



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Σχολή Γεωπονικών Επιστημών

Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΦΥΤΙΑΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**Αξιολόγηση των Παραπροϊόντων της Παραγωγής Βαμβακιού και
Βιομηχανικής Κάνναβης ως Θρεπτικά Υποστρώματα για την Μαζική
Παραγωγή Εδώδιμων Εντόμων**

Κολορίζος Αργύρης

Βόλος, 2024

Αξιολόγηση των Παραπροϊόντων της Παραγωγής Βαμβακιού και Βιομηχανικής Κάνναβης ως
Θρεπτικά Υποστρώματα για την Μαζική Παραγωγή Εδώδιμων Εντόμων

Valorization of By-Products of the Cotton and Industrial Cannabis Production for the Mass-
Rearing of Major Edible Insects

Κολορίζος Αργύρης

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Αθανασίου Χρήστος (Επιβλέπων)

Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος

Παπαδόπουλος Νικόλαος (μέλος)

Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος

Καρκάνης Ανέστης (μέλος)

Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος

Copyright © *ΑΡΓΥΡΙΟΣ ΚΟΛΟΡΙΖΟΣ*, 2024.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Διατριβής Ειδίκευσης από το Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δε δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό την αξιολόγηση σε εργαστηριακή κλίμακα διάφορων παραπροϊόντων που απορρέουν από τις καλλιέργειες του βάμβακος και της βιομηχανικής κάνναβης ως υποστρώματα για την ανάπτυξη προνυμφών των εντόμων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση ή ζωοτροφή. Συγκεκριμένα, για το βαμβάκι αξιολογήθηκαν παραπροϊόντα όπως σπόροι με χνούδι και χωρίς, βαμβακόπιτα, φυτικά υπολείμματα της καλλιέργειας όπως βλαστοί και φύλλα και παραπροϊόντα που συγκεντρώνονται από τις μονάδες εκκοκκισμού κατά τον καθαρισμό της ίνας. Για την κάνναβη δοκιμάστηκαν ως υποστρώματα οι σπόροι, φυτικά υπολείμματα της καλλιέργειας μετά και την συγκομιδή του φυτού, υπολείμματα μετά από την έκθλιψη των σπόρων για την εξαγωγή ελαίου (cannabis meal) καθώς και υπολείμματα ανθών του φυτού. Επιπρόσθετα, για την καλύτερη αξιολόγηση των γεωργικών υποστρωμάτων εκτιμήθηκε και η σύσταση των παραπροϊόντων σε υγρασία, πρωτεΐνη, τέφρα και λίπος, έπειτα από χημικές αναλύσεις. Κάθε εβδομάδα οι ζωντανές προνύμφες και το βάρος τους υπολογίζονταν με την βοήθεια ζυγού ακριβείας. Η κάθε βιοδοκιμή ολοκληρωνόταν με την εμφάνιση της πρώτης νύμφης σε κάθε φιαλίδιο ενώ οι εναπομείναντες ζωντανές προνύμφες συλλέγονταν, καταμετρούνταν και ζυγίζονταν. Έχοντας αξιολογήσει σε εργαστηριακή κλίμακα το σύνολο των γεωργικών παραπροϊόντων σε ξεχωριστές βιοδοκιμές ανά παραπροϊόν και με μάρτυρα το πίτουρο σίτου, συμπεραίνεται πως ορισμένα παραπροϊόντα μπορούν να επιδράσουν θετικά στην ανάπτυξη ορισμένων ειδών. Σε γενικές γραμμές η βαμβακόπιτα, το cannabis meal και οι σπόροι κάνναβης σημείωσαν τα καλύτερα αποτελέσματα για τα περισσότερα είδη, ωστόσο στην περίπτωση της μύγας *H. illucens*, οι προνύμφες αναπτύχθηκαν καλύτερα και νυμφώθηκαν νωρίτερα όταν τρέφονταν με ινώδεις σπόρους βάμβακος. Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, συμπεραίνεται πως υπάρχουν παραπροϊόντα της γεωργικής παραγωγής που μπορούν να υποστηρίξουν αποτελεσματικά την εκτροφή εντόμων. Το ερευνητικό αυτό πεδίο έχει την δυναμική για περαιτέρω αξιολογήσεις πολυάριθμων παραπροϊόντων που απορρέουν από την τοπική αγροτική περιοχή.

Summary

The present work aims to evaluate on a laboratory scale various by-products derived from cotton and industrial hemp crops as substrates for the development of insect larvae intended for human consumption or animal feed. In particular, for cotton, by-products such as seeds with and without lint, cotton gin, crop residues such as stems and leaves and by-products collected from ginning plants during the cleaning of fibre were evaluated. For hemp, the substrates tested were seeds, plant residues of the crop after harvesting the plant, residues after crushing the seeds for oil extraction (cannabis meal) and flower residues of the plant. In addition, for a better evaluation of the agricultural substrates, the composition of by-products in terms of moisture, protein, ash and fat was also assessed by chemical analyses. Every week the live larvae and their weight was measured. Each bioassay was completed with the emergence of the first pupa in each vial and the remaining live larvae were collected, counted and weighed. Having evaluated on a laboratory scale all agricultural by-products in separate bioassays per by-product and with wheat bran as a control, it is concluded that certain by-products can have a positive effect on the growth of certain species. In general cottonseed cake, cannabis meal and hemp seeds showed the best results for most species, however in the case of *H. illucens*, the larvae developed better and pupated earlier when fed on fibrous cottonseed. Based on the results of the present study, it is concluded that there are by-products of agricultural production that can effectively support insect rearing. This research field has the potential for further evaluations of numerous by-products derived from the local agricultural production.

«Εγώ, ο Αργύρης Κολορίζος, είμαι ο συγγραφέας αυτής της Μ.Δ.Ε. Αυτή η Μ.Δ.Ε. αντικατοπτρίζει την έρευνα που έγινε από εμένα και δεν έχει υποβληθεί (εξ ολοκλήρου ή μέρος της) σαν προπτυχιακή διατριβή ή Μ.Δ.Ε. ή ως μέρος Διδακτορικής Διατριβής σε αυτό ή άλλο Προπτυχιακό ή Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Ιδρυμάτων Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης του εσωτερικού ή εξωτερικού. Όποια συνεργασία καθώς και το μέγεθος αυτής δηλώνονται επακριβώς στο αντίστοιχο πεδίο αυτής της διατριβής. Επίσης έχω διαβάσει όλες τις βιβλιογραφικές αναφορές που παρατίθενται στο τέλος.»

«Ως επιβλέπων της έρευνας που περιγράφεται σε αυτή τη διατριβή, δηλώνω ότι όλοι οι όροι του Εσωτερικού Κανονισμού του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος έχουν τηρηθεί από τον Κολορίζο Αργύριο»

Περιεχόμενα	
Περίληψη	4
Εισαγωγή	9
Καλλιέργεια βαμβακιού.....	9
Καλλιέργεια Κάνναβης.....	10
Waste management- Κυκλική οικονομία.....	11
Χρήση των εντόμων	12
Έντομα.....	13
<i>Tenebrio molitor</i>	14
<i>Alphitobius diaperinus</i>	15
<i>Zophobas morio</i>	16
<i>Hermetia illucens</i>	17
Νομοθεσία - Βιομηχανική κλίμακα.....	18
Σκοπός της παρούσας εργασίας	20
Υλικά και μέθοδοι	21
Έντομα.....	21
Παραπροϊόντα	24
Πειραματικός σχεδιασμός.....	27
Χημική ανάλυση	29
Αποτελέσματα.....	30
Θρεπτική σύσταση των γεωργικών παραπροϊόντων	30
Αξιολόγηση παραπροϊόντων βάμβακος για την ανάπτυξη προνυμφών <i>T. molitor</i>	32
Αξιολόγηση παραπροϊόντων βάμβακος για την ανάπτυξη προνυμφών <i>A. diaperinus</i>	37
Αξιολόγηση παραπροϊόντων βάμβακος για την ανάπτυξη προνυμφών <i>Z. morio</i>	41
Αξιολόγηση παραπροϊόντων βάμβακος για την ανάπτυξη προνυμφών <i>H. illucens</i>	46
Αξιολόγηση παραπροϊόντων κάνναβης για την ανάπτυξη προνυμφών <i>T. molitor</i>	51
Αξιολόγηση παραπροϊόντων κάνναβης για την ανάπτυξη προνυμφών <i>A. diaperinus</i>	55
Αξιολόγηση παραπροϊόντων κάνναβης για την ανάπτυξη προνυμφών <i>Z. morio</i>	60
Αξιολόγηση παραπροϊόντων κάνναβης για την ανάπτυξη προνυμφών <i>H. illucens</i>	64
Συζήτηση	69
Βιβλιογραφία	72

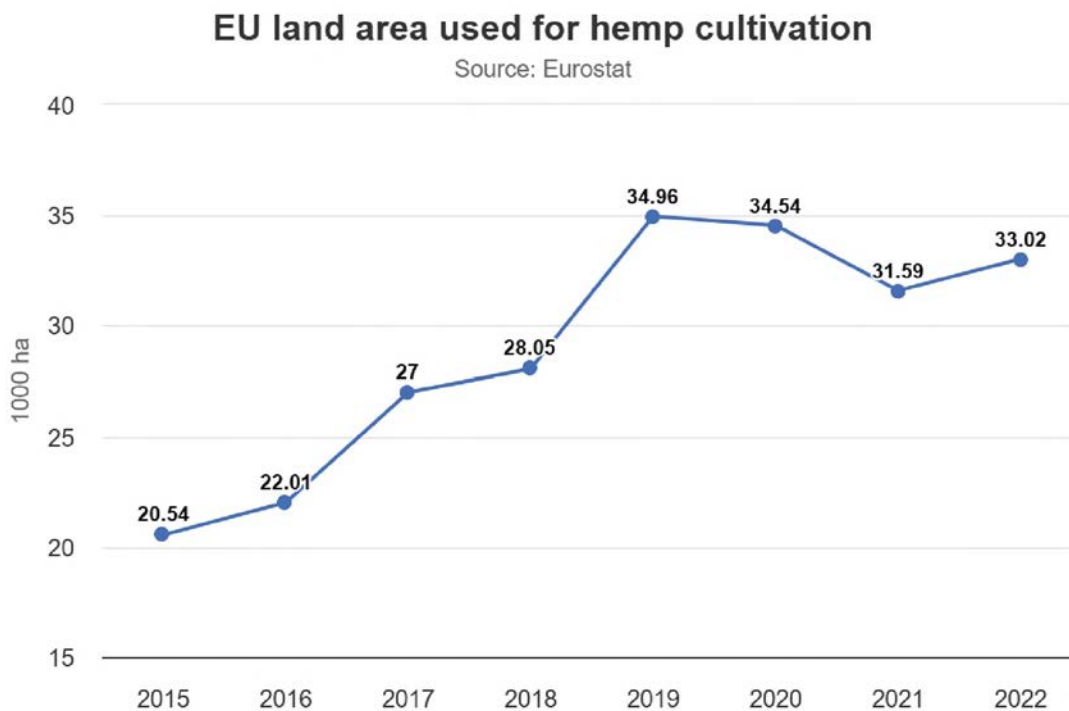
Εισαγωγή

Καλλιέργεια βαμβακιού

Το βαμβάκι αποτελεί μια διαχρονικά σημαντική καλλιέργεια για τον ανθρώπινο πολιτισμό και καλλιεργείται εδώ και χιλιάδες χρόνια για την πολύτιμη φυσική του ίνα. Οι ίνες του χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή υφάσματος (χρησιμοποιείται ευρέως στην βιομηχανία ρούχων) το οποίο προκύπτει μετά από την επεξεργασία τους. Ετησίως, η παραγωγή βάμβακος εκτιμάται σε 25 εκατομμύρια τόνους, ενώ η αξία της υπολογίζεται σε 12 δισεκατομμύρια δολάρια. Η παραγωγή βάμβακος δεν περιορίζεται ωστόσο μόνο στην βιομηχανία ρουχισμού. Οι ίνες του βαμβακιού έχουν πολλαπλές χρήσεις όπως για παράδειγμα στην παραγωγή χαρτιού, στην παραγωγή ιατροφαρμακευτικών υλικών, στην κατασκευή επίπλων, σχοινιού κ.α. Σε οικονομικά πλαίσια εκτιμάται πως η παγκόσμια παραγωγή κλωστής ανέρχεται στα 600 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως. Οι σημαντικότερες χώρες παραγωγί βάμβακος είναι η Ινδία, η Κίνα, οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, το Πακιστάν, η Βραζιλία, η Ελλάδα κ.α. Η παραγωγή βάμβακος στην Ελλάδα κατέχει την υψηλότερη θέση ανάμεσα στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αντιπροσωπεύοντας πάνω από το 80% της συνολικής παραγωγής (European Commission/Agriculture, 2019) ενώ η χώρα βρίσκεται στην 4η θέση ανάμεσα στις μεγαλύτερες χώρες εξαγωγής παγκοσμίως (USDA 2022; ICAC 2023). Η Ελλάδα παράγει κάθε χρόνο σχεδόν 224.000 τόνους βάμβακος διαθέτοντας παράλληλα μια υψηλού επιπέδου βιομηχανία εκκοκκιστηρίων. Σε εγχώριο επίπεδο, η Θεσσαλία αποτελεί μια από τις σημαντικότερες περιφέρειες παραγωγής βάμβακος μαζί με την Μακεδονία, την Θράκη και την Στερεά Ελλάδα (USDA 2022). Από την παραγωγή και την επεξεργασία του βαμβακιού απορρέουν διάφορα παραπροϊόντα. Ο βαμβακόσπορος αποτελεί ένα από αυτά, το οποίο δεν προορίζεται μόνο για την ανάπτυξη νέων φυτών αλλά και για την παραγωγή βαμβακέλαιου το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως στην μαγειρική. Επίσης, μετά από την έκθλιψη του σπόρου για την απόκτηση του ελαίου, λαμβάνεται ένα ακόμη παραπροϊόν το οποίο ονομάζεται βαμβακόπιτα και είναι πλούσιο σε πρωτεΐνη ενώ χρησιμοποιείται κυρίως ως τροφή για τα παραγωγικά ζώα (Khan και άλλοι., 2020; USDA 2022).

Καλλιέργεια Κάνναβης

Η κάνναβη (*Cannabis sativa*, L.) είναι ένα σχετικά μεγάλο φυτό της οικογένειας Cannabaceae, το οποίο μπορεί να φτάσει σε ύψος τα 5 μέτρα. Η προέλευση του φυτού είναι από την Κεντρική Ασία ενώ δύο ποικιλίες είναι οι κυριότερες, η *C.sativa* και η *C.indica*. Η *C. sativa* σε σχέση με την *C. indica* περιέχει πολύ χαμηλό επίπεδο των ψυχοτρόπων ουσιών THC (μέχρι 0,3%). Από το 1970, η καλλιέργεια, η προμήθεια και η κατοχή κάνναβης χαρακτηρίζονταν παράνομες στην Ευρώπη. Ωστόσο, τον Δεκέμβριο του 2018 υπογράφηκε νόμος, ο οποίος εξαιρεί την κάνναβη, που ορίζεται ως βιομηχανική (*Cannabis sativa* L.) και τα παράγωγα της με εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις THC (<0,3%) από τον ορισμό περί ελεγχόμενων ουσιών (CSA) (Moser, 2019, MJG, 2015, Gunnells, 2020, Abernethy, 2019). Η καλλιέργεια της βιομηχανικής κάνναβης έχει σημειώσει ραγδαία αύξηση τα τελευταία χρόνια όχι μόνο στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και σε όλο τον κόσμο. Πιο αναλυτικά, το 2015 καλλιεργούνταν στην Ευρώπη 20.000 εκτάρια ενώ το 2022 η επιφάνεια αυτή αυξήθηκε κατά 60% φτάνοντας μέχρι και τα 33.000 εκτάρια. Παράλληλα, την ίδια περίοδο αυξήθηκε κατά 84% η παραγωγή της, ενώ οι κύριες παραγωγοί χώρες στην Ευρώπη είναι η Γαλλία, η Γερμανία και η Ολλανδία. Η δημοτικότητα της κάνναβης οφείλεται κυρίως στη θετική της συμβολή στην οικονομία του εκάστοτε κράτους. Η αγορά της κάνναβης και των προϊόντων της φαίνεται να παρουσιάζει ιδιαίτερη αύξηση με 14.32% μέσα στην επόμενη τετραετία (2024-2028) ποσοστό που σε οικονομικά πλαίσια φτάνει τα 17.39 δις δολάρια. Οι χρήσεις του φυτού είναι πολυάριθμες. Η κάνναβη καλλιεργείται κυρίως για την χρήση της σε βιομηχανικές εφαρμογές. Οι ίνες κάνναβης είναι εφάμιλλες του λιναριού και η χρήση τους από την βιομηχανία της κλωστοϋφαντουργίας είναι σημαντική. Επίσης, η κάνναβη χρησιμοποιείται στην βιομηχανία της δόμησης ως εξαιρετικό μονωτικό υλικό για την κατασκευή κτιρίων, ενώ σημαντική εφαρμογή έχει και στην χαρτοβιομηχανία. Ακόμη και οι σπόροι αποτελούν πολύτιμο παράγωγο της καλλιέργειας, οι οποίοι χρησιμοποιούνται είτε για την παραγωγή ελαίου, είτε ως ζωοτροφή για τα παραγωγικά ζώα. Παράγωγα του φυτού χρησιμοποιούνται και σε άλλους τομείς όπως τα καλλυντικά, την παραγωγή ενέργειας, την εξαγωγή κανναβιδιόλης (CBD) και τα τρόφιμα (EC, Hemp Production in the EU 2022).



Εικόνα 1 Καλλιεργούμενη επιφάνεια κάνναβης στην Ευρώπη από το 2015-2022. (Source: EUROSTAT [https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_en])

Waste management- Κυκλική οικονομία

Οι Haupt και άλλοι (2017) ανέφεραν πως η κυκλική οικονομία χαρακτηρίζεται από την ελάχιστη απώλεια ενέργειας και υλικών μέσα σε ένα πλαίσιο παραγωγής και κατανάλωσης το οποίο βασίζεται σημαντικά στην ανακύκλωση, δηλαδή την επαναχρησιμοποίηση υλικών. Σήμερα, λόγω της συνεχούς αύξησης του πληθυσμού της γης, την περιβαλλοντική ρύπανση αλλά και τις οικονομικές αστάθειες, η εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας αποτελεί μονόδρομο για τον σύγχρονο άνθρωπο. Τις τελευταίες δεκαετίες η ολοένα και αυξανόμενη αγροτική παραγωγή βρίσκεται αντιμέτωπη με σοβαρά ζητήματα που εμποδίζουν την αποτελεσματικότητά της και θέτουν γενικά σε κίνδυνο την επισιτιστική ασφάλεια και την οικολογική ισορροπία του πλανήτη (FAO, 2020). Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν σοβαροί περιορισμοί σχετικά με τις εκτάσεις καλλιεργήσιμης γης και τις ανάγκες της σε νερό για τη φυτική παραγωγή. Επίσης, η αγροτική παραγωγή παράγει τεράστιους όγκους αποβλήτων, καθώς παράγονται ετησίως 1,3 δισεκατομμύρια τόνοι τροφίμων και γεωργικών υπολειμμάτων και η συσσώρευση τους, έχει ως αποτέλεσμα την ρύπανση των φυσικών πόρων (Harish Karthikeyan Ravi και άλλοι., 2020).

Επιπλέον, προκειμένου να καλυφθούν οι αυξανόμενες ανάγκες του πλανήτη σε κρέας, η εντατική αύξηση της κτηνοτροφίας έχει ως αποτέλεσμα την διατάραξη της περιβαλλοντικής ισορροπίας με την αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την αποψίλωση των δασών και την μόλυνση των υδάτων και του εδάφους (Mekonnen και Hoekstra, 2012, OECD/FAO, 2021). Ως εκ τούτου, θα πρέπει να εφαρμοστούν αποτελεσματικά μέτρα με τη εφαρμογή καινοτόμων στρατηγικών παραγωγής τροφίμων κάτω από ένα βιώσιμο πλαίσιο κυκλικής οικονομίας, προκειμένου να αντιμετωπιστούν απειλές όπως η παγκόσμια έλλειψη τροφίμων και η υποβάθμιση των οικοσυστημάτων. Συνεπώς, ο επιστημονικός κόσμος, στρέφεται πλέον στην μελέτη κι εφαρμογή τέτοιων μοντέλων τα οποία λειτουργούν με σεβασμό προς το περιβάλλον και στοχεύουν κυρίως στην ανακύκλωση των αποβλήτων και των παραπροϊόντων της αγροτικής παραγωγής (Madau και άλλοι, 2020).

Χρήση των εντόμων

Ένα μεγάλο μέρος της αγροτικής παραγωγής και της επεξεργασίας των τροφίμων απορρίπτονται στο περιβάλλον ρυπαίνοντας το, ενώ παράλληλα αυξάνουν το κόστος παραγωγής τους (Barbi και άλλοι, 2020). Ένα καινοτόμο μοντέλο κυκλικής οικονομίας αποτελεί και η χρήση παραπροϊόντων της αγροτικής παραγωγής, ως υποστρώματα για την εκτροφή εντόμων (Madau και άλλοι, 2020). Η χρήση εντόμων αποδεικνύεται σε ένα πολύτιμο εργαλείο για την μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης που επιφέρει η απόρριψη τεράστιου όγκου υπολειμμάτων των καλλιεργειών. Επιπρόσθετα, η εκτροφή εντόμων με υπολείμματα και παραπροϊόντα της αγροτικής παραγωγής μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα. Αρχικά, μπορεί να μειώσει τα κόστη που προϋποθέτει η διαχείριση των αποβλήτων, ενώ παράλληλα τα εκτρεφόμενα έντομα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως τροφή για τα παραγωγικά ζώα. Αξίζει ωστόσο να αναφερθεί και ένα ακόμη σημαντικό χαρακτηριστικό της εκτροφής εντόμων με υπολείμματα της αγροτικής παραγωγής. Τα έντομα μέσω της διατροφής, έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν τα οργανικά απόβλητα σε σωματική βιομάζα πλούσια σε πρωτεΐνη και λιπίδια, μια διαδικασία που έρχεται σε πλήρη συμφωνία με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας (van Broekhoven και άλλοι, 2014; Lohri και άλλοι, 2017; Cappellozza και άλλοι, 2019; Kuttiyatveetil και άλλοι, 2019). Πιο αναλυτικά, τα έντομα έχουν την ικανότητα να μπορούν να αποκτήσουν (μέσω της διατροφής) σωματική μάζα με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη που μπορεί να φτάσει 35-65% επί ξηρού βάρους σε

σχέση με τις υπόλοιπες τροφές (κόκκινο κρέας, αυγά) ζωικής προέλευσης (Schluter και άλλοι, 2017; Ordoñez-Araque και άλλοι, 2022). Επίσης η εκτροφή εντόμων έχει κι άλλα θετικά χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν να ανταγωνιστούν την συμβατική παραγωγή ζωικής πρωτεΐνης. Αρχικά, τα έντομα δεν απαιτούν τον χώρο που χρειάζεται η συμβατική κτηνοτροφία για την ανάπτυξη της, καθώς μπορούν να εκτραφούν σε κάθετα συστήματα παραγωγής χρησιμοποιώντας πολύ μικρότερη επιφάνεια. Επίσης, η εκτροφή τους χαρακτηρίζεται πιο φιλική προς το περιβάλλον, καθώς τα έντομα εκπέμπουν λιγότερη αμμωνία και CO₂ σε σχέση με τα παραγωγικά ζώα (van Huis και άλλοι, 2013), ενώ οι ανάγκες της παραγωγής τους σε νερό είναι ιδιαίτερα χαμηλές, καθώς το ένα μέρος του μπορούν να το προσλάβουν μέσω της τροφής τους (Madau και άλλοι, 2020). Εντούτοις, ένας από τους λόγους που η βιομηχανία εκτροφής εντόμων δεν χρησιμοποιείται ακόμη ευρέως είναι το υψηλό κόστος παραγωγής και ιδιαίτερα το κόστος της διατροφής τους με αποτέλεσμα την υψηλή τιμή διάθεσης τους (Arru και άλλοι, 2019; Cadinu και άλλοι, 2020). Επομένως, πολύ σημαντικό ρόλο παίζει η αναζήτηση φθηνής τροφής ώστε να μειωθεί το κόστος παραγωγής τους κι η διάθεση τους να οδηγηθεί σε πιο ανταγωνιστικές τιμές (Roffeis και άλλοι, 2018).

Έντομα

Πάνω από 2000 είδη εντόμων έχουν καταγραφεί ως εν δυνάμει βρώσιμα σε πάνω από 80 χώρες (van Huis και άλλοι 2013; De Gier και Verhoeckx K., 2018). Ωστόσο, το μεγαλύτερο μέρος της αγοράς βρώσιμων εντόμων εκπροσωπούν η μύγα μαύρος στρατιώτης, *Hermetia illucens* (L.), (Diptera: Stratiomyidae) και τα αλευροσκούληκα της οικογένειας Tenebrionidae (Meyer-Rochow και άλλοι 2021; FAO 2021). Η ζήτησή τους αφορά είτε την κατανάλωσή τους από τον άνθρωπο είτε από τα παραγωγικά ζώα είτε άλλοτε και τα δύο. Το 2017, με τον Εκτελεστικό Κανονισμό 2017/893, η Ευρωπαϊκή Ένωση προχώρησε στην έγκριση πρωτεϊνών από 7 είδη εντόμων για την χρήση τους στις ιχθυοκαλλιέργειες. Αργότερα, το 2021, με τον Εκτελεστικό Κανονισμό (ΕΕ) 2021/1372, η Ευρωπαϊκή Ένωση προχώρησε και στην έγκριση των προνυμφών του *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) ως ζωοτροφή για ορισμένα παραγωγικά ζώα (πουλερικά και χοίρους), ενώ το ίδιο έτος το ίδιο έντομο εγκρίθηκε και για κατανάλωση από τον άνθρωπο (Commission Regulation 2017/893 EC, 2017, Commission Regulation 2021/1372 EC, 2021, EFSA, 2021). Τα 8 πλέον είδη εντόμων που έχουν εγκριθεί προς το παρόν για ανθρώπινη

κατανάλωση ή ζωοτροφή είναι τα εξής: *Bombyx mori* L. (Bombycidae: Lepidoptera), *H. illucens*, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae), *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae), *T. molitor*, και τρία Gryllidae (Orthoptera): *Acheta domesticus* (L.), *Gryllodes sigillatus* (Walker), *Gryllus assimilis* (F.) (Εκτελεστικός Κανονισμός (ΕΕ) 2017/893). Από τα παραπάνω είδη, ξεχωρίζουν ο αλευροσκώληκας (*T. molitor*), η μύγα μαύρος στρατιώτης (*H. illucens*) και η κοινή μύγα (*M. domestica*), εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας τους σε πρωτεΐνη και της ικανότητάς τους να τρέφονται αποτελεσματικά με οργανικά απόβλητα (Veldkamp και άλλοι, 2015). Την τελευταία δεκαετία τα αλευροσκούληκα *T. molitor* και *A. diaperinus* είναι δύο είδη εντόμων που έχουν τραβήξει την προσοχή της επιστημονικής κοινότητας αλλά και της βιομηχανίας τροφίμων. Και τα δύο είδη έχουν εγκριθεί ως συστατικό ιχθυοτροφών στην ΕΕ, ενώ το *T. molitor* ήταν το πρώτο είδος εντόμου που απέκτησε έγκριση σε ολόκληρη την ΕΕ για ανθρώπινη κατανάλωση, με το *A. diaperinus* να ακολουθεί (European Food Safety Authority (EFSA) 2015; EU Commission Regulation 2017/893). Η παρούσα εργασία εστιάζει σε τέσσερα είδη με πλούσιο ερευνητικό ενδιαφέρον, το *T. molitor*, *A. diaperinus*, *Zophobas morio* (F.) (Coleoptera: Tenebrionidae) και *H. illucens*.

Tenebrio molitor

Είναι ολομετάβολο έντομο και ανήκει στην τάξη Coleoptera και στην οικογένεια Tenebrionidae. Ονομάζεται κοινώς αλευροσκούληκο ή μεγάλο σκαθάρι των αλεύρων. Το μήκος του σώματος του κυμαίνεται από 12 έως 18 χιλ., με νωτιαία γυαλιστερή επιφάνεια και το χρώμα των ενήλικων ατόμων είναι καστανέρυθρο (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012). Φέρει έλυτρα με 5 παράλληλες γραμμώσεις στο καθένα, ενώ απαντάται σε διάφορα είδη εμπορευμάτων (ιδιαίτερα σε εκείνα που είναι πλούσια σε άμυλο) και μέσα σε εγκαταστάσεις σιτηρών (Rumbos και άλλοι, 2020), κρυμμένα σε σκοτεινά και με υψηλή σχετική υγρασία μέρη (Ghaly και Alkokaik, 2009). Οι προνύμφες του εντόμου είναι κυλινδρικές, σκληρές και γυαλιστερές με μήκος σώματος περίπου 25 χιλ. και φέρουν κιτρινέρυθρο χρωματισμό. Είναι πολύ ανθεκτικές στην ξηρασία και μπορούν να παραμείνουν αρκετό διάστημα χωρίς τροφή, ενώ παράλληλα είναι και ανθεκτικές στις χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Αντιθέτως, τα ενήλικα άτομα είναι περισσότερο ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες. Κάθε θηλυκό γεννάει περίπου 400 με 500 αυγά, μεμονωμένα ή σε ομάδες. Τα αυγά έχουν χρώμα λευκό, είναι γυαλιστερά, κολλώδη με το μήκος

τους να κυμαίνεται μεταξύ 1,7 με 1,8 χιλ. και το πλάτος τους μεταξύ 0,6 με 0,7 χιλ. Όταν τα αυγά βρίσκονται σε βέλτιστες συνθήκες θερμοκρασίας (25°C), η εκκόλαψη τους ολοκληρώνεται σε περίπου 2 εβδομάδες. Οι νέες προνύμφες, έχουν μήκος 2 χιλ., υπόλευκο χρώμα, ενώ αφού αναπτύσσονται σταδιακά αποκτούν κίτρινο προς καφέ χρωματισμό. Το σώμα τους έχει σχήμα κυλινδρικό και φέρουν 3 ζεύγη θωρακικών ποδιών. Όσο αναπτύσσονται σε βάρος και μέγεθος οι προνύμφες πραγματοποιούν εκδύσεις, καθώς περιβάλλονται από χιτινισμένο εξωσκελετό. Το διάστημα, στο οποίο μία προνύμφη θα προχωρήσει στο επόμενο βιολογικό στάδιο, αυτό της νύμφης, ο αριθμός των εκδύσεων που θα λάβουν χώρα, καθώς και το τελικό βάρος, διαφέρουν σε κάθε περίπτωση, διότι εξαρτάται σημαντικά από πολυάριθμους παράγοντες όπως ποιότητα τροφής, θερμοκρασία, υγρασία κ.α (Anastasaki και άλλοι, 2015, Morales Ramos και άλλοι, 2015, Van Broekhoven και άλλοι, 2015). Επιπρόσθετα, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν τα ενήλικα άτομα ζουν 35 με 95 ημέρες, ενώ μέσα σε λίγες ημέρες μετά από το την μετάβαση τους από το στάδιο της νύμφης στο στάδιο του ενηλίκου, είναι πλέον αναπαραγωγικά ώριμα (Ghaly και Alkoaik, 2009).

Alphitobius diaperinus

Το *A. diaperinus* ανήκει στην τάξη Coleoptera και στην οικογένεια Tenebrionidae. Η καταγωγή του είναι από την υπο-σαχάρια Αφρική ενώ το έντομο πλέον εντοπίζεται και στην Βόρειο Αμερική όπου μεταφέρθηκε εκεί από την Ευρώπη. Τα ενήλικα άτομα είναι ωοειδή, κυρτά, με καστανόμαυρο χρωματισμό και συνήθως με γυαλιστερή όψη. Το μήκος του σώματος κυμαίνεται περίπου 5,8 έως 6,3 χιλ. Οι κεραίες είναι πυκνά καλυμμένες με κοντές τρίχες, ενώ η κεφαλή είναι βαθιά εξογκωμένη, με μια ευδιάκριτη αυλάκωση (Aalbu και άλλοι, 2002). Τα αυγά έχουν μήκος περίπου 1,5 χιλ, λευκό έως καστανό χρώμα και είναι λεπτά με ελαφρώς στρογγυλεμένες άκρες. Οι προνύμφες έχουν σώμα με κοιλιακά άκρα που στενεύουν προς το πίσω μέρος, και τρία ζεύγη ποδιών στον θώρακα. Έχουν μήκος σώματος περίπου 7 έως 11 χιλ. Οι προνύμφες που έχουν μόλις εκκολαφθεί παρουσιάζουν γαλακτώδες χρώμα ενώ για να περάσουν στο νυμφικό στάδιο μεσολαβούν 6 έως 11 προνυμφικά στάδια. Οι νύμφες έχουν μήκος περίπου 6 έως 8 χιλ. και σώμα κρεμώδες έως λευκό χρώμα, με τα πόδια τους να είναι εφαπτόμενα κατά μήκος του σώματος. Μετά τη σύζευξη, ένα θηλυκό μπορεί να ωοτοκήσει πάνω από 2.000 αυγά (με μέσο όρο 200 έως 400) (Hosen και άλλοι, 2004). Τα ενήλικα εναποθέτουν τα αυγά τους σε ρωγμές

και σχισμές εγκαταστάσεων πτηνοτροφείων, μέσα στην κοπριά ή την άμμο, ή ακόμη και στο περίβλημα των σπόρων σιτηρών κ.α. Τα ενήλικα άτομα μπορούν να ζήσουν ως και 12 μήνες ενώ τα θηλυκά συνεχίζουν να είναι παραγωγικά κατά το μεγαλύτερο μέρος της ζωής τους και ωοτοκούν ανά διαστήματα (μια έως πέντε ημέρες). Το *A. diaperinus* συναντάται συνήθως μέσα σε αλεύρι και άλλα προϊόντα σιτηρών, ιδίως σε κακό-συντηρημένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας (Spilman 1987). Λόγω της τροπικής καταγωγής του, ευδοκimeί σε θερμές και υγρές συνθήκες. Είναι ένα έντομο που συναντάται συχνά σε εγκαταστάσεις ορνιθοτροφείων όπου ζει μέσα στα περιττώματα των πουλερικών. Τόσο τα ενήλικα άτομα όσο και οι προνύμφες βρίσκονται σε αφθονία στην κοπριά των πτηνών (Francisco και Prado 2001). Οι προνύμφες εκκολάπτονται σε 4 έως 7 ημέρες και ολοκληρώνουν την ανάπτυξή τους στο στάδιο των ενηλίκων σε 40 έως 100 ημέρες, ανάλογα με τη θερμοκρασία και την ποιότητα της διατροφής τους (Calibeo-Hayes και άλλοι 2005). Μέχρι το στάδιο την νύμφης περνούν από περίπου έξι έως 11 προνυμφικά στάδια ενώ οι περιβαλλοντικές συνθήκες που απαιτούνται για τη βέλτιστη ανάπτυξη τους είναι 30° έως 33°C με σχετική υγρασία περίπου 90% (Francisco and Prado 2001). Οι ώριμες προνύμφες διασκορπίζονται, ιδίως όταν συνωστιάζονται, για να βρουν απομονωμένες θέσεις νύμφωσης. Τόσο σε προνυμφικό όσο και σε ενήλικο στάδιο το έντομο είναι κυρίως νυκτόβιο, δραστηριοποιείται δηλαδή κυρίως το σούρουπο. Είναι πολύ δραστήρια έντομα ενώ σκάβουν γρήγορα να διαφύγουν και να προστατευτούν μέσα στο υπόστρωμα όταν ενοχλούνται (Falomo 1986).

Zophobas morio

Το *Z. morio* ή αλλιώς αλευροσκούλικο γίγας (giant mealworm) ανήκει στην οικογένεια Tenebrionidae, η οποία περιλαμβάνει πολλά είδη εντόμων που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα, όπως τα *T. molitor* και *A. diaperinus*. Παρόλο που αναφέρεται μεταξύ άλλων εντόμων που προσβάλλουν αποθηκευτικά προϊόντα, το *Z. morio* έχει βρεθεί σε ένα μόνο αποθηκευμένο εμπόρευμα, στο αλεύρι σίτου (Hagstrum και Subramanyam 2009). Η καταγωγή του εντοπίζεται στις τροπικές περιοχές της Κεντρικής και Νότιας Αμερικής, ωστόσο σήμερα έχει εισαχθεί στην Ευρώπη και την Ασία (Yuan και άλλοι 2012, Furson και Cherney 2018). Τα αυγά του *Z. morio* έχουν χρώμα λευκό και σχήμα ωοειδές με στρογγυλεμένες άκρες, με μήκος 1,7 χιλ. και 0,7 χιλ. πλάτος (Furson και Cherney 2018). Κάθε θηλυκό μπορεί να γεννήσει μεγάλο αριθμό αυγών (έως

και 2.200) κατά τη διάρκεια της ζωής του, ο οποίος εξαρτάται από την ηλικία του θηλυκού και την πυκνότητα των ενηλίκων της αποικίας (Tschinkel 1993) Οι προνύμφες είναι κίτρινες με σκούρα καστανά πρόσθια και οπίσθια άκρα (Fursov and Cherney 2018) και μπορούν να φτάσουν σε μήκος έως τα 55 χιλ. Έχουν ένα κυλινδρικό, σκληρό σώμα, που στενεύει κωνικά από τη βάση του 7ου έως το 9ο κοιλιακό τμήμα. Ο αριθμός και η διάρκεια των προνυμφικών σταδίων εξαρτάται από την πυκνότητα της αποικίας, δηλαδή ποικίλλει ανάλογα με το αν οι προνύμφες διατηρούνται απομονωμένες ή σε συνθήκες συνωστισμού. Εάν διατηρηθούν απομονωμένες, οι προνύμφες νυμφώνονται μετά από 11-18 προνυμφικά στάδια, ενώ συνήθως η νύμφωση γίνεται στα 16 ή 17 στάδια (Kim και άλλοι, 2015). Ένα από τα πιο ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά αυτού του είδους είναι ότι οι προνύμφες του αποτυγχάνουν να νυμφωθούν σε συνθήκες συνωστισμού (Quennedey και άλλοι 1995). Η διάρκεια του σταδίου της νύμφης είναι 13-15 ημέρες στους 25°C, ανάλογα με το βάρος της νύμφης και τις θερμοκρασιακές συνθήκες (ταχύτερη μετάβαση από νύμφη σε ενήλικο σε θερμοκρασία 29°C) (Quennedey και άλλοι 1995). Τα ενήλικα άτομα έχουν επίμηκες σώμα μήκους 38 έως 57 χιλ. και νηματοειδείς κεραίες. Η επιφάνεια των ελύτρων είναι διάστικτη με εννέα σειρές από στίγματα που φέρουν τριχίδια. Τα ενήλικα άτομα μπορούν να ζήσουν έως και 6 μήνες (Fursov and Cherney 2018).

Hermetia illucens

Η μύγα μαύρος στρατιώτης (Black soldier fly) *H. illucens*, ανήκει στην τάξη των Diptera και στην οικογένεια Stratiomyidae. Συναντάται στην φύση κυρίως στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές μεταξύ 40°S και 45°N. Κάθε θηλυκό άτομο γεννά 400 έως 800 αυγά κοντά σε αποσυντιθέμενη οργανική ύλη, σε μικρές και σκιερές, προστατευμένες εσοχές. Πολύ σύντομα μετά την ωοτοκία, το θηλυκό άτομο πεθαίνει. Η γειτνίαση των αυγών με την οργανική ύλη, εξασφαλίζει ότι οι προνύμφες θα έχουν πρόσβαση σε τροφή αμέσως μετά την εκκόλαψη τους. Οι εσοχές που επιλέγονται έχουν ως σκοπό την προστασία των αυγών από τα αρπακτικά ενώ αποτρέπουν την αφυδάτωση τους από το άμεσο ηλιακό φως. Κατά μέσο όρο, τα αυγά εκκολάπτονται μετά από τέσσερις ημέρες και οι νεοεκκολαφθείσες προνύμφες, αρχίζουν να τρέφονται με αποσυντιθέμενη οργανική ύλη και γρήγορα αναπτύσσονται από μέγεθος μερικών χιλιοστών σε περίπου 2,5 εκ. μήκος και 0,5 εκ. πλάτος. Υπό ιδανικές συνθήκες, η ανάπτυξη των προνυμφών ολοκληρώνεται σε 14-16 ημέρες. Ωστόσο, το έντομο έχει την ικανότητα να

παρατείνει τον κύκλο ζωής της όταν επικρατούν δυσμενείς συνθήκες (ποιότητα τροφής, θερμοκρασία). Το προνυμφικό στάδιο είναι το μόνο στάδιο κατά το οποίο το έντομο τρέφεται και ως εκ τούτου κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, αποθηκεύει μεγάλες ποσότητες λίπους και πρωτεϊνών ώστε να μπορέσει να μεταβεί σε νύμφωση, να προχωρήσει στο ενήλικο στάδιο και γενικά να συνεχιστεί ο βιολογικός κύκλος του εντόμου. Η διαδικασία νύμφωσης διαρκεί περίπου δύο έως τρεις εβδομάδες και ολοκληρώνεται όταν η μύγα εξέλθει από το νυμφικό έκδυμα. Μετά την έκδυση, το ενήλικο ζει για περίπου μία εβδομάδα. Κατά τη διάρκεια αυτή θα συζευχθεί και θα ωοτοκήσει. Ως ενήλικα, οι μύγες μαύρος Στρατιώτης δεν τρέφονται. Αναζητούν ωστόσο, μια πηγή νερού ή μια υγρή επιφάνεια για να ενυδατώνονται. Αυτό που είναι σημαντικό σε αυτό το στάδιο του βιολογικού τους κύκλου είναι άφθονη ποσότητα φυσικού φωτός και σχετικά υψηλή θερμοκρασία (25-32°C). Επίσης ένα υγρό περιβάλλον μπορεί να παρατείνει την διάρκεια ζωής τους και να ενισχύσει την πιθανότητα επιτυχούς αναπαραγωγής. ενώ έχει παρατηρηθεί ότι προτιμούν να ζευγαρώνουν στο φως της ημέρας (Dortmans και άλλοι, 2017).

Νομοθεσία - Βιομηχανική κλίμακα

Η νομοθεσία αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ανάπτυξη της βιομηχανίας εκτροφής εντόμων και της εμπορίας διάφορων τροφίμων που απορρέουν από αυτά. Σύμφωνα με τον κανονισμό της Επιτροπής (ΕΕ) 2017/893 της 24ης Μαΐου 2017 όσον αφορά τις διατάξεις σχετικά με τις μεταποιημένες πρωτεΐνες ζωικής προέλευσης, τα ακόλουθα είδη εντόμων πληρούν τους κανονισμούς περί ασφαλείας για την χρήση τους σε ζωοτροφές: *B. mori*, *H. illucens*, *M. domestica*, *T. molitor*, *A. diaperinus*, *G. sigillatus*, *A. domesticus* και *G. assimilis*. Τα είδη αυτά χαρακτηρίστηκαν ως novel food (νέα τρόφιμα) στην ΕΕ με βάση τις εθνικές αξιολογήσεις επικινδυνότητας και τις επιστημονικές συστάσεις της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων της 8ης Οκτωβρίου 2015 (EFSA 2015). Τα επιλεγμένα είδη δεν μεταδίδουν παθογόνα των φυτών, των ζώων ή του ανθρώπου, δεν προκαλούν ασθένειες στον άνθρωπο ή στα ζώα, ενώ δεν αποτελούν προστατευόμενα είδη. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η έγκριση δεν αφορά μόνο ολόκληρα τα έντομα, αλλά και μέρη αυτών και προϊόντα με βάση αυτά τα οποία (όπως εντομάλευρο) μπορούν να διατίθενται στην αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΥ 2015). Επιπρόσθετα, έχουν ήδη θεσπιστεί ορισμένες νομικές ρυθμίσεις σχετικά με την βιομηχανία εκτροφής βρώσιμων εντόμων και την χρήση προϊόντων με βάση τα έντομα.

Πολλές ευρωπαϊκές χώρες δεν έχουν εφαρμόσει συγκεκριμένους κανονισμούς επομένως ακολουθούν τους νόμους της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι περισσότεροι κανονισμοί αφορούν πρωτόκολλα υγιεινής στην παραγωγή ζωοτροφών και τροφίμων (κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1069/2009). Η ασφάλεια των προϊόντων αξιολογείται από τις αρμόδιες αρχές (Κτηνιατρική ή Υγειονομική αρχή). Από την πλευρά του καταναλωτικού κοινού, η ασφάλεια των τροφίμων είναι το σημαντικότερο ζήτημα (Patil και άλλοι, 2005). Ως εκ τούτου, τα προϊόντα με βάση τα έντομα πρέπει να είναι κατάλληλα πιστοποιημένα πριν από τη διάθεσή τους στην αγορά. Έντομα που προορίζονται για την παραγωγή τροφίμων και ζωοτροφών δεν μπορούν να τρέφονται με υλικά εκτός της αλυσίδας τροφίμων. Τα βρώσιμα έντομα ταξινομούνται ως ζώα επομένως, μόνο τα φυτικά και ζωικά υλικά που έχουν εγκριθεί για τη διατροφή των ζώων μπορούν να χορηγηθούν στα έντομα που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση ή ζωοτροφή. Επίσης, σημαντικό είναι οι εμπορικές τροφές για τα έντομα να προμηθεύονται από πιστοποιημένους κατασκευαστές που εφαρμόζουν τις αρχές του HACCP και την Ευρωπαϊκή νομοθεσία περί ζωοτροφών (Kwiatek και άλλοι, 2021). Τα προϊόντα που δεν θα πληρούν τους κανονισμούς περί ασφάλειας (μουχλιασμένες ζωοτροφές) δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται για την εκτροφή των εντόμων. Κάθε παρτίδα εντόμων που διατίθενται στην αγορά τροφίμων ή ζωοτροφών πρέπει να συμμορφώνεται με τα πρωτόκολλα και τα ανώτατα όρια υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων (MRL) που καθορίζονται από τους σχετικούς κανονισμούς (Bakula and Galecki 2021). Τα εκτρεφόμενα έντομα πρέπει να ελέγχονται τακτικά με δειγματοληψία κι ανάλυση για την παρουσία ανεπιθύμητων χημικών ουσιών, συμπεριλαμβανομένων των βαρέων μετάλλων, των φυτοφαρμάκων και των μυκοτοξινών (Kwiatek και άλλοι, 2021), ενώ σημαντικό είναι κάθε παρτίδα προϊόντος να είναι ανιχνεύσιμη (Bosona and Gebresenbet 2013). Ως προς τις εγκαταστάσεις παραγωγής θα πρέπει να δίνεται έμφαση στην πρόληψη και προστασία των εκτρεφόμενων εντόμων από παράσιτα και παθογόνα. Τα βρώσιμα έντομα δεν μπορούν να διατίθενται στην αγορά εάν αποτελούν κίνδυνο για την υγεία των ανθρώπων ή των ζώων. Τέλος, συνιστάται να λαμβάνονται αποτελεσματικά μέτρα για την αποτροπή τυχόν διαφυγής των εντόμων από τις εγκαταστάσεις προς το εξωτερικό περιβάλλον (Zuk-Golaszewska και άλλοι, 2022).

Σκοπός της παρούσας εργασίας

Τα έντομα, όπως ήδη έχει αναφερθεί παραπάνω, αποτελούν μια σημαντική εναλλακτική πηγή πρωτεϊνών με τεράστιο δυναμικό στην κάλυψη των διατροφικών αναγκών του ανθρώπου και των ζώων. Τα τελευταία χρόνια η βιομηχανία έχει στραφεί προς την μαζική εκτροφή εντόμων σε αρκετά κράτη της Ευρώπης, ενώ πλήθος επιστημονικών ερευνών λαμβάνουν χώρα για την βελτίωση της εκτροφής τους. Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που θα εξασφαλίσει την βιωσιμότητα και την ανταγωνιστικότητα της μαζικής παραγωγής εντόμων σε σχέση με την συμβατική παραγωγή ζωικής πρωτεΐνης είναι η χρήση τροφής χαμηλής αξίας. Ορισμένα είδη βρώσιμων εντόμων όπως έχει ήδη ερευνηθεί, είναι σε θέση να αναπτύσσονται αποτελεσματικά σε διάφορους τύπους οργανικών παραπροϊόντων της αγροτικής παραγωγής, της βιομηχανίας τροφίμων αλλά και της οικιακής χρήσης. Συνεπώς, τα έντομα συμβάλλουν σε εναλλακτικές πρακτικές κυκλικής οικονομίας αφού καταναλώνοντας τα παραπροϊόντα, μετατρέπουν την οργανική ύλη σε πρωτεΐνες και λιπίδια υψηλής διατροφικής αξίας. Τα υποπροϊόντα και παραπροϊόντα της αγροτικής βιομηχανίας, τα οποία έχουν χαμηλή ή και μηδενική οικονομική αξία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε μεμονωμένα είτε ως συστατικά μιας δίαιτας στην εκτροφή εντόμων. Με βάση τα παραπάνω, η παρούσα εργασία αποσκοπεί στην χαρτογράφηση και την αξιολόγηση γεωργικών παραπροϊόντων της περιοχής για την αποτελεσματική εκτροφή εντόμων. Πιο συγκεκριμένα η εργασία αυτή εστιάζει στην αξιολόγηση γεωργικών υποπροϊόντων και παραπροϊόντων που απορρέουν από τις καλλιέργειες του βαμβακιού και της κάνναβης και διατίθενται από την τοπική βιομηχανία, για την ανάπτυξη προνυμφών 4 σημαντικών ειδών όπως το *T. molitor* , το *A. diaperinus*, το *Z. morio* και της μύγας *H. illucens* σε εργαστηριακή κλίμακα.

Υλικά και μέθοδοι

Έντομα

Όλα τα είδη εκτράφηκαν στο Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Για τις βιοδοκιμές χρησιμοποιήθηκαν νεοεκκολαφθείσες προνύμφες των ειδών *A. diaperinus*, *T. molitor*, *Z. morio* και *H. illucens*. Πιο συγκεκριμένα, προνύμφες ηλικίας 7 ημερών του *A. diaperinus*, 14 ημερών του *T. molitor*, 21 ημερών του *Z. morio* και 6 ημερών του *H. illucens*.

Alphitobius diaperinus

Τα *A. diaperinus* εκτράφηκαν σε πλαστικά κουτιά (50 × 30 × 10 εκ.) σε μείγμα πίτουρου σίτου και λευκού αλεύρου σίτου (6:1) ως υπόστρωμα διατροφής. Στις προνύμφες χορηγούνταν φέτες άγαρ (20 γρ/λίτρο) ως πηγή υγρασίας μία φορά την εβδομάδα. Τα κουτιά εκτροφής είχαν πλαστικό καπάκι με οπή εξαερισμού στη μέση (20 × 27 εκ.), κλεισμένο με σήτα λεπτού πλέγματος για να εξασφαλίζεται η διέλευση του αέρα και ο αερισμός του κουτιού. Οι εκτροφές διατηρήθηκαν σε θερμοκρασία 27°C, 55% σχετική υγρασία και συνεχές σκοτάδι.

Προκειμένου να αποκτηθούν οι προνύμφες ηλικίας 7 ημερών, τα ενήλικα (<14 ημερών) αφέθηκαν να ωοτοκήσουν για 2 ημέρες σε λευκό αλεύρι σίτου με μέγεθος σωματιδίων άνω των 0,25 χιλ. Μετά από αυτό το διάστημα, τα ενήλικα απομακρύνθηκαν και το αλεύρι κοσκινίστηκε με κόσκινο 0,425 χιλ. για τη συλλογή των αυγών. Στη συνέχεια, τα αυγά μεταφέρθηκαν σε τρυβλία Petri μαζί με μικρές ποσότητες του ίδιου αλεύρου και αφέθηκαν ανενόχλητα για 1 εβδομάδα, στις ίδιες συνθήκες που περιγράφηκαν για τις αποικίες. Στη συνέχεια οι νεοεκκολαφθείσες προνύμφες συλλέχθηκαν με κόσκινο 0,25 χιλ.

Tenebrio molitor

Οι εκτροφές του *T. molitor* βρίσκονται μέσα σε πλαστικούς δίσκους αναπαραγωγής εντόμων (60 x 40 x 14,5 εκ.) (Beekenkamp Verpakkingen BV, Maasdijk). Τα κιβώτια δεν διέθεταν άνω κάλυμμα, ώστε να επιτρέπεται η κυκλοφορία του αέρα και ο αερισμός του κιβωτίου. Οι αποικίες διατηρήθηκαν υπό σταθερές συνθήκες, δηλαδή $27 \pm 0,5$ °C, $60 \pm 5\%$ σχετική υγρασία και σε συνεχές σκοτάδι. Οι προνύμφες αναπτύχθηκαν σε πίτουρο σιταριού ως υπόστρωμα διατροφής. Στα στάδια ενηλίκων και προνυμφών χορηγούνταν άγαρ τρεις φορές την εβδομάδα ως πηγή υγρασίας. Η ίδια διαδικασία που περιεγράφηκε για το είδος *A. diaperinus* ακολουθήθηκε και για την απόκτηση των προνυμφών του *T. molitor* ηλικίας 14 ημερών, με τη διαφορά ότι στην περίπτωση του *T. molitor* τα αυγά παρέμειναν ανενόχλητα για 2 εβδομάδες, στις ίδιες ελεγχόμενες συνθήκες που περιεγράφηκαν για τις αποικίες.



Εικόνα 2. Ενήλικα άτομα και προνύμφες του *T.molitor*

Zophobas morio

Οι αποικίες του *Z. morio* τρέφονταν με πίτουρο σιταριού στο οποίο προστίθενται φέτες άγαρ δύο φορές την εβδομάδα. Χάρτινες συσκευασίες αυγών και άδεια χαρτιά ρολού χρησιμοποιήθηκαν ως καταφύγιο και χώροι αναπαραγωγής για τα ενήλικα. Έχει παρατηρηθεί πως οι προνύμφες του *Z. morio* αποτυγχάνουν να νυμφευθούν όταν βρίσκονται σε συνθήκες συνωστισμού, επομένως οι προνύμφες που είχαν καθυστερήσει να περάσουν στο στάδιο της νύμφωσης, τοποθετήθηκαν μεμονωμένα σε κυλινδρικά πλαστικά δοχεία (85 χιλ. x 30 χιλ.) με άνοιγμα 15 χιλ.στο καπάκι, καλυμμένα με γάζα μουσελίνας για νύμφωση. Μετά την νύμφωση και την μετάβαση σε ενήλικα,

αυτά εγκαταστάθηκαν σε πλαστικά κουτιά (48 εκ. μήκος x 28 εκ. πλάτος 10 εκ. ύψος) με ορθογώνιο άνοιγμα με σήτα (19 εκ. x 27 εκ.) στο πάνω κάλυμμα για να επιτρέπεται η κυκλοφορία του αέρα. Τα ενήλικα άτομα τρέφονταν με την ίδια τροφή όπως και οι προνύμφες και αφέθηκαν να ζευγαρώσουν και να ωοτοκήσουν σε άδεια κυλινδρικά ρολά χαρτιού. Όλα τα κουτιά εκτροφής με τις αποικίες του *Z. morio* διατηρήθηκαν σε σταθερές συνθήκες, δηλαδή 27 ± 1 °C, $55 \pm 5\%$ σχετικής υγρασίας και συνεχές σκοτάδι. Για την απόκτηση των νεοεκκολαπτόμενων προνυμφών, τα χάρτινα ρολά με τα αυγά αφαιρέθηκαν από τις αποικίες και τοποθετήθηκαν σε ξεχωριστά κουτιά με 50 γρ. λευκού αλευριού (μεγέθους σωματιδίων <0,25 χιλ.). Οι νεοεκκολαφθείσες προνύμφες συλλέχθηκαν με κόσκινο 0,25 χιλ. μετά από 3 εβδομάδες. Σε αυτό το χρονικό διάστημα οι προνύμφες ήταν ηλικίας μεταξύ του πρώτου και τρίτου σταδίου με βάση τις μετρήσεις του μήκους του σώματός τους (Kim και άλλοι, 2015).



Εικόνα 3. Νύμφες και ενήλικα άτομα του είδους *Zophobas morio*

Hermetia illucens

Τα ενήλικα άτομα διατηρήθηκαν σε κλουβιά αναπαραγωγής (50 x 40 x 200 εκ.), ενώ οι προνύμφες σε πλαστικά κουτιά (60 x 40 x 14.5 εκ.). Οι προνύμφες αναπτύσσονταν σε τροφή για πουλερικά και νερό σε αναλογία 2:3. Οι αποικίες διατηρήθηκαν υπό σταθερές συνθήκες, δηλαδή $27 \pm 0,5$ °C, $60 \pm 5\%$ σχετική υγρασία και συνθήκες φωτισμού 12 ώρες φωτός και 12 ώρες σκότους. Για να συλλεχθούν προνύμφες ηλικίας 6 ημερών, τα αυγά που συλλέγονταν από τον κλωβό αναπαραγωγής τοποθετούνταν σε μικρά πλαστικά κουτιά (30 x 25 εκ.) μαζί με μια τυπική διατροφή (πίτουρο σίτου και νερό 2:3) και αφήνονταν να τραφούν *ad libitum* για 6 ημέρες. Μετά από αυτό το διάστημα οι νεοεκκολαφθείσες προνύμφες συλλέχθηκαν με την βοήθεια κόσκινου 1χιλ.

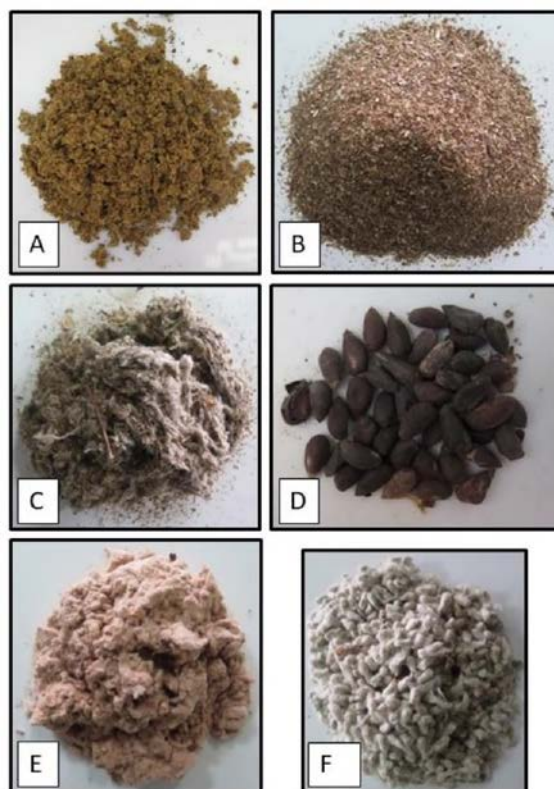


Εικόνα 4. Σύζευξη ενήλικων ατόμων *H.illucens*

Παραπροϊόντα

Στις βιοδοκιμές αξιολογήθηκαν συνολικά δέκα γεωργικά παραπροϊόντα, που προκύπτουν από την καλλιέργεια της βιομηχανικής κάνναβης και του βάμβακος αλλά και την μετέπειτα επεξεργασία τους για την παραγωγή κανναβέλαιου και βαμβακέλαιου. Όλα τα παραπροϊόντα αλέστηκαν (Thermomix TM31-1C, Vorwerk Elektrowerke GmbH & Co. K, Wuppertal, Γερμανία) και κοσκινίστηκαν μέσω κόσκινου με άνοιγμα διαμέτρου 0,850 χιλ. και στη συνέχεια

διατηρήθηκαν σε πειραματικές συνθήκες (27 ± 1 °C, $55 \pm 5\%$ r.h.) για 1 εβδομάδα ώστε να εξισορροπηθεί το επίπεδο της σχετικής τους υγρασίας.



Εικόνα 5. Παραπροϊόντα βαμβακιού

A. Βαμβακόπιτα	Μετά την εξαγωγή του ελαίου από τους βαμβακόσπορους, το υπόλοιπο μέρος που είναι γνωστό ως "βαμβακόπιτα" τρέφεται στα βοοειδή καθώς αποτελεί ιδιαίτερα πλούσια πηγή ενέργειας.
B. Cotton Gin trash	Απορρίμματα του εκκοκκιστηρίου, υπολείμματα που παράγονται κατά τα στάδια καθαρισμού του βαμβακιού μέσα στο εκκοκκιστήριο. Πρόκειται για μη ινώδεις ποσότητες κυρίως φλοιού και φύλλων του φυτού.
C. Cotton waste	Υπολείμματα βαμβακιού που είναι προσκολλημένα στις ίνες. Περιλαμβάνει χρώμα, βρωμιά, μικρές πέτρες και άλλα υλικά που συλλέγονται μετά τη διαδικασία καθαρισμού του βαμβακιού.
D. Αποχνοωμένοι σπόροι	Οι σπόροι βαμβακιού συλλέγονται μετά τον εκκοκκισμό, όταν διαχωρίζονται οι ίνες. Οι σπόροι βαμβακιού χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για τις βιομηχανίες βαμβακέλαιου, καθώς και για την καλλιέργεια νέων φυτών βαμβακιού
E. Cotton Lint	Τα υπολείμματα κοντών ινών του βαμβακόσπορου που ονομάζονται linters και παραμένουν ως απόβλητα μετά τον εκκοκκισμό, χρησιμοποιούνται για την παραγωγή προϊόντων όπως χαρτονομίσματα, μπατονέτες, επίδεσμοι κ.λπ
F. Σπόροι με ίνες	Σπόροι καλυμμένοι με κοντές ίνες οι οποίες αφαιρούνται με ειδικές μηχανές απολέπισης στο εκκοκκιστήριο



Εικόνα 6. Παραπροϊόντα κάνναβης

A. Μετασυλλεκτικά υπολείμματα κάνναβης (cannabis stems)	Φυτική βιομάζα που απομένει στον αγρό, κυρίως στελέχη φύλλα και μίσχοι του φυτού.
B. Υπολείμματα κατά την συγκομιδή των ανθών κάνναβης(cannabis byproduct)	Υπολείμματα ανθών κάνναβης, σπασμένοι σπόροι
C. Σπόροι κάνναβης(cannabis seeds)	Μικροί και σπασμένοι σπόροι κάνναβης που προέρχονται απο τον διαχωρισμό ανθών και σπόρων
D. Cannabis meal	Υπολείμματα σε μορφή μπριγκέτας κατά την έκθλιψη σπόρων κάνναβης για την παραλαβή ελαίου

Πειραματικός σχεδιασμός

Για την εκτέλεση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά κυλινδρικά φιαλίδια (διάμετρος 7,5 εκ., ύψος 8,8 εκ.) στα οποία δημιουργήθηκε ένα άνοιγμα με διάμετρο 6 εκ. στο καπάκι τους, το οποίο και καλύφθηκε με μουσελίνα, για την εξασφάλιση του σωστού αερισμού στο εσωτερικό τους. Μέσα στα φιαλίδια προστέθηκαν ποσότητες από κάθε παραπροϊόν (για κάθε είδος και παραπροϊόν θα χρησιμοποιηθούν διαφορετικά φιαλίδια) οι οποίες ήταν και διαφορετικές για την βιοδοκιμή του κάθε εντόμου. Για παράδειγμα, στην περίπτωση του είδους *A. diaperinus* προστέθηκε 1,5γρ. από το κάθε παραπροϊόν σε κάθε φιαλίδιο, 4 γρ. για το *Z. morio*, 4 γρ. για το *T. molitor* και 6 γρ. για το *H. Illucens*, με μέγεθος σωματιδίων <0,85 χιλ.



Εικόνα 7. Φιαλίδια των βιοδοκιμών που περιείχαν τα υποστρώματα και τις ομάδες προνυμφών

Σε κάθε φιαλίδιο προστέθηκαν 50 νεοεκκολαφθείσες προνύμφες *A. diaperinus*, *T. molitor*, *H. illucens* ενώ στην περίπτωση του *Z. morio* 20 προνύμφες. Αρχικά, κάθε ομάδα προνυμφών πριν τοποθετηθεί στα φιαλίδια ζυγίζονταν και καταγράφονταν το αρχικό της βάρος. Η όλη διαδικασία πραγματοποιήθηκε για 6 επαναλήψεις σε κάθε παραπροϊόν, επομένως για την βιοδοκιμή 4 ειδών σε 10 διαφορετικά παραπροϊόντα και έναν μάρτυρα, (πίτουρο σίτου) χρησιμοποιήθηκαν 240 φιαλίδια. Στην αρχή κάθε βιοδοκιμής οι προνύμφες αφέθηκαν ανενόχλητες ώστε να τραφούν *ad libitum* για μια περίοδο 2 εβδομάδων για τα *A. diaperinus* και *T. molitor*, 4 εβδομάδων για το *Z. morio* ενώ για τις *H. Illucens* μόλις 3 ημέρες. Σε κάθε φιαλίδιο προστίθονταν κύβοι άγαρ

(20γρ/λίτρο) 3 φορές την εβδομάδα ως πηγή υγρασίας για όλα τα είδη εκτός από την περίπτωση του είδους *H. illucens*, όπου η υγρασία λαμβάνονταν μέσω της τροφής τους. Τα φιαλίδια ελέγχονταν τακτικά (τρεις φορές την εβδομάδα) για την κατανάλωση του υποστρώματος από τις προνύμφες, ώστε να αποφευχθεί η απουσία τροφής. Πιο συγκεκριμένα, λίγο πριν η τροφή καταναλωθεί πλήρως μέσα στο φιαλίδιο, νέα τροφή ζυγίζονταν σε ζυγό ακριβείας (EQUINOX, 28 Adam Equipment Inc Fox Hollow Road, Oxford, USA), και προστίθονταν στα φιαλίδια. Μετά το πέρας της περιόδου, ο αριθμός και το βάρος των ζωντανών προνυμφών καταγράφονταν εβδομαδιαία, μέχρι την εμφάνιση της πρώτης νύμφης ανά φιαλίδιο, με εξαίρεση το *H. illucens* για το οποίο η επιβίωση και η ανάπτυξη των προνυμφών αξιολογούνταν κάθε 3 ημέρες.



Εικόνα 8. Ζυγός ακριβείας για τον υπολογισμό του βάρους των προνυμφών

Ο χρόνος ανάπτυξης υπολογίστηκε ως ο αριθμός των ημερών μεταξύ της έναρξης του πειράματος και της ημέρας συγκομιδής κάθε φιαλιδίου. Η κατανάλωση τροφής και το βάρος των προνυμφών χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό παραμέτρων αξιοποίησης της τροφής, όπως περιγράφεται από τον Waldbauer (1968). Συγκεκριμένα, ο λόγος μετατροπής της τροφής (FCR), δηλαδή η ποσότητα τροφής που απαιτείται (σε γρ.) για να επιτευχθεί αύξηση του βάρους του ζώου παραγωγής κατά ένα γρ., καθώς και η αποδοτικότητα μετατροπής της προσλαμβανόμενης

τροφής (ECI), δηλαδή το βάρος που λαμβάνεται / βάρος της προσλαμβανόμενης τροφής x 100%.

Χημική ανάλυση

Η σύνθεση και η περιεκτικότητα σε ενέργεια των εξεταζόμενων παραπροϊόντων προσδιορίστηκαν με βάση τις μεθόδους που περιγράφονται στην AOAC (1995). Η ξηρή ουσία προσδιορίστηκε μέσω ξήρανσης σε φούρνο στους 105°C μέχρι την επίτευξη σταθερού βάρους. Η περιεκτικότητα σε άζωτο προσδιορίστηκε με ανάλυση Kjeldahl (Behr Labor-Technik GmbH, Düsseldorf, Γερμανία, σύστημα τυποποιημένης χώνευσης K12-block, προγραμματιζόμενη συσκευή χώνευσης υπέρυθρων, μονάδα απόσταξης S4). Το ακατέργαστο λίπος προσδιορίστηκε με εκχύλιση Soxhlet και χρήση πετρελαϊκού αιθέρα (40-60°C, BP) με τη χρήση συσκευής Soxtherm Multistat/SX PC (Sox-416 Macro, C. Gerhardt GmbH & Co. KG, Königswinter, Γερμανία). Τέλος, ο προσδιορισμός της τέφρας προσδιορίστηκε με αποτέφρωση στους 600°C για 5 ώρες σε κλίβανο (Nabertherm L9/12/C6, Lilienthal, Γερμανία).



Εικόνα 9. Διαδικασία εκχύλισης Soxhlet για τον προσδιορισμό λίπους των παραπροϊόντων

Αποτελέσματα

Θρεπτική σύσταση των γεωργικών παραπροϊόντων

Η υγρασία, η πρωτεΐνη, το λίπος και η τέφρα (% επί ξηρού βάρους) των παραπροϊόντων κάνναβης και βάμβακος που χρησιμοποιήθηκαν σε όλες τις βιοδοκιμές, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Πιο συγκεκριμένα, το ποσοστό των παραπροϊόντων σε πρωτεΐνη κυμάνθηκε από 3,9 έως 28,1%. Στα παραπροϊόντα βάμβακος το υψηλότερο ποσοστό πρωτεΐνης καταγράφηκε στην βαμβακόπιτα (28,1%) ενώ ακολούθησαν οι βαμβακόσποροι (23,4%). Αντιθέτως, το χαμηλότερο ποσοστό εντοπίστηκε στο cotton lint (3,9%). Στην περίπτωση της κάνναβης το πιο πλούσιο σε πρωτεΐνη υποπροϊόν αναδείχθηκε το cannabis meal σε μορφή μπριγκέτας σε ποσοστό 23,7% με δεύτερο υψηλότερο αυτό των υπολειμμάτων ανθών κάνναβης κατά την διαλογή (15,5%). Το χαμηλότερο ποσοστό πρωτεΐνης εντοπίστηκε στην φυτική βιομάζα κάνναβης που παραμένει στον αγρό μετά και την συγκομιδή της (6,1%). Τα ποσοστά τέφρας, τα οποία σηματοδοτούν την περιεκτικότητα των υποπροϊόντων σε ανόργανα συστατικά κυμάνθηκαν από 0,4 έως 25,5%. Η υψηλότερη τιμή τέφρας για τα παραπροϊόντα βάμβακος καταγράφηκε στο cotton gin trash (25,5%) ενώ η χαμηλότερη στους ινώδεις σπόρους βάμβακος (0,4%). Ακολούθως στα παραπροϊόντα κάνναβης την υψηλότερη τιμή έφεραν τα υπολείμματα ανθών κάνναβης κατά τη διαλογή (7,3%) ενώ τη χαμηλότερη το cannabis meal (2%). Τα επίπεδα υγρασίας σε όλα τα παραπροϊόντα ανιχνεύτηκαν σε χαμηλά ποσοστά ενώ κυμάνθηκαν μεταξύ 8,1 έως 15,4%. Το παραπροϊόν με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία πλην του μάρτυρα (πίτουρο σιταριού), κατείχε για το βαμβάκι το cotton gin trash (14,5%) και τη χαμηλότερη οι ινώδεις σπόροι (10,5%). Για την κάνναβη την υψηλότερη τιμή υγρασίας παρουσίασαν τα υπολείμματα ανθών κάνναβης κατά τη διαλογή ενώ (14%) τη χαμηλότερη το cannabis meal (8,1%). Σχετικά με την σύσταση των παραπροϊόντων σε λίπος οι τιμές τους κινήθηκαν μεταξύ 0,6 έως 15,9% με υψηλότερες για τα προϊόντα βάμβακος εκείνες των σπόρων με ίνες (15,9%) και χαμηλότερες αυτές του cotton lint (0,6%), ενώ στην περίπτωση της κάνναβης πλουσιότεροι σε λίπος εντοπίστηκαν οι σπόροι του φυτού (11,4%) και το χαμηλότερο ποσοστό παρουσίασε η φυτική βιομάζα που παραμένει στον αγρό μετά και την συγκομιδή (3,2%). Η αξιολόγηση αυτή έδειξε

ότι υπάρχουν διαφορές ως προς τη σύσταση των γεωργικών παραπροϊόντων. Στη σειρά αυτή των βιοδοκιμών επιλέχθηκαν να αξιολογηθούν παραπροϊόντα τόσο με υψηλή όσο και με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, καθώς και με αντίστοιχες διαφορές στην υπόλοιπη χημική τους σύσταση γεγονός που θα πρέπει να ληφθεί σημαντικά υπόψιν σχετικά με την καταλληλότητα του κάθε παραπροϊόντος ως θρεπτικό υπόστρωμα για την εκτροφή εντόμων.

Πίνακας 1. Υγρασία, θρεπτική σύσταση [πρωτεΐνη, λίπος και τέφρα % επί ξηρού βάρους (ΞΒ)] των παραπροϊόντων που αξιολογήθηκαν (n=3).

Παραπροϊόν	Υγρασία (%)	Πρωτεΐνη (% ΞΒ)	Λίπος (%)	Τέφρα (% ΞΒ)
Βαμβακόπιτα	11,4	28,1	6,8	4,5
Cotton Gin trash	14,5	11,4	3,2	25,5
Cotton waste	Δ.Ε	9,8	1,5	9,0
Αποχνοωμένοι σπόροι βαμβακιού	13,9	23,4	9,5	Δ/Ε
Lint	Δ.Ε	3,9	0,6	Δ.Ε
Σπόροι βαμβακιού με χνούδι	10,5	21,4	15,9	0,4
Cannabis meal	8,1	23,7	6,9	2,0
Σπόροι κάνναβης	12,0	14,4	11,4	6,2
Cannabis buds residue	14,0	15,5	10,6	7,3
Cannabis post-harvest field leftovers	13,4	6,1	3,2	5,4
Μάρτυρας (πίτουρο σίτου)	15,4	15,11	2,8	Δ/Ε

Αξιολόγηση παραπροϊόντων βάμβακος για την ανάπτυξη

προνυμφών *T. molitor*

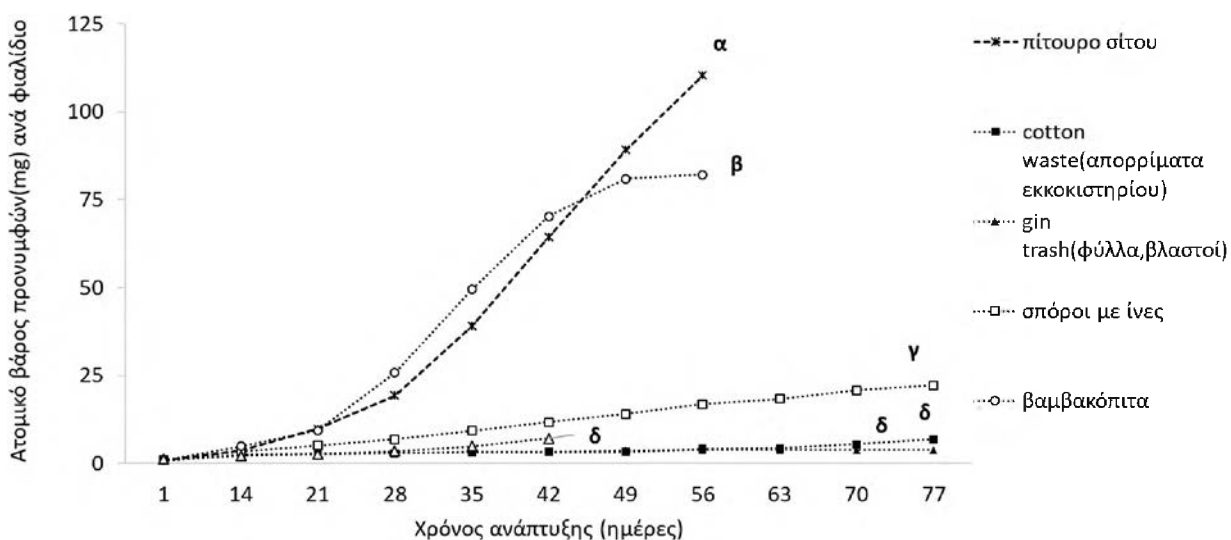
Το τελικό (συγκομισθέν) μέσο ατομικό βάρος των προνυμφών του είδους *T. molitor* κυμάνθηκε από 3,9 έως 110,3 χιλιόγραμμα, ενώ παράλληλα επηρεάστηκε και στατιστικώς σημαντικά από την διαφορετική σύσταση των υποστρωμάτων ($df = 5, 30, F = 213.4, p < 0.01$). Η υψηλότερη τιμή καταγράφηκε στο πίτουρο σιταριού (μάρτυρας) στα 110,3 χιλιόγραμμα και ακολούθησε το παραπροϊόν της βαμβακόπιτας το οποίο παρουσίασε υψηλή τιμή (82,1 χιλιόγραμμα), ενώ οι ινώδεις σπόροι παρουσίασαν τιμή μέσου ατομικού βάρους στα 22,3 χιλιόγραμμα. Στα συγκεκριμένα υποστρώματα παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Αντίθετα, οι χαμηλότερες τιμές παρουσιάζονται στο υπόστρωμα cotton gin trash (3,9 χιλιόγραμμα) και στο παραπροϊόν που προκύπτει από τα υπολείμματα που συλλέγονται μετά τη διαδικασία καθαρισμού του βαμβακιού (cotton waste) στα 6,9 χιλιόγραμμα, χωρίς ωστόσο αυτά να παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Επιπρόσθετα, αξίζει να αναφερθεί πως στο υπόστρωμα cotton lint, δεν παρατηρήθηκε ανάπτυξη των προνυμφών και για το λόγο αυτό δεν συμπεριλήφθηκε στην στατιστική ανάλυση. Στα υποστρώματα με τις χαμηλότερες τιμές βάρους, οι προνύμφες υπολείπονταν σε ανάπτυξη, δεν κατάφεραν να μεταβούν στο νυμφικό στάδιο ή εμφάνισαν μεγάλη θνησιμότητα κατά τη διεξαγωγή του πειράματος μειώνοντας τον αριθμό των επαναλήψεων ($n < 6$).

Τα ποσοστά επιβίωσης των προνυμφών του είδους *T. molitor* επηρεάστηκαν από την διαφορετική θρεπτική σύσταση των υποστρωμάτων ($df = 5, 30, F = 105.5, p < 0.01$) ενώ κυμάνθηκαν από 32% έως 96,7%. Το υψηλότερο ποσοστό επιβίωσης σημειώθηκε από τις προνύμφες που εκτράφηκαν στο πίτουρο σιταριού με 96,7% κι ακολούθησαν οι προνύμφες που εκτράφηκαν στο παραπροϊόν της βαμβακόπιτας με 92,3%, ενώ τα συγκεκριμένα υποστρώματα δεν παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Τα παραπροϊόντα με τα αμέσως μικρότερα ποσοστά επιβίωσης ήταν οι αποχνοωμένοι σπόροι βάμβακος (80%), ενώ στο υπόστρωμα των σπόρων με ίνες οι προνύμφες επιβίωσαν σε μικρότερο ποσοστό (75%). Αντιθέτως, τα χαμηλότερα ποσοστά παρατηρήθηκαν στις ομάδες προνυμφών που αναπτύχθηκαν στο gin trash και στο παραπροϊόν που προκύπτει από τα υπολείμματα που συλλέγονται μετά τη

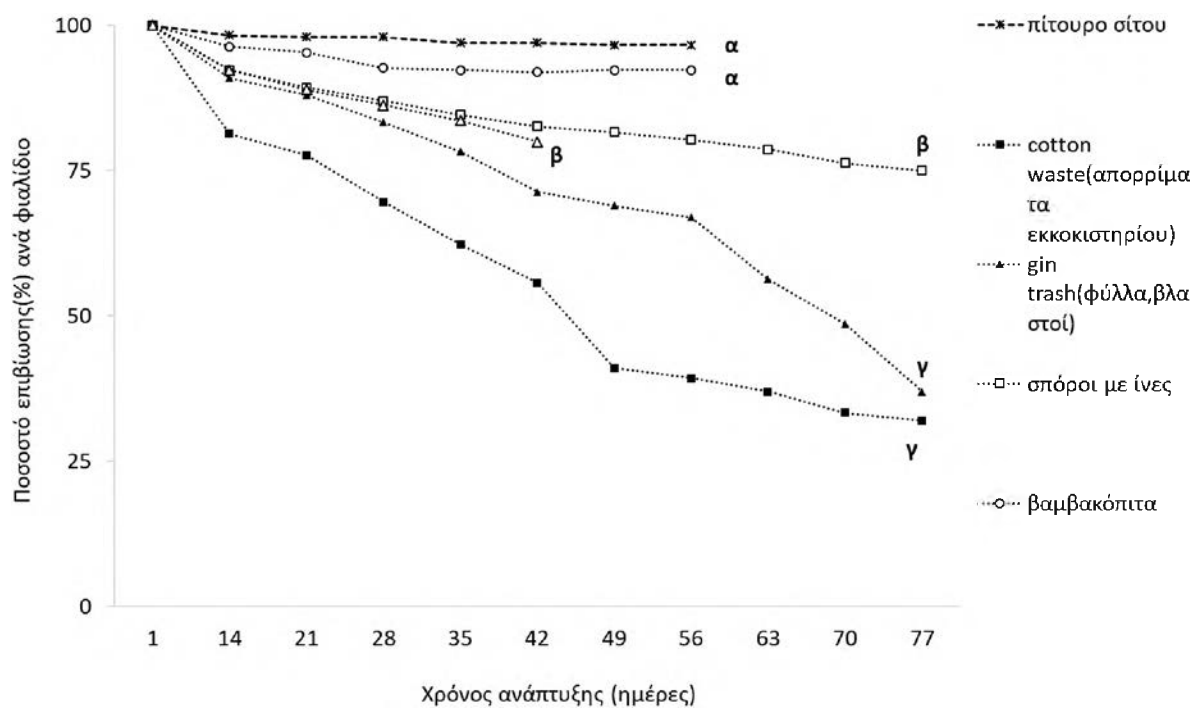
διαδικασία καθαρισμού του βαμβακιού (cotton waste), με 37% και 32% αντίστοιχα, χωρίς να παρουσιάζουν και στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Επιπλέον, ο μέσος χρόνος ανάπτυξης των προνυμφών του *T. molitor* επηρεάστηκε από τα διαφορετικά υποστρώματα βάμβακος στα οποία αναπτύχθηκαν ($df = 5, 30, F = 201.0, p < 0.01$) και κυμάνθηκε από 46 έως 78 ημέρες. Το παραπροϊόν στο οποίο παρατηρήθηκε η πρώτη νύμφωση ήταν αυτό της βαμβακόπιτας (46 ημέρες) ενώ η αμέσως επόμενη νύμφωση έλαβε χώρα στο πίτουρο σίτου (μάρτυρας) στις 53 ημέρες παρουσιάζοντας παράλληλα στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Στα υπόλοιπα παραπροϊόντα οι προνύμφες δεν κατάφεραν να νυμφωθούν καθ' όλη τη διεξαγωγή της βιοδοκιμής ακόμη και μετά την παρέλευση 11 εβδομάδων όπου ακολούθησε και ο εκούσιος τερματισμός του πειράματος καθώς η ανάπτυξη των προνυμφών παρουσίασε στασιμότητα (plateau).

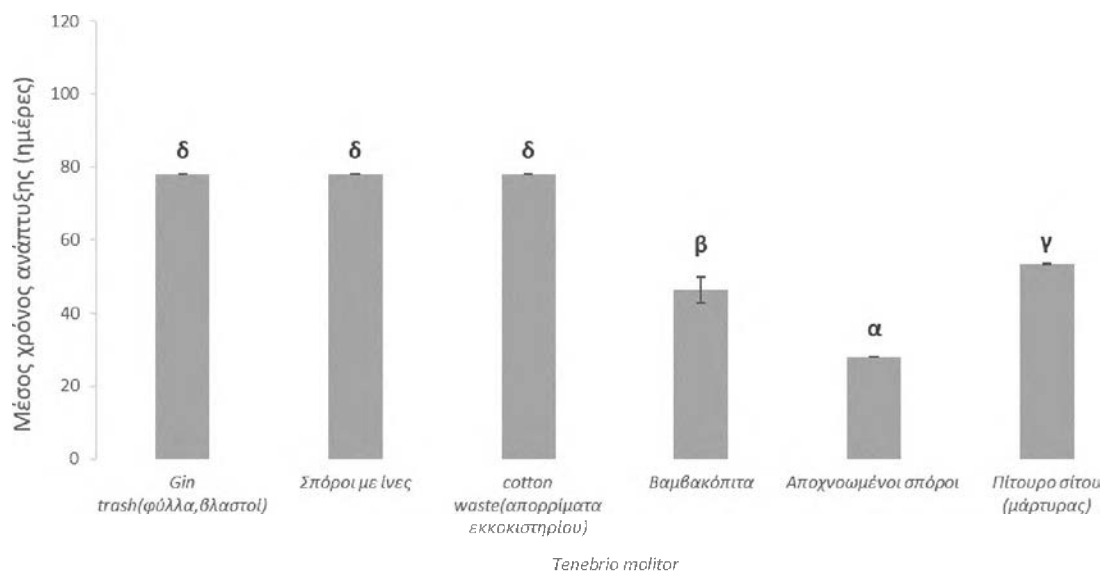
Διαφορές σχετικά με την ανάπτυξη των προνυμφών σημειώθηκαν και στις παραμέτρους FCR ($df = 5, 30, F = 44.0, p < 0.01$), ECI ($df = 5, 30, F = 269.3, p < 0.01$) και SGR ($df = 5, 30, F = 128.6, p < 0.01$). Για όλες τις παραμέτρους οι καλύτερες τιμές καταγράφηκαν στην περίπτωση της βαμβακόπιτας (FCR: 2,0, ECI: 49,5 και SGR: 9,7) και στο μάρτυρα (FCR: 3,1, ECI: 31,7 και SGR: 8,8) χωρίς να παρουσιάζουν σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ τους πλην της περίπτωσης του συντελεστή ECI.



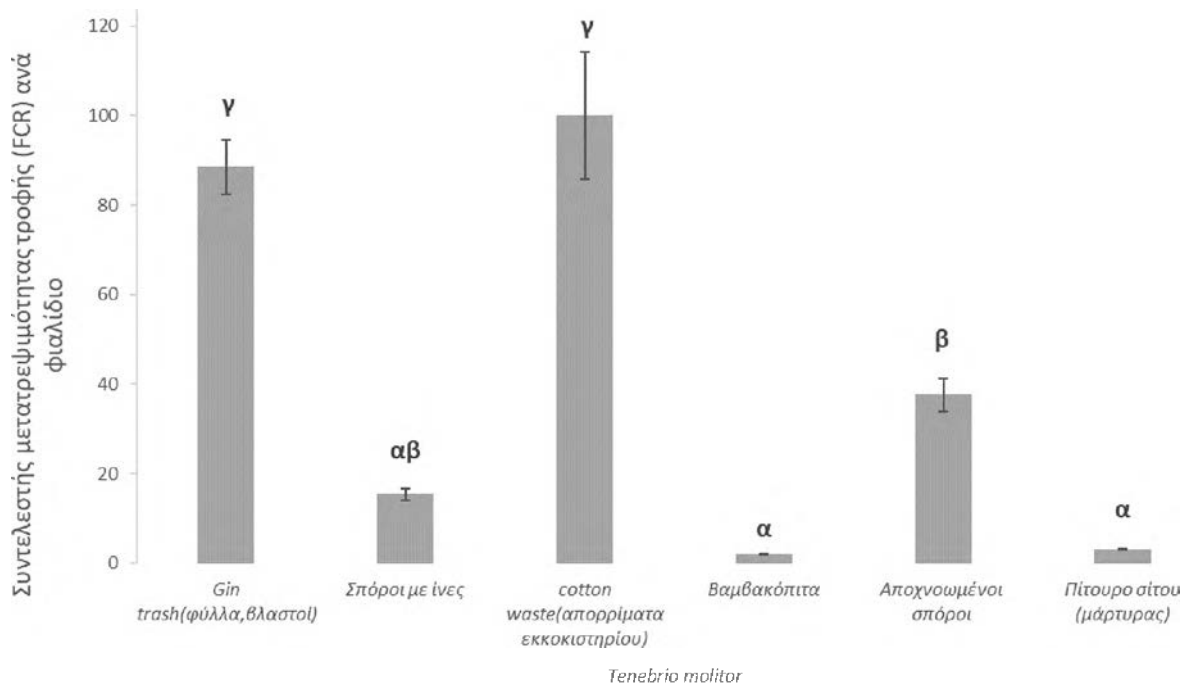
Γράφημα 1 Ατομικό βάρος των προνυμφών (χιλιόγραμμα) του *T. molitor* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα βάμβακος και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



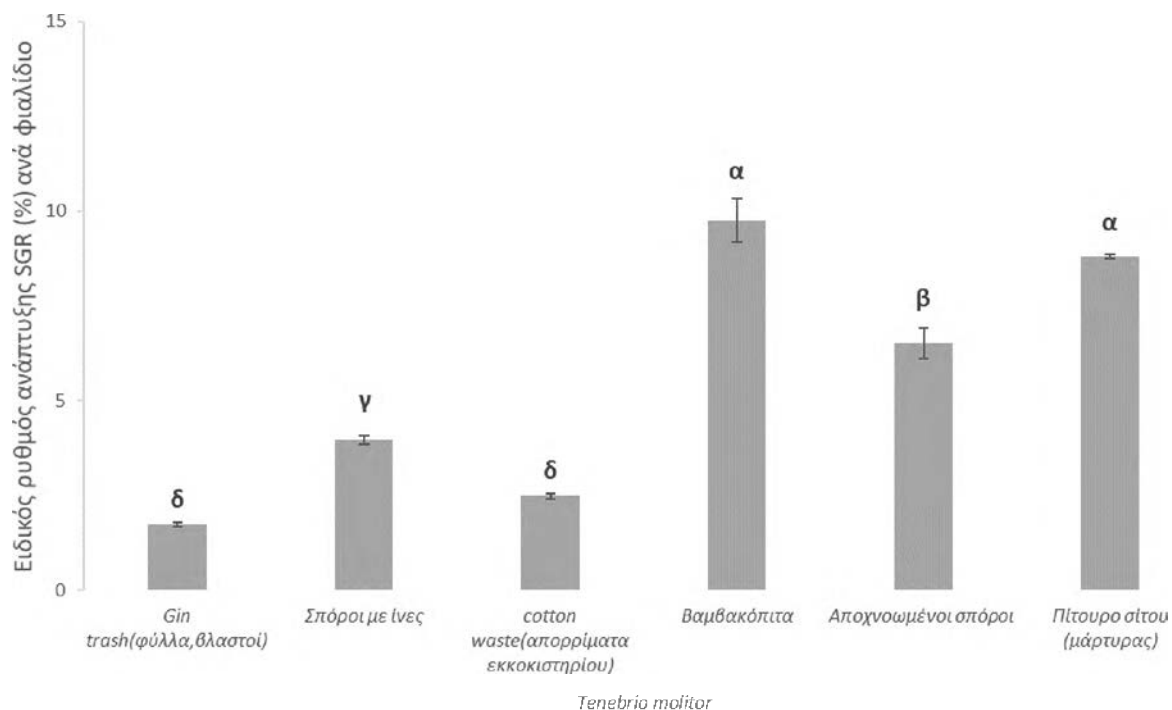
Γράφημα 2 Ποσοστό επιβίωσης (%) των προνυμφών του *T. molitor* ανά φιαλίδιο, που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα βάμβακος και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



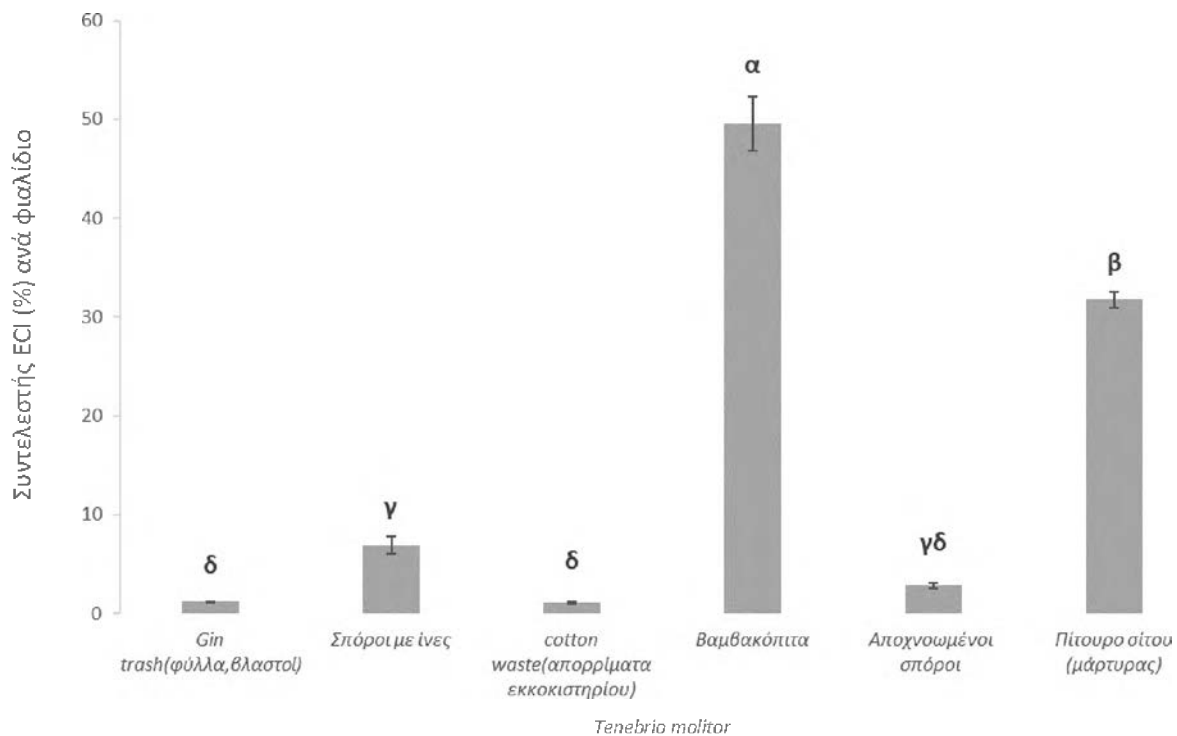
Γράφημα 3. Χρόνος ανάπτυξης (ημέρες) των προνυμφών του *T. molitor* ανά φιαλίδιο.



Γράφημα 4. Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (Feed Conversion Ratio - FCR) των προνυμφών του *T. molitor* ανά φιαλίδιο



Γράφημα 5 Ειδικός Ρυθμός Αύξησης SGR (Specific Growth Rate) (%/ημέρα) των προνυμφών του *T. molitor* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα βάμβακος και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



Γράφημα 6. Συντελεστής ECI (Efficiency of Conversion of Ingested food) (%) των προνυμφών του *T.molitor* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα βάμβακος και σε πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).

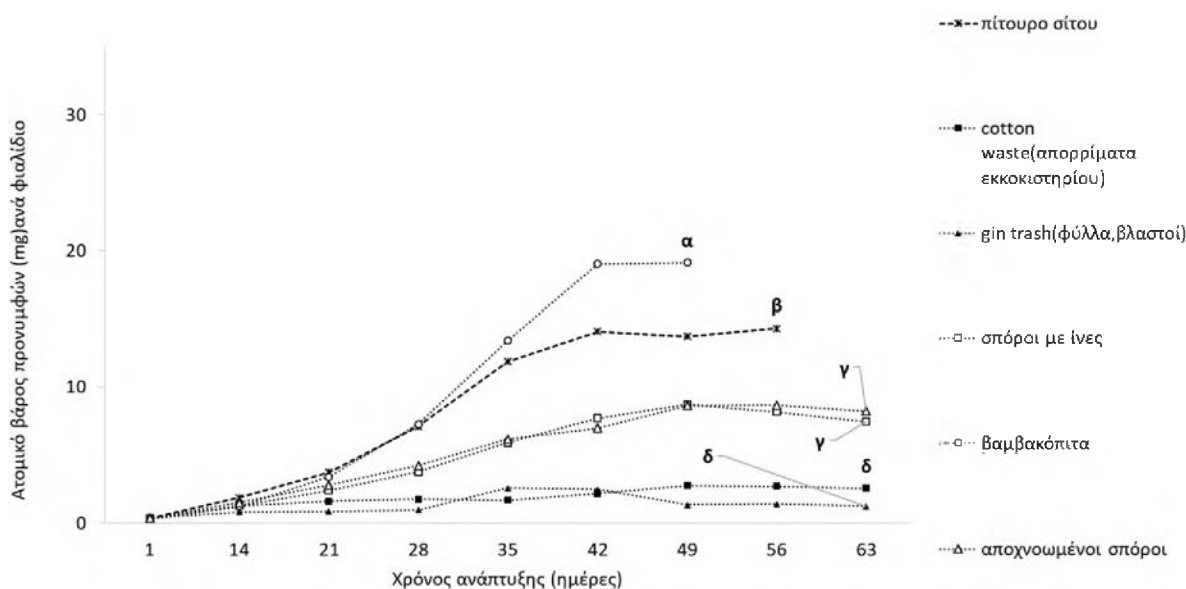
Αξιολόγηση παραπροϊόντων βάμβακος για την ανάπτυξη

προνυμφών *A. diaperinus*

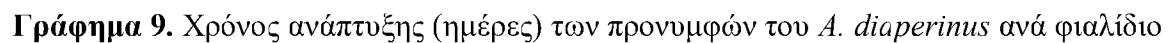
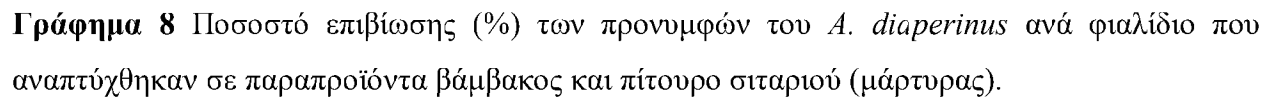
Το τελικό μέσο ατομικό βάρος των προνυμφών διαφοροποιήθηκε σύμφωνα με τα παραπροϊόντα βαμβακιού που αξιολογήθηκαν. Το τελικό μέσο ατομικό βάρος κυμάνθηκε από 0,1 έως 19,1 χιλιόγραμμα, ενώ παράλληλα επηρεάστηκε και στατιστικώς σημαντικά από την διαφορετική σύσταση των υποστρωμάτων ($df = 5, 30, F = 190.8, p < 0.01$). Πιο συγκεκριμένα, τα μικρότερα μέσα ατομικά βάρη προέκυψαν από τις προνύμφες που εκτράφηκαν στο χνούδι (lint) στα 0,1 χιλιόγραμμα, σε εκείνες που αναπτύχθηκαν στο gin trash (1,3 χιλιόγραμμα) και στο cotton waste (2,6 χιλιόγραμμα). Αντιθέτως την μεγαλύτερη τιμή σημείωσαν οι προνύμφες που εκτράφηκαν με βαμβακόπιτα στα 19,1 χιλιόγραμμα ξεπερνώντας σε βάρος ακόμη και εκείνες που αναπτύχθηκαν στον μάρτυρα (14,3 χιλιόγραμμα), παρουσιάζοντας παράλληλα και σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ τους. Οι σπόροι (με ίνες και αποχνοωμένοι) έδωσαν μικρότερου ατομικού βάρους προνύμφες, οι οποίες ζύγιζαν 7,4 και 8,2 χιλιόγραμμα αντίστοιχα χωρίς να παρουσιάζουν ωστόσο σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ τους. Τέλος, το cotton waste και το gin trash έδωσαν προνύμφες με τελικό μέσο ατομικό βάρος 2,6 και 1,3 χιλιόγραμμα οπότε και σε αυτή την περίπτωση δεν διέφεραν στατιστικά.

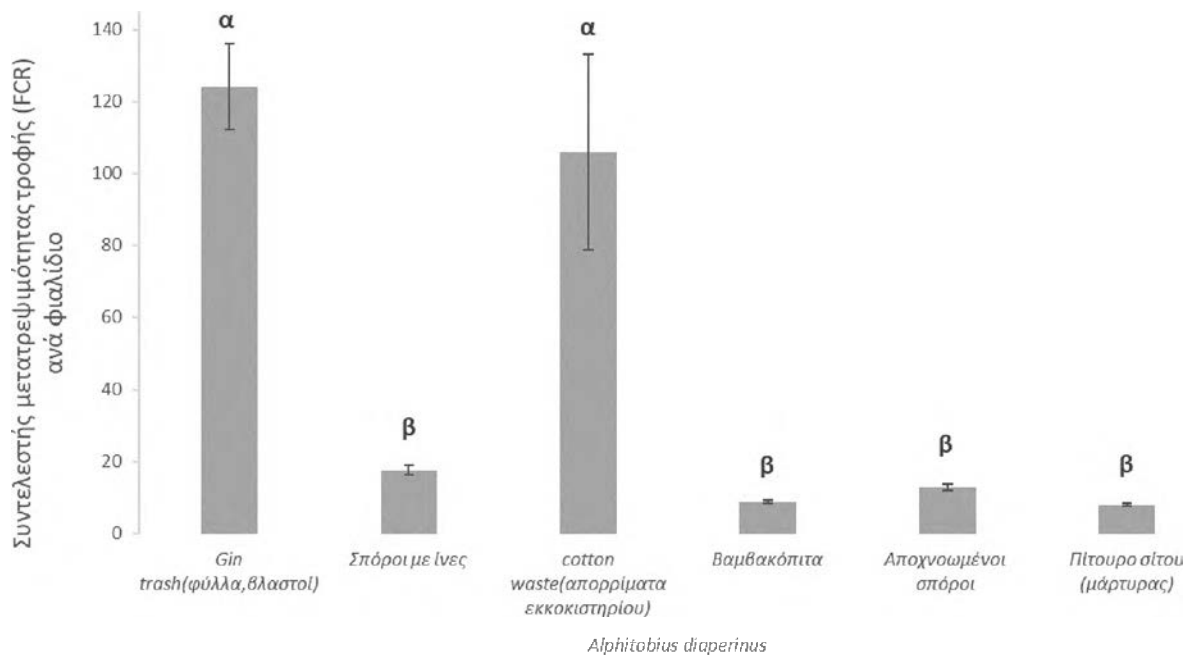
Τα ποσοστά επιβίωσης των προνυμφών κυμάνθηκαν από 40% έως 86% καθώς αναπτύχθηκαν σε διαφορετικής θρεπτικής σύστασης παραπροϊόντα. Το υψηλότερο ποσοστό σημείωσαν οι προνύμφες που αναπτύχθηκαν στο πίτουρο σιταριού (control) με 86% και ακολούθησαν οι προνύμφες που εκτράφηκαν με αποχνοωμένους σπόρους (82,3%). Τα παραπροϊόντα που έδωσε τα ακολούθως μικρότερα ποσοστά ήταν οι ινώδεις σπόροι (81,3%) και το παραπροϊόν της βαμβακόπιτας (78,3%). Τα παραπάνω ποσοστά επιβίωσης αξίζει να σημειωθεί πως δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους. Αντιθέτως, τα χαμηλότερα ποσοστά επιβίωσης παρατηρήθηκαν στις προνύμφες που αναπτύχθηκαν στο gin trash και στα απορρίμματα του εκκοκκιστηρίου με 41,6% και 40% αντίστοιχα χωρίς να παρατηρούνται και σημαντικές στατιστικές διαφορές. Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι προνύμφες που αξιολογήθηκαν στο χνούδι lint δεν κατάφεραν να επιβιώσουν μέσα σε αυτό το υπόστρωμα. Επιπλέον, ο μέσος χρόνος ανάπτυξης των προνυμφών

του *A. diaperinus* επηρεάστηκε από τα διαφορετικά υποστρώματα βάμβακος στα οποία αναπτύχθηκαν ($df=5,30$, $F=69.48$, $p < 0.01$) και κυμάνθηκε από 43 έως 62 ημέρες. Το παραπροϊόν στο οποίο παρατηρήθηκε η πρώτη νύμφωση ήταν αυτό της βαμβακόπιτας (43 ημέρες) ενώ η αμέσως επόμενη νύμφωση έλαβε χώρα στο πίτουρο σίτου (μάρτυρας) στις 46 ημέρες παρουσιάζοντας παράλληλα στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Στα υπόλοιπα παραπροϊόντα οι προνύμφες δεν κατάφεραν να νυμφωθούν καθ' όλη τη διεξαγωγή της βιοδοκιμής ακόμη και μετά την παρέλευση 9 εβδομάδων όπου ακολούθησε και ο εκούσιος τερματισμός του πειράματος καθώς η ανάπτυξη των προνυμφών παρουσίασε στασιμότητα (plateau). Διαφορές σχετικά με την ανάπτυξη των προνυμφών σημειώθηκαν και στις παραμέτρους FCR ($df = 5,30$, $F = 19.5$, $p < 0.01$), ECI ($p < 0.01$) και SGR ($p < 0.01$). Για όλες τις παραμέτρους οι καλύτερες τιμές καταγράφηκαν στην περίπτωση της βαμβακόπιτας (FCR: 8,8, ECI: 11,5 και SGR: 9,6) και στον μάρτυρα (FCR: 7,9, ECI: 12,7 και SGR: 8).

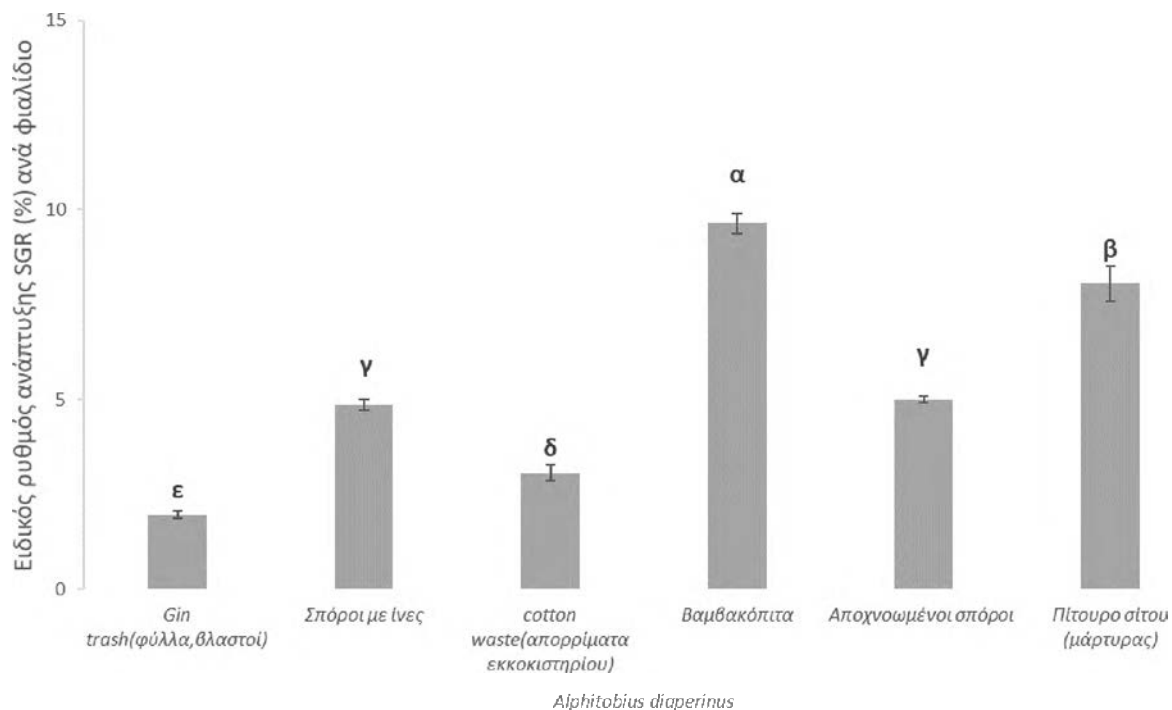


Γράφημα 7 Ατομικό βάρος των προνυμφών (χιλιόγραμμα) του *A. diaperinus* ανά φιαλίδιο, που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα βάμβακος και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).

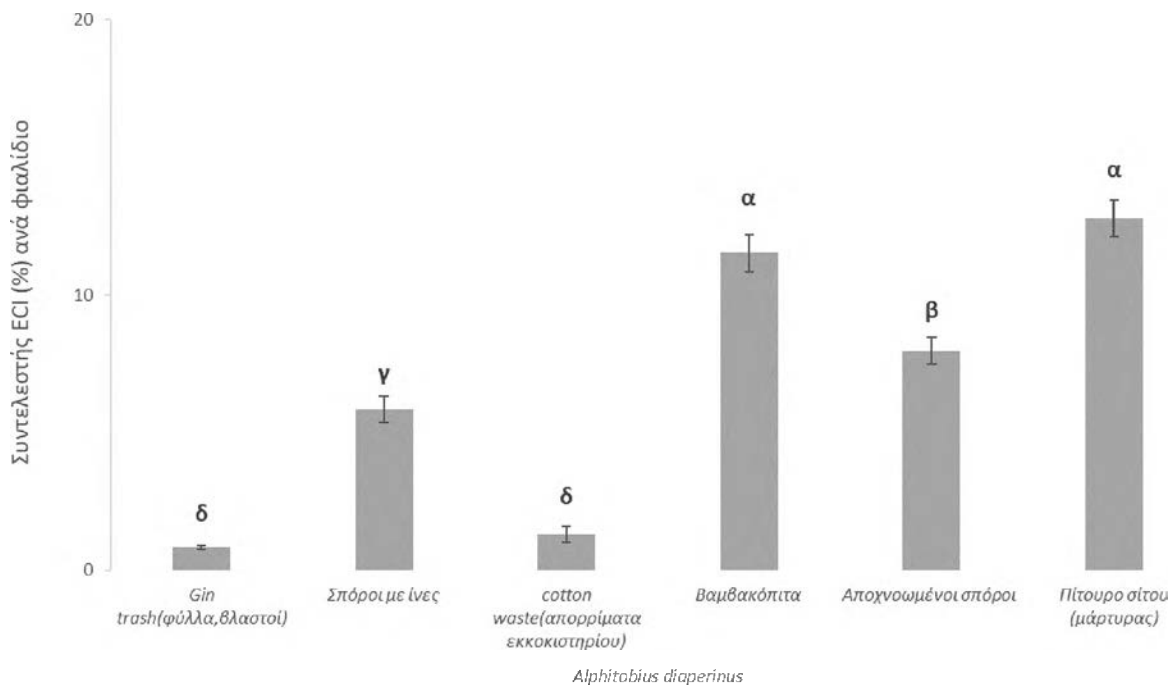




Γράφημα 10. Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (Feed Conversion Ratio - FCR) των προνυμφών του *A. diaperinus* ανά φιαλίδιο



Γράφημα 11 Ειδικός Ρυθμός Αύξησης SGR (Specific Growth Rate) (%/ημέρα) των προνυμφών του *A. diaperinus* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα βάμβακος και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



Γράφημα 12 Συντελεστής ECI (Efficiency of Conversion of Ingested food) (%) των προνυμφών του *A. diaperinus* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα βάμβακος και σε πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).

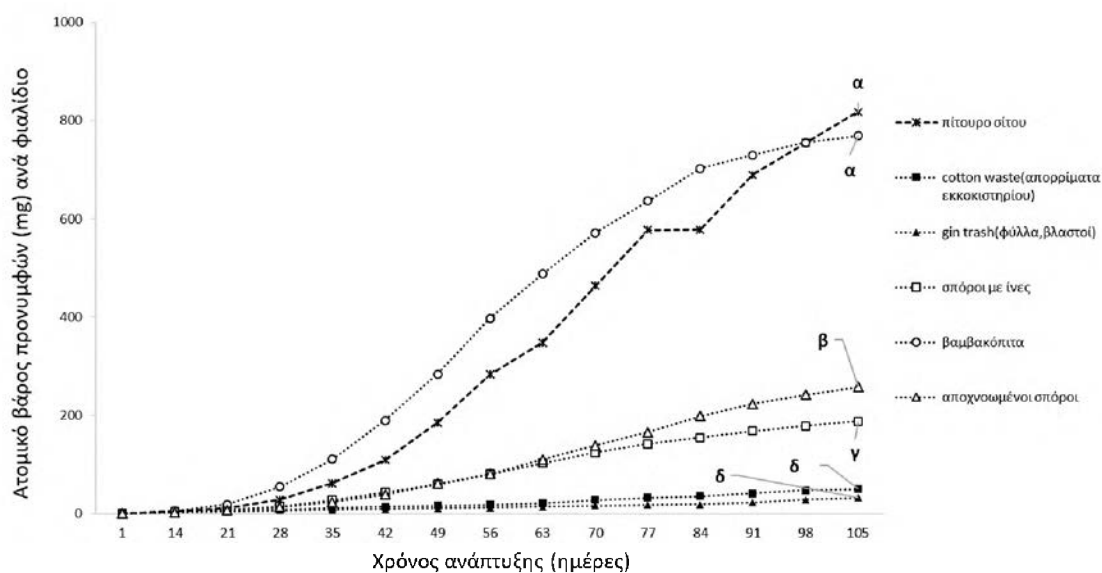
Αξιολόγηση παραπροϊόντων βάμβακος για την ανάπτυξη

προνυμφών *Z. morio*

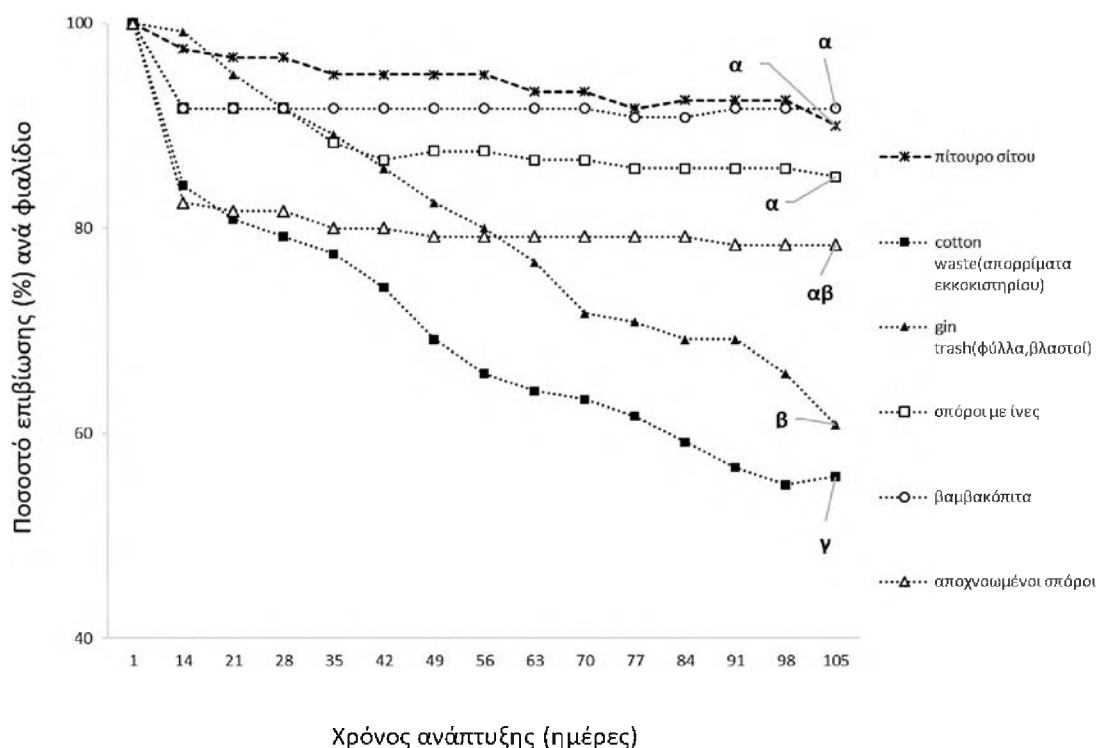
Το τελικό μέσο ατομικό βάρος των προνυμφών διαφοροποιήθηκε σύμφωνα με τα παραπροϊόντα βαμβακιού που αξιολογήθηκαν. Το τελικό μέσο ατομικό βάρος κυμάνθηκε από 32,5 έως 818 χιλιόγραμμα, ενώ παράλληλα επηρεάστηκε και στατιστικώς σημαντικά από την διαφορετική σύσταση των υποστρωμάτων ($df = 5, 30, F = 662.5, p < 0.01$). Αναλυτικά, τα μικρότερα μέσα ατομικά βάρη προέκυψαν από τις προνύμφες που εκτράφηκαν στο gin trash στα 32,5 χιλιόγραμμα, σε εκείνες που αναπτύχθηκαν στο cotton waste (50 χιλιόγραμμα). Αντιθέτως τις υψηλότερες τιμές σημείωσαν οι προνύμφες που αναπτύχθηκαν στον μάρτυρα (818 χιλιόγραμμα) και εκείνες που εκτράφηκαν με βαμβακόπιττα στα 768 χιλιόγραμμα χωρίς ωστόσο να παρουσιάζουν σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ τους. Οι προνύμφες που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα των αποχνοωμένων σπόρων έδωσαν μικρότερου ατομικού βάρους προνύμφες,

οι οποίες ζύγιζαν 257,8 χιλιόγραμμα, ενώ εκείνες που τράφηκαν με σπόρους με χνούδι ζύγιζαν 181 χιλιόγραμμα παρουσιάζοντας σε αυτή την περίπτωση σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ τους. Τέλος, το cotton waste και το gin trash έδωσαν προνύμφες με τελικό μέσο ατομικό βάρος 49 και 32 χιλιόγραμμα αντίστοιχα οπότε και σε αυτή την περίπτωση δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους. Τα ποσοστά επιβίωσης των προνυμφών κυμάνθηκαν από 56% έως 92% καθώς αναπτύχθηκαν σε διαφορετικής θρεπτικής σύστασης παραπροϊόντα ($df = 5, 30, F = 13.6, p < 0.01$). Το υψηλότερο ποσοστό σημείωσαν οι προνύμφες που αναπτύχθηκαν στο παραπροϊόν της βαμβακόπιτας με 92% και ακολούθησαν οι προνύμφες που εκτράφηκαν με πίτουρο σιταριού (control) με ποσοστό 90%. Τα παραπροϊόντα που έδωσαν τα αμέσως μικρότερα ποσοστά ήταν οι ινώδεις σπόροι (85%) και οι αποχνοωμένοι σπόροι (78%). Τα παραπάνω ποσοστά επιβίωσης αξίζει να σημειωθεί πως δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους. Αντιθέτως, τα χαμηλότερα ποσοστά επιβίωσης παρατηρήθηκαν στις προνύμφες που αναπτύχθηκαν στο gin trash και στα απορρίμματα του εκκοκκιστηρίου (cotton waste) με 60% και 56% αντίστοιχα χωρίς παράλληλα να παρατηρούνται σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ τους. Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι προνύμφες που αξιολογήθηκαν στο χνούδι lint δεν κατάφεραν να επιβιώσουν.

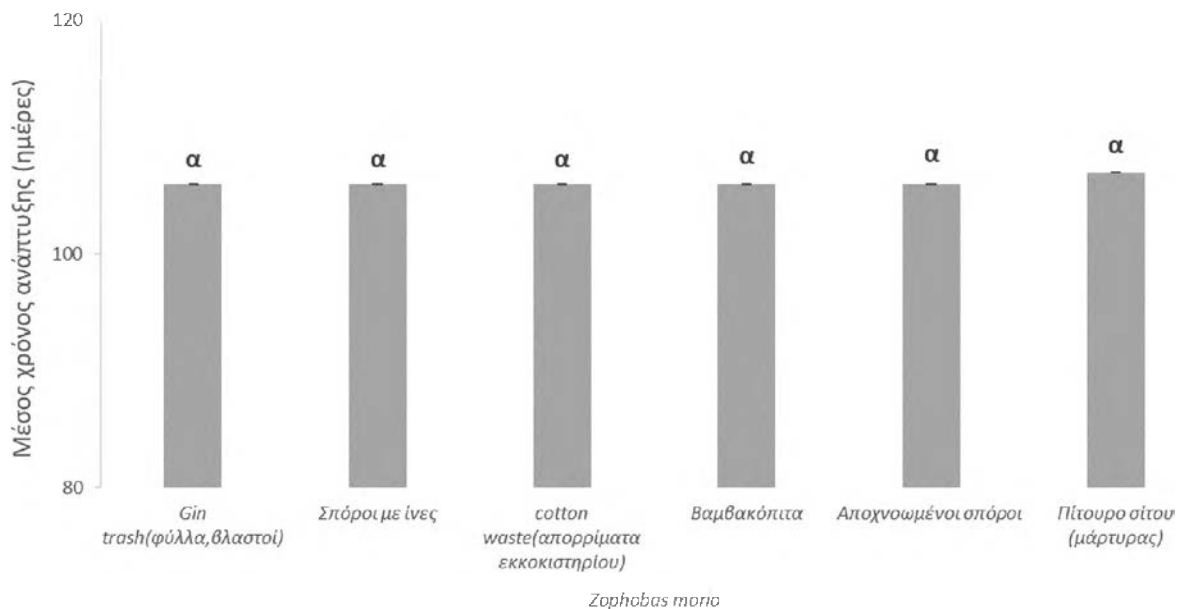
Επιπλέον, ο μέσος χρόνος ανάπτυξης των προνυμφών του *Z. morio* κυμάνθηκε από 106 έως 107 ημέρες. Οι προνύμφες δεν κατάφεραν να νυμφωθούν καθ' όλη τη διεξαγωγή της βιοδοκιμής εξαιτίας της αδυναμίας που έχει το συγκεκριμένο είδος να νυμφωθεί όταν βρίσκεται σε συνωστισμό. Μετά και την παρέλευση 15 εβδομάδων ακολούθησε και ο εκούσιος τερματισμός του πειράματος καθώς η ανάπτυξη των προνυμφών παρουσίασε στασιμότητα (plateau). Διαφορές σχετικά με την ανάπτυξη των προνυμφών σημειώθηκαν και στις παραμέτρους FCR ($df = 5, 30, F = 35.0, p < 0.01$), ECI ($df = 5, 30, F = 58.0, p < 0.001$) και SGR ($df = 5, 30, F = 223.0, p < 0.01$). Για όλες τις παραμέτρους οι καλύτερες τιμές καταγράφηκαν στην περίπτωση του μάρτυρα (FCR: 3,9, ECI: 26 και SGR: 6,9) και της βαμβακόπιτας (FCR: 4,7, ECI: 21 και SGR: 6,6) χωρίς να παρουσιάζουν σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ τους πλην της περίπτωσης του συντελεστή ECI. Αξίζει να σημειωθεί πως για τον συντελεστή FCR οι σπόροι (αποχνοωμένοι και μη) παρουσίασαν χαμηλές τιμές (6,9, 8,7 αντίστοιχα) χωρίς να διαφέρουν σημαντικά από εκείνες της βαμβακόπιτας και του μάρτυρα.



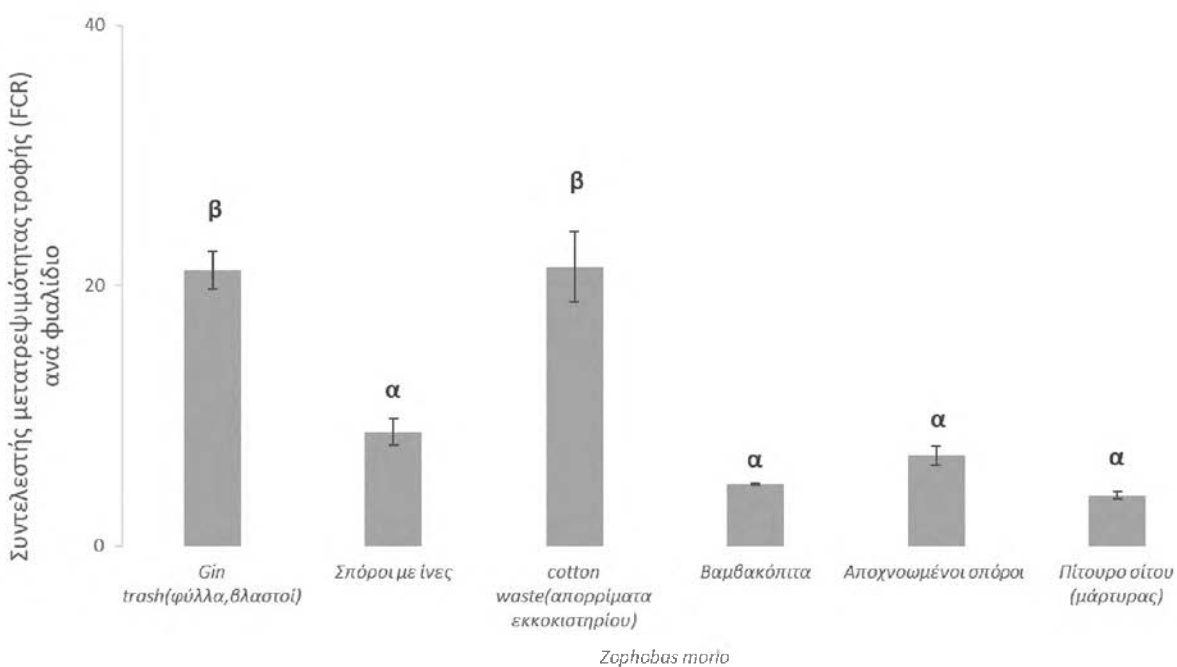
Γράφημα 13 Ατομικό βάρος των προνυμφών (χιλιόγραμμα) του *Z.morio* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα βάμβακος και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



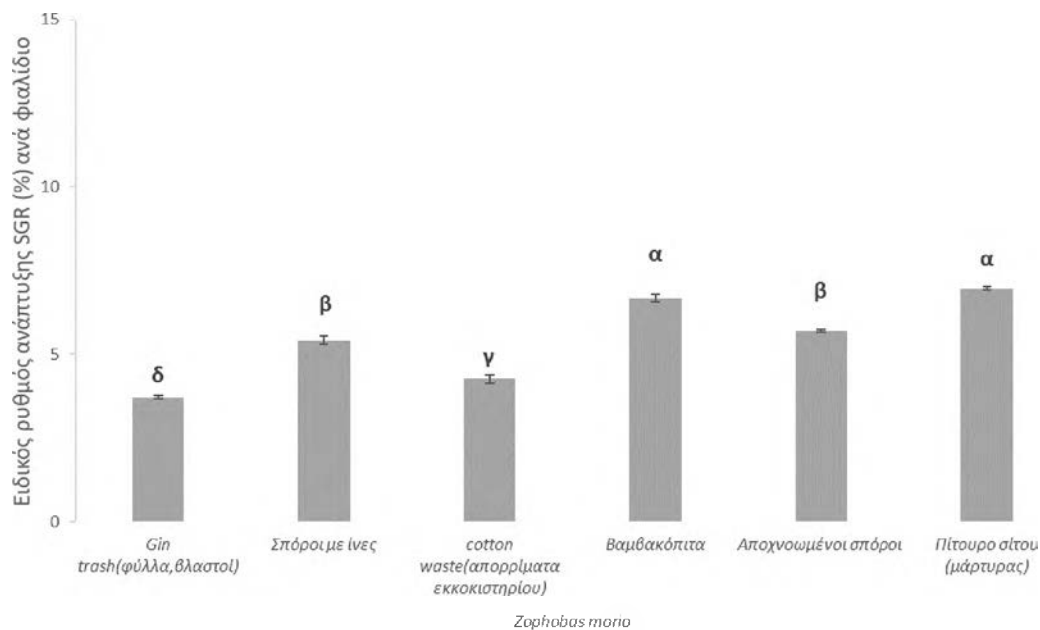
Γράφημα 14 Ποσοστό επιβίωσης (%) των προνυμφών του *Z.morio* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα βάμβακος και πίτουρο σιταριού(μάρτυρας).



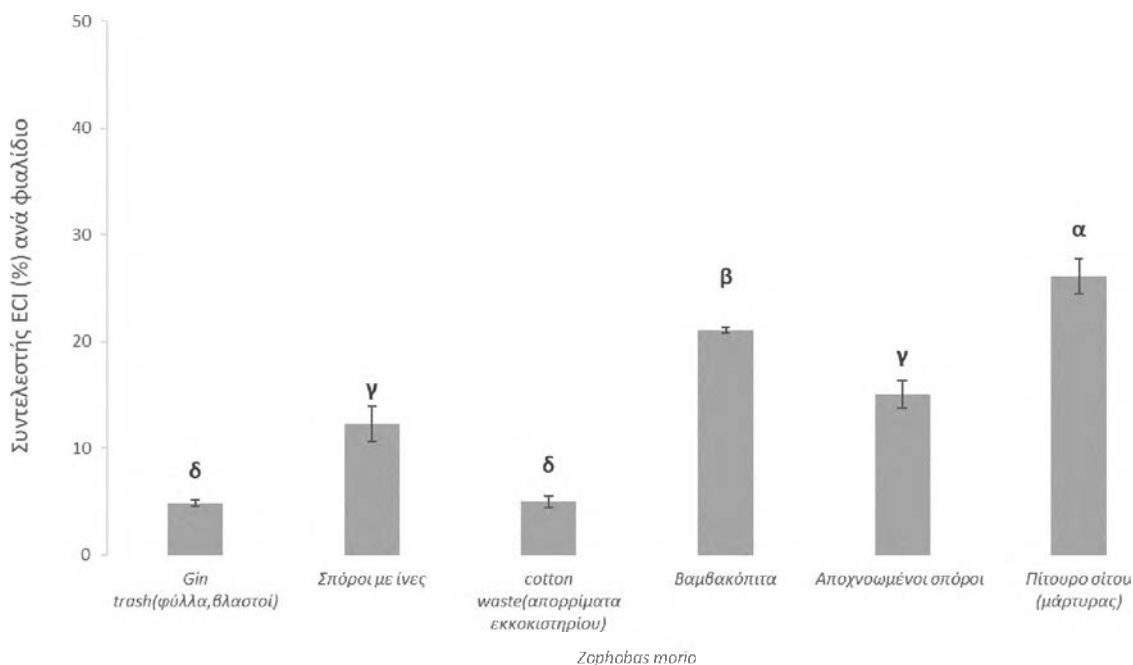
Γράφημα 15 Χρόνος ανάπτυξης (ημέρες) των προνυμφών του *Z.morio* ανά φιαλίδιο



Γράφημα 16 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (Feed Conversion Ratio - FCR) των προνυμφών του *Z.morio* ανά φιαλίδιο.



Γράφημα 17 Ειδικός Ρυθμός Αύξησης SGR (Specific Growth Rate) (%/ημέρα) των προνυμφών του *Z. morio* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα βάμβακος και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



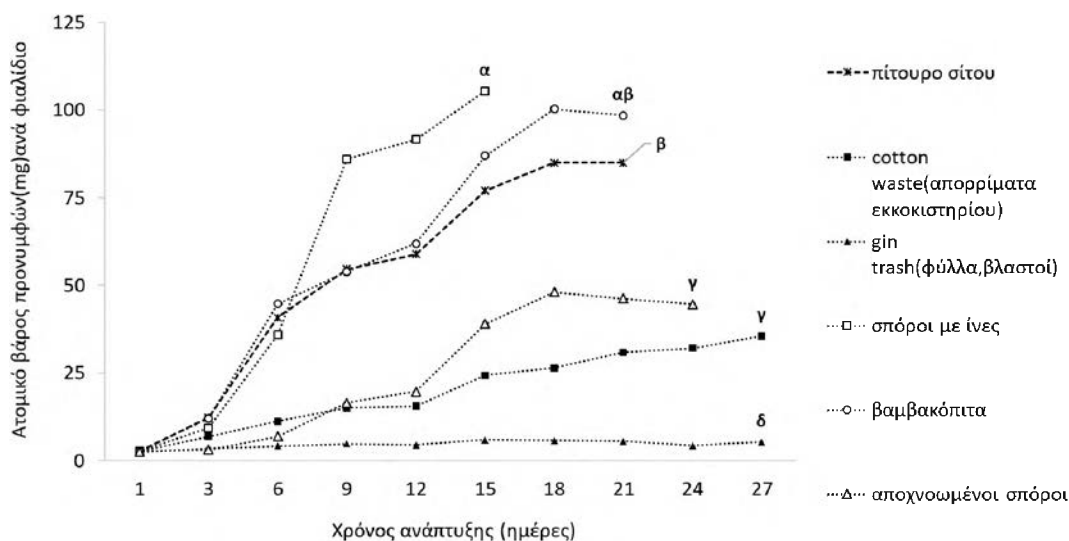
Γράφημα 18 Συντελεστής ECI (Efficiency of Conversion of Ingested food) (%) των προνυμφών του *Z. morio* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα βάμβακος και σε πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).

Αξιολόγηση παραπροϊόντων βάμβακος για την ανάπτυξη

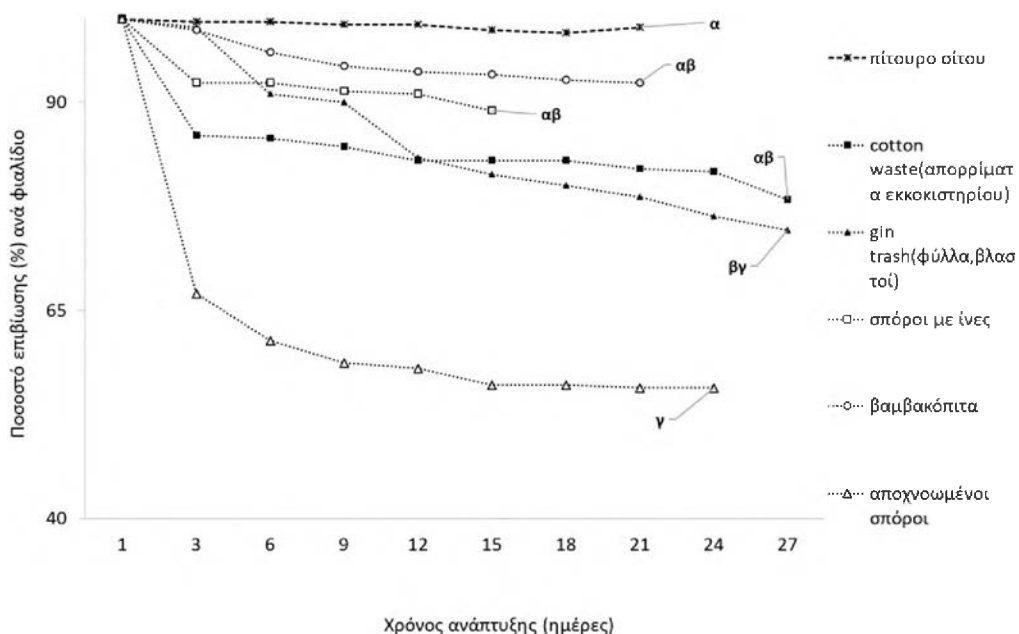
προνυμφών *H. illucens*

Το τελικό μέσο ατομικό βάρος των προνυμφών διαφοροποιήθηκε σύμφωνα με τα παραπροϊόντα βαμβακιού που αξιολογήθηκαν. Το τελικό μέσο ατομικό βάρος κυμάνθηκε από 5 έως 105 χιλιόγραμμα, ενώ παράλληλα επηρεάστηκε και στατιστικώς σημαντικά από την διαφορετική σύσταση των υποστρωμάτων ($df = 5, 30, F = 71.8, p < 0.01$). Αναλυτικά, τα μικρότερα μέσα ατομικά βάρη προέκυψαν από τις προνύμφες που εκτράφηκαν στο gin trash στα 5 χιλιόγραμμα, σε εκείνες που αναπτύχθηκαν στο cotton waste (35 χιλιόγραμμα). Αντιθέτως, τις υψηλότερες τιμές σημείωσαν οι προνύμφες που αναπτύχθηκαν στους σπόρους με ίνες (105 χιλιόγραμμα) ενώ ακολούθησαν εκείνες που τράφηκαν με βαμβακόπιτα (98 χιλιόγραμμα) χωρίς ωστόσο να παρουσιάζουν σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ τους. Αξίζει να σημειωθεί πως εκείνες που αναπτύχθηκαν στο πίτουρο σιταριού παρουσίασαν χαμηλότερο μέσο ατομικό βάρος (85 χιλιόγραμμα) παρουσιάζοντας μάλιστα και στατιστική διαφορά από εκείνες που τράφηκαν με ινώδεις σπόρους. Αντίθετα, χαμηλότερες τιμές έφεραν οι ομάδες προνυμφών που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα των αποχνοωμένων σπόρων ζυγίζοντας 44,5 χιλιόγραμμα, κι εκείνες που τράφηκαν με το cotton waste (35 χιλιόγραμμα) χωρίς να διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους. Τέλος, οι προνύμφες που αναπτύχθηκαν στο υπόστρωμα gin trash παρουσίασαν την χαμηλότερη τιμή με 5 χιλιόγραμμα διαφέροντας και στατιστικά από τις υπόλοιπες ομάδες. Τα ποσοστά επιβίωσης των προνυμφών κυμάνθηκαν από 55% έως 99% καθώς αναπτύχθηκαν σε διαφορετικής θρεπτικής σύστασης παραπροϊόντα ($df = 5, 30, F = 8.6, p < 0.01$). Το υψηλότερο ποσοστό σημείωσαν οι προνύμφες που αναπτύχθηκαν σε πίτουρο σιταριού (control) με ποσοστό 99% και στο παραπροϊόν της βαμβακόπιτας με 92% χωρίς να διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους. Τα παραπροϊόντα που έδωσαν τα αμέσως μικρότερα ποσοστά ήταν οι ινώδεις σπόροι (89%) και το cotton waste (78%). Τα χαμηλότερα ποσοστά επιβίωσης παρατηρήθηκαν στις προνύμφες που αναπτύχθηκαν στο gin trash (74%) και στους αποχνοωμένους σπόρους βάμβακος με 55% ποσοστό επιβίωσης χωρίς παράλληλα να παρατηρούνται σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ τους. Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι προνύμφες που αξιολογήθηκαν στο χνούδι lint δεν κατάφεραν να επιβιώσουν.

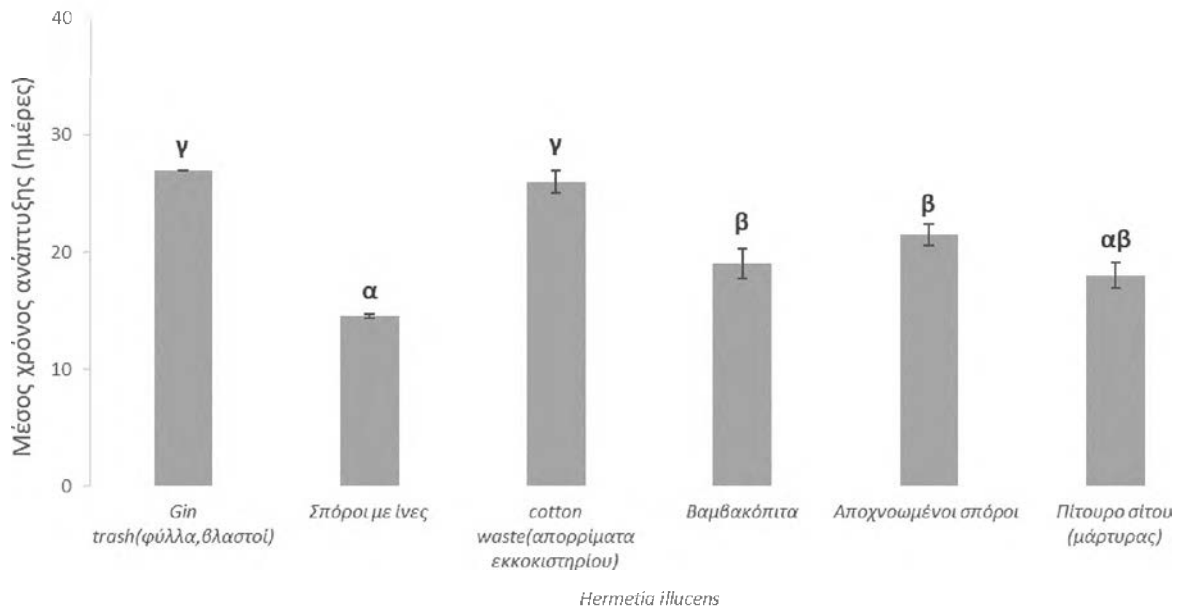
Επιπλέον, ο μέσος χρόνος ανάπτυξης των προνυμφών του *H. illucens* κυμάνθηκε από 14 έως 27 ημέρες, ενώ επηρεάστηκε σημαντικά από τα διαφορετικά υποστρώματα βάμβακος στα οποία αναπτύχθηκαν οι ομάδες των προνυμφών ($df = 5,30$, $F = 29.7$, $p < 0.01$). Το παραπροϊόν στο οποίο παρατηρήθηκε η πρώτη νύμφωση ήταν αυτό των σπόρων με ίνες (14 ημέρες), ενώ η αμέσως επόμενη νύμφωση έλαβε χώρα στο υπόστρωμα του μάρτυρα (18 ημέρες) χωρίς ωστόσο να διαφέρουν και στατιστικά μεταξύ τους. Το επόμενο υπόστρωμα στο οποίο παρατηρήθηκε η επόμενη χρονικά νύμφωση προνύμφης, ήταν αυτό της βαμβακόπιτας (19 ημέρες) το οποίο δεν διέφερε στατιστικά από τον μάρτυρα αλλά παρουσίασε διαφορές από αυτό των σπόρων με ίνες. Στα υπόλοιπα παραπροϊόντα νύμφωση παρατηρήθηκε στο υπόστρωμα των αποχνοωμένων σπόρων στις 21 ημέρες ενώ οι ομάδες προνυμφών που αναπτύσσονταν σε gin trash και cotton waste δεν κατάφεραν να νυμφωθούν μέχρι τον εκούσιο τερματισμό του πειράματος καθώς η ανάπτυξη αυτών των προνυμφών στα υποστρώματα παρουσίασε στασιμότητα (plateau). Διαφορές σχετικά με την ανάπτυξη των προνυμφών σημειώθηκαν και στις παραμέτρους FCR ($df = 5,30$, $F=16.8$, $p<0.01$), ECI ($df = 5,30$, $F = 97.6$, $p < 0.01$) και SGR ($df = 5,30$, $F = 55.0$, $p < 0.01$). Για όλες τις παραμέτρους οι καλύτερες τιμές καταγράφηκαν στην περίπτωση των σπόρων με ίνες (FCR: 3,3, ECI: 30,2 και SGR: 25,2) , του πίτουρου σίτου μάρτυρα (FCR: 3, ECI: 33,5 και SGR: 19,8) και της βαμβακόπιτας (FCR: 3,2, ECI: 31, SGR: 19,4) χωρίς να παρουσιάζουν σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ τους πλην της τιμής του συντελεστή SGR για τους σπόρους με ίνες όπου διέφερε στατιστικά από τις τιμές των άλλων υποστρωμάτων.



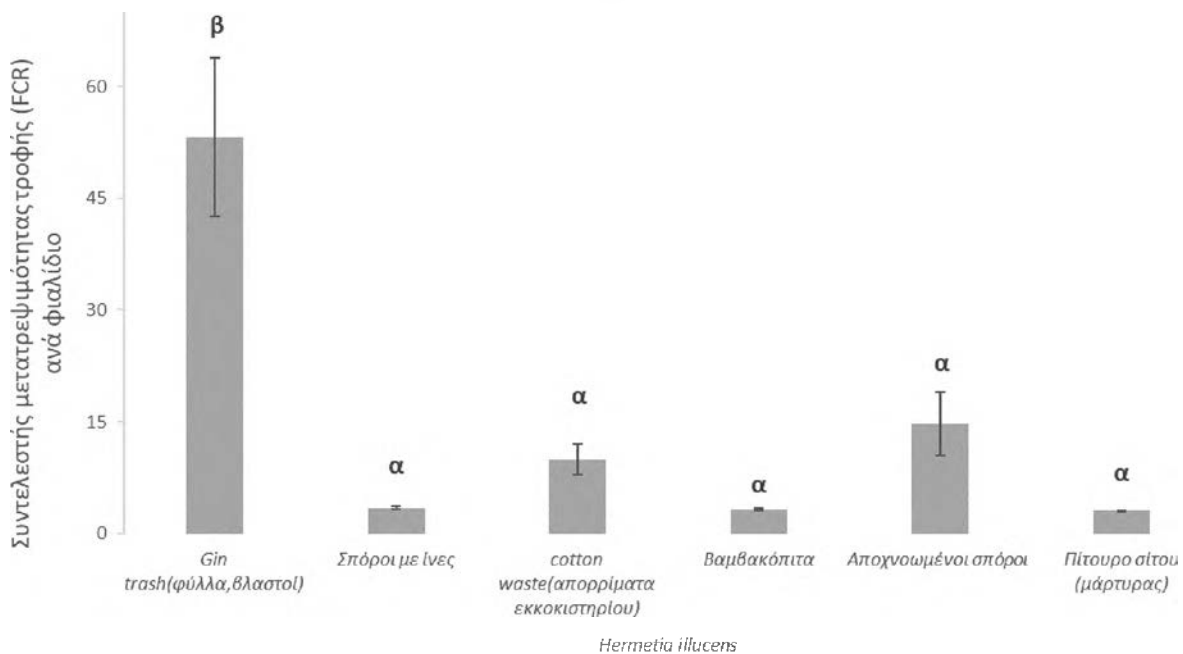
Γράφημα 19 Ατομικό βάρος των προνυμφών (χιλιόγραμμα) του *H. illucens* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα βάμβακος και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



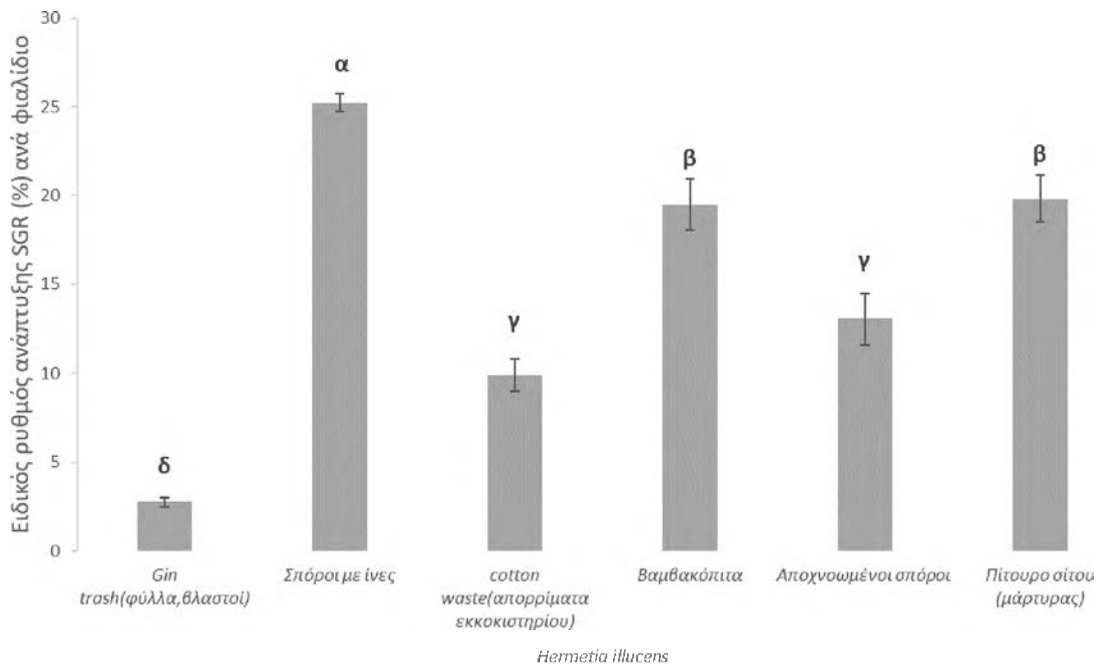
Γράφημα 20 Ποσοστό επιβίωσης (%) των προνυμφών του *H. illucens* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα βάμβακος και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



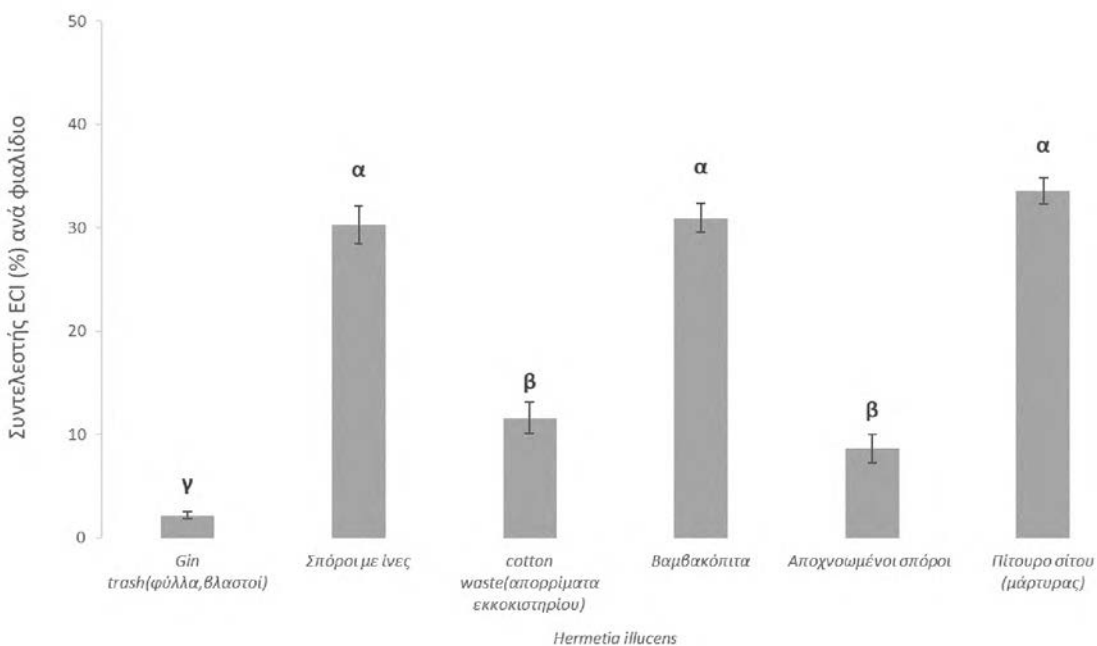
Γράφημα 21 Χρόνος ανάπτυξης (ημέρες) των προνυμφών του *H.illucens* ανά φιαλίδιο.



Γράφημα 22 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (Feed Conversion Ratio - FCR) των προνυμφών του *H.illucens* ανά φιαλίδιο.



Γράφημα 23 Ειδικός Ρυθμός Αύξησης SGR (Specific Growth Rate) (%/ημέρα) των προνυμφών του *H.illucens* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα βάμβακος και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



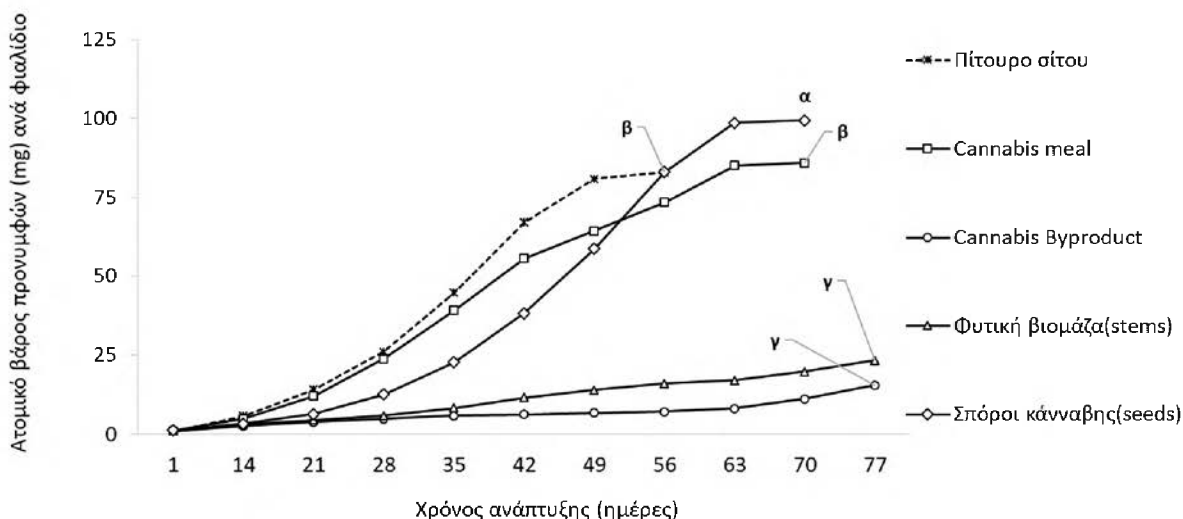
Γράφημα 24 Συντελεστής ECI (Efficiency of Conversion of Ingested food) (%) των προνυμφών του *H.illucens* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα βάμβακος και σε πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).

Αξιολόγηση παραπροϊόντων κάνναβης για την ανάπτυξη προνυμφών

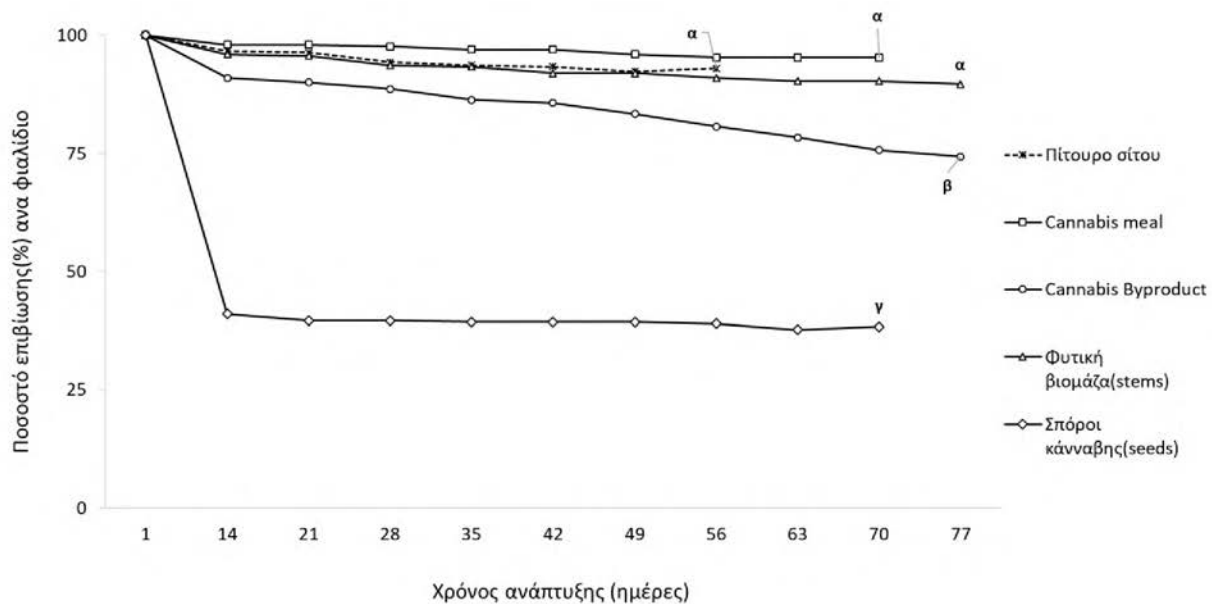
T. molitor

Το τελικό μέσο ατομικό βάρος των προνυμφών κυμάνθηκε από 15,5 έως 99,3 χιλιόγραμμα ενώ παράλληλα επηρεάστηκε και στατιστικώς σημαντικά από την διαφορετική σύσταση των υποστρωμάτων ($df = 4, 25, F = 210.2, p < 0.01$). Οι προνύμφες που εκτράφηκαν σε σπόρους της κάνναβης και στο cannabis meal παρουσίασαν υψηλότερες τιμές βάρους από εκείνες που τράφηκαν με τον μάρτυρα (πίτουρο σιταριού). Πιο αναλυτικά, οι σπόροι έδωσαν προνύμφες βάρους 99,3 χιλιόγραμμα, το cannabis meal έδωσε προνύμφες 86 χιλιόγραμμων, ενώ ο μάρτυρας έδωσε προνύμφες 82,9 χιλιόγραμμων. Τέλος, το παραπροϊόν που περιείχε την φυτική βιομάζα (cannabis stems) και εκείνο που προκύπτει από τα υπολείμματα που συλλέγονται κατά την συγκομιδή των ανθών κάνναβης (cannabis byproduct) έφεραν τιμές βάρους 23,4 και 15,5 χιλιόγραμμων αντίστοιχα. Το ποσοστό επιβίωσης των προνυμφών του είδους *T. molitor* κυμάνθηκε από 38% έως 95% καθώς αναπτύχθηκαν σε διαφορετικής θρεπτικής σύστασης παραπροϊόντα ($df = 4, 25, F = 147.2, p < 0.01$). Τα υψηλότερα ποσοστά επιβίωσης παρουσίασαν οι προνύμφες που εκτράφηκαν στο cannabis meal με 95%, οι προνύμφες που εκτράφηκαν στο πίτουρο σιταριού (control) με 93% και εκείνες που αναπτύχθηκαν με cannabis stems (89,7%) χωρίς να παρουσιάσουν και στατιστικές διαφορές μεταξύ τους. Τέλος, οι χαμηλότερες τιμές σημειώθηκαν στα παραπροϊόντα όπως το cannabis byproduct που προκύπτει από την συγκομιδή των ανθών κάνναβης με 74,3% και στους σπόρους κάνναβης με ποσοστό 38% σημειώνοντας και σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ τους. Επιπλέον, ο μέσος χρόνος ανάπτυξης των προνυμφών του *T. molitor* κυμάνθηκε από 51 έως 78 ημέρες, ενώ επηρεάστηκε σημαντικά από τα διαφορετικά υποστρώματα κάνναβης στα οποία αναπτύχθηκαν οι ομάδες των προνυμφών ($df=5,30, F=114.9, p < 0.01$). Το παραπροϊόν στο οποίο παρατηρήθηκε η πρώτη νύμφωση ήταν αυτό του μάρτυρα (51 ημέρες), ενώ οι αμέσως επόμενες έλαβαν χώρα στο υπόστρωμα των σπόρων κάνναβης (64 ημέρες) και του cannabis meal (67 ημέρες) διαφέροντας και στατιστικά σε σχέση με τον μάρτυρα. Στα υπόλοιπα παραπροϊόντα οι ομάδες προνυμφών δεν κατάφεραν να νυμφωθούν ακόμη και μετά από 11 εβδομάδες όπου και ακολούθησε ο εκούσιος τερματισμός του πειράματος. Διαφορές σχετικά με την ανάπτυξη των προνυμφών σημειώθηκαν και στις

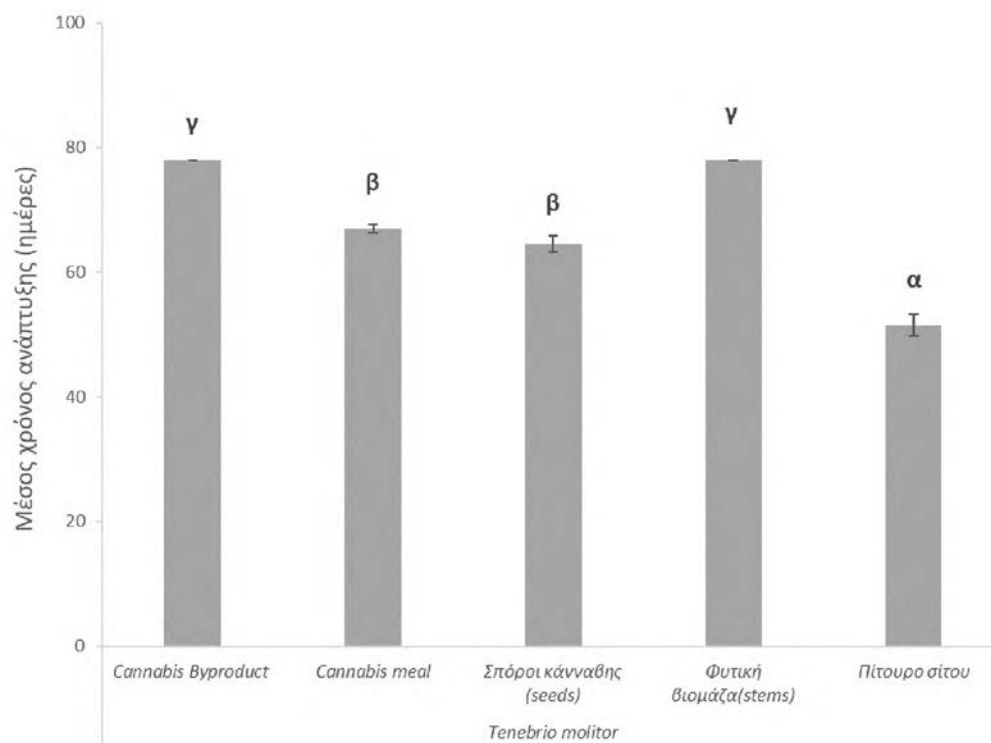
παραμέτρους FCR ($df = 4, 25, F = 250.6, p < 0.01$), ECI ($df = 4, 25, F = 177.9, p < 0.01$) και SGR ($df = 4, 25, F = 207.5, p < 0.01$). Στη συνέχεια, για όλες τις παραμέτρους οι καλύτερες τιμές καταγράφηκαν στην περίπτωση του μάρτυρα (FCR: 2,6, ECI: 37,8 και SGR: 8,5) και του cannabis meal (FCR: 3,2, ECI: 31 και SGR: 6,8) παρουσιάζοντας σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ τους πλην της περίπτωσης του συντελεστή FCR.



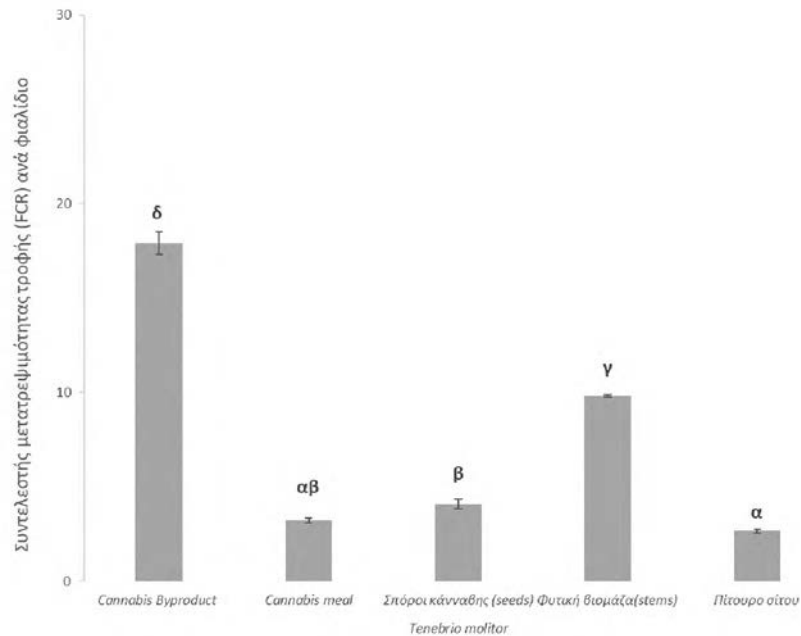
Γράφημα 25 Ατομικό βάρος των προνυμφών (χιλιόγραμμα) του *T.molitor* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα κάνναβης και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



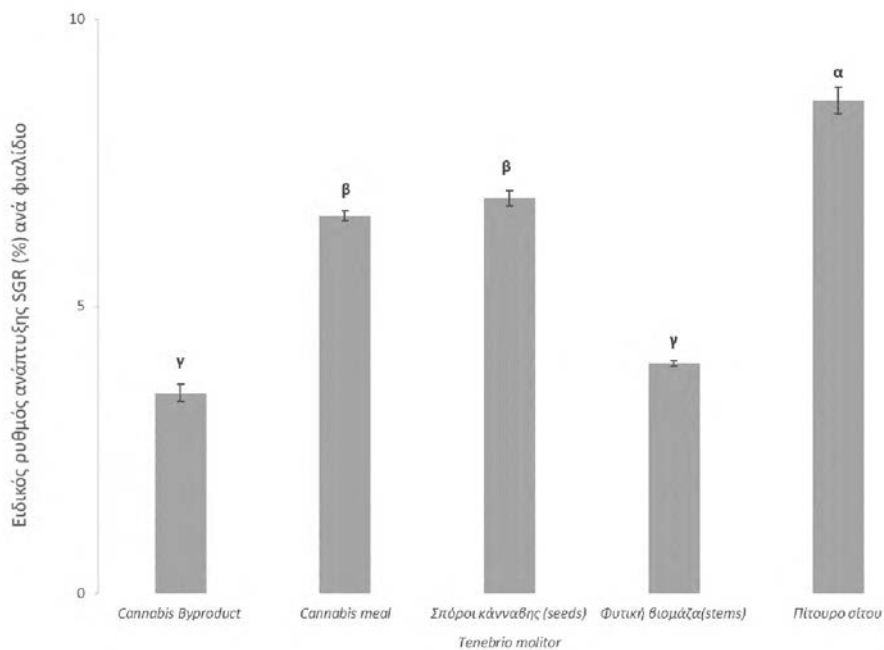
Γράφημα 26 Ποσοστό επιβίωσης (%) των προνυμφών του *T.molitor* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα κάνναβης και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



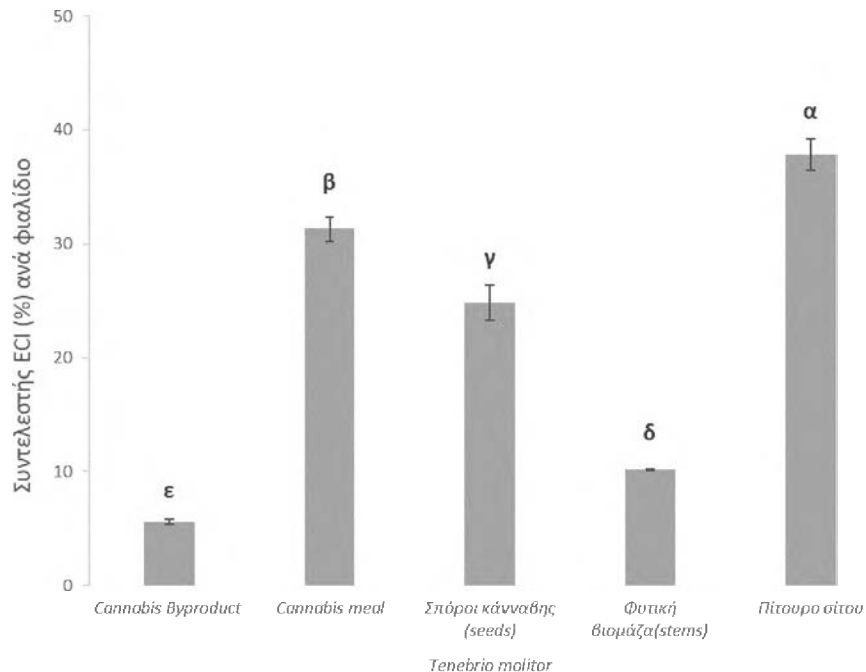
Γράφημα 27 Χρόνος ανάπτυξης (ημέρες) των προνυμφών του *T.molitor* ανά φιαλίδιο.



Γράφημα 28 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (Feed Conversion Ratio - FCR) των προνυμφών του *T.molitor* ανά φιαλίδιο.



Γράφημα 29 Ειδικός Ρυθμός Αύξησης SGR (Specific Growth Rate) (%/ημέρα) των προνυμφών του *T.molitor* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα κάνναβης και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



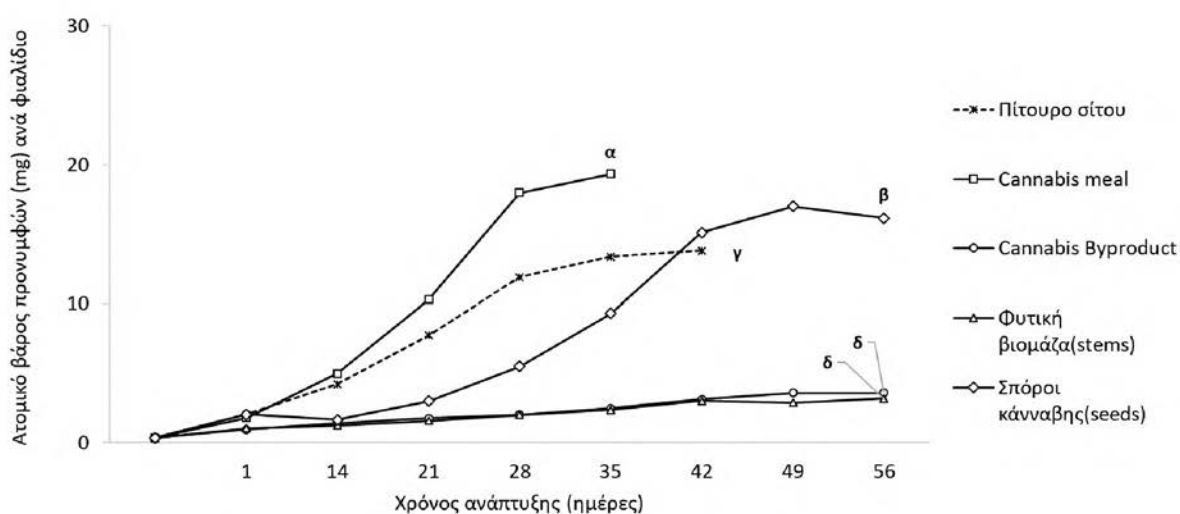
Γράφημα 30 Συντελεστής ECI (Efficiency of Conversion of Ingested food) (%) των προνυμφών του *T. molitor* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα κάνναβης και σε πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).

Αξιολόγηση παραπροϊόντων κάνναβης για την ανάπτυξη

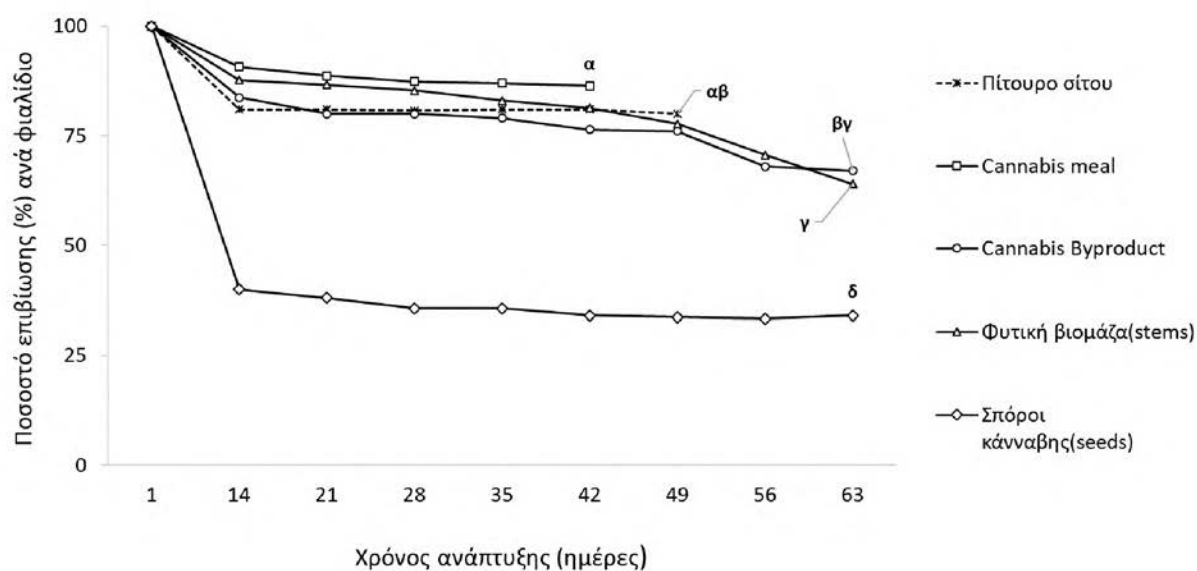
προνυμφών *A. diaperinus*

Το τελικό μέσο ατομικό βάρος των προνυμφών του *A. diaperinus* που εκτράφηκαν σε παραπροϊόντα κάνναβης, αυτό κυμάνθηκε από 3,2 έως 19,3 χιλιόγραμμα ενώ παράλληλα επηρεάστηκε και στατιστικώς σημαντικά από την διαφορετική σύσταση των υποστρωμάτων ($df = 4, 25, F = 200.0, p < 0.01$). Οι προνύμφες που εκτράφηκαν στο cannabis meal παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές με 19,3 χιλιόγραμμα κι ακολούθησαν οι τιμές των προνυμφών που εκτράφηκαν στους σπόρους κάνναβης (cannabis seeds) με 16,1 χιλιόγραμμα. Οι προνύμφες που τράφηκαν με τον μάρτυρα (πίτουρο σίτου) παρουσίασαν χαμηλότερες τιμές από τα προαναφερθέντα υποστρώματα με 13,8 χιλιόγραμμα ενώ παράλληλα είχαν και σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ τους. Τα υπόλοιπα παραπροϊόντα (cannabis stems και cannabis byproduct) έφεραν τις χαμηλότερες τιμές βάρους, με μόλις 0,1 χιλιόγραμμα χωρίς να διαφέρουν

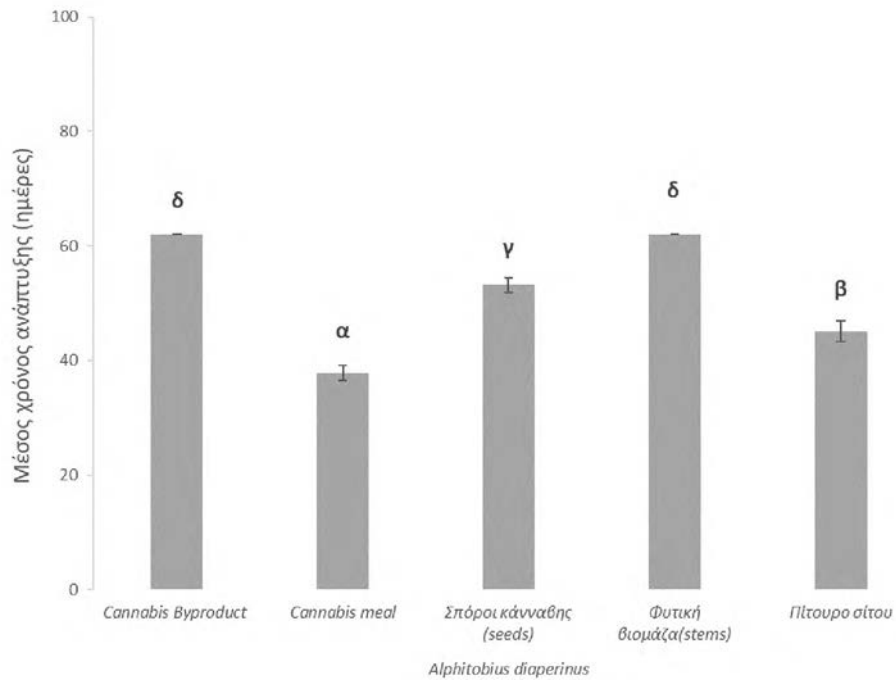
και στατιστικά μεταξύ τους. Το ποσοστό επιβίωσης των προνυμφών του είδους *A. diaperinus* διαφοροποιήθηκε μεταξύ των διαφορετικών υποστρώματων κάνναβης ($df = 4, 25, F = 33.1, p < 0.01$) και κυμάνθηκε από 34%-86%. Οι προνύμφες που τράφηκαν με cannabis meal, παρουσίασαν το υψηλότερο ποσοστό επιβίωσης με 86% ενώ ακολούθησαν εκείνες που τράφηκαν στον μάρτυρα (πίτουρο σιταριού) με ποσοστό επιβίωσης 81% χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Τα υποστρώματα που έφεραν τα αμέσως χαμηλότερα ποσοστά ήταν το cannabis byproduct και stems με 67% και 64% αντίστοιχα, ενώ το μικρότερο ποσοστό επιβίωσης παρατηρήθηκε στους σπόρους κάνναβης με 34%. Επιπλέον, ο μέσος χρόνος ανάπτυξης των προνυμφών του *A. diaperinus* κυμάνθηκε από 37 έως 62 ημέρες, ενώ επηρεάστηκε σημαντικά από τα διαφορετικά υποστρώματα κάνναβης στα οποία αναπτύχθηκαν οι ομάδες των προνυμφών ($df = 4, 25, F = 84.6, p < 0.01$). Το παραπροϊόν στο οποίο παρατηρήθηκε η πρώτη νύμφωση ήταν αυτό του cannabis meal, ενώ οι αμέσως επόμενες έλαβαν χώρα στο υπόστρωμα του μάρτυρα και των σπόρων κάνναβης διαφέροντας και στατιστικά σε μεταξύ τους. Στα υπόλοιπα παραπροϊόντα οι ομάδες προνυμφών δεν κατάφεραν να νυμφωθούν ακόμη και μετά από 9 εβδομάδες όπου και ακολούθησε ο εκούσιος τερματισμός του πειράματος. Διαφορές σχετικά με την ανάπτυξη των προνυμφών σημειώθηκαν και στις παραμέτρους FCR ($df = 4, 25, F = 93.3, p < 0.01$), ECI ($df = 4, 25, F = 65.4, p < 0.01$) και SGR ($df = 4, 25, F = 152.5, p < 0.01$). Στη συνέχεια, για όλες τις παραμέτρους οι καλύτερες τιμές καταγράφηκαν στην περίπτωση του cannabis meal (FCR: 6,5, ECI: 15 και SGR: 10) και του μάρτυρα (FCR: 8,5, ECI: 11 και SGR: 8,5) παρουσιάζοντας σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ τους πλην της περίπτωσης του συντελεστή FCR.



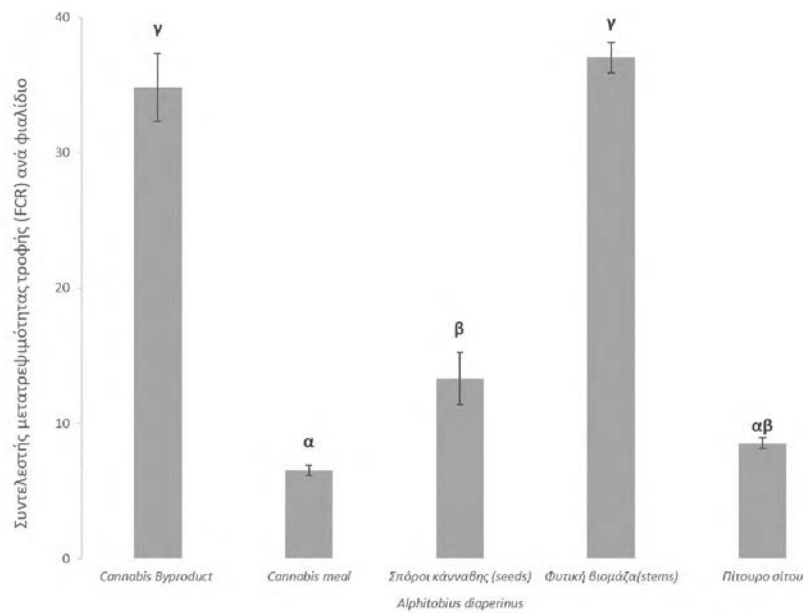
Γράφημα 31 Ατομικό βάρος των προνυμφών (χιλιόγραμμα) του *A.diaperinus* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα κάνναβης και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



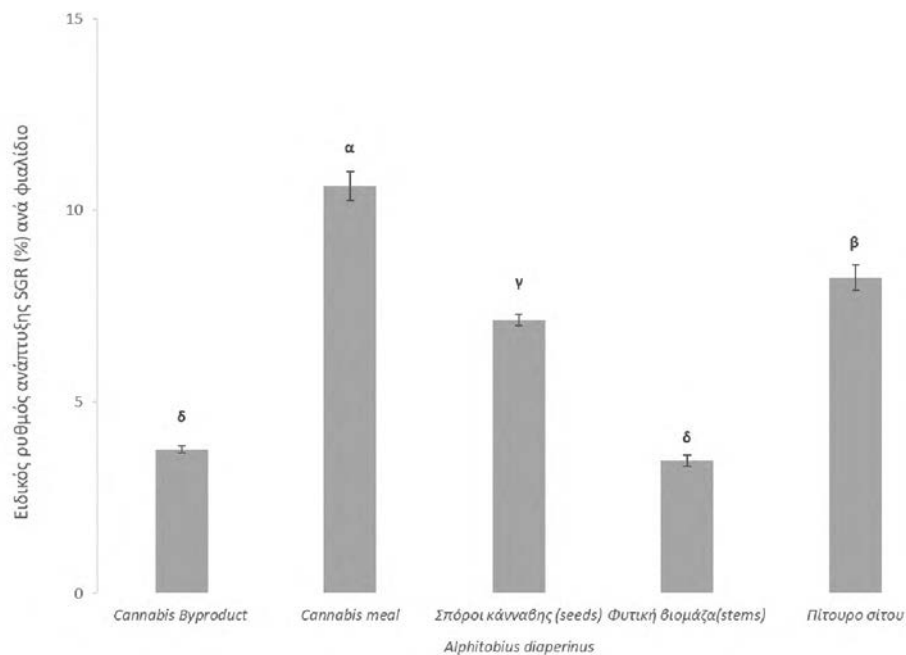
Γράφημα 32 Ποσοστό επιβίωσης (%) των προνυμφών του *A.diaperinus* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα κάνναβης και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



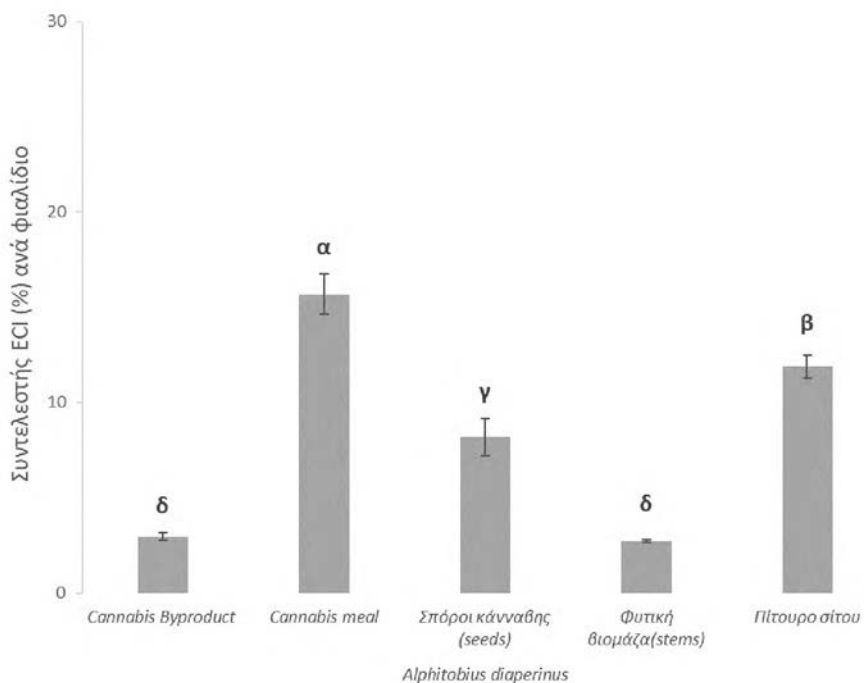
Γράφημα 33 Χρόνος ανάπτυξης (ημέρες) των προνυμφών του *A.diaperinus* ανά φιαλίδιο.



Γράφημα 34 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (Feed Conversion Ratio - FCR) των προνυμφών του *A.diaperinus* ανά φιαλίδιο.



Γράφημα 35 Ειδικός Ρυθμός Αύξησης SGR (Specific Growth Rate) (%/ημέρα) των προνυμφών του *A.diaperinus* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα κάνναβης και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



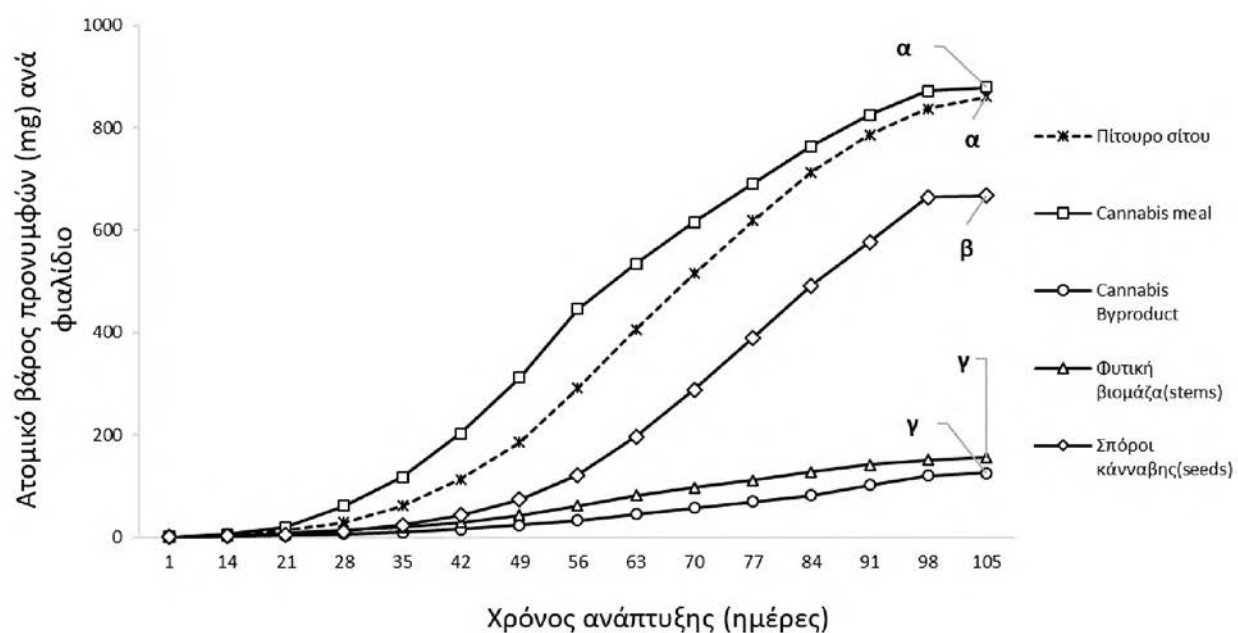
Γράφημα 36 Συντελεστής ECI (Efficiency of Conversion of Ingested food) (%) των προνυμφών του *A.diaperinus* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα κάνναβης και σε πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).

Αξιολόγηση παραπροϊόντων κάνναβης για την ανάπτυξη προνυμφών

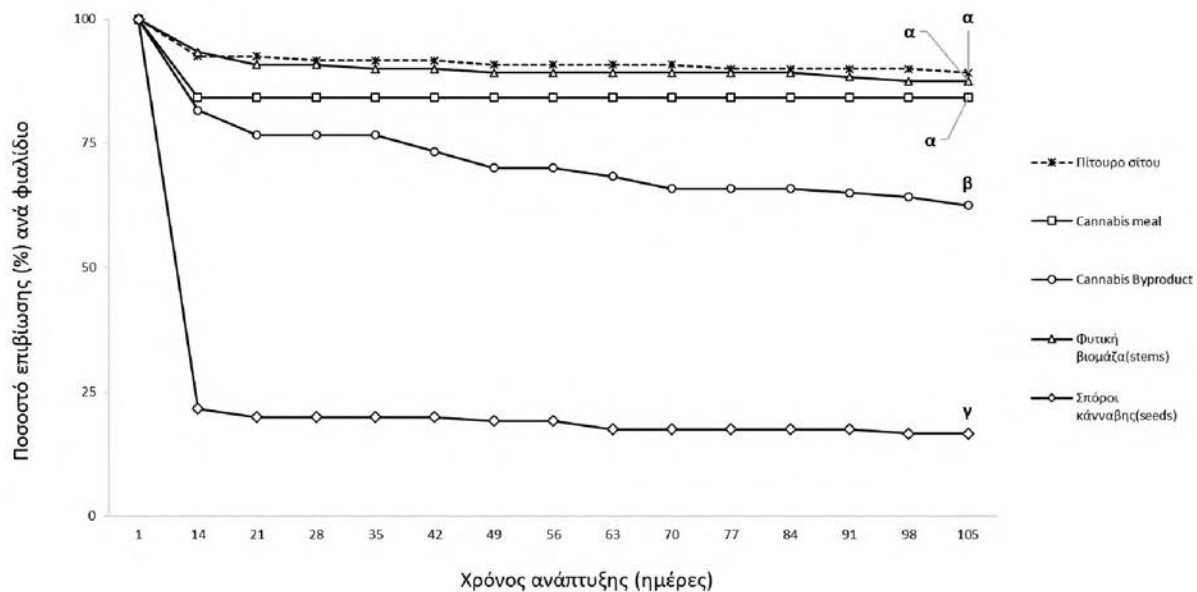
Z. morio

Το τελικό μέσο ατομικό βάρος των προνυμφών που εκτράφηκαν σε παραπροϊόντα κάνναβης, κυμάνθηκε από 126 έως 878 χιλιόγραμμα ενώ παράλληλα επηρεάστηκε και στατιστικά σημαντικά από την διαφορετική σύσταση των υποστρωμάτων ($df = 4, 25, F = 133.3, p < 0.01$). Πιο αναλυτικά, οι προνύμφες που εκτράφηκαν στο cannabis meal παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές με 878 χιλιόγραμμα, ακολούθησαν οι τιμές βάρους των προνυμφών που εκτράφηκαν στο πίτουρο σίτου με 861 χιλιόγραμμα κι έπειτα οι τιμές εκείνων των προνυμφών που αναπτύχθηκαν σε σπόρους κάνναβης (cannabis seeds) στα 668 χιλιόγραμμα. Στατιστικά τα δύο πρώτα υποστρώματα δεν διέφεραν μεταξύ τους, ωστόσο οι τιμές των σπόρων κάνναβης παρουσίασαν διαφορές σε σχέση με αυτά. Τα υπόλοιπα παραπροϊόντα (cannabis stems και cannabis byproduct) έφεραν τις χαμηλότερες τιμές βάρους, με 155 και 126 χιλιόγραμμα αντίστοιχα, χωρίς παράλληλα να διαφέρουν και στατιστικά μεταξύ τους. Το ποσοστό επιβίωσης των προνυμφών διαφοροποιήθηκε μεταξύ των διαφορετικών υποστρωμάτων κάνναβης ($df = 4, 25, F = 65.2, p < 0.01$) και κυμάνθηκε από 17%-89%. Οι προνύμφες που τράφηκαν με πίτουρο σιταριού (control), παρουσίασαν το υψηλότερο ποσοστό επιβίωσης με 89% ενώ ακολούθησαν εκείνες που τράφηκαν με την βιομάζα του φυτού (cannabis stems). Το αμέσως επόμενο με υψηλό ποσοστό επιβίωσης υπόστρωμα ήταν εκείνο του cannabis meal με ποσοστό επιβίωσης 84%. Επίσης, παρατηρήθηκε πως στατιστικά τα προαναφερθέντα υποστρώματα δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Τα υποστρώματα που έφεραν τα χαμηλότερα ποσοστά ήταν το cannabis byproduct με 63% ενώ οι σπόροι κάνναβης (cannabis seeds) σημείωσαν μόλις 17% ποσοστό επιβίωσης. Επιπλέον, ο μέσος χρόνος ανάπτυξης των προνυμφών κυμάνθηκε από 104 έως 106 ημέρες, χωρίς να επηρεαστεί σημαντικά από τα διαφορετικά υποστρώματα κάνναβης στα οποία αναπτύχθηκαν οι ομάδες των προνυμφών ($df=4, 25, F = 1.3, p = 0.42$). Το παραπροϊόν στο οποίο παρατηρήθηκε η μοναδική νύμφωση ήταν αυτό των σπόρων κάνναβης. Στα υπόλοιπα παραπροϊόντα οι ομάδες προνυμφών δεν κατάφεραν να νυμφωθούν εξαιτίας την αδυναμίας τους να περάσουν στο επόμενο βιολογικό στάδιο όταν συνωστίζονται. Έτσι μετά από 15 εβδομάδες και αφού παρατηρήθηκε στασιμότητα στην ανάπτυξη των προνυμφών (βάρος) ακολούθησε ο

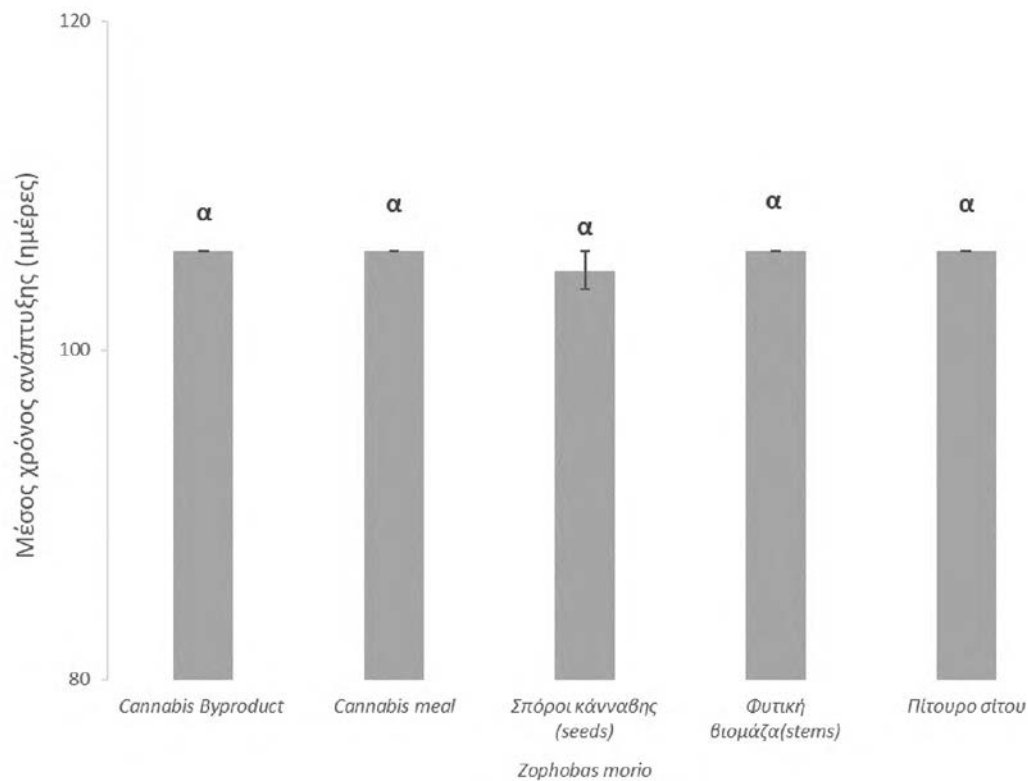
εκούσιος τερματισμός του πειράματος. Σχετικά με την ανάπτυξη των προνυμφών δεν σημειώθηκαν διαφορές στην παράμετρο FCR ($df=4, 25, F = 2.7, p = 0.05$), ωστόσο διαφορές παρατηρήθηκαν στις παραμέτρους ECI ($df = 4, 25, F = 18.6, p < 0.01$) και SGR ($df = 4, 25, F = 122.1, p < 0.01$). Στη συνέχεια, για όλες τις παραμέτρους οι καλύτερες τιμές καταγράφηκαν στην περίπτωση του cannabis meal (FCR: 5,3, ECI: 18 και SGR: 6,8) και του μάρτυρα (FCR: 4, ECI: 25 και SGR: 6,9) χωρίς παράλληλα να παρουσιάζουν σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ τους πλην της περίπτωσης του συντελεστή ECI.



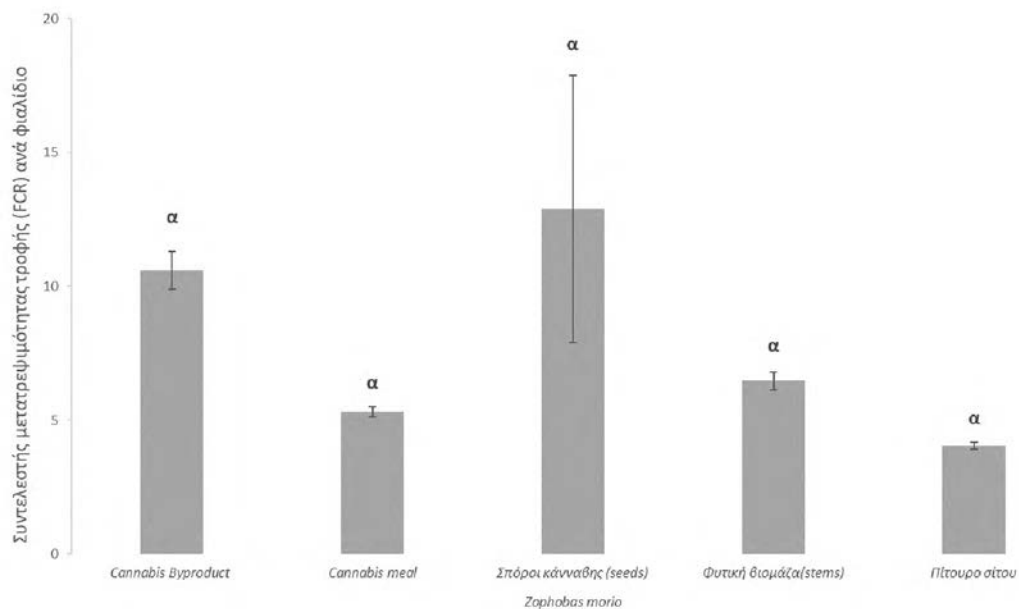
Γράφημα 37 Ατομικό βάρος των προνυμφών (χιλιόγραμμα) του *Z.morio* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα κάνναβης και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



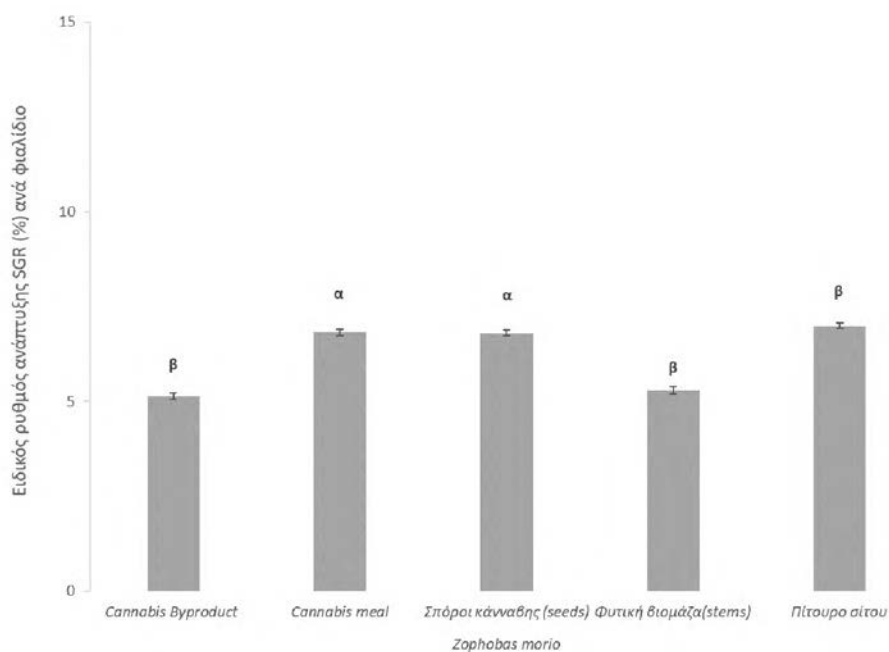
Γράφημα 38 Ποσοστό επιβίωσης (%) των προνυμφών του *Z.morio* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα κάνναβης και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



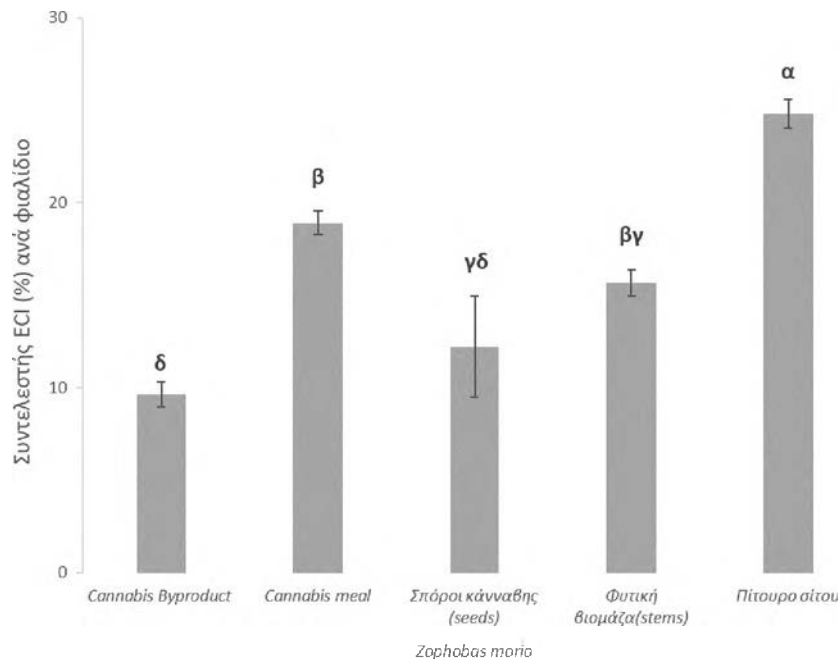
Γράφημα 39 Χρόνος ανάπτυξης (ημέρες) των προνυμφών του *Z.morio* ανά φιαλίδιο.



Γράφημα 40 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (Feed Conversion Ratio - FCR) των προνυμφών του *Z.morio* ανά φιαλίδιο.



Γράφημα 41 Ειδικός Ρυθμός Αύξησης SGR (Specific Growth Rate) (%/ημέρα) των προνυμφών του *Z.morio* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα κάνναβης και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



Γράφημα 42 Συντελεστής ECI (Efficiency of Conversion of Ingested food) (%) των προνυμφών του *Z.morio* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα κάνναβης και σε πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).

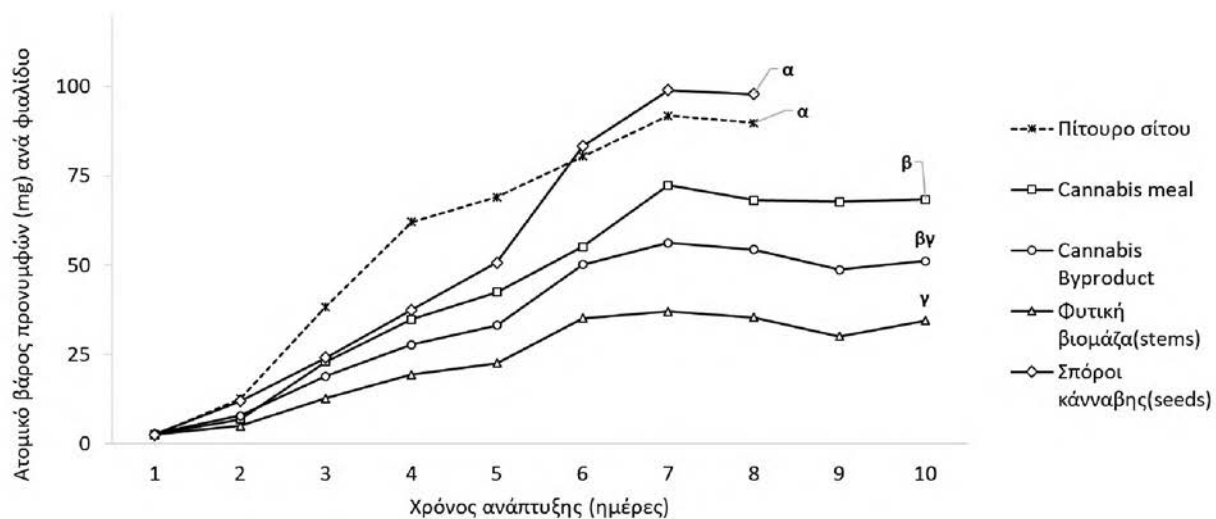
Αξιολόγηση παραπροϊόντων κάνναβης για την ανάπτυξη προνυμφών

H. illucens

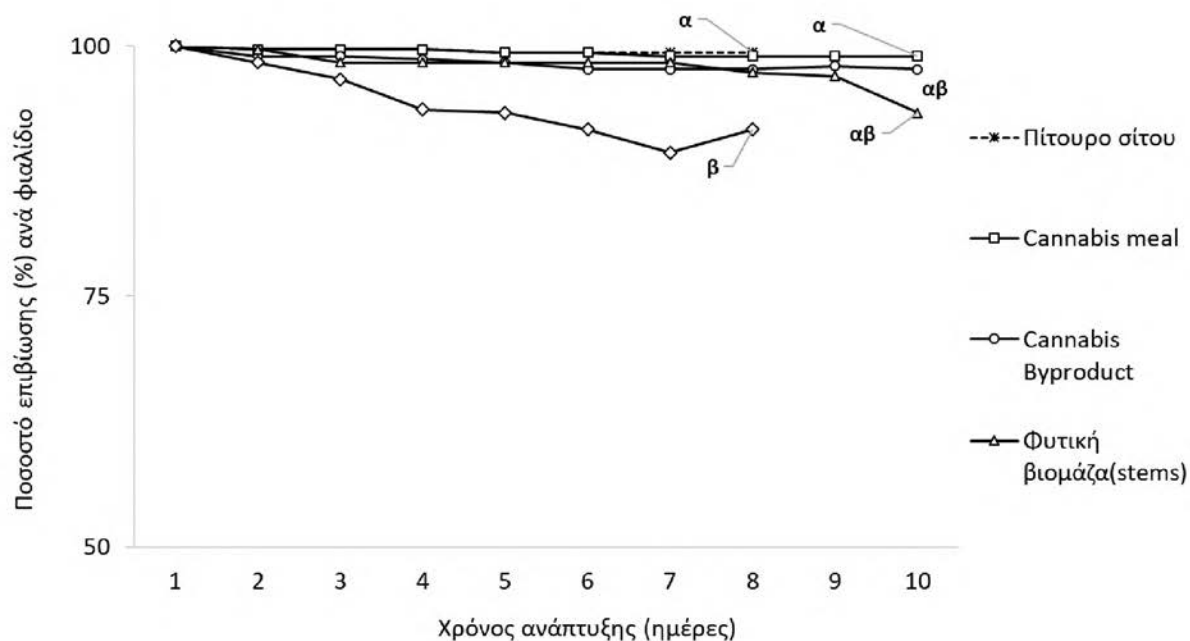
Το τελικό μέσο ατομικό βάρος των προνυμφών που εκτράφηκαν σε παραπροϊόντα κάνναβης, κυμάνθηκε από 34 έως 97 χιλιογράμματα ενώ παράλληλα επηρεάστηκε και στατιστικώς σημαντικά από την διαφορετική σύσταση των υποστρωμάτων ($df = 4, 25, F = 38.2, p < 0.01$). Πιο αναλυτικά, οι προνύμφες που εκτράφηκαν στους σπόρους κάνναβης παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές με 97,8 χιλιογράμματα, ακολούθησαν οι τιμές βάρους των προνυμφών που εκτράφηκαν στο πίτουρο σίτου με 89,7 χιλιογράμματα κι έπειτα οι τιμές εκείνων των προνυμφών που αναπτύχθηκαν στο cannabis meal στα 68,4 χιλιογράμματα. Στατιστικά τα δύο πρώτα υποστρώματα δεν διέφεραν μεταξύ τους, ωστόσο οι τιμές του cannabis meal έφερε στατιστικές διαφορές από αυτά. Τα υπόλοιπα παραπροϊόντα (cannabis stems και cannabis byproduct) έφεραν

τις χαμηλότερες τιμές βάρους, με 34 και 51 χιλιόγραμμα αντίστοιχα, χωρίς παράλληλα να διαφέρουν και στατιστικά μεταξύ τους.

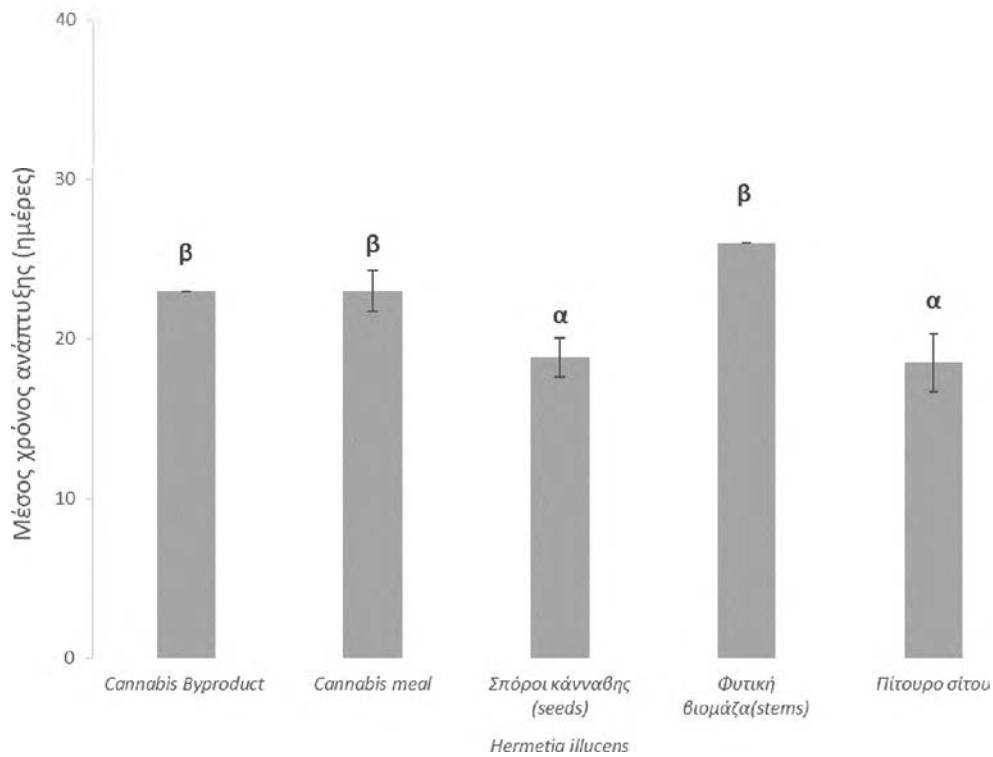
Το ποσοστό επιβίωσης των προνυμφών κυμάνθηκε μεταξύ 5% και 99,3%. Οι προνύμφες που τράφηκαν με πίτουρο σιταριού, παρουσίασαν το υψηλότερο ποσοστό επιβίωσης με 99,3% ενώ ακολούθησαν εκείνες που τράφηκαν με το cannabis meal (99%). Τα αμέσως επόμενα με υψηλά ποσοστά επιβίωσης υποστρώματα ήταν του cannabis byproduct με ποσοστό επιβίωσης 97,6% της φυτικής βιομάζας με 93% και τέλος των σπόρων κάνναβης με 91,6%. Επίσης, παρατηρήθηκε πως στατιστικά τα προαναφερθέντα υποστρώματα δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους εκτός της περίπτωσης των σπόρων κάνναβης.. Επιπλέον, ο μέσος χρόνος ανάπτυξης των προνυμφών κυμάνθηκε από 18 έως 26 ημέρες, ενώ επηρεάστηκε σημαντικά από τα διαφορετικά υποστρώματα στα οποία αναπτύχθηκαν οι ομάδες των προνυμφών ($df=4, 25, F=10.6, p<0.01$). Τα παραπροϊόντα στα οποία παρατηρήθηκαν οι πρώτες νυμφώσεις ήταν αυτά των σπόρων κάνναβης και του μάρτυρα (πίτουρο σίτου). Στα υπόλοιπα παραπροϊόντα οι ομάδες προνυμφών κατάφεραν να νυμφωθούν στις 23 ημέρες (cannabis meal, cannabis byproduct) και στις 26 ημέρες (cannabis stems). Σχετικά με την ανάπτυξη των προνυμφών σημειώθηκαν διαφορές στις παραμέτρους FCR ($df=4, 25, F=43.6, p=0.05$), ECI ($df=4, 25, F=38.6, p<0.01$) και SGR ($df=4, 25, F=11.1, p<0.01$). Στη συνέχεια, για όλες τις παραμέτρους οι καλύτερες τιμές καταγράφηκαν στην περίπτωση του μάρτυρα (FCR: 2,8 ECI: 36 και SGR: 21) και του cannabis seeds (FCR: 3,2, ECI: 32 και SGR: 19) χωρίς παράλληλα να παρουσιάζουν σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ τους και στις τρεις παραμέτρους.



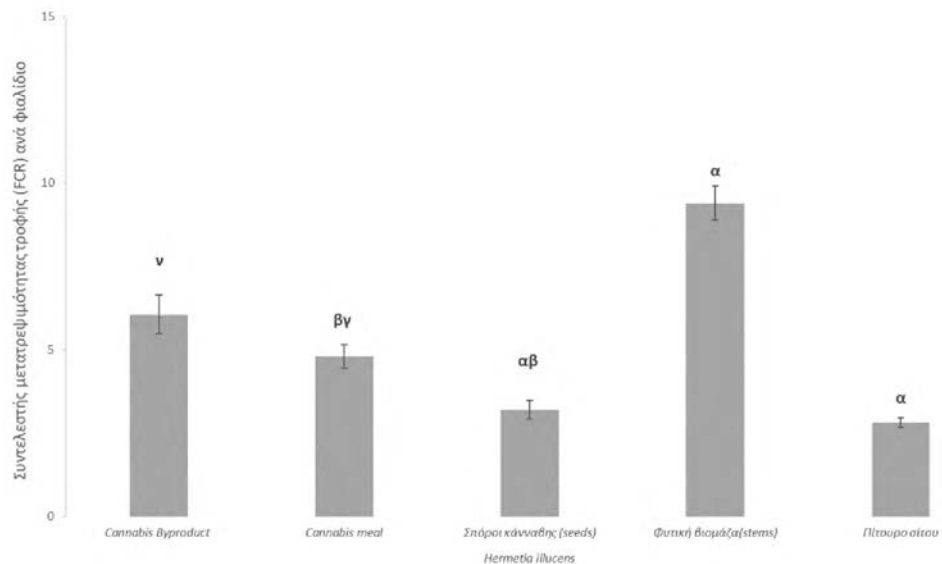
Γράφημα 43 Ατομικό βάρος των προνυμφών (χιλιόγραμμα) του *H.illucens* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα κάνναβης και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



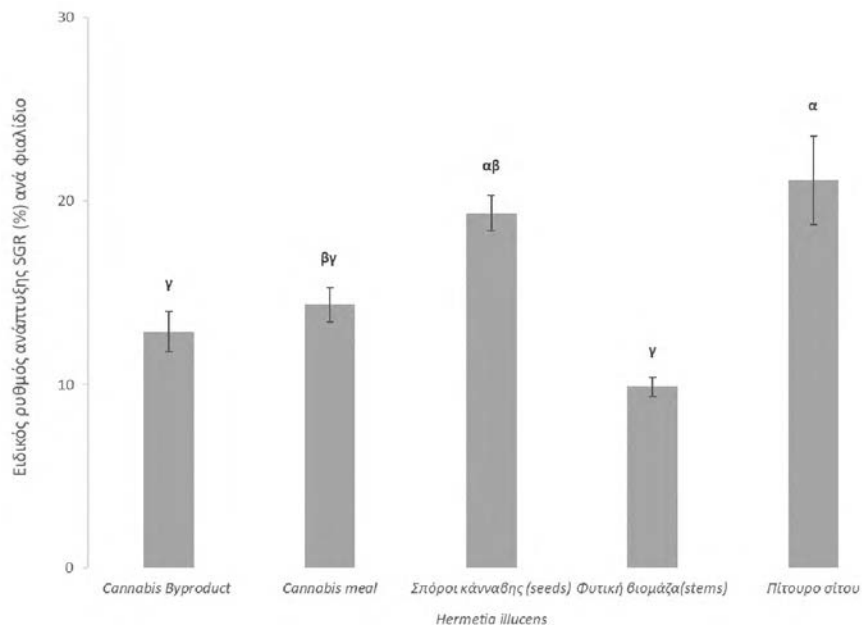
Γράφημα 44 Ποσοστό επιβίωσης (%) των προνυμφών του *H.illucens* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα κάνναβης και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



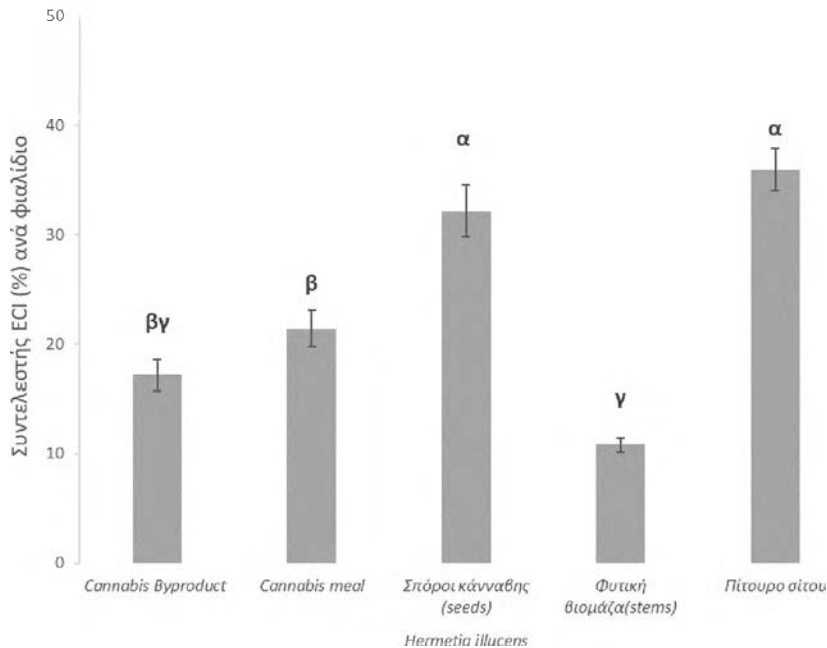
Γράφημα 45 Χρόνος ανάπτυξης (ημέρες) των προνυμφών του *H.illucens* ανά φιαλίδιο.



Γράφημα 46 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (Feed Conversion Ratio - FCR) των προνυμφών του *H.illucens* ανά φιαλίδιο.



Γράφημα 47 Ειδικός Ρυθμός Αύξησης SGR (Specific Growth Rate) (%/ημέρα) των προνυμφών του *H.illucens* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα κάνναβης και πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).



Γράφημα 48 Συντελεστής ECI (Efficiency of Conversion of Ingested food) (%) των προνυμφών του *H.illucens* ανά φιαλίδιο που αναπτύχθηκαν σε παραπροϊόντα κάνναβης και σε πίτουρο σιταριού (μάρτυρας).

Συζήτηση

Η παρούσα έρευνα αποδεικνύει πως υπάρχουν παραπροϊόντα της αγροτικής παραγωγής κατάλληλα για την εκτροφή εντόμων. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης διάφορων παραπροϊόντων βάμβακος έδειξαν ότι οι προνύμφες στα περισσότερα είδη εντόμων παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές σχεδόν σε όλες τις αναπτυξιακές παραμέτρους καταναλώνοντας πίτουρο σίτου (μάρτυρας) και βαμβακόπιτα. Στην περίπτωση του *T. molitor* το συγκομισθέν ατομικό βάρος των προνυμφών έφτασε στα υψηλότερα επίπεδα στα φιαλίδια με το υπόστρωμα πίτουρου σίτου και σε αυτά της βαμβακόπιτας. Επιπρόσθετα, σχετικά με τα ποσοστά επιβίωσης αυτά παρέμειναν εξίσου σε υψηλά επίπεδα στα ίδια υποστρώματα ενώ αξίζει να σημειωθεί πως η πρώτη νύμφωση παρατηρήθηκε στο υπόστρωμα της βαμβακόπιτας (46 ημέρες), ενώ στο υπόστρωμα του μάρτυρα παρατηρήθηκε μια εβδομάδα αργότερα (53 ημέρες). Για όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους οι καλύτερες τιμές καταγράφηκαν ξανά στην περίπτωση της βαμβακόπιτας (FCR: 2, ECI: 49,5 και SGR: 9,7) και του μάρτυρα (FCR: 3,1, ECI: 31,7 και SGR: 8,8). Επιπρόσθετα, αξίζει να αναφερθεί πως στο υπόστρωμα cotton lint, δεν παρατηρήθηκε ανάπτυξη των προνυμφών καθώς όπως παρατηρήθηκε οι προνύμφες δεν κατάφεραν να επιβιώσουν μέσα σε αυτό. Σε έρευνα των Rumbos και άλλοι, 2021(a), σχετικά με την αξιολόγηση διάφορων παραπροϊόντων της αγροτικής παραγωγής συμπεριλαμβανομένων και υποστρωμάτων βαμβακόπιτας πραγματοποιήθηκαν βιοδοκιμές οι οποίες διαφοροποιούνταν σε σχέση με την εφαρμογή ή μη υγρασίας στα έντομα. Για παράδειγμά, στην βιοδοκιμή όπου στα φιαλίδια δεν παρέχονταν υγρασία οι τιμές βάρους προνυμφών που αναπτύσσονταν σε βαμβακόπιτα καθώς και το ποσοστό επιβίωσης σε αυτό το υπόστρωμα ήταν πολύ χαμηλά. Αντιθέτως, οι βιοδοκιμές στις οποίες παρέχονταν τακτικά υγρασία στις προνύμφες, οι προνύμφες που αναπτύχθηκαν με βαμβακόπιτα παρουσίασαν υψηλές τιμές παρόμοιες με εκείνες του μάρτυρα έχοντας σχεδόν την ίδια εικόνα διαγραμματικά με τα αποτελέσματα της παρούσας βιοδοκιμής. Από αυτή την παρατήρηση συμπεραίνεται πως η παροχή υγρασίας στα έντομα παίζει πολύ σημαντικό ρόλο σε όλες τις αναπτυξιακές παραμέτρους του εντόμου επηρεάζοντάς τες θετικά. Η σημασία της υγρασίας στα διατροφικά υποστρώματα έχει παρουσιασθεί και σε έρευνες προηγούμενων δεκαετιών όπου μετά από παροχή ή μη υγρασίας στην διατροφή προνυμφών οι Murray, 1968; Urs και Hopkins 1973 συμπέραναν πως απουσία υγρασίας, οι

προνύμφες του εντόμου θα χρησιμοποιήσουν την τροφή τους κυρίως για να ρυθμίσουν τα επίπεδα υγρασίας τους και λιγότερο για την ανάπτυξη τους. Σχετικά με τα επίπεδα επιβίωσης η βαμβακόπιτα παρουσίασε υψηλές τιμές (>90%) γεγονός που την καθιστά κατάλληλη όχι μόνο για την ανάπτυξη των προνυμφών αλλά και για τα χαμηλά επίπεδα θνησιμότητας. Σε αντίστοιχες βιοδοκιμές που πραγματοποιήθηκαν για την αξιοποίηση αγροτικών προϊόντων όπως φλοιούς σπόρων δημητριακών και ψυχανθών για την εκτροφή προνυμφών *T. molitor* από τους Rumbos και άλλοι, 2021(b), τα ποσοστά κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα (24-84%) με το υψηλότερο ποσοστό επιβίωσης να είναι αυτό της βρώμης (84%), χαμηλότερο ωστόσο από το υπόστρωμα της βαμβακόπιτας στην παρούσα εργασία. Στην επόμενη βιοδοκιμή σχετικά με την ανάπτυξη του *A. diaperinus* τα αποτελέσματα ήταν σχεδόν παρόμοια με εκείνα του *T. molitor*. Η καλή απόδοση των προνυμφών του *A. diaperinus* δεν αποτέλεσε έκπληξη, καθώς τα αποτελέσματα της εργασίας των Gourgouta και άλλοι, (2022), έδειξαν ήδη την καταλληλότητα της βαμβακόπιτας ως τροφή για τις προνύμφες του *A. diaperinus*, ωστόσο στην παρούσα εργασία οι τιμές όλων των αναπτυξιακών παραμέτρων ξεπέρασαν σημαντικά αυτές των Gourgouta και άλλοι, (2022). Η μεγαλύτερη μέση τιμή συνολικού συγκομισθέντος βάρους καταγράφηκε στο παραπροϊόν της βαμβακόπιτας (0,7 g) ενώ σχετικά με τις τιμές του ατομικού βάρους, την μεγαλύτερη τιμή σημείωσαν οι προνύμφες που εκτράφηκαν με βαμβακόπιτα στα 19,1 χιλιόγραμμα ξεπερνώντας σε βάρος ακόμη και εκείνες που αναπτύχθηκαν στον μάρτυρα (14,3 χιλιόγραμμα). Το υψηλότερο ποσοστό επιβίωσης ωστόσο σημείωσαν οι προνύμφες που αναπτύχθηκαν στο πίτουρο σιταριού με 86% και ακολούθησαν οι προνύμφες που εκτράφηκαν με αποχνοωμένους σπόρους (82,3%) ενώ η βαμβακόπιτα ακολούθησε με χαμηλότερο ποσοστό (78%). Το παραπροϊόν στο οποίο παρατηρήθηκε η πρώτη νύμφωση ήταν αυτό της βαμβακόπιτας (43 ημέρες) ενώ η αμέσως επόμενη νύμφωση έλαβε χώρα στο πίτουρο σίτου στις 46 ημέρες, διάστημα πολύ μικρότερο συγκριτικά με τον χρόνο που χρειάστηκαν οι προνύμφες για να νυμφωθούν στην προαναφερθείσα έρευνα των Gourgouta και άλλοι, (2022). Για όλες τις παραμέτρους οι καλύτερες τιμές καταγράφηκαν στην περίπτωση της βαμβακόπιτας και στο μάρτυρα όπου και εδώ παρατηρείται διαφορά στις τιμές σε σχέση με εκείνες της έρευνας των Gourgouta και άλλοι, (2022).

Σχετικά με την αξιολόγηση των παραπροϊόντων βάμβακος στην εκτροφή του είδους *Z. morio*, δεν εντοπίζεται σχετική βιβλιογραφία που να μελετά το συγκεκριμένο είδος. Επομένως η παρούσα εργασία έρχεται να καλύψει ένα ερευνητικό κενό σχετικά με την αναπτυξιακή

συμπεριφορά του εντόμου στα συγκεκριμένα υποστρώματα. Στην περίπτωση της *H. illucens* πιο αποτελεσματικά ήταν τα υποστρώματα της βαμβακόπιτας, των σπόρων βάμβακος και του μάρτυρα. Η αποτελεσματική ανάπτυξη των προνυμφών στους βαμβακόσπορους εμφανίστηκε στις τιμές του ατομικού βάρους (105 χιλιογράμματα) καθώς παρουσίασαν υψηλότερα επίπεδα από εκείνες του μάρτυρα (85 χιλιογράμματα) και της βαμβακόπιτας (98 χιλιογράμματα). Αξίζει επίσης να αναφερθεί πως στο συγκεκριμένο υπόστρωμα παρατηρήθηκε και η πρώτη νύμφωση σε σημαντικό σύντομο διάστημα (14 ημέρες) συγκριτικά με τον μάρτυρα (18 ημέρες) και της βαμβακόπιτας (19 ημέρες). Καθώς δεν εντοπίζεται αντίστοιχη έρευνα που να αξιολογούνται παραπροϊόντα βάμβακος για την εκτροφή του συγκεκριμένου είδους, παρόμοια ωστόσο αποτελέσματα σχετικά με το ποσοστό επιβίωσης αλλά και τον μέσο χρόνο ανάπτυξης αναφέρονται από τους Liu και άλλοι, (2018). Η συγκεκριμένη έρευνα σχετίζεται με την αξιοποίηση διάφορων παραπροϊόντων για την εκτροφή της Μύγας Μαύρος Στρατιώτης όπως υπολείμματα της ζυθοποιίας, στερεή κοπριά χοίρων και γρασίδι. Αξιοποιώντας τα συγκεκριμένα υποστρώματα, παρόμοια αποτελέσματα με την παρούσα βιοδοκιμή ως προς τον μέσο χρόνο ανάπτυξης έδωσαν τα υπολείμματα ζυθοποιίας (14 ημέρες) και η κοπριά (17 ημέρες). Αντιθέτως, τα ποσοστά επιβίωσης είναι υψηλότερα για όλα τα υποστρώματα που μελετήθηκαν (98%) συγκριτικά με αυτά των υποστρωμάτων της παρούσας έρευνας. Εκτός από τον μάρτυρα που παρουσίασε ποσοστό επιβίωσης 99%, η βαμβακόπιτα και οι σπόροι βάμβακος αντίστοιχα διατηρήθηκαν σε χαμηλότερα ποσοστά (92% και 89%, αντίστοιχα). Σε μία άλλη έρευνα των Oonincx και άλλοι, (2015), σε προνύμφες του εντόμου που αναπτύχθηκαν σε δίαιτες διαφορετικών ποσοστών λίπους και πρωτεΐνης, ο μέσος χρόνος ανάπτυξης διέφερε καθώς κυμάνθηκε από 21 (δίαιτα με υψηλή πρωτεΐνη/χαμηλό λίπος) έως 37 ημέρες (δίαιτα με υψηλό λίπος/χαμηλή πρωτεΐνη) από εκείνον που σημειώθηκε από τους σπόρους βάμβακος, της βαμβακόπιτας και του μάρτυρα της παρούσας βιοδοκιμής. Επίσης, διαφορές εντοπίζονται και στον συντελεστή FCR και ECI καθώς οι καλύτερες τιμές για την παρούσα βιοδοκιμή καταγράφηκαν στην περίπτωση των σπόρων με ίνες, του πίτουρου σίτου μάρτυρα και της βαμβακόπιτας. Στην έρευνα των Oonincx και άλλοι, (2015) οι τιμές FCR από τις δίαιτες που αξιολογήθηκαν ήταν χαμηλότερες σχετικά από αυτές της παρούσας βιοδοκιμής. Αντιθέτως, οι τιμές ECI των διαιτών εμφανίζονται χαμηλότερες από αυτές της βαμβακόπιτας, των σπόρων και του μάρτυρα της παρούσας εργασίας. Συμπεραίνεται επομένως, ότι η βαμβακόπιτα και οι σπόροι βάμβακος με ίνες φαίνεται να μπορούν να αξιοποιηθούν αποτελεσματικά ως τροφή από το

συγκεκριμένο είδος γεγονός που αποδεικνύει την καταλληλότητα των συγκεκριμένων υποστρωμάτων για την εκτροφή του εντόμου. Στις βιοδοκιμές που σχετίζονται με τα παραπροϊόντα κάνναβης τα καλύτερα αποτελέσματα και για τα τέσσερα έντομα παρουσίασαν εκτός από τον μάρτυρα, οι σπόροι κάνναβης και το cannabis meal. Αυτό που αξίζει να αναφερθεί είναι πως οι σπόροι κάνναβης ως υπόστρωμα παρουσίασαν πολύ καλά αποτελέσματα σε όλες σχεδόν τις παραμέτρους ανάπτυξης, στα ποσοστά επιβίωσης των Tenebrionidae (εκτός του *H. illucens*). Ωστόσο, παρατηρήθηκαν αρκετά πιο χαμηλές τιμές σε σχέση με τα υπόλοιπα παραπροϊόντα. Για παράδειγμα στο *T. molitor* σημειώθηκε ποσοστό επιβίωσης 38% στο *A. diaperinus* 34% ενώ στο *Z. morio* μόλις 17%. Αντιθέτως, στην περίπτωση της μύγας *H. illucens* το χαμηλό ποσοστό επιβίωσης φαίνεται να διαφέρει (91,6%). Η έλλειψη αντίστοιχων ερευνών αξιολόγησης παραπροϊόντων κάνναβης σε αυτά τα είδη εντόμων δεν δίνει την δυνατότητα να συγκριθούν τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας και να εξαχθούν αξιόλογα συμπεράσματα για τα χαμηλά ποσοστά επιβίωσης. Τέλος, από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας εξάγεται το συμπέρασμα ότι υπάρχουν παραπροϊόντα των καλλιεργειών κάνναβης και βάμβακος που μπορούν να υποστηρίξουν αποτελεσματικά την εκτροφή εντόμων και πως το επιστημονικό αυτό αντικείμενο έχει την δυναμική για περαιτέρω έρευνες και αποτελέσματα.

Βιβλιογραφία

Aalbu RL, Triplehorn CA, Campbell JM, Brown KW, Somerby RA, Thomas DB. 2002. Family 106. Tenebrionidae Latreille 1802, p. 463-509. In: American Beetles. Volume 2. Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea. (Arnett Jr RH, Thomas MC, Skelley PE, Frank JH, eds.). CRC Press, Boca Raton, FL.

Abernethy, A. (2019) Hemp Production and the 2018 Farm Bill. Available at: <https://www.fda.gov/news-events/congressional-testimony/hemp-production-and-2018-farmbill-07252019>.

Anastasaki E., Aggelakopoulos K., Kontodimas D. C. (2015), Growth performance and chemical composition of larvae of *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae), Integrated Protection of Stored Products, 111, 527-530.

Arru, B.; Furesi, R.; Gasco, L.; Madau, F.A.; Pulina, P. The introduction of insect meal into fish diet: The first economic analysis on European sea bass farming. *Sustainability* 2019, 11, 1697. [CrossRef]

Bakula, T.; Gałczyński, R. Strategia Wykorzystania Alternatywnych Źródeł Białka w Żywieniu Zwierząt oraz Możliwość Rozwoju Jego Produkcji na Terytorium Rzeczypospolitej Polski; ERZET: Olsztyn, Poland, 2021; ISBN 978-83-961897-1-4.

Barbi S, Macavei LI, Fuso A, Luparelli AV, Caligiani A, Ferrari AM, Maistrello L, Montorsi M. Valorization of seasonal agri-food leftovers through insects. *Sci Total Environ.* 2020 Mar 20;709:136209. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.136209. Epub 2019 Dec 19. PMID: 31884276.

Bosona, T.; Gebresenbet, G. Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. *Food Control* 2013, 33, 32–48. [CrossRef]

Cadinu, L.A.; Barra, P.; Torre, F.; Delogu, F.; Madau, F.A. Insect rearing: Potential, challenges, and circularity. *Sustainability* 2020, 12, 4567. [CrossRef]

Calibeo-Hayes D, Denning SS, Stringham SM, Watson DW. 2005. Lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) emergence after mechanical incorporation of poultry litter into field soils. *Journal of Economic Entomology* 98: 229-235.

Cappellozza, S., Leonardi, M.G., Savoldelli, S., Carminati, D., Rizzolo, A., Cortellino, G., Terova, G., Moretto, E., Badaile, A., Concheri, G., Saviane, A., Bruno, D., Bonelli, M., Caccia, S., Casartelli, M., Tettamanti, G., 2019. A first attempt to produce proteins from insects by means of a circular economy. *Animals* 9, 1–24. <https://doi.org/10.3390/ani9050278>

Commission Implementing Regulation (EU) 2023/58 of 5 January 2023 authorising the placing on the market of the frozen, paste, dried and powder forms of *Alphitobius diaperinus* larvae (lesser mealworm) as a novel food and amending Implementing Regulation (EU) 2017/2470

Commission, E. Hemp Production in the EU. Available online: https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_en.

De Gier, S., Verhoeckx, K., 2018. Insect (food) allergy and allergens. *Molecular Immunology*, 100, 82–106. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2018.03.015>

Dortmans B.M.A., Diener S., Verstappen B.M., Zurbrügg C. (2017) Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step-by-Step Guide Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Switzerland

European Commission (EC) (2021) Commission Regulation (EU) 2021/1372 of 17 August 2021 amending Annex IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council as regards the prohibition to feed non-ruminant farmed animals, other than fur animals, with protein derived from animals. Official Journal of the European Union L 295: 1-17.

European Food Safety Authority (EFSA) NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens), Turck, D., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K.I., Kearney, J., Maciuk, A., Mangelsdorf, I., McArdle, H.J., Naska, A., Pelaez, C., Pentieva, K., Siani, A., Thies, F., Tsabouri, S., Vinceti, M., Cubadda, F., Frenzel, T., Heinonen, M., Marchelli, R., Neuhäuser-Berthold, M., Poulsen, M., Maradona M.P., Schlatter, J.R., Van Loveren, H., Ververis, E. and Knutsen, H.K., 2021. Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. EFSA Journal 19(1): 6343.

EU Commission Regulation 2017/893 of 24 May 2017 Amending Annexes I and IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council and Annexes X, XIV and XV to Commission Regulation (EU) No 142/2011 as Regards the Provisions on Processed Animal Protein. Available online: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX: 32017R0893&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0893&from=EN) (accessed on 11 February 2021).[13].

European Food Safety Authority (EFSA) NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens); Turck, D.; Castenmiller, J.; De Henauw, S.; Hirsch-Ernst, K.I.; Kearney, J.; Maciuk, A.; Mangelsdorf, I.; McArdle, H.J.; Naska, A.; και άλλοι Scientific opinion on the safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU)2015/2283. EFSA J. 2021, 19, 6343. [CrossRef]

EFSA Scientific Committee. Scientific opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. EFSA J. 2015, 13, 4257.

EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA). Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. EFSA J. 2021, 19, e06343. [CrossRef]

European Parliament and Council of the European Union. Regulation (EU) 2017/893 of the European Parliament and of the Council of 24 May 2017 amending Annexes I and IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council and Annexes X, XIV and XV to Commission Regulation (EU) No 142/2011 as regards the provisions on processed animal protein. Official Journal of the European Union. <http://data.europa.eu/eli/reg/2017/893/oj>

Falomo AA. 1986. The Pheromone Biology of the Lesser Mealworm *Alphitobius diaperinus* (Panzer), (Coleoptera: Tenebrionidae). Thesis, University of Wisconsin-Madison.

FAO, 2021. Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector, Rome. <https://doi.org/10.4060/cb4094en>

Food and Agriculture Organization of the United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Feeding the World in 2050. Available online: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/meeting/018/k6021e.pdf> (accessed on 28 September 2020).

Francisco, O., Prado, A.P., 2001. Characterization of the larval stages of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) using head capsule width. *Revista Brasileira de Entomologia*, 61, 125–131. <https://doi.org/10.1590/S0034-71082001000100016>

Fursov, V. N., and L. S. Cherney. 2018. *Zophobas atratus* (Fabricius, 1775) New genus and species of darkling beetles (Coleoptera, Tenebrionidae) for the fauna of Ukraine. *Ukr. Entomol. J.* 1: 10–24.

Ghalyv and A. E., Alkoaik F. N. (2009), The Yellow Mealworm as a Novel Source of Protein, *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 4 (4), 319-331.

Gourgouta, M.; Rumbos, C.I.; Michail, V.; Athanassiou, C.G. Valorization of Agricultural Side-Streams for the Rearing of Larvae of the Lesser Mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer). *Sustainability* 2022, 14, 7680. <https://doi.org/10.3390/su14137680>

Gunnells, S. (2020) The History of Hemp: From Ancient Origins to an American Industry. Available at: <https://www.remedyreview.com/health/history-of-hemp/>.

Hagstrum, D. W., and B. Subramanyam. 2009. Stored-product insect resource. AACC International Inc., St. Paul, MN Yuan, J., Z. Yinan, M. Ling, W. Hui, H. Liyu, and H. Jie. 2012. Identification of alive female and male adult of *Zophobas morio* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Scientia Silvae Sinicae* 48: 175–177

Harish Karthikeyan Ravi, Antoine Degrou, Jérôme Costil, Christophe Trespeuch, Maryline Abert Vian, και άλλοι. Larvae Mediated Valorization of Industrial, Agriculture and Food Wastes: Biorefinery Concept through Bioconversion, Processes, Procedures, and Products. *Processes*, 2020, 8 (7), pp.857. 10.3390 /pr8070857 .hal-02948436

Haupt M., Vadenbo C., Hellweg S. (2017), Do We Have the Right Performance Indicators for the Circular Economy?: Insight into the Swiss Waste Management System, *Journal of Industrial Ecology* , 21, 615-627.

Hosen M, Khan AR, Hossain M. 2004. Growth and development of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) on cereal flours. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 7: 1505-1508.

Kim, S. Y., H. G. Kim, S. H. Song, and N. J. Kim. 2015. Developmental characteristics of *Zophobas atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae in different instars. *Int. J. Ind. Entomol.* 30: 45–49

Kuttiyatveetil, J.R.A.,Mitra, P., Goldin, D., Nickerson, M.T., Tanaka, T., 2019. Recovery of residual nutrients from agri-food byproducts using a combination of solid-state fermentation and insect rearing. *Int. J. Food Sci. Technol.* 54, 1130–1140. <https://doi.org/10.1111/jjfs.14015>.

Kwiatek, K.; Bakula, T.; Sieradzki, Z.; Osiński, Z.; Kowalczyk, E. Wytyczne dobrej praktyki higienicznej w produkcji owadów dla celów paszowych i spożywczych ; Zakład Higieny Pasz Państwowy Instytut Weterynaryjny—Państwowy Instytut Badawczy: Puławy, Poland, 2021

Liu Z, Minor M, Morel PCH, Najar-Rodriguez AJ. Bioconversion of Three Organic Wastes by Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae. *Environ Entomol.* 2018 Dec 7;47(6):1609-1617. doi: 10.1093/ee/nvy141. PMID: 30371752.

- Lohri, C.R., Diener, S., Zabaleta, I., Mertenat, A., Zurbrügg, C., 2017. Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middle-income settings. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 16, 81–130. <https://doi.org/10.1007/s11157-017-9422-5>.
- Madau F. A., Arun B., Furesi R., Paulina P. (2020), Insect Farming for Feed and Food Production from Circular Business Model Perspective, *Sustainability*, 12.
- Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y., 2012. A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems* 15, 401–415.
- Meyer-Rochow, V.B., Pinent, M., Costa Neto, E.M., Grabowski, N.T., Fratini, F., Mancini, S., 2022. Editorial: Insects as Food and Feed. *Frontiers Veterinary Science*, 9, 873765. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.873765>
- Morales - Ramos J. A., Kay S., Rojas M. G., Shapiro - Ilan D. I., Tedders W. L. (2015), Morphometric analysis of instar variation in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Annals of the Entomological Society of America*, 108, 146-159.
- Moser, S. (2019) The European Cannabis Market Landscape in 2019. Available at: <https://straininsider.com/the-european-cannabis-market-landscape-in-2019/>.
- Murray D.R.P., (1968). The importance of water in the normal growth of larvae of *Tenebrio molitor*. , *Ent. exp. & appl.* 11 (1968): 149--168. North-Holland Publishing Co., Amsterdam 11(2). doi:10.1111/j.1570-7458.1968.tb02041.x
- OECD/FAO (2021), OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/19428846-en>
- Oonincx DGAB, van Broekhoven S, van Huis A, van Loon JJA (2015) Feed Conversion, Survival and Development, and Composition of Four Insect Species on Diets Composed of Food ByProducts. *PLoS ONE* 10(12): e0144601. doi:10.1371/journal.pone.0144601
- Ordoñez-Araque, R., Quishpillo-Miranda, N., Ramos-Guerrero, L., 2022. Edible Insects for Humans and Animals: Nutritional Composition and an Option for Mitigating Environmental Damage. *Insects*, 13, 944. <https://doi.org/10.3390/insects13100944>

Patil, S.R.; Cates, S.; Morales, R. Consumer Food Safety Knowledge, Practices, and Demographic Differences: Findings from a Meta-Analysis. *J. Food Prot.* 2005, 68, 1884–1894. [CrossRef] [PubMed]

Quennedey, A., N. Aribi, C. Everaerts, and J. -P. Delbecq. 1995. Postembryonic development of *Zophobas atratus* Fab. (Coleoptera: Tenebrionidae) under crowded or isolated conditions and effects of juvenile hormone analogue applications. *J. Insect Physiol.* 41: 143–152

Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2015 on Novel Foods, Amending Regulation (EU) No. 1169/2011 of the European Parliament and of the Council and Repealing Regulation (EC) No. 258/97 of the European Parliament and of the Council and Commission Regulation (EC) No. 1852/2001; European Union: Luxemburg, 2001.

Roffeis, M.; Wakefield, M.E.; Almeida, J.; Valada, T.R.A.; Devic, E.; Koné, N.G.; Kenis, M.; Nacambo, S.; Fitches, E.C.; Koko, G.K.D.; και άλλοι Life cycle cost assessment of insect based feed production in West Africa. *J. Clean. Prod.* 2018, 199, 792–806. [CrossRef]

Rumbos C. I., Karapanagiotidis I. T., Mente E., Psoufakis P., Athanassiou C. G. (2020), Evaluation of various commodities for the development of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor*, *Scientific Reports*, 10: 1 – 10.

Rumbos, C.I., Oonincx, D.G.A.B., Karapanagiotidis, I.T., Vrontaki, M., Gourgouta, M., Asimaki, A., Mente, E., & Athanassiou, C.G. (2022)(a). Agricultural by-products from Greece as feed for yellow mealworm larvae: circular economy at a local level. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(1), 9-22. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0044>

Rumbos, C.I.; Bliamplias, D.; Gourgouta, M.; Michail, V.; Athanassiou, C.G.(b). Rearing *Tenebrio molitor* and *Alphitobius diaperinus* Larvae on Seed Cleaning Process Byproducts. *Insects* 2021, 12, 293. <https://doi.org/10.3390/insects12040293>

Schluter, O., Rumpold, B., Holzhauser, T., Roth, A., Vogel, R.F., Quasigroch, W., Vogel, S., Heinz, V., Jager, H., Bandick, N., Kulling, A., Knorr, D., Steinberg, P., Engel, K.H., 2017. Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 61, 1600520. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600520>

Spilman, T.J., 1987. Darkling beetles (Tenebrionidae, Coleoptera). In: Gorham, J.R. (Ed.), Insects and Mite Pests in Food: An Illustrated Key. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook No. 655, Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington, pp. 185–214.

Tschinkel, W. R. 1993. Crowding, maternal age, age at pupation, and life history of *Zophobus atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Ann. Ent. Soc. Amer.* 86: 278–297.

Urs K.C.D. and Hopkins T.L (1973). Effect of moisture on growth rate and development of two strains of *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera, Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research* 8: 291-297 [https://doi.org/10.1016/0022-474x\(73\)90045-3](https://doi.org/10.1016/0022-474x(73)90045-3)

van Broekhoven, S., και άλλοι Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *Journal of Insect Physiology* (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinsphys.2014.12.005>

Van Huis, Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., 711 Vantomme, P., 2013. Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed 712 Security. Food and Agricultural Organisation of the United Nations, Rome, p. 713 201 (Forestry Paper 171).

Zuk-Gołaszewska, K.; Gał ˛ecki, R.; Obremski, K.; Smetana, S.; Figiel, S.; Gołaszewski, J. Edible Insect Farming in the Context of the EU Regulations and Marketing—An Overview. *Insects* 2022, 13, 446. <https://doi.org/10.3390/insects13050446>.

Ελληνική βιβλιογραφία

Ναβροζίδης Ι. Ε. και Ανδρεάδης Σ.Σ (2012) Ειδική Γεωργική Εντομολογία σελ.443-444 ISBN: 9789609551021.