

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ**

**Μελέτη του κανιβαλισμού των νεαρών σταδίων  
του λαβρακιού *Dicentrarchus labrax* (L. 1578)  
σε συνθήκες εκτροφής.  
Επίδραση της πυκνότητας του πληθυσμού και της  
ετερογένειας του μεγέθους**

**Διατριβή Μεταπτυχιακού τίτλου Ειδίκευσης  
Αντιγόνη Χατζηαθανασίου**

**ΗΡΑΚΛΕΙΟ 1999**

## **Εξεταστική Επιτροπή**

### **Επιβλέπων:**

*M. Κεντούρη* (Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Κρήτης)

*N. Τσιμενίδης* (Καθηγητής Πανεπιστημίου Κρήτης)

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος **FAIR CT96-1572**.

*στους γονείς μου, Ανδρέα και Μέλη*

*στον αδελφό μου, Κώστα*

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συγγραφή μιας επιστημονικής μελέτης αποτελεί πάντα ένα δύσκολο εγχείρημα, η επιτυχία του οποίου είναι συνιστάμενη πολλών και διαφορετικών παραγόντων. Πρώτα από όλα, προϋποθέτει την παρουσία των ανθρώπων εκείνων που με την επιστημονική τους κατάρτιση θα καθοδηγήσουν σωστά το νέο ερευνητή σε όλη τη πορεία της εργασίας του. Μετά απαιτεί, περιβάλλον εργασίας που να λειτουργεί και να διέπεται από τις αρχές της αμοιβαίας εμπιστοσύνης, συνεργασίας, και γιατί όχι, της φιλίας μεταξύ των μονάδων που το αποτελούν.

Αισθάνομαι ευτυχής και τυχερή που από την αρχή της ενασχόλησης μου στο εργαστήριο Υδατοκαλλιεργειών του Παν/μίου Κρήτης και του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης μπόρεσα να συναντήσω όλα τα παραπάνω που περιέγραψα. Γι αυτό το λόγο, και με αφορμή την ολοκλήρωση της παρούσας μελέτης νιώθω την υποχρέωση να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε ένα σύνολο ανθρώπων:

- Κατά αρχήν, ευχαριστώ θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια κ. Μαρουδιώ Κεντούρη, για την εμπιστοσύνη που με περιέβαλε, δίνοντας μου την ευκαιρία της σπουδής σε ένα τόσο ενδιαφέρον και συναρπαστικό αντικείμενο. Την ευχαριστώ για την επιστημονική της καθοδήγηση, τις επισημάνσεις και παρατηρήσεις της καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης και συγγραφής της διατριβής. Την ευχαριστώ γενικά, για όλες τις ευκαιρίες που μου έδωσε, για ότι με δίδαξε και για την ηθική συμπαράσταση που πάντα μου δίνει.

- Τον καθηγητή και μέλος της Διμελούς Επιτροπής που αποδέχτηκε την πρόταση να αποτελέσει μέλος της εξεταστικής επιτροπής, καθώς και για τις πολύτιμες επισημάνσεις και παρατηρήσεις του στο σύνολο της μελέτης.

- Στον Dr. Pascal Divanach, διευθυντή του τμήματος Υδατοκαλλιεργειών του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης, οφείλω ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ για την επιστημονική του καθοδήγηση, συμπαράσταση και ενθάρρυνση.

- Στον φίλο και συνεργάτη Dr. Μ. Πασπάτη, για την επίλυση διαφόρων επιστημονικών προβλημάτων και αποριών που προέκυψαν κατά τη πορεία αυτής της εργασίας, καθώς στον επίσης φίλο και συνεργάτη μου Σ. Στεφανάκη, για την πολύτιμη συμμετοχή του στην διεξαγωγή των πειραμάτων.

- Στον Dr. Γ. Κουμουνδούρο, για τις συζητήσεις μας πάνω στο αντικείμενο της μελέτης, για την πολύτιμη βοήθειά του, για το ενδιαφέρον του.

- Στον Dr. Κ. Μπαταργιά και στον Δ. Βάτσο για την αμέριστη ηθική συμπαράστασή τους και την ανεξάντλητη βοήθειά τους.

- Στους φίλους μου και τους συνεργάτες μου. Όλοι στήριξαν αυτή την προσπάθεια, ο καθένας με τον δικό του μοναδικό τρόπο.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
1.1. ΓΕΝΙΚΑ .....	1
1.2. ΚΑΝΝΙΒΑΛΙΣΜΟΣ ΣΤΑ ΨΑΡΙΑ .....	2
1.3. ΣΧΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	4
1.4. ΜΕΛΕΤΟΥΜΕΝΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ .....	5
1.4.1. Συστηματική κατάταξη .....	5
1.4.2. Γεωγραφική κατανομή - Οικολογία .....	6
1.4.3. Συμπεριφορά - Διατροφή - Αναπαραγωγή .....	7
1.5. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΛΑΒΡΑΚΙΟΥ .....	8
<b>2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....</b>	<b>11</b>
2.1. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ .....	11
2.2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ .....	13
2.2.1. Υποδομή .....	13
2.2.2. Προέλευση των αυγών .....	14
2.2.3. Εμβρυακό και λεκιθοφόρο νυμφικό στάδιο .....	15
2.2.4. Ετερότροφο νυμφικό στάδιο .....	16
2.2.5. Μετανυμφικό στάδιο .....	17
2.2.6. Καταμέτρηση νεκρών ατόμων .....	18
2.2.7. Φωτογράφιση δειγμάτων .....	19
2.2.8. Δειγματοληψία ατομικού μήκους - βάρους .....	19
2.2.9. Διαλογή μεγέθους .....	20
2.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	20
<b>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>25</b>

3.1	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΙΧΘΥΟΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΚΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΝΥΜΦΩΝ ΛΑΒΡΑΚΙΟΥ .....	25
3.1.1	Θνησιμότητα .....	25
3.1.2	Ανάπτυξη.....	32
3.1.3	Συμπεριφορά .....	37
3.2.	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΙΧΘΥΟΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΚΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΝΥΜΦΩΝ ΛΑΒΡΑΚΙΟΥ .....	40
3.2.1	Θνησιμότητα .....	40
3.2.2	Ανάπτυξη .....	45
3.2.3	Συμπεριφορά .....	51
3.3	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΚΤΡΟΦΗ ΜΕΤΑΝΥΜΦΩΝ ΛΑΒΡΑΚΙΟΥ .....	53
3.3.1	Θνησιμότητα .....	53
3.3.2	Ανάπτυξη .....	59
3.3.3	Συμπεριφορά .....	65
3.4	ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΚΑΝΙΒΑΛΙΣΜΟΥ .....	67
4.	<b>ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>71</b>
4.1	ΙΧΘΥΟΦΟΡΤΙΣΗ .....	73
4.1.1	Νύμφες .....	73
4.1.2	Μετανύμφες .....	75
4.2	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΣΤΟΝ ΚΑΝΙΒΑΛΙΣΜΟ .....	76
5.	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>80</b>
6.	<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>	<b>81</b>
7.	<b>ABSTRACT.....</b>	<b>83</b>
8	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>84</b>



# **1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

## **1.1. ΓΕΝΙΚΑ**

Οι υδατοκαλλιέργειες σήμερα αποτελούν έναν ταχύτατα αναπτυσσόμενο οικονομικό κλάδο στην παγκόσμια αγορά. Φιλοδοξούν να καλύψουν το σημαντικό έλλειμμα τόσο σε ψάρια όσο και σε μαλάκια, καρκινοειδή και υδρόβια φυτά. Τα παραγόμενα προϊόντα προορίζονται κυρίως για την διατροφή του ανθρώπου αλλά και για την παραγωγή δευτερογενών προϊόντων, όπως ζωοτροφές και φάρμακα.

Οι ιχθυοκαλλιέργειες βρίσκονται σε συνεχή ανάπτυξη τις τελευταίες δεκαετίες. Η πρόοδος του παραγωγικού τομέα της θαλάσσιας ιχθυοκαλλιέργειας είναι φανερή από την αρχή της δεκαετίας που διανύουμε με την παρουσία πάνω από 400 μονάδων παραγωγής τσιπούρας και λαβρακιού σε 11 χώρες. Ένα μεγάλο ποσοστό (15%) των μονάδων είναι αυτόνομες έχοντας την δυνατότητα ελέγχου όλης της παραγωγικής διαδικασίας, από την διαχείριση των γεννητόρων και την αναπαραγωγή, έως την εκτροφή των ιχθυονυμφών και την πάχυνση των ιχθυδίων μέχρι το εμπορεύσιμο μέγεθος.

Η συνολική παραγωγή στην Μεσόγειο το 1993 ήταν σημαντική φτάνοντας τα 110 εκατομμύρια γόνο ψαριών, αποτελούμενο κυρίως από λαβράκι. Η συμμετοχή της Ελληνικής παραγωγής στη συνολική παραγωγή της Ευρώπης και της Μεσογείου σε λαβράκι και τσιπούρα είναι αξιοσημείωτη και ανέρχεται σε 50% (FAO, 1995). Αντιπροσωπεύει δε, το 1% των πωλήσεων και το 5% των καθαρών κερδών του κλάδου της βιομηχανίας τροφίμων στην χώρα μας (Καλλωνιάτης, 1997). Η συμβολή των Ελληνικών Ιχθυοκαλλιεργειών στην εθνική οικονομία δεν περιορίζεται μόνο στην εξαγωγή των προϊόντων αλλά επεκτείνεται και στην παροχή τεχνογνωσίας.

Είναι δεδομένο ότι η εκτροφή των οργανισμών, προϋποθέτει την επέμβαση του ανθρώπου προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη αποδοτικότητα. Όμως η εκτροφή των ειδών κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες δημιουργεί αρκετές δυσκολίες στους οργανισμούς, οι οποίοι υποχρεώνονται να ζήσουν σε τεχνητό περιβάλλον μη προσαρμοσμένο απόλυτα στις βιολογικές ανάγκες και συνήθειές τους. Γι' αυτό η ορθή διαχείριση των εκτρεφόμενων πληθυσμών αποσκοπεί στην γρήγορη ανάπτυξη και την μεγαλύτερη επιβίωση μέσω της γνώσης της βιολογίας των εκτρεφόμενων οργανισμών. Σε αυτά τα πλαίσια ιδιαίτερη μέριμνα δίνεται στη κατάλληλη χορήγηση της τροφής τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά, την προστασία από παθογόνους οργανισμούς και την προσαρμογή των αβιοτικών παραμέτρων στις βιολογικές απαιτήσεις του κάθε είδους και αναπτυξιακού σταδίου.

Στις ιχθυοκαλλιέργειες, τα τελευταία χρόνια επιτεύχθηκαν σημαντικές επιστημονικές εξελίξεις και δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση σε θέματα διατροφής, παθολογίας και τεχνογνωσίας που βελτίωσαν τις συνθήκες εκτροφής των ψαριών πετυχαίνοντας καλλίτερη αύξηση και μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης. Η έρευνα εστιάστηκε εκεί που υπήρχε περισσότερη ανάγκη, δηλαδή στις βιολογικές απαιτήσεις των πρώιμων αναπτυξιακών σταδίων. Η μαζική παραγωγή των ψαριών, επιτεύχθηκε τελικά, μόλις αποκτήθηκε η γνώση των διατροφικών και μεταβολικών αναγκών των πρώτων κρίσιμων αναπτυξιακών σταδίων των ψαριών και αναπτύχθηκε η κατάλληλη τεχνολογική υποστήριξη για την καλλιέργεια τόσο της ζωντανής τροφής όσο και των ιχθυοσυμφών.

Το ενδιαφέρον των Ιχθυοκαλλιεργητών επικεντρώνεται σήμερα, στην αύξηση της παραγωγής με παράλληλη μείωση του οικονομικού κόστους και την διεύρυνση της αγοράς με την εισαγωγή νέων ειδών υψηλής εμπορικής αξίας. Επίσης, με στόχο την μείωση των απωλειών κατά την εκτροφή, αναζητούνται λύσεις σε προβλήματα ποιότητας των παραγόμενων ψαριών (Divanach, 1996). Παράλληλα, αποκτά ολοένα μεγαλύτερη σημασία η γνώση της βιολογίας και της συμπεριφοράς των εκτρεφόμενων ειδών με σκοπό την περαιτέρω εξέλιξη της τεχνογνωσίας που θα ελαχιστοποιήσει τη θνησιμότητα και θα αυξήσει ακόμα περισσότερο τον ρυθμό ανάπτυξης.

## **1.2. ΚΑΝΙΒΑΛΙΣΜΟΣ ΣΤΑ ΨΑΡΙΑ**

Ένας σημαντικός παράγοντας θνησιμότητας, που στο παρελθόν είχε υποεκτιμηθεί, είναι η εκδήλωση επιθετικής συμπεριφοράς και κανιβαλιστικών διαθέσεων ανάμεσα στα μέλη των εκτρεφόμενων πληθυσμών.

Ο κανιβαλισμός είναι ένας τρόπος θήρευσης που παρατηρείται ανάμεσα στα μέλη του ίδιου είδους. Θεωρείται ένα ευρύτατα διαδεδομένο πρότυπο συμπεριφοράς σε πολλές ομάδες του ζωικού βασιλείου (Hecht & Pienaar, 1993) όπως σε είδη ασπονδύλων, πτηνών, ψαριών και θηλαστικών (Elgar & Crespi, 1991).

Στα ψάρια η συμπεριφορά αυτή φαίνεται να αποτελεί κανόνα παρά εξαίρεση και έχει ήδη διαπιστωθεί σε 36 από τις 410 οικογένειες ψαριών. Ο αριθμός αυτός αναμένεται να μεγαλώσει αν μελετηθούν περισσότερο τα πρώιμα αναπτυξιακά στάδια (Dominey & Blumer, 1984 in Hecht & Pienaar, 1993). Οι ίδιοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι ο κανιβαλισμός επιλέγεται κατά κανόνα, σαν ένας εναλλακτικός τρόπος διατροφής, κυρίως από σαρκοφάγες νύμφες και ιχθύδια όταν περιοριστούν τα αποθέματα τροφής τους στο περιβάλλον.

Όμως, θεωρείται πλέον αναγκαία η μελέτη περισσότερων ειδών για να γίνει αποδεκτό σαν γενικό πρότυπο συμπεριφοράς, το φαινόμενο του κανιβαλισμού στα ψάρια. Για παράδειγμα, ο Pienaar (1990, in Hecht & Pienaar, 1993) δεν παρατήρησε ενδείξεις κανιβαλισμού ή επιθετικής συμπεριφοράς

στον κυπρίνο και την τιλάπια. Η απουσία του κανιβαλισμού σε αυτά τα ψάρια μπορεί να σχετίζεται με τις διατροφικές συνήθειες (φυτοφάγα) που εκδηλώνουν στο φυσικό περιβάλλον ή με μορφολογικά χαρακτηριστικά όπως το άνοιγμα και η μορφολογία του στόματος.

Ο όρος στις ιχθυοκαλλιέργειες αναφέρεται συγκεκριμένα στην καταδίωξη, αρπαγή και κατανάλωση τμήματος ή ολόκληρης της λείας (Smith & Ready, 1991). Το έναυσμα αυτού του τύπου συμπεριφοράς αποδίδεται στις ανταγωνιστικές σχέσεις που εκδηλώνονται μεταξύ των μελών του ίδιου είδους και κατατάσσεται στην κατηγορία του ενδοειδικού ανταγωνισμού, για την διαθέσιμη τροφή και χώρο (Sakakura & Tsukamoto, 1996).

Στον κανιβαλισμό, αποδίδεται ένα μεγάλο ποσοστό θνησιμότητας κατά την διάρκεια της εκτροφής. Το ποσοστό αυτό, ανάλογα με το είδος και την ηλικία μπορεί να κυμανθεί από 15-90% (Hecht, 1991). Η έντασή του φαίνεται να αυξάνεται κυρίως στην φάση της εκτροφής κατά την οποία συντελείται η σταδιακή αντικατάσταση της ζωντανής τροφής με βιομηχανική (weaning) και στη φάση της προπάχυνσης των ιχθυδίων.

Κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες εκτροφής, φαινόμενα κανιβαλισμού έχουν παρατηρηθεί τόσο στο λαβράκι (Katavic et al., 1989) όσο και στην τσιπούρα (Goldan et al., 1997). Αναφορές υπάρχουν επίσης και για πολλά άλλα καλλιεργούμενα είδη ψαριών όπως το *Clarias gariepinus* (Hecht & Appelbaum, 1988), *Stizostedion vitreum* (Melhtyre et al., 1978), *Cyprinus carpio* (Van Damme et al., 1989), *Gadus morhua* (Folkvord, 1991), *Seriola quinqueradiata* (Sakakura et al., 1991), *Dentex dentex* (Κουμουνδούρος, 1998).

Οι αιτίες που προκαλούν την εμφάνιση κανιβαλισμού και επιθετικής συμπεριφοράς στα ψάρια δεν έχουν αποσαφηνισθεί πλήρως. Σύμφωνα με την ανασκόπηση των Hecht & Pienaar (1993), οι παράγοντες που εμπλέκονται στην εκδήλωση αυτού του τύπου συμπεριφοράς στα ψάρια μπορούν να καταταγούν σε δύο κύριες κατηγορίες (Hecht & Pienaar, 1993): την γενετική και την συμπεριφορά.

Στην πρώτη κατηγορία ως πρωταρχική αιτία αναφέρεται η διαφορά στο μέγεθος μεταξύ ατόμων της ίδια ηλικιακής κλάσης. Η ανομοιογένεια αυτή, οφείλεται σε γονοτυπικές διαφορές των ατόμων οι οποίες υπαγορεύουν διαφορετικούς ρυθμούς αύξησης στα ψάρια. Παραμένει όμως το ερώτημα κατά πόσο η διαφορά στο μέγεθος είναι αιτία ή αποτέλεσμα της κανιβαλιστικής συμπεριφοράς (Van Damme, 1989).

Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει κυρίως περιβαλλοντικούς παράγοντες οι οποίοι όταν γίνουν περιοριστικοί επηρεάζουν το πρότυπο συμπεριφοράς των ατόμων. Τέτοιοι παράγοντες είναι η διαθεσιμότητα εναλλακτικής λείας, η θρεπτική σύσταση της τροφής, καθώς και η ανεπάρκεια κάλυψης των ενεργειακών απαιτήσεων των ψαριών. Επιπρόσθετα, η πυκνότητα του πληθυσμού, η

διαθεσιμότητα τροφής, η συχνότητα διατροφής, η διαύγεια του νερού, και η ένταση του φωτός έχουν βρεθεί ότι επηρεάζουν τον βαθμό και την έκταση της εκδήλωσης κανιβαλισμού.

Η οικολογική σημασία της εμφάνισης του κανιβαλισμού μπορεί να αποδοθεί σαν ένας μηχανισμός ρύθμισης του πληθυσμού στην φύση (Polis, 1981). Η επιθετική συμπεριφορά δρα περισσότερο σαν μηχανισμός διασποράς των ατόμων ή μπορεί να οδηγεί στην συγκρότηση ομάδων αποτελούμενων από ισομεγέθη άτομα.

Η πληρέστερη ερμηνεία των κινήτρων που ωθούν τα ψάρια να εκδηλώσουν κανιβαλιστικές διαθέσεις προϋποθέτει αφενός μεν κατανόηση της πολυπλοκότητας των αιτιών που τον προκαλούν και αφετέρου την γνώση του γενικότερου προτύπου ανάπτυξης και συμπεριφοράς των ειδών. Η συμπεριφορά ενός οργανισμού, εκδηλώνεται με πολλές μορφές και είναι το αποτέλεσμα του συνόλου των αντιδράσεών του σε ερεθίσματα εξωτερικής και εσωτερικής προέλευσης. Από αυτήν την σκοπιά, η πιθανότητα εμφάνισης και η ένταση κανιβαλισμού σε ψάρια της ίδια ηλικίας εξαρτάται από περιβαλλοντικούς παράγοντες (ποσότητα και τύπος της τροφής, πυκνότητα ατόμων, φως κ.α) και από γενετικούς (διαφορετικός ρυθμός αύξησης).

Για τον έλεγχο του κανιβαλισμού στις ιχθυοκαλλιέργειες και την αντιμετώπιση της θνησιμότητας που προκαλεί, οι παραπάνω γενικές αρχές πρέπει να επανεξεταστούν και επαναπροσδιοριστούν για το κάθε εκτρεφόμενο είδος ξεχωριστά. Πρέπει λοιπόν, να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στην μελέτη της συμπεριφοράς των πρώτων αναπτυξιακών σταδίων των εκτρεφόμενων ψαριών. Η γνώση και η ενσωμάτωση του προτύπου συμπεριφοράς στα πρωτόκολλα εκτροφής θα οδηγήσει στην επίτευξη μεγαλύτερης επιβίωσης, αλλά και σε καλλίτερη αύξηση των ψαριών.

### **1.3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ**

Η παρούσα εργασία έχει σαν στόχο την μελέτη του ενδοπληθυσμιακού ανταγωνισμού με έμφαση στον κανιβαλισμό που αναπτύσσεται στα πρώτα αναπτυξιακά στάδια εκτροφής του λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*), είδος με μεγάλη εμπορική αξία, άρα με μεγάλο ενδιαφέρον για τις ιχθυοκαλλιέργειες.

Αν και η κανιβαλιστική συμπεριφορά του λαβρακιού σε συνθήκες καλλιέργειας προκαλεί μεγάλες απώλειες, οι μελέτες που έχουν γίνει έως σήμερα είναι ελάχιστες. Ο πιθανότερος λόγος αυτής της βιβλιογραφικής έλλειψης είναι ότι το ερευνητικό ενδιαφέρον έχει εστιαστεί κυρίως σε άλλα πρωτεύοντα θέματα όπως η αναπαραγωγή, η διατροφή και η γενικότερη διαχείριση των εκτρεφόμενων ιχθυοπληθυσμών.

Καθώς όμως σήμερα έχει επιτευχθεί ο έλεγχος σε εντατικές συνθήκες εκτροφής τόσο της αναπαραγωγής όσο και της διατροφής του λαβρακιού, από τα αρχικά στάδια ανάπτυξης μέχρι την απόκτηση του εμπορικού μεγέθους, το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην ελαχιστοποίηση των απωλειών κατά την εκτροφή.

Η παρούσα εργασία αποτελεί αυτόνομο τμήμα ενός ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος (FAIR CT96-1572) με θέμα, την ολοκληρωμένη μελέτη του ενδοειδικού ανταγωνισμού στο λαβράκι και την πέρκα (*Perca fluviatillis*). Η μελέτη επικεντρώνεται στην αναζήτηση των σχέσεων που συνδέουν διάφορους παράγοντες του περιβάλλοντος διαβίωσης με τον ενδοειδικό ανταγωνισμό που εκδηλώνεται σε όλα τα στάδια εκτροφής των παραπάνω ειδών.

Συγκεκριμένα, η παρούσα εργασία εστιάζεται στα πρώιμα αναπτυξιακά στάδια του λαβρακιού και προσπαθεί να ερμηνεύσει πως πληθυσμιακές μεταβλητές όπως η πυκνότητα και η ανομοιογένεια του μεγέθους επηρεάζουν τις ενδοειδικές σχέσεις των ατόμων σε συνθήκες εκτροφής. Η μελέτη επικεντρώνεται τόσο στο αντίκτυπο που έχουν οι συγκεκριμένες μεταβλητές στην αύξηση και την επιβίωση όσο και στην περιγραφή της συμπεριφοράς των ατόμων των πειραματικών πληθυσμών.

## **1.4. ΜΕΛΕΤΟΥΜΕΝΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ**

### **1.4.1. Συστηματική κατάταξη**

Λαβράκι είναι το κοινό όνομα του είδους *Dicentrarchus labrax* (Linneus, 1758) και η συστηματική κατάταξή του είναι η ακόλουθη:

Ομοταξία	Osteichthyes	(Οστεϊχθύες)
Υφοομοταξία	Actinopterygii	(Ακτινοπτερύγιοι)
Ομάδα	Neopterygii	(Νεοπτερύγιοι)
Υπέρταξη	Teleostei	(Τελεόστεοι)
Τάξη	Percoidea	(Περκοειδείς)
Οικογένεια	Serranidae	

#### **1.4.2. Γεωγραφική κατανομή - Οικολογία**

Το λαβράκι παρουσιάζει ευρεία εξάπλωση και είναι κοινό παράκτιο είδος της Μεσογείου και του Ατλαντικού ωκεανού. Εκτείνεται από τις ακτές του Μαρόκου έως την Βόρεια και την Βαλτική Θάλασσα. Βρίσκεται σε παράκτιες περιοχές, σε λιμνοθάλασσες και στις εκβολές των ποταμών ενώ, συχνά εισέρχεται σε ποτάμια τα οποία ακολουθεί για πολλά χιλιόμετρα (FAO, 1970). Αν και προτιμά γενικά τις περιοχές κατά μήκος των βραχωδών ζωνών, καταφεύγει σε περιόδους έντονης διαταραχής του νερού σε αμμώδεις περιοχές.

Οι μεταναστευτικές κινήσεις του είδους περιορίζονται μεταξύ της ανοιχτής θάλασσας και των παραθαλάσσιων περιοχών. Με την έναρξη της αναπαραγωγικής περιόδου τα ενήλικα άτομα σχηματίζουν κοπάδια και εγκαταλείπουν τις παραθαλάσσιες περιοχές των λιμνοθαλασσών και των εκβολών με κατεύθυνση την ανοιχτή θάλασσα. Εκεί λαμβάνει χώρα η αναπαραγωγή και η διεξαγωγή των πρώτων αναπτυξιακών σταδίων. Την άνοιξη τα νεαρά ιχθύδια μετακινούνται προς τις ακτές και τις λιμνοθάλασσες όπου παραμένουν μέχρι την γεννητική ωρίμανση (Κλαουδάτος, 1993).

Κατά το στάδιο της μεταμόρφωσης η συμπεριφορά των ψαριών μεταβάλλεται και από πελαγικά γίνονται επιβενθικά. Τότε, μετακινούνται περισσότερο κοντά στον πυθμένα ενώ παράλληλα διατηρούν την ικανότητα να περιπλανούνται παντού για αναζήτηση τροφής. Σε αυτό το στάδιο τα νεαρά ιχθύδια συναθροίζονται και σχηματίζουν το πρώτο κοπάδι.

Τα αναπαραγωγικά ώριμα άτομα εμφανίζονται πάντα κοντά σε παράκτιες βραχώδης περιοχές και στις εκβολές των ποταμών. Η κατά βάθος κατανομή των ενηλίκων φθάνει συνήθως στα 50 m αν και έχουν αλιευθεί και σε βάθος 90 m. Τα αυγά και οι ιχθυονύμφες συγκαταλέγονται στο μεροπλαγκτόν και τα νεαρά ιχθύδια απαντούν στη παραλιακή ζώνη, σε λιμνοθάλασσες και σε εκβολές των ποταμών.

Το λαβράκι δεν δείχνει ιδιαίτερη προτίμηση σε έναν συγκεκριμένο τύπο βυθού. Η παρουσία του είναι συχνή στα θολά και ρυπασμένα (εύτροφα) νερά των εκβολών και των λιμανιών και στα ταραγμένα νερά στα οποία τρέφεται εντονότερα.

Πρόκειται για ένα είδος ευρύοικο που αντέχει σε μεγάλο εύρος περιβαλλοντικών συνθηκών. Για παράδειγμα, τον χειμώνα στις λιμνοθάλασσες επιβιώνει σε θερμοκρασία νερού 5-6 C και το καλοκαίρι σε περιβάλλον που υπερβαίνει τους 27 C. Η ικανότητα διαβίωσης σε ακραία περιβάλλοντα διαπιστώνεται από την παρουσία του τόσο στα γλυκά όσο και στα υπεραλμυρά νερά αλατότητας 90%. Μεγάλη αντοχή παρουσιάζει επίσης στις χαμηλές συγκεντρώσεις του οξυγόνου επιβιώνοντας για μικρή περίοδο 2mg/l ενώ, σε συγκεντρώσεις πάνω από 3mg/l δεν εκδηλώνεται καμία φυσιολογική διαταραχή. Η ανοχή του στους ρυπαντές είναι μεγάλη, αλλά τα νεαρότερα αναπτυξιακά στάδια δείχνουν μεγαλύτερη ευαισθησία (Barnabe, 1990).

### **1.4.3. Συμπεριφορά - Διατροφή - Αναπαραγωγή**

Η συμπεριφορά του λαβρακιού καθορίζεται κυρίως από την διατροφή και την αναπαραγωγή. Με εξαίρεση την αναπαραγωγική περίοδο, κατά την οποία αναζητά σταθερές περιβαλλοντικές συνθήκες θερμοκρασίας και οξυγόνου, το λαβράκι μετακινείται παντού όπου μπορεί να βρει την τροφή του.

Το λαβράκι ανήκει στην κατηγορία των σαρκοφάγων και αρπακτικών ψαριών. Η διατροφή του στη φύση, ποικίλει ανάλογα με την εποχή και την ηλικία και αποτελείται κυρίως σε καρκινοειδή, μικρά κεφαλόπουλα και μικρού μεγέθους ψάρια.. Ενεδρεύει και κυνηγάει την τροφή του την ημέρα και το βράδυ. Τα ενήλικα κυνηγούν ατομικά στο επιφανειακό στρώμα του νερού επιτιθέμενα στην λεία τους από κάτω, αφού πρώτα την επιλέξουν με κύριο κριτήριο τις διαστάσεις της.

Αν και στην οικογένεια Serranidae ο ερμαφροδιτισμός είναι συχνό φαινόμενο το λαβράκι είναι γονοχωριστικό είδος. Τα λαβράκια της Μεσογείου σε αντίθεση με εκείνα του Ατλαντικού, ωριμάζουν νωρίτερα και είναι μικρότερα σε μέγεθος ενώ, σε κάθε περίπτωση, η ωρίμανση των αρσενικών είναι προωμότερη. Η φυσική περίοδος αναπαραγωγής στην Μεσόγειο εκτείνεται από τον Δεκέμβριο έως τον Μάρτιο κατά την οποία κάθε θηλυκό άτομο γεννάει μία φορά. Τα αυγά είναι πελαγικά και αφήνονται στην τύχη τους από τους γονείς τους. Σε ελεγχόμενες συνθήκες εκτροφής η περίοδος αναπαραγωγής μπορεί να επεκταθεί από τον Οκτώβριο μέχρι τον Ιούνιο (Barnabe, 1990).

## **1.5. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΛΑΒΡΑΚΙΟΥ**

Το λαβράκι αποτελεί είδος υψηλής οικονομικής αξίας και μαζί με την τσιπούρα (*Sparus aurata*) είναι ένα από τα ευρύτερα εκτρεφόμενα ψάρια στη Μεσόγειο. Είναι είδος με γρήγορη ανάπτυξη και σταθερή ζήτηση στην αγορά. Γι' αυτόν τον λόγο έχουν μελετηθεί τόσο οι παράμετροι που καθορίζουν την ανάπτυξή του όσο και οι τρόποι εκτροφής του.

Καλλιεργήθηκε επί αιώνες στα valli της Ιταλίας εξαιτίας της αυξημένης παραγωγικότητας που παρουσιάζουν τα εκβολικά οικοσυστήματα. Οι πρώτες προσπάθειες εμπορικής εκμετάλλευσης του λαβρακιού άρχισαν με την συλλογή άγριου γόνου και τη μεταφορά του σε κλειστές μονάδες εκτατικής καλλιέργειας για πάχυνση. Η εντατική εκτροφή του στην Ευρώπη ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 70 στην Γαλλία και η απόδοση των εντατικών συστημάτων εκτροφής επιτεύχθηκε μόλις την δεκαετία του 80.

Σήμερα η εκτροφή των ιχθυονομφών του λαβρακιού συντελείται με δύο βασικές τεχνολογίες, την εκτατική και την εντατική μέθοδο καλλιέργειας. Οι παραπάνω μέθοδοι στηρίζονται στην διατροφή των νεαρών ιχθυονομφών με ζωντανούς πλαγκτονικούς οργανισμούς οι οποίοι είτε αναπτύσσονται στις δεξαμενές καλλιέργειας (εκτατική μέθοδος) είτε καλλιεργούνται μαζικά σε ειδικές εγκαταστάσεις παράλληλα με τα ψάρια (εντατική μέθοδος). Αναλυτική παρουσίαση των μεθόδων εκτροφής από τις καλλιέργειες της ζωντανής τροφής έως το τέλος του νυμφικού σταδίου έχει γίνει από τους Papandroulakis, Kentouri & Divanach (1994).

Σύμφωνα με την παραπάνω ανασκόπηση οι πλαγκτονικοί οργανισμοί που καλλιεργούνται είναι διάφορα είδη μικροφυκών (*Chlorella* sp., *Nanochloropsis* sp., *Tetraselmis suecica*, *Isochrysis galbana* κ.α.), το τροχόζωο *Brachionus plicatilis* και οι ναύπλιοι και μεταναύπλιοι του καρκινοειδούς *Artemia* sp. Η ιχθυοκαλλιέργεια στηρίζεται στον έλεγχο της ζωντανής τροφικής αλυσίδας και η ανάπτυξη των οργανισμών αυτών στηρίζεται στην εξέλιξη των κατάλληλων τεχνολογιών καλλιέργειας.

Οι **φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί** καλλιεργούνται σε μονοκαλλιέργειες που αναπτύσσονται σε μικρούς όγκους (0,2-1m<sup>3</sup>) κάτω από αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες ή σε πολυκαλλιέργειες σε εξωτερικές δεξαμενές μεγάλου όγκου (1-500 m<sup>3</sup>).

Η **καλλιέργεια του τροχόζωου *B. plicatilis*** εξασφαλίζεται με τον έλεγχο του αναπαραγωγικού κύκλου και την ανάπτυξη παρθενογενετικών στελεχών. Η μαζική καλλιέργειά τους μπορεί να διεξαχθεί τόσο σε εξωτερικές όσο και σε εσωτερικές εγκαταστάσεις.

Η **παραγωγή της *Artemia* sp.** περιλαμβάνει την εκκόλαψη των αποκελυφωμένων ή μη κύστεων που διατίθενται στο εμπόριο για την παραγωγή ναυπλίων και μεταναυπλίων μίας ημέρας.

Τόσο τα τροχόζωα όσο και οι μεταναύπλιοι, **εμπλουτίζονται** με βιομηχανικά γαλακτώματα πλούσια σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα και πρωτεΐνες πριν χορηγηθούν στις ιχθυονύμφες.

Η **εκτατική** μέθοδος καλλιέργειας είναι ένα αυτοσυντηρούμενο σύστημα που στηρίζεται στην ανάπτυξη της φυσικής τροφικής αλυσίδας η οποία περιλαμβάνει πολλά τροφικά επίπεδα. Πραγματοποιείται σε τιμεντένιες ή πολυεστερικές δεξαμενές μεγάλης χωρητικότητας (20-100 m<sup>3</sup>) και μπορεί να διακριθεί σε δύο κατηγορίες:

**α.) στη μέθοδο του μεσοκόσμου:** Η διατροφή στηρίζεται στους πλαγκτονικούς οργανισμούς που αναπτύσσονται με φυσικό τρόπο στις δεξαμενές εκτροφής (βλεφαριδωτά, τροχόζωα, πελαγικά κοπήποδα) ενώ οι ιχθυοφόρτιση είναι κατά κανόνα χαμηλή (1-2 ιχθυονύμφες/l). Όταν οι ιχθυονύμφες φτάσουν ένα συγκεκριμένο μέγεθος η διατροφή τους συμπληρώνεται με παροχή ναυπλίων και μεταναυπλίων της *Artemia* sp.



**β.) στην ημι-εκτατική μέθοδο:** Η μέθοδος αυτή προβλέπει την εισαγωγή στις δεξαμενές εκτροφής φυτοπλαγκτού (κυρίως *Chlorella* sp. και *Nanochloropsis* sp.) και τροχοζώων (*Brachionus plicatilis*), συμπληρώνοντας τους πλαγκτονικούς οργανισμούς που έχουν είδη αναπτυχθεί κατά φυσικό τρόπο. Μετά την 30 η ημέρα εκτροφής η διαχείριση του συστήματος γίνεται με τον ίδιο τρόπο όπως στο εντατικό σύστημα.

Η παραγωγικότητα της μεθόδου των μεσοκόσμου είναι δέκα με τριάντα χιλιάδες ιχθύδια ανά 40 m<sup>3</sup> με μέση επιβίωση 30-50% από το στάδιο του αυγού μέχρι την 50 η ημέρα εκτροφής. Με την ημικτατική μέθοδο η παραγωγικότητα ανεβαίνει στα εκατό με εκατό πενήντα χιλιάδες άτομα και μέση επιβίωση 30-40% (Papandroulakis & Kentouri, 1994).

Η **εντατική** μέθοδος καλλιέργειας χαρακτηρίζεται από υψηλή ιχθυοφόρτιση (100-200 ιχθυονύμφες/l) και τον πλήρη έλεγχο των περιβαλλοντικών και διατροφικών παραμέτρων. Διεξάγεται σε κυλινδρικές ή κυλινδροκωνικές δεξαμενές μικρής χωρητικότητας (0,5-10 m<sup>3</sup>) με τρεχούμενο ή ανακυκλούμενο νερό και παροχή εξωγενούς ζωντανής τροφής (*B. plicatilis*, *Artemia* sp.) σε τακτά χρονικά διαστήματα. Η μέθοδος αυτή μπορεί να διακριθεί σε τρεις βασικές κατηγορίες ανάλογα με την ποσότητα και το πρωτόκολλο εισαγωγής φυτοπλαγκτού στις δεξαμενές εκτροφής:

**α.) στην τεχνολογία του καθαρού νερού:** Χαρακτηριστικό γνώρισμα της τεχνολογίας αυτής είναι η συνεχής εισαγωγή ζωντανής τροφής χωρίς πρόσθεση φυτοπλαγκτού. Το λαβράκι καλλιεργείται κυρίως με αυτήν την μέθοδο γιατί δίνει τα καλλίτερα αποτελέσματα όσον αφορά την ποιότητα και την επιβίωση. Η μέση επιβίωση ανέρχεται σε 50% την 60 η ημέρα εκτροφής ενώ το μέσο ατομικό βάρος φτάνει τα 100-150 mg.

**β.) στην τεχνολογία του πράσινου νερού:** Η παλαιότερη από τις τρεις μεθόδους, χαρακτηρίζεται από αρχικό εμβολιασμό με μεγάλη ποσότητα φυτοπλαγκτού, καθημερινή πρόσθεση τροχοζώων και παρουσία υψηλής έντασης φωτός με σκοπό την δημιουργία ενός οικολογικά ευνοϊκού περιβάλλοντος για τις ιχθυονύμφες. Με αυτό το σύστημα η αρχική ιχθυοφόρτιση περιορίζεται σε 30-50 ιχθυονύμφες/l.

**γ.) στην τεχνολογία του ψευδοπράσινου νερού:** Η μεθοδολογία αυτή έχει αναπτυχθεί πρόσφατα και χαρακτηρίζεται από την καθημερινή πρόσθεση μικρής ποσότητας φυτοπλαγκτού (0.5-5%), συνεχή παροχή τροχοζώων κάτω από συνθήκες χαμηλής έντασης φωτισμό.

## **2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

### **2.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**

Για την μελέτη του κανιβαλισμού του λαβρακιού σχεδιάστηκαν τρία πειράματα, ένα για το νυμφικό και δύο για το μετανυμφικό στάδιο εκτροφής. Κατά το νυμφικό στάδιο εκτροφής εξετάστηκε η επίδραση της ιχθυοφόρτισης στην επιβίωση, ανάπτυξη και συμπεριφορά των ιχθυονυμφών (νύμφες). Κατά το μετανυμφικό στάδιο εκτροφής, κατά το οποίο συντελείται η διαδικασία της σταδιακής αποκοπής των ιχθυονυμφών από τους πλαγκτονικούς οργανισμούς (μετανύμφες), εξετάστηκαν σε δύο χωριστά πειράματα η επίδραση της ιχθυοφόρτισης και η επίδραση της ετερογένειας του μεγέθους στην επιβίωση, ανάπτυξη και συμπεριφορά των ιχθυδίων.

#### **Πείραμα 1**

##### **Επίδραση της ιχθυοφόρτισης στην εκτροφή νυμφών λαβρακιού.**

Δοκιμάστηκαν τέσσερις διαφορετικές ιχθυοφορτίσεις:

1. **Συνθήκη A:** 50 νύμφες / 1
2. **Συνθήκη B:** 100 νύμφες / 1
3. **Συνθήκη C:** 150 νύμφες / 1
4. **Συνθήκη D:** 200 νύμφες / 1

- Κάθε συνθήκη δοκιμάστηκε εις τριπλούν.
- Η καλλιέργεια έγινε κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και φωτισμού, με νερό από την παράκτια περιοχή σε κλειστό κύκλωμα, σε πειραματικές κυλινδρικών δεξαμενές των 50 l. Η διατροφή των ψαριών γινόταν με ζωοπλαγκτονικούς οργανισμούς *Brachionous plicatilis* και *Artemia* που χορηγούνταν 4-6 φορές την ημέρα.
- Η διάρκεια του πειράματος ήταν 30 ημέρες, με αρχή του την πρώτη ημέρα διατροφής των νυμφών.
- Η καταγραφή του ατομικού μήκους και βάρους γινόταν την 1<sup>η</sup>, 10<sup>η</sup>, 20<sup>η</sup> και την 30<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος σε δείγμα 30 νηστικών ατόμων ανά δεξαμενή.

## Πείραμα 2

### **Επίδραση της αρχικής ιχθυοφόρτισης στην εκτροφή μετανυμφών λαβρακιού.**

Δοκιμάστηκαν τέσσερις διαφορετικές ιχθυοφορτίσεις:

1. **Συνθήκη A:** 5 νύμφες / 1
2. **Συνθήκη B:** 10 νύμφες / 1
3. **Συνθήκη C:** 15 νύμφες / 1
4. **Συνθήκη D:** 20 νύμφες / 1

- Κάθε συνθήκη δοκιμάστηκε εις τριπλούν.
- Η καλλιέργεια έγινε κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και φωτισμού, με νερό από την παράκτια περιοχή σε ανοιχτό κύκλωμα, σε πειραματικές κυλινδρoκωνικές δεξαμενές των 50 l. Η διατροφή των ψαριών στην αρχή γινόταν μόνο με *Artemia* και στην συνέχεια ακολουθούσε σταδιακή αντικατάστασή της με βιομηχανική τροφή.
- Η διάρκεια του πειράματος ήταν 20 ημέρες.
- Η καταγραφή του ατομικού μήκους και βάρους γινόταν την 1<sup>η</sup>, 10<sup>η</sup> και την 20<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος σε νηστικά άτομα. Για να μην επηρεαστούν τα αποτελέσματα του πειράματος από την συχνή αφαίρεση ψαριών για την δειγματοληψία, το μέγεθος του δείγματος ανά δεξαμενή καθορίστηκε να είναι το 10% του αρχικού πληθυσμού και ήταν 30, 60, 75 και 100 ψάρια αντίστοιχα για κάθε ιχθυοφόρτιση.

## Πείραμα 3

### **Επίδραση της ετερογένειας του μεγέθους στην εκτροφή μετανυμφών λαβρακιού.**

Εξετάστηκαν τρεις διαφορετικές καταστάσεις ετερογένειας :

1. **Συνθήκη E:** Φυσική ετερογένεια.
2. **Συνθήκη Hi:** Ελάχιστη ετερογένεια: στην αρχή του πειράματος αφαιρέθηκαν τα πολύ μεγάλα και τα πολύ μικρά άτομα
3. **Συνθήκη Hch:** Διατήρηση της ομοιογένειας: Τα πολύ μεγάλα και πολύ μικρά άτομα αφαιρέθηκαν στην αρχή του πειράματος και κατά την διάρκειά του σε τακτά χρονικά διαστήματα (8<sup>η</sup>, 15<sup>η</sup> και την 23<sup>η</sup> ημέρα).

- Κάθε συνθήκη δοκιμάστηκε εις τριπλούν.
- Η καλλιέργεια έγινε κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και φωτισμού, με νερό από την παράκτια περιοχή σε ανοιχτό κύκλωμα, σε πειραματικές κυλινδρoκωνικές δεξαμενές των 50 l. Η διατροφή των ψαριών στην αρχή γινόταν μόνο με *Artemia* και στην συνέχεια ακολουθούσε σταδιακή αντικατάστασή της με βιομηχανική τροφή.
- Η διάρκεια του πειράματος ήταν 23 ημέρες.

- Η καταγραφή του ατομικού μήκους και βάρους γινόταν την 1η, την 9η, την 16η και την 23 ημέρα του πειράματος σε νηστικά άτομα. Το μέγεθος του δείγματος ανά δεξαμενή καθορίστηκε να είναι το 10% του αρχικού πληθυσμού (50 ψάρια / δεξαμενή).

### **Καταγραφόμενοι παράμετροι**

Οι καταγραφόμενοι παράμετροι ήταν :

1. Φυσικοχημικοί παράμετροι.
  - Θερμοκρασία (καθημερινά με Handy Mk II, Oxy Guard)
  - Συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στο νερό (καθημερινά με Handy Mk II, Oxy Guard)
  - pH (καθημερινά με Consort C925)
  - Ένταση φωτισμού (με Bioblock LX-101)
2. Συνολικός αριθμός νυμφών σε κάθε δεξαμενή στην αρχή και το τέλος του πειράματος.
3. Θνησιμότητα.
  - Καθημερινή καταγραφή του αριθμού των νεκρών.
  - Αιτιολόγηση της παρατηρούμενης θνησιμότητας με καταγραφή τυχών δυσπλασιών ή μορφολογικών προβλημάτων ή σημαδιών που να δηλώνουν ότι ο θάνατος προκλήθηκε από κανιβαλιστικές επιθέσεις και φωτογραφική αποτύπωσή τους.
4. Καταγραφή ατομικού μήκους και βάρους των ψαριών κάθε 7 ή 10 ημέρες.
5. Καθημερινή παρατήρηση ζωντανών ατόμων και φωτογραφική αποτύπωση δυσπλασιών ή ιχνών χαρακτηριστικών κανιβαλιστικών επιθέσεων.
6. Καθημερινή καταγραφή της χορηγούμενης ποσότητας τροφής.
7. Παρατήρηση κατά την διάρκεια της ημέρας (πριν και μετά την χορήγηση τροφής) ως προς την συμπεριφορά των νυμφών στους διάφορους πειραματικούς πληθυσμούς (κατανομή, επιθετικότητα, τροφοληψία κ.α).

## **2.2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ**

### **2.2.1. Υποδομή**

Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στις ειδικά διαμορφωμένες εσωτερικές πειραματικές εγκαταστάσεις του ΙΘΑΒΙΚ κάτω από αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και φωτισμού.

Για την εκτροφή των ιχθυοσυμφών χρησιμοποιήθηκαν μαύρες κυλινδρικές, πολυεστερικές δεξαμενές χωρητικότητας 50 l. Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 15 δεξαμενές οι οποίες ήταν οργανωμένες σε τριάδες. Κάθε τριάδα διέθετε ειδικό σκέπαστρο με εξωτερική μαύρη και εσωτερική λευκή επιφάνεια και έναν λαμπτήρα (διαφανή, 40 Watt) με δυνατότητα ρύθμισης της έντασης του φωτός και της διάρκειας της φωτοπεριόδου.

Η ανανέωση του νερού σε κάθε δεξαμενή γινόταν από πάνω με σωλήνα παροχής νερού ο οποίος συνδεόταν με το σύστημα άντλησης νερού από την παράκτια περιοχή αφού προηγουμένως περνούσε από φίλτρο άμμου. Η ανακύκλωση του νερού σε κάθε δεξαμενή γινόταν μέσω ενός συστήματος σωλήνων με την παροχή αέρα και νερού (air lift) το οποίο επέτρεπε την ικανοποιητική και ελεγχόμενη ροή του από τον πυθμένα προς την επιφάνεια στις δεξαμενές. Η απορροή του νερού γινόταν μέσω ενός υπο-επιφανειακού μακρόστενου κυλινδρικού φίλτρου (άνοιγμα ματιού 500 ή 1000 μm) που τοποθετούνταν στο κέντρο της δεξαμενής σε απόσταση 10 cm από τον πυθμένα της.

Κάθε δεξαμενή ήταν εφοδιασμένη με παροχή αέρα η οποία γινόταν μέσω ξύλινου διαχυτή από το κέντρο του πυθμένα της και με έναν συλλέκτη απομάκρυνσης του επιφανειακού φιλμ (λιπαρό επιφανειακό στρώμα) που εμποδίζει την πλήρωση της νηκτικής κύστης με αέρα.

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας του νερού στα επιθυμητά επίπεδα γινόταν με ρύθμιση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος χώρου με κατάλληλο κλιματιστικό μηχάνημα..

Πριν την έναρξη των πειραμάτων όλες οι δεξαμενές, τα εξαρτήματά τους καθώς και όλα τα βοηθητικά σκεύη απολυμάνθηκαν με πυκνό διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου. Αφέθηκαν να στεγνώσουν για μερικές μέρες και στη συνέχεια ξεπλύθηκαν καλά με άφθονο νερό.

Στη συνέχεια ακολούθησε το γέμισμα των δεξαμενών με θαλασσινό νερό. Το νερό που χρησιμοποιήθηκε αντλήθηκε από την παράκτια περιοχή και περνούσε αρχικά από μία δεξαμενή αποκορεσμού του από τα αέρια η οποία περιείχε υπόστρωμα πολυαιθυλενίου το οποίο λειτουργούσε σαν βασικό βιολογικό φίλτρο. Στη συνέχεια το νερό πριν διοχετευθεί στις δεξαμενές περνούσε από φίλτρο άμμου.

### **2.2.2. Προέλευση των αυγών**

Τα αυγά που χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα μελέτη προήλθαν από το απόθεμα των γεννητόρων του ΙΘΑΒΙΚ. Το απόθεμα αποτελούνταν από άτομα που συλλέχθηκαν από το φυσικό περιβάλλον και συντηρήθηκαν σε δεξαμενές χωρητικότητας 10 m<sup>3</sup> σε φυσικές συνθήκες φωτοπεριόδου και θερμοκρασίας. Η διατροφή τους γινόταν με βιομηχανική ξηρή τροφή και δύο φορές την εβδομάδα με κατεψυγμένα ψάρια ή καλαμάρια . Τα αυγά συλλέχθηκαν μετά από αυθόρμητη ωοτοκία από την υπερχειλίση της δεξαμενής σε άλλη μικρότερη (250 l) η οποία ήταν εφοδιασμένη με το κατάλληλο πλαγκτονικό δίκτυο (άνοιγμα ματιού 350 μm).

### **2.2.3. Εμβρυακό και λεκιθοφόρο νυμφικό στάδιο**

Μετά την συλλογή τους τα αυγά τοποθετήθηκαν σε ογκομετρημένο δοχείο (10 l) αφού προηγουμένως απομακρύνθηκαν τα νεκρά. Στη συνέχεια έγινε η εκτίμηση του αριθμού τους μετά από ήπια ανάδευση και δειγματοληψία με γυάλινες ογκομετρημένες πιπέτες (10 ml). Η ποιότητά τους (ποσοστά νεκρών, ανώμαλων αυγών κ.α.) και το αναπτυξιακό στάδιο καθορίστηκαν με παρατήρησή τους σε οπτικό στερεοσκόπιο (Olympus).

Η επώαση των αυγών έγινε στις δεξαμενές εκτροφής των ιχθυονυμφών. Πριν την τοποθέτησή τους στις δεξαμενές προηγήθηκε εγκλιματισμός τους στη θερμοκρασία του νερού επώασης. Στην συνέχεια ο επιθυμητός αριθμός των αυγών για επώαση ανά δεξαμενή εκτιμήθηκε από το υγρό βάρος των αυγών χρησιμοποιώντας αναλυτικό ζυγό (Mettler AJ 100 με ακρίβεια 0.0001 g) αφού απομακρύνθηκε προσεκτικά το νερό με απορροφητικό χαρτί. Για να αποφευχθεί διαφυγή των αυγών και των λεκιθοφόρων νυμφών τοποθετήθηκε στην έξοδο του νερού πλαγκτονικό δίχτυ με άνοιγμα ματιού 350  $\mu\text{m}$ .

Το εμβρυακό και λεκιθοφόρο στάδιο συντελέστηκε σε απόλυτο σκοτάδι, με χαμηλό αερισμό και μικρή παροχή του νερού. Η παροχή του αέρα ήταν περίπου 200 ml αέρα  $\text{min}^{-1}$  κατά το εμβρυακό στάδιο και 100 ml αέρα  $\text{min}^{-1}$  κατά το λεκιθοφόρο στάδιο και η διάμετρο των φυσαλίδων περίπου 100-200  $\mu\text{m}$ . Ο μέσος ωριαίος ρυθμός ανανέωσης κατά το εμβρυακό στάδιο ήταν περίπου 30% και με την έναρξη του λεκιθοφόρου σταδίου μειώθηκε σε 15%.

Ο κορεσμός του νερού σε  $\text{O}_2$  ήταν πάντα πάνω από 90%.

Ο συνεχής έλεγχος της παροχής του αερισμού και του νερού είναι ιδιαίτερα σημαντικός σε αυτά τα αναπτυξιακά στάδια. Εκτός από τον ρόλο τους στην οξυγόνωση του νερού και την απομάκρυνση των προϊόντων του μεταβολισμού και των προϊόντων που σχηματίζονται μετά την εκκόλαση των αυγών παίζουν σημαντικό ρόλο στην σωστή διατήρηση των αυγών και νυμφών στην στήλη του νερού, την αποφυγή σχηματισμού σμηνών εξαιτίας της παθητικής κίνησής τους, και την αποφυγή δημιουργίας στροβίλων και υψηλής ταχύτητας ρευμάτων στις δεξαμενές.

Κατά την διάρκεια των ευαίσθητων αυτών αναπτυξιακών σταδίων οι χειρισμοί ήταν ήπιοι και περιορίζονταν στους απολύτως απαραίτητους, περιελάμβαναν δε εκτός από τον έλεγχο των φυσικοχημικών παραμέτρων, τον καθαρισμό του πυθμένα των δεξαμενών από τα νεκρά αυγά αμέσως μετά την εκκόλαση και τον καθαρισμό από τα νεκρά άτομα τις ημέρες εκείνες που προηγούνται του χρωματισμού των οφθαλμών των νυμφών.

#### **2.2.4. Ετερότροφο νυμφικό στάδιο**

Με το τέλος του λεκιθοφόρου σταδίου η ανανέωση του νερού σταμάτησε και άρχισε η ανακύκλωσή του με αντλία air lift. Αρχικά ο μέσος ωριαίος ρυθμός ανακύκλωσης ήταν περίπου 5 % ενώ κατά την διάρκεια της εκτροφής αυξανόταν σταδιακά φτάνοντας σε ποσοστό 40%.

Ο αερισμός παρέμεινε ήπιος κατά την διάρκεια της εκτροφής εξασφαλίζοντας την ομοιογενή κατανομή της ζωντανής τροφής στο μέσο καλλιέργειας και την αποφυγή δημιουργίας συσσωματωμάτων της στην επιφάνεια.

Η έναρξη του ετερότροφου σταδίου σηματοδότησε την σταδιακή αύξηση του φωτός σε 5 lux την πρώτη ημέρα διατροφής και η φωτοπερίοδο ρυθμίστηκε σε 14 ώρες φως/ημέρα από τις 8 το πρωί έως τις 10 το βράδυ. Η ένταση του φωτός αυξήθηκε σταδιακά φτάνοντας έως 100 lux στο τέλος του πειράματος. Ο κορεσμός του νερού σε O<sub>2</sub> διατηρήθηκε πάνω από 90% σε όλη την διάρκεια της εκτροφής.

Η πλήρωση της νηκτικής κύστης με αέρα διασφαλίστηκε με την λειτουργία της συσκευής καθαρισμού της επιφάνειας η οποία τοποθετήθηκε από την 2η ημέρα διατροφής. Η λειτουργία της συσκευής στηρίζεται στην δημιουργία ρεύματος στην επιφάνεια των δεξαμενών. Τις πρώτες ημέρες διατροφής οι ιχθυονύμφες έλκονται προς την επιφάνεια από το φως και την τροφή τους και υπάρχει κίνδυνος αν τα ρεύματα είναι ισχυρά να παρασυρθούν και να εγκλωβιστούν στην συσκευή. Για αυτό τον λόγο η απομάκρυνση του λιπιδιακού στρώματος τις πρώτες ημέρες γινόταν και με την βοήθεια διαφανών πλαστικών λωρίδων πολυαιθυλενίου και η συσκευή τέθηκε εκτός λειτουργίας κατά την διάρκεια της τροφοληψίας.

Η διατροφή των νυμφών τις δύο πρώτες ημέρες έγινε αποκλειστικά με εμπλουτισμένα τροχόζωα. Το στέλεχος που χρησιμοποιήθηκε ήταν το *Brachionus plicatilis* μέσου μεγέθους 220 μm, που καλλιεργείται στο ΙΘΑΒΙΚ και εμπλουτίζονταν με γαλακτώματα πλούσια σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα και πρωτεΐνες (Selco, Artemia Systems S.A., Belgium).

Στην συνέχεια στην διατροφή τους προστέθηκαν νεοεκκολαφθέντες ναύπλιοι Artemia A0 μεγέθους 480 μm (EG, Artemia Systems S.A., Belgium). Προοδευτικά η χορηγούμενη ποσότητα των τροχοζώων μειωνόταν και η ποσότητα της A0 αυξάνονταν.

Όταν σταμάτησε η χορήγηση τροχοζώων, η διατροφή των νυμφών συμπληρώθηκε με εμπλουτισμένους (Selco, Artemia Systems S.A., Belgium) ναύπλιους Artemia A1 μίας ημέρας, οι οποίοι προοδευτικά αντικατέστησαν τους A0.

Κριτήριο για την διαδοχή χορήγησης των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών και την ποσότητα της τροφής ήταν το μήκος των νυμφών που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο άνοιγμα στόματος που επιτρέπει την κατανάλωση των ναυπλίων. Η χορήγηση της A1 γινόταν με ιδιαίτερη προσοχή σε τακτά

χρονικά διαστήματα και σε ποσότητες σύμφωνα με την ζήτηση των νυμφών έτσι ώστε να μην συσσωρεύονται στο μέσο καλλιέργειας και να χάνουν την θρεπτική τους αξία.

Η πρώτη χορήγηση της τροφής γινόταν νωρίς το πρωί, αμέσως μετά το άναμμα του φωτός στις δεξαμενές και η τελευταία στις 18.00 μμ.

Καθημερινά το πρωί γινόταν έλεγχος των φυσικοχημικών παραμέτρων, της παροχής του νερού και ρυθμισή του ανάλογα με τις απαιτήσεις των νυμφών.

Ο καθαρισμός των δεξαμενών και η απομάκρυνση των νεκρών ατόμων από αυτές γινόταν σε τακτικά χρονικά διαστήματα κάθε 2-4 ημέρες το μεσημέρι. Οι χειρισμοί πραγματοποιούνταν κατά προτίμηση μετά την χορήγηση της τροφής όπου οι νύμφες είχαν μετακινηθεί προς την επιφάνεια της δεξαμενής.

### **2.2.5. Μετανυμφικό στάδιο - Ιχθύδια**

Τα ιχθύδια προήλθαν από πληθυσμούς που καλλιεργήθηκαν με την μέθοδο που περιγράφηκε για τα νυμφικό στάδιο και είχαν αρχικό μήκος περίπου 17 mm. Αλιεύθηκαν από τις δεξαμενές με μαλακό δίχτυ και αφού αναισθητοποιήθηκαν με Ethylenoglycol monophenylether (0.3 ml ανά 1 θαλασσινού νερού) έγινε διαλογή των ατόμων με λειτουργική νηκτική κύστη. Η επιλογή αυτή έγινε με τοποθέτηση των ιχθυδίων για λίγα δευτερόλεπτα μέσα σε νερό υψηλής περιεκτικότητας χλωριούχου νατρίου αλατότητας 60%. Με αυτόν τον τρόπο τα άτομα με λειτουργική νηκτική κύστη επέπλεαν και διαχωρίζονταν από αυτά που στερούνταν νηκτική κύστης. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε μία δεξαμενή (500 l) όπου αφέθηκαν να εγκλιματιστούν στις νέες συνθήκες για 3 ημέρες.

Για την δημιουργία των πειραματικών πληθυσμών τα ιχθύδια μετρήθηκαν ένα ένα και τα ψάρια τοποθετήθηκαν στις ίδιες πειραματικές δεξαμενές των 50 l που χρησιμοποιήθηκαν και για το νυμφικό στάδιο. Για να αποφευχθεί η διαφυγή των ιχθυδίων τοποθετήθηκε φίλτρο απορροής με άνοιγμα ματιού 500 μm.

Η παροχή του αέρα ήταν περίπου 200 ml αέρα min<sup>-1</sup>. Ο ωριαίος ρυθμός ανανέωσης και ανακύκλωσης του νερού ρυθμίστηκε ανάλογα με τις απαιτήσεις των ιχθυδίων από 50% στην αρχή έως 80% προς το τέλος του πειράματος.

Η ένταση του φωτός αυξήθηκε σταδιακά από 50 σε 100 lux στο τέλος του πειράματος ενώ η φωτοπερίοδος ρυθμίστηκε σε 14 ώρες φως/ημέρα από τις 8 το πρωί έως τις 10 το βράδυ.

Αρχικά την διατροφή των ιχθυδίων αποτελούσαν μόνο εμπλουτισμένοι ναύπλιοι Artemia A1. Η αποκοπή από την ζωντανή τροφή πραγματοποιήθηκε με χορήγηση βιομηχανικής ξηρής τροφής (Lanzy A2, Lanzy W3, Artemia Systems S.A., Belgium) και την σταδιακή μείωση της A1. Η διανομή της βιομηχανικής τροφής γινόταν με αυτόματες μηχανικές ταιστρες για 13 ώρες την ημέρα από τις 8 το πρωί έως τις 9 το βράδυ.



Η χορηγούμενη ποσότητα της βιομηχανικής τροφής στην αρχή ήταν μικρή (περίπου 25 mg /20 min /δεξαμενή ) και η διανομή της προγραμματίστηκε πριν την διανομή της ζωντανής τροφής όταν οι νύμφες ήταν πεινασμένες και ήταν εύκολο να αποδεχτούν την νέα τροφή. Στη συνέχεια της εκτροφής η ποσότητα της χορηγούμενης βιομηχανικής τροφής ρυθμίστηκε ανάλογα με το μέγεθος και τις απαιτήσεις των ιχθυδίων.

Κατά την διάρκεια του πειράματος γινόταν καθημερινός έλεγχος των φυσικοχημικών παραμέτρων, έλεγχος και ρύθμιση της παροχής του νερού, καθαρισμός του πυθμένα των δεξαμενών και καταμέτρηση των νεκρών ατόμων.

Δινόταν ιδιαίτερη προσοχή στον έλεγχο της παροχής του προκειμένου να καλυφθούν οι απαιτήσεις των ψαριών σε οξυγόνο και έτσι ο κορεσμός του νερού σε O<sub>2</sub> διατηρήθηκε πάντα πάνω από 80%.

Ιδιαίτερη έμφαση δινόταν και στον καθημερινό καθαρισμό των δεξαμενών για την απομάκρυνση της οργανικής ύλης (περιττώματα, υπολείμματα τροφών) που συσσωρεύονταν στον πυθμένα και την αποφυγή πρόκλησης επιδημικών ασθενειών στους πληθυσμούς των ψαριών.

#### **2.2.6. Καταμέτρηση νεκρών ατόμων**

Ο καθαρισμός του πυθμένα των δεξαμενών γινόταν με ειδικές μαλακές πολυεστερικές κατασκευές όμοιες με μικρό επίπεδο φτυάρι αφού πρώτα κλείνονταν ο αερισμός και η παροχή του νερού. Με προσεκτικούς χειρισμούς ο πυθμένας καθαρίζονταν και τα νεκρά άτομα συλλέγονταν από τον κόνο της δεξαμενής σε ένα δοχείο (2 l) και μετά σε ένα επίπεδο δίκτυ με άνοιγμα ματιού 360 μm για τις νύμφες και 500-1000 μm για τα ιχθύδια. Στην συνέχεια ακολουθούσε ήπιο ξέπλυμα με καθαρό νερό για να απομακρυνθούν τα περιττώματα και οι παντός είδους ακαθαρσίες και να παραμείνουν όσο το δυνατό μόνο τα νεκρά άτομα

Κάθε δείγμα τοποθετούνταν σε μικρό δοχείο (250 ml) και εξετάζονταν σε στερεοσκόπιο (Olympus). Εκεί γινόταν η καταμέτρηση των νεκρών και της κατάστασης κάθε ατόμου. Οι παρατηρήσεις αφορούσαν τυχόν μορφολογικά προβλήματα και δυσπλασίες των ατόμων και την διάκριση σημαδιών που να υποδεικνύουν κανιβαλιστικές επιθέσεις.

Έτσι καθημερινά συμπληρώνονταν ο αναλυτικός πίνακας των νεκρών, καταγράφονταν όλα τα παραπάνω στοιχεία και γινόταν φωτογραφική αποτύπωση των διαφορετικών προβλημάτων που εμφανίζονταν στα νεκρά άτομα.

#### **2.2.7. Φωτογράφιση δειγμάτων**

Η φωτογραφική αποτύπωση των νεκρών ατόμων αλλά και των χαρακτηριστικών ζωντανών ατόμων γινόταν σε στερεοσκόπιο Olympus SZH με φωτογραφική μηχανή Olympus Om-4 Ti σε συνθήκες προσπίπτοντος και διερχόμενου φωτισμού.

Τα άτομα φωτογραφήθηκαν σε κάτοψη και η αναισθητοποίηση των ζωντανών ατόμων γινόταν με Ethylenoglycol monophenylether, 0.2-0.5 ml l<sup>-1</sup>.

### **2.2.8. Δειγματοληψία ατομικού μήκους - βάρους**

Η δειγματοληψία για την καταγραφή του ατομικού μήκους και βάρους των ψαριών γινόταν νωρίς το πρωί πριν την χορήγηση της τροφής. Για να είναι το δείγμα αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού επιδιωκόταν η κατανομή των ψαριών στις δεξαμενές καλλιέργειας να είναι όσο το δυνατόν πιο ομοιογενής. Για αυτό το λόγο ο όγκος του νερού των δεξαμενών μειώνονταν (περίπου στο 1/3) με τη χρήση σιφονιού που τοποθετούνταν μέσα στο φίλτρο απορροής της δεξαμενής.

Στη συνέχεια ακολουθούσε δειγματοληψία των ατόμων (30-100 άτομα) από κάθε δεξαμενή και τα ψάρια τοποθετούνταν ζωντανά σε δοχείο με νερό καλλιέργειας (250 ml για τις νύμφες, 1l για τα ιχθύδια).

Τα άτομα ήταν νηστικά και μεταφέρονταν στο εργαστήριο όπου γίνονταν οι μετρήσεις μήκους-βάρους. Κάθε άτομο απομακρύνονταν με πλαστική πιπέτα από το δείγμα και τοποθετούνταν σε τριβλίο στο οπτικό στερεοσκόπιο (Olympus) όπου γινόταν η μέτρηση του ολικού μήκους (TL) με ακρίβεια 0.01 mm για τις νύμφες και 0.1 mm για τα ιχθύδια .

Συγχρόνως γινόταν και άλλες παρατηρήσεις που αφορούσαν την λειτουργικότητα της νηκτικής κύστης και την παρουσία τυχόν μορφολογικών δυσπλασιών. Στη συνέχεια γινόταν η μέτρηση του ατομικού βάρους των νυμφών σε αναλυτικό ζυγό (Mettler AT 201) με ακρίβεια 0.01 mg και των ιχθυδίων σε ζυγό (Mettler AJ 100) με ακρίβεια 0.1 mg αφού πρώτα απομακρυνόταν προσεκτικά το νερό με απορροφητικό χαρτί.

Για όλες τις παραπάνω μετρήσεις τα άτομα αναισθητοποιούνταν με διάλυμα Ethylenoglycol monophenylether (0.2 ml l<sup>-1</sup> για τις νύμφες και 0.5 ml l<sup>-1</sup> για τα ιχθύδια).

### **2.2.9. Διαλογή μεγέθους**

Η διαλογή μεγέθους των ιχθυδίων έγινε για το πείραμα ετερογένειας του μεγέθους του πληθυσμού.

Τα ιχθύδια προήλθαν από πληθυσμούς που καλλιεργήθηκαν με την μέθοδο που περιγράφηκε για τα νυμφικό στάδιο, αλιεύθηκαν από τις δεξαμενές με μαλακό δίχτυ και διαχωρίστηκαν σε δύο πληθυσμούς. Στον πρώτο διατηρήθηκε η ετερογένεια του μεγέθους και στον δεύτερο έγινε διαλογή.

Οι πληθυσμοί τοποθετήθηκαν σε δύο δεξαμενές (500 l) και προτού χρησιμοποιηθούν για το πείραμα αφέθηκαν να εγκλιματιστούν στις νέες συνθήκες για 1 ημέρα

Η διαλογή έγινε με το μάτι με τοποθέτηση λίγων ατόμων (20-30) σε λευκό πλαστικό δίσκο βάθους 5 cm. Εύκολα και γρήγορα γινόταν η απομάκρυνση των πολύ μεγάλων και πολύ μικρών ατόμων. Την επόμενη ημέρα δεν παρατηρήθηκε θνησιμότητα των ψαριών στην δεξαμενή εγκλιματισμού.

Για την δημιουργία των πειραματικών πληθυσμών τα ιχθύδια μετρήθηκαν ένα ένα και τα ψάρια τοποθετήθηκαν στις πειραματικές δεξαμενές των 50 l.

Η ίδια διαδικασία διατηρήθηκε και στη διαλογή που γινόταν στους πειραματικούς πληθυσμούς κατά την διάρκεια του πειράματος. Σε κάθε πειραματική δεξαμενή πρώτα μειώνονταν η στάθμη του νερού με σιφόνι που τοποθετούνταν στο φίλτρο απορροής. Λίγα άτομα (20-30) συλλέγονταν με μαλακό δίχτυ, γινόταν η διαλογή και τα ψάρια τοποθετούνταν προσωρινά σε άλλη δεξαμενή με παροχή οξυγόνου. Τα ψάρια επανατοποθετούνταν στη δεξαμενή αφού πρώτα καθαριζόταν με μαλακιά σκούπα και γεμίζονταν με νερό έως τη μέση. Τα πολύ μικρά και τα πολύ μεγάλα άτομα που αφαιρούνταν από τον πληθυσμό συντηρούνταν σε φωσφορικό ρυθμιστικό διάλυμα φορμαλίνης 5%.

## **2.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

### **Υπολογισμός της επιβίωσης**

#### **1. Παρατηρούμενη επιβίωση (% So)**

Για να υπολογιστεί η επιβίωση έπρεπε να συνυπολογιστεί η αφαίρεση ατόμων εξαιτίας της δειγματοληψίας. Γι' αυτό το λόγο υπολογίστηκε η τελική παρατηρούμενη επιβίωση So σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$So = (n_1/n_0 * n_2/n_{11} * n_3/n_{22}) * 100$$

$n_1/n_0$ : αντιπροσωπεύει την επιβίωση (So1) κατά την πρώτη περίοδο του πειράματος από την πρώτη έως την δεύτερη δειγματοληψία με:

$n_0$ : αρχικός αριθμός ατόμων

$n_1$ :  $n_0 - d_1$ , με  $d_1$  ο αριθμός των νεκρών ατόμων της πρώτης περιόδου

$n_2/n_{11}$ : αντιπροσωπεύει την επιβίωση (So2) κατά την δεύτερη περίοδο του πειράματος από την δεύτερη δειγματοληψία έως την τρίτη δειγματοληψία με:

$n_{11}$ :  $n_1 - s_1$ , με  $s_1$  τα άτομα που αφαιρέθηκαν από τον πληθυσμό με την δειγματοληψία της πρώτης περιόδου

$n_2$ :  $n_{11} - d_2$ , με  $d_2$  ο αριθμός των νεκρών ατόμων της δεύτερης περιόδου

$n_3/n_{22}$ : αντιπροσωπεύει την επιβίωση ( $S_3$ ) κατά την τρίτη περίοδο του πειράματος από την τρίτη δειγματοληψία έως την τελική δειγματοληψία με:

$n_{22}$ :  $n_2 - s_2$ , με  $s_2$  τα άτομα που αφαιρέθηκαν από τον πληθυσμό με την δειγματοληψία της δεύτερης περιόδου

$n_3$ :  $n_{22} - d_3$ , με  $d_3$  ο αριθμός των νεκρών ατόμων της τρίτης περιόδου

Η παρατηρούμενη επιβίωση υπολογίστηκε τόσο για την συνολική περίοδο του πειράματος εκφράζοντας την τελική επιβίωση:

$$S_0 = (n_1/n_0 * n_2/n_{11} * n_3/n_{22}) * 100$$

όσο και για κάθε διάστημα μεταξύ δύο δειγματοληψιών του πειράματος, εκφράζοντας την επιβίωση για κάθε μία από τις τρεις περιόδους των πειραμάτων χωριστά:

α. Από την αρχή του πειράματος έως την δεύτερη δειγματοληψία:

$$S_{01} = (n_1/n_0) * 100$$

β. Από την δεύτερη δειγματοληψία έως την τρίτη δειγματοληψία:

$$S_{02} = (n_2/n_{11}) * 100$$

γ. Από την τρίτη έως την τελική δειγματοληψία:

$$S_{03} = (n_3/n_{22}) * 100$$

## 2. Διορθωτική επιβίωση ( $S_c$ )

Σε όλα τα πειράματα υπήρξε ένας αριθμός νεκρών ψαριών που χαρακτηρίστηκαν σαν “χαμένα” (**ND**) γιατί δεν βρέθηκαν στο τέλος των πειραμάτων. Για να συνυπολογιστούν στην θνησιμότητα και αυτά τα άτομα υπολογίστηκε η διορθωτική επιβίωση ( $S_c$ ) (μόνο στις περιπτώσεις που η θνησιμότητά τους δεν αποδόθηκε σε κανιβαλισμό). Υπολογίστηκε με τον ίδιο τύπο με τον οποίο εκφράστηκε η παρατηρούμενη επιβίωση αφού όμως πρώτα τα “χαμένα” άτομα κατανεμήθηκαν στα νεκρά άτομα κάθε περιόδου σε σχέση με το ποσοστό θνησιμότητας που καταγράφηκε από την τακτική καταμέτρηση των νεκρών ατόμων κατά την διάρκεια του πειράματος.

Η διορθωτική επιβίωση υπολογίστηκε για την συνολική διάρκεια του πειράματος και για κάθε περίοδο του πειράματος όπως και η παρατηρούμενη επιβίωση αφού πρώτα έγιναν οι απαραίτητες διορθώσεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

## 3. Γενική τελική επιβίωση ( $S_g$ ) και γενική τελική διορθωτική επιβίωση ( $S_{gc}$ )

Τέλος, η τελική γενική επιβίωση ( $S_g$ ) υπολογίστηκε από τον αρχικό και τον τελικό αριθμό των ατόμων αφαιρώντας από τον αρχικό πληθυσμό τα άτομα που απομακρύνθηκαν με τις δειγματοληψίες..

Η τελική γενική επιβίωση ( $S_g$ ) υπολογίστηκε σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$S_g = (n_f / n_o - s) * 100$$

$n_o$ : αρχικός αριθμός ατόμων

$n_f$ : τελικός αριθμός των ατόμων που καταμετρήθηκαν στο τέλος του πειράματος.

$s$ : συνολικός αριθμός ατόμων που αφαιρέθηκε με την δειγματοληψία

Στο τρίτο πείραμα “**Επίδραση της ετερογένειας του μεγέθους στην εκτροφή μετανυμφών λαβρακιού**” ο παραπάνω τύπος προσαρμόστηκε συνυπολογίζοντας εκτός από την δειγματοληψία και τα συνολικά άτομα που αφαιρέθηκαν με την διαλογή. Έτσι, η  $S_g$  για τους τρεις πληθυσμούς στους οποίους γινόταν διαλογή σε μέγεθος κατά την διάρκεια του πειράματος (Διατήρηση της ομοιογένειας), ο μαθηματικός τύπος που χρησιμοποιήθηκε ήταν:

$$S_g = (n_f / n_o - s - se) * 100$$

$n_o$ : αρχικός αριθμός ατόμων

$n_f$ : τελικός αριθμός των ατόμων που καταμετρήθηκαν στο τέλος του πειράματος.

$s$ : συνολικός αριθμός ατόμων που αφαιρέθηκε με την δειγματοληψία

$se$ : συνολικός αριθμός ατόμων που αφαιρέθηκε με την διαλογή

Για καλλίτερη σύγκριση της τελικής γενικής επιβίωσης μεταξύ του πληθυσμού στον οποίο γινόταν διαλογή κατά την διάρκεια του πειράματος (συνθήκη Διατήρησης της ομοιογένειας) και των πληθυσμών (Φυσική ετερογένεια, Ελάχιστη ομοιογένεια) στους οποίους δεν υπήρξε αυτή η επέμβαση υπολογίστηκε η διορθωτική γενική επιβίωση ( $S_{gc}$ ). Για τα άτομα που αφαιρέθηκαν με την διαλογή υπολογίστηκε με βάση την ημερήσια παρατηρούμενη θνησιμότητα το ποσοστό θνησιμότητας των ατόμων αυτών. Το υπόλοιπο ποσοστό των ατόμων προστέθηκε στον τελικό αριθμό των ψαριών που επιβίωσαν στο τέλος του πειράματος. Η εξίσωση της επιβίωσης για τους τρεις πληθυσμούς της συνθήκης “Διατήρησης της ομοιογένειας” διαμορφώθηκε σύμφωνα με τα παραπάνω ως εξής:

$$S_{gc} = ((n_f + n_{se}) / (n_o - s)) * 100$$

$n_o$ : αρχικός αριθμός ατόμων

$n_f$ : τελικός αριθμός των ατόμων που καταμετρήθηκαν στο τέλος του πειράματος.

$s$ : συνολικός αριθμός ατόμων που αφαιρέθηκε με την δειγματοληψία

$n_{se}$ : συνολικός αριθμός ατόμων που πρέπει να προστεθούν στην γενική επιβίωση και τα οποία αν δεν είχαν αφαιρεθεί με την διαλογή θα επιζούσαν στο τέλος του πειράματος.

## Υπολογισμός του ποσοστού της παρατηρούμενης ημερήσιας θνησιμότητας

Η ημερήσια θνησιμότητα που καταγράφηκε κατά την διάρκεια του πειράματος προέκυψε από την καταμέτρηση των νεκρών ατόμων και εκφράστηκε σαν το ποσοστό των νεκρών σε σχέση με τον αρχικό αριθμό των ζωντανών ατόμων του κάθε πληθυσμού.

Τα “χαμένα” άτομα (ND) συνυπολογίστηκαν μόνο στις περιπτώσεις που η θνησιμότητά τους δεν αποδόθηκε σε κανιβαλισμό αφού πρώτα κατανεμήθηκαν ανάλογα με το ποσοστό των παρατηρούμενων νεκρών ατόμων.

Τέλος, σε κάθε πείραμα για κάθε καλλιέργεια υπολογίστηκαν:

### **1. Το ποσοστό χαμένων (%ND) ατόμων ανά καλλιέργεια.**

$$\% \text{ ND} = (n_d / (n_r - s)) * 100$$

$n_d$ : αριθμός χαμένων ατόμων

$n_r$ : τελικός αριθμός των ατόμων που καταμετρήθηκαν στο τέλος του πειράματος.

$s$ : συνολικός αριθμός ατόμων που αφαιρέθηκε με την δειγματοληψία

### **2. Ο συντελεστής μεταβλητότητας του βάρους (%CV).**

$$\text{CV} = (\text{SD} / \text{M}) * 100$$

$\text{M}$ : Μέση τιμή του ατομικού βάρους

$\text{SD}$ : Τυπική απόκλιση

### **3. Ο Σχετικός (%RGR) και ο Ειδικός ρυθμός αύξησης (%SGR) του βάρους των ατόμων.**

$$\text{RGR} = 100 * (\text{Pf} - \text{Pi}) / \text{Pi}$$

$$\text{SGR} = 100 * (\ln \text{Pf} - \ln \text{Pi}) / t$$

$\text{Pf}$ ,  $\text{Pi}$ : Τελικό μέσο ατομικό βάρος και αρχικό μέσο ατομικό βάρος

$t$ : Ημέρες

## Στατιστική ανάλυση

### **A. Ανάλυση Διασποράς (ANOVA)**

Η σύγκριση των μέσων τιμών της επιβίωσης, και της ανάπτυξης των πληθυσμών έγινε με την μέθοδο της Ανάλυσης της Διασποράς για έναν παράγοντα (One way Anova).

### **B. Συγκρίσεις Επιμέρους πληθυσμών (Multiple Range Tests)**

Σε όσες περιπτώσεις η ANOVA έδειξε διαφορές μεταξύ των πληθυσμών έγιναν εκ των υστέρων έλεγχοι (a posteriori έλεγχοι) για να εντοπιστεί ανάμεσα σε ποιους υπάρχει η διαφορά και αν κάποιοι από αυτούς μπορούν να ομαδοποιηθούν. Ο στατιστικός αυτός έλεγχος πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο των επιμέρους συγκρίσεων των πληθυσμών του Tukey. Η μέθοδος αυτή θεωρείται συντηρητική και εντοπίζει μόνο πολύ έντονες διαφορές.

Η στατιστική ανάλυση έγινε σε επίπεδο σημαντικότητας 1 και 5%.

### **Γ. Απλή παλινδρόμηση (Simple Regression)**

Χρησιμοποιήθηκε για την εύρεση του ρυθμού ανάπτυξης των ιχθυονυμφών στις διαφορετικές καλλιέργειες και συνθήκες των πειραμάτων και για την σύγκριση του ρυθμού ανάπτυξης των νυμφών τόσο μεταξύ των επαναλήψεων κάθε συνθήκης όσο και ανάμεσα στις πειραματικές συνθήκες.

## **3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

### **3.1. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΙΧΘΥΟΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΚΤΡΟΦΗ ΝΥΜΦΩΝ ΛΑΒΡΑΚΙΟΥ**

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα του πειράματος για κάθε μία από τις τέσσερις συνθήκες (**A:** 50 ιχθυονύμφες/l, **B:** 100 ιχθυονύμφες/l, **C:** 150 ιχθυονύμφες/l, **D:** 200 ιχθυονύμφες/l).

#### **3.1.1. Θνησιμότητα**

Η εξέλιξη της ημερήσιας θνησιμότητας για κάθε συνθήκη του πειράματος παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.

Η θνησιμότητα από την επώαση μέχρι το τέλος του αυτότροφου σταδίου των ιχθυονυμφών κυμάνθηκε από 0.4 μέχρι 0.6 %.

Τις πρώτες πέντε ημέρες διατροφής στους πληθυσμούς με χαμηλή ιχθυοπυκνότητα το ποσοστό έφτασε στο  $8.1 \pm 3.2\%$  και  $4 \pm 1\%$  για τις συνθήκες A και B αντίστοιχα. Για τους πληθυσμούς με μεγάλες ιχθυοπυκνότητες το ποσοστό ήταν μικρότερο,  $2.9 \pm 0.6\%$  και  $1.7 \pm 0.2\%$  για τις συνθήκες C και D αντίστοιχα.

Από την έκτη ημέρα διατροφής η θνησιμότητα αυξάνεται καθημερινά σε όλες τις συνθήκες φτάνοντας την ένατη ημέρα στη μεγαλύτερη τιμή της  $15.2 \pm 2.1\%$ ,  $18.7 \pm 2.7\%$ ,  $15.2 \pm 0.9\%$  και  $14.3 \pm 1.6\%$  για τις τέσσερις ιχθυοπυκνότητες αντίστοιχα. Από την επόμενη ημέρα το ποσοστό μειώνεται δραστικά φτάνοντας την 17<sup>η</sup> ημέρα εκτροφής κάτω από 1% .

Για την εκτίμηση της τελικής επιβίωση των πληθυσμών (30η ημέρα εκτροφής) υπολογίστηκε η γενική επιβίωση (Sg) όπως προκύπτει από τον αρχικό και τελικό αριθμό των ψαριών, η παρατηρούμενη επιβίωση (So) που προκύπτει από την τακτική καταμέτρηση των νεκρών και συνυπολογίζει την αφαίρεση των ατόμων με την δειγματοληψία και η διορθωτική επιβίωση (Sc) η οποία συνυπολογίζει επιπλέον τα “χαμένα” άτομα.

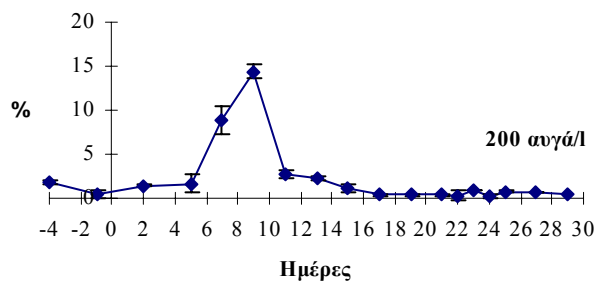
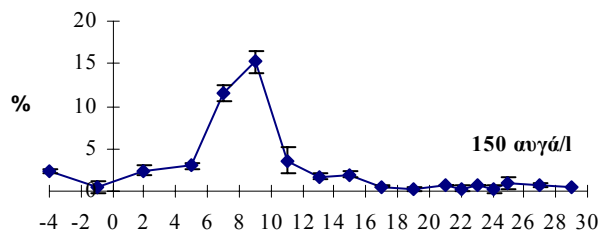
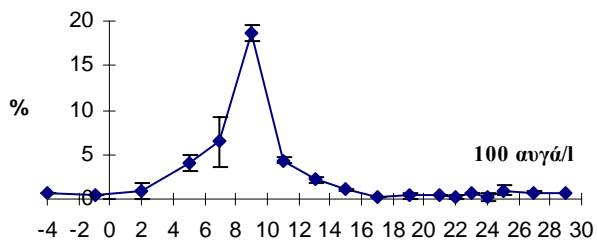
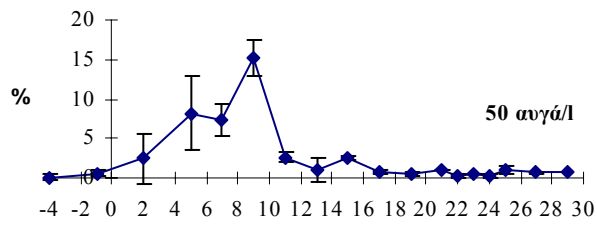
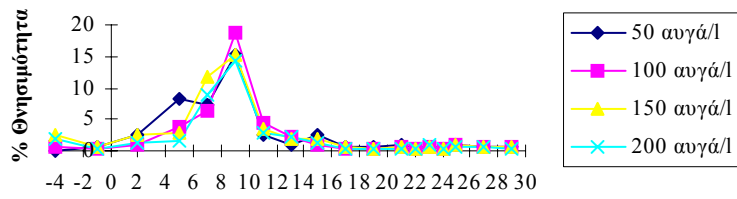
Η ανάλυση διασποράς (ANOVA) δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές της τελικής επιβίωσης (Sg, So, Sc) μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών (Πίνακας 2).



**Πίνακας 1.** Αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων του πρώτου πειράματος: **Επίδραση της αρχικής ιχθυοφόρτισης στην εκτροφή νυμφών λαβρακιού.**

Για κάθε συνθήκη (ιχθυοφόρτιση) του πειράματος παρουσιάζονται οι μέσοι όροι κάθε επανάληψης (1,2,3) και ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση για κάθε συνθήκη.

Πείραμα 1	Συνθήκη A: 50 αυγά/l					Συνθήκη B: 100 αυγά/l					Συνθήκη C: 150 αυγά/l					Συνθήκη D: 200 αυγά/l				
	1	2	3	Μέσος	SD	1	2	3	Μέσος	SD	1	2	3	Μέσος	SD	1	2	3	Μέσος	SD
Αρχικός αριθμός (Ni)	2770	2860	2810	<b>2813</b>	<b>45</b>	5580	5620	5550	<b>5583</b>	<b>35</b>	8310	8300	8300	<b>8303</b>	<b>6</b>	10990	11010	11160	<b>11053</b>	<b>93</b>
Τελικός αριθμός (Nf)	1410	1013	1008	<b>1143</b>	<b>231</b>	2506	2701	2739	<b>2649</b>	<b>125</b>	4139	3662	3460	<b>3754</b>	<b>349</b>	5425	5968	6713	<b>6035</b>	<b>647</b>
Τελική Παρατηρούμενη Επιβίωση So (%)	62,9	48,9	49,2	<b>53,68</b>	<b>8,01</b>	53,7	57,2	58,0	<b>56,31</b>	<b>2,27</b>	56,8	51,6	49,5	<b>52,63</b>	<b>3,75</b>	55,7	60,6	65,8	<b>60,71</b>	<b>5,05</b>
Τελική Διορθωτική Επιβίωση Sc (%)	58,9	42,9	43,1	<b>48,32</b>	<b>9,19</b>	48,7	51,9	53,3	<b>51,31</b>	<b>2,35</b>	52,5	46,7	44,2	<b>47,80</b>	<b>4,25</b>	51,3	56,2	62,2	<b>56,57</b>	<b>5,43</b>
Αριθμός Χαμένων (ND)	108	167	164	<b>146</b>	<b>33,23</b>	276	296	256	<b>276</b>	<b>20,00</b>	355	402	434	<b>397</b>	<b>39,74</b>	478	480	404	<b>454</b>	<b>43,31</b>
% “Χαμένα” άτομα D (%)	4,27	6,37	6,38	<b>5,67</b>	<b>1,22</b>	5,17	5,50	4,82	<b>5,16</b>	<b>0,34</b>	4,40	4,99	5,38	<b>4,92</b>	<b>0,50</b>	4,45	4,46	3,70	<b>4,20</b>	<b>0,43</b>
Τελική Γενική Επιβίωση Sg (%)	55,7	38,7	39,2	<b>44,53</b>	<b>9,70</b>	46,9	50,2	51,6	<b>49,57</b>	<b>2,38</b>	51,3	45,4	42,9	<b>46,55</b>	<b>4,29</b>	50,5	55,4	61,5	<b>55,78</b>	<b>5,52</b>
Αρχικό Βάρος Pi (mg)	0,45	0,45	0,45	<b>0,45</b>	<b>0,00</b>	0,45	0,45	0,45	<b>0,45</b>	<b>0,00</b>	0,45	0,45	0,45	<b>0,45</b>	<b>0,00</b>	0,45	0,45	0,45	<b>0,45</b>	<b>0,00</b>
Τελικό Βάρος Pf (mg)	5,99	6,49	6,15	<b>6,21</b>	<b>0,26</b>	6,21	5,99	6,47	<b>6,22</b>	<b>0,24</b>	5,36	6,33	5,64	<b>5,77</b>	<b>0,50</b>	6,72	5,85	4,98	<b>5,85</b>	<b>0,87</b>
Αρχικό μήκος Li (mm)	5,12	5,12	5,12	<b>5,12</b>	<b>0,00</b>	5,12	5,12	5,12	<b>5,12</b>	<b>0,00</b>	5,12	5,12	5,12	<b>5,12</b>	<b>0,00</b>	5,12	5,12	5,12	<b>5,12</b>	<b>0,00</b>
Τελικό μήκος Lf (mm)	11,85	12,23	12,00	<b>12,03</b>	<b>0,19</b>	11,95	11,88	12,41	<b>12,08</b>	<b>0,29</b>	11,45	12,12	11,95	<b>11,84</b>	<b>0,35</b>	12,58	11,66	11,37	<b>11,87</b>	<b>0,63</b>
Αρχ. Συντ. Μεταβλητότητας του βάρους Cvi	15,6	15,56	15,56	<b>15,56</b>	<b>0,00</b>	15,56	15,56	15,56	<b>15,56</b>	<b>0,00</b>	15,56	15,56	15,56	<b>15,56</b>	<b>0,00</b>	15,56	15,56	15,56	<b>15,56</b>	<b>0,00</b>
Τελ. Συντ. Μεταβλητότητας του βάρους Cvf	48,49	39,76	49,46	<b>45,90</b>	<b>5,34</b>	49,85	44,02	43,19	<b>45,68</b>	<b>3,63</b>	43,66	39,50	27,56	<b>36,90</b>	<b>8,36</b>	25,99	41,82	42,55	<b>36,78</b>	<b>9,35</b>
CV αναλογία (Cvf/Cvi)	3,12	2,56	3,18	<b>2,95</b>	<b>0,34</b>	3,20	2,83	2,78	<b>2,94</b>	<b>0,23</b>	2,81	2,54	1,77	<b>2,37</b>	<b>0,54</b>	1,67	2,69	2,73	<b>2,36</b>	<b>0,60</b>
Σχετικός ρυθμός αύξησης (RGR %)	1231	1342	1268	<b>1280</b>	<b>57</b>	1281	1230	1339	<b>1283</b>	<b>54</b>	1090	1306	1152	<b>1182</b>	<b>111</b>	1394	1199	1007	<b>1200</b>	<b>193</b>
Ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR%d-1)	8,63	8,90	8,72	<b>8,75</b>	<b>0,14</b>	8,75	8,63	8,89	<b>8,76</b>	<b>0,13</b>	8,26	8,81	8,43	<b>8,50</b>	<b>0,28</b>	9,01	8,55	8,02	<b>8,53</b>	<b>0,50</b>

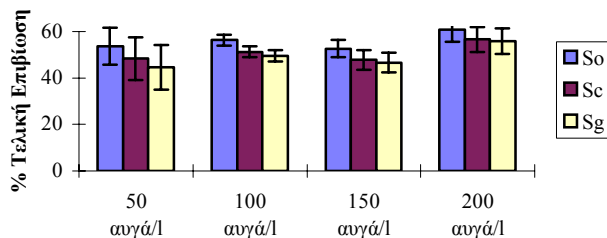


**Εικόνα 1.** Εξέλιξη της ημερήσιας θνησιμότητας για τις τέσσερις συνθήκες του πειράματος. Ημέρες :-4 έως -1 επώαση και αυτότροφο στάδιο εκτροφής. Ημέρα 0: πρώτη ημέρα διατροφής.

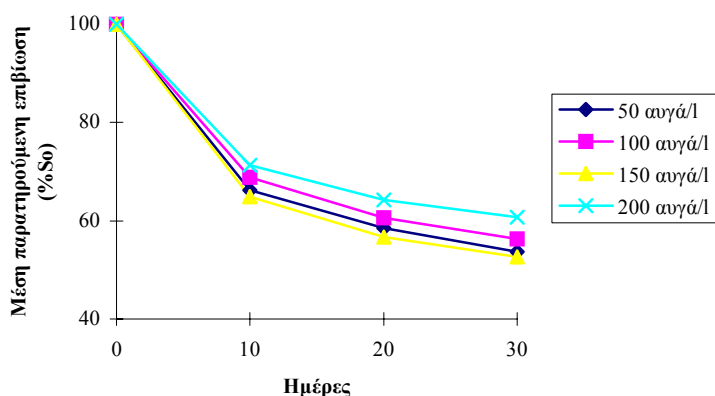
**Πίνακας 2.** Σύγκριση της τελικής επιβίωσης (So, Sc, Sg) μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών του πειράματος με ανάλυση διασποράς (ANOVA) .

Πηγή μεταβλητότητας	Βαθμοί ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	F	p
Τελική επιβίωση So (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	3	116,707	1,429	0,304
Τελική επιβίωση Sc (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	3	145,823	1,411	0,309
Τελική επιβίωση Sg (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	3	217,137	1,953	0,200

Η γενική τελική επιβίωση (Sg) κυμάνθηκε από 39% μέχρι 62% με μέση τιμή για όλες τις συνθήκες  $49.1 \pm 6.7\%$ , η διορθωτική επιβίωση (Sc) κυμάνθηκε από 43% μέχρι 62% με μέση τιμή  $51.0 \pm 6.2\%$  ενώ η παρατηρούμενη επιβίωση (So) κυμάνθηκε από 49% μέχρι 66% με μέση τιμή  $55.8 \pm 5.5\%$ . Στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται η επιβίωση στο τέλος του πειράματος για κάθε συνθήκη και στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται η εξέλιξη της μέσης παρατηρούμενης επιβίωσης για κάθε συνθήκη κατά την διάρκεια του πειράματος.



**Εικόνα 2.** Μέση τελική παρατηρούμενη επιβίωση (So), μέση τελική διορθωτική επιβίωση (Sc), μέση τελική γενική επιβίωση (Sg) και η τυπική απόκλιση των τριών επαναλήψεων για κάθε συνθήκη του πειράματος.



**Εικόνα 3.** Μέση παρατηρούμενη επιβίωση ( $S_o$ ) κατά την νυμφική καλλιέργεια του λαβρακιού για τις τέσσερις πειραματικές ιχθυοπυκνότητες.

Η επιβίωση ( $S_o$ ,  $S_c$ ) υπολογίστηκε επιπλέον και χωριστά για τις τρεις περιόδους του πειράματος. Η πρώτη περίοδος (Π1) είχε διάρκεια από την πρώτη έως την δεύτερη δειγματοληψία (ημέρα 1 έως 10), η δεύτερη (Π2) από την δεύτερη έως την τρίτη δειγματοληψία (ημέρα 11 έως 20) και η τρίτη (Π3) από την τρίτη έως την τελική δειγματοληψία (ημέρα 21 έως 30).

Η ανάλυση διασποράς (ANOVA) δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές της μέσης επιβίωσης μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών για τις ίδιες περιόδους (Πίνακας 3). Αντίθετα, στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση τιμή της επιβίωσης παρατηρήθηκαν με ανάλυση διασποράς μεταξύ των τριών περιόδων του πειράματος (Πίνακας 4). Οι διαφορές αυτές εντοπίστηκαν (Tukey) μεταξύ της πρώτης περιόδου με το χαμηλότερο μέσο ποσοστό επιβίωσης και τις άλλες δύο ( $p < 0.01$ ).

**Πίνακας 3.** Σύγκριση της επιβίωσης ( $S_o$ ,  $S_c$ ) κάθε αντίστοιχης περιόδου (Π1, Π2, Π3) του πειράματος μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών με ανάλυση διασποράς (ANOVA).

Πηγή μεταβλητότητας	Βαθμοί ελευθερίας	Άθροισμα τετραγώνων	F	p
<b>Περίοδος Π1:</b>				
Ημέρα 1 έως 10	$S_o$ 3	72,626	1,442	0,301
(Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	$S_c$ 3	88,250	1,307	0,337
<b>Περίοδος Π2:</b>				
Ημέρα 11 έως 20	$S_o$ 3	13,156	0,381	0,769

(Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	Sc 3	18,917	0,388	0,765
--------------------------------	------	--------	-------	-------

---

**Περίοδος Π3:**

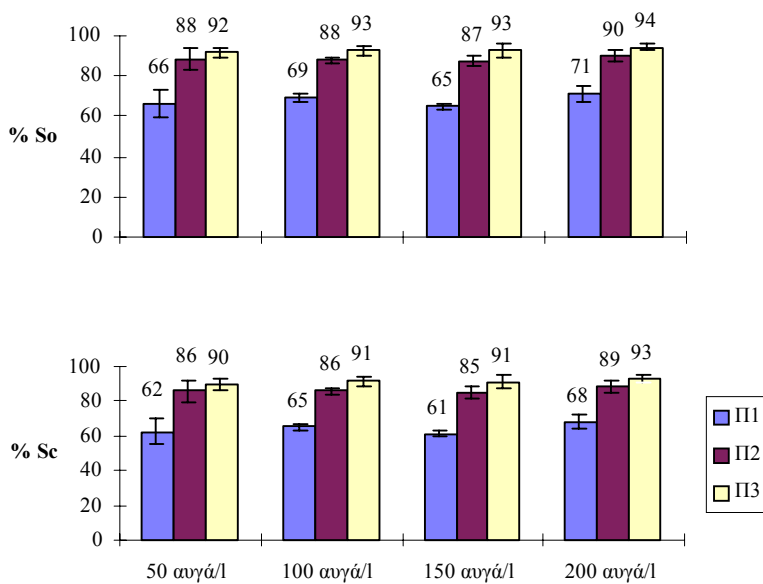
Ημέρα 21 έως 30	So 3	11,204	0,581	0,644
(Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	Sc 3	20,250	0,723	0,566

---

**Πίνακας 4.** Σύγκριση της επιβίωσης (So, Sc) στις τρεις περιόδους του πειράματος (Π1, Π2, Π3) με ανάλυση διασποράς (ANOVA) .

Πηγή μεταβλητότητας	Βαθμοί ελευθερίας τετραγώνων	Άθροισμα	F	p
Επιβίωση So (Μεταξύ των τριών περιόδων)	2	4212,167	174,37	0,0001
Επιβίωση Sg (Μεταξύ των τριών περιόδων)	2	5040,667	162,417	0,0001

Στο διάστημα των πρώτων δέκα ημερών (Π1) εμφανίστηκε το χαμηλότερο ποσοστό επιβίωσης σε όλες τις ιχθυοπυκνότητες (Εικόνα 4). Η περίοδος αυτή είναι η πιο κρίσιμη. Χαρακτηρίζεται από την έναρξη της εξωγενούς θρέψης, την σταδιακή εξάντληση των λιπιδικών αποθεμάτων και την πλήρωση της νηκτικής κύστης των ιχθυονυμφών με αέρα. Η αύξηση της θνησιμότητας από την πέμπτη έως την ένατη ημέρα οφείλεται στην μαζική θνησιμότητα των αδύναμων ατόμων, ανίκανων να τραφούν επιτυχώς μετά την εξάντληση των ενεργειακών αποθεμάτων τους.



**Εικόνα 4.** Μέση παρατηρούμενη επιβίωση (So), μέση διορθωτική επιβίωση (Sc) και τυπική απόκλιση των τριών επαναλήψεων κάθε συνθήκης για κάθε μία από τις τρεις περιόδους του πειράματος. **Π1:** Ημέρα 1 έως 10, **Π2:** Ημέρα 11 έως 20, **Π3:** Ημέρα 21 έως 30.

Με την έναρξη του ετερότροφου σταδίου διατροφής τα λεκιθικά αποθέματα είχαν πλήρως εξαντληθεί και η σταγόνα λιπιδίων παρείχε θρεπτική υποστήριξη για τις πρώτες κρίσιμες ημέρες της εξωγενούς διατροφής. Τα λιπιδικά αποθέματα καταναλώθηκαν γρήγορα τις πρώτες πέντε ημέρες δίνοντας την απαραίτητη ενέργεια στις νεαρές νύμφες για την αναζήτηση και θήρευση της λείας τους. Την πρώτη ημέρα διατροφής, η σταγόνα λιπιδίων είχε διάμετρο  $0.21 \pm 0.04$  mm, την πέμπτη ημέρα μειώθηκε κατά 50% ( $0.08 \pm 0.03$  mm), δύο ημέρες μετά έφτασε τα  $0.04 \pm 0.01$  mm ενώ την 10η ένα μικρό ποσοστό ατόμων (5-10%) είχε ελάχιστα αποθέματα ( $0.02 \pm 0.01$  mm).

Η παρατήρηση των νεκρών ατόμων (**Φωτ.1**) που συλλέγονταν από τις δεξαμενές καλλιέργειας τις πρώτες δέκα μέρες εκτροφής έδειξε ότι στο μεγαλύτερο ποσοστό τους αποτελούνταν από άτομα με άδειο στομάχι (60-80%).



**Φωτ. 1.** Άτομο με άδειο στομάχι.

Αυτό επιβεβαιώθηκε από παράλληλες παρατηρήσεις που γίνονταν σε δείγμα ζωντανών νυμφών από όλες τις καλλιέργειες και διαπιστώθηκε ότι την πρώτη ημέρα διατροφής ένα μικρό ποσοστό των νυμφών κατάφερε να διατραφεί (22-34% ανάλογα με τις συνθήκες). Τις επόμενες ημέρες το ποσοστό αυτό αυξήθηκε σταδιακά και μετά την πέμπτη ημέρα όλο το δείγμα των ζωντανών ατόμων που εξετάστηκε, ανεξάρτητα της συνθήκης εκτροφής, είχε διατραφεί. Οι μικρότερες σε μέγεθος ιχθυονύμφες περιόριζαν την θήρευσή τους στα τροχόζωα ενώ οι μεγαλύτερες είχαν καταναλώσει και ναύπλιους Αο.

Η δραστική μείωση των λιπιδικών αποθεμάτων μετά την πέμπτη ημέρα σε συνδυασμό με την αδυναμία διατροφής οδήγησε σε υψηλή θνησιμότητα τις επόμενες ημέρες. Εκτός από τα υποσιτισμένα και νηστικά άτομα, παρατηρήθηκε στα δείγματα των νεκρών, ένα μικρότερο ποσοστό (10-20%) ατόμων στα οποία η σταγόνα λιπιδίων δεν είχε απορροφηθεί και παρέμενε αναλλοίωτη με διάμετρο 0.20-0.25 mm (**Φωτ. 2**).



**Φωτ. 2.** Νεκρό άτομο που εκτός από άδειο στομάχι δεν έχει απορροφήσει την σταγόνα λιπιδίων.

Η μορφολογική αυτή ανωμαλία παρατηρήθηκε σε όλους τους πληθυσμούς σε ποσοστό περίπου 5-10% τις πρώτες πέντε ημέρες του πειράματος. Μετά την δέκατη ημέρα κανένα τέτοιο άτομο δεν βρέθηκε στο δείγμα των ζωντανών ούτε των νεκρών νυμφών.

Η κακή, αλλοιωμένη κατάσταση των νεκρών ατόμων εξαιτίας του μικρού τους μεγέθους και της γρήγορης αποσύνθεσης, δεν επέτρεψε την λεπτομερέστερη εξέταση και την εντοπισμό τυχόν μορφολογικών δυσπλασιών στις οποίες θα μπορούσε να αποδοθεί θνησιμότητα. Αλλά δυσμορφίες δεν παρατηρήθηκαν ούτε στο δείγμα ζωντανών ατόμων που εξετάστηκε παράλληλα.

Τα νεκρά άτομα που συλλέχτηκαν κατά την δεύτερη περίοδο (**Π2**) του πειράματος αποτελούνταν από τρεις κατηγορίες ατόμων:

- α.) υποσιτισμένα άτομα (60-80%)
- β.) άτομα με υπερτροφική νηκτική κύστη (10-15%)
- γ.) άτομα που είχαν καταπιεί κύστες Artemia (3-5%).



Η εικόνα των νεκρών και η ένταση της θνησιμότητας ήταν παρόμοια σε όλες τις ιχθυοπυκνότητες.

Την τρίτη περίοδο (Π3), το μεγαλύτερο ποσοστό των νεκρών ατόμων αποτελούνταν από τα μικρότερα σε μέγεθος άτομα του πληθυσμού και από άτομα με υπερτροφική νηκτική κύστη.

Το έλλειμμα ατόμων που παρατηρήθηκε στο τέλος του πειράματος από τον αρχικό πληθυσμό χαρακτηρίστηκε σαν “χαμένα” και είναι πιθανόν να μην καταμετρήθηκαν με τα νεκρά γιατί δεν ήταν σε αναγνωρίσιμη κατάσταση εξαιτίας του μικρού τους μεγέθους και της γρήγορης αποσύνθεσης. Η θνησιμότητά τους αποδόθηκε στις ίδιες αιτίες που αναφέρθηκαν παραπάνω και όχι σε κανιβαλισμό. Το ποσοστό των χαμένων ατόμων (% D) δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των συνθηκών ( $p=0.164$ ,  $F=2.212$ ) και κυμάνθηκε από 4 έως 6% του αρχικού πληθυσμού.

### 3.1.2. Ανάπτυξη

Την πρώτη ημέρα του πειράματος οι νύμφες είχαν μέσο ατομικό βάρος  $0.45\pm 0.07\text{mg}$  και μέσο ολικό μήκος  $5.12\pm 0.19\text{mm}$ . Την 30η ημέρα εκτροφής, στο τέλος του πειράματος, το μέσο ατομικό βάρος ήταν  $6.20\pm 2.84\text{mg}$ ,  $6.23\pm 2.86\text{mg}$ ,  $5.77\pm 2.22\text{mg}$ ,  $5.85\pm 2.22\text{mg}$ , και το μέσο ολικό μήκος ήταν  $12.05\pm 1.17\text{mm}$ ,  $12.09\pm 1.91\text{mm}$ ,  $11.87\pm 1.62\text{mm}$ ,  $11.87\pm 1.65\text{mm}$  αντίστοιχα για κάθε συνθήκη που εξετάστηκε. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται αναλυτικά ανά καλλιέργεια και ανά συνθήκη το μέσο ατομικό βάρος και το μέσο ολικό μήκος των ιχθυονυμφών για κάθε δειγματοληψία.

**Πίνακας 5.** Μέσο ολικό μήκος και μέσο ατομικό βάρος των ιχθυονυμφών κατά τις τέσσερις δειγματοληψίες του πειράματος. Τα δεδομένα παρουσιάζονται ανά τριάδα των επαναλήψεων κάθε συνθήκης και ομαδοποιημένα ανά συνθήκη.

Μέσο ολικό μήκος TL(mm) ανά Δεξαμενή	Ημέρα 1	Ημέρα 10	Ημέρα 20	Ημέρα 30	Συνθήκη
A1	5,12±0,19	6,06±0,84	8,39±0,90	11,85±1,70	50 αυγά/l
A2	5,12±0,19	5,88±0,47	8,34±1,37	12,23±1,40	
A3	5,12±0,19	5,95±0,58	8,38±0,99	12,00±1,97	
B1	5,12±0,19	5,99±0,63	8,70±1,02	11,95±1,92	100 αυγά/l
B2	5,12±0,19	6,01±0,50	7,81±1,05	11,88±1,85	
B3	5,12±0,19	6,24±0,39	8,43±1,29	12,41±1,90	
C1	5,12±0,19	6,13±0,48	8,01±1,07	11,45±1,65	150 αυγά/l

<b>C2</b>	5,12±0,19	6,09±0,52	9,10±1,11	12,12±1,85	
<b>C3</b>	5,12±0,19	6,110±35	8,25±1,00	11,95±1,20	
<b>D1</b>	5,12±0,19	5,900±39	8,321,13	12,58±1,08	<b>200 αυγά/l</b>
<b>D2</b>	5,12±0,19	5,990±46	8,43±1,20	11,66±1,76	
<b>D3</b>	5,12±0,19	5,940±39	8,35±1,18	11,37±1,79	

Μέσο ατομικό βάρος (mg) ανά Δεξαμενή	Μέσο ατομικό βάρος (mg) ανά Δεξαμενή				Συνθήκη
	Ημέρα 1	Ημέρα 10	Ημέρα 20	Ημέρα 30	
<b>A1</b>	0,45±0,07	0,94±0,38	1,96±0,55	5,99±2,90	<b>50 αυγά/l</b>
<b>A2</b>	0,45±0,07	0,87±0,24	2,20±0,98	6,49±2,58	
<b>A3</b>	0,45±0,07	0,91±0,34	2,07±0,63	6,15±3,04	
<b>B1</b>	0,45±0,07	0,88±0,26	2,11±0,75	6,21±3,10	<b>100 αυγά/l</b>
<b>B2</b>	0,45±0,07	0,82±0,26	1,63±0,65	5,99±2,64	
<b>B3</b>	0,45±0,07	0,89±0,17	2,15±0,81	6,47±2,80	
<b>C1</b>	0,45±0,07	0,81±0,18	1,73±0,69	5,36±2,34	<b>150 αυγά/l</b>
<b>C2</b>	0,45±0,07	0,77±0,19	2,61±0,86	6,33±2,50	
<b>C3</b>	0,45±0,07	0,82±0,14	1,87±0,57	5,64±1,55	
<b>D1</b>	0,45±0,07	0,77±0,16	2,09±0,74	6,72±1,75	<b>200 αυγά/l</b>
<b>D2</b>	0,45±0,07	0,83±0,24	2,08±0,80	5,85±2,44	
<b>D3</b>	0,45±0,07	0,84±0,18	2,04±0,82	4,98±2,12	

Μέσο ολικό μήκος TL(mm) ανά Συνθήκη				
Ημέρα	50 αυγά/l	100 αυγά/l	150 αυγά/l	200 αυγά/l
<b>1</b>	5,15±0,19	5,15±0,19	5,15±0,19	5,15±0,19
<b>10</b>	5,96±0,65	6,06±0,52	6,11±0,43	5,94±0,41
<b>20</b>	8,37±1,11	8,31±1,16	8,46±1,15	8,36±1,15
<b>30</b>	12,05±1,71	12,09±1,91	11,87±1,62	11,87±1,65

Μέσο ατομικό βάρος (mg) ανά Συνθήκη				
Ημέρα	50 αυγά/l	100 αυγά/l	150 αυγά/l	200 αυγά/l
<b>1</b>	0,45±0,07	0,45±0,07	0,45±0,07	0,45±0,07
<b>10</b>	0,91±0,32	0,86±0,23	0,80±0,17	0,82±0,20
<b>20</b>	2,09±0,75	1,95±0,76	2,07±0,82	2,07±0,78
<b>30</b>	6,20±2,84	6,23±2,86	5,77±2,22	5,85±2,22

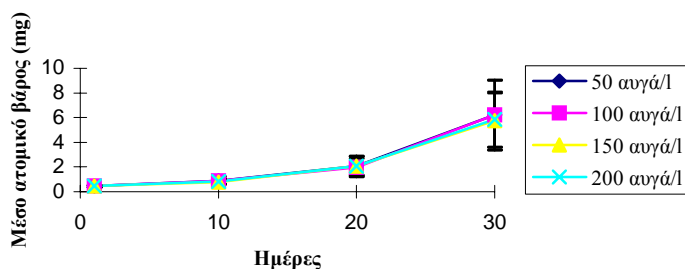
Η σύγκριση της μέσης τιμής του ολικού μήκους και του ατομικού βάρους των ψαριών για κάθε περίοδο του πειράματος έγινε στα ομαδοποιημένα αποτελέσματα ανά συνθήκη. Η ανάλυση

διασποράς δεν επεσήμανε στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p>0,01$ ) ανάμεσα στις καλλιέργειες με διαφορετική ιχθυοπυκνότητα (Πίνακας 6).

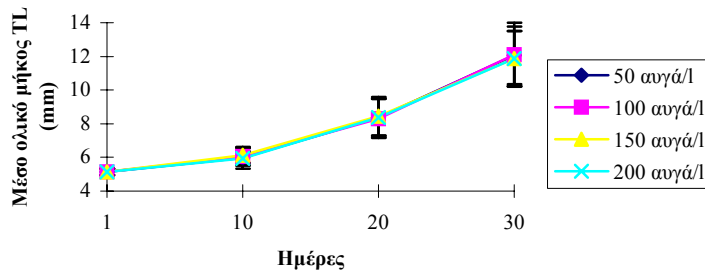
**Πίνακας 6.** Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς (ANOVA) για το ολικό μήκος (TL) και το ατομικό βάρος (W) των ιχθυονυμφών μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών για κάθε δειγματοληψία.

Πηγή μεταβλητότητας	Βαθμοί	Αθροισμα	F	p
Τετραγώνων				
Ελευθερίας				
TL την ημέρα 10 (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	3	0,056	2,521	0,058
W την ημέρα 10 (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	3	0,420	1,710	0,165
TL την ημέρα 20 (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	3	0,026	0,439	0,725
W την ημέρα 20 (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	3	0,403	0,822	0,482
TL την ημέρα 30 (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	3	0,012	0,167	0,919
W την ημέρα 30 (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	3	0,442	0,654	0,581

Στις Εικόνες 5 και 6 παρουσιάζεται η εξέλιξη του μέσου ατομικού βάρους και του μέσου ολικού μήκους κατά την διάρκεια του πειράματος.

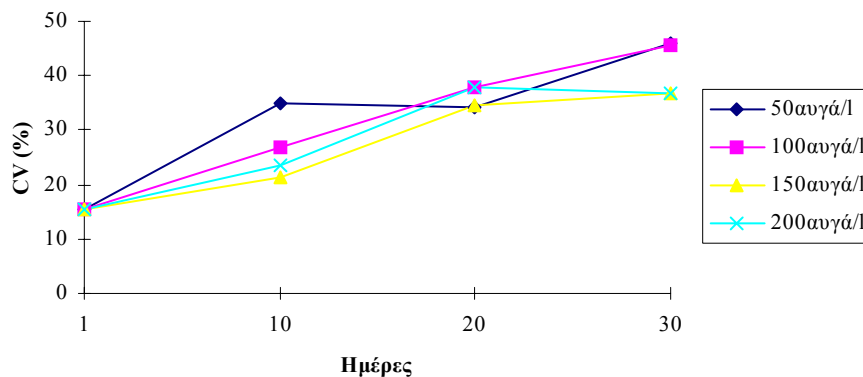


**Εικόνα 5.** Εξέλιξη του μέσου ατομικού βάρους και η τυπική απόκλιση των τριών επαναλήψεων κατά την πειραματική εκτροφή για τις τέσσερις πειραματικές ιχθυοπυκνότητες.



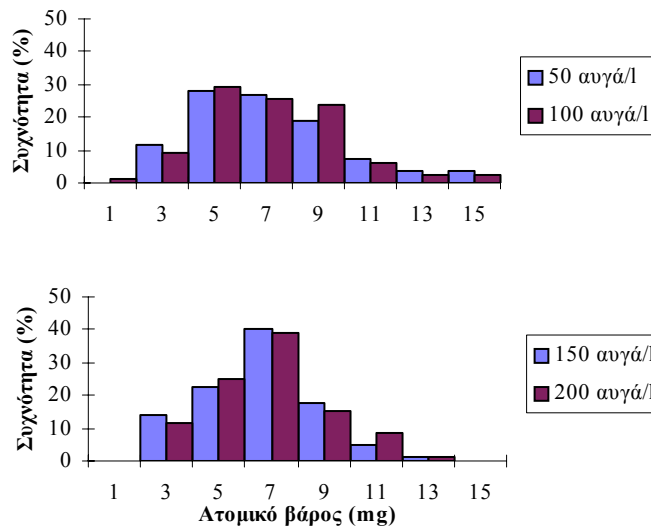
**Εικόνα 6.** Εξέλιξη του μέσου ολικού μήκους και η τυπική απόκλιση των τριών επαναλήψεων κατά την πειραματική εκτροφή για τις τέσσερις πειραματικές ιχθυοπυκνότητες.

Όπως φαίνεται από την εξέλιξη του συντελεστή μεταβλητότητας του βάρους (CV) με το χρόνο, η διασπορά του ατομικού βάρους αυξάνει κατά την διάρκεια της εκτροφής (Εικόνα 7). Στο τέλος του πειράματος, παρότι η μέση τιμή του συντελεστή μεταβλητότητας δεν διαφοροποιείται στατιστικά σημαντικά μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών (ANOVA,  $p > 0.01$ ), οι δύο πληθυσμοί με χαμηλή ιχθυοπυκνότητα παρουσιάζουν περίπου 20% μεγαλύτερη ανομοιογένεια στο βάρος από τους δύο πληθυσμούς με υψηλή ιχθυοπυκνότητα.



**Εικόνα 7.** Εξέλιξη του συντελεστή μεταβλητότητας (CV) του βάρους των ιχθυονυμφών του λαβρακιού για τις τέσσερις συνθήκες του πειράματος.

Η ανομοιομορφία στο τελικό βάρος των δύο πληθυσμών με μικρή ιχθυοπυκνότητα φαίνεται και από το ιστόγραμμα των συχνοτήτων του τελικού ατομικού βάρους (Εικόνα 8).



**Εικόνα 8.** Κατανομή κατά συχνότητες του ατομικού βάρους των ιχθυονυμφών του λαβρακιού στον τελικό πληθυσμό για κάθε συνθήκη.

Για κάθε ιχθυοπυκνότητα έγινε εκτίμηση του ρυθμού ανάπτυξης των νυμφών με ανάλυση απλής παλινδρόμησης. Για να εκτιμηθεί ο ρυθμός ανάπτυξης των νυμφών συσχετίστηκε το ολικό μήκος (TL) με τον χρόνο εκτροφής τους (t).

Η εξίσωση ανάπτυξης (μετά από λογαριθμικό μετασχηματισμό) που χρησιμοποιήθηκε ήταν:

$$TL=a*t^b$$

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται οι εξισώσεις ανάπτυξης που υπολογίστηκαν για κάθε συνθήκη του πειράματος χωριστά.

**Πίνακας 7.** Ανάπτυξη των ιχθυονυμφών σε όλες τις ιχθυοπυκνότητες. Εξισώσεις παλινδρόμησης με μεταξύ του ολικού μήκους (TL) και του χρόνου εκτροφής (t).

Συνθήκη	Παλινδρόμηση	R <sup>2</sup>	p
50 αργά/l	$\ln(TL)=1.555+0.205*(\ln t)$	0.646	0.0001
100 αργά/l	$\ln(TL)=1.558+0.205*(\ln t)$	0.648	0.0001
150 αργά/l	$\ln(TL)=1.561+0.206*(\ln t)$	0.682	0.0001
200 αργά/l	$\ln(TL)=1.556+0.204*(\ln t)$	0.682	0.0001

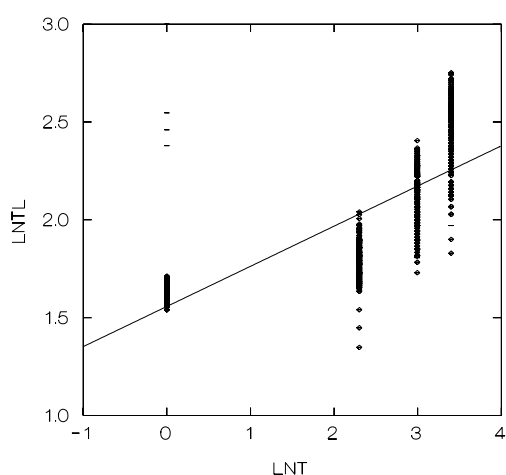
Στη συνέχεια έγινε σύγκριση του ρυθμού αύξησης των ιχθυονυμφών μεταξύ των διαφορετικών συνθηκών του πειράματος με ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης με χρήση δείκτριων μεταβλητών (Dummy variables).

Από την ανάλυση προέκυψε ότι δεν υπάρχει σημαντικά στατιστική διαφορά ( $p > 0.01$ ) μεταξύ των τεσσάρων ευθειών της παλινδρόμησης οι οποίες έχουν την ίδια κλίση, κοινό σημείο τομής δηλαδή περιγράφουν τον ίδιο ρυθμό ανάπτυξης (Πίνακας 8). Η κοινή ευθεία παλινδρόμησης (Εικόνα 9) περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωση (συντελεστής προσδιορισμού  $R^2 = 0.657$ ):

$$\ln(TL) = 1.557 + 0.205 * (\ln t)$$

**Πίνακας 8.** Σύγκριση του αύξησης των ιχθυονυμφών του λαβρακιού μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών του πειράματος με ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης και με χρήση δείκτριων μεταβλητών (Dummy variables)  $R^2 = 0.659$ .

Μεταβλητή	Συντελεστής	P
Ln (TL)	0.205	0.0001
D1	0.001	0.934
D2	0.005	0.723
D3	0.009	0.540



**Εικόνα 9.** Η κοινή ευθεία παλινδρόμησης που περιγράφει την ανάπτυξη του ολικού μήκους ( $\ln TL$ ) συναρτήσει του χρόνου εκτροφής, των νυμφών λαβρακιού σε όλες τις ιχθυοπυκνότητες που εξετάστηκαν.

Ο ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR) και ο σχετικός ρυθμός αύξησης (RGR) υπολογίστηκαν για όλη την διάρκεια του πειράματος καθώς και για κάθε περίοδο χωριστά για όλες τις συνθήκες. Η σύγκριση (ANOVA) των μέσων τιμών των ρυθμών αύξησης κάθε αντίστοιχης περιόδου καθώς και της συνολικής περιόδου του πειράματος μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών δεν έδειξε στατιστικές διαφορές ( $p > 0,01$ ) (Πίνακας 9).

**Πίνακας 9.** Σύγκριση του ειδικού ρυθμού αύξησης (SGR) και του σχετικού ρυθμού αύξησης (RGR) κάθε αντίστοιχης περιόδου (Π1, Π2, Π3) και της συνολικής διάρκειας του πειράματος μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών με ανάλυση διασποράς (ANOVA) .

Πηγή μεταβλητότητας		Βαθμοί	Άθροισμα	F	p
		ελευθερίας τετραγώνων			
<b>Περίοδος Π1:</b>					
Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών	<b>SGR</b>	3	2,709	5,075	0,029
	<b>RGR</b>	3	954,0	5,235	0,027
<b>Περίοδος Π2:</b>					
Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών	<b>SGR</b>	3	3,494	0,534	0,672
	<b>RGR</b>	3	2388,9	0,529	0,675
<b>Περίοδος Π3:</b>					
Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών	<b>SGR</b>	3	3,169	0,523	0,809
	<b>RGR</b>	3	2816,9	0,828	0,515
<b>Ημέρα 1 έως ημέρα 30</b>					
Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών	<b>SGR</b>	3	0,174	0,643	0,609
	<b>RGR</b>	3	25034,9	0,596	0,635

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές του SGR και του RGR για την συνολική διάρκεια του πειράματος και για όλες τις καλλιέργειες.

Συνολικά, ο ειδικός ρυθμός αύξησης κυμάνθηκε από **8 μέχρι 9%** ανά ημέρα και η αύξηση του ατομικού βάρους από την αρχή έως το τέλος του πειράματος ήταν κατά μέσο όρο  $1240 \pm 110\%$ .

Αναλυτικά, κατά την πρώτη περίοδο ο ειδικός ρυθμός αύξησης στις καλλιέργειες με χαμηλή ιχθυοφόρτιση (A, B) κυμάνθηκε από **6.0 έως 7.4%** ανά ημέρα και η συνολική αύξηση του ατομικού βάρους τους ήταν περίπου 100% του αρχικού. Στις καλλιέργειες με τις υψηλότερες ιχθυοφορτίσεις (C, D) ήταν χαμηλότερος και κυμάνθηκε από **5.4 έως 6.3%** και η συνολική αύξηση του ατομικού βάρους τους ήταν περίπου 80% του αρχικού βάρους τους. Κατά την τελευταία περίοδο ο ειδικός ρυθμός αύξησης σχεδόν διπλασιάστηκε ( **$10.8 \pm 1.1\%$** ) και η αύξηση του ατομικού βάρους των νυμφών από την 20η έως την 30η ημέρα ήταν περίπου 200% για όλες τις συνθήκες

### **3.1.3. Συμπεριφορά**

Από την πρώτη ημέρα διατροφής η κατανομή των νυμφών στις δεξαμενές καλλιέργειας άρχισε να διαφοροποιείται από αυτήν που είχαν στο αυτότροφο στάδιο. Τα άτομα μετακινήθηκαν σταδιακά προς την επιφάνεια της δεξαμενής ελκνόμενες από το φως και την λεία ενώ συχνά, υπήρχε μία ομαδοποίηση του πληθυσμού σε πυκνά σμήνη στην επιφάνεια της δεξαμενής.

Η κολυμβητική ικανότητα των νεαρών νυμφών ήταν αδέξια και η ικανότητα διερεύνησης του περιβάλλοντος και θήρευσης περιορισμένη. Η θηρευτική προσπάθεια των νυμφών διακοπτόταν αμέσως από την επίδραση διαφόρων παραγόντων που διατάρασσαν την ηρεμία του περιβάλλοντος χώρου.

Από την τρίτη ημέρα διατροφής παρατηρήθηκαν να κολυμπούν άτομα στην επιφάνεια των δεξαμενών τα πρώτα αδύναμα άτομα, που στην πλειοψηφία τους ήταν άτομα με άδειο στομάχι. Η κατανομή των νυμφών άρχισε να αλλάζει και τα άτομα να συγκεντρώνονται γύρω από τα τοιχώματα και σε γωνίες που σχηματίζονταν από την δεξαμενή και του σωλήνα της απορροής του νερού.

Η συγκέντρωση αυτή των νυμφών σχετίστηκε σε σημαντικό βαθμό με την αντανάκλαση του φωτισμού στα τοιχώματα της δεξαμενής. Αν και τα τοιχώματα είχαν μαύρο χρώμα, δεν ήταν δυνατόν να μην δημιουργηθούν περιοχές όπου η ένταση του φωτός ήταν μεγαλύτερη. Σε αυτές τις ζώνες προσελκύνονταν οι νύμφες εξαιτίας του έντονου θετικού φωτοτροπισμού που παρουσιάζουν σε αυτό το αναπτυξιακό στάδιο.

Η συγκέντρωση των νυμφών στα τοιχώματα ενισχύθηκε ακόμα περισσότερο από την ροή του νερού που δημιουργείται σε αυτό. Καθώς το νερό της καλλιέργειας κυκλοφορεί μέσα στη δεξαμενή συναντά τα τοιχώματα όπου ανυψώνεται λίγο λόγω της μοριακής τάσης. Οι νύμφες κολυμπούν ενάντια στην ροή που δημιουργείται και δίνουν την εντύπωση ότι στριμώχνονται και χτυπιούνται μεταξύ τους. Η κατάσταση αυτή διατηρεί τα ψάρια σε κατάσταση μη φυσιολογική η οποία δυσχεραίνει την θήρευση και προκαλεί καταπόνηση και στρες που αυξάνουν τις πιθανότητες θανάτου.



Η συμπεριφορά αυτή ήταν ορατή σε όλες τις συνθήκες αλλά στις δεξαμενές με υψηλή ιχθυοφόρτιση δημιουργούνταν σημεία πραγματικά έντονου συνωστισμού.

Από την έβδομη ημέρα τα ψάρια φαίνονταν δραστήρια έχοντας αναπτύξει τις κολυμβητικές και θηρευτικές τους ικανότητες. Πολλά άτομα βρίσκονται ακόμα συγκεντρωμένα στα τοιχώματα αλλά γενικά, η κατανομή τους έχει επεκταθεί σε όλη την επιφάνεια και σχεδόν σε όλο το βάθος της δεξαμενής (περίπου 10cm από τον βυθό).

Στις δεξαμενές με την μικρότερη ιχθυοπυκνότητα άρχισε να παρατηρείται η σταδιακή συσσώρευση των ναυπλίων σε κάποια σημεία που ακολουθήθηκε από αντίστοιχη κατανομή των νυμφών. Τις πρώτες ημέρες διατροφής η τροφή δεν πρέπει να παρέχεται σε πολύ μεγάλη ποσότητα διότι συσσωρεύεται στις δεξαμενές και αλλοιώνεται η θρεπτική της αξία αλλά, ούτε και σε πολύ μικρή ποσότητα για να είναι δυνατός ο εντοπισμός της από τις νύμφες. Ένας καλός τρόπος χορήγησης είναι αυτός που συνίσταται σε πολλά μικρά γεύματα ανάλογα με τον πληθυσμό των ψαριών και την υφιστάμενη συγκέντρωση της τροφής στο μέσο καλλιέργειας. Στις καλλιέργειες με την μικρότερη ιχθυοπυκνότητα (A), η τροφή χορηγήθηκε στον ίδιο αριθμό γευμάτων στην μικρότερη δυνατή ποσότητα αλλά, δεν ήταν δυνατό ούτε να καταναλωθεί από τα ψάρια -εξαιτίας της μικρής πυκνότητας- ούτε και να απομακρυνθεί με ανακύκλωση του νερού. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την σταδιακή συσσώρευση των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών στις δεξαμενές που λόγω του έντονου φωτοτροπισμού τους συγκεντρώθηκαν στα σημεία που η ένταση του φωτός ήταν έστω και ελάχιστα μεγαλύτερη. Επιπλέον, οι ναύπλιοι έχοντας περιορισμένες δυνατότητες κολύμβησης, εγκλωβίσθηκαν εύκολα στις γωνίες μεταξύ του τοιχώματος και του σωλήνα απορροής. Έτσι δημιουργήθηκαν περιοχές συγκέντρωσης των νυμφών και των θηραμάτων τους και περιοχές χωρίς ψάρια.

Στις καλλιέργειες με μεγαλύτερες ιχθυοπυκνότητες η κατανομή των νυμφών ήταν περισσότερο ομοιογενής. Στις υψηλότερες πυκνότητες (C, D) τα ψάρια ήταν περισσότερο δραστήρια, κολυμπούσαν και αναζητούσαν την τροφή τους συνεχώς και αντιδρούσαν σε κάθε επαφή μεταξύ τους με γρήγορο νευρικό κούμπι σε ευθεία γραμμή προς μία κατεύθυνση για 5-10cm περίπου.

Από την δέκατη μέρα εκτροφής και με την εισαγωγή των μεταναύπλιων Artemia (A1) στην διατροφή τους οι νύμφες κατανεμήθηκαν σε όλη την στήλη του νερού από την επιφάνεια μέχρι τον βυθό της δεξαμενής. Αυτή τη χρονική περίοδο άρχισαν να εμφανίζονται τα πρώτα άτομα με υπερτροφική νηκτική κύστη τα οποία κολυμπούσαν με δυσκολία στην επιφάνεια των δεξαμενών. Τα άτομα αυτά ήταν ανίκανα να διατραφούν και πέθαιναν μέσα σε 2-3 ημέρες.

Μετά την 20η ημέρα σε γενικές γραμμές όλοι οι πληθυσμοί παρουσίασαν την ίδια εικόνα, αποτελούμενοι από δραστήρια, εύρωστα ψάρια που κινηγούσαν και διατρέφονταν με ευκολία. Ο ρυθμός αύξησης ήταν μεγάλος και τα ψάρια είχαν όλα γεμάτο στομάχι.

Τα πλέον αναπτυγμένα άτομα εγκαταστάθηκαν σε βαθύτερα στρώματα και άρχισαν να αναπτύσσονται ανταγωνιστικές τάσεις και επιθετική συμπεριφορά που επέβαλλε την τήρηση

αποστάσεων μεταξύ τους. Η παραμικρή επαφή δύο ατόμων προκαλούσε κινήσεις πανικού (απότομη, γρήγορη ευθεία κολύμβηση), ή κάμψη του σώματος σε σχήμα S και αναμονή, ή νευρικό στριφογύρισμα του σώματος. Τα ψάρια αντιδρούσαν παρόμοια σε οποιαδήποτε κατάσταση τα διατάραζε. Η συμπεριφορά αυτή ήταν πιο έκδηλη στις καλλιέργειες με μεγάλη πυκνότητα, παρατηρήθηκε όμως σε όλες τις ιχθυοπυκνότητες.

## **3.2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΙΧΘΥΟΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΚΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΝΥΜΦΩΝ ΛΑΒΡΑΚΙΟΥ**

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα του πειράματος για κάθε μία από τις τέσσερις συνθήκες (**A:** 5 ιχθύδια/l, **B:** 10 ιχθύδια/l, **C:** 15 ιχθύδια/l, **D:** 20 ιχθύδια/l).

### **3.2.1. Θνησιμότητα**

Η εξέλιξη της ημερήσιας θνησιμότητας για κάθε συνθήκη του πειράματος παρουσιάζεται στην Εικόνα 1. Όπως φαίνεται και στα διαγράμματα παρατηρείται μικρή θνησιμότητα στην αρχή και έντονη θνησιμότητα στο τέλος του πειράματος. Η ένταση της θνησιμότητας ήταν ανάλογη με την ιχθυοπυκνότητα.

Τις πρώτες πέντε ημέρες η θνησιμότητα συνδέεται με την αρχή του “weaning”, δηλαδή το πέρασμα στην αδρανή τροφή και την μείωση της παροχής ναυπλίων A1.

Οι πληθυσμοί των ψαριών με την μικρότερη ιχθυοπυκνότητα (A) ανταποκρίθηκαν καλλίτερα στις νέες συνθήκες εκτροφής και το ημερήσιο ποσοστό θνησιμότητας από την πρώτη ημέρα έως την 16η δεν ξεπέρασε το 1%.

Οι πληθυσμοί με την αμέσως μεγαλύτερη ιχθυοπυκνότητα (B) εμφάνισαν τις πρώτες πέντε ημέρες μεγαλύτερο ποσοστό ημερήσιας θνησιμότητας το οποίο κυμάνθηκε από 2-3%. Από την έκτη ημέρα έως την 16η το ποσοστό δεν ξεπέρασε το 1.3%.

Αντίθετα, στους πληθυσμούς με τις μεγαλύτερες ιχθυοπυκνότητες (C, D) το ποσοστό θνησιμότητας κυμάνθηκε τις πρώτες πέντε ημέρες από 2 έως 5% και μειώθηκε κάτω από 1% έως την 11η ημέρα.

Από την 12η ημέρα η θνησιμότητα αυξήθηκε σταδιακά για τους πληθυσμούς C και D (2-6%) ενώ το ίδιο συνέβη με τους πληθυσμούς A και B (1.5-5%) πέντε ημέρες αργότερα (17η) και απεδόθη

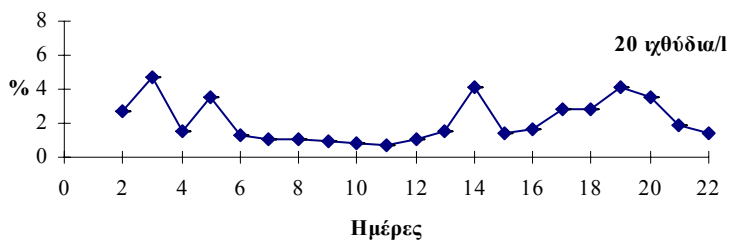
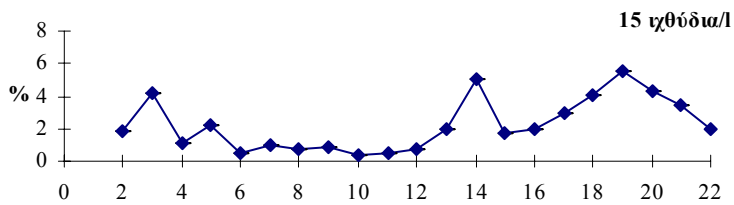
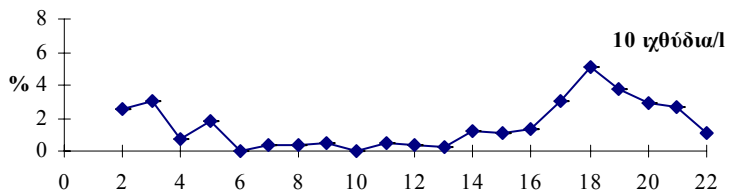
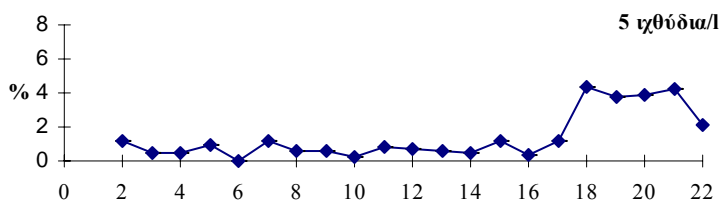
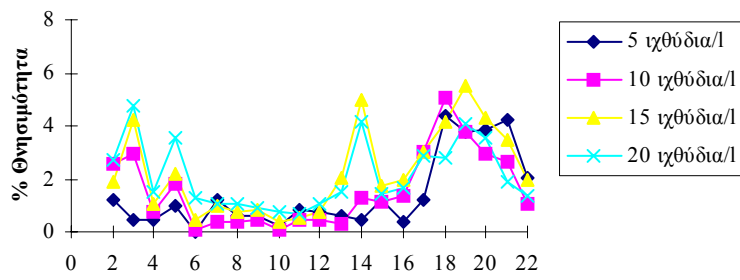
στη πλήρη αποκοπή από την ζωντανή τροφή και την αποκλειστική χορήγηση βιομηχανικής τροφής που ξεκίνησε από την 12η ημέρα.

Για την πληρέστερη εκτίμηση της τελικής επιβίωση των πληθυσμών από την αρχή έως το τέλος του πειράματος υπολογίστηκαν η γενική (Sg) και η παρατηρούμενη (So). Η ανάλυση διασποράς (ANOVA) έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0.01$ ) της μέσης τελικής επιβίωσης (So, Sg) μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών (Πίνακας 2).

**Πίνακας 1.** Αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων του πρώτου πειράματος: **Επίδραση της αρχικής ιχθυοφόρτισης στην εκτροφή μετανυμφών λαβρακιού.**

Για κάθε συνθήκη (ιχθυοφόρτιση) του πειράματος παρουσιάζονται οι μέσοι όροι κάθε επανάληψης (1,2,3) και ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση για κάθε συνθήκη.

Πείραμα 2	Συνθήκη A: 5 ιχθύδια/l					Συνθήκη B: 10 ιχθύδια/l					Συνθήκη C: 15 ιχθύδια/l					Συνθήκη D: 20 ιχθύδια/l				
	1	2	3	Μέσος	SD	1	2	3	Μέσος	SD	1	2	3	Μέσος	SD	1	2	3	Μέσος	SD
Αρχικός αριθμός (Ni)	275	275	275	<b>275</b>	<b>0</b>	550	550	550	<b>550</b>	<b>0</b>	825	825	825	<b>825</b>	<b>0</b>	1100	1100	1100	<b>1100</b>	<b>0</b>
Τελικός αριθμός (Nf)	105	95	106	<b>102</b>	<b>6</b>	187	166	182	<b>178</b>	<b>11</b>	190	215	204	<b>203</b>	<b>13</b>	244	283	269	<b>265</b>	<b>20</b>
Τελική Παρατηρούμενη Επιβίωση So (%)	64,1	60,6	66,3	<b>63,65</b>	<b>2,84</b>	63,4	56,8	60,3	<b>60,20</b>	<b>3,30</b>	41,5	4,8	45,8	<b>44,69</b>	<b>2,81</b>	45,2	49,7	50,2	<b>48,35</b>	<b>2,73</b>
Τελική Διορθωτική Επιβίωση Sc (%)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Αριθμός Χαμένων (ND)	0	1	4	<b>2</b>	<b>2,08</b>	5	9	10	<b>11</b>	<b>3,21</b>	1	11	14	<b>9</b>	<b>6,81</b>	38	35	53	<b>42</b>	<b>9,64</b>
% “Χαμένα” άτομα D (%)	0,00	0,54	2,16	<b>0,90</b>	<b>1,13</b>	4,05	2,43	2,70	<b>3,06</b>	<b>0,87</b>	0,17	1,83	2,33	<b>1,44</b>	<b>1,13</b>	4,75	4,38	6,63	<b>5,25</b>	<b>1,21</b>
Τελική Γενική Επιβίωση Sg (%)	56,8	51,4	57,3	<b>55,14</b>	<b>3,29</b>	50,5	44,9	49,2	<b>48,20</b>	<b>2,96</b>	31,7	35,8	34,0	<b>33,83</b>	<b>2,09</b>	30,5	35,4	33,6	<b>33,17</b>	<b>2,47</b>
Αρχικό Βάρος Pi (mg)	25,56	25,56	25,56	<b>25,56</b>	<b>0,00</b>	25,56	25,56	25,56	<b>25,56</b>	<b>0,00</b>	25,56	25,56	25,6	<b>25,56</b>	<b>0,00</b>	25,56	25,56	25,56	<b>25,56</b>	<b>0,00</b>
Τελικό Βάρος Pf (mg)	67,60	56,51	57,51	<b>60,54</b>	<b>6,13</b>	31,28	46,74	43,26	<b>40,42</b>	<b>8,11</b>	54,32	53,80	46,26	<b>51,46</b>	<b>4,51</b>	65,86	55,89	52,93	<b>58,23</b>	<b>6,77</b>
Αρχικό μήκος Li (mm)	17,05	17,05	17,05	<b>17,05</b>	<b>0,00</b>	17,05	17,05	17,05	<b>17,05</b>	<b>0,00</b>	17,05	17,05	17,1	<b>17,05</b>	<b>0,00</b>	17,05	17,05	17,05	<b>17,05</b>	<b>0,00</b>
Τελικό μήκος Lf (mm)	21,10	21,92	21,56	<b>21,53</b>	<b>0,41</b>	17,79	20,75	20,26	<b>19,60</b>	<b>1,59</b>	20,44	20,79	20,09	<b>20,44</b>	<b>0,35</b>	21,70	20,92	20,69	<b>21,10</b>	<b>0,53</b>
Αρχ. Συντ. Μεταβλητότητας του βάρους Cvi	44,21	44,21	44,21	<b>44,21</b>	<b>0,00</b>	44,21	44,21	44,21	<b>44,21</b>	<b>0,00</b>	44,21	44,21	44,2	<b>44,21</b>	<b>0,00</b>	44,21	44,21	44,21	<b>44,21</b>	<b>0,00</b>
Τελ. Συντ. Μεταβλητότητας του βάρους Cvf	63,63	50,13	50,57	<b>54,78</b>	<b>7,67</b>	59,23	53,32	75,31	<b>62,62</b>	<b>11,38</b>	65,10	53,29	44,26	<b>54,22</b>	<b>10,45</b>	59,39	53,61	60,30	<b>57,77</b>	<b>3,63</b>
CV αναλογία (Cvf/Cvi)	1,44	1,13	1,14	<b>1,24</b>	<b>0,17</b>	1,34	1,21	1,70	<b>1,42</b>	<b>0,26</b>	1,47	1,21	1,00	<b>1,23</b>	<b>0,24</b>	1,34	1,21	1,36	<b>1,31</b>	<b>0,08</b>
Σχετικός ρυθμός αύξησης (RGR, %)	164	121	125	<b>137</b>	<b>24</b>	22	83	69	<b>58</b>	<b>32</b>	113	110	81	<b>101</b>	<b>18</b>	158	119	107	<b>128</b>	<b>26</b>
Ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR % d <sup>-1</sup> )	4,42	3,61	3,69	<b>3,90</b>	<b>0,45</b>	0,92	2,74	2,39	<b>2,02</b>	<b>0,97</b>	3,43	3,38	2,70	<b>3,17</b>	<b>0,41</b>	4,30	3,56	3,31	<b>3,72</b>	<b>0,52</b>



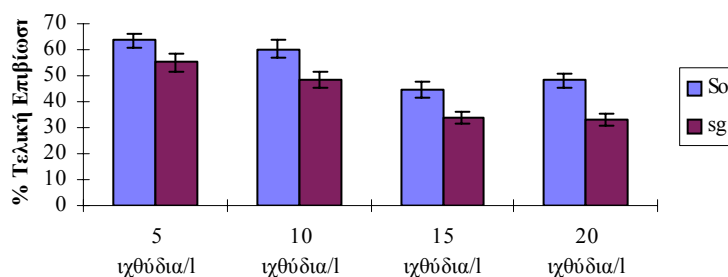
**Εικόνα 1.** Εξέλιξη της ημερήσιας θνησιμότητας για τις τέσσερις συνθήκες του πειράματος.

**Πίνακας 2.** Σύγκριση της τελικής επιβίωσης (So, Sg) μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών του πειράματος με ανάλυση διασποράς (ANOVA) .

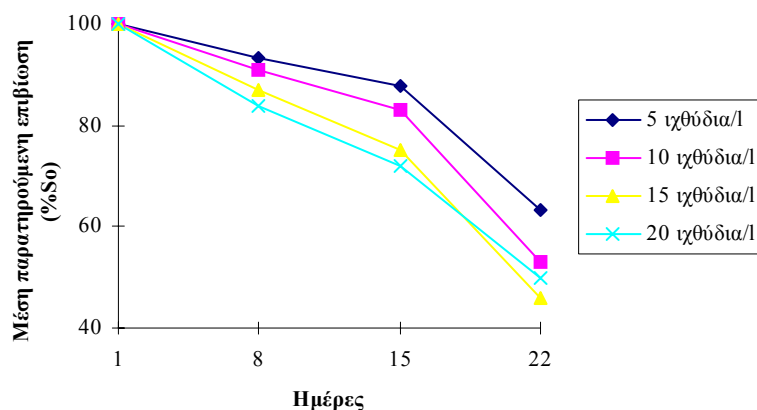
Πηγή μεταβλητότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άθροισμα Τετραγώνων	F	p
Τελική επιβίωση So (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	3	750,124	29,18	0,0001
Τελική επιβίωση Sg (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	3	1065,396	47.893	0,0001

Οι επιμέρους συγκρίσεις (Tukey) της μέσης τελικής επιβίωσης (So, Sg) εντοπίζουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0.01$ ) ανάμεσα στις συνθήκες χαμηλής πυκνότητας (A, B) με την υψηλότερη τελική επιβίωση και στις συνθήκες υψηλής πυκνότητας (C, D) με την μικρότερη τελική επιβίωση.

Η γενική τελική (Sg) επιβίωση για τους πληθυσμούς A και B κυμάνθηκε από 45 έως 57% με μέση τιμή  $51.7 \pm 4.7\%$  και για τους πληθυσμούς C και D από 31 έως 36% με μέση τιμή  $33.5 \pm 2.1\%$ . Η παρατηρούμενη (So) τελική επιβίωση για τους πληθυσμούς A και B κυμάνθηκε από 57 έως 66% με μέση τιμή  $61.9 \pm 3.3\%$  και για τους πληθυσμούς C και D από 42 έως 50% με μέση τιμή  $46.5 \pm 3.2\%$ . Η Στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται η επιβίωση στο τέλος του πειράματος για κάθε συνθήκη και στην Εικόνα 3 η εξέλιξη της μέσης παρατηρούμενης επιβίωσης για κάθε συνθήκη κατά την διάρκεια του πειράματος.



**Εικόνα 2.** Μέση τελική παρατηρούμενη επιβίωση (So), η μέση τελική γενική επιβίωση (Sg) και η τυπική απόκλιση των τριών επαναλήψεων για κάθε συνθήκη του πειράματος.



**Εικόνα 3.** Μέση παρατηρούμενη επιβίωση ( $S_o$ ) κατά την μετανυμφική καλλιέργεια του λαβρακιού για τις τέσσερις πειραματικές ιχθυοπυκνότητες.

Η παρατηρούμενη επιβίωση ( $S_o$ ) υπολογίστηκε και χωριστά για κάθε μία από τις τρεις περιόδους του πειράματος. Η πρώτη περίοδος (Π1) είχε διάρκεια από την πρώτη έως την δεύτερη δειγματοληψία (ημέρα 1 έως 8), η δεύτερη (Π2) από την δεύτερη έως την τρίτη δειγματοληψία (ημέρα 9 έως 15) και η τρίτη (Π3) από την τρίτη έως την τελική δειγματοληψία (ημέρα 16 έως 22).

Η ανάλυση διασποράς κατά ζεύγη έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0.01$ ) της επιβίωσης μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών για τις ίδιες περιόδους (Πίνακας 3).

**Πίνακας 3** Σύγκριση της επιβίωσης ( $S_o$ ) κάθε αντίστοιχης περιόδου (Π1, Π2, Π3) του πειράματος μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών με ανάλυση διασποράς (ANOVA)

Πηγή μεταβλητότητας	Βαθμοί ελευθερίας	Άθροισμα τετραγώνων	F	p
<b>Περίοδος Π1:</b>				
Ημέρα 1 έως 8 (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	<b>So 3</b>	187,3	44,1	0,0001
<b>Περίοδος Π2:</b>				
Ημέρα 9 έως 15 (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	<b>So 3</b>	226,0	19,7	0,0001
<b>Περίοδος Π3:</b>				
Ημέρα 16 έως 22 (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	<b>So 3</b>	275,583	8,2	0,008

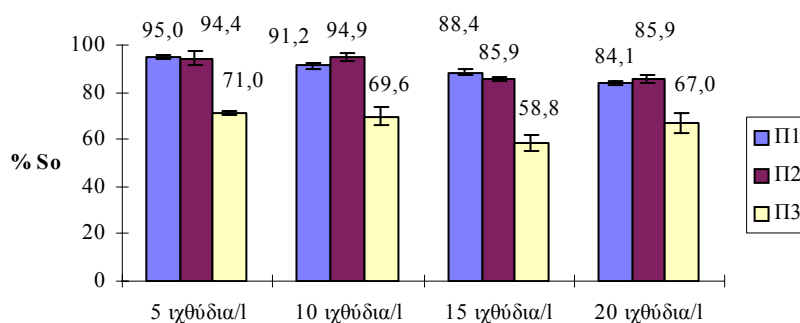
Με στατιστικό έλεγχο των επιμέρους συγκρίσεων του Tukey οι σημαντικές στατιστικές διαφορές ( $p < 0.01$ ) εντοπίστηκαν:

Για την πρώτη περίοδο (Π1): μεταξύ όλων των συνθηκών.

Για την δεύτερη περίοδο (Π2): μεταξύ των πληθυσμών χαμηλής ιχθυοπυκνότητας (Α και Β περίπου 94%) και υψηλής ιχθυοπυκνότητας (C και D περίπου 84%).

Για την τρίτη περίοδο (Π3): μεταξύ των πληθυσμών Α Β και του πληθυσμού C που εμφάνισε το χαμηλότερο ποσοστό επιβίωσης (59%).

Οι μέσες τιμές της επιβίωσης για κάθε περίοδο και συνθήκη φαίνονται στην Εικόνα 4.



**Εικόνα 4.** Μέση παρατηρούμενη επιβίωση ( $S_o$ ) και τυπική απόκλιση των τριών επαναλήψεων κάθε συνθήκης για κάθε μία από τις τρεις περιόδους του πειράματος. Π1: Ημέρα 1 έως 8, Π2: Ημέρα 9 έως 15, Π3: Ημέρα 16 έως 22.

Σε ότι αφορά την σύγκριση των τριών περιόδων του πειράματος μεταξύ τους, στατιστικά σημαντικές ( $p < 0.01$ ,  $F = 88.3$ ) διαφορές στην επιβίωση παρατηρήθηκαν (ANOVA, Tukey) μεταξύ των δύο πρώτων περιόδων και της τελευταίας κατά την οποία είχαμε το χαμηλότερο ποσοστό επιβίωσης. Το διάστημα αυτό, των τελευταίων επτά ημερών (Π3) είχε το χαμηλότερο μέσο ποσοστό επιβίωσης σε όλες τις ιχθυοπυκνότητες (Εικόνα 4).

Τα νεκρά άτομα που συλλέγονταν καθημερινά από τις δεξαμενές εκτροφής αποτελούνταν από μικρά άτομα (περίπου 80-90%) και μεγάλα (περίπου 5-10%). Η θνησιμότητα αποδόθηκε σε επιθετική συμπεριφορά και στον κανιβαλισμό. Τα μικρά άτομα έφεραν εμφανή σημάδια επιθέσεων στο ουραίο, στο ραχιαίο και στο εδρικό πτερύγιο. Η αιτία θανάτου στα μεγάλα άτομα ήταν η ασφυξία εξαιτίας αραπαγής ατόμων που δεν ήταν δυνατόν να καταπιούν εύκολα. Τα άτομα αυτά εμφανίζονταν με ανοιχτό στόμα και εξάρθρωση των σιαγόνων ή με ένα μικρότερο άτομο στο στόμα.

Τα νεκρά άτομα που δεν βρέθηκαν στο τέλος του πειράματος, χαρακτηρίστηκαν σαν “χαμένα” και η θνησιμότητά τους αποδόθηκε εξολοκλήρου σε κανιβαλισμό. Το ποσοστό των



χαμένων ατόμων (% D) διέφερε στατιστικά σε επίπεδο σημαντικότητας 99% ( $p=0.005$ ),  $F=9.651$ ) μεταξύ των συνθηκών. Οι διαφορές εντοπίστηκαν μεταξύ της συνθήκης D, με τον μεγαλύτερο μέσο όρο  $5.3\pm 1.2\%$  και των συνθηκών A και C με τον μικρότερο μέσο όρο,  $1.2\pm 1.5\%$  και  $1.4\pm 1.1\%$  αντίστοιχα.

### **3.2.2. Ανάπτυξη**

Την πρώτη ημέρα του πειράματος τα ψάρια είχαν μέσο ατομικό βάρος  $25.56\pm 11.63\text{mg}$  και μέσο ολικό μήκος  $17.05\pm 1.87\text{mm}$ . Στο τέλος του πειράματος, το μέσο ατομικό βάρος ήταν  $60.61\pm 33.84\text{mg}$ ,  $40.42\pm 26.81\text{mg}$ ,  $54.46\pm 29.01\text{mg}$ ,  $58.23\pm 34.35\text{mg}$ , και το μέσο ολικό μήκος ήταν  $21.87\pm 2.69\text{mm}$ ,  $19.6\pm 2.69\text{mm}$ ,  $20.44\pm 2.6\text{mm}$ ,  $21.10\pm 2.75\text{mm}$  αντίστοιχα για κάθε συνθήκη που εξετάστηκε. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται αναλυτικά ανά καλλιέργεια και ανά συνθήκη το μέσο ατομικό βάρος και το μέσο ολικό μήκος για κάθε δειγματοληψία.

**Πίνακας 5.** Μέσο ολικό μήκος και μέσο ατομικό βάρος των ιχθυδίων κατά τις τέσσερις δειγματοληψίες του πειράματος. Τα δεδομένα παρουσιάζονται ανά τριάδα των επαναλήψεων κάθε συνθήκης και ομαδοποιημένα ανά συνθήκη.

Μέσο ολικό μήκος TL(mm) ανά Δεξαμενή	Ημέρα 1	Ημέρα 8	Ημέρα 15	Ημέρα 22	Συνθήκη
<b>A1</b>	$17,05\pm 1,87$	$21,36\pm 2,52$	$18,46\pm 2,69$	$22,10\pm 3,47$	<b>A: 5 ιχθύδια/1</b>
<b>A2</b>	$17,05\pm 1,87$	$19,31\pm 1,66$	$19,78\pm 1,44$	$21,92\pm 2,27$	
<b>A3</b>	$17,05\pm 1,87$	$18,44\pm 1,69$	$19,69\pm 2,42$	$21,56\pm 2,28$	
<b>B1</b>	$17,05\pm 1,87$	$15,86\pm 1,13$	$16,44\pm 1,67$	$17,17\pm 2,18$	<b>B: 10 ιχθύδια/1</b>
<b>B2</b>	$17,05\pm 1,87$	$18,40\pm 1,97$	$18,86\pm 2,00$	$20,75\pm 1,93$	
<b>B3</b>	$17,05\pm 1,87$	$16,59\pm 1,67$	$18,48\pm 1,54$	$20,26\pm 2,86$	
<b>C1</b>	$17,05\pm 1,87$	$17,58\pm 1,77$	$18,48\pm 2,00$	$20,44\pm 3,00$	<b>C: 15 ιχθύδια/1</b>

C2	17,05±1,87	17,82±1,56	18,71±1,99	20,79±2,56	
C3	17,05±1,87	18,00±2,20	19,37±2,03	20,09±2,11	
D1	17,05±1,87	17,42±1,92	18,73±1,51	21,70±2,76	D: 20 ιχθύδια/l
D2	17,05±1,87	17,57±1,22	18,42±1,62	20,92±2,68	
D3	17,05±1,87	16,90±1,57	17,02±1,90	20,63±2,77	

Μέσο ατομικό βάρος (mg) ανά Δεξαμενή	Ημέρα 1	Ημέρα 8	Ημέρα 15	Ημέρα 20	Συνθήκη
A1	26,56±11,3	19,93±10,65	36,98±21,23	67,60±43,02	A: 5 ιχθύδια/l
A2	26,56±11,3	40,41±9,84	45,31±9,58	56,51±28,33	
A3	26,56±11,3	35,0±11,39	45,49±16,74	57,51±29,08	
B1	26,56±11,3	17,27±6,08	23,90±11,18	31,28±18,53	B: 10 ιχθύδια/l
B2	26,56±11,3	34,43±13,53	37,98±16,76	46,74±24,92	
B3	26,56±11,3	21,97±8,86	36,19±10,45	43,26±32,58	
C1	26,56±11,3	28,44±11,18	37,78±17,81	54,32±35,37	C: 15 ιχθύδια/l
C2	26,56±11,3	29,22±8,44	37,88±16,08	53,80±28,67	
C3	26,56±11,3	30,75±16,25	38,64±17,36	46,26±20,48	
D1	26,56±11,3	27,42±10,46	40,78±15,34	65,86±39,11	D: 20 ιχθύδια/l
D2	26,56±11,3	27,0±6,62	35,85±14,34	55,89±29,96	
D3	26,56±11,3	23,57±8,55	24,74±11,16	52,93±31,92	

Μέσο ολικό μήκος TL(mm) ανά Συνθήκη				
Ημέρα	5 ιχθύδια/l	10 ιχθύδια/l	15 ιχθύδια/l	20 ιχθύδια/l
1	17,05±1,87	17,05±1,87	17,05±1,87	17,05±1,87
8	19,74±2,33	16,94±1,96	17,80±1,85	17,30±1,55
15	19,27±2,31	17,93±2,01	18,85±2,04	18,06±1,81
22	21,87±2,69	19,60±2,69	20,44±2,60	21,10±2,75

Μέσο ατομικό βάρος (mg) ανά Συνθήκη				
Ημέρα	5 ιχθύδια/l	10 ιχθύδια/l	15 ιχθύδια/l	20 ιχθύδια/l
1	25,56±11,63	25,56±11,63	25,56±11,63	25,56±11,63
8	31,53±13,66	24,56±12,32	29,47±12,21	26,02±8,69
15	42,34±16,93	32,69±14,17	38,10±17,12	33,79±14,96
22	60,61±33,84	40,42±26,81	51,46±29,01	58,23±34,35

Η σύγκριση του ολικού μήκους και του ατομικού βάρους των ψαριών για κάθε περίοδο του πειράματος έγινε στα ομαδοποιημένα αποτελέσματα ανά συνθήκη. Στατιστικά σημαντικές διαφορές

βρέθηκαν ανάμεσα στις συνθήκες με διαφορετική ιχθυοπυκνότητα για το ολικό μήκος και το ατομικό βάρος τις ημέρες 8 και 22 (Πίνακας 6).

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των επιμέρους συγκρίσεων των τεσσάρων συνθηκών με τον έλεγχο των συγκρίσεων του Tukey και διαφοροποιούν τον πληθυσμό της συνθήκης Α ο οποίος παρουσίασε στατιστικά σημαντικά ( $p < 0.01$ ) μεγαλύτερο ολικό μήκος και βάρος από τις άλλες συνθήκες.

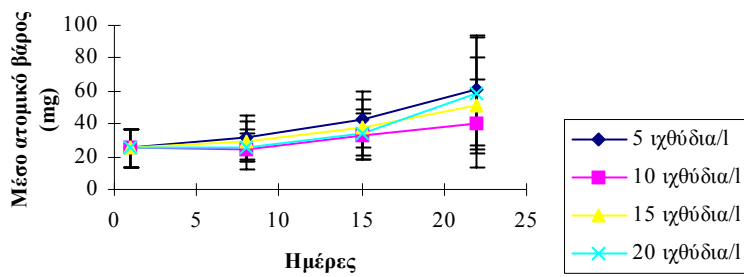
**Πίνακας 6.** Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς (ANOVA) για το ολικό μήκος (TL) και το ατομικό βάρος (W) των ιχθυδίων μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών για κάθε δειγματοληψία.

<b>Πηγή μεταβλητότητας</b>	<b>Βαθμοί</b>	<b>Άθροισμα</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Ελευθερίας τετραγώνων</b>				
TL την ημέρα 8 (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	3	0,187	6,053	0,0001
W την ημέρα 8 (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	3	3,612	7,65	0,0001
TL την ημέρα 15 (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	3	0,032	1,029	0,380
W την ημέρα 15 (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	3	0,373	0,792	0,499
TL την ημέρα 22 (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	3	0,154	3,646	0,013
W την ημέρα 22 (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	3	2,865	4,308	0,005

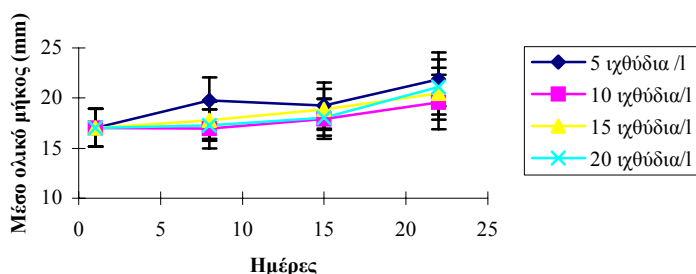
**Πίνακας 7.** Πίνακας σημαντικότητας των συγκρίσεων (ANOVA) μεταξύ τεσσάρων συνθηκών ως προς το ατομικό βάρος και ολικό μήκος (W, TL) βάσει ελέγχου Tukey (\*\*:  $p < 0.01$ , \*:  $p < 0.05$ ).

	Συνθήκη	5 ιχθύδια/l	10 ιχθύδια/l	15 ιχθύδια/l
<b>W:Ημέρα 8</b>	10 ιχθύδια/l	**		
	15 ιχθύδια/l	**		
	20 ιχθύδια/l	**		
<b>TL:Ημέρα8</b>	10 ιχθύδια/l	**		
	15 ιχθύδια/l	*		
	20 ιχθύδια/l	**		
<b>W:Ημέρα22</b>	10 ιχθύδια/l	*		
	15 ιχθύδια/l			
	20 ιχθύδια/l		*	
<b>TL:Ημέρα22</b>	10 ιχθύδια/l	*		
	15 ιχθύδια/l	*		
	20 ιχθύδια/l			

Στις Εικόνες 5 και 6 παρουσιάζεται η εξέλιξη του μέσου ατομικού βάρους και του μέσου ολικού μήκους κατά την διάρκεια του πειράματος.



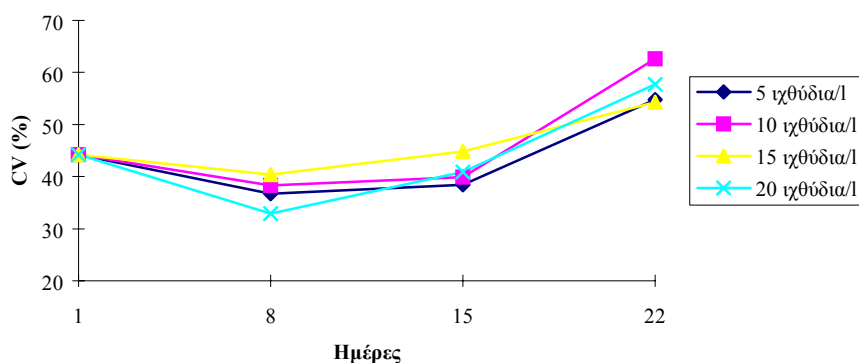
**Εικόνα 5.** Εξέλιξη του μέσου ατομικού βάρους και η τυπική απόκλιση των τριών επαναλήψεων κατά την πειραματική εκτροφή για τις τέσσερις πειραματικές ιχθυοπυκνότητες.



**Εικόνα 6.** Εξέλιξη του μέσου ολικού μήκους και η τυπική απόκλιση των τριών επαναλήψεων κατά την πειραματική εκτροφή για τις τέσσερις πειραματικές ιχθυοπυκνότητες.

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα του συντελεστή μεταβλητότητας του βάρους (CV) με το χρόνο η διασπορά του ατομικού βάρους αυξάνει κατά την διάρκεια της εκτροφής (Εικόνα 7). Στο τέλος του πειράματος ο συντελεστής μεταβλητότητας δεν διαφοροποιείται στατιστικά σημαντικά μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών (ANOVA,  $p>0.01$ ).

Ο συντελεστής μεταβλητότητας του αρχικού πληθυσμού ήταν αρκετά υψηλός 44.21%. Κατά την πρώτη περίοδο ο συντελεστής μειώνεται σε όλες τις συνθήκες. Κατά την δεύτερη περίοδο αυξάνεται σε μικρό ποσοστό (2-5%) στις συνθήκες με χαμηλές ιχθυοπυκνότητα (A και B) ενώ σε μεγαλύτερο ποσοστό στις συνθήκες C και D (12% και 24%). Μετά την τρίτη περίοδο κατά την διάρκεια της οποίας εμφανίζεται και η μεγαλύτερη θνησιμότητα, παρατηρείται η μεγαλύτερη αύξηση του συντελεστή μεταβλητότητας σε όλες τις συνθήκες (20% για την συνθήκη C και πάνω από 40% για τις A, B, D).

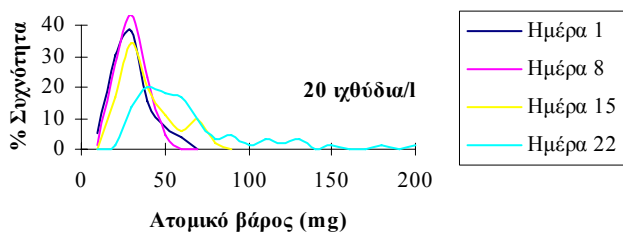
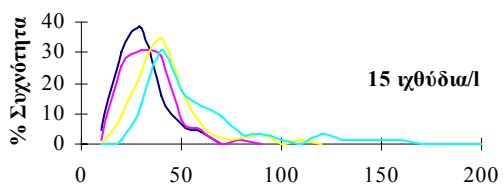
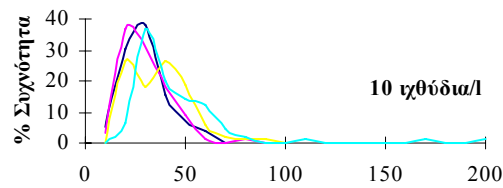
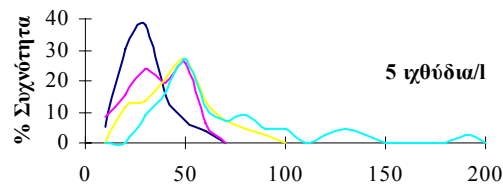


**Εικόνα 7.** Εξέλιξη του συντελεστή μεταβλητότητας (CV) του βάρους των ιχθυονυμφών του λαβρακιού για τις τέσσερις συνθήκες του πειράματος.

Από τα διαγράμματα συχνοτήτων της κατανομής του ατομικού βάρους (Εικόνα 8) φαίνεται ότι κατά την διάρκεια της δεύτερης περιόδου (κίτρινη γραμμή) η συχνότητα εμφάνισης των μεγάλων ατόμων αυξήθηκε από 4% σε 10-14% (Ημέρα 15). Αντίθετα, το ποσοστό των πολύ μικρών ατόμων μειώθηκε από 5% (την Ημέρα 1) για τις συνθήκες υψηλής ιχθυοφόρτισης από την πρώτη κιάλας περίοδο σε 1% (Ημέρα 8). Για την συνθήκη A διπλασιάστηκε σε 10% και για την συνθήκη B διατηρήθηκε στα αρχικά επίπεδα.

Στο τέλος του πειράματος για τις συνθήκες A, C και D το μεγαλύτερο ποσοστό των ατόμων είχαν ατομικό βάρος μεταξύ 30 και 60 mg σε ποσοστό 55%, 74% και 68% αντίστοιχα. Το ποσοστό των μεγάλων ατόμων (από 70-200 mg) σχεδόν τριπλασιάστηκε (25-35%) και το ποσοστό των μικρών ατόμων (20-30 mg) παρέμεινε αρκετά υψηλό (10%) στη συνθήκη A ενώ μειώθηκε σε 1% για τις συνθήκες C και D.

Διαφορετική εικόνα παρουσίασε η κατανομή του ατομικού βάρους στον πληθυσμό B στο τέλος του πειράματος με το ίδιο ποσοστό μικρών (43% από 10-30 mg) και μεσαίων ατόμων (47% από 30-60 mg) και ένα μικρό ποσοστό μεγάλων ατόμων (10% από 70-200 mg).



**Εικόνα 8.** Η εξέλιξη της κατανομής κατά συχνότητες του ατομικού βάρους των ιχθυδίων των τεσσάρων συνθηκών κατά την διάρκεια του πειράματος.

Ο ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR) και ο σχετικός ρυθμός αύξησης (RGR) υπολογίστηκαν για όλη την διάρκεια του πειράματος καθώς και για κάθε περίοδο χωριστά για όλες τις καλλιέργειες. Η σύγκριση (ANOVA) των ρυθμών αύξησης κάθε αντίστοιχης περιόδου καθώς και της συνολικής

περιόδου του πειράματος μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών δεν έδειξε στατιστικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 99% (Πίνακας 9).

**Πίνακας 9.** Σύγκριση του ειδικού ρυθμού αύξησης (SGR) και του σχετικού ρυθμού αύξησης (RGR) κάθε αντίστοιχης περιόδου (Π1, Π2, Π3) και της συνολικής διάρκειας του πειράματος μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών με ανάλυση διασποράς (ANOVA) .

<b>Πηγή μεταβλητότητας</b>	<b>Βαθμοί ελευθερίας</b>	<b>Άθροισμα τετραγώνων</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Περίοδος Π1:</b>				
Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών <b>SGR</b>	3	19,653	0,619	0,622
<b>RGR</b>	3	145,67	0,644	0,608
<b>Περίοδος Π2:</b>				
Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών <b>SGR</b>	3	2,479	0,151	0,926
<b>RGR</b>	3	402,00	0,195	0,897
<b>Περίοδος Π3:</b>				
Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών <b>SGR</b>	3	30,257	2,875	0,103
<b>RGR</b>	3	4590,917	2,610	0,124
<b>Ημέρα 1 έως ημέρα 22</b>				
Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών <b>SGR</b>	3	6,523	5,564	0,023
<b>RGR</b>	3	11250,67	5,750	0,021

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές του SGR και του RGR για όλη τη διάρκεια του πειράματος και για όλες τις καλλιέργειες. Για όλη την διάρκεια του πειράματος η συνθήκη **B** είχε τον μικρότερο ειδικό ( $2\pm 1\%$ ) και σχετικό ( $58\pm 32\%$ ) ρυθμό αύξησης. Στις συνθήκες **A**, **C** και **D** η αύξηση κυμάνθηκε από **3 έως 4%** ανά ημέρα και η αύξηση του ατομικού βάρους από την αρχή έως το τέλος του πειράματος ήταν κατά μέσο όρο  $122\pm 21\%$  του αρχικού βάρους.



### **3.2.3. Συμπεριφορά**

Από την πρώτη ημέρα τα μεγάλα σε μέγεθος άτομα εγκαταστάθηκαν στα βαθύτερα στρώματα του νερού έως τον βυθό της δεξαμενής ενώ τα μεσαία και τα μικρότερα άτομα παρουσιάζονταν περισσότερο σε επιφανειακότερα στρώματα του νερού. Ταυτόχρονα εκδηλώθηκαν ανταγωνιστικές σχέσεις και επιθετική συμπεριφορά μεταξύ των ιχθυδίων.

Στις καλλιέργειες με υψηλές ιχθυοφορτίσεις τα ψάρια ήταν περισσότερο δραστήρια, κυνηγούσαν και αναζητούσαν την τροφή τους συνεχώς. Η δραστήρια περιπλάνηση των ατόμων σταματούσε ξαφνικά όταν δύο άτομα έρχονταν πιο κοντά ή αγγίζονταν ελαφρά. Τότε έπαιρναν επιθετική στάση κάμπτοντας τον κορμό και την ουρά. Τα μεγαλύτερα σε μέγεθος άτομα κυνηγούσαν και επιτίθονταν στα μικρότερα, τις περισσότερες φορές τραυματίζοντάς τα στο ουραίο πτερύγιο. Οι θηρευτικές προσπάθειες κάποιου ατόμου στέφονταν από επιτυχία συλλαμβάνοντας την λεία από την ουρά. Ο θηρευτής συνέχιζε να κολυμπά γρήγορα γύρω από την δεξαμενή καταβροχθίζοντας την λεία του αργά. Στην πορεία του αυτή, άλλα μεγαλύτερα ή ισομεγέθη άτομα επιτίθονταν στην λεία του. Συχνά το θύμα, αν ήταν ακόμα ζωντανό, ξέφευγε από το στόμα του ή απλά έπεφτε από το στόμα του νεκρό και μισοφαγωμένο.

Τα θύματα που ξέφευγαν έχαναν την κολυμβητική τους ικανότητα και κινούνταν άτακτα στην επιφάνεια του νερού δίνοντας στόχο ακόμα και σε μεσαίου μεγέθους ψάρια. Έτσι, τα τραυματισμένα άτομα συχνά γινόταν λεία άλλων ατόμων (μεγαλύτερα ή και ίδιου μεγέθους) ή πέθαιναν ανήμπορα να κολυμπήσουν και να διατραφούν. Παρατηρήθηκε μία εκλεκτικότητα στην αρπαγή των τραυματισμένων ατόμων από τους θηρευτές οι οποίοι προτιμούσαν να αρπάζουν τα ζωντανά άτομα. Όταν η λεία ήταν νεκρή πλησίαζαν, επιτίθονταν διαπίστωναν ότι ήταν νεκρή και την άφηναν να πέσει. Την ίδια συμπεριφορά αποφυγής των νεκρών ατόμων παρουσίασαν και όταν, κινούμενα στον βυθό της δεξαμενής προς αναζήτηση τροφής απέφευγαν τις νεκρές λείες στις οποίες δεν βρέθηκαν σημάδια νεκροφαγίας.

Τα νεκρά άτομα που συλλέγονταν καθημερινά από τις δεξαμενές καλλιέργειας, ήταν ψάρια με άδειο στομάχι και κατεστραμμένο ουραίο, εδρικό και ραχιαίο πτερύγιο ή ήταν μισοφαγωμένα.. Στην αρχή του πειράματος το ποσοστό των τραυματισμένων νεκρών ατόμων ήταν πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των μισοφαγωμένων το οποίο σταδιακά αυξανόταν. Ιδιαίτερα την τελευταία περίοδο του πειράματος το ποσοστό των ατόμων αυτών κυμάνθηκε από 70-90%.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των μισοφαγωμένων ατόμων βρέθηκαν με την μισή σπονδυλική στήλη απογυμνωμένη από την σάρκα. Ο υπόλοιπος κορμός έως και το κεφάλι ήταν άθικτο. Σε ένα μικρότερο ποσοστό (5-10%) βρέθηκε μόνο το κεφάλι με ή χωρίς απογυμνωμένη σπονδυλική στήλη ενώ, μερικές φορές βρέθηκε μόνο ο σκελετός του ψαριού από το κεφάλι έως την ουρά.

Από την παρατήρηση των νεκρών ατόμων φάνηκε ότι ο κανιβαλισμός δεν είχε θύματα μόνο τα μικρά μέλη του πληθυσμού αλλά συχνά και ορισμένους από τους θύτες. Ιδιαίτερα τις περιόδους που ο κανιβαλισμός παρουσίασε έξαρση ανάμεσα στα νεκρά άτομα βρέθηκαν ορισμένα μεγάλα άτομα με την λεία στο στόμα τους ή με ανοιχτό στόμα και εξαρθρωμένες σιαγόνες. Τέτοια άτομα παρατηρήθηκαν και ζωντανά να κολυμπούν άτακτα στην επιφάνεια των δεξαμενών εκτροφής. Η εικόνα ενός μεγάλου ψαριού με ένα άλλο μικρότερο στο στόμα παρατηρήθηκε σε όλες τις ιχθυοπυκνότητες αλλά η συχνότητα εμφάνισής της ήταν μεγαλύτερη ήταν ιδιαίτερα στις υψηλές ιχθυοπυκνότητες.

Τα ψάρια χωρίς το πρωί πριν το άναμμα του φωτός ήταν κατανεμημένα ήρεμα σε όλη την στήλη του νερού. Αμέσως μετά το άναμμα του φωτός και λίγο πριν τη πρώτη διανομή της τροφής, τα ψάρια δραστηριοποιούνταν και με γρήγορες κολυμβητικές κινήσεις αναζητούσαν την τροφή τους στα επιφανειακότερα στρώματα του νερού και επιτίθονταν κυρίως στα μικρότερα μέλη του πληθυσμού. Συχνή ήταν η εικόνα ενός μεγάλου ατόμου με ένα μικρότερο στο στόμα του.

Μετά την πρώτη διανομή της τροφής τα μεγαλύτερα σε μέγεθος άτομα τοποθετούνταν σε βαθύτερα στρώματα του νερού. Οι επιθέσεις συνεχίζονταν σε όλη την διάρκεια της ημέρας και η έντασή τους μειωνόταν περίπου κοντά στο μεσημέρι ενώ πολλά κρούσματα κανιβαλισμού και έντονη δραστηριοποίηση παρατηρούνταν πάλι αργά το απόγευμα.

Η επιθετική συμπεριφορά του λαβρακιού έγινε ιδιαίτερα έντονη κυρίως κατά την τελευταία περίοδο του πειράματος και εκδηλώνονταν τόσο σε μικρά όσο και σε ισομεγέθη άτομα ανεξάρτητα από την παρουσία ή απουσία τροφής. Η περίοδος αυτή συμπίπτει με το τέλος του “weaning” και την πρώτη περίοδο διατροφής αποκλειστικά με αδρανή τροφή.

### **3.3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΚΤΡΟΦΗ ΜΕΤΑΝΥΜΦΩΝ ΛΑΒΡΑΚΙΟΥ**

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα του πειράματος για κάθε συνθήκη (**E**: φυσική ετερογένεια, **Hi**: ελάχιστη ετερογένεια, **Hch**: διατήρηση της ομοιογένειας).

#### **3.3.1. Θνησιμότητα**

Η εξέλιξη της ημερήσιας θνησιμότητας για κάθε συνθήκη του πειράματος παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.

Κατά την πρώτη περίοδο του πειράματος η θνησιμότητα ήταν ιδιαίτερα χαμηλή στους πληθυσμούς που είχε γίνει διαλογή στο μέγεθος των ψαριών (**Hi** και **Hch**) και κυμάνθηκε κατά μέσο όρο από 0.1 έως 0.4% ημερησίως. Αντίθετα, στους πληθυσμούς με φυσική ετερογένεια του μεγέθους (**E**) η ημερήσια θνησιμότητα ήταν κατά μέσο όρο διπλάσια ( $0.8 \pm 0.2\%$ ).

Από την έβδομη ημέρα έως την 13η η θνησιμότητα σχεδόν διπλασιάζεται στους πληθυσμούς με φυσική ετερογένεια (E) και στους πληθυσμούς με την ελάχιστη ομοιογένεια (Hi) φτάνοντας κατά μέσο όρο σε  $2\pm 0.3\%$  και  $0.7\pm 0.3\%$  αντίστοιχα. Στους πληθυσμούς (Hch) στους οποίους διατηρήθηκε η ομοιογένεια του μεγέθους με διαλογή (την ένατη ημέρα) και απομάκρυνση των μεγάλων και μικρών ατόμων η ημερήσια θνησιμότητα διατηρήθηκε στο ίδιο χαμηλό ποσοστό (0.1 έως 0.4%). Το διάστημα αυτό συμπίπτει με την αρχή της σταδιακής αποκοπής από την ζωντανή τροφή που ξεκίνησε την έβδομη ημέρα του πειράματος με μείωση κατά ένα των γευμάτων με μεταναύπλιους Artemia (από τέσσερα ημερήσια γεύματα σε τρία).

Από την 14η ημέρα η θνησιμότητα στους πληθυσμούς E και Hi σταδιακά αυξάνεται φτάνοντας στο τέλος του πειράματος από  $2\pm 0.3\%$  σε  $4.4\pm 0.7\%$  και από  $0.7\pm 0.3\%$  σε  $6.5\pm 0.5\%$  αντίστοιχα για κάθε συνθήκη.

Διαφορετική εικόνα παρουσίασαν οι πληθυσμοί της συνθήκης Hch. Απότομη αύξηση της θνησιμότητας παρατηρήθηκε μέσα σε δύο ημέρες (13η έως 15η) από 0.4% σε 3% αμέσως μετά την σταδιακή μείωση της ζωντανής τροφής την 10η και 12η ημέρα εκτροφής σε ένα γεύμα ανά ημέρα. Η θνησιμότητα σταθεροποιήθηκε για τις τέσσερις επόμενες ημέρες (15η-19η) με μέσο όρο  $2.5\pm 0.3\%$  μετά την διαλογή σε μέγεθος που έγινε την 15η ημέρα. Αύξηση της θνησιμότητας ( $4.5\pm 0.3\%$ ) παρατηρείται ξανά τις δύο τελευταίες ημέρες του πειράματος μετά την πλήρη αποκοπή της ζωντανής τροφής την 20η ημέρα και πριν την διαλογή.

Για την πληρέστερη εκτίμηση της τελικής επιβίωσης των πληθυσμών από την αρχή έως το τέλος του πειράματος υπολογίστηκαν η γενική (Sg) και η παρατηρούμενη (So). Για τον υπολογισμό της επιβίωσης της συνθήκης Hch συνυπολογίστηκαν εκτός από τα άτομα που αφαιρέθηκαν κατά την δειγματοληψία και τα άτομα που αφαιρέθηκαν από τους πληθυσμούς με την διαλογή κατά την διάρκεια της εκτροφής (ημέρα 9 και 15).

Η αφαίρεση όμως ενός σημαντικού τμήματος (συνολικά 20% του αρχικού πληθυσμού) από κάθε ένα από τους τρεις πληθυσμούς της συνθήκης Hch με την διαλογή, διαφοροποιεί τις τρεις συνθήκες μεταξύ τους ως προς την ανθρωπογενή επέμβαση. Αυτό δεν συμβαίνει με την δειγματοληψία η οποία γινόταν και στους τρεις πληθυσμούς στο ίδιο ποσοστό (συνολικά περίπου 20% του αρχικού πληθυσμού). Επιπλέον, το μεγάλο ποσοστό των ατόμων που αφαιρέθηκαν με την διαλογή δεν μπορεί να θεωρηθεί σαν απώλεια αλλά σαν κέρδος για τον ιχθυοκαλλιεργητή.

Σύμφωνα με τα παραπάνω και με σκοπό να γίνει καλλίτερη σύγκριση των τριών συνθηκών, θεωρήθηκε σκόπιμο για να διορθωθεί η γενική επιβίωση (Sg) των πληθυσμών της συνθήκης Hch και να συμπεριληφθούν τα άτομα που απομακρύνθηκαν με την διαλογή.

Η **διορθωτική γενική επιβίωσης (Sgc)** των πληθυσμών της συνθήκης Hch, υπολογίστηκε συμπεριλαμβάνοντας το ποσοστό των ατόμων που θα επιζούσαν έως το τέλος αν δεν είχαν αφαιρεθεί

με την διαλογή. Η εκτίμηση αυτή έγινε με βάση την παρατηρούμενη ημερήσια θνησιμότητα που υπολογίστηκε για κάθε καλλιέργεια της συνθήκης Hch (Εικόνα 1).

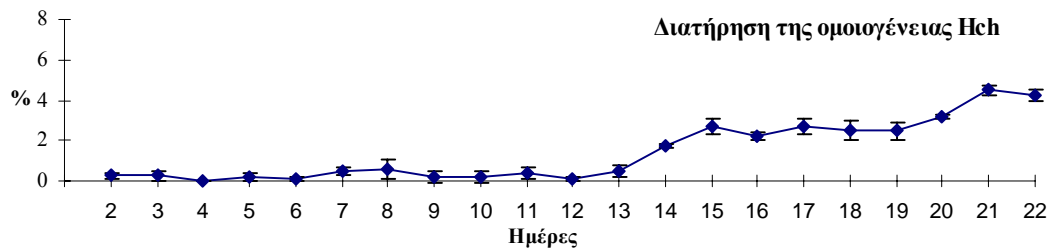
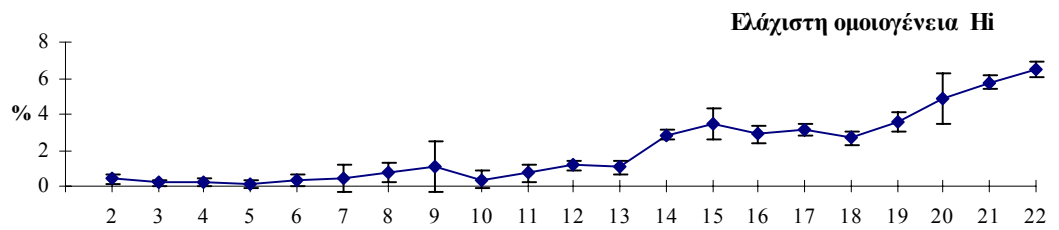
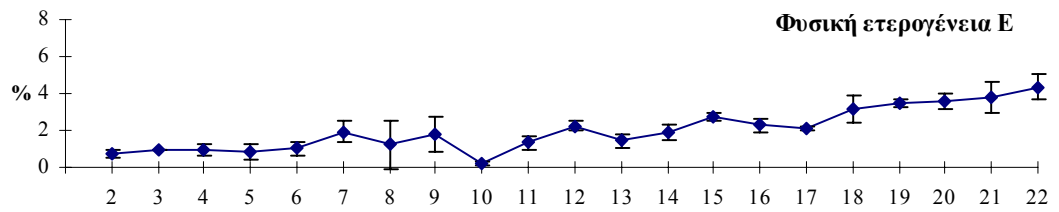
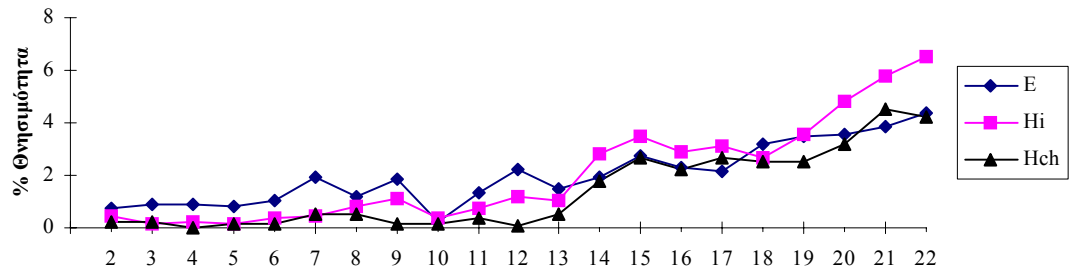
Η ανάλυση διασποράς κατά ζεύγη δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές της μέσης τελικής επιβίωσης ( $S_o$ ,  $S_g$ ) μεταξύ των συνθηκών. Επεσήμανε όμως σημαντικές στατιστικές διαφορές της τελικής διορθωτικής γενικής επιβίωσης ( $S_{gc}$ ) μεταξύ των τριών συνθηκών (Πίνακας 2). Οι διαφορές αυτές επικεντρώνονται σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο 99% μεταξύ της συνθήκης Hch με τον μεγαλύτερη κατά μέσο όρο τελική επιβίωση (59,8%) έναντι των πληθυσμών E και H1 με μέση τελική επιβίωση 40%.

**Πίνακας 1.** Αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων του πρώτου πειράματος: **Επίδραση της ετερογένειας του μεγέθους στην εκτροπή μετανυμφών λαβρακιού.**

Για κάθε συνθήκη (E, Hi, Hch) του πειράματος παρουσιάζονται οι μέσοι όροι κάθε επανάληψης (1,2,3) και ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση για κάθε συνθήκης.

Πείραμα 4	Συνθήκη 1: Φυσική ετερογένεια (E)					Συνθήκη 2: Ελάχιστη ετερογένεια (Hi)					Συνθήκη 3: Διατήρηση ομοιογένειας (Hch)				
	1	2	3	Μέσος	SD	1	2	3	Μέσος	SD	1	2	3	Μέσος	SD
Αρχικός αριθμός (Ni)	550	550	550	<b>550</b>	<b>0</b>	550	550	550	<b>550</b>	<b>0</b>	550	550	550	<b>550</b>	<b>0</b>
Τελικός αριθμός (Nf)	135	175	180	<b>163</b>	<b>25</b>	180	165	145	<b>163</b>	<b>18</b>	118	129	118	<b>122</b>	<b>6</b>
Τελική Παρατηρούμενη Επιβίωση So (%)	43,70	53,00	55,60	<b>50,77</b>	<b>6,26</b>	52,90	50,00	45,10	<b>49,33</b>	<b>3,94</b>	52,90	56,00	54,00	<b>54,30</b>	<b>1,57</b>
Τελ. Διορθ. Γενική Επιβίωση Sgc (%)	33,75	43,75	45	<b>40,83</b>	<b>6,17</b>	45	41,25	36,25	<b>40,83</b>	<b>4,39</b>	58,50	61,25	58,50	<b>59,75</b>	<b>2,17</b>
Αριθμός Χαμένων (ND)	0	4	11	<b>5,00</b>	<b>5,57</b>	3	4	1	<b>2,67</b>	<b>1,53</b>	0	2	0	<b>0,67</b>	<b>1,15</b>
% “Χαμένα” άτομα D (%)	0	1,00	2,75	<b>1,25</b>	<b>1,39</b>	0,75	1,00	0,25	<b>0,67</b>	<b>0,38</b>	0	0,70	0	<b>0,23</b>	<b>0,40</b>
Τελική Γενική Επιβίωση Sg (%)	33,75	43,75	45	<b>40,83</b>	<b>6,17</b>	45	41,25	36,25	<b>40,83</b>	<b>4,39</b>	41,55	45,10	41,99	<b>42,88</b>	<b>1,94</b>
Αρχικό Βάρος Pi (mg)	32,13	32,13	32,13	<b>32,13</b>	<b>0,00</b>	33,10	33,10	33,10	<b>33,10</b>	<b>0,00</b>	33,10	33,10	33,10	<b>33,10</b>	<b>0,00</b>
Τελικό Βάρος Pf (mg)	72,10	108,67	125,44	<b>102,07</b>	<b>27,28</b>	92,45	111,36	90,68	<b>98,16</b>	<b>11,46</b>	77,90	107,46	79,99	<b>88,45</b>	<b>16,49</b>
Αρχικό μήκος Li (mm)	17,73	17,73	17,73	<b>17,73</b>	<b>0,00</b>	17,92	17,92	17,92	<b>17,92</b>	<b>0,00</b>	17,92	17,92	17,92	<b>17,92</b>	<b>0,00</b>
Τελικό μήκος Lf (mm)	22,58	23,88	24,82	<b>23,76</b>	<b>1,12</b>	23,81	24,20	23,35	<b>23,79</b>	<b>0,43</b>	22,62	23,80	22,64	<b>23,02</b>	<b>0,68</b>
Αρχ. Συντ. μεταβλητότητας του βάρους Cvi	38,81	38,81	38,81	<b>38,81</b>	<b>0,00</b>	33,13	33,13	33,13	<b>33,13</b>	<b>0,00</b>	33,13	33,13	33,13	<b>33,13</b>	<b>0,00</b>

Τελ. Συντ. μεταβλητότητας του βάρους Cvf	51,05	75,37	96,69	<b>74,37</b>	<b>22,84</b>	61,85	57,55	59,50	<b>59,63</b>	<b>2,16</b>	61,22	32,43	55,73	<b>49,79</b>	<b>15,28</b>
CV αναλογία (Cvf/Cvi)	1,32	1,94	2,49	<b>1,92</b>	<b>0,59</b>	1,87	1,74	1,80	<b>1,80</b>	<b>0,07</b>	1,85	0,98	1,68	<b>,50</b>	<b>0,46</b>
Σχετικός ρυθμός αύξησης (RGR, %)	124	238	290	<b>218</b>	<b>85</b>	179	236	174	<b>197</b>	<b>35</b>	135	225	142	<b>167</b>	<b>50</b>
Ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR% d <sup>-1</sup> )	3,67	5,54	6,19	<b>5,13</b>	<b>1,31</b>	4,67	5,51	4,58	<b>4,92</b>	<b>0,52</b>	3,89	5,35	4,01	<b>4,42</b>	<b>0,81</b>



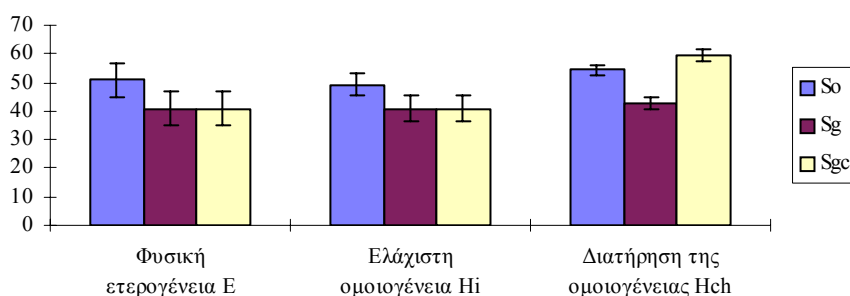
**Εικόνα 1.** Εξέλιξη της ημερήσιας θνησιμότητας για τις τρεις συνθήκες του πειράματος.

**Πίνακας 2.** Σύγκριση της τελικής επιβίωσης (So, Sg, Sgc) μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών του πειράματος με ανάλυση διασποράς (ANOVA).

Πηγή μεταβλητότητας	Βαθμοί	Άθροισμα	F	p
τετραγώνων				
Ελευθερίας				
Τελική επιβίωση So (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	2	38,517	1,006	0,420
Τελική επιβίωση Sg (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	2	8,378	0,206	0,819
Τελική επιβίωση Sgc (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	2	690,681	17,321	0,003

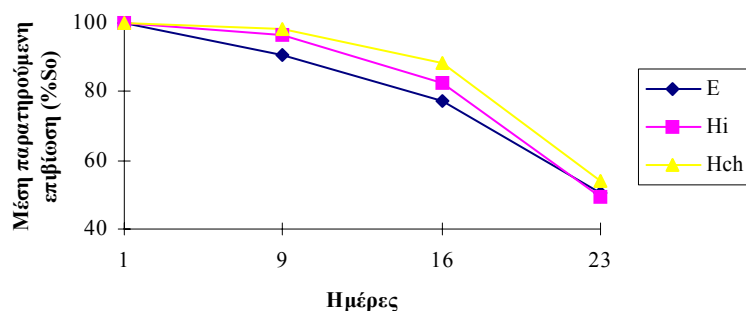
Η γενική τελική επιβίωση (Sg) για τους πληθυσμούς E και Hi κυμάνθηκε από 34 έως 45%. Η αντίστοιχη επιβίωση (Sg) για τον πληθυσμό Hch κυμάνθηκε από 42 έως 45% και με βάση όμως την διορθωτική γενική επιβίωση (Sgc) αυξάνεται παίρνοντας τιμές από 58,5 έως 61,25%.

Η παρατηρούμενη τελική επιβίωση (So) για τους πληθυσμούς E και Hi κυμάνθηκε από 44 έως 56% και για τον πληθυσμό Hch από 53 έως 56%. Η Στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται η επιβίωση στο τέλος του πειράματος για κάθε συνθήκη και στην Εικόνα 3 η εξέλιξη της μέσης παρατηρούμενης επιβίωσης για κάθε συνθήκη κατά την διάρκεια του πειράματος.



**Εικόνα 2.** Μέση τελική παρατηρούμενη επιβίωση (So), μέση τελική γενική επιβίωση (Sg), μέση τελική διορθωτική επιβίωση (Sgc) και τυπική απόκλιση των τριών επαναλήψεων για κάθε συνθήκη του πειράματος.





**Εικόνα 3.** Μέση παρατηρούμενη επιβίωση ( $S_o$ ) κατά την μετανυμφική καλλιέργεια του λαβρακιού για τις τρεις συνθήκες του πειράματος. **E:** φυσική ετερογένεια, **Hi:** ελάχιστη ετερογένεια, **Hch:** διατήρηση της ομοιογένειας

Η παρατηρούμενη επιβίωση ( $S_o$ ) υπολογίστηκε επιπλέον και χωριστά για τις τρεις περιόδους του πειράματος.

Η πρώτη περίοδος (Π1) είχε διάρκεια από την πρώτη έως την δεύτερη δειγματοληψία (ημέρα 1 έως 9), η δεύτερη (Π2) από την δεύτερη έως την τρίτη δειγματοληψία (ημέρα 10 έως 16) και η τρίτη (Π3) από την τρίτη έως την τελική δειγματοληψία (ημέρα 17 έως 23).

Η ανάλυση διασποράς κατά ζεύγη έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές της επιβίωσης μεταξύ των τριών συνθηκών για τις ίδιες περιόδους (Π1 και Π2) σε επίπεδο σημαντικότητας 95% (Πίνακας 3).

**Πίνακας 3** Σύγκριση της επιβίωσης ( $S_o$ ) κάθε αντίστοιχης περιόδου (Π1, Π2, Π3) του πειράματος μεταξύ των τριών συνθηκών με ανάλυση διασποράς (ANOVA) .

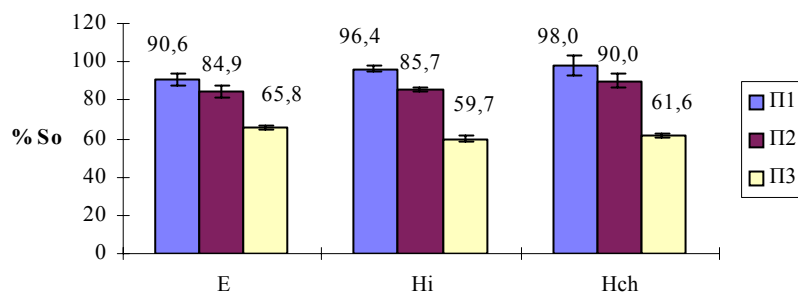
Πηγή μεταβλητότητας	Βαθμοί ελευθερίας	Άθροισμα τετραγώνων	F	p
<b>Περίοδος Π1:</b>				
Ημέρα 1 έως 9 (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	$S_o$ 2	90,498	6,89	0,028
<b>Περίοδος Π2:</b>				
Ημέρα 10 έως 16 (Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)	$S_o$ 2	43,801	11,04	0,010
<b>Περίοδος Π3:</b>				

Ημέρα	17	έως	23	<b>So</b>	2	57,572	2,250	0,187
(Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών)								

Βάσει του στατιστικού ελέγχου των συγκρίσεων του Tukey σε επίπεδο σημαντικότητας 95%, κατά την περίοδο **Π1** ο πληθυσμός με φυσική ετερογένεια της συνθήκης E παρουσίασε στατιστικά μικρότερη επιβίωση από τους πληθυσμούς Hi και Hch στους οποίους έγινε διαλογή στην αρχή του πειράματος.

Κατά την περίοδο **Π2** βάσει του παραπάνω στατιστικού ελέγχου, στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη ήταν η παρατηρούμενη επιβίωση στον πληθυσμό στον οποίο έγινε διαλογή κατά μέγεθος (Hch) από τους άλλους δύο με φυσική και ελάχιστη ετερογένεια (E, Hi).

Οι μέσες τιμές της επιβίωσης για κάθε περίοδο και συνθήκη φαίνονται στην Εικόνα4.



**Εικόνα 4.** Μέση παρατηρούμενη επιβίωση (So) και τυπική απόκλιση των τριών επαναλήψεων κάθε συνθήκης για κάθε μία από τις τρεις περιόδους του πειράματος. Π1: Ημέρα 1 έως 9, Π2: Ημέρα 10 έως 16, Π3: Ημέρα 17 έως 23. E: Φυσική ετερογένεια, Hi: Ελάχιστη ετερογένεια, Hch: Διατήρηση της ομοιογένειας.

Το διάστημα των τελευταίων επτά ημερών (Π3) είχε το χαμηλότερο ποσοστό επιβίωσης σε όλες τις ιχθυοπυκνότητες (Εικόνα 4).

Τα νεκρά άτομα που συλλέγονταν καθημερινά από τις δεξαμενές εκτροφής παρουσίασαν την ίδια εικόνα με τα νεκρά άτομα που συλλέχτηκαν κατά την διάρκεια του δεύτερου πειράματος.

Η μεγαλύτερη πλειοψηφία τους αποτελούνταν από μικρά άτομα και σε ένα μικρότερο ποσοστό από μεγάλα άτομα (8-13%). Η θνησιμότητα των μικρών ατόμων αποδόθηκε σε κανιβαλισμό. Ένα ποσοστό γύρω στο 80% έφεραν εμφανή σημάδια επιθέσεων

στο ουραίο, στο ραχιαίο και στο εδρικό περύγιο. Τα υπόλοιπα αποτελούνταν από άτομα μισοφαγωμένα από την ουρά έως τον κορμό, ενώ συχνά σαν μοναδικό υπόλοιπο έμενε μόνο το κεφάλι του θύματος.

Η αιτία θανάτου στα μεγάλα άτομα ήταν η σύλληψη ατόμων που δεν ήταν δυνατόν να καταπιούν εύκολα. Τα μεγάλα νεκρά άτομα εμφανίζονταν με ανοιχτό στόμα και εξάρθρωση των σιαγόνων ή με ένα μικρότερο άτομο στο στόμα.

Τα νεκρά άτομα που δεν βρέθηκαν στο τέλος του πειράματος, χαρακτηρίστηκαν σαν “χαμένα” και η θνησιμότητά τους αποδόθηκε εξολοκλήρου σε κανιβαλισμό. Το μέσο ποσοστό των χαμένων ατόμων (% D) δεν διέφερε στατιστικά σε επίπεδο σημαντικότητας 99% ( $p=0,409$ ),  $F=1,043$ ) μεταξύ των συνθηκών. Συνολικά 15 και 8 άτομα (μέσος όρος 1.29% και 0.67%) βρέθηκαν “χαμένα” στις τρεις καλλιέργειες της συνθήκης E και H1 ενώ μόνο δύο άτομα έλειπαν από μία από τις τρεις επαναλήψεις της συνθήκης Hch (0.23%).

### **3.3.2. Ανάπτυξη**

Την πρώτη ημέρα του πειράματος τα ψάρια των τριών πληθυσμών της συνθήκης E είχαν μέσο ατομικό βάρος  $32.13 \pm 12.47 \text{mg}$  και μέσο ολικό μήκος  $17,73 \pm 1.98 \text{mm}$ . Μετά την διαλογή σε μέγεθος τα ψάρια των έξι πληθυσμών της συνθήκης H1 και Hch είχαν μέσο ατομικό βάρος  $33.10 \pm 12.29 \text{mg}$  και μέσο ολικό μήκος  $17,93 \pm 1.72 \text{mm}$ .

Στο τέλος του πειράματος, το μέσο ατομικό βάρος ήταν  $102.07 \pm 89.01 \text{mg}$ ,  $98.16 \pm 58.66 \text{mg}$ ,  $88.45 \pm 44.36 \text{mg}$  και το μέσο ολικό μήκος ήταν  $23.76 \pm 4.11 \text{mm}$ ,  $23.79 \pm 3.43 \text{mm}$ ,  $23.02 \pm 2.65 \text{mm}$  αντίστοιχα για κάθε συνθήκη που εξετάστηκε. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται αναλυτικά ανά καλλιέργεια και ανά συνθήκη το μέσο ατομικό βάρος και το μέσο ολικό μήκος για κάθε δειγματοληψία.

**Πίνακας 5.** Μέσο ολικό μήκος και μέσο ατομικό βάρος των ιχθυδίων κατά τις τέσσερις δειγματοληψίες του πειράματος. Τα δεδομένα παρουσιάζονται ανά τριάδα των επαναλήψεων κάθε συνθήκης και ομαδοποιημένα ανά συνθήκη.

Μέσο ολικό μήκος TL (mm) ανά Δεξαμενή					Συνθήκη
	Ημέρα 1	Ημέρα 9	Ημέρα 16	Ημέρα 23	
A1	$17,73 \pm 1,98$	$19,64 \pm 1,89$	$21,24 \pm 2,27$	$22,58 \pm 2,36$	E:Φυσική ετερογένεια
A2	$17,73 \pm 1,98$	$19,78 \pm 2,04$	$21,36 \pm 1,82$	$23,88 \pm 3,84$	
A3	$17,73 \pm 1,98$	$19,57 \pm 2,57$	$21,84 \pm 1,91$	$24,82 \pm 5,37$	
B1	$17,92 \pm 1,72$	$19,92 \pm 1,39$	$20,38 \pm 1,46$	$23,81 \pm 3,46$	H1:Ελάχιστη ετερογένεια
B2	$17,92 \pm 1,72$	$20,16 \pm 1,83$	$20,20 \pm 1,59$	$24,20 \pm 3,58$	

B3	17,92±1,72	19,94±2,22	20,57±1,97	23,35±3,28	
C1	17,92±1,72	19,99±1,56	20,16±1,05	22,62±2,79	Hch:Διατ. της ομοιογένειας
C2	17,92±1,72	19,62±1,25	20,38±1,33	23,80±2,39	
C3	17,92±1,72	19,48±1,90	20,61±1,34	22,64±2,66	

Μέσο ατομικό βάρος (mg) ανά Δεξαμενή	Συνθήκη				
	Ημέρα 1	Ημέρα 9	Ημέρα 16	Ημέρα 23	
A1	32,13±12,47	42,36±15,09	52,73±19,35	72,10±36,81	E:Φυσική ετερογένεια
A2	32,13±12,47	43,88±18,61	53,32±15,45	108,67±81,90	
A3	32,13±12,47	44,26±21,76	64,51±18,42	125,44±121,30	
B1	33,10±12,29	44,43±11,05	45,48±11,27	92,45±57,18	Hi:Ελάχιστη ετερογένεια
B2	33,10±12,29	48,00±16,26	43,82±12,69	111,36±64,08	
B3	33,10±12,29	45,68±20,35	48,24±18,10	90,68±53,95	
C1	33,10±12,29	44,13±13,90	43,96±9,29	77,90±47,69	Hch:Διατ. της ομοιογένειας
C2	33,10±12,29	43,67±9,52	46,22±11,01	107,46±34,85	
C3	33,10±12,29	38,72±12,05	46,46±11,06	79,99±44,58	

Μέσο ολικό μήκος TL (mm) ανά Συνθήκη			
Ημέρα	E:Φυσική ετερογένεια	Hi:Ελάχιστη ετερογένεια	Hch:Διατήρηση της ομοιογένειας
1	17,73±19,8	17,92±1,72	17,92±1,72
9	19,66±2,16	20,01±1,83	19,70±1,59
16	21,48±2,00	20,38±1,68	20,38±1,25
23	23,76±4,11	23,79±3,43	

Μέσο ατομικό βάρος (mg) ανά συνθήκη			
Ημέρα	E:Φυσική ετερογένεια	Hi:Ελάχιστη ετερογένεια	Hch:Διατήρηση της ομοιογένειας
1	32,13±12,47	33,10±12,29	33,10±12,29
9	43,50±18,49	46,04±16,22	42,17±12,02
16	56,85±18,44	45,85±14,28	45,55±10,43
23	102,07±89,01	98,16±58,66	88,45±44,36

Η ανάλυση διασποράς δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p>0.01$ ) στις μετρήσεις του ολικού μήκους και του ατομικού βάρους μεταξύ των επαναλήψεων.

Η σύγκριση του μέσου ολικού μήκους και του μέσου ατομικού βάρους των ψαριών για κάθε περίοδο του πειράματος έγινε στα ομαδοποιημένα αποτελέσματα ανά συνθήκη. Η ανάλυση διασποράς (ANOVA) επεσήμανε στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις συνθήκες τόσο για το ολικό μήκος όσο και το ατομικό βάρος την ημέρα 16 (Πίνακας 6).

Βάσει του ελέγχου των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey ο πληθυσμός της συνθήκης E παρουσιάζει στατιστικά σημαντικά ( $p < 0.01$ ) μεγαλύτερο ολικό μήκος και βάρος από τις άλλες συνθήκες (Πίνακας 7).

**Πίνακας 6.** Αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς (ANOVA) για το ολικό μήκος (TL) και το ατομικό βάρος (W) των ιχθυδίων μεταξύ των τριών συνθηκών για κάθε δειγματοληψία.

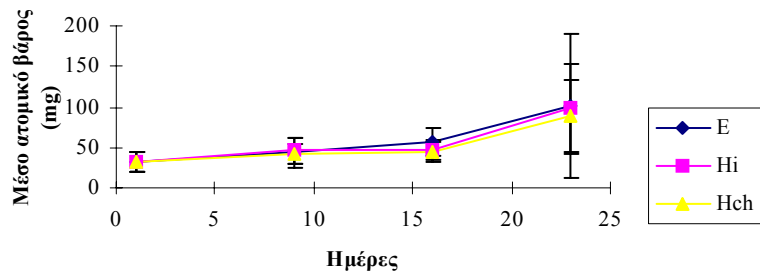
Πηγή μεταβλητότητας	Βαθμοί Ελευθερίας	Άροισμα τετραγώνων	F	p
TL την ημέρα 16 (Μεταξύ των τριών συνθηκών)	2	0,154	12,52	0,0001
W την ημέρα 16 (Μεταξύ των τριών συνθηκών)	2	2,400	15,96	0,0001

**Πίνακας 7.** Πίνακας σημαντικότητας των συγκρίσεων (ANOVA) μεταξύ τριών συνθηκών ως προς το ατομικό βάρος και ολικό μήκος (W, TL) βάσει ελέγχου Tukey (\*\*:  $p < 0.01$ , \*:  $p < 0.05$ ).

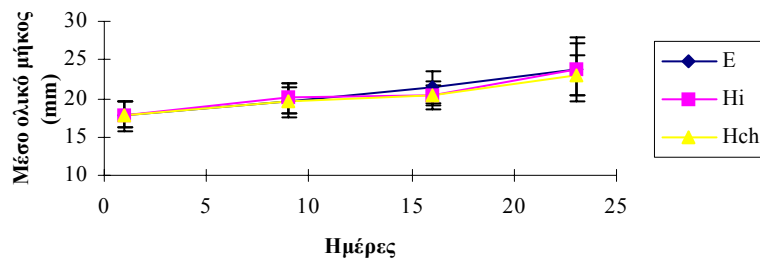
**E:** φυσική ετερογένεια, **Hi:** ελάχιστη ετερογένεια, **Hch:** διατήρηση της ομοιογένειας

	Συνθήκη	E	Hi
<b>W:Ημέρα16</b>	Hi	**	
	Hch	**	
<b>TL:Ημέρα16</b>	Hi	**	
	Hch	**	

Στις Εικόνες 5 και 6 παρουσιάζεται η εξέλιξη του μέσου ατομικού βάρους και του μέσου ολικού μήκους κατά την διάρκεια του πειράματος.



**Εικόνα 5.** Εξέλιξη του μέσου ατομικού βάρους και η τυπική απόκλιση των τριών επαναλήψεων κατά την πειραματική εκτροφή για τις τέσσερις πειραματικές ιχθυοπυκνότητες. **E:** φυσική ετερογένεια, **Hi:** ελάχιστη ετερογένεια, **Hch:** διατήρηση της ομοιογένειας



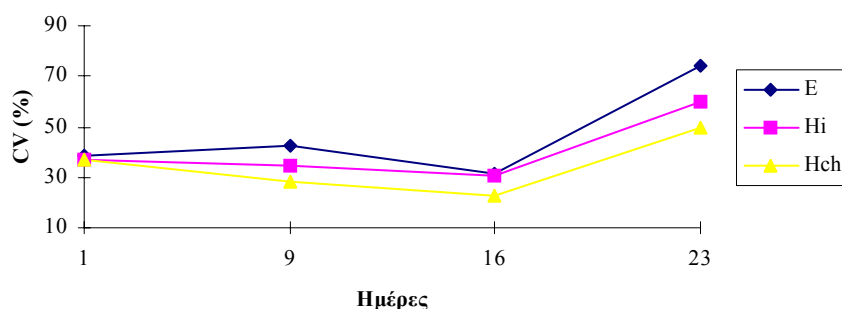
**Εικόνα 6.** Εξέλιξη του μέσου ολικού μήκους και η τυπική απόκλιση των τριών επαναλήψεων κατά την πειραματική εκτροφή για τις τέσσερις πειραματικές ιχθυοπυκνότητες. **E:** φυσική ετερογένεια, **Hi:** ελάχιστη ετερογένεια, **Hch:** διατήρηση της ομοιογένειας

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα (Εικόνα 7) του συντελεστή μεταβλητότητας βάρους (CV) με το χρόνο η διασπορά του ατομικού βάρους διατηρήθηκε στους πληθυσμούς της συνθήκης Hch κάτω από 30% τις πρώτες δύο περιόδους του πειράματος με την διαλογή σε μέγεθος που έγινε την 1η, 9η και 16η ημέρα.

Την ίδια περίοδο ο συντελεστής μεταβλητότητας των πληθυσμών Hi με την ελάχιστη ετερογένεια (διαλογή μεγέθους την 1η ημέρα του πειράματος) ήταν κατά 20-30% υψηλότερος από τον συντελεστή της συνθήκης Hch.

Στο τέλος του πειράματος ο συντελεστής διπλασιάστηκε και στις δύο συνθήκες φτάνοντας κατά μέσο όρο από 23% σε 50% για την συνθήκη Hch και από 30% σε 60% για την συνθήκη Hi μέσα σε μία εβδομάδα. Στους πληθυσμούς E με φυσική ετερογένεια ο

συντελεστής μεταβλητότητας μειώθηκε κατά την δεύτερη περίοδο του πειράματος σε  $31\pm 5\%$  και την τελευταία περίοδο αυξήθηκε σε  $74\pm 23\%$ . Στο τέλος του πειράματος ο συντελεστής μεταβλητότητας δεν διαφοροποιείται στατιστικά σημαντικά μεταξύ των τριών συνθηκών (ANOVA,  $p > 0.01$ ).



**Εικόνα 7.** Εξέλιξη του συντελεστή μεταβλητότητας (CV) του βάρους των ιχθυονυμφών του λαβρακιού για τις τρεις συνθήκες του πειράματος. **E:** φυσική ετερογένεια, **Hi:** ελάχιστη ετερογένεια, **Hch:** διατήρηση της ομοιογένειας

Στους δύο πληθυσμούς E και Hi το ποσοστό των μεγάλων ατόμων αυξήθηκε σταδιακά κατά την διάρκεια του πειράματος (από 8-10% σε 40-45%) και το ποσοστό των μικρών ατόμων μειώθηκε από 10-14% σε 7-8% (Εικόνα 8).

Στον πληθυσμό Hch η διαλογή σε μέγεθος που γινόταν κατά την διάρκεια του πειράματος (9η και 16η) κράτησε σε μικρό ποσοστό την παρουσία τόσο των μεγάλων (8-4%) όσο και των μικρών ατόμων (10-2%). Σε μία εβδομάδα, από την τελευταία διαλογή (16η ημέρα) έως το τέλος του πειράματος το ποσοστό των μεγάλων ατόμων αυξήθηκε από 4 σε 40% και των μικρών από 2 σε 10%.

Η εικόνα που παρουσίασαν οι πληθυσμοί των τριών συνθηκών στο τέλος του πειράματος ήταν σχεδόν παρόμοια και η διασπορά του ατομικού βάρους ήταν μεγάλη. Για τον πληθυσμό E το μέσο βάρος ήταν  $102\pm 89\text{mg}$  και το εύρος τιμών του από 30 έως 540mg, για τον πληθυσμό Hi το μέσο βάρος ήταν  $98\pm 57\text{mg}$  με εύρος τιμών από 30 έως 280mg και για τον πληθυσμό Hch με μέσο βάρος  $88\pm 44\text{mg}$  το βάρος κυμάνθηκε από 30 έως 220mg.

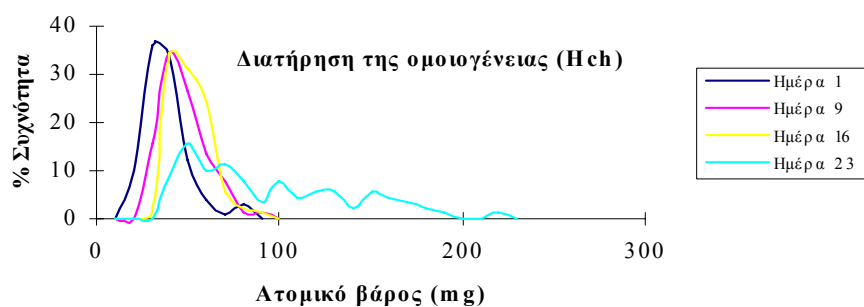
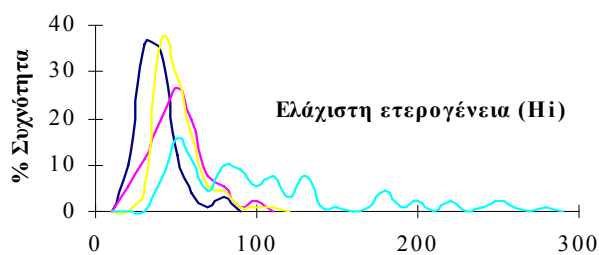
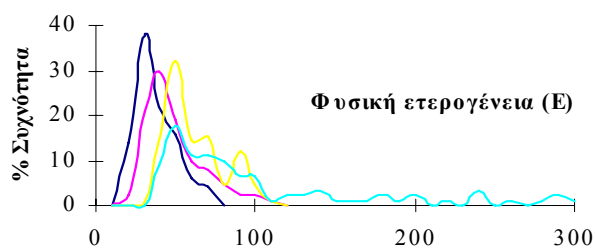
Οι τρεις τελικοί πληθυσμοί αποτελούνταν γενικά από 10% μικρά άτομα κάτω από 50mg, 40-50% άτομα μεσαίου βάρους από 50 έως 100mg και ισάριθμα μεγάλα άτομα από 100 έως 300mg. Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί ότι ένα ποσοστό 3% των ατόμων του πληθυσμού E ήταν πολύ μεγάλα άτομα από 300 έως 540mg. Η διαλογή στην αρχή (Hi, Hch)

και κατά την διάρκεια του πειράματος (Hch) απέτρεψε την παρουσία τέτοιων μεγάλων ατόμων στους πληθυσμούς H<sub>i</sub> και H<sub>ch</sub>.

Ο ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR) και ο σχετικός ρυθμός αύξησης (RGR) υπολογίστηκε για όλη την διάρκεια του πειράματος. Η σύγκριση (ANOVA) των ρυθμών αύξησης μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών δεν έδειξε στατιστικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 99% (Πίνακας 9).

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές του SGR και του RGR για όλες τις καλλιέργειες για την συνολική διάρκεια του πειράματος. Ο ειδικός ρυθμός αύξησης κυμάνθηκε από 3.8 έως 6.19% ανά ημέρα με μέσο όρο  $5.13 \pm 1.31\%$  στην συνθήκη E,  $4.92 \pm 0.52\%$  στην συνθήκη H<sub>i</sub> και  $4.42 \pm 0.81\%$  στην συνθήκη H<sub>ch</sub>. Ο σχετικός ρυθμός αύξησης κυμάνθηκε από 124 έως 290% του αρχικού βάρους των ψαριών με μέση τιμή  $197 \pm 57\%$ .





**Εικόνα 8.** Η εξέλιξη της κατανομής κατά συχνότητες του ατομικού βάρους των ιχθυδίων των τριών συνθηκών κατά την διάρκεια του πειράματος.

Ένα ποσοστό 3% του τελικού πληθυσμού της συνθήκης E είχε βάρος από 300-540mg και δεν παρουσιάζεται στην καμπύλη για ευκρινέστερη σύγκριση των τριών συνθηκών.

**Πίνακας 9.** Σύγκριση του ειδικού ρυθμού αύξησης (SGR) και του σχετικού ρυθμού αύξησης (RGR) κάθε αντίστοιχης περιόδου (Π1, Π2, Π3) και της συνολικής διάρκειας του πειράματος μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών με ανάλυση διασποράς (ANOVA).

Πηγή μεταβλητότητας	Βαθμοί ελευθερίας	Άρρισμα τετραγώνων	F	p
<b>Ημέρα 1 έως ημέρα 23</b>				
Μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών	<b>SGR 2</b>	0,812	0,463	0,650
	<b>RGR 2</b>	3782	0,520	0,619

### **3.3.3. Συμπεριφορά**

Σε γενικές γραμμές η συμπεριφορά των ιχθυδίων του τρίτου πειράματος ήταν παρόμοια με εκείνη κατά το δεύτερο πείραμα.

Τα ψάρια από την αρχή, παρουσίασαν μία κατανομή με τα μεγαλύτερα άτομα να κινούνται στα βαθύτερα και τα μικρότερα στα επιφανειακότερα στρώματα του νερού. Από την πρώτη ημέρα αναπτύχθηκαν ανταγωνιστικές σχέσεις και επιθετική συμπεριφορά μεταξύ των ιχθυδίων σε όλες τις καλλιέργειες.

Κανιβαλισμός παρατηρήθηκε από την αρχή του πειράματος με μεγαλύτερη ένταση στις καλλιέργειες με φυσική ετερογένεια. Τα νεκρά που συλλέγονταν την πρώτη περίοδο του πειράματος σε αυτές τις καλλιέργειες αποτελούνταν σε μεγάλο ποσοστό από μισοφαγωμένα άτομα (30-60%). Τα υπόλοιπα ήταν με τραύματα στα πτερύγια (ουραίο, εδρικό ραχιαίο) και μεγάλα άτομα με την λεία στο στόμα ή με εξαρθρωμένες σιαγόνες.

Αντίθετα, τα νεκρά που συλλέγονταν από τις υπόλοιπες καλλιέργειες με την ελάχιστη ετερογένεια και την διατήρηση της ομοιογένειας, αποτελούνταν από άτομα που είχαν δεχθεί επιθέσεις στο ουραίο πτερύγιο και είχαν όλα άδειο στομάχι.

Κατά την δεύτερη περίοδο, η οποία συμπίπτει με την σταδιακή μείωση της ζωντανής τροφής, η ένταση του κανιβαλισμού αυξήθηκε σε όλες τις καλλιέργειες και ιδιαίτερα σε αυτές με την φυσική και την ελάχιστη ετερογένεια. Από την 12η ημέρα που μειώθηκε η παροχή της ζωντανής τροφής σε ένα πρωινό γεύμα, ο κανιβαλισμός αυξάνεται ραγδαία. Οι επιθέσεις πληθαίνουν όπως τα άτομα που περιφέρονται με την λεία στο στόμα τους. Το ποσοστό των μισοφαγωμένων νεκρών αυξάνεται σε όλες τις καλλιέργειες.

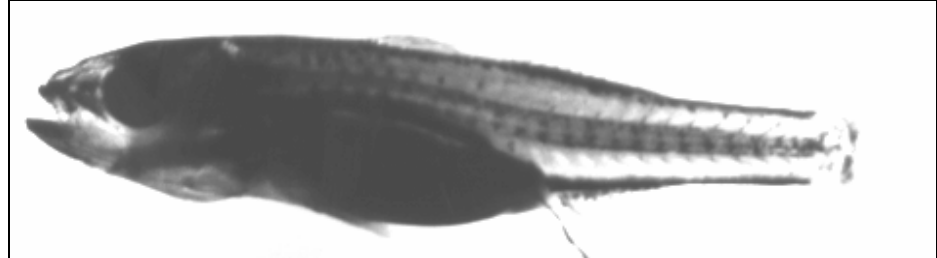
Η διαλογή σε μέγεθος που έγινε την 15η ημέρα στους πληθυσμούς Hch σταθεροποίησε την θνησιμότητα για λίγες ημέρες και τα άτομα ήταν λιγότερο ανήσυχα και επιθετικά από τις προηγούμενες ημέρες. Η ένταση του κανιβαλισμού αυξήθηκε ξανά σε αυτές τις καλλιέργειες την 20η ημέρα και συμπίπτει με την αύξηση της ετερογένειας του μεγέθους και την πλήρη αποκοπή από την ζωντανή τροφή.

Η εικόνα που παρουσίαζαν τα νεκρά άτομα ήταν παρόμοια με εκείνη που έχει περιγραφεί για τα νεκρά άτομα του δεύτερου πειράματος, όπως και οι κινήσεις των θηρευτών και των θηραμάτων τους.

Παρόμοια ήταν και η συμπεριφορά των ιχθυδίων κατά την διάρκεια της ημέρας. Τα ψάρια φαίνονταν ανήσυχα και δραστήρια νωρίς το πρωί πριν την πρώτη διανομή της ζωντανής τροφής. Το πρωί και το απόγευμα, παρατηρούνταν τα περισσότερα κρούσματα κανιβαλισμού. Σε αυτές τις ώρες αυξανόταν ο αριθμός των μεγάλων ατόμων που είχαν αρπάξει μικρότερα άτομα και όλος ο πληθυσμός βρισκόταν σε συνεχή κίνηση και αναστάτωση.

Η επιθετική συμπεριφορά εκδηλωνόταν ανεξάρτητα από την παρουσία τροφής και η κανιβαλιστική συμπεριφορά δεν φάνηκε να σταματά ούτε μετά την παροχή τροφής. Η βιομηχανική τροφή χορηγούνταν στα ψάρια *ad libitum* και δεν απετέλεσε περιοριστικό παράγοντα κατά την εκτροφή τους. Η αποδοχή και κατανάλωσή της από τα ψάρια επιβεβαιώθηκε τόσο από την τακτική εξέταση του στομαχικού περιεχομένου δείγματος ψαριών όσο και με παρατήρηση των ψαριών στις δεξαμενές καλλιέργειας όπου η βιομηχανική τροφή διακρινόταν εύκολα εξαιτίας του χρώματός της στα στομάχια των ψαριών.

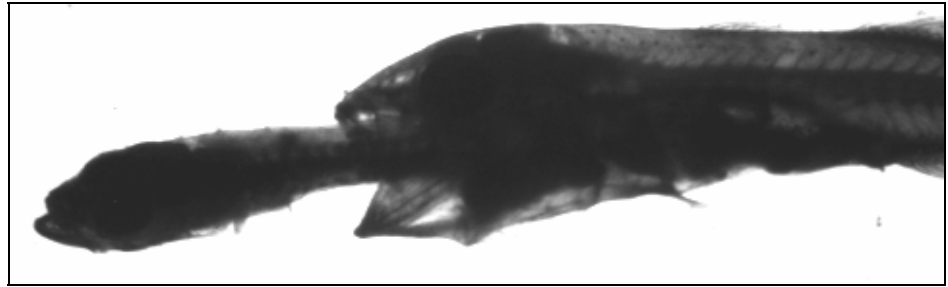
### 3.4. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΚΑΝΙΒΑΛΙΣΜΟΥ



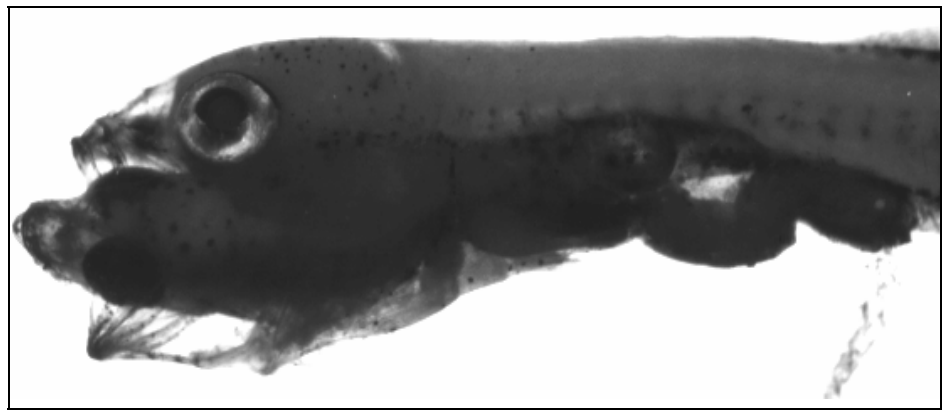
1. Ζωντανό, εύρωστο, δραστήριο, μεγάλο άτομο. Απομακρύνθηκε από την δεξαμενή για εξέταση στομαχικού περιεχομένου. Επιλέχθηκε εξαιτίας του μεγέθους του, της πολύ φουσκωμένης κοιλιάς και της συμπεριφοράς του



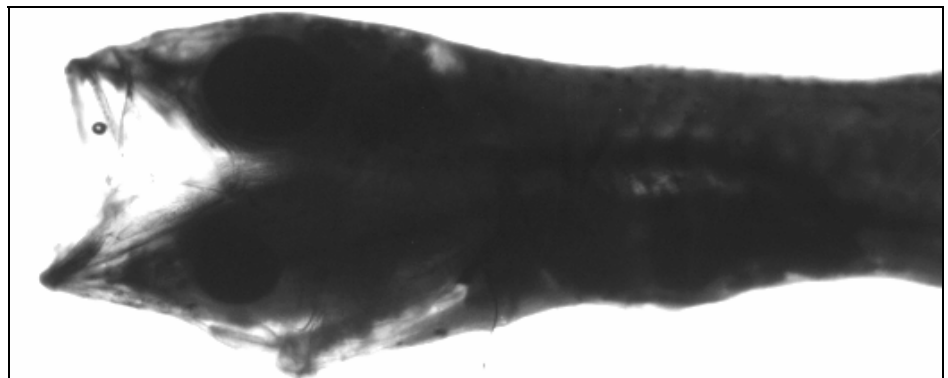
2. Το στομαχικό περιεχόμενου του προηγούμενου κανίβαλου αποτελείται από ένα μικρότερο μέλος του πληθυσμού. Είναι αξιοσημείωτο να σημειωθεί ότι από την έδρα φαίνεται να αποβάλλεται η σπονδυλική στήλη του προηγούμενου θηράματός. Πιθανά αυτό το άτομο να διατρέφεται αποκλειστικά με τα μικρά άτομα του πληθυσμού



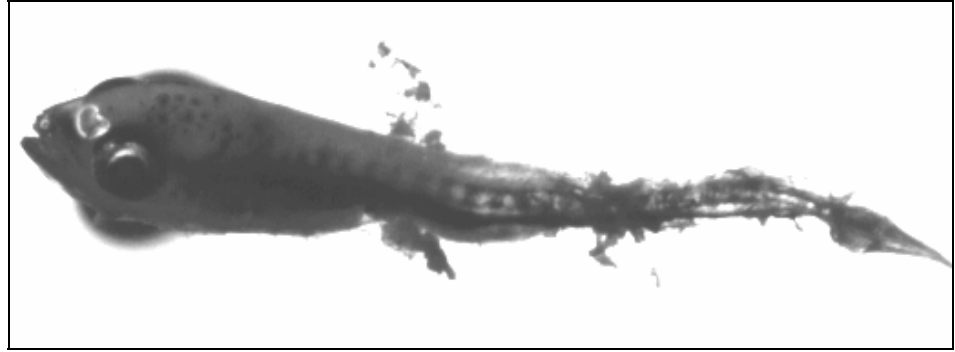
3. Ο θηρευτής αρπάζει την λεία από την ουρά αταβροχθίζοντάς την αργά.



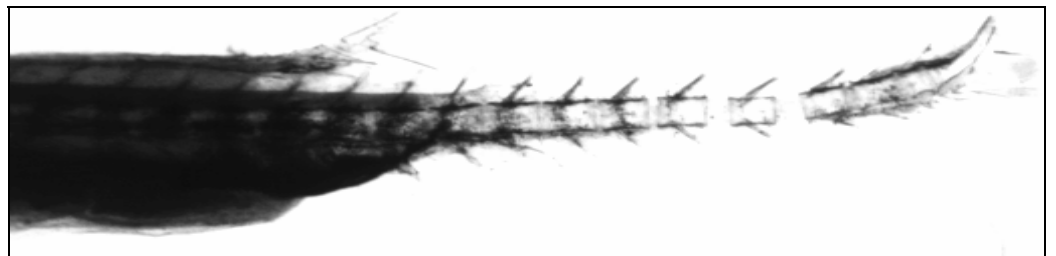
4. Συχνά δεν καταφέρνει να την καταβροχθίσει και ο θηρευτής πεθαίνει από ασφυξία. Και αυτός ο κανίβαλος έχει ήδη διατραφεί πριν λίγες ώρες με κάποιο άλλο μικρό άτομο καθώς και φαίνεται να αποβάλλει τμήμα της σπονδυλικής στήλης του θύματος από την έδρα.



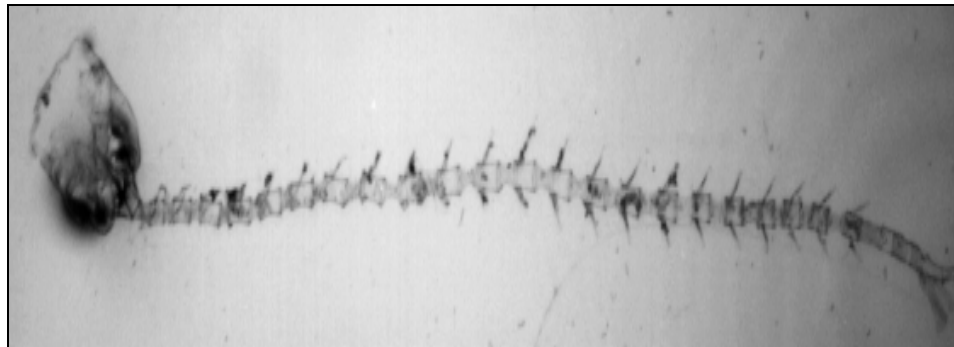
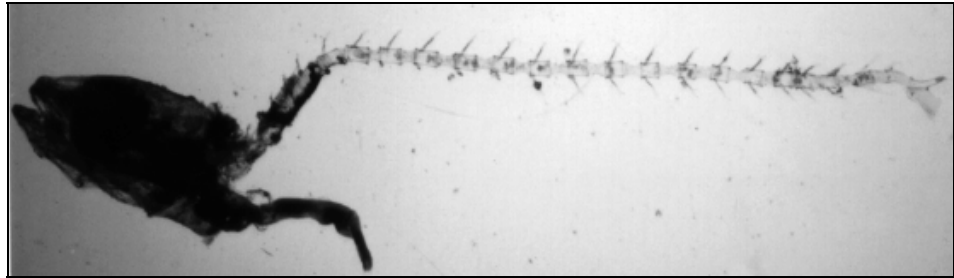
5. Νεκρός κανίβαλος από ασφυξία. Στην στοματική του κοιλότητα, στην κάτω γνάθο διακρίνονται τα μάτια της λείας του.



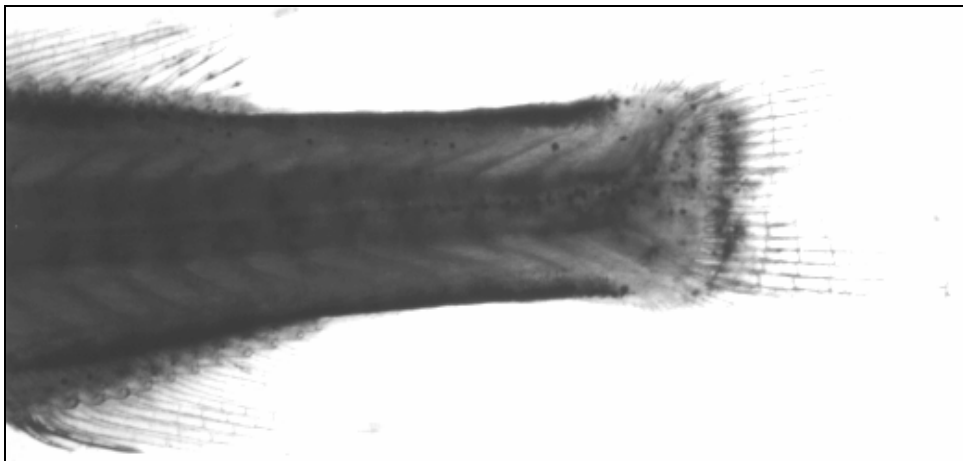
6. Ο θηρευτής κατάφερε να καταβροχθίσει μερικώς το θύμα του. Σε αυτή την περίπτωση, η εγκατάλειψη της λείας θα μπορούσε να οφείλεται στην δυσφορία που δημιουργήσε το μεγάλο μέγεθός της σε σχέση με το άνοιγμα του στόματος του θηρευτή ή να οφείλεται στην καταδίωξη και επίθεση που δεχόταν από άλλα άτομα του πληθυσμού (τόσο ή λεία του όσο και ο θηρευτής).



7. Μεγάλο ποσοστό των νεκρών ατόμων είχαν αυτή χαρακτηριστική εικόνα. Απογυμνωμένη από την σάρκα σπονδυλική στήλη από το μέσο του κορμού έως την ουρά. Το υπόλοιπο τμήμα ήταν ανέπαφο αποκλείοντας την νεκροφαγία.



8. Οι παραπάνω σκελετοί συλλέχθηκαν από τον πυθμένα τον δεξαμενών. Τέτοια ευρήματα είναι χαρακτηριστικά για την ύπαρξη του κανιβαλισμού. Ο θηρευτής έχει αποβάλλει ότι δεν μπόρεσε να καταβροχθίσει (το κεφάλι) και ότι δεν μπορεί να πέψει (την σπονδυλική στήλη)



9. Χαρακτηριστικά σημάδια επιθέσεων στο ουραίο, εδρικό και ραχιαίο πτερύγιο.

## **4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

Η ενδοειδική θήρευση ή κανιβαλισμός είναι κοινό φαινόμενο ανάμεσα στα είδη του ζωικού βασιλείου. Στα ψάρια ο κανιβαλισμός έχει παρατηρηθεί σε 36 από τις 410 οικογένειες και αναμένεται να καταγραφεί για πολλά άλλα είδη όταν μελετηθεί το πρότυπο ζωής που ακολουθούν (Hecht et al. 1993). Ορισμένοι ερευνητές (Dominey & Blumer 1984, in Hecht et al. 1993) θεωρούν την απουσία κανιβαλισμού σε ένα είδος εξαίρεση και συνδέουν το διατροφικό πρότυπο συμπεριφοράς που ακολουθεί κάθε είδος με τον κανιβαλισμό. Ο Davis (1985 in Hecht et al. 1993) υποστήριξε ότι σε ελάχιστα είδη στα οποία η θήρευση είναι ο κυριότερος τρόπος διατροφής δεν έχει αναφερθεί κανιβαλισμός ενώ, οι Hunter & Kimbrell (in Hecht et al. 1993) τον συνδέουν απευθείας με την θήρευση με ψάρια. Ο Polis (1981) διατύπωσε την άποψη ότι αφού τα περισσότερα είδη κατά τα πρώτα αναπτυξιακά στάδια είναι σαρκοφάγα υπάρχει μία σαφής τάση προς τον κανιβαλισμό όταν το περιβάλλον γίνει περιοριστικό ως προς την διαθεσιμότητα της τροφής.

Η γνώση της βιολογίας των ειδών και κυρίως η γνώση της διατροφής και τροφοληψίας θα μπορούσε να εξηγήσει γιατί ένα ψάρι υιοθετεί τον κανιβαλισμό σαν εναλλακτικό τρόπο διατροφής. Ο Pienaar (in Hecht et al. 1993) δεν βρήκε ενδείξεις κανιβαλισμού σε τρία φυτοφάγα είδη και απέδωσε την συμπεριφορά αυτή στις διατροφικές συνήθειες και στην μορφολογία του στόματος. Στα είδη που είναι παμφάγα η ένταση του κανιβαλισμού θεωρητικά εξαλείφεται τελείως με τον χρόνο εξαιτίας της αλλαγής του τρόπου διατροφής ή της αλλομετρικής αύξησης του μεγέθους του στόματος. Οι Smith και Reay (1991) έδειξαν ότι υπάρχει μεγαλύτερη τάση εμφάνισης κανιβαλισμού σε ψαροφάγα είδη παρά σε φυτοφάγα. Επιπλέον στα σαρκοφάγα είδη και ιδιαίτερα σε εκείνα που διατρέφονται με ψάρια η ένταση του κανιβαλισμού μειώνεται με τον χρόνο αλλά ποτέ δεν εξαφανίζεται.



Στις ιχθυοκαλλιέργειες ο κανιβαλισμός συνδέεται κυρίως με την θήρευση ατόμων του ίδιου είδους και της ίδιας ηλικίας και έχει σαν αποτέλεσμα την ολική ή μερική κατάποση του θύματος. Αντίθετα, η αγωνιστική συμπεριφορά (agonistic behavior) έχει σαν αποτέλεσμα την θανάτωση του θύματος. Οι αιτίες που οδηγούν στην εκδήλωση αυτής της συμπεριφοράς είναι παρόμοιες με εκείνες που οδηγούν ένα άτομο στον κανιβαλισμό (Hecht et al. 1993).

Σύμφωνα με την ανασκόπηση των Hecht et al. (1993), ο κανιβαλισμός υιοθετείται σαν ένας εναλλακτικός τρόπος διατροφής κυρίως κατά τα πρώιμα αναπτυξιακά στάδια από σαρκοφάγα είδη (και κυρίως ψαροφάγα) ενώ η έντασή του εξαρτάται από σταθερούς και μεταβαλλόμενους παράγοντες. Οι σταθεροί αναφέρονται σε γενετικούς παράγοντες και ιδιαίτερα σε εκείνους που καθορίζουν την διαφορά στον ρυθμό αύξησης. Οι μεταβαλλόμενοι περιλαμβάνουν όλες εκείνες τις περιβαλλοντικές συνθήκες οι οποίες καθορίζουν την ενδοειδική συμπεριφορά. Όπως για παράδειγμα η ποσότητα και ο τύπος της τροφής, η πυκνότητα του πληθυσμού, κ.α.

Ανάμεσα στους γενετικούς παράγοντες ο κυριότερος θεωρείται η ανομοιογένεια στο μέγεθος που αποδίδεται σε γονοτυπικές διαφορές μεταξύ των ατόμων και καθορίζει διαφορετικούς ρυθμούς αύξησης. Όμως, η ανομοιογένεια του μεγέθους θεωρείται από ορισμένους μελετητές (Hecht et al. 1988; Van Damme et al. 1989) τόσο η αιτία όσο και το αποτέλεσμα του κανιβαλισμού. Με το γένωμα συνδέονται στενά πολλοί μεταβαλλόμενοι παράγοντες. Έτσι σταδιακά το μεγαλύτερο σε μέγεθος άτομο και η γενετική κλίση του προς επιθετικότητα οδηγεί σε κανιβαλιστική συμπεριφορά. Η κοινωνική κυριαρχία (social dominance) που εκδηλώνουν ορισμένα άτομα του πληθυσμού είναι μία από τις αιτίες που προκαλούν ανομοιομορφία στο μέγεθος η οποία στο τέλος προκαλεί ηθολογικά πρότυπα όπως ιεραρχία και χωροκρατικότητα που οδηγούν σε διαφορική αύξηση.

Αρκετοί περιβαλλοντικοί παράγοντες επηρεάζουν το ηθολογικό πρότυπο των ψαριών κατά τα πρώιμα αναπτυξιακά στάδια και κατ' επέκταση επηρεάζουν την ένταση του κανιβαλισμού. Οι κυριότεροι περιοριστικοί περιβαλλοντικοί παράγοντες που έχουν αναφερθεί για διάφορα είδη είναι η τροφή (Paller, 1987, Katavic et al. 1989, Folkvord, 1991, Juario et al. 1991, Hecht et al. 1993, Fortier et al. 1996) και η πυκνότητα του πληθυσμού (Van Damme et al. 1989, Moore et al. 1994, Battaglione et al. 1994, Kaiser et al. 1995) ενώ, για ορισμένα είδη σημαντικά είναι ή ύπαρξη ή μη καταφυγίων, η καθαρότητα του νερού, η ένταση του φωτός (Pienaar 1990, Britz 1992 in Hecht et al. 1993) κ.α. Η τροφή μπορεί να αποτελέσει περιοριστικό παράγοντα σε συνθήκες εκτροφής όταν δεν διατίθεται στην αναγκαία ποσότητα, όταν δεν διανέμεται συχνά και δεν διασκορπίζεται ομοιόμορφα και τέλος, όταν δεν καλύπτει τις ενεργειακές απαιτήσεις των συγκεκριμένων αναπτυξιακών σταδίων.

Στην φύση ο κανιβαλισμός δρα σαν μηχανισμός ρύθμισης της πυκνότητας του πληθυσμού (Smith et al. 1991, Sparholt 1994). Σε έναν πληθυσμό οι κανίβαλοι ξεχωρίζουν σαν τα πλέον εύρωστα και ενεργητικά άτομα. Ο σωματικός ρυθμός αύξησης είναι μεγαλύτερος ενώ μειώνεται ο χρόνος που απαιτείται για την ωρίμανση των γονάδων και παρατηρείται αυξημένη γονιμότητα των ενηλίκων. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά κάτω από περιοριστικές περιβαλλοντικές συνθήκες είναι ένα πλεονέκτημα περισσότερο στο ατομικό παρά στο πληθυσμιακό επίπεδο. Αντίθετα στις ιχθυοκαλλιέργειες τα παραπάνω δεν μπορούν να θεωρηθούν πλεονεκτήματα και ο κανιβαλισμός μπορεί να είναι αιτία εμφάνισης μεγάλου ποσοστού θνησιμότητας.

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν τόσο η επίδραση της ιχθυοφόρτισης (νυμφών και μετανυμφών) όσο και η ετερογένεια του μεγέθους (σε πληθυσμούς μετανυμφών) στην επιβίωση, αύξηση και την συμπεριφορά των πρώιμων αναπτυξιακών σταδίων του λαβρακιού κάτω από συνθήκες εκτροφής.

## **4.1. ΙΧΘΥΟΦΟΡΤΙΣΗ**

### **4.1.1. Νύμφες**

Η ιχθυοφόρτιση δεν επηρέασε την επιβίωση και την αύξηση των νυμφών του λαβρακιού από την 1η ( $5.12 \pm 0.19$  mm) έως την 30η ( $11.97 \pm 0.12$  mm) ημέρα διατροφής τους με ζωντανή τροφή. Το μεγαλύτερο ποσοστό θνησιμότητας (30-35%) παρατηρήθηκε σε όλες τις ιχθυοφορτίσεις την πρώτη περίοδο του πειράματος (από την 6η έως την 9η ημέρα διατροφής). Ένα μικρό ποσοστό των νεκρών ατόμων δεν είχε απορροφήσει τη σταγόνα λιπιδίων και το μεγαλύτερο ποσοστό αποτελούνταν από άτομα με άδειο στομάχι. Η θνησιμότητα αυτής της περιόδου αποδόθηκε στην **έναρξη της ετερότροφης ζωής** των νυμφών η οποία χαρακτηρίζεται ως η πρώτη κρίσιμη περίοδο κατά την εκτροφή τους.

Κατά την περίοδο αυτή επιτελούνται σημαντικές αναπτυξιακές αλλαγές οι οποίες διαμορφώνουν την δομή και λειτουργία των ιστών και των οργάνων. Οι νύμφες εξαρτώνται τροφικά από το άμεσο περιβάλλον τους και αν δεν κατορθώσουν να διατραφούν ικανοποιητικά πεθαίνουν από ασιτία μέσα σε λίγες ημέρες. Οποιαδήποτε αντιξοότητα κατά την εκτροφή σταδιακά οδηγεί σε μη αντιστρεπτή παθολογική κατάσταση εξαιτίας της ατροφίας των οργάνων που εμπλέκονται στην σύλληψη των θηραμάτων, την πέψη τους και της ανεπάρκειας σε ενέργεια για την κάλυψη του βασικού μεταβολισμού (O' Connell 1976, Clemmesen 1987).

Την απαραίτητη ενέργεια κατά τις πρώτες ημέρες διατροφής προσφέρουν τα λιπιδικά αποθέματα των νυμφών. Ο ρυθμός εξάντλησης των αποθεμάτων αυτών είναι αντιστρόφως ανάλογος της θρεπτικής αξίας της τροφής που οι νύμφες θα καταναλώσουν τις πρώτες ημέρες διατροφής (Divanach & Kentouri 1983). Η θνησιμότητα που οφείλεται στην εξάντληση των ενεργειακών αποθεμάτων αποτελεί ένα σημαντικό ποσοστό και μπορεί να φτάσει έως και 30% (Barnabe, 1990). Επιπλέον, η αλλαγή στην συμπεριφορά διατροφής και το πέρασμα από το αυτότροφο στάδιο στο ετερότροφο δεν ευνοεί άτομα με μορφολογικές δυσμορφίες τα οποία χάνονται τις πρώτες ημέρες εκτροφής. Οι μορφολογικές ανωμαλίες οφείλονται σε γενετικές ανωμαλίες, στην ποιότητα των γεννητόρων και των αυγών ή στις συνθήκες διεξαγωγής του αυτότροφου ή ετερότροφου σταδίου και της επώασης των αυγών (Barnabe, 1990).

Η δεύτερη κρίσιμη περίοδος αρχίζει όταν οι νύμφες έχουν ολικό μήκος περίπου 9-12mm όπου παρατηρείται η **υπερπλήρωση της νηκτικής κύστης με αέρα**. Οι νύμφες αυτές κολυμπούν στην επιφάνεια, είναι αδύναμες και ανίκανες να διατραφούν. Ακόμα και αν καταφέρουν να συλλάβουν την λεία τους είναι αδύνατο σχεδόν να την πέσουν. Εξαιτίας τροφικών ελλείψεων και τεχνικών προβλημάτων παρατηρούνται άτομα πολύ αδύνατα και αδύναμα γεγονός που δίνει την εντύπωση ότι το κεφάλι είναι πολύ μεγάλο και τα μάτια πολύ λαμπερά (σύνδρομο της χρυσής κεφαλής). Αυτά τα άτομα συνήθως έχουν ένα κέλυφος από κύστη *Artemia* στο τέλος του εντέρου που προκαλεί το φράξιμο του εντερικού σωλήνα.

Εκτός από την διατροφή, η υπερπλήρωση της νηκτικής κύστης με αέρα εμποδίζει την κολύμβηση και τα άτομα επιπλέουν στο πλάι ή ανάποδα. Οι νύμφες αυτές παρουσιάζουν δευτερογενώς διάφορα παθολογικά συμπτώματα όπως άφθονη έκκριση βλέννας, εξωφθαλμία, ανώμαλη διασπορά των μελανοφόρων, πέτρα στην ουροδόχο κύστη και εξόγκωση της χοληδόχου κύστης. Συχνά επιζούν σε αυτή την κατάσταση για αρκετές ημέρες. Τα παραπάνω συμπτώματα έχουν αναφερθεί και από άλλους ερευνητές (Katavic, 1986).

Σε αυτά τα αναπτυξιακά στάδια επιτελούνται μεγάλες μορφολογικές και φυσιολογικές μεταβολές που αντανακλούν στη συμπεριφορά του ψαριού. Παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η αλατότητα, η ένταση του φωτισμού ή ο χειρισμός (π.χ. μεταφορά, διαλογή κ.α.) και η ποιοτική ανεπάρκεια της τροφής (Katavic, 1986) μπορούν από μόνοι τους ή σε συνδυασμό να προκαλέσουν την υπερπλήρωση της νηκτικής κύστης με αέρα (Paperna 1981, Johnson 1984).

Σε καμία από τις πειραματικές ιχθυοφορτίσεις δεν παρατηρήθηκε **κανιβαλισμός** στο στάδιο των νυμφών, μήκους 5-12 mm. Ανάλογες μελέτες δεν έχουν γίνει σε νύμφες λαβρακιού. Παρόλα αυτά, κανιβαλισμός σε πρώιμα αναπτυξιακά στάδια (νυμφικά) έχει αναφερθεί σε διάφορα άλλα είδη, όπως στο *Stizostedion vitreum* (Loadman et al., 1986),

*Morone saxatilis* (Paller & Lewis, 1987), *Clarias gariepinus* (Hecht et al., 1988), *Cyprinus carpio* (Van Damme et al. 1989). Η εμφάνιση ή απουσία κανιβαλισμού σε ένα είδος μπορεί να συνδέεται με την ανάπτυξη ικανότητας αντίληψης του χώρου. Τόσο η ικανότητα θήρευσης όσο και η επιτυχής αποφυγή των θηρευτών απαιτούν πρώτα την ανάπτυξη της κολυμβητικής ικανότητας. Στα αρχικά στάδια ανάπτυξης, η κολυμβητική ικανότητα των νυμφών λαβρακιού είναι μικρή και η διερεύνηση του περιβάλλοντος περιορισμένη (Barnabe, 1990). Για παράδειγμα νεαρές νύμφες, ολικού μήκους 4.4 mm, έχουν την δυνατότητα να διερευνήσουν μόνο 2 l νερού σε μία ώρα. Λίγες ημέρες αργότερα, όταν προχωρήσει η ανάπτυξη των πτερυγίων και οι νύμφες αποκτήσουν ολικό μήκος περίπου 9.5 mm, ο όγκος νερού που μπορούν να εξετάσουν σχεδόν πενταπλασιάζεται (Barnabe, 1990). Επιπλέον, η έλλειψη δοντιών, σε αυτό το αναπτυξιακό στάδιο, δείχνει ότι η τροφή συλλαμβάνεται με κατάποση και όχι με δάγκωμα όπως παρατηρείται στις μετανύμφες του λαβρακιού. Η πρώτη εμφάνιση επιθετικής συμπεριφοράς εκδηλώνεται γύρω στα 11 mm για τις νύμφες του λαβρακιού (Barnabe, 1990).

#### **4.1.2. Μετανύμφες**

Η επιβίωση των πληθυσμών παρουσίασε σημαντικές διαφορές στις διαφορετικές ιχθυοφορτίσεις. Στις δύο συνθήκες χαμηλής πυκνότητας ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη από την αρχή έως το τέλος του πειράματος. Το μεγαλύτερο ποσοστό της θνησιμότητας (30-40%) παρουσιάστηκε κατά την διάρκεια της τελευταίας περιόδου του πειράματος κατά την οποία η διατροφή των ιχθυδίων γινόταν αποκλειστικά με βιομηχανική τροφή. Επιπλέον, στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο ήταν το ποσοστό των χαμένων ατόμων στους πληθυσμούς με την υψηλότερη ιχθυοφόρτιση. Αυτό, συνηγορεί στο ότι η θνησιμότητα ήταν αποτέλεσμα του κανιβαλισμού. Από τα παραπάνω αποτελέσματα φαίνεται ότι ο κανιβαλισμός εμφανίζεται στο στάδιο των μετανυμφών και η έντασή του εξαρτάται από την ιχθυοπυκνότητα. Ανάλογες μελέτες δεν υπάρχουν για μετανύμφες λαβρακιού αυτού του μεγέθους (17 - 21 mm). Οι Katavic et al. (1989) αναφέρουν εμφάνιση κανιβαλισμού σε μεγαλύτερες μετανύμφες, μεγέθους 20 - 60 mm. Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα μπορούμε να πούμε ότι ο κανιβαλισμός εμφανίζεται αρκετά νωρίς στο στάδιο των μετανυμφών.

Σε όλες τις συνθήκες ο συντελεστής μεταβλητότητας του βάρους ήταν αρκετά υψηλός και δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Κατά την διάρκεια της εκτροφής εμφάνισε αυξητικές τάσεις, από την αρχή προς το τέλος του πειράματος, που προφανώς ήταν το αποτέλεσμα της δημιουργούμενης ανομοιογένειας μεγεθών. Αυτή η ανομοιογένεια ήταν έκδηλη ακόμη και μετά την πρώτη εβδομάδα του πειράματος, δημιουργώντας σταδιακά σημαντική μετατόπιση της κατανομής των βαρών προς τα

μεγαλύτερα βάρη. Η μετατόπιση αυτή ήταν αποτέλεσμα της εμφάνισης μιας ομάδας ατόμων μεγάλου βάρους και της ταυτόχρονης εξαφάνισης ατόμων μικρού βάρους. Αυτές οι κατανομές διαφέρουν κατά πολύ από τις κατανομές μεγεθών που παρατηρήθηκαν στις νύμφες όπου σε εκείνη την περίπτωση πλησίαζαν την κανονική κατανομή. Η βασική διαφορά μεταξύ των δυο αυτών πειραμάτων είναι η εμφάνιση του κανιβαλισμού. Έτσι, στο στάδιο των μετανυμφών η αύξηση του αριθμού των μεγάλων ατόμων, με την πάροδο του χρόνου, παράλληλα με τη μείωση του αριθμού των μικρών ατόμων μπορεί να εξηγηθεί σαν αποτέλεσμα της επίδρασης του κανιβαλισμού. Ανάλογη μετατόπιση στην κατανομή μεγεθών είναι χαρακτηριστική στις περιπτώσεις εμφάνισης κανιβαλισμού και σε άλλα είδη (Folkvord 1991). Αυτό μας επιτρέπει να υποθέσουμε με ασφάλεια ότι τα μεγάλα άτομα της κατανομής (ή τουλάχιστον τα περισσότερα από αυτά) είναι οι κύριοι κανίβαλοι του πληθυσμού. Το ερώτημα που παραμένει αναπάντητο, όμως, είναι αν το μέγεθος αυτών των ατόμων είναι αποτέλεσμα μόνο του μεγάλου ρυθμού αύξησής τους ή μόνο της αυξημένης επιθετικότητάς τους ή του συνδυασμού και των δυο.

## **4.2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΣΤΟΝ ΚΑΝΙΒΑΛΙΣΜΟ**

Η διορθωτική γενική επιβίωση παρουσίασε σημαντικές διαφορές στις τρεις συνθήκες ετερογένειας, με μεγαλύτερη τιμή στους πληθυσμούς που γινόταν τακτικά διαλογή. Οι συγκρίσεις της παρατηρούμενης επιβίωσης κάθε περιόδου του πειράματος μας επέτρεψαν να παρακολουθήσουμε και να επιβεβαιώσουμε την επίδραση της διαλογής στην επιβίωση των πληθυσμών. Έτσι, στο τέλος της πρώτης περιόδου του πειράματος σημαντικά μικρότερη επιβίωση παρατηρήθηκε στους πληθυσμούς που δεν έγινε διαλογή. Στο τέλος της δεύτερης περιόδου η μεγαλύτερη επιβίωση παρατηρείται μόνο στους πληθυσμούς στους οποίους επαναλήφθηκε η διαλογή. Αντίθετα, την τρίτη περίοδο η επιβίωση δεν διέφερε μεταξύ των τριών συνθηκών και ήταν η μικρότερη όλου του πειράματος.

Ο συντελεστής μεταβλητότητας του βάρους δεν διαφοροποιήθηκε στατιστικά στις τρεις πειραματικές συνθήκες και κυμάνθηκε σε χαμηλότερα (20-30%) επίπεδα στους πληθυσμούς που γινόταν τακτική διαλογή. Η ανομοιογένεια των μεγεθών εντάθηκε την τελευταία περίοδο και ο συντελεστής μεταβλητότητας υπερδιπλασιάστηκε σε όλες τις συνθήκες. Παρατηρούμε, λοιπόν, μια σχετική αύξηση της θνησιμότητας παράλληλα με την αύξηση του συντελεστή μεταβλητότητας. Και σε αυτή την περίπτωση, η θνησιμότητα αποδίδεται αποκλειστικά στον κανιβαλισμό. Ανάλογη θετική συσχέτιση μεταξύ του

συντελεστή μεταβλητότητας και του κανιβαλισμού στο λαβράκι έχει αναφερθεί και σε άλλες μελέτες (Lemarie 1989). Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι η τακτική διαλογή είναι απαραίτητη για να διατηρηθεί μια σχετική ομοιογένεια μεγεθών στον πληθυσμό. Ένα αποδεκτό εύρος τιμών για τον συντελεστή μεταβλητότητας θα μπορούσε να θεωρηθεί το 10-30% ώστε να μειωθεί η θνησιμότητα (Lemarie 1989).

Τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι η ανομοιογένεια μεγέθους εμφανίζεται μέσα στην πρώτη εβδομάδα από την τελευταία διαλογή ανεξάρτητα από το πόσο συχνά γίνεται. Στην περίπτωση της φυσικής ετερογένειας, τα αποτελέσματα ήταν ανάλογα του πειράματος των ιχθυοφορτίσεων στο οποίο δεν έγινε διαλογή. Η χορήγηση της βιομηχανικής τροφής φαίνεται να ενισχύει την διαφορική αύξηση των ψαριών. Η διαδικασία της διαλογής απομακρύνει συγκεκριμένους φαινότυπους που αντιστοιχούν στα μεγαλύτερα και μικρότερα άτομα. Η δημιουργία της ανομοιογένειας των μεγεθών, μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα, μας δίνει τη δυνατότητα να υποθέσουμε ότι τα μεγαλύτερα άτομα, από αυτά που απομένουν μετά τη διαλογή, βρίσκουν την ευκαιρία να κυριαρχήσουν επί των μικρότερων και να επιδείξουν κανιβαλιστικές τάσεις. Υπάρχουν αρκετές ενδείξεις για τη γενετική βάση του κανιβαλισμού (Fox 1975, Polis 1981, για ανασκόπηση βλ. Hecht & Piennar 1993). Τα παραπάνω ευρήματα συμφωνούν με την πρόταση των Hecht & Piennar (1993) που λένε ότι η έκφραση του κανιβαλισμού είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης κάποιων περιβαλλοντικών παραγόντων με το γονότυπο ο οποίος είναι αρκετά πλαστικός ώστε να παράγει διάφορους φαινοτύπους (κανιβαλίζοντες ή μη κανιβαλίζοντες).

Οι κυριότερες αιτίες δημιουργίας ανομοιογένειας μεγέθους, εκτός από το γενετικό υπόβαθρο, είναι τόσο η ποσότητα όσο και η συχνότητα παροχής της τροφής (Paller & Lewis 1987, Katavic et al. 1989), η πυκνότητα του πληθυσμού (Van Damme et al. 1989, Katavic et al. 1989, Battaglione & Talbot 1994, Keiser et al. 1995) καθώς και η αλληλεπίδραση γενετικών και περιβαλλοντικών παραγόντων (Hecht & Piennar 1993). Η ύπαρξη αυτή των μεγάλων ατόμων προκαλεί την εμφάνιση ιεραρχίας και κυριαρχίας και τα άτομα αυτά μπορούν να μονοπωλήσουν την διαθέσιμη τροφή (Katavic et al. 1989). Η κατάλληλη διατροφή (τύπος τροφής ανάλογα με το αναπτυξιακό στάδιο, ποσότητα, συχνότητα παροχής και ομοιόμορφη κατανομή) μπορεί να μειώσει την ένταση της ανομοιομορφίας αλλά δεν είναι δυνατό να εξαλείψει τον κανιβαλισμό αυτής της περιόδου (Brownell 1985, Katavic et al. 1989, Paller & Lewis 1987, Van Damme et al. 1989, Fortier et al. 1996, Qin & Fast 1996). Όταν η συμπεριφορά αυτή εκδηλωθεί ο κανιβαλισμός συνεχίζεται έως ότου τα μικρά σε μέγεθος άτομα εξαλειφθούν.

Επιθετική συμπεριφορά και κανιβαλισμός παρατηρήθηκε και στα δύο πειράματα με τις μετανύμφες του λαβρακιού και η θνησιμότητα που παρατηρήθηκε αποδόθηκε

εξολοκλήρου σε κανιβαλισμό. Η επιθετική συμπεριφορά ήταν ιδιαίτερα έντονη την τελευταία περίοδο του πειράματος κατά την οποία η διατροφή γινόταν αποκλειστικά με βιομηχανική τροφή. Οι κανίβαλοι ήταν συνήθως τα μεγαλύτερα άτομα του πληθυσμού και επιτίθονταν σε μικρού ή μεσαίου μεγέθους άτομα ανεξάρτητα από την παρουσία ή απουσία τροφής.

Οι θηρευτές συνήθως παρέμεναν στα βαθύτερα στρώματα του νερού αναζητώντας την υποψήφια λεία τους ανάμεσα στα μικρά και αδύναμα μέλη του πληθυσμού. Μετά τον εντοπισμό και την επιλογή της λείας, ο θηρευτής προετοιμαζόταν για επίθεση κάμπτοντας το σώμα σε σχήμα S και εκτινασσόταν προς το θύμα. Σε αυτό το μέγεθος (17-24 mm), το λαβράκι άρπαζε την λεία από το ουραίο πτερύγιο καταβροχθίζοντάς την αργά. Η αρπακτική δραστηριότητα πολλές φορές είχε σαν αποτέλεσμα μόνο τον τραυματισμό της λείας. Σε αυτές τις περιπτώσεις το τραυματισμένο θήραμα είτε γινόταν βορά ενός άλλου θηρευτή (που το άρπαζε πάντα από την ουρά) ή πέθαινε. Οι Katavic et al (1989) αναφέρουν, για μεγαλύτερα ψάρια, μεγέθους 20-60 mm, αρπαγή της λείας από το κεφάλι. Έτσι, φαίνεται να ακολουθούνται δυο τύποι κανιβαλισμού στο λαβράκι. Αρχικά από την ουρά και αργότερα από το κεφάλι. Παρόμοιο πρότυπο έχουν αναφέρει οι Hecht και Appelbaum (1988) μελετώντας τον κανιβαλισμό στο Αφρικανικό γατόψαρο (*Clarias gariepinus*) όπου παρατήρησαν δύο τύπους κανιβαλισμού που ονόμασαν Τύπος I: από την ουρά (Tail first) και Τύπος II: από το κεφάλι (Head first). Ο δεύτερος τύπος έπεται του πρώτου τύπου και η εμφάνισή του καθορίζεται κυρίως από την σχέση του μήκους της λείας και του μεγέθους του στόματος του θηρευτή. Στο γατόψαρο πρώτος τύπος εμφανίζεται τρεις με τέσσερις ημέρες μετά την έναρξη της εξωγενούς διατροφής και αλλάζει μετά από 25 μέρες όταν οι κανίβαλοι έχουν το κατάλληλο μέγεθος που τους επιτρέπει να αρπάξουν την λεία από το κεφάλι. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και στον κυπρίνο (*Cyprinus carpio*) (Van Damme et al. 1989) και στο *Stizostedion vitreum* (Krise et al. 1986). Δεν ακολουθούν όμως το ίδιο πρότυπο όλα τα είδη όπως για παράδειγμα η τούρνα (*Esox lucius*) όπου έχει παρατηρηθεί μόνο κανιβαλισμός τύπου II (Bry et al. 1992).

Τα νεκρά ψάρια που συλλέγονταν από τις δεξαμενές ήταν όλα τραυματισμένα ή μισοφαγωμένα από την ουρά προς τον κορμό του σώματος. Οι υπόλοιπες περιοχές του σώματος ήταν ανέπαφες. Τα παραπάνω συνηγορούν στον αποκλεισμό της νεκροφαγίας η οποία χαρακτηρίζεται συνήθως από σημάδια (δαγκώματα) στα μαλακά μέρη του σώματος των ψαριών όπως τη κοιλιακή χώρα και τα μάτια. Υπήρχαν όμως και περιπτώσεις όπου ο θηρευτής πέθαινε από ασφυξία και οι κανίβαλοι βρίσκονταν νεκροί μαζί με την λεία τους στο βυθό της δεξαμενής. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρήθηκε και σε άλλες περιπτώσεις (Katavic et al. 1989, Sakakura & Tsukamoto 1996).

Τα μεγαλύτερα άτομα του πληθυσμού πιθανά να έχουν το πλεονέκτημα του κανιβαλισμού και η επιθετική τάση μπορεί να καθορίζεται από το επίπεδο των γονιδίων τους. Για παράδειγμα έχει διατυπωθεί ή άποψη ότι τα μεγαλύτερα σε μέγεθος άτομα έχουν την τάση για κανιβαλισμό και δεν πρέπει να επιλέγονται (Hecht & Piennar 1993). Οι Hecht & Appelbaum (1988), πρότειναν ότι κάθε άτομο ενός πληθυσμού της ίδιας ηλικιακής κλάσης έχει την ίδια πιθανότητα να γίνει κανίβαλος και το πλεονέκτημα το αποκτούν εκείνα τα άτομα που το κάνουν πρώτα. Οποιαδήποτε προσπάθεια γίνεται με στόχο να ελεγχθεί ο κανιβαλισμός οδηγεί πάλι στην αναγκαιότητα να κατανοηθούν οι αιτίες που τον προκαλούν και οι πολύπλοκες σχέσεις που τις συνδέουν με το πρότυπο ζωής των υπό μελέτη ειδών. Αν και έχουν διατυπωθεί γενικές αρχές κάθε είδος πρέπει να εξεταστεί χωριστά. Επομένως είναι αναγκαίο να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στην μελέτη της συμπεριφοράς των πρώιμων αναπτυξιακών σταδίων των ψαριών και όχι μόνο να εστιαζόμαστε σε έρευνα που αφορά την διατροφή και την αύξηση. Ενσωματώνοντας τις γνώσεις που προκύπτουν από την μελέτη της συμπεριφοράς και της γενετικής στα πρωτοκολλά εκτροφής θα είναι δυνατό να επιτευχθούν μεγαλύτερα ποσοστά επιβίωσης, αύξησης και μετατρεψιμότητα της τροφής, ομοιόμορφο μέγεθος, και αύξηση της παραγωγής και τελικά μεγαλύτερο οικονομικό κέρδος.



## **5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

- Η εμφάνιση κανιβαλισμού στο λαβράκι σε συνθήκες εκτροφής, φαίνεται να εξαρτάται από το αναπτυξιακό στάδιο καθώς δεν παρατηρήθηκε κάτω από τις παρούσες πειραματικές συνθήκες (ιχθυοφόρτιση) κανιβαλισμός σε νύμφες μεγέθους 5 - 12 mm. Αντίθετα, κανιβαλισμός εκδηλώθηκε σε όλες τις πειραματικές συνθήκες που δοκιμάστηκαν (ιχθυοφόρτιση και ετερογένεια μεγέθους) ανάμεσα στις μετανύμφες του λαβρακιού μεγέθους 17-21 mm.

- Η θνησιμότητα που παρατηρήθηκε κατά την εκτροφή των νυμφών, αποδόθηκε σε προβλήματα που σχετίζονται με την έναρξη της ετερότροφης ζωής των νυμφών και σε προβλήματα απορρόφησης της σταγόνας λιπιδίων.

- Η θνησιμότητα που παρατηρήθηκε κατά την εκτροφή των μετανυμφών ήταν αποτέλεσμα του κανιβαλισμού και ήταν ιδιαίτερα έντονη την περίοδο κατά την οποία τα ψάρια τρέφονταν αποκλειστικά με βιομηχανική τροφή.

- Υψηλή ιχθυοφόρτιση και η ετερογένεια του μεγέθους επηρεάζουν αρνητικά την επιβίωση των ψαριών καθώς σε αυτές τις συνθήκες η ένταση του κανιβαλισμού αυξάνεται.

- Παρατηρήθηκε μία θετική συσχέτιση του συντελεστή μεταβλητότητας του βάρους και του κανιβαλισμού στο λαβράκι. Κατά την διάρκεια των πειραμάτων παρατηρήθηκε μία αύξηση του ποσοστού των μεγάλων ατόμων και παράλληλη μείωση των μικρών, πιθανώς σαν αποτέλεσμα του κανιβαλισμού. Η αυξανόμενη ανομοιογένεια στο μέγεθος μπορεί να αποφευχθεί μόνο με τακτική διαλογή μεγέθους, απομακρύνοντας τα μικρά αλλά κυρίως τα μεγαλύτερα μέλη του πληθυσμού.

- Οι κανίβαλοι ήταν τα μεγαλύτερα άτομα του πληθυσμού. Επιτίθονταν σε μικρά ή μεσαίου μεγέθους άτομα ανεξάρτητα από την παρουσία τροφής. Συλλαμβάνανε πάντα την λεία τους από το ουραίο πτερύγιο και την καταβρόχθιζαν αργά. Δεν παρατηρήθηκε νεκροφαγία.

- Χαρακτηριστικά ίχνη (στα νεκρά) κανιβαλισμού ήταν τα κατεστραμμένα πτερύγια (ουραίο, εδρικό και ραχιαίο) και η παρουσία μισοφαγωμένων ατόμων από την ουρά έως το μέσο του κορμού.

- Ενσωματώνοντας τις γνώσεις που προκύπτουν από την μελέτη της συμπεριφοράς και της γενετικής στα πρωτοκολλά εκτροφής θα είναι δυνατό να επιτευχθούν μεγαλύτερα ποσοστά επιβίωσης, αύξησης και μετατρεψιμότητας της τροφής, ομοιόμορφο μέγεθος, και αύξηση της παραγωγής και τελικά μεγαλύτερο οικονομικό κέρδος.

## **6. ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παρούσα εργασία είχε σαν στόχο τη μελέτη του ενδοπληθυσμιακού ανταγωνισμού με έμφαση στον κανιβαλισμό που αναπτύσσεται στα πρώτα αναπτυξιακά στάδια εκτροφής του λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*). Σχεδιάστηκαν τρία πειράματα με σκοπό να ελεγχθεί η επίδραση της ιχθυοφόρτισης και της ετερογένειας του μεγέθους στην επιβίωση, ανάπτυξη και συμπεριφορά των νυμφών και μετανυμφών του λαβρακιού σε συνθήκες εκτροφής..

Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στις εγκαταστάσεις του Ινστιτούτου Θαλάσσιας Βιολογίας Κρήτης, σε κυλινδροκωνικές πολυεστερικές δεξαμενές (50-l) κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες εκτροφής. Η διατροφή των νυμφών γινόταν με ζωντασπούς οργανισμούς, αρχικά με *Brachionus plicatilis* οι οποίοι σταδιακά αντικαταστάθηκαν από ναύπλιους και μεταναύπλιους *Artemia*. Η διατροφή των μετανυμφών γινόταν αρχικά με ναύπλιους και μεταναύπλιους *Artemia* οι οποίοι σταδιακά αντικαταστάθηκαν με βιομηχανική τροφή. Η καταγραφή του ατομικού βάρους και του ολικού μήκους των ψαριών γινόταν σε εβδομαδιαία βάση, σε δείγμα 30 ατόμων/δεξαμενή. Η καταμέτρηση των νεκρών ατόμων και ο διαχωρισμός τους σε κανιβαλισμένα ή μη κανιβαλισμένα γινόταν καθημερινά. Επιπλέον, γινόταν φωτογραφική αποτύπωση ατόμων που έφεραν ίχνη κανιβαλιστικών επιθέσεων ή δυσμορφιών. Η ένταση του κανιβαλισμού εκτιμήθηκε από τον αριθμό των νεκρών ατόμων που βρέθηκαν να φέρουν ίχνη κανιβαλιστικών επιθέσεων και από τον αριθμό των «χαμένων» ατόμων στο τέλος των πειραμάτων. Όλες οι πειραματικές συνθήκες δοκιμάστηκαν εις τριπλούν.

Η ιχθυοφόρτιση (50, 100, 150, 200 larvae/l) δεν φαίνεται να επηρεάζει την επιβίωση και αύξηση των νυμφών του λαβρακιού. Το μεγαλύτερο ποσοστό της θνησιμότητας παρατηρήθηκε τις πρώτες δέκα ημέρες και αποδόθηκε κυρίως σε προβλήματα που σχετίζονται με την έναρξη της ετερότροφης ζωής των νυμφών και σε προβλήματα απορρόφησης της σταγόνας λιπιδίων. Σε αυτό το αναπτυξιακό στάδιο δεν παρατηρήθηκε κανιβαλισμός..

Αντίθετα, η ιχθυοφόρτιση και η ετερογένεια του μεγέθους επηρεάζουν την επιβίωση και την ένταση του κανιβαλισμού των μετανυμφών σε συνθήκες εκτροφής.. Η επιβίωση ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη στις χαμηλές ιχθυοφορτίσεις (5 and 10 post-larvae./l) σε σύγκριση με την επιβίωση στις υψηλές ιχθυοφορτίσεις (15 and 20 post-larvae./l). Επιπλέον, το ποσοστό των «χαμένων» ατόμων στο τέλος του πειράματος, και επομένως η ένταση του κανιβαλισμού, ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο στην υψηλότερη ιχθυοφόρτιση.

Οι τρεις διαφορετικές συνθήκες ετερογένειας που εξετάστηκαν ήταν: 1. Φυσική ετερογένεια, 2. Ελάχιστη ετερογένεια, 3. Διατήρηση της ομοιογένειας.. Η επιβίωση ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη στους πληθυσμούς στους οποίους γινόταν τακτική διαλογή μεγέθους. Επιπλέον, παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση του συντελεστή μεταβλητότητας του βάρους με τον κανιβαλισμό.

Κανιβαλισμός παρατηρήθηκε και στα δύο πειράματα με τις μετανύμφες του λαβρακιού. Η θνησιμότητα αποδόθηκε εξ' ολοκλήρου στον κανιβαλισμό και τα νεκρά άτομα ήταν τραυματισμένα στο ραχιαίο, εδρικό και κυρίως στο ουραίο πτερύγιο. Οι θηρευτές συλλαμβάνανε την λεία τους από το ουραίο πτερύγιο και την καταβρόχιζαν αργά.

## **7. ABSTRACT**

The aim of the present study was the investigation upon interindividual competition, with emphasis on cannibalism, in the early developmental stages of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Three experiments have been carried out with the aim to determine the effects of stocking densities and size heterogeneity on survival, growth and behaviour of sea bass larvae and post-larvae under controlled culture conditions.

Experimental populations were reared in cylindroconical tanks of 50-l in a closed water system for the larvae and in a semi-closed system for the post larvae. Larvae were fed with live *Brachionus plicatilis* replaced successively by Artemia. Post-larvae were fed with live Artemia replaced successively by an adequate industrial dry food. Total length and weight was measured weekly on 30 individuals/tank. Dead fish were counted daily, classified into cannibalised and non-cannibalised fish and photos were taken. Cannibalism was estimated by the number of cannibalised dead fish and the number of missing fish at the end of the experiment. All experimental conditions were tested in triplicate.

Results indicated that stocking density (50, 100, 150, 200 larvae/l) did not effect survival and larval growth performance. Most deaths were recorded before d10 and mainly related to problems of exogenous feed ingestion and lipid drop absorption. At this developmental stage no cannibalism was observed.

In contrast, initial stocking density and size heterogeneity effect the survival and the extent of cannibalism of reared post-larvae. Survival was significantly higher in the lower densities (5 and 10 post-larvae./l) than in the higher densities (15 and 20 post-larvae./l) than in the higher densities. Also, the percentage of missing fish and thus cannibalism was significantly higher in the highest density.

Three different size heterogeneity of post-larvae were tested : 1. Natural heterogeneity, 2. Minimum heterogeneity, and 3. Maintenance of the homogeneity. Survival was significantly higher in the populations with the modified homogeneity compared to all others. A positive correlation between coefficient of variation of weight and cannibalism was observed.

In post-larvae experiments, cannibalism was detected on all dead fish in the form of heavy damage to dorsal, anal and mainly to the caudal fin and was observed on all occasions even after food was given. Cannibals attacked their prey from the back catching it by the caudal fin, swallowing it slowly or releasing it.

## **8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Barnabe, G., (1990). Rearing bass and gilthead bream. Aquaculture Vol 1 and 2. Ellis Horwood ed.
- Battaglione, S.C., Talbot, R.B., (1994). Hormone induction and larval rearing of mullet, *Argyrosomus hololepidotus* (Pisces: Sciaenidae). Aquaculture 126, 73-81
- Brownell, C. L., (1985). Laboratory analysis of cannibalism by larvae of the Cape anchovy *Engraulis capensis*. Trans. Am. Fish. Soc. 114, 512-518.
- Brownell, C. L., (1987). Cannibalistic interactions among young anchovy: a first attempt to apply laboratory behavioural observations to the field. The Benguela and Comparable Ecosystems South African Journal of Marine Science 5, 503-511.
- Bry C., Basset E., Rognon X., Bonamy F., (1992). Analysis of sibling cannibalism among pike, *Esox lucius*, juvenile reared under semi-natural conditions. Environmental Biology of Fisheries 35, 75-84
- Clemmesen, C.M., (1987). Laboratory studies on RNA/DNA ratios of starved and fed herring (*Clupea harengus*) and turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae. J. Cons. int Explor. Mer. 43, 122-128.
- Divanach, P., Boglione, C., Menu, B., Koumoundouros, G., Kentouri, M., Ctaudella, S., (1996). Abnormalities in finfish mariculture: An overview of the problem, causes and solutions. In: Seabass and Seabream culture problems and prospects. International Workshop, Verona, Italy, Oct. 16-18, 1996. European Aquaculture Society Oostende, Belgium, 45-46.
- Divanach, P., Kentouri, M., (1983). The influence of initial trophic condition on oil globule resorption, growth and survival of gilt head sea bream *Sparus aurata* larvae in extensive breeding. Aquaculture 35, 43-55.
- Elgar, M. A., Crespi, B. J., (1991). Ecology and evolution of cannibalism. In Cannibalism (Elgar & Crespi, eds.), pp. 1-12. New York. Oxford University Press.
- FAO, (1970). Current bibliography for aquatic science and fisheries. FAO Fish. Tech. Paper, 12 (Rev.1): 297 pp.
- FAO, (1995). Aquaculture Production Statistics 1984-1993. FAO Fishery Information, Data and Statistics Service. FAO Fish. Circular. No. 815 (Rev.7): 186pp.
- Folkvord, A., (1991). Growth, survival and cannibalism of cod juveniles (*Gadus morhua*): effects of feed type, starvation and fish size. Aquaculture 97, 41-59.

- Fortier, L., Villeneuve A., (1996). Cannibalism and predation on fish larvae of Atlantic mackerel, *Scomber scombrus*: trophodynamics and potential impact on recruitment. *Fishery Bulletin* 94, 268-281.
- Fox, L. R., (1975). Cannibalism in natural populations. *Annual Review of Ecology and Systematics* 6, 87-706.
- Goldan, O., Popper, D., Karplus, I., (1997). Management of size variation in juveniles gilthead sea bream *Sparus aurata*. I: Particle size and frequency of feeding dry and live food. *Aquaculture* 77, 75-84.
- Grave, H., (1981). Food and feeding of mackerel larvae and early juveniles in the North Sea. *Rapports et Proces-verbaux des Reunions Conseil International pour L' exploration de la Mer* 178, 454-459.
- Hecht, T., Appelbaum, S., (1988). Observation on intraspecific aggression and coeval sibling cannibalism by larval and juvenile *Clarias gariepinus* under controlled conditions. *Zoology* 214, 21-44.
- Hecht, T., Pienaar, A., (1991). Cannibalism: The hidden mortality factor in larviculture. In: *Larvi ' 91-Fish and Crustacean Larviculture Symposium*. P. Lavens, P. Soergelos and Ollevier (eds.). European Aquaculture Society, Special publ. No. 15, Gent, Belgium, 1991.
- Hecht, T., Pienaar, A., (1993). A review of cannibalism and its application in fish larviculture. *Journal of the World Aquaculture Society*. Vol.2, no.2, June, 1993.
- Johnson, D.W., Katavic, I., (1984). Mortality, growth and swim bladder stress syndrome of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae under varied environmental conditions. *Aquaculture* 38, 67-78.
- Juorio, J. V., Duray, M. N., Fuchs, J., (1991). Weaning of seabass, *Lates calcarifer* B., larvae to artificial diet. *Larvi 91. Fish and Crustacean Larviculture Symposium*. P. Lavens, P. Sorgeloos, E. Jaspers and F. Ollevier (Eds). European Aquaculture Society, Special Publications No. 15, Gent, Belgium.
- Kaiser, H., Weyl, O., Hecht, T., (1995). The effect of stocking density on growth, survival and agonistic behaviour of African catfish. *Aquaculture International* 3, 217-225.
- Καλλωνιάτης, Κ. (1997). Προϊόντα Αλιείας και Ιχθυοκαλλιέργειας. Επιλογή, Σεπτέμβριος 1997, 118-124.
- Katavic, I., (1986). Diet involved in mass mortality of Sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Aquaculture* 58, 45-54.
- Katavic, I., Jug-Dujakovic, J., Glamuzina, B., (1989). Cannibalism as a factor affecting the survival of intensively cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fingerlings. *Aquaculture* 77, 135-143.

- Κλαουδάτος, Σ., Τσέβης, Ν. Β., (1993). Διερεύνηση της επίδρασης της αλατότητας στις μεταναστευτικές κινήσεις του λαβρακιού. Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Ρόδος 26-29 Απριλίου 1993, 422-425.
- Κουμουνδούρος, Γ., (1998). Οντογένεση της λειτουργικής μορφολογίας και κριτήρια ποιότητας των νυμφών και ιχθυδίων της συναγρίδας *Dentex dentex* (L. 1758), σε συνθήκες εκτροφής. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ηράκλειο, 155p.
- Krise, W.F., Meade, J.W., (1986). Review of the intensive culture of walleye fry. Prog. Fish-Cult. 48, 81-89.
- Lemarie, G., Gassel, E., (1989). Tri d' alevins de loup (*Dicentrachus labrax*) et de dorade (*Sparus aurata*) au stade juvenile (0.2-12 gr). Fische techniques INFREMER Publ. 89.03.166.
- Loadman, N.L., Moodie, G.E.E., Mathias, J.A., (1986). Significance of cannibalism in larval walley (*Stizostedion vitreum*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43, 613-618.
- Melntyre, D. B., Ward, F. J., Swanson, G. M., (1987). Factors affecting cannibalism by pond reared juvenile walleyes. The Progressive Fish-Culturist 49, 264-269.
- Moore, A., Prange, M., (1994). Influence of stocking densities on walleye fry viability in experimental and production tanks. The Progressive Fish-Culturist 56, 194-201.
- Nakamura, E. L. (1978). Food and feeding habitats of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) from the Marquesas and Tuamotu Islands. Transactions of the American Fisheries Society 94, 236-242.
- Nesbit, D. H., (1993). Cannibalism frequencies in wild populations of the eastern mosquitofish (*Gambusia holbrooki*) in South Carolina. Copeia 1993, 867-870.
- O' Connel C.P. (1976). Histological criteria for diagnosing the starving condition in early post yolk sac larvae of the Northern anchovy *Engraulis mordax* Girard. J. exp. mar. Biol. Ecol. 25, 258-312.
- Paller, M. H., Lewis W. M., (1987). Effects of diet on growth depensation and cannibalism among intensive cultured larvae striped bass. The Progressive Fish-Culturist 49, 270-275.
- Papandroulakis, N., Kentouri, M., Divanach, P., (1994). State of the Art of Marine Larvae Rearing in the Mediterranean. Presented at the Workshop for the improvement of the commercial production of marine aquaculture species. Puerto Montt, Chile Dec. 1994.
- Paperna, I., Colorni, A., Ross, B., Colorni, B., (1981). Disease of marine fishes in the Eliat mariculture project based at the Gulf of Aqaba, Red Sea. In: Rosenthal and O.H. Oren (eds), Intensive Aquaculture. Spec. Publ. Eur. Maricult. Soc. 6, 81-91.

- Person Le Ruyet, J., Alexandre, J. C., Thebaud, L., Mugnier, C., (1993). Marine fish larvae feeding: Formulated diets or live prey? *Journal of the World Aquaculture Society*, Vol. 24, No.2.
- Polis, G. A., (1981). The evolution and dynamics of intraspecific predation. *Annual Review of Ecology and Systematics* 12, 225-251.
- Qin, J., Fast, A. W., (1996). Effects of feeding application rates on growth, survival, and feed conversion of juvenile Snakehead *Channa striatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, vol.27, no.1
- Qin, J., Fast, A.W., (1996). Size and feed dependent cannibalism with juvenile snakehead *Channa striatus*. *Aquaculture* 144, 313-320.
- Sakakura, Y., Tsukamoto K., (1996). Onset and development of cannibalistic behaviour in early life stage of yellowtail. *Journal of Fish Biology* 48, 16-29.
- Smith, C., Reay, P. (1991). Cannibalism in teleost fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 1, 41-64.
- Sparholt, H., (1994). Fish species interactions in the Baltic Sea. *Dana*, vol. 10, 131-162.
- Van Damme, P., Appelbaum, S., Hecht, T. (1989). Sibling cannibalism in Koi carp, *Cyprinus carpio* L., larvae and juveniles reared under controlled conditions. *Journal of Fish Biology* 34, 855-863.