή.

Η αποφύλλωση συνεχίζεται μετά τη συγκομιδή των καρπών της κατώτερης ταξικαρπίας και όταν αρχίζει να ωριμάζει η αμέσως επόμενη ταξικαρπία, για τους λόγους που προαναφέρθηκαν.

Υποστύλωση: Η υποστύλωση γίνεται σε συνδυασμό με το κλάδεμα για την καλύτερη αξιοποίηση του όγκου του θερμοκηπίου και σκοπό έχει:

- να διευκολύνει το κλάδεμα και τη ρύθμιση του φορτίου παραγωγής.
- να διευκολύνει την εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών.

- να διευκολύνει τον τεχνητό και φυσικό αερισμό.
- να βοηθήσει στον καλύτερο φωτισμό των φυτών.

Η υποστύλωση των φυτών γίνεται κυρίως με τη χρήση σπάγκου και μεταλλικών συρμάτων. Στην απλούστερη περίπτωση, έχουμε ένα σύρμα που τοποθετείται οριζόντια πάνω από την κάθε γραμμή φύτευσης του φυτού και σε ύψος 1,80–2,50 m (ανάλογα με το ύψος του θερμοκηπίου). Το ένα άκρο του σπάγκου στερεώνεται στη βάση του φυτού με διάφορους τρόπους. Οι πιο συνηθισμένοι είναι:

- η άκρη δένεται σε πασσαλάκι που τοποθετείται δίπλα από το φυτό
- η άκρη δένεται στο κάτω μέρος του κορμού του φυτού με ειδικό τρόπο που δε σφίγγει τον κορμό
- η άκρη δένεται σε ειδικό πλαστικό εξάρτημα, που στη συνέχεια στερεώνεται στον κορμό του φυτού. (Macfarlane and Mayer 1994)

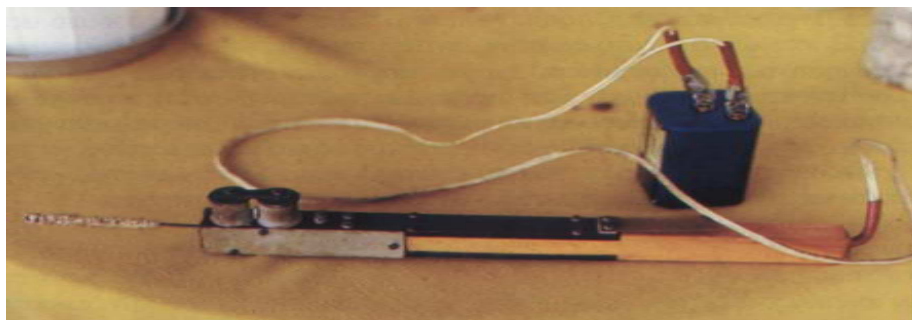
1.γ Η ανάγκη για γονιμοποίηση

Η τομάτα είναι φυτό αυτογονιμοποιούμενο. Το δέσιμο του καρπού γίνεται από γονιμοποίηση του άνθους. Το άνθος παράγει γυρεόκοκκους, οι οποίοι βλαστάνουν και γονιμοποιούν τα ωάρια, που βρίσκονται στην ωοθήκη. Το στάδιο βλάστησης του γυρεόκοκκου διαρκεί 48–55 ώρες και επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, το φως, τη φυσική κατάσταση που βρίσκεται το στίγμα και την ποικιλία.

Οι άριστες θερμοκρασίες για τη βλάστηση της γύρης κυμαίνονται ανάμεσα στους (21–29° C). Θερμοκρασίες υψηλότερες ή χαμηλότερες επηρεάζουν δυσμενώς τη γονιμοποίηση του άνθους. Σε υψηλές θερμοκρασίες επιμηκύνεται υπερβολικά ο στύλος του άνθους, παραμορφώνονται οι ανθήρες και επιβραδύνεται η βλάστηση των γυρεόκοκκων. Όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 32° C, έστω και για μικρό χρονικό διάστημα, τότε μειώνεται απότομα η καρπόδεση. Σε χαμηλές θερμοκρασίες, κάτω από 13° C, μειώνεται μέχρι 20% η διάρκεια ζωής της γύρης και η γονιμότητά της, παραμορφώνονται οι ανθήρες και λιγοστεύει ο αριθμός των ανθέων στις ανθοταξίες.

Εκτός από τη θερμοκρασία, η γονιμοποίηση των ανθέων, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, επηρεάζεται από το ποσοστό της Σ.Υ. του αέρα (άριστη 60–70%). Σε υψηλή σχετική υγρασία ή υπερβολικά ξηρή ατμόσφαιρα, η γύρη απελευθερώνεται δύσκολα ή καθόλου. Στις συνθήκες υψηλής ατμοσφαιρικής υγρασίας, η γύρη σχηματίζει υγρά συσσωματώματα που δεν είναι εύκολο να επικαθήσουν στον ύπερο

και, σε τελική ανάλυση, δεν έχουμε ικανοποιητική καρπόδεση. Για τη διευκόλυνση της εκτίναξης της γύρης (επομένως και τη γονιμοποίησης) χρησιμοποιούνται ειδικοί δονητές ή κάποια άλλη μέθοδος δόνησης. Η δόνηση γίνεται κάθε ημέρα, όταν τα λουλούδια είναι ανοιχτά, κατά προτίμηση το μεσημέρι. (Lefebvre 2006)



Εικόνα 2 : Ο δονητής που χρησιμοποιείτε για την εκτίναξη της γύρης με στόχο την γονιμοποίηση του άνθους και την καρπόδεση

Όταν η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή (κάτω των 13ο C) η χρήση δονητή δε βοηθά γιατί η παραγόμενη γύρη είναι άγονη. Τότε, εφαρμόζονται ορμονικά παρασκευάσματα που σα βάση έχουν το β-ναφθοξυοξικό οξύ, το 2.4.5. τριχλωρφαινοξυοξικό οξύ, το β-ινδολοξικό οξύ κ.ά. Οι καρποί που παράγονται ύστερα από ορμόνιασμα φέρουν μαστοειδείς αποφύσεις, αποκτούν μέγεθος μεγαλύτερο από το φυσικό, γίνονται μαλακοί με πολλά εσωτερικά κενά και δεν αντέχουν στις μεταφορές.

Το ορμόνιασμα γίνεται τις πρωινές ή τις απογευματινές ώρες, όταν είναι στεγνά τα άνθη και η θερμοκρασία βρίσκεται σε ικανοποιητικό επίπεδο. Όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή, τότε με το ορμόνιασμα αυξάνονται οι παραμορφώσεις των καρπών. Κάθε ταξιανθία ψεκάζεται με την ορμόνη μια φορά, όταν έχουν ανοίξει περισσότερα από τα μισά άνθη. Η ορμόνη θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε όσο το δυνατό μικρότερη δόση και μόνο όταν είναι απόλυτα απαραίτητο, γιατί επηρεάζει την ικανότητα διατήρησης του καρπού (Goodell and Thomson,1997).

Τόσο όμως η χρήση των δονητών, όσο και των φυτορμονών, παρουσιάζουν προβλήματα. Η χρήση του δονητή έχει πολύ υψηλό κόστος εργασίας. Απαιτεί δύο με τρεις φορές την εβδομάδα την εφαρμογή του. Από την άλλη μεριά οι φυτορμόνες απαιτούν λιγότερο κόστος εργασίας. Είναι φθηνότερες. Εφαρμόζονται ανά 5-10 ημέρες, ανάλογα με την εποχή. Αυτή η χρονική απόσταση, καθώς και η δυσκολία στην ακρίβεια της δόσης και η μη σωστή εφαρμογή από μη ειδικευμένους εργάτες έχουν σαν αποτέλεσμα να δένουν συγχρόνως υπερώριμα, ώριμα και ανώριμα άνθη.

Έτσι, το φυτό σοκάρεται και έχουμε αρκετές φορές παραμόρφωση του φυτού και των καρπών.

Παρ' όλα αυτά τα μειονεκτήματα, στην Ελλάδα είναι απαραίτητο να εφαρμόζονται οι φυτορμόνες για κάποιες εβδομάδες, τότε που οι συνθήκες δεν ευνοούν την παραγωγή γύρης και τη βλάστησή της.

Το 1990 ξεκίνησε και στην Ελλάδα η εισαγωγή στα θερμοκήπια βομβίνων (*Bombus terrestris*) για τη φυσική γονιμοποίηση της τομάτας. Για να εξασφαλιστεί φυσική γονιμοποίηση της τομάτας μέσα στο θερμοκήπιο, χρειάζονται: α) έντομα (βομβίνοι) που θα μεταφέρουν τους γυρεόκοκκους στο στίγμα..



Εικόνα 3: Κυψέλη βομβίνων τοποθετημένη σε καλλιέργεια τομάτας στο θερμοκήπιο

β) συνθήκες ευνοϊκές για την παραγωγή γύρης (η θερμοκρασία να μην πέφτει κάτω από 10° C και να μην ανεβαίνει πάνω από 35° C).

γ) συνθήκες ευνοϊκές για τη βλάστηση των γυρεόκοκκων (θερμοκρασία πάνω από 12° C για τουλάχιστον 5 ώρες την ημέρα). Εάν δεν υπάρχει ένας από τους παραπάνω παράγοντες (έντομα, συνθήκες), τότε για να δέσει η τομάτα μέσα στο θερμοκήπιο πρέπει να χρησιμοποιηθεί ορμόνη (Dag and Kammer, 2001,)



1.1 Γενικά στοιχεία για την επικονίαση

Ως επικονίαση ορίζεται η μεταφορά γύρης από τους ανθήρες στο στίγμα του ίδιου ή ενός ομοειδούς άνθους. Ως τέτοια λειτουργία, η επικονίαση αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο για την αναπαραγωγή, επιβίωση και εξέλιξη φυτών και επικονιαστών, κυρίως εντόμων, αλλά και κλειδί της παραγωγικότητας του πλανήτη.

Η σημασία της επικονίασης ήταν γνωστή ήδη από πολύ νωρίς. Αρχαιολογικά ευρήματα στο Νιμρούντ της αρχαίας Μεσοποταμίας, τα οποία χρονολογούνται περί το 1500 π.χ., αποδεικνύουν τη γνώση της φυλετικότητας των φοινίκων από τους Ασσύριους, αλλά και τη σημασία της επικονίασης για την παραγωγή των βρώσιμων καρπών τους, καθώς και την ακριβή διαδικασία της επικονίασης (Porporato *et al.* 1995).

Σήμερα έχει υπολογιστεί ότι το 60-70% των ανθοφόρων φυτικών ειδών παγκοσμίως εξαρτώνται από τα έντομα για την επικονιάσή τους. Στις περισσότερες γεωγραφικές περιοχές οι μέλισσες αποτελούν την κύρια ομάδα επικονιαστών ΑΣυγκεκριμένα στην Ευρωπαϊκή Ένωση, από τα 264 καλλιεργούμενα είδη φυτών (περίπου 60 οικογένειες), έχουν μελετηθεί οι επικονιαστικές απαιτήσεις μόνο των δύο τρίτων (Goodell and Thomson, 1997.).

Έχει βρεθεί ότι στην πλειονότητά τους (84%, δηλ. 149) τα καλλιεργούμενα αυτά είδη είναι εντομόφιλα, δηλαδή η παραγωγή σπερμάτων εξαρτάται τα μέγιστα ή ωφελείται σημαντικά από τις επισκέψεις εντόμων, κυρίως μελισσών.

Ως προς την παγκόσμια παραγωγικότητα θα ήταν ενδιαφέρον να αναφέρουμε ότι το 1985 τα οφέλη από την επικονίαση με κοινές μέλισσες (*Apis mellifera*) στις ΗΠΑ ανέρχονταν σε 9,3 δισεκατομμύρια δολάρια, ποσό ισοδύναμο με το 31% της συνολικής αξίας των αγροτικών προϊόντων της χώρας αυτής (Abak *et al.* 1997).

Το 1984 η αγροτική παραγωγή στον Καναδά, τουλάχιστον η εξαρτώμενη από την επικονίαση με κοινές μέλισσες, ήταν της τάξης των 1,2 δισεκατομμυρίων δολαρίων Καναδά (Goodell and Thomson, 1997.). Κατά την ίδια εποχή, στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η συνολική ετήσια αγροτική παραγωγή που προήλθε μετά από επικονίαση με έντομα ήταν της τάξεως των 65 δισεκατομμυρίων ECUs, από τα οποία 5 δισεκατομμύρια αποδίδονται καθαρά στη συμβολή των εντόμων, κατά 85% στις κοινές μέλισσες (Ολυμπίου 2001).

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Πρωτοβουλία για την Επικονίαση (European Pollinator Initiative 2004) έχει υπολογιστεί ότι παγκοσμίως η επικονίαση παρέχει

οικοσυστημικές λειτουργίες αξίας 112 δισεκατομμυρίων δολαρίων ετησίως. Τέλος, περίπου το 1/3 των συνολικών προμηθειών τροφίμων, είτε ως βρώσιμα φυτά που καταναλώνονται άμεσα, είτε ως ζωοτροφές, εξαρτώνται άμεσα ή έμμεσα από την επικονιαστική δραστηριότητα των μελισσών (Michener 1979)

1.1.α Οι μέλισσες και η σπουδαιότητά τους ως επικονιαστές

Πιστεύεται ότι οι μέλισσες οφείλουν την καταγωγή τους στις αρχέγονες σφήκες από τις οποίες διαφοροποιήθηκαν αρχίζοντας να τρέφουν τις προνύμφες τους με γύρη στις αρχές της Τριτογενούς περιόδου, περίπου 70 εκ. χρόνια πριν. Πολύ σύντομα με την εμφάνισή τους διαμορφώθηκαν και διαφορετικά είδη, γεγονός που συμπίπτει με την έξαρση στη διασπορά των ανθοφόρων φυτών την ίδια περίοδο.

Τα πρώτα απολιθώματα μελισσών που βρέθηκαν όμως χρονολογούνται στα 40 εκ. χρόνια, στην Εόκαινο περίοδο. Οι μέλισσες θεωρούνται από τα πιο σταθερά και περισσότερο καλά προσαρμοσμένα έντομα για επικονίαση. Έχουν μορφολογικές προσαρμογές που αφορούν το μήκος της προβοσκίδας, την κουταλοειδή μορφή της γλώσσας, το πυκνό τους τρίχωμα για τη συλλογή της γύρης (τα καλαθάκια γύρης στις κοινωνικές μέλισσες), πολύ οξεία όσφρηση και λεπτή γεύση. Στα σημερινά είδη μελισσών μπορεί κανείς να αναγνωρίσει με τη σειρά τα στάδια στην εξέλιξή τους (μορφολογική αλλά και κοινωνική). Με το να τρέφουν τις προνύμφες τους με γύρη, οι μέλισσες ανέπτυξαν επίσης την ικανότητα να εκμεταλλεύονται στο έπακρο τα δώρα των φυτών, τη γύρη, που είναι πλούσια σε πρωτεΐνες τροφή και το νέκταρ που αποτελεί την πηγή ενέργειας.

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για την εκμετάλλευση τέτοιων πηγών τροφής αποδείχθηκε η κοινωνική ζωή κάποιων ειδών μελισσών, η εξέλιξη της οποίας οφείλεται στην αποκλειστικά φυτική διατροφή των μελισσών. Ανάλογα με την κοινωνικότητά τους, οι μέλισσες ανέπτυξαν και σχετικές προσαρμογές στη συμπεριφορά τους καθώς και στην επικοινωνία μεταξύ τους. Το σύστημα επικοινωνίας και αναζήτησης τροφής των κοινωνικών μελισσών θεωρείται σήμερα ένα από τα πλέον αποτελεσματικά και δίκαια αποκαλείται από τον Seeley κέντρο πληροφοριών της κυψέλης. (Ολυμπίου 2001)

Λόγω της αποκλειστικής διατροφής τους από τα φυτά, οι μέλισσες έχουν ανάγκη να συλλέγουν και να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες νέκταρος και γύρης αλλά και να επισκέπτονται μεγάλο αριθμό ανθέων σε κάθε ταξίδι τους. Στην πλειοψηφία τους τα μοναχικά είδη ζουν για μία περιορισμένη χρονική διάρκεια, επισκέπτονται ένα μικρό

αριθμό φυτικών ειδών στα οποία και εξειδικεύονται (ολίγο- λεκτικά, ολιγότροπα έντομα), και οι πληθυσμοί τους κυμαίνονται από χρόνο σε χρόνο. Τα ημικοινωνικά είδη συναντώνται σε μεγαλύτερους πληθυσμούς, είναι δραστήρια για μεγαλύτερη χρονική διάρκεια και εκμεταλλεύονται και επικονιάζουν ένα ευρύτερο φάσμα φυτικών ειδών (μεσότροπα έντομα). Τα κοινωνικά είδη του γένους *Apis* όμως είναι εκείνα που αναπτύσσονται σε πολύ μεγάλους πληθυσμούς, είναι δραστήρια καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, συλλέγουν και αποταμιεύουν μεγάλες ποσότητες νέκταρος και γύρης, επισκέπτονται την πλειοψηφία των φυτικών ειδών (πολύ-λεκτικά, πολύτροπα έντομα), επιδέχονται διάφορους χειρισμούς και μεταφέρονται όπου υπάρχει ανάγκη για επικονίαση. (Ολυμπίου, 2001).

Οι μέλισσες είναι σε θέση να διακρίνουν τα άνθη διαφορετικών ποικιλιών και να μένουν σταθερές μόνο στη μία δεν ευνοείται η σταυρό-επικονίαση.

Μια άλλη χαρακτηριστική σχέση ορισμένων ειδών μελισσών και φυτών είναι η επικονίαση με δονήσεις. Τα είδη του γένους *Bombus* και του γένους *Xylocopa* όταν επισκέπτονται τα άνθη του είδους *Lycopersicum esculentum* (ντομάτα) αλλά και άλλων *Solanaceae* τα δονούν, με αποτέλεσμα να διασκορπίζεται η γύρη και να επέρχεται επαρκής επικονίαση. Τα είδη αυτά δημιουργούν δονήσεις με τους μύες του θώρακα. Άλλα έντομα που δε συμπεριφέρονται με αυτόν τον τρόπο δεν επικονιάζουν το άνθος της ντομάτας (Michener 1979) Είναι επίσης γνωστό, ότι οι βομβίνοι, οι *Nomia* και οι *Megachile* είναι εύτροποι επισκέπτες των Ψυχανθών και αυτό γιατί μπορούν να θέσουν σε λειτουργία το μηχανισμό εκτίναξης των αναπαραγωγικών οργάνων' του άνθους των φυτών αυτών χωρίς κανένα πρόβλημα. Αυτός είναι και ο μόνος τρόπος να επέλθει επικονίαση στα φυτά αυτά. Η κοινή μέλισσα δεν είναι τόσο αποτελεσματική στην πρακτική αυτή γιατί ο μηχανισμός εκτίναξης και ελευθέρωσης των αναπαραγωγικών οργάνων του άνθους της δημιουργεί ενόχληση Η κολοκυθιά και η αγγουριά έχουν τους δικούς τους εξειδικευμένους επικονιαστές (Michener 1979).

Ακόμη πιο στενή είναι η σχέση κάποιων άλλων ειδών μελισσών με τα φυτά που επικονιάζουν. Τα αρσενικά ειδών *Andrena* (*Andrenidae*) και *Eucera* (*Anthophoridae*) επικονιάζουν συγκεκριμένα είδη που ανήκουν στα *Orchidaceae* στην προσπάθειά τους να ζευγαρώσουν με το δήθεν θηλυκό (ψευτο-ζευγάρωμα). Είδη των *Euglossini* (*Apidae*) επικονιάζουν τα *Orchidaceae* στην προσπάθειά τους να συλλέξουν αφοροδισιακές ουσίες από τα άνθη, τις οποίες χρησιμοποιούν αργότερα για να προσελκύσουν τα θηλυκά του είδους τους, και τα *Rediviva* (*Melittidae*) συλλέγουν

έλαια αντί για νέκταρ από τα άνθη, τα οποία μεταφέρουν πάνω στο φορτίο της γύρης (Dag et al 2001)

1.1.β Τα οικονομικά οφέλη των καλλιεργούμενων φυτών από την επικονίαση

Συχνά, ακόμα και οι καλλιεργητές οι ίδιοι δεν γνωρίζουν τη σημασία της μέλισσας στη γονιμοποίηση και καρπόδεση των καλλιεργειών τους, καθώς και στην ποιότητα και ποσότητα της παραγωγής. Από μελέτες στις ΗΠΑ έγινε γνωστό ότι το οικονομικό όφελος από την προσφορά της μέλισσας στην επικονίαση των φυτών ήταν κατά 60 φορές (1989) και 143 φορές (1981) μεγαλύτερο από τη συνολική αξία των προϊόντων της μέλισσας.

Η επικονίαση των χιλιάδων ειδών άγριων φυτών που αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι του φυσικού περιβάλλοντος είναι αδύνατο να υπολογιστεί με ακρίβεια και να μεταφραστεί σε οικονομικό όφελος. Για παράδειγμα, στην Καλιφόρνια, διαπιστώθηκε ότι η παραγωγικότητα και η έκταση των ξερικών λιβαδιών αυξάνονταν κατά πολύ με την παρουσία μεγάλων αριθμών μελισσών. Η παρουσία των μελισσών στα νησιά μας που πάσχουν από ανομβρία παίζει σπουδαίο ρόλο στη διατήρηση της βλάστησης (κύρια της φρυγανικής χλωρίδας) και την προστασία της από παραπέρα υποβάθμιση. Ας σκεφτούμε έτσι απλά, ότι η διατήρηση των αυτοφυών φυτών, αρωματικών, καλλωπιστικών και ζιζανίων βοηθάει άμεσα στη διατήρηση της ισορροπίας του οικοσυστήματος αλλά και έμμεσα με το να διατηρεί στη ζωή όλα τα είδη μελισσών και έναν άλλο αριθμό ζωντανών οργανισμών που εξαρτώνται από αυτά (Εικόνα 5). Τα αυτοφυή φυτά αποτελούν επίσης μια πολύ σημαντική πηγή νέκταρος και γύρης (ιδιαίτερα για την Ελλάδα) και κρατούν τα μελίσσια δυνατά και κοντά στις καλλιέργειες. Ως γνωστό η Ελλάδα φημίζεται για το θυμαρίσιο της μέλι και αυτό των αγριολούλουδων. (Birmigham and Winston 2004)



1.2 Οι επικονιαστές *Bombus terrestris*

Το έντομο (υμενόπτερο) φέρει δυο ζεύγη μεμβρανωδών πτερυγίων, είναι σχετικά μεγάλου μεγέθους και το σώμα του καλύπτεται από τρίχες. Το χρώμα του είναι σχετικά σκούρο. Το κεφάλι είναι μικρό, πεπλατυσμένο και φέρει κοντή γλώσσα. Ο θώρακας είναι τριχωτός και προς το μέρος της κεφαλής φέρει κιτρινωπό δακτύλιο. Η κοιλιά επίσης τριχωτή, κυρίως το άνω μέρος. Η «κοινωνία» του βομβίνου αποτελείται από τη βασίλισσα, τις εργάτριες και τους κηφήνες (αρσενικά). Η βασίλισσα διακρίνεται από το μεγαλύτερο της μέγεθος, μήκος 20-30 χλστ. Τόσο η βασίλισσα όσο και η εργάτρια φέρουν κεντρί, ενώ ο κηφήνας δεν έχει. Παρά το ότι φέρει κεντρί, δεν επιτίθεται στον άνθρωπο. Είναι περισσότερο ανθεκτικοί στις αντίξοες συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκεια του χειμώνα στα θερμοκήπια.

Σε χαμηλές θερμοκρασίες μέχρι και 5°C και σε χαμηλή ένταση φωτισμού, οι βομβίνοι συνεχίζουν τη δραστηριότητά τους δηλ. τις επισκέψεις στα άνθη για συλλογή τροφής(γύρης), ενώ οι μέλισσες, ακόμα και σε υψηλότερες θερμοκρασίες (10°C), παραμένουν στις κυψέλες τους. Αντίθετα, δεν αρέσκονται στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες > 40 °C. Οι βομβίνοι χρησιμοποιούν το υπεριώδες φως για τον προσανατολισμό τους και επομένως, το φυσικό φως της ημέρας είναι σημαντικό για να κινούνται και για να επιστρέφουν στην κυψέλη. Ελκύονται από το μπλε χρώμα και από τις μυρωδιές των αρωμάτων (Ολυμπίου, 2001).

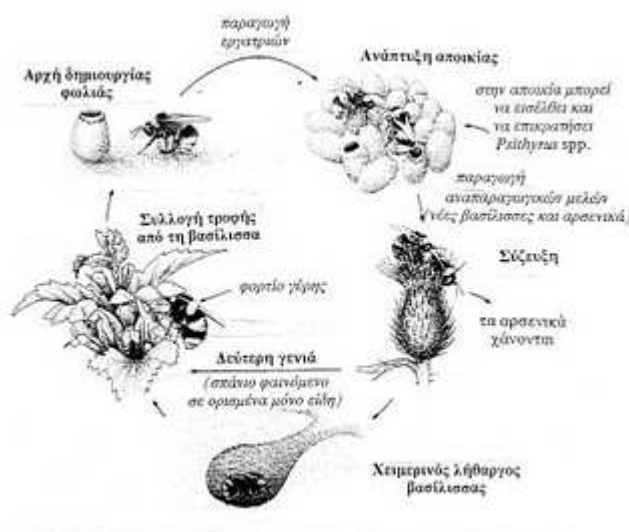
1.2.a → Βιολογικός κύκλος

Η κοινωνία των αληθινών βομβίνων, δηλαδή όλων των βομβίνων εκτός των βομβίνων κούκων (*Psithyrus*) που αποτελούν κοινωνικά παράσιτα τους, αρχίζει με τα πρώτα λουλούδια της άνοιξης. Τότε βγαίνουν από το χειμερινό τους λήθαργο τα συζευγμένα θηλυκά (κοινός βασίλισσες). Αφού οι βασίλισσες τραφούν για λίγες μέρες με νέκταρ και γύρη, αρχίζουν να ψάχνουν για κατάλληλη τοποθεσία, όπου θα φτιάξουν τη φωλιά τους. Ανάλογα με το είδος τους οι βασίλισσες θα φτιάξουν φωλιές επιφανειακές ή υπόγειες. Δείχνουν προτίμηση σε περιοχές όπου υπάρχουν πολλά αγριόχορτα και υφίστανται τη λιγότερη διαταραχή, όπως μέσα σε πυκνές στρώσεις από βρύα, ανάμεσα σε θάμνους στα όρια δασών ή λιβαδοχωραφιών . Τα είδη των βομβίνων που φτιάχνουν υπόγειες φωλιές, πολλές φορές ανακαλύπτουν

εγκαταλειμμένες ποντικοφωλιές και χαμηλές κοιλότητες μέσα σε υπαίθριες περιφράξεις τις οποίες αξιοποιούν.

Η βασίλισσα, αφού τακτοποιήσει τη φωλιά της, θα αρχίσει μια νέα αποικία γεννώντας τα πρώτα της αυγά (5 έως 8). Το πρώτο αυτό διάστημα της άνοιξης η βασίλισσα δραστηριοποιείται σε μια ασκητική (μονήρη) μέλισσα, δηλαδή κάνει μόνη της όλες τις εργασίες εντός και εκτός της φωλιάς. Οι πρώτες μέλισσες που εκκολάπτονται είναι μικρόσωμες εργάτριες (ατελή θηλυκά) και βοηθούν τη βασίλισσα στην περιποίηση του γόνου. Όταν αυξηθεί ο αριθμός των εργατριών, η βασίλισσα περιορίζεται στη φωλιά της όπου αφοσιώνεται στην ωοτοκία.

Ορισμένες από τις εργάτριες τη βοηθάνε στην περιποίηση του γόνου ενώ οι υπόλοιπες δραστηριοποιούνται ως συλλέκτριες, συλλέγοντας γύρη και νέκταρ από την ύπαιθρο. Ανάλογα με το είδος του *Bombus*, κάποια περίοδο μέσα στο καλοκαίρι, σταματάει η εκτροφή εργατριών και αρχίζει η παραγωγή αρσενικών (κοινώς κηφήνες) και ανεπτυγμένων θηλυκών (νέες βασίλισσες). Το διάστημα αυτό η αποικία βρίσκεται στη μεγαλύτερη ακμή της. Μέσα στη φωλιά που αποτελείται πλέον από μια ακανόνιστη κηρήθρα διαμέτρου 15-25cm, υπάρχει η βασίλισσα μαζί με περίπου 100 έως 400 εργάτριες, γόνος κάθε κάστας, γύρη και λίγα αποθέματα σε νέκταρ μέλι.



Εικόνα 4: Βιολογικός κύκλος των βομβίνων *Bombus terrestris*

Η εκκόλαψη των πρώτων αναπαραγωγικών μελών της αποικίας σηματοδοτεί την αρχή της φθοράς της αποικίας. Εκκολάπτονται οι τελευταίες λιγιστές εργάτριες και η

βασίλισσα, ηλικιωμένη πλέον, δεν μπορεί να ελέγξει τις ολοένα και λιγότερες εργάτριες της αποικίας οι οποίες χάνονται σιγά-σιγά. Τα αρσενικά άτομα, οι κηφίνες, αφού καθίσουν για λίγες μέρες στη φωλιά, θα φύγουν για να αναζητήσουν παρθένες βασίλισσες και δε θα ξαναγυρίσουν. Οι νέες βασίλισσες, αφού συζευχθούν στην ύπαιθρο με τους κηφίνες, θα χρησιμοποιήσουν ως καταφύγιο για λίγες μέρες ακόμα τη μητρική τους φωλιά, έως ότου βρει η καθεμιά ένα κατάλληλο μέρος για το χειμερινό της λήθαργο όπως βορινές τοποθεσίες καλά προφυλαγμένες με αρκετή βλάστηση. Την επόμενη άνοιξη, όσες βασίλισσες επιβιώσουν το χειμώνα θα ξαναρχίσουν το βιολογικό κύκλο των βομβίνων (Calzoni and Speranza. 1996)

1.2.β Επικονίαση φυτών στο θερμοκήπιο με βομβίνους

Ο όρος επικονίαση αναφέρεται κυρίως στην απελευθέρωση και με οποιονδήποτε τρόπο μεταφορά της γύρης από τους στήμονες ενός άνθους στο στίγμα ενός άλλου άνθους (Ολυμπίου 2001).

Στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες η φυσική επικονίαση είναι πολύ περιορισμένη καθώς η περίφραξη του χώρου με ειδικά πλαστικά φύλα και εντομοστεγή δίκτυα δεν επιτρέπει την ελεύθερη είσοδο των εντόμων χώρο του θερμοκηπίου. Για αυτό το λόγο έχουν αναπτυχθεί τρεις μέθοδοι υποβοήθησης της καρποφορίας : με δόνηση, με τις καρποδετικές ορμόνες και με χρήση επικονιαστών.

Αυτή η μέθοδος είναι η πιο αποτελεσματική λόγω της παρουσίας πολλών πλεονεκτημάτων. Αυτά είναι ικανοποιητική επικονίαση και γονιμοποίηση, μεγάλες αποδόσεις καρπών, καλής ποιότητας καρποί (Ολυμπίου, 2001).

1.2.γ Η σπουδαιότητα στην καλλιέργεια της Τομάτας

Η φυσική γονιμοποίηση της τομάτας επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση των βομβίνων ως επικονιαστές. Το είδος των βομβίνων, που χρησιμοποιείται στις καλλιέργειες, είναι το υμενόπτερο *Bombus terrestris*. Η γονιμοποίηση με τους βομβίνους είναι εγγύηση για μια θαυμάσια καρπόδεση. Επίσης, επιτυγχάνονται τα εξής:

- ▶ Εξασφάλιση παραγωγής σε αυτόστειρες ποικιλίες
- ▶ Αύξηση παραγωγής σε αυτογόνιμες ποικιλίες
- ▶ Βελτίωση καρπών και σπόρων
- ▶ Εξασφάλιση γρήγορης και ταυτόχρονης επικονίασης

1.2.δ Φυσικοί εχθροί και ασθένειες

Οι επικονιαστές παίζουν σημαντικότατο ρόλο στις οικοσυστημικές διεργασίες και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας, πρέπει οι προσπάθειες διατήρησης και αποκατάστασης της ισορροπίας τους να εστιαστούν στην απάλειψη των υπαρχόντων κινδύνων κατά των επικονιαστών και των επικονιαστικών συστημάτων. Τέτοιοι κίνδυνοι είναι :

- η κλιματική αλλαγή
- οι βιολογικοί εισβολείς (φυτά, άλλα έντομα, παράσιτα κ.λ.π.)
- η υπέρμετρη ή και απλή χρήση φυτό-ζωοκτόνων κ.ά. χημικών στο περιβάλλον
- η καταστροφή και ο κατακερματισμός των ενδιαιτημάτων
- η απώλεια χώρων ζευγαρώματος και φωλιάσματος μελισσών
- η ξαφνική παρουσία εναλλακτικής πηγής τροφής, κυρίως ξενικών ειδών
- η μείωση διαθεσιμότητας ανθικών παροχών
- οι ασθένειες και ο ανταγωνισμός για ενδιαιτήματα και ανθικές παροχές.

Ο σημαντικότερος παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την αποδοτικότητα των επικονιαστών είναι η αλόγιστη χρήση φυτό-προστατευτικών που εφαρμόζονται στη καλλιέργεια για την αντιμετώπιση ασθενειών ή εχθρών.

Από διάφορες μελέτες έχει ήδη βρεθεί ότι η μέλισσα είναι ένα από τα πλέον ευαίσθητα έντομα του πλανήτη. Οι τρόποι με τους οποίους δηλητηριάζονται οι μέλισσες είναι η εφαρμογή εντομοκτόνων στις καλλιέργειες και η ρύπανση της άγριας βλάστησης και υδάτινων πόρων στην περίοδο άνθησης.

Τα φυτό-προστατευτικά προϊόντα μπορούν να εισέλθουν στο σώμα του βομβίνου είτε με άμεση επαφή, είτε με τα στοματικά μόρια και με άμεση κατάποση, είτε με το αναπνευστικό σύστημα. Η οξεία τοξίκωση των βομβίνων εκφράζεται είτε με άμεσο θάνατο στην καλλιέργεια είτε με θάνατο μπροστά ή μέσα στην κυψέλη (Εικόνα 11). Το σύμπτωμα αυτό είναι χαρακτηριστικό των ψεκασμών στην περίοδο άνθησης των καλλιεργειών.

Σκοπός του πειράματος ήταν να καταγραφεί και να παρατηρηθεί η συμπεριφορά των εντόμων κατά την διάρκεια της ημέρας σε όλη την καλλιεργητική περίοδο.



2. Υλικά και μέθοδοι

2.α Σκοπός του πειράματος

Ο σκοπός του πειράματος ήταν η μελέτη της συμπεριφοράς των βομβίνων στο χώρο του θερμοκηπίου χρησιμοποιώντας ειδικό σύστημα καταγραφής εικόνας. Με αυτόν τον τρόπο μπορέσαμε να παρακολουθήσουμε την κινητικότητα των εντόμων στην είσοδο της κυψέλης μετά από την έναρξη της ανθοφορίας και για τους πρώτους τρεις μήνες της καλλιεργητικής περιόδου.

2.β Υλικά και μέθοδοι

Παράλληλα καταγράφηκε με ειδικές συσκευές HOBO η υγρασία και η θερμοκρασία στο χώρο του θερμοκηπίου. Πιο συγκεκριμένα θα διερευνηθεί :

- α) η συμπεριφορά των βομβίνων κατά την διάρκεια της ημέρας κατά την καλλιεργητική περίοδο;
- β) η συμπεριφορά των βομβίνων κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου;
- γ) πόσο επηρεάζεται η κινητικότητα του βομβίνου από την θερμοκρασία;
- δ) πόσο επηρεάζεται η κινητικότητα του βομβίνου από την υγρασία;

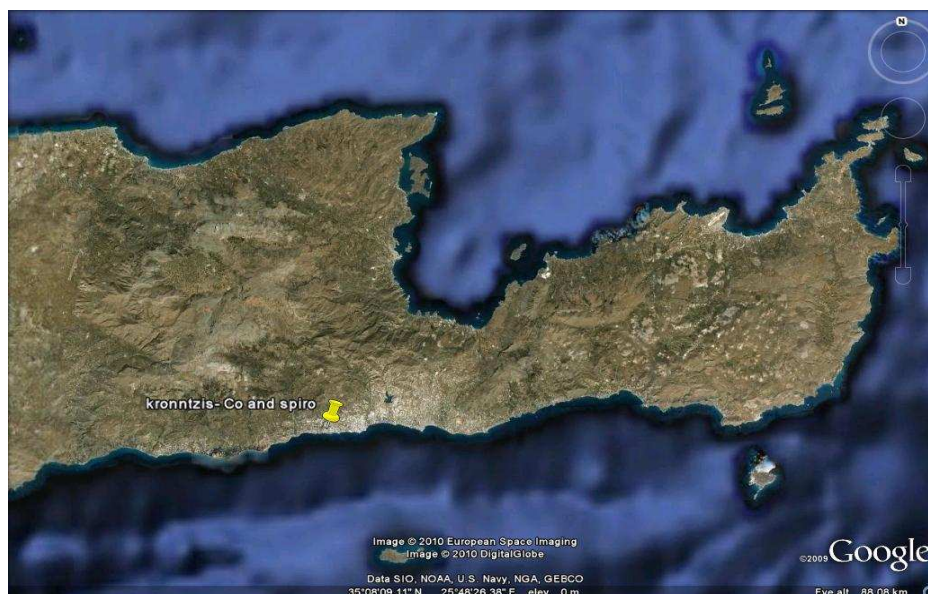
2.γ Καταγραφή και ανάλυση της συμπεριφοράς

Το θερμοκήπιο βρίσκεται στην νότια πλευρά του Ν. Λασιθίου, και συγκεκριμένα στο Μύρτος, κοντά στην πόλη της Ιεράπετρας, μια περιοχή με πολλές θερμοκηπιακές καλλιέργειες.



Εικόνα 5: Ακριβής θέση του θερμοκηπίου στο χάρτη.

Στην Εικόνα 5 βλέπουμε αναλυτικά την θέση του θερμοκηπίου , καθώς επίσης και τις διαστάσεις του θερμοκηπίου. Αναλυτικότερα οι διαστάσεις του θερμοκηπίου ήταν πλάτος 42m και μήκος 53m. Η ανάπτυξη των φυτών ήταν στο πρώτο σταυρό κατά την εισαγωγή των κυψελών στο θερμοκήπιο



Εικόνα 6: Απεικόνιση της θέσης του θερμοκηπίου που πραγματοποιήθηκε το πείραμα από δορυφόρο

Καταγράψαμε την συμπεριφορά των βομβίνων με κάμερα η οποία βρίσκονταν τοποθετημένη μπροστά την είσοδο κάθε κυψέλης σε απόσταση περίπου 30 εκ. όπως φαίνεται στην Εικόνα 3. Οι κάμερες ήταν συνδεδεμένες με ψηφιακό καταγραφικό εικόνas το οποίο ήταν τοποθετημένο σε ασφαλές σημείο κοντά στην παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Οι κάμερες είχαν την δυνατότητα να καταγράφουν τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και κατά την διάρκεια της νύχτας με λευκό υπέρυθρο φωτισμό.



Εικόνα 7. Η τεχνική καταγραφής της συμπεριφοράς των βομβίνων με κάμερες σε 2 θέσεις μέσα στην καλλιέργεια τομάτας. Η κάμερα παρακολούθησης της συμπεριφοράς είχε τοποθετηθεί 30 εκατοστά πιο μακριά, στο ύψους της εισόδου της κυψέλης

Στον Πίνακα 1 περιγράφετε συνοπτικά το πρόγραμμα καταγραφής της συμπεριφοράς των εντόμων και οι ημερομηνίες κατά τις οποίες η καταγραφή ήταν για ορισμένες ώρες ανά μέρα της εισόδου της κυψέλης για όλη την διάρκεια του πειράματος. Οι καταγραφές χωρίζονται με βάση την διάρκεια τους σε 2 ώρα/ ημέρα, 12 ώρες/ημέρα, και σε κλειστές κυψέλες. Όταν οι κυψέλες ήταν κλειστές τότε δεν έχει κρατηθεί καμία καταγραφή κίνησης των εντόμων ακόμα κ όταν δεν ήταν και οι δυο πύλες της κυψέλης κλειστές

Πίνακας 1. Πρόγραμμα καταγραφών όλων των ημερών ανάλυσης του πειράματος και ωρών καταγραφής της κάθε μέρας.

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΕΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΕΣ
30/11	2	24/12	2
1//12	2	28/12	2
2/12	2	1/01	2
3/12	2	2/01	2
4/12	2	3/01	2
7/12	2	13/01	2
8/12	2	14/01	2
9/12	2	15/01	2
10/12	2	20/01	2
15/12	2	21/01	2
17/12	2	22/01	2
22/12	2	23/01	2

Πίνακας 2. Πρόγραμμα καταγραφών όλων των ημερών ανάλυσης του πειράματος και ωρών καταγραφής της κάθε μέρας.

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΕΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΕΣ
26/11	12	15/01	12
27/11	12	16/01	Κλειστές
28/11	7	17/01	Κλειστές
10/12	12	18/01	Κλειστές
1/01	12	19/01	Κλειστές
2/01	12	20/01	12
3/01	12	21/01	12
13/01	11	22/01	12
14/01	11	23/01	12

Συγκεντρώθηκαν τα δεδομένα των ψηφιακών καταγραφών όπως φαίνονται στον Πίνακα 1 και 2 τα οποία αντιγραφτήκαν σε εξωτερικό σκληρό δίσκο. Με ειδικό πρόγραμμα αναπαραγωγής καταγραφών, παρακολούθησαμε σε οθόνη όλα τα βίντεο και καταγράφηκαν οι κινήσεις των βομβίνων στην είσοδο της κυψέλης. Αυτές οι κινήσεις χωρίστηκαν σε 3 κατηγορίες:

α) Εισερχόμενα έντομα: Οι βομβίνοι που εισέρχονται στην κυψέλη ή αυτοί που κάνουν μια περιμετρική κίνηση γύρω από την κυψέλη και στη συνέχεια εισέρχονται.

β) Εξερχόμενα έντομα: οι βομβίνοι που εξέρχονται από την κυψέλη.

γ) Έντομα αποτυχημένης κίνησης: οι βομβίνοι που

- κάθονται στην είσοδο της κυψέλης αλλά δεν εισχωρούν ή αυτοί που κάνουν μια περιμετρική κίνηση γύρω από αυτήν και στη συνέχεια φεύγουν ή

- εξέρχονται για λίγο και επιστρέφουν στην κυψέλη χωρίς να έχουν απομακρυνθεί από το οπτικό πεδίο

Χρησιμοποιήθηκε η συσκευή HOBO Onset η οποία κατέγραψε τα μετεωρολογικά δεδομένα μέσα στο θερμοκήπιο. Συγκεκριμένα η θερμοκρασία και η υγρασία του θερμοκηπίου καταγράφηκε ανά μια ώρα καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Ακολουθούν τα αποτελέσματα του πειράματος και για την συγκριτική ανάλυση μεταξύ καταγραφών και την στατιστική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το τεστ Pearson correlations (two tailed test) στο πρόγραμμα SPSS 15 και ο συντελεστής συσχέτισης R^2 .



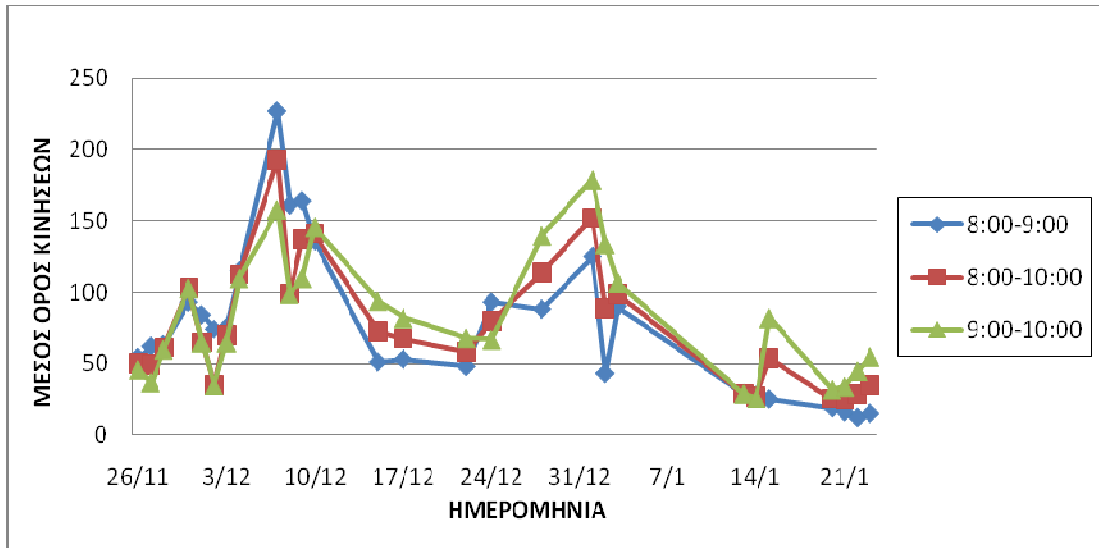
3.→Αποτελέσματα

3.α→Ανάλυση της δίωρης καταγραφής

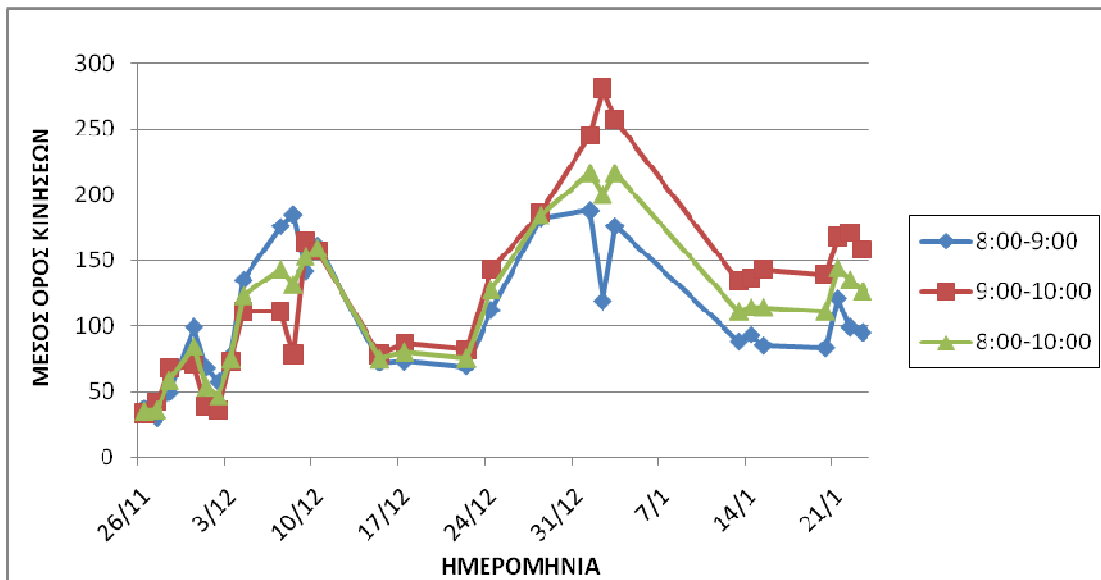
Στην Εικόνα 8 και 9 απεικονίζεται ο μέσος αριθμός καταγραφών από δύο κυψέλες για κάθε ημέρα χωριστά για τις δραστηριότητες: εισερχόμενα έντομα, εξερχόμενα έντομα, αποτυχημένη κίνηση στις κυψέλες 1 και 2 αντίστοιχα. Στις εικόνες αυτές παρατηρείται ότι οι διακυμάνσεις για της ώρες καταγραφής (8-9)και (9-10) ήταν παρόμοιες. Στην αρχή της καλλιεργητικής περιόδου (έως 10/12/2008) παρατηρήθηκε υψηλότερη κινητικότητα κατά την ώρα (8-9), ενώ μετά από αυτήν την ημερομηνία η κινητικότητα ήταν υψηλότερη κατά την ώρα (9-10).

Στην Εικόνα 10 απεικονίζεται ο μέσος αριθμός των καταγραφών για τις τρεις παραμέτρους από τις δυο κυψέλες. Για τα εισερχόμενα και τα εξερχόμενα έντομα παρατηρούνται παρόμοιες έντονες διακυμάνσεις σε όλη την καλλιεργητική περίοδο. Το ίδιο ισχύει και για την κατηγορία αποτυχημένη κίνηση, με όμως λιγότερο έντονες διακυμάνσεις. Μελετήθηκε η συσχέτιση μεταξύ των παραμέτρων και διαπιστώθηκε, ότι ο συντελεστής ($R^2 = 0,8606$) για την γραμμική συσχέτιση μεταξύ εισερχομένων και εξερχομένων εντόμων. Ισχυρή θετική συσχέτιση βρέθηκε, μεταξύ εισερχομένων και εξερχομένων εντόμων και αποτυχημένης κίνησης ($R^2=0,602$) και μεταξύ εξερχομένων και αποτυχημένης κίνησης ($R^2=0,3511$). Σε όλες της περίπτωσης ήταν παρατηρούμενες συσχετίσεις ήταν στατιστικά σημαντικές ($P>0.05$).

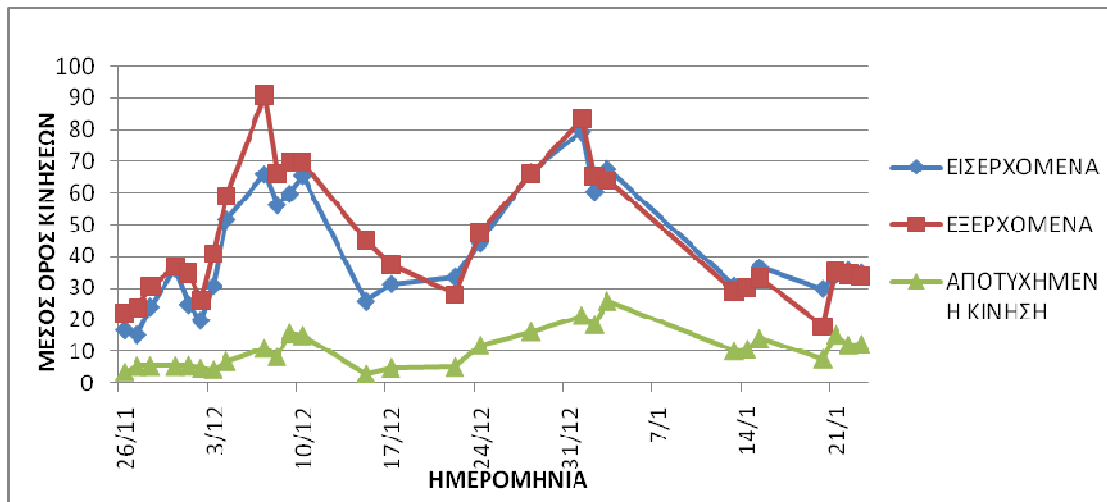
Συγκρίνοντας τον μέσο αριθμό των εισερχομένων εντόμων με αυτόν των εξερχομένων διαπιστώνουμε ότι σχεδόν ταυτίζονται, όμως για την περίοδο (3/12) έως (17 / 12) τα εισερχόμενα έντομα είναι λιγότερα. Καθ' όλη την περίοδο παρατηρήσεων κατηγορία αποτυχημένης κίνησης είχε πολύ λιγότερες καταγραφές σε σχέση με τις άλλες δύο κατηγορίες.



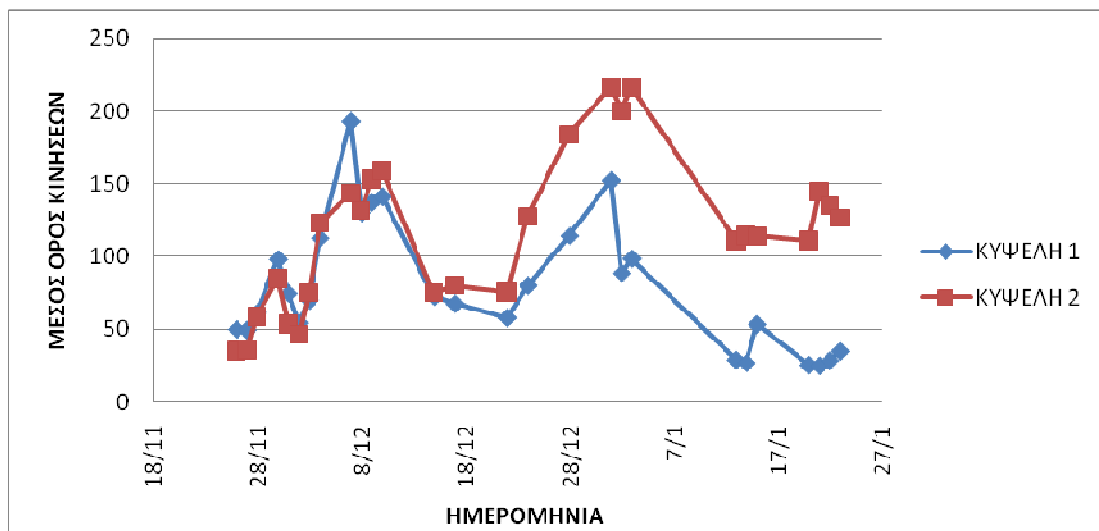
Εικόνα 8: Μέσος όρος κινήσεων ανά ημέρα των εντόμων και για την κυψέλη 1 για όλη την περίοδο παρατηρήσεων



Εικόνα 9: Μέσος όρος κινήσεων ανά ημέρα των εντόμων και για την κυψέλη 2 για όλη την περίοδο παρατηρήσεων

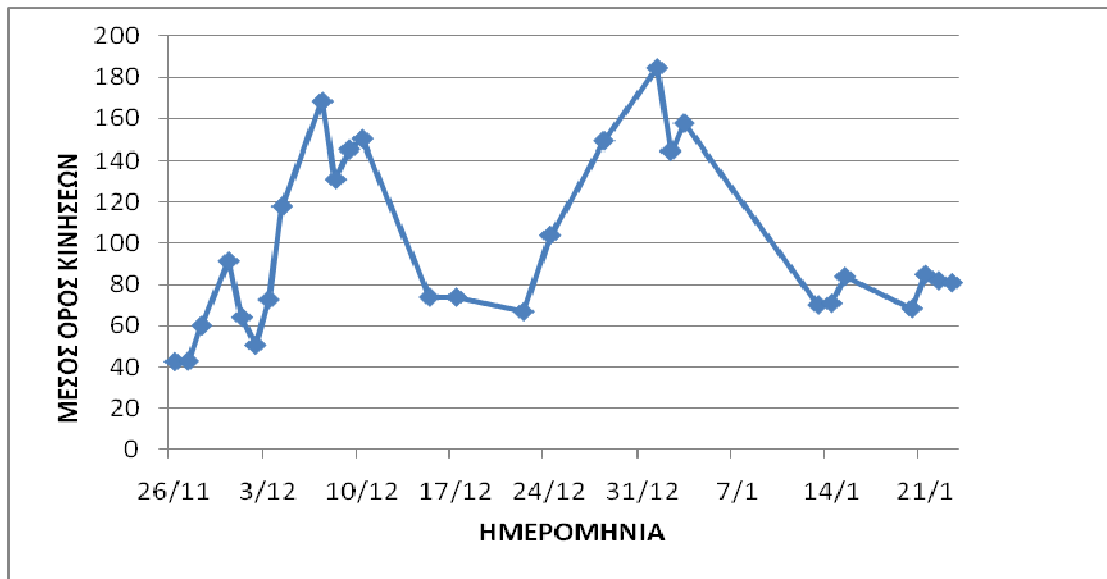


Εικόνα 10: Συγκριτικό διάγραμμα με τον μέσο όρο κινήσεων ανά ημέρα σε τις δυο κυψέλες μαζί για την κάθε κατηγορία κινήσεων για όλη την περίοδο παρατηρήσεων



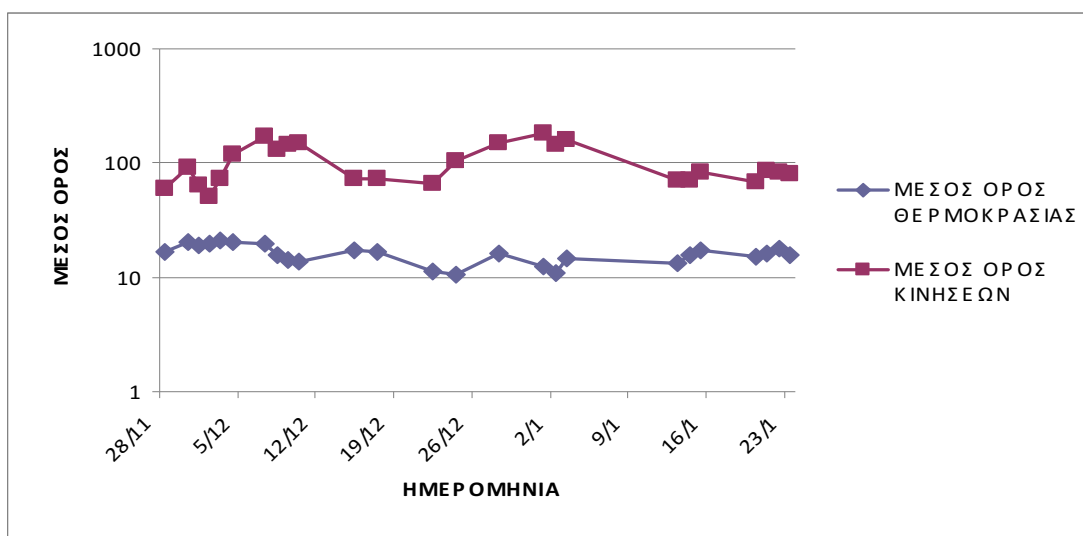
Εικόνα 11: Μέσος όρος κινήσεων ανά ημέρα για την κάθε κυψέλη ξεχωριστά σε όλη την περίοδο παρατηρήσεων

Στην Εικόνα 11 παρουσιάζεται ο μέσος όρος των κινήσεων ανά ημέρα για την κάθε κυψέλη σε όλη την περίοδο παρατηρήσεων. Παρατηρείτε ότι υπάρχουν πολλές διακυμάνσεις στο ποσοστό των κινήσεων, ενώ όλες οι καμπύλες έχουν περίπου τις ίδιες διακυμάνσεις. Για την κυψέλη 1 το πρώτο μέγιστο διαπιστώνετε στις (7/12) με 192 κινήσεις ανά ημέρα και το δεύτερο στις (1/1) με 152 κινήσεις ανά ημέρα., ενώ για την κυψέλη 2 στις (1/1) με 216 κινήσεις ανά ημέρα και στις (3/1) με 216 κινήσεις ανά ημέρα αντίστοιχα. Τέλος διαπιστώνετε ότι από τις (18/12) η κυψέλη 2 παρουσιάζει σταθερά υψηλότερη δραστηριότητα σε σχέση με την κυψέλη 1.



Εικόνα 12: Συγκεντρωτικό διάγραμμα και για τις δυο κυψέλες ανά ημέρα και για τις τρεις κατηγορίες κινήσεων για όλη την περίοδο παρατηρήσεων

Στην Εικόνα 12 βλέπουμε ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα στο οποίο παρουσιάζεται ο συνολικός μέσος όρος και των δυο κυψελών και για τις τρεις κατηγορίες κινήσεων. Παρατηρούμε ότι οι διακυμάνσεις είναι έντονες και συνέχεις σε ολη την περίοδο παρατηρήσεων. διακρίνουμε δυο περιόδους εντονης δραστηριότητας, η πρώτη από (3/12 έως 17/12) με μεγιστο στις (7/12)με 175 κινήσεις να ημέρα και η δευτερη από (24/12/ έως 13/01) με μεγιστο στις (1/1) με 183 κινήσεις να ημέρα.

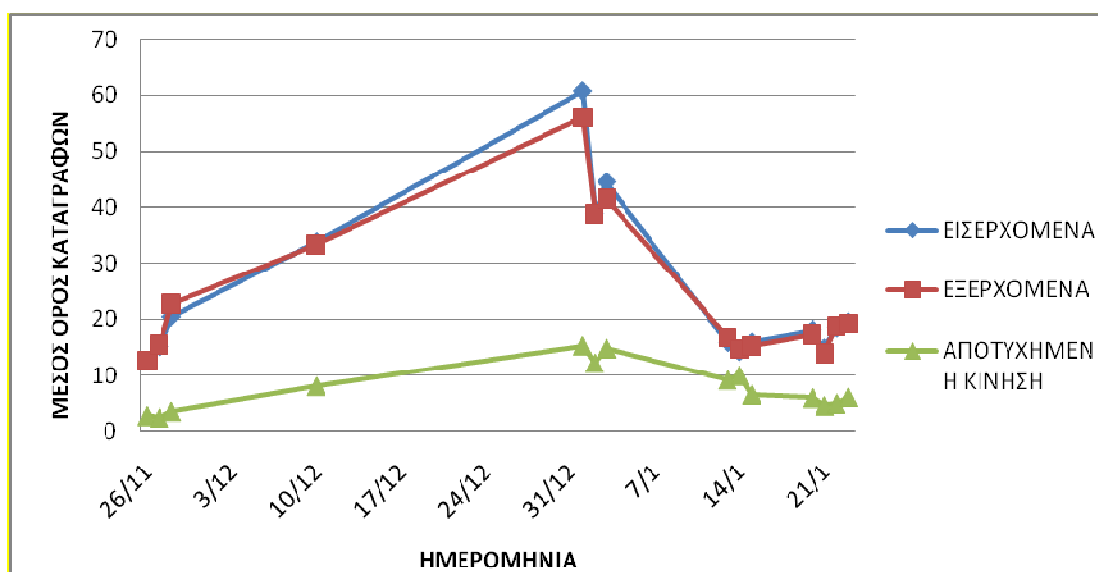


Εικόνα13: Μέσος όρος των κινήσεων ανά ημέρα και ο μέσος όρος ημερήσιας διακύμανσης θερμοκρασίας (°C) σε όλη την περίοδο παρατηρήσεων.

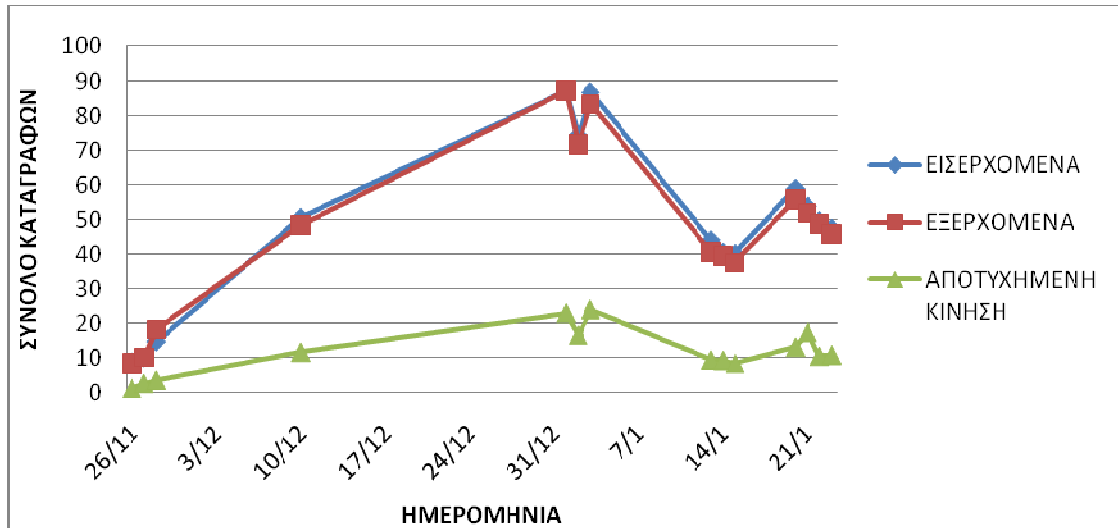
Στην Εικόνα 13 παρουσιάζεται ο μέσος όρος των κινήσεων ανά ημέρα και των δυο κυψελών σε σχέση με τον μέσο όρο της θερμοκρασίας. Μελετήθηκε η γραμμική συσχέτιση μεταξύ των δυο παραμέτρων. Και διαπιστώθηκε απουσία συσχέτισης με ($R^2=0,0869$).

3.β.→Ανάλυση δωδεκάωρης καταγραφή

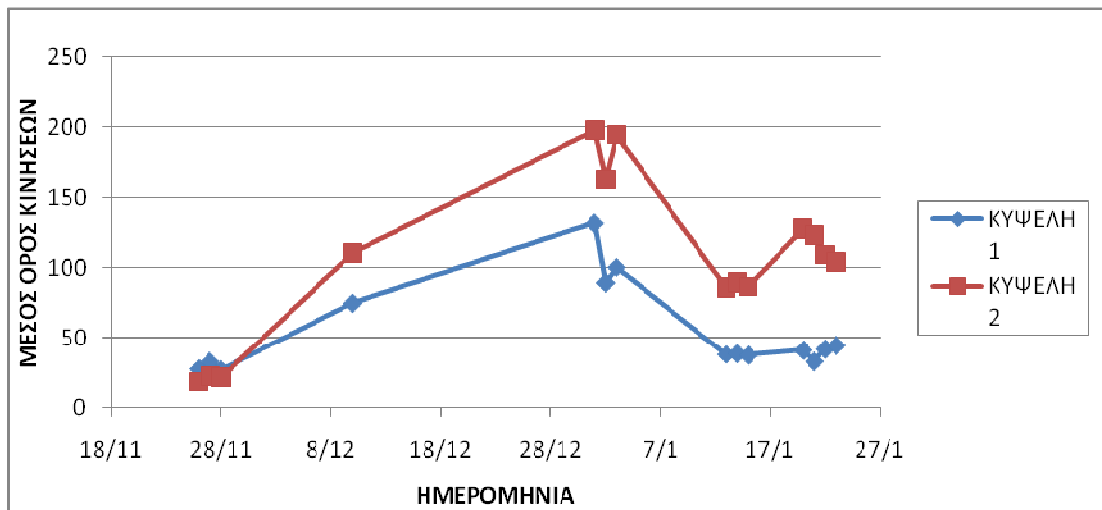
Στην Εικόνα 14 και 15 απεικονίζεται ο μέσος όρος κινήσεων ανά ημέρα , για κάθε κατηγορία κίνησης την κυψέλη 1 και 2 αντίστοιχα ,για δωδεκάωρη παρακολούθηση της συμπεριφοράς των εντόμων. Παρατηρείται ότι οι καμπύλες και για τις τρεις κατηγορίες κινήσεων έχουν παρόμοιες διακυμάνσεις. Μελετήθηκε η συσχέτιση μεταξύ των παραμέτρων και βρέθηκε πολύ ισχυρή συσχέτιση μεταξύ εισερχομένων και εξερχομένων ($R^2 =0,9968$). Ισχυρή συσχέτιση βρέθηκε επίσης μεταξύ της αποτυχημένης κίνησης των εισερχομένων ($R^2=0,9403$) και μεταξύ αποτυχημένης κίνησης και των εξερχομένων ($R^2= 0,9275$).



Εικόνα 14 : Μέσος αριθμός κινήσεων ανά ημέρα για την κυψέλη 1 για όλη την περίοδο παρατηρήσεων .



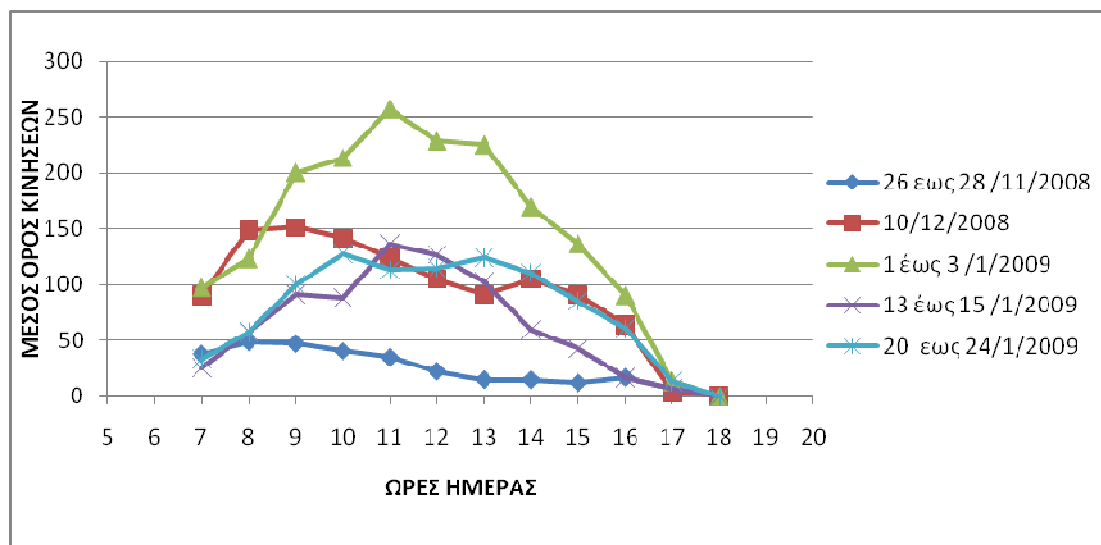
Εικόνα 15: Μέσος αριθμός κινήσεων ανά ημέρα για την κυψέλη 2 για όλη την περίοδο παρατηρήσεων



Εικόνα 16: Το σύνολο των καταγραφών για την κυψέλη 1 και 2 ανά ημέρα σε όλη την περίοδο παρατηρήσεων

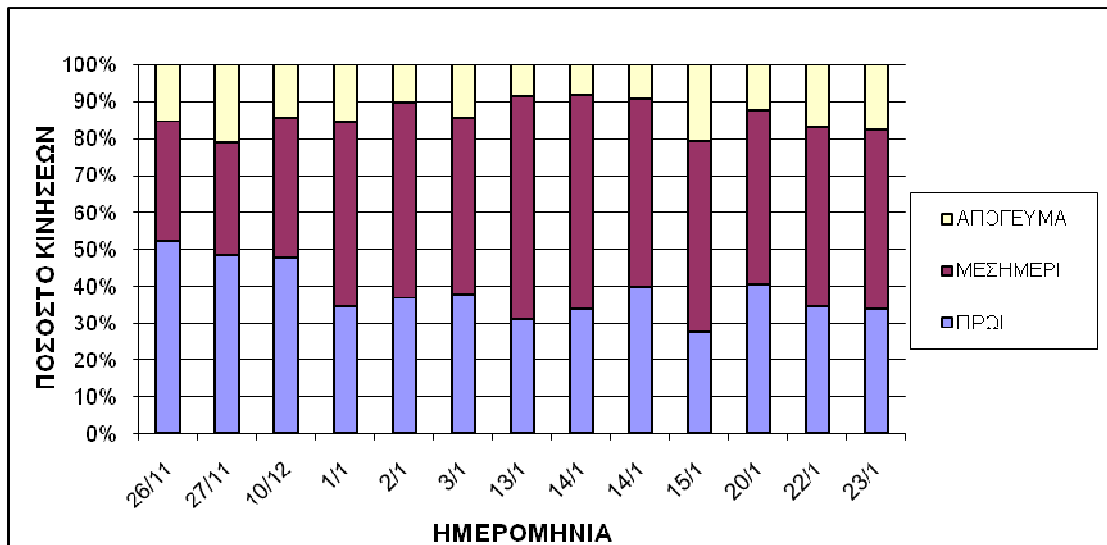
Στην Εικόνα 16 βλέπουμε το μέσο αριθμό κινήσεων ανά ημέρα για τις τρεις κατηγορίες κίνησης και την κυψέλη 1 και 2. Παρατηρείτε ότι έχουν παρόμοιες διακυμάνσεις. Επίσης διαπιστώνεται ότι η κυψέλη 2 παρουσίασε υψηλότερο μέσο αριθμό κινήσεων σε σχέση με την κυψέλη 1 από τις (10/12) και μετά.

3.γ.→Ημερησία ανάλυση 12ωρων καταγραφών



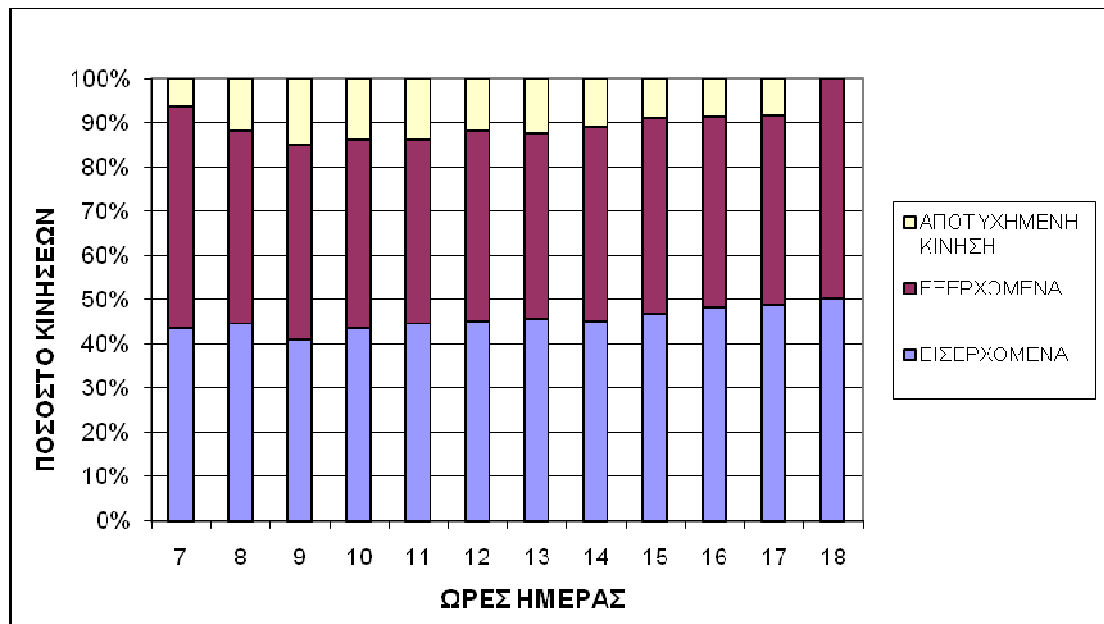
Εικόνα 17: Μέσος όρος κινήσεων ανά ώρα για τέσσερις χρονικές περιόδους κατά την διάρκεια της ημερήσιας παρακολούθησης

Στην εικόνα 17 βλέπουμε την ημερησία διακύμανση της μέσης κινητικότητας των βομβίνων σε πέντε διακριτές χρονικές περιόδους, στην αρχή στην μέση και στο τέλος του πειράματος. Διαπιστώνουμε ότι στην αρχή της περιόδου παρακολούθησης (26-28/11 και 10/12) παρουσιάζεται αυξημένη κινητικότητα των εντόμων κατά τις πρωινές ώρες (8-9) και στην συνέχεια παρατηρείται σταδιακή πτώση έως το τέλος της ημέρας. Στην μέση της περιόδου παρακολούθησης (1-3/1 και 13-15 /1) υπάρχει σταδιακή αύξηση της κινητικότητας έως τις 11 όπου παρατηρείται η μέγιστη τιμή και στην συνέχεια ακολουθεί σταδιακή πτώση έως το τέλος της ημέρας. Στο τέλος της περιόδου παρακολούθησης (20-24 /1) υπάρχει σταδιακή αύξηση της κινητικότητας τις πρωινές ώρες, ακολουθεί μια περίοδος υψηλής κινητικότητας (10 – 13) χωρίς κάποιο ευδιάκριτο μέγιστο, και τελικά μια σταδιακή μείωση κατά τις απογευματινές ώρες . Οι παραπάνω παρατηρήσεις επιβεβαιώνονται από ανάλυση του σχετικού ποσοστού κινήσεων για κάθε περίοδο της ημέρας (Εικόνα 19). Στην αρχή της περιόδου παρακολούθησης το μεγαλύτερο ποσοστό κινήσεων (50%) γίνονται κατά τις πρωινές ώρες, ενώ για την υπόλοιπη περίοδο το μεγαλύτερο ποσοστό κινήσεων διαπιστώνεται κατά τις μεσημεριανές ώρες.



Εικόνα 19: Η κινητικότητα των εντόμων κατά την διάρκεια της ημέρας καθ' όλη την περίοδο παρατηρήσεων

Στην εικόνα 18 βλέπουμε το μέσο σχετικό ποσοστό των κινήσεων για κάθε κατηγορία κίνησης εντός της ημερήσιας περιόδου παρακολούθησης (n=13). Στην αρχή της ημέρας το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνουν τα εξερχόμενα έντομα, ενώ από της 11 και μετά τα εισερχόμενα αυξάνουν το ποσοστό τους μέχρι το τέλος της ημέρας. Πολύ μικρότερο ποσοστό παρουσιάζεται στην αποτυχημένη προσέγγιση που με την πάροδο των ωρών μειώνεται ώσπου στο τέλος τις ημέρας να μηδενιστεί. Παρατηρούμε ότι τα εισερχόμενα και τα εξερχόμενα έντομα καταλαμβάνουν το (80-90 %) του συνόλου των κινήσεων καθ όλη την διάρκεια της ημέρας



Εικόνα 18: Η ένταση της κινητικότητας των εντόμων κατά τη διάρκεια της ημέρας (καταγραφή 12 ωρών) σε όλη την περίοδο παρατηρήσεων

3.δ→Προσπάθεια βελτιστοποίησης της μεθόδου παρακολούθησης της συμπεριφοράς των βομβίνων

Κλείνοντας την ανάλυση των αποτελεσμάτων του πειράματος θα γίνει μια προσπάθεια βελτιστοποίησης της μεθόδου καταγραφής της συμπεριφοράς των εντόμων. Θα χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα των αναλύσεων της συμπεριφοράς των βομβίνων για την εξεύρεση του βέλτιστου μοντέλου παρακολούθησης, με στόχο την ελαχιστοποίηση των ωρών ανάλυσης ανά ημέρα και παράλληλα την μεγιστοποίηση της αξιοπιστίας και της ακριβείας των αποτελεσμάτων.

Ο πίνακας 3 που ακολουθεί παρουσιάζει την συσχέτιση (R^2) των αποτελεσμάτων διαφόρων πιθανών μοντέλων παρακολούθησης της συμπεριφοράς σε σχέση με το 12ωρο μοντέλο παρακολούθησης. Όταν το R^2 είναι κοντά στο 1 τότε έχουμε πολύ καλή συσχέτιση και υψηλή αξιοπιστία. Η μέγιστη συσχέτιση παρατηρήθηκε με το 6ωρο μοντέλο και η δεύτερη καλύτερη με το 5ωρο, και οι δύο με $R^2 > 0.95$. Χαρακτηριστικό είναι ότι το 4ωρο μοντέλο που επιλέχθηκε έδωσε χαμηλότερη τιμή συσχέτισης σε σχέση με την 1 ώρα παρακολούθησης στις 7.00 το πρωί. Τέλος, το 2ωρο μοντέλο παρακολούθησης που εφαρμόστηκε σε αυτό το πείραμα (8-10) έδωσε R^2 χαμηλότερο από 0.95.

Πίνακας 3: Δοκιμές για το ακριβέστερο αποτέλεσμα με τις λιγότερες ώρες παρακολούθησης

	12h	6h	5h	2h	1h	1h	4h	2h
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
R ²	1	0,9883	0,9674	0,8741	0,8216	0,6433	0,7451	0,0178



4. Συζήτηση

Η παρούσα έρευνα έγινε σε θερμοκήπιο της περιοχής της Ιεράπετρας από τον Νοέμβριο έως τον Ιανουάριο του 2009. Σε αυτό το πείραμα διερευνήσαμε μία καινούρια μέθοδο ψηφιακής καταγραφής της δραστηριότητας των βομβίνων. Ο τρόπος αυτός εφαρμόζεται για πρώτη φορά στην μελέτη συμπεριφοράς εντόμων στην ύπαιθρο. Το νέο σύστημα παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα. σε σχέση με τις έως σήμερα δημοσιευμένες μεθόδους μελέτης της δραστηριότητας των βομβίνων, αφού δίνει την δυνατότητα στον ερευνητή την παρακολούθηση των εντόμων και την καταγραφή των κινήσεων τους από το ψηφιακό σύστημα καταγραφής δεδομένων και την αποθήκευση του σε σκληρό δίσκο. Με την καταγραφή των κινήσεων ο ερευνητής είναι σε θέση να επεξεργαστή το βίντεο αυτό αναλυτικά έτσι ώστε να μειώσει την πιθανότητα λάθους όσο το δυνατόν περισσότερο. Ακόμα είμαστε σε θέση να μπορούμε να αναλύσουμε ένα βίντεο μιας ώρας έως και 20-30% λιγότερο με αποτέλεσμα να εξοικονομείτε χρόνος.

Για την εκπόνηση της μελέτης η συμπεριφορά των βομβίνων διακρίθηκε σε τρεις διακριτές κατηγορίες δραστηριότητας τα εισερχόμενα τα εξερχόμενα και στα έντομα αποτυχημένης κίνησης. Διαπιστώθηκε ότι η κύρια δραστηριότητα των βομβίνων ήταν να εξέρχονται και να εισέρχονται στην κυψέλη. Το ποσοστό αυτό καθ' όλη την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου κυμάνθηκε από (83-95%) ενώ για την τρίτη κατηγορία στο (5-17%). Και οι τρεις κατηγορίες κινήσεων συσχετιστήκαν σημαντικά μεταξύ τους, Η καταγραφή της συνολικής κινητικότητας των εντόμων είναι ένας αξιόπιστος δείκτης της κινητικότητας της κυψέλης.

Η καταγραφή της κινητικότητας των εντόμων έγινε με δύο μεθόδους. Η μέθοδος της δίωρης καταγραφής (8:00-10:00), σχετικά γρήγορη αλλά με άγνωστα επίπεδα αξιοπιστίας και η μέθοδος της 12ωρης καταγραφής (7:00-19:00), εξαιρετικά επίπονη, με την μέγιστη δυνατή ακρίβεια. Από την συγκριτική ανάλυση των δύο μεθόδων διαπιστώθηκε ότι η δίωρη καταγραφή είναι σχετικά αξιόπιστη και μπορεί να αποδώσει σε ποσοστό 87% τις μεταβολές της πραγματικής κινητικότητας Όμως για το σχεδιασμό μελλοντικών πειραμάτων προτείνουμε άλλες μεθόδους καταγραφής με τουλάχιστον 5 ώρες παρακολούθησης ανά ημέρα και με υψηλή αξιοπιστία (δηλαδή με $R^2 > 0.95$).

Παρατηρηθήκαν έντονες διακυμάνσεις στην κινητικότητα των βομβίνων, με δυο διακριτές περιόδους υψηλής κινητικότητας οι οποίες είχαν ένα μήνα διαφορά

μεταξύ τους. Παρόμοιες διακυμάνσεις παρατηρήθηκαν και στις δυο κυψέλες. Οι διακυμάνσεις δεν συσχετιστήκαν με τη θερμοκρασία. Πιθανότατα η περιοδικότητα στα επίπεδα κινητικότητας να σχετίζεται με το βιολογικό κύκλο του εντόμου και την δυναμική της κυψέλης. Δεν υπάρχουν ανάλογες εργασίες που να περιγράφουν το φαινόμενο για τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα. Η παραπάνω παρατήρηση απαιτεί περαιτέρω ανάλυση και μελέτη που δεν εμπίπτει στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής μελέτης.

Οι δυο κυψέλες παρουσίασαν σημαντική διαφοροποίηση σε σχέση με την κινητικότητα των βομβίνων. Τις πρώτες μέρες παρουσίασαν παρόμοια επίπεδα δραστηριότητας. Η διαφοροποίηση καταγράφεται για πρώτη φορά 15 ημέρες από την τοποθέτηση τους στο θερμοκήπιο και τη έναρξη του πειράματος.

Στην αρχή της πειραματικής περιόδου και μέχρι τις 10/12/2008 (δηλαδή τουλάχιστον για τις 15 πρώτες ημέρες) παρατηρήσαμε ότι η ώρα αιχμής για την κινητικότητα των επικονιαστών ήταν τις πρωινές ώρες (8:00 – 9:00 ή 9:00-10:00). Η παραπάνω παρατήρηση είναι σε συμφωνία με τους Know and Saeed (2003) και που σε αντίστοιχες μελέτες σχετικά με τη κινητικότητα των βομβίνων διαπιστώσαν ότι το μέγιστο της κινητικότητας ήταν κατά τις πρώτες πρωινές ώρες (7:00 – 8:00 ή 5:00 – 8:00 αντιστοίχως). Από την μέση της περιόδου (1/1/2009) και μέχρι το τέλος του πειράματος διαπιστώθηκε μια σημαντική αλλαγή, καθώς το μέγιστο της κινητικότητας των εντόμων παρατηρείται από τις 11:00 έως τις 14:00. Δεν έχουν αναφερθεί υψηλά επίπεδα κινητικότητας κατά την μεσημβρινή χρονική περίοδο από άλλες μελέτες. Τις βραδινές ώρες ήταν μηδενική (17:00-19:00) η κινητικότητα των εντόμων ήταν πάντοτε χαμηλή έως μηδενική.

5. Βιβλιογραφία

- Abak K., Dasgan H.Y., Ikiz O., Uygun N., Sayalan M., Kaftanoglu O., Yeninar H. (1997) Pollen production and quality of pepper grown in unheated greenhouse during winter and the effects of bumblebees (*Bombus terrestris*) pollination on fruit yield and quality, Acta Hort.437,303-307.
- Birmingham AL, Winston ML, 2004. Orientation and drifting behavior of, bumblebees (Hymenoptera:Apidae) in commercial tomato greenhouses. Can J. Zool. 82, 52-59.
- Calzoni G.L.,Speranza A.(1996) Pear and plum pollination: honey bees, bumble bees or both? Acta Hort.423, 83-90.
- Dag A., Kammer Y. (2001) Comparison between the effectiveness of honey bee (*Apis mellifera*) and bumble bee (*Bombus terrestris*) as pollinators of greenhouse sweet pepper (*Capsicum annuum*), Am. Bee j.141,447-448.
- Goodell K., Thomson J.D. (1997) Comparisons of pollen removal and deposition by honey bees and bumblebees visiting apple, Acta Hort.437,103-107.
- Kwon YJ, Saeed S (2003) Effect of temperature on the foraging activity of *Bombus terrestris* L.(Hymenoptera:Apidae) on greenhouse hot pepper (*Capsicum annuum* L.).Appl.Entomol.Zool.38,275-280.
- Lefebvre D, Pierre J (2006) Spatial distribution of bumblebees foraging on two cultivars of tomato in a commercial greenhouse. J. Econ. Entomol. 99,1571-1578.
- MacFarlane R.P., Patten K.D., Mayer D.F., Shanks C.H. (1994) Evaluation of commercial bumble bee colonies for cranberry pollination, Melanderia 50,13-19.
- MacKenzie K.E. (1994) The foraging behaviour of honey bees (*Apis mellifera* L) and bumble bees (*Bombus* spp.) on cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait), Apidologie 25,375-383.
- Michener S (1979) Effectiveness of *Bombus impatiens* Cr. as pollinators of greenhouse sweet peppers (*Capsicum annuum* L.), Acta Hort.437,425-429.
- Morandin LA, Lavery TM, Kevan PG, (2001). Bumblebee (Hymenoptera:Apidae) activity and pollination levels in commercial tomato greenhouses.J.Econ.Entomol. 94,462-467.
- Morandin LA, Lavery TM, Kevan PG,Khosla S, Shipp L. (2001). Bumble bee (Hymenoptera:n Apidae) activity and loss in commercial tomato greenhouses.Can.Entomol.133, 883-893.
- Roldan-Serrano AS, Guerra-Sanz JM (2005) Reward attractions of zucchini flowers (*Cucurbita pepo* L.) to bumblebees (*Bombus terrestris* L.), Eur. J. Hort. Sci 70,23-28.
- Ολυμπίου Χ. Μ. (2001) Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια Εκδόσεις Πατάκη 85-90, 120-145