



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Επίδραση χορήγησης του μειωμένου επιπέδου τροφής (75%) στην
αύξηση της τσιπούρας σε συνθήκες εντατικής εκτροφής»**



Καβαλαράκης Αντώνης
Καριπίδης Φώτιος
Παναγιωτόπουλος Ανδρέας
Μυλωνάς Γιάννης

ΒΟΛΟΣ 2016

Εξεταστική Επιτροπή:

1) Παναγιώτα Παναγιωτάκη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Υδατοκαλλιέργειες, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Επιβλέπουσα*.

2) Ελένη Γκολομάζου, Λέκτορας, Ιχθυοπαθολογία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, *Μέλος*.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

**Ευχαριστούμε θερμά την κα Παναγιώτα Παναγιωτάκη υπεύθυνη της
διπλωματικής μας εργασίας, για την πολύτιμη βοήθειά και υποστήριξή της στην
τέλεση και ολοκλήρωση αυτής**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	σελ.1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ.2
1.1 Συστηματική κατάταξη.....	σελ.2
1.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά.....	σελ.2
1.3 Οικολογία, γεωγραφική εξάπλωση και διατροφή.....	σελ.3
1.4 Βιολογικός κύκλος.....	σελ.3
1.5 Εκτροφή τσιπούρας.....	σελ.4
1.5.1 Εκτατική εκτροφή τσιπούρας.....	σελ.4
1.5.2 Εντατική εκτροφή τσιπούρας.....	σελ.5
1.6 Παραγωγή και εμπόριο.....	σελ.6
1.7 Αντιστάθμιση μεταβολισμού.....	σελ.7
1.7.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την αντισταθμιστική αύξηση στους ιχθύες.....	σελ.7
1.7.2 Κυριότερες αιτίες αντισταθμιστικής αύξησης.....	σελ.11
1.7.3 Λειτουργική σημασία της αντισταθμιστικής αύξησης και πιθανές εφαρμογές της.....	σελ.11
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	σελ.13
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	σελ.20
3.1 Πρώτη δειγματοληψία.....	σελ.20
3.2. Δεύτερη δειγματοληψία.....	σελ.21
3.3. Τρίτη δειγματοληψία.....	σελ.21
3.4. Τέταρτη δειγματοληψία.....	σελ.22
3.5. Πέμπτη δειγματοληψία.....	σελ.23
3.6. Ανάλυση αποτελεσμάτων με Γραμμική Παλινδρόμηση.....	σελ.24
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	σελ.27
5.ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	σελ.30
ABSTRACT.....	σελ.33

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αντισταθμιστική αύξηση (Growth Compensation) είναι μια περίοδος επιταχυνόμενης αύξησης που παρουσιάζεται μετά από περίοδο έλλειψης τροφής ή μετά από συνθήκες που εμποδίζουν την κανονική αύξηση του οργανισμού. Ο στόχος της GC είναι να δώσει στον οργανισμό τη δυνατότητα να αυξηθεί γρηγορότερα από το συνηθισμένο και να φτάσει η έστω να πλησιάσει στο μέγεθος που θα είχε αν οι δυσμενείς συνθήκες δεν είχαν εμφανιστεί καθόλου και η αύξησή του ήταν συνεχής. Ο στόχος της πτυχιακής διατριβής ήταν η μελέτη της επίδρασης μειωμένης χορήγησης ποσότητας τροφής (75%) στην αύξηση του βάρους της τσιπούρας (*Sparus aurata*) σε συνθήκες εντατικής εκτροφής προκειμένου να μελετηθεί η διαφορά της βιομάζας μεταξύ των ψαριών, τα οποία τράφηκαν με φυσιολογικές ποσότητες τροφής και των ψαριών, τα οποία τράφηκαν με μικρότερη ποσότητας τροφής. Αρχικά τα ενυδρεία που έγινε το πείραμα ήταν 6, από τα οποία 3 ήταν οι μάρτυρες (100% τροφή) και τα άλλα 3 ήταν η μεταχείριση (75%) και κάθε ενυδρείο περιείχε 30 ψάρια. Το πείραμα διήρκησε 63 ημέρες, στις οποίες καταγράφονταν το βάρος των ψαριών ανά 12 ημέρες. Συνολικά έγιναν πέντε δειγματοληψίες και σε κάθε δειγματοληψία τα αποτελέσματα υποβλήθηκαν σε στατιστική δοκιμασία για να διαπιστωθεί αν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στο βάρος των ιχθύων μεταξύ των τριών δεξαμενών της κάθε μιας μεταχείρισης και παράλληλα έγινε σύγκριση του βάρους όλου του πληθυσμού των ιχθύων για να διαπιστωθεί αν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων εκτροφής. Σε όλες τις δειγματοληψίες δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στο βάρος των ιχθύων μεταξύ των τριών δεξαμενών της κάθε μιας εκτροφής, ενώ μεταξύ των δύο εκτροφών (100% και 75% της τροφής) μόνο κατά την δεύτερη δειγματοληψία προέκυψε σημαντική διαφορά στο βάρος των ιχθύων. Συνολικά τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι οι τσιπούρες αυξάνουν το βάρος τους με τον ίδιο ρυθμό και εξελίσσονται κατά τον ίδιο τρόπο ανεξάρτητα αν εκτρέφονται με το 100% της τροφής ή με το 75% της τροφής.

Λέξεις κλειδιά: Τσιπούρα, *Sparus aurata*, αύξηση αντισταθμισμού, μειωμένο επίπεδο τροφής, εντατική εκτροφή

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Συστηματική Κατάταξη

Η συστηματική κατάταξη της τσιπούρας είναι η ακόλουθη:

Συνομοταξία: Chordata

Ομοταξία: Osteichthyes

Τάξη: Perciformes

Οικογένεια: Sparidae

Γένος: Sparus

Είδος: *Sparus aurata* (Κάπελος, 2011)

1.2 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά

Η τσιπούρα (*Sparus aurata*) και τα υπόλοιπα είδη της οικογένειας Sparidae σχηματίζουν από μορφολογική άποψη ένα αρκετά ομοιογενές σύνολο ειδών που χαρακτηρίζεται από ένα υψηλό και συμπιεσμένο νευρικά σώμα, μεγάλα κτενοειδή λέπια, ένα ραχιαίο πτερύγιο που εν μέρει είναι ακανθώδης και ένα διχαλωτό ουραίο πτερύγιο (Χώτος, 2010). Τα κοιλιακά της πτερύγια έχουν μια σκληρή και πέντε μαλακές ακτίνες ενώ το εδρικό τρεις σκληρές και δώδεκα μαλακές. Ο αριθμός των λεπιών κατά μήκος της πλευρικής γραμμής είναι 73 έως 85. Το στόμα της είναι ελαφρώς προεκτεινόμενο και τα δόντια τους ανόμοια, προσαρμοσμένα για σαρκοφαγία. Γενικότερα οι τσιπούρες διαθέτουν πολυάριθμα μυτερά δόντια και στις δύο γνάθους και πολυάριθμες σειρές χοντρών τραπεζιτών κάτι που διευκολύνει την σύνθλιψη των οστράκων. Επιπλέον το έντερο τους, ευθύ και κοντό, είναι ανθεκτικό στα σχισίματα που προκαλούνται από τα κελύφη. Άλλα χαρακτηριστικά της μορφολογίας της είναι μια καστανόμαυρη κηλίδα στο βραγχιακό επικάλυμμα και μια πλατιά χρυσή λωρίδα ανάμεσα στα μάτια (FAO, 2006).

1.3 Οικολογία, γεωγραφική εξάπλωση και διατροφή

Η τσιπούρα είναι κοινό είδος στη Μεσόγειο θάλασσα αλλά απαντάται και κατά μήκος των ακτών του ανατολικού Ατλαντικού από τις Βρετανικές νήσους έως τη Σενεγάλη και πιο σπάνια στη Μαύρη θάλασσα (FAO, 2006).

Πρόκειται για ζώα ευρύαλα και ευρύθερμα που ζουν συχνότερα κοντά στις ακτές, μερικά δε είδη της οικογένειας αυτής διαβιώνουν μέσα σε λιμνοθάλασσες για μια περίοδο της ζωής τους. Χάρη στη ευρύαλη και ευρύθερμη φύση τους απαντώνται σε θαλασσινά αλλά και σε υφάλμυρα νερά. Προτιμούν περιοχές με αμμώδη βενθικά υποστρώματα, περιοχές με λιβάδια ποσειδωνίας, υφάλους και βάθος που φτάνει μέχρι και τα 150 μέτρα.

Είναι ψάρια κυρίως σαρκοφάγα και τρέφονται με δίθυρα, γαστερόποδα, καρκινοειδή εχινόδερμα, πολύχαιτους και τελεοστέους. Η τροφή της ποικίλει ανάλογα το μέγεθος του ψαριού και τη διαθεσιμότητα της. Η τσιπούρα δεν είναι εκλεκτική ως προς ένα είδος στη διατροφή της και όταν ένα είδος τροφής σπανίζει η τρέφεται σε εναλλακτικές πηγές τροφής. Έχει παρατηρηθεί ότι τα άτομα μικρότερου μεγέθους καταναλώνουν μικρούς και με μαλακή σάρκα οργανισμούς όπως πολύχαιτους και μικρά καρκινοειδή. Καθώς ο ιχθύς αυξάνει σε μέγεθος τείνει να διατραφεί με μεγαλύτερα και με πιο σκληρό κέλυφος ζώα (Κάπελος, 2011).

1.4 Βιολογικός Κύκλος

Η αναπαραγωγική περίοδος εκδηλώνεται από τον Οκτώβριο έως και το Δεκέμβριο σε νερά ανοιχτής θαλάσσης στα οποία κατευθύνεται εγκαταλείποντας τα συνήθως τις ημίκλειστες υδατοσυλλογές των λιμνοθαλασσών στις οποίες τα άτομα των νέων πληθυσμών επιστρέφουν κατά τη περίοδο της άνοιξης. Η περίοδος εκκολάψεως των αυγών διαρκεί 5 ώρες έως 2 ημέρες σε νερό θερμοκρασίας 15-20 βαθμών κελσίου. Ενώ η περίοδος και ατελών ιχθυδίων από περίπου 43 έως 50 ημέρες (Παπουτσόγλου, 2008).

Από το αυγά θα εκκολαφτεί η προνύμφη η οποία τρέφεται από το περιεχόμενο του λεκιθικού της σάκου. Στη συνέχεια θα εξελιχθούν σε νύμφες και θα προσλάβουν τροφή για να αναπτυχθούν κατά τη μεταμόρφωση σε ιχθύδια (Κλαουδάτος, 2012)

Στη τσιπούρα έχει αποδειχθεί η ύπαρξη ενός πρωτανδρικού ερμαφροδιτισμού. Σύμφωνα με αυτόν όλος ο πληθυσμός μέχρι το τέλος του δεύτερου έτους, λειτουργεί σαν σύνολο αρσενικών ατόμων, μετά λαμβάνει χώρα αλλαγή του φύλου και αρχίζουν να εμφανίζονται θηλυκά άτομα στο τέλος του δεύτερου και στην αρχή του τρίτου έτους. Παρόλα αυτά η σεξουαλική αναστροφή δε φαίνεται να επηρεάζει το σύνολο των ατόμων αφού μερικά από αυτά παραμένουν αρσενικά καθόλη τη διάρκεια της ζωής τους. Για τους παράγοντες που καθορίζουν αυτή την αντιστροφή δεν υπάρχουν σαφείς ενδείξεις. Υποστηρίζεται ότι εκτός από την ηλικία είναι πιθανόν το βάρος των ψαριών και η διατροφή τους να επηρεάζει αυτό το φαινόμενο (Χώτος, 2010). Γενικά τα άτομα με μήκη μικρότερα των 25 cm και βάρη μικρότερα των 250 g είναι αρσενικά ενώ άτομα με μήκη πάνω από 35 cm και βάρη πάνω από 350 g είναι θηλυκά. Παρόλα αυτά κάποια άτομα παραμένουν αρσενικά για όλη τους τη ζωή. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο λόγος της μη αναστροφής του φύλου, είναι η διατήρηση της αναλογίας των φύλων που είναι απαραίτητη για τη παραγωγή απογόνων και τη διαίωνιση του είδους (Κλαουδάτος, 2012).

1.5 Εκτροφή Τσιπούρας

Οι συνηθέστεροι τρόποι εκτροφής είναι ο εκτατικός και ο εντατικός τρόπος. Ο εκτατικός ήταν ο συνηθέστερος αλλά τα τελευταία χρόνια με την βελτίωση των γνώσεων της βιολογίας και της ανάπτυξης της τεχνολογίας έχει αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό η εντατική εκτροφή με τη χρήση πλωτών κλωβών. Στην Ελλάδα η τσιπούρα φτάνει το εμπορικό βάρος 300-350g σε 14-16 μήνες.

1.5.1 Εκτατική εκτροφή τσιπούρας

Η τσιπούρα αποτελούσε από αιώνες εκτρεφόμενο είδος στις ελληνικές εκτατικές εκτροφές των λιμνοθαλασσών, αλλά και άλλων μεσογειακών περιοχών. Η τσιπούρα αποδείχθηκε ένα πολύ καλό είδος της εκτατικής ιχθυοκαλλιέργειας λόγω της μεγάλης εμπορικής αξίας της, της προσαρμοστικότητας της σε δυσμενείς περιβαλλοντολογικές συνθήκες και της διατροφής της με προϊόντα που βρίσκονται σχετικά χαμηλά στη κλίμακα της τροφικής αλυσίδας (Κλαουδάτος, 2012). Άλλα πλεονεκτήματα του είδους είναι ότι εκμεταλλεύεται τη φυσική παραγωγή της

λεκάνης σε βενθικούς ασπόνδυλους οργανισμούς και ότι καλλιεργείται με επιτυχία σε συστήματα πολυκαλλιεργειών με άλλα είδη (Χώτος, 2010).

Το σύστημα της εκτατικής εκτροφής βασίζεται στη φυσική μετανάστευση των ευρύαλων ψαριών όπου τα ψάρια μπορούν να πιαστούν σε ιχθυοπαγίδες στο στόμιο επικοινωνίας της λιμνοθάλασσας με τη θάλασσα. Δεδομένου ότι η πρακτική αυτή παρέχει μια πολύ περιορισμένη πηγή φυσικών ιχθυδίων πολλές σύγχρονες, εμπορικά εκτεταμένες μονάδες, βασίζονται και σε άγρια ιχθύδια που αλιεύονται αλλά και σε ιχθύδια εκτρεφόμενα σε εκκολαπτήριο. Με αυτό το σύστημα η τσιπούρα φτάνει το πρώτο εμπορικό μέγεθος σε περίπου 20 μήνες και συνήθως εκτρέφεται μαζί με άλλα είδη όπως κέφαλους χέλια και το ευρωπαϊκό λαβράκι. Σημαντικό στα εκτροφεία είναι η ύπαρξη χώρων διαχείμασης ώστε οι θερμοκρασία να μη κατέρχεται κάτω των 5 °C. Η συνολική παραγωγή αυτού του είδους πολυκαλλιέργειας κυμαίνεται από 30 έως 150 kg/ha/yr ανάλογα με τη παραγωγικότητα της λιμνοθάλασσας. Κατά τη διάρκεια του κύκλου παραγωγής δεν παρέχεται συμπληρωματική τροφή καθώς τα ψάρια τρέφονται αποκλειστικά με τους πόρους της λιμνοθάλασσας. Η πυκνότητα των ψαριών γενικά δεν υπερβαίνει τα 0,0025 kg / m³. (FAO 2006, Κάπελος 2011)

1.5.2 Εντατική εκτροφή τσιπούρας

Η τσιπούρα είναι ένα από τα θαλάσσια είδη των ιχθύων της μεσογείου στα οποία έχει εφαρμοστεί επιτυχώς εντατική ελεγχόμενη μαζική του εκτροφή. Στην Ελλάδα από τα τέλη της δεκαετίας του 1980 και ύστερα αναπτύχθηκε με ιδιαίτερα έντονα αυξανόμενο ρυθμό η εκτροφή τσιπούρας με εντατικά συστήματα εκτροφής και πλέον είναι η πρώτη σε παραγωγή χώρα της Μεσογείου και της Ευρώπης (Παπουτσογλου, 2008).

Η εντατική εκτροφή της τσιπούρας ξεκινά από τη δημιουργία και τη διατήρηση των συνόλων των γεννητόρων στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς καθώς κάθε ιχθυογεννητικός σταθμός επιθυμεί να διαθέτει το δικό του σύνολο γεννητόρων και να γνωρίζει την ποιότητα των παραγόμενων αυγών. Στη συνέχεια συλλέγονται τα αυγά από τις υπερχειλίσσεις των δεξαμενών παραμονής των γεννητόρων και τοποθετούνται σε κυκλικές δεξαμενές με ελαφρά κωνικό πυθμένα για εκκόλαψη. Στις ίδιες δεξαμενές γίνεται και η εκτροφή των προνυμφών και των νυμφών τσιπούρας. Από τη στιγμή που θα φτάσουν στη μεταμόρφωση εισέρχονται στο στάδιο του ιχθυδίου και εφόσον φτάσουν το ασφαλές μέγεθος 1-1,5 g/άτομο και προσαρμοστούν

στη διατροφή με συνθετικές τροφές είναι έτοιμες να μεταφερθούν στις εγκαταστάσεις πάχυνσης. (Κλαουδάτος, 2012).

Η πάχυνση γίνεται κυρίως σε ιχθυοκλωβούς, αλλά μπορεί να γίνει και σε χερσαίες εγκαταστάσεις σε ορθογώνιες δεξαμενές σκυροδέματος που ποικίλουν σε μέγεθος ανάλογα με το μέγεθος των ψαριών και τις απαιτήσεις της παραγωγής. Στην εντατική εκτροφή ο δέκτης μετατρεψιμότητας της τροφής, FCR είναι πολύ υψηλός περίπου 1,3:1. Κατά μέσο όρο οι μεγαλύτερες τσιπούρες από τη προπάχυνση με μέγεθος 10g φτάνουν στο πρώτο εμπορικό μέγεθος (350-400g) σε περίπου ένα χρόνο ενώ τα μικρότερα ιχθύδια με μέγεθος 5g φτάνουν το ίδιο μέγεθος σε 16 μήνες (FAO, 2006).

1.6 Παραγωγή Και Εμπόριο

Οι περισσότερες τσιπούρες προέρχονται από υδατοκαλλιέργειες. Ο μεγαλύτερος παραγωγός παγκοσμίως είναι η Ευρωπαϊκή ένωση και ακολουθεί σε μεγάλη απόσταση η Τουρκία. Εντός της Ευρωπαϊκής ένωσης η Ελλάδα είναι η μεγαλύτερη παραγωγός και ακολουθεί η Ισπανία. Το εμπόριο μεταξύ ΕΕ και τρίτων χωρών είναι πολύ περιορισμένο. Από την άλλη μεριά το ενδοκοινοτικό εμπόριο είναι πολύ σημαντικό με την Ελλάδα να πραγματοποιεί την Ελλάδα να πραγματοποιεί τις μεγαλύτερες εξαγωγές προς την Ιταλία, τη Πορτογαλία, την Ισπανία και τη Γαλλία.

Η σύγχρονη μεσογειακή ιχθυοκαλλιέργεια ξεκίνησε τη δεκαετία του 1980 με το λαβράκι και την τσιπούρα. Σήμερα ο κλάδος παράγει πάνω από 250.000 τόνους ψάρια (τσιπούρα, λαβράκι, χιόνα, συναγρίδα κ. ά.), με την τσιπούρα και το λαβράκι να αποτελούν ακόμη τα κύρια παραγόμενα είδη. Είναι ο δεύτερος μεγαλύτερος κλάδος θαλασσινης ιχθυοκαλλιέργειας παγκοσμίως μετά την παραγωγή του ατλαντικού σολομού. Η Ελλάδα είναι η βασική χώρα παραγωγός μεσογειακών ιχθύων και διατηρεί σταθερά μερίδιο της τάξης του 50% της παγκόσμιας παραγωγής. Στον ελληνικό κλάδο ιχθυοκαλλιέργειας δραστηριοποιούνται περίπου 100 εταιρείες όπου απασχολούνται 10 χιλιάδες εργαζόμενοι και ο τζίρος ανέρχεται σε 600 εκ.

1.7 Αντιστάθμιση Μεταβολισμού

Η αντισταθμιστική αύξηση (GC) είναι μια περίοδος επιταχυνόμενης αύξησης που παρουσιάζεται μετά από περίοδο έλλειψης τροφής, ή ύπαρξη συνθηκών που εμποδίζουν την κανονική αύξηση του οργανισμού. Ο σκοπός αυτού μηχανισμού είναι να δώσει στον οργανισμό την ευκαιρία να αυξηθεί γρηγορότερα από το συνηθισμένο και να φτάσει η έστω να πλησιάσει στο μέγεθος που θα είχε αν οι δυσμενείς συνθήκες δεν είχαν εμφανιστεί καθόλου και η ανάπτυξη του ήταν συνεχής (Osborne and Mendel, 1916).

Τα ψάρια δείχνουν μια ιδιαίτερα ισχυρή ικανότητα να ανταποκρίνονται σε αυτόν τον μηχανισμό και υπήρξαν το επίκεντρο πολλών μελετών που αποδεικνύουν την ικανότητά τους να αντισταθμίσουν τις περιόδους της νηστείας, όταν η τροφή γίνεται και πάλι διαθέσιμη (Won and Borski, 2013).

Τα ψάρια εμφανίζουν συχνά ακαθόριστη αύξηση και είναι ευαίσθητα στις εποχικές αλλαγές που επηρεάζουν τον ρυθμό αύξησης. Οι κυριότερες εποχικές αλλαγές σχετίζονται συνήθως με τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και τη διαθεσιμότητα των θηραμάτων. Γι αυτό το λόγο τείνουν να εμφανίζουν μια ισχυρή ικανότητα για GC (Mommensen, 2001).

Η GC χαρακτηρίζεται από έναν αυξημένο ρυθμό αύξησης που προκύπτει από την ενισχυμένη πρόληψη τροφής, τη παραγωγή μιτογόνου αλλά και την απόδοση της μετατροπής της τροφής σε σωματικό βάρος. Λίγα είναι γνωστά σχετικά με τους υποκείμενους μηχανισμούς που οδηγούν σε αυτήν την απόκριση. Παρόλα αυτά είναι γνωστό ότι κάποιες διαδοχικές ενδοκρινείς προσαρμογές οδηγούν στην GC. Η GC χωρίζεται σε δυο φάσεις την καταβολική και την υπεραναβολική φάση (Won and Borski, 2013).

Η καταβολική φάση είναι απαραίτητη γιατί είναι αυτή που παρακινεί τον μηχανισμό να ενεργοποιηθεί. Ο βαθμός της καταβολικής φάσης επηρεάζει και το μέγεθος της απόκρισης. Αυτή η φάση είναι μια περίοδος αρνητικής ενέργειας η οποία χαρακτηρίζεται από νηστεία η οποία εξαντλεί τα ενδογενή αποθέματα ενέργειας και αλλάζει τα ενδογενή προφίλ που ρυθμίζουν την όρεξη και τις δυνατότητες αύξησης όταν η σίτιση γίνει και πάλι εφικτή (Wang et al, 2000). Σύντομες περιόδοι έλλειψης τροφής σπάνια οδηγούν σε εξάντληση των αποθεμάτων και συνήθως αντιμετωπίζονται από τους οργανισμούς με αλλαγές στη συμπεριφορά που επιφέρουν μείωση της ενεργειακής δαπάνης. Υπερβολικά μεγάλες περιόδοι νηστείας, από την

άλλη πλευρά, μπορεί να οδηγήσουν σε μη ανακτήσιμο σφάλμα στην αύξηση, που θα εμποδίζει τους οργανισμούς να φτάσουν σε μέγεθος άτομα της ηλικίας τους (άτομα του ίδιου cohort) (Gaylord and Gatlin, 2000). Παρ' όλα αυτά όταν ο μέτριος καταβολισμός εξαντλήσει τα αναλώσιμα αποθέματα των ιστών αποθήκευσης ενέργειας, πυροδοτείται η GC ανοίγοντας μονοπάτια που αυξάνουν την κυκλοφορία αυξητικής ορμόνης (GH) και τονώνουν κάποιες ορεξιογόνες ουσίες όπως είναι η γκρελίνη και τα νευροπεπτιδία Y (NPY). Η αύξηση της όρεξης και οι αλλαγές στη φυσιολογία που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της καταβολικής φάσης που προηγείται της CG ενισχύουν την υπερφαγία και την επιτάχυνση της ανάπτυξης όταν η σίτιση έχει αποκατασταθεί. Ως εκ τούτου ένα επαρκές αλλά όχι υπερβολικό επίπεδο καταβολισμού είναι απαραίτητο ώστε να αυξήσει την ικανότητα του ζώου να υποστεί την GC και ενδεχομένως να καταφέρει να φτάσει σε πλήρη αύξηση όταν οι συνθήκες βελτιωθούν (Turano et al, 2007 ; Picha et al., 2006).

Ο υπεραναβολισμός που αναφέρεται και ως φάση επιταχυνόμενης αύξησης είναι το αποτέλεσμα της υπερφαγίας και της αυξημένης δραστηριότητας του άξονα ανάπτυξης κατά τη διάρκεια της επανασίτισης ιδιαίτερα στην ταχεία αύξηση της παραγωγής των αυξητικών παραγόντων ινσουλίνης (IGF-I), που συμβαίνει όταν η ηπατική ευαισθησία στην GH επιστρέφει. Η GH δεσμεύει τις ηπατικές GHRs να επάγει την παραγωγή και την έκκριση του IGF-I, το οποίο είναι το προεξέχον μιτογόνο υπεύθυνο για τη σωματική αύξηση στα σπονδυλωτά. Παραγωγή IGFs κατά τη διάρκεια της επανασίτισης, επηρεάζεται επίσης από μια επιβράδυνση των αναστολέων αύξησης (Jobling and Johansen, 1999 ; Won and Borski, 2013).

Η ύπαρξη αντισταθμιστικής αύξησης υποδηλώνει ότι συχνά οι ρυθμοί αύξησης διατηρούνται κάτω του μέγιστου δυνατού. Το μέγιστο δυναμικό μπορεί να επιτευχθεί ή να πλησιαστεί μόνο μετά από σημαντικές διαταραχές της αύξησης. Η αντισταθμιστική αύξηση θα μπορούσε να θεωρηθεί άμεση απάντηση σε πρόσφατες απώλειες της αύξησης. Οι μέγιστοι συνήθεις ρυθμοί αύξησης, μπορούν να ελεγχθούν από φυσικούς περιορισμούς που καθορίζουν τα μακροπρόθεσμα κόστη. Εναλλακτικά η παρατήρηση της αντισταθμιστικής αύξησης μπορεί απλά να αντανακλά αναπροσαρμογές σε δυναμικά ανταλλάγματα μεταξύ συγκρουόμενων απαιτήσεων, καθώς η εσωτερική κατάσταση του ατόμου αλλάζει (Nicieza, 1997).

Στη φύση η αντισταθμιστική αύξηση μπορεί να ερμηνευθεί ως συνέπεια μιας δυναμικής διαδικασίας βελτιστοποίησης της κατανομής των πόρων μεταξύ της δομής, της αποθήκευσης, της ανάπτυξης των γονάδων, της συντήρησης και κατανάλωσης

ενέργειας από δραστηριότητες όπως η αναζήτηση τροφής και η αποφυγή αρπακτικών.

Η αύξηση του μεγέθους των ιχθύων που προκαλείται από τη GC έχει πολλαπλά πλεονεκτήματα για τα ψάρια. Τα μεγαλύτερα σε μέγεθος ψάρια έχουν μικρότερα ποσοστά θνησιμότητας καθώς τα μικρότερα άτομα έχουν και μικρότερα ενεργειακά αποθέματα. Επίσης τα μικρότερα άτομα είναι πιο ευάλωτα σε θηρευτές. Ακόμη κατά τη διάρκεια της οντογένεσης, μπορεί να υπάρχουν κρίσιμες μεταβάσεις που εξαρτώνται από την ατομική επίτευξη ενός ορίου μεγέθους. Τέλος η γονιμότητα σε θηλυκά τελεόστεων είναι συνάρτηση του μεγέθους του σώματος. Ένα μειονέκτημα του μικρού μεγέθους είναι μια απόλυτη χαμηλότερη γονιμότητα. Η GC μπορεί να βοηθήσει στην αποφυγή αυτών των προβλημάτων που οφείλονται στην μειωμένη αύξηση που μπορούν να προκαλέσουν οι δυσμενείς συνθήκες για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (Ali et al, 2003).

1.7.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την αντισταθμιστική αύξηση στους ιχθύες

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλές μελέτες και έρευνες πεδίου πάνω στους παράγοντες που επηρεάζουν την αντισταθμιστική αύξηση στους ιχθύες. Σε κάποιες έρευνες εντοπίστηκαν διάφοροι παράγοντες που συχνά διέφεραν μεταξύ τους ενώ σε άλλες η προέλευση της μειωμένης αύξησης και η επακόλουθη αντιστάθμιση δεν έχουν διευκρινιστεί. Παρακάτω αναλύουμε μερικούς από αυτούς τους παράγοντες (Ali, 2003).

A) Το μήκος και η ένταση της περιόδου στέρησης φαίνεται πως παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο. Έγιναν πειράματα όπου χρησιμοποιήθηκαν είτε μεμονωμένα ψάρια είτε ομάδες ψαριών ως μονάδα αναπαράστασης. Παρατηρήθηκε στις περισσότερες περιπτώσεις ότι οι αλλαγές στο πρωτόκολλο σίτισης οδήγησαν σε πληθώρα διαφορετικών αποτελεσμάτων.

B) Η ιχθυοπυκνότητα και οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις επίσης έχουν συνέπειες στη αντισταθμιστική αύξηση. Έχουν καταγραφεί περιπτώσεις στις οποίες οι υπό μελέτη ιχθύες εμφάνισαν μειωμένη αύξηση όταν οι ιχθυοπυκνότητα ήταν μεγαλύτερη του επιθυμητού. Όταν όμως μειώθηκε η πυκνότητα των ιχθύων στα ενυδρεία το φαινόμενο της μειωμένης αύξησης εξαλείφτηκε γρήγορα. Τα μοτίβα της αντιστάθμισης ποικίλουν μεταξύ των μεμονωμένων ατόμων ανάλογα με τη κοινωνική

συμπεριφορά τους αλλά και τη σωματική τους κατάσταση. Η ιεραρχία επίσης παίζει ρόλο σε πολλά είδη όπως είναι η ιριδίζουσα πέστροφα. Καθώς σε συνθήκες όπου η τροφή είναι περιορισμένη τα δυνατότερα άτομα παίρνουν και μεγαλύτερο μερίδιο. Αποδείχθηκε ότι όταν η τροφή μετά από περίοδο στέρησης προσφερθεί μεγάλη ποσότητα τροφής που επαρκεί για όλα τα ψάρια, αυτά που ήταν χαμηλότερα στην ιεραρχία και λάμβαναν λιγότερη τροφή θα έχουν μεγαλύτερη αντισταθμιστική αύξηση για να καλύψουν γρήγορα τη περίοδο νηστείας.

Γ) Η εποχή του χρόνου επίσης παίζει ρόλο στην εμφάνιση και την ένταση του μηχανισμού της αντιστάθμισης. Ακόμα και σε πανομοιότυπες συνθήκες μειωμένες σίτισης στις ψυχρότερες εποχές δηλαδή χειμώνα και φθινόπωρο η περίοδος στέρησης που απαιτείται για την εμφάνιση της αντιστάθμισης του μεταβολισμού είναι σημαντικά μεγαλύτερη. Σε πειράματα που έγιναν όταν η σίτιση επανήλθε σε φυσιολογικά επίπεδα την άνοιξη και παρατηρήθηκε το φαινόμενο της αντισταθμιστικής αύξησης, τα ψάρια αύξησαν το απόθεμα λίπους τους αλλά και με ταυτόχρονη αύξηση στο μήκος τους σε σχέση με τους μάρτυρες. Αντίστοιχα το φθινόπωρο παρατηρήθηκε και πάλι αύξηση του λίπους αλλά χωρίς καμιά διαφορά στο μήκος των ψαριών.

Δ) Οι μελέτες έχουν δείξει ότι υπάρχουν διάφορα επίπεδα στέρησης. Κάποια είναι πολύ μικρά και έτσι ο οργανισμός δεν εμφανίζει αντισταθμιστική απάντηση σ' αυτή τη στέρηση. Άλλες φορές έχουμε υψηλότερα επίπεδα στέρησης και πλήρη αντιστάθμιση, ενώ κάποιες φορές η το επίπεδο στέρησης είναι τόσο υψηλό που η πλήρης ανάκτηση είναι αδύνατο να επιτευχθεί. Αυτά τα επίπεδα αλλάζουν ανάλογα με το επίπεδο του οντογενετικού σταδίου αλλά και με το στάδιο της σεξουαλικής ωρίμανσης των ιχθύων.

Ε) Οι περιβαλλοντικές συνθήκες και η διατροφική κατάσταση μπορεί να έχουν ισχυρές επιδράσεις στην ωρίμανση και τη γονιμότητα των ψαριών. Η κατανομή της ενέργειας στην παραγωγή των γονάδων και η αυξημένη δραστηριότητα που συνδέεται με την αναπαραγωγή οδηγεί σε διακοπή της αύξησης. Αυτή η διακοπή της αύξησης μπορεί να οδηγήσει σε πιθανή εμφάνιση του φαινομένου της αντιστάθμισης. Άτομα που έχουν υποστεί αντισταθμιστική αύξηση πολλές φορές αργούν να φτάσουν στη γενετική ωρίμανση καθώς ο μηχανισμός χρησιμοποιεί ενέργεια και θρεπτικά συστατικά τα οποία αλλιώς θα ήταν διαθέσιμα για την διαδικασία της αναπαραγωγής.

Άρα η αντισταθμιστική αύξηση αποτελεί και ένα τρόπο για τα ψάρια να μετριάσουν τις επιδράσεις της αναστολής αύξησης που συμβαίνει κατά την αναπαραγωγική περίοδο.

Δ) Τέλος τα μοτίβα της αντισταθμιστικής αύξησης μπορεί να ποικίλουν μεταξύ των διαφόρων τμημάτων του σώματος των ιχθύων. (Ali et al, 2003)

1.7.2 Κυριότερες αιτίες αντισταθμιστικής αύξησης

Αρκετοί παράγοντες μπορούν να συμβάλουν στην αντισταθμιστική αύξηση που παρατηρείται μετά από μια περίοδο ολικής έλλειψης τροφής ή άλλων συνθηκών που αναστέλλουν την αύξηση.

Η υπερφαγία είναι, μακράν, ο πιο κοινός μηχανισμός αντισταθμιστικής αύξησης, και η εμφάνισή της δεν περιορίζεται στην ύπαρξη προηγούμενων επεισοδίων ασιτίας ή έλλειψης τροφής. Κατά την υπερφαγία η κατανάλωση τροφής από τον οργανισμό είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τα ψάρια που ταϊζόταν με συνεχώς χωρίς περιορισμούς. Μπορεί να προκύψει από αύξηση του μεγέθους των γευμάτων, ή αύξηση της συχνότητας ταΐσματος. Η ποιότητα της τροφής, επίσης έχει επίδραση στην υπερφαγική αντίδραση (Nicieza et al, 1993).

Οι μεταβολικοί ρυθμοί των ψαριών λόγω έλλειψη τροφής. Έχει παρατηρηθεί ότι όταν η τροφή μειώνεται σε επίπεδο διατήρησης κάποια ψάρια χάνουν αρχικά σωματικό βάρος αλλά αργότερα εγκλιματίστηκαν στις νέες συνθήκες με τις μικρότερες μερίδες τροφής και στη συνέχεια συνεχίζουν να αυξάνουν τη μάζα τους.

Η αυξημένη αποτελεσματικότητα της χρήσης της τροφής είναι ένας ακόμα παράγοντας στον οποίο θα μπορούσε να αποδοθεί η αντισταθμιστική αύξηση στα ψάρια. Η αποδοτικότητα της τροφής μπορεί να υπολογιστεί με βάση την αύξηση της μάζας του ψαριού και της μάζας της τροφής που καταναλώνεται (Ali, 2003).

1.7.3 Λειτουργική σημασία της αντισταθμιστικής αύξησης και πιθανές εφαρμογές της

Η επιτυχία της εκτροφής ψαριών εξαρτάται από τη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας του κόστους παραγωγής. Μια σημαντική προσέγγιση για τη μείωση του κόστους στην εμπορική υδατοκαλλιέργεια είναι η ανάπτυξη μιας στρατηγικής

ορθής διαχείρισης των ζωοτροφών (Eroldogan et al, 2006). Η σημασία της GC γίνεται αυξανέει όλο και περισσότερο καθώς η τάση τοποθέτησης των εκτρεφόμενων ψαριών μακριά από την ακτή στην ανοικτή θάλασσα, με στόχο την μείωση των επιπτώσεων από την «αυτορύπανση», δημιουργεί χρονικά κενά στην παροχή της τροφής τους. Αυτό είναι εντονότερο όταν οι καιρικές συνθήκες είναι δυσμενείς και η προσέγγιση των κλωβών δυσκολεύει. Η εφαρμογή της GC σε εκτρεφόμενα άτομα προκαλεί μεταβολές στη διάθεση κατανάλωσης και καλύτερη αξιοποίησης της προσφερόμενης εκ νέου τροφής. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην εμφάνιση ταχύτερων ρυθμών αύξησης που είναι εξαιρετικά ευπρόσδεκτο στις μονάδες ιχθυοκαλλιέργειών καθώς η τροφή αποτελεί το μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας για μια τέτοια μονάδα (Πανταρίδης et al, 2006). Παρόλα αυτά υπάρχουν και μελέτες όπου το χαμένο βάρος από τη περίοδο νηστείας δεν αντισταθμίστηκε ποτέ στον επιθυμητό βαθμό. Προκειμένου να αξιολογηθούν τα πιθανά οφέλη της μειωμένης τροφοδοσίας στις ιχθυοκαλλιέργειες πρέπει να κατανοήσουμε καλύτερα τη δυναμική της αντισταθμιστικής αύξησης (Bavcevic, 2009).

Οι περισσότερες εφαρμογές της GC είναι ακόμα σε εργαστηριακό επίπεδο αλλά στο μέλλον χάρη στην ταχεία ανάπτυξη του κλάδου παγκοσμίως ενδέχεται να προκύψουν πολλά νέα στοιχεία και να εφαρμοστεί και σε μεγαλύτερη κλίμακα σε παραγωγικές μονάδες (Purchase and Brown, 2001).

Σκοπός της παρούσας εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση του φαινομένου της αύξησης αντισταθμίστης στην εντατική εκτροφή τσιπούρας μέσου βάρους περίπου $5,80 \pm 1,17$ g σε κλειστό σύστημα κυκλοφορίας νερού. Συγκεκριμένα στόχος της παρούσας εργασίας ήταν να εξεταστεί η επίδραση του μειωμένου επιπέδου διατροφής (κατά 25%) στην αύξηση της τσιπούρας.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το πείραμα της παρούσης πτυχιακής εργασίας πραγματοποιήθηκε στο σταθμό υδατοκαλλιεργειών του τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας στο Βόλο. Το πείραμα διήρκησε 63 ημέρες και σε αυτό χρησιμοποιήθηκαν άτομα τσιπούρας τα οποία προμηθεύτηκαν από τον ιχθυογεννητικό σταθμό της εταιρείας 'ΔΙΑΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ Α.Β.Ε.Ε.', που βρίσκεται στην περιοχή Ντάπια Αχλαδίου, στο νομό Φθιώτιδας. Τα ιχθύδια μεταφέρθηκαν από τις εγκαταστάσεις του ιχθυογεννητικού σταθμού πολύ προσεκτικά σε ειδικές ισοθερμικές δεξαμενές (για την διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας κατά τη μεταφορά) με οξυγόνο. Τα ιχθύδια έμειναν χωρίς τροφή μια ημέρα πριν μεταφερθούν και στη συνέχεια εγκλιματίστηκαν για περίπου 12-14 ημέρες. Αμέσως μετά τον εγκλιματισμό τα άτομα τσιπούρας τοποθετήθηκαν ισόποσα και τυχαία σε 6 γυάλινα ενυδρεία. Το κάθε ενυδρείο είχε χωρητικότητα 120 L και τα ενυδρεία διέθεταν κλειστό κύκλωμα κυκλοφορίας νερού. Επίσης στο σύστημα χρησιμοποιούνταν μηχανικό-βιολογικό φίλτρο νερού (εικόνα 1) για την απομάκρυνση αμμωνίας, περιττωμάτων και υπολειμμάτων τροφής τα οποία δεν καταναλώνονταν από τα ιχθύδια ,έτσι ώστε να μην υπάρχει αρνητική επίδραση στο πείραμά μας, ούτε αλλοίωση αποτελέσματος.

Αρχικά πριν ξεκινήσει η διεξαγωγή του πειράματος πραγματοποιήθηκε καθαρισμός των ενυδρείων, του μηχανικού-βιολογικού φίλτρου και ολόκληρου του χώρου του εργαστηρίου έτσι ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις των ατόμων που θα εγκαθίστανται στα ενυδρεία. Τα ενυδρεία τοποθετήθηκαν το ένα δίπλα στο άλλο σε σειρά (εικόνα 2). Τα ψάρια μας ζυγίστηκαν και το μέσο βάρος τους ήταν $5,82 \pm 1,19$ g. Στη συνέχεια διαχωρίστηκαν σε δύο ομάδες ,η 1η ομάδα ήταν οι μάρτυρες οι οποίοι σιτίζονταν με ποσοστό τροφής 100% και η 2η ομάδα ήταν η διαχείριση η οποία σιτίζονταν με ποσοστό τροφής 75%. Τα τρία ενυδρεία (επαναλήψεις) αντιστοιχούσαν στους μάρτυρες και τα υπόλοιπα τρία στη διαχείριση. Κάθε μέρα προσφέραμε στα ψάρια δύο φορές τροφή, στις 10:00 το πρωί και στις 16:00 το απόγευμα και η ποσότητα της τροφής προέκυπτε από το μέγεθος των ψαριών σε κάθε ενυδρείο. Η προσφερόμενη ποσότητα τροφής ήταν αυτή που πρότεινε μέσα από τους πίνακες εκτροφής της η εταιρία ιχθυοτροφών BIOMAR Hellas. Ο προσδιορισμός τροφής γίνονταν συναρτήσει της θερμοκρασίας και του μεγέθους των ψαριών και αναπροσαρμοζόταν στη βιομάζα του κάθε ενυδρείου όπως

αυτή προέκυπτε μετά από κάθε 2 εβδομάδες περίπου, όταν ζυγίζονταν όλα τα άτομα κάθε ενυδρείου.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν 5 δειγματοληψίες για την μέτρηση του βάρους. Η διαδικασία της μέτρησης ήταν ως εξής: τα ψάρια εξαλιένονταν προσεκτικά με μία απόχη, έτσι ώστε να μην στρεσαριστούν και να μην τραυματιστούν. Στη συνέχεια τοποθετούνταν σε έναν κουβά, ο οποίος περιείχε φαινοξαιθανόλη (εικόνα 3) που ήταν απαραίτητη για την αναισθητοποίηση τους και νερό (μέσα από το ενυδρείο). Εφόσον αναισθητοποιούνταν όλα τα ψάρια, μετρούσαμε ξεχωριστά για το καθένα το βάρος του σε ζυγαριά ακριβείας. Οι μετρήσεις καταγράφονταν σε ένα χαρτί για κάθε ενυδρείο ξεχωριστά. Αμέσως μετά την μέτρηση τα ψάρια τοποθετούνταν με προσοχή να μην τραυματιστούν σε έναν κουβά με νερό (μέσα από το ενυδρείο) χωρίς αναισθητικό για την ανάνηψη τους και έπειτα επανατοποθετούνταν στα ενυδρεία. Την τελευταία μέρα τα ψάρια θανατώθηκαν χρησιμοποιώντας υψηλή δόση αναισθητικού.



Εικόνα 1: Μηχανικό-βιολογικό φίλτρο νερού (φωτογραφία συγγραφέων)



Εικόνα 2: Ενδρεία - διάταξη (φωτογραφία συγγραφέων)



Εικόνα 3: Φαινοξυαιθανόλη (αναισθητικό), (φωτογραφία συγγραφέων)

Στο χρονικό διάστημα του πειράματος το νερό που χρησιμοποιήθηκε μέσα στα ενυδρεία προετοιμάστηκε από εμάς τους ίδιους με μια σειρά διαδικασιών, απαραίτητων για την επίτευξη των βέλτιστων συνθηκών διαβίωσης των ιχθυδίων. Για αρχή λοιπόν ένας μεγάλος κουβάς γεμιζόταν με νερό βρύσης με τη χρήση λάστιχου. Στη συνέχεια για την αποχλωρίωση του νερού στον κουβά, προστιθόταν διάλυμα extreme 5ml/38lt και ανακινούταν με έναν πλαστικό σωλήνα για την καλύτερη διάσπαση του διαλύματος. Έπειτα καθώς η ανακίνηση με τον σωλήνα συνεχιζόταν προστιθόταν αλάτι Instant Ocean Seasalt (εικόνα 4) για να επιτευχθεί το κατάλληλο ποσοστό αλατότητας. Ο έλεγχος της αλατότητας μέσα στον κουβά γινόταν με ειδικό ηλεκτρονικό μετρητή της αλατότητας Eutech instruments ecoscan salt6 (εικόνα 5). Όταν η αλατότητα έφτανε στα επιθυμητά νούμερα το νερό μεταφερόταν με τη χρήση μικρότερων κουβάδων σε κάθε ενυδρείο ξεχωριστά, μέχρι την επιθυμητή στάθμη. Ύστερα γινόταν ξανά μέτρηση της αλατότητας του νερού που μεταφερόταν στο εσωτερικό του ενυδρείου με βέλτιστες τιμές 26-28 +- ‰.

Σε καθημερινή βάση ή κάθε δύο μέρες γινόταν αντικατάσταση του 30-40% του συνολικού όγκου του νερού των ενυδρείων και παράλληλα σιφωνισμός για τον καθαρισμό περιττωμάτων και υπολειμμάτων τροφής που είχαν κατακαθίσει στον πυθμένα. Μετά από οποιαδήποτε αντικατάσταση του νερού γινόταν μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού (βέλτιστες τιμές 22-24 °C).

Κάθε ενυδρείο διέθετε μια αερόπετρα η οποία απελευθέρωνε φυσαλίδες αέρα από τους συμπιεστές αέρα στο εργαστήριο, σε συχνότητα και ένταση που εμείς ρυθμίζαμε. Τέλος ανά τακτά χρονικά διαστήματα προσθέταμε στο εσωτερικό του μηχανικού-βιολογικού φίλτρου ή στο νερό απευθείας διάλυμα βακτηρίων Niteout II (εικόνα 6) της εταιρείας MICROBE-LIF με σκοπό την νιτροποίηση των αζωτούχων οργανικών ενώσεων.



Εικόνα 4: Αλάτι Instant Ocean Seasalt (φωτογραφία συγγραφέων)



Εικόνα 5: Ηλεκτρονικός μετρητής της αλατότητας Eutech instruments ecoscan salt6 (φωτογραφία συγγραφέων)



Εικόνα 6: Διάλυμα βακτηρίων Niteout II της εταιρείας MICROBE-LIF (φωτογραφία συγγραφέων)

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Πρώτη δειγματοληψία (17/11/2014).

Η πρώτη δειγματοληψία-μέτρηση πραγματοποιήθηκε στις 17/11/2014 και αφορούσε τον αρχικό υπολογισμό του βάρους των ιχθύων που χρησιμοποιήθηκαν ως πειραματικό υλικό (0 ημέρες εκτροφής). Τα αποτελέσματα υποβλήθηκαν σε στατιστική δοκιμασία για να διαπιστωθεί α) αν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στο βάρος των ιχθύων από δεξαμενή σε δεξαμενή μέσα σε κάθε μία από τις δυο μεταχειρίσεις του πειράματος (100% εκτροφής και 75% της εκτροφής) και β) αν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Για την πρώτη δοκιμασία χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση της διασποράς (ANOVA) και η γενική δοκιμασία του F, τόσο για την μεταχείριση με 100% εκτροφή όσο και για την μεταχείριση με 75% εκτροφή, έχοντας ως παρατηρήσεις το βάρος των ιχθύων μέσα σε κάθε μία δεξαμενή. Για την δεύτερη δοκιμασία χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο t του Student, έχοντας ως παρατηρήσεις τις τιμές όλων των ιχθύων από όλες τις δεξαμενές.

Η παραπάνω μεθοδολογία για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων του βάρους των ιχθύων, εφαρμόστηκε και στις υπόλοιπες τέσσερις δειγματοληψίες.

Πίνακας 1: Βάρος των ιχθύων (Μέσος ± Τυπικό σφάλμα) σε g, κατά την έναρξη του πειράματος.

Αριθμός δεξαμενής	100% εκτροφή	75% εκτροφή	
1	5,80 ± 0,21 (z)	5,89 ± 0,23 (y)	
2	5,68 ± 0,23 (z)	5,86 ± 0,23 (y)	
3	5,92 ± 0,21 (z)	5,77 ± 0,22 (y)	
	F=0,291 για 2 και 87 BE, P=0,75 CV=20,4%	F=0,07 για 2 και 87 BE, P=0,92 CV=21,15%	
Σύνολο ιχθύων	5,84 ± 0,13	5,80 ± 0,12	t=0,237 (ns) t _{κρίσιμο} =1,973 P _(T≤t) =0,81

CV: Συντελεστής παραλλακτικότητας = $\frac{\sqrt{MT_{\text{υπ}}}}{\bar{y}_..} \times 100$

ns: Μη σημαντικό

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο βάρος των ιχθύων τόσο μεταξύ των δεξαμενών όσο και μεταξύ των μεταχειρίσεων του πειράματος.

3.2. Δεύτερη δειγματοληψία (3/12/2014).

Η δεύτερη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 3/12/2014 (16 ημέρες εκτροφής). Τα αποτελέσματα της εξέλιξης του βάρους των ιχθύων, τόσο σε κάθε δεξαμενή όσο και συνολικά ανά μεταχείριση παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 2. Παράλληλα παρουσιάζονται και τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης.

Πίνακας 2: Βάρος των ιχθύων (Μέσος \pm Τυπικό σφάλμα) σε g, κατά την δεύτερη δειγματοληψία.

Αριθμός δεξαμενής	100% εκτροφή	75% εκτροφή	
1	11,30 \pm 0,48 (z)	9,52 \pm 0,44 (y)	
2	10,80 \pm 0,60 (z)	10,20 \pm 0,53 (y)	
3	10,33 \pm 0,51 (z)	9,53 \pm 0,43 (y)	
	F=0,818 για 2 και 87 BE, P=0,44 CV=26,9%	F=0,674 για 2 και 87 BE, P=0,51 CV=26,5%	
Σύνολο ιχθύων	10,81 \pm 0,31	9,75 \pm 0,27	t=2,593 (*) t _{κρίσιμο} =1,973 P _(T≤t) =0,01

(*): Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο βάρος των ιχθύων μεταξύ των δεξαμενών, τόσο για την μεταχείριση με 100% εκτροφή όσο και για την μεταχείριση με 75% εκτροφή. Αντίθετα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο βάρος των ιχθύων μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Φαίνεται δηλαδή ότι οι ιχθύες που δέχονται 100% εκτροφή παρουσιάζουν μεγαλύτερη αύξηση στο βάρος τους σε σχέση με την μεταχείριση με 75% εκτροφή, κατά τις πρώτες 16 ημέρες της εκτροφής τους.

3.3. Τρίτη δειγματοληψία (18/12/2014).

Η τρίτη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 18/12/2014 (31 ημέρες εκτροφής). Στο στάδιο αυτό παρατηρήθηκαν οι πρώτες απώλειες ιχθύων, οι οποίοι λόγω ανταγωνισμού νεκρώθηκαν και αφαιρέθηκαν από τις δεξαμενές. Πιο συγκεκριμένα μετρήθηκαν 29 ιχθύες στην πρώτη, 29 στην δεύτερη και 27 στην τρίτη δεξαμενή της μεταχείρισης με 100% εκτροφή, ενώ από την μεταχείριση με 75% εκτροφή απώλεια υλικού παρατηρήθηκε στην τρίτη δεξαμενή όπου μετρήθηκαν 29 ιχθύες. Τα αποτελέσματα της εξέλιξης του βάρους των ιχθύων, τόσο σε κάθε δεξαμενή όσο και συνολικά ανά μεταχείριση παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα 3. Παράλληλα παρουσιάζονται και τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης.

Πίνακας 3: Βάρος των ιχθύων (Μέσος \pm Τυπικό σφάλμα) σε g, κατά την τρίτη δειγματοληψία.

Αριθμός δεξαμενής	100% εκτροφή	75% εκτροφή	
1	17,89 \pm 0,95 (z)	16,12 \pm 0,72 (y)	
2	16,39 \pm 0,74 (z)	16,42 \pm 0,83 (y)	
3	15,35 \pm 0,72 (z)	15,07 \pm 0,69 (y)	
	F=2,442 για 2 και 82 BE, P=0,09 CV=26,12%	F=0,883 για 2 και 86 BE, P=0,41 CV=25,68%	
Σύνολο ιχθύων	16,57 \pm 0,48	15,88 \pm 0,43	t=1,072 (ns) t _{κρίσιμο} =1,973 P _(T≤t) =0,29

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο βάρος των ιχθύων μεταξύ των δεξαμενών, τόσο για την μεταχείριση με 100% εκτροφή όσο και για την μεταχείριση με 75% εκτροφή. Επίσης δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο βάρος των ιχθύων μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Φαίνεται δηλαδή ότι οι ιχθύες που δέχονταν το 75% της εκτροφής, μετά τις πρώτες 16 ημέρες προσαρμόστηκαν στις συνθήκες εκτροφής και μέσα στις επόμενες ημέρες (μέχρι την 31^η ημέρα εκτροφής) παρουσίασαν αντίστοιχη αύξηση στο βάρος τους σε σχέση με την μεταχείριση με 100% εκτροφή.

3.4. Τέταρτη δειγματοληψία (5/1/2015).

Η τέταρτη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 5/1/2015 (49 ημέρες εκτροφής). Και στην δειγματοληψία αυτή διαπιστώθηκαν απώλειες πειραματικού υλικού. Οι ιχθύες που καταμετρήθηκαν ήταν 29, 26 και 27 για τις τρεις δεξαμενές με 100% εκτροφή και 30, 30 και 29 για την μεταχείριση με 75% της τροφής. Τα αποτελέσματα της εξέλιξης του βάρους των ιχθύων, τόσο σε κάθε δεξαμενή όσο και συνολικά ανά μεταχείριση παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα 4. Παράλληλα παρουσιάζονται και τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης.

Πίνακας 4: Βάρος των ιχθύων (Μέσος \pm Τυπικό σφάλμα) σε g, κατά την τέταρτη δειγματοληψία.

Αριθμός δεξαμενής	100% εκτροφή	75% εκτροφή	
1	24,72 \pm 0,91 (z)	24,76 \pm 0,92 (y)	
2	23,77 \pm 1,04 (z)	23,44 \pm 0,93 (y)	

3	22,48 ± 1,09 (z) F=1,27 για 2 και 79 BE, P=0,29 CV=22,25%	21,38 ± 1,18 (y) F=2,806 για 2 και 86 BE, P=0,066 CV=23,96%	
Σύνολο ιχθύων	23,68 ± 0,58	23,19 ± 0,60	t=0,586 (ns) t _{κρισιμο} =1,974 P _(T≤t) =0,56

Και στην τέταρτη δειγματοληψία η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στο βάρος των ιχθύων από δεξαμενή σε δεξαμενή για τις δύο εκτροφές του πειράματος. Παράλληλα φαίνεται ότι το βάρος των ιχθύων μετά από 49 ημέρες, δεν διαφέρει σημαντικά μεταξύ των δύο εκτροφών (100% και 75% της τροφής).

3.5. Πέμπτη δειγματοληψία (19/1/2015).

Η πέμπτη και τελευταία δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 19/1/2015 (μετά από 63 ημέρες εκτροφής). Οι απώλειες πειραματικού υλικού διαπιστώθηκαν και στην δειγματοληψία αυτή. Πιο συγκεκριμένα η τελική καταμέτρηση αφορούσε 25, 24 και 24 ιχθύες στις τρεις δεξαμενές της μεταχείρισης με το 75% της τροφής, ενώ στην μεταχείριση με το 100% της τροφής ελήφθησαν 23 παρατηρήσεις από τις δεξαμενές 1 και 3 καθώς λόγω αστοχίας του μηχανισμού οξυγόνωσης οι ιχθύες στην δεξαμενή 2 πέθαναν από ασφυξία. Τα αποτελέσματα της εξέλιξης του βάρους των ιχθύων, τόσο σε κάθε δεξαμενή όσο και συνολικά ανά μεταχείριση παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα 5. Παράλληλα παρουσιάζονται και τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης.

Πίνακας 5: Βάρος των ιχθύων (Μέσος ± Τυπικό σφάλμα) σε g, κατά την πέμπτη δειγματοληψία.

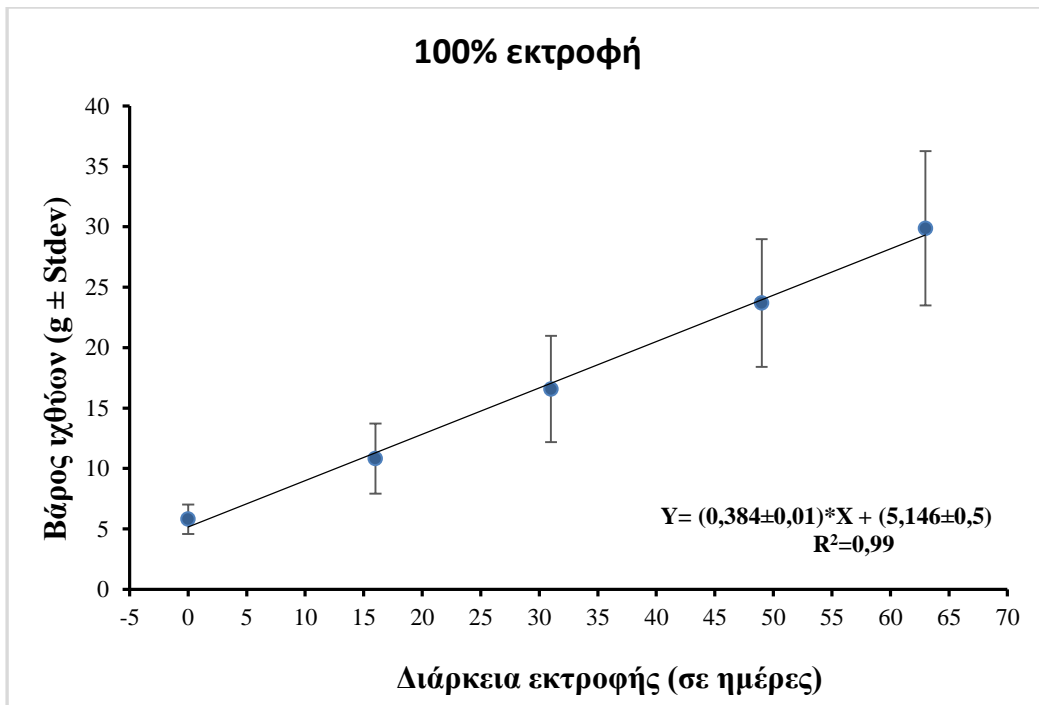
Αριθμός δεξαμενής	100% εκτροφή	75% εκτροφή	
1	30,82 ± 1,39 (z)	28,80 ± 1,14 (y)	
2		29,21 ± 1,63 (y)	
3	28,94 ± 1,28 (z)	25,07 ± 1,42 (y)	
	F=1,002 για 1 και 44 BE, P=0,32 CV=21,39%	F=2,61 για 2 και 70 BE, P=0,08 CV=24,98%	
Σύνολο ιχθύων	29,88 ± 0,94	27,71 ± 0,83	t=1,689 (ns) t _{κρισιμο} =1,98 P _(T≤t) =0,094

Και στην πέμπτη δειγματοληψία η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στο βάρος των ιχθύων από δεξαμενή σε δεξαμενή για τις δύο εκτροφές του πειράματος. Παράλληλα φαίνεται ότι το βάρος των ιχθύων μετά από 63 ημέρες, δεν διαφέρει σημαντικά μεταξύ των δύο εκτροφών (100% και 75% της τροφής).

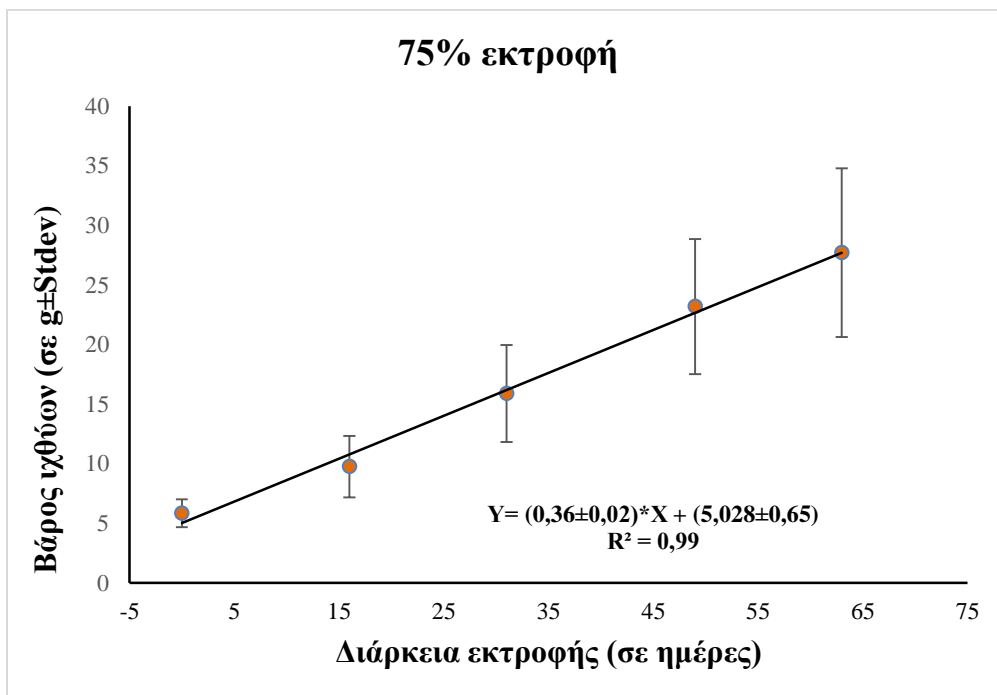
3.6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΜΕ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΣΗ

Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν πέντε ζεύγη τιμών (X: ημέρες εκτροφής και Y: βάρος ιχθύων) για την εκτροφή 75% και πέντε ζεύγη για την εκτροφή 100%. Οι τιμές του βάρους των ιχθύων είναι οι μέσοι όλων των τιμών του βάρους και από τις τρεις δεξαμενές για κάθε μεταχείριση.

X (ημέρες εκτροφής)	Y100 (μέσο βάρος σε g±stdev)	Y75 (μέσο βάρος σε g±stdev)
0	5,79778±1,222	5,84011±1,173
16	10,81088±2,909	9,74867±2,576
31	16,56976±4,402	15,88056±4,074
49	23,68037±5,287	23,18775±5,671
63	29,87848±6,390	27,70945±7,076



Διάγραμμα 1: Μεταβολή του βάρους των ιχθύων (σε g) που δέχθηκαν το 100% της τροφής κατά την διάρκεια των 63 ημερών του πειράματος. Η συνάρτηση αποδίδει την σχέση του χρόνου εκτροφής και της μεταβολής του βάρους (F=890,1 για 1 και 3 BE, P<0,001) και εξηγεί το 99% της ολικής παραλλακτικότητας.



Διάγραμμα 2: Μεταβολή του βάρους των ιχθύων (σε g) που δέχθηκαν το 75% της τροφής κατά την διάρκεια των 63 ημερών του πειράματος. Η συνάρτηση αποδίδει την σχέση του χρόνου εκτροφής και της μεταβολής του βάρους (F=467,4 για 1 και 3 BE, P<0,001) και εξηγεί το 99% της ολικής παραλλακτικότητας.

Οι συντελεστές παλινδρόμησης (κλίσεις των ευθειών) αφορούν τον μέσο ρυθμό της μεταβολής του βάρους ανά ημέρα (g/day). Σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα, φαίνεται ότι οι ιχθύες που δέχονται 75% της τροφής αυξάνουν το βάρος τους κατά $0,36 \pm 0,02$ g/ημέρα ενώ αυτοί που δέχονται 100% της τροφής κατά $0,38 \pm 0,01$ g/ημέρα.

Όμως υποβάλλοντας σε στατιστική δοκιμασία την διαφορά των ρυθμών αυτών (b_1 και b_2), δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά. Με άλλα λόγια οι ιχθύες τόσο στην μεταχείριση με 100% τροφή όσο και οι ιχθύες στην μεταχείριση με 75% τροφή αυξάνουν το βάρος τους με τον ίδιο ρυθμό.

Η δοκιμασία γίνεται με το κριτήριο t του Student και για επίπεδο σημαντικότητας 5% ($P=0,05$) με 6 βαθμούς ελευθερίας (n_1+n_2-4), η κρίσιμη τιμή του t (κρίσιμο) είναι 2,447.

Η τιμή του t για τη σύγκριση αυτή δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$t = \frac{b_1 - b_2}{S_{(b_1 - b_2)}} = 1,13 \quad (nS) \text{ γιατί } 1,13 < 2,447 \text{ οπότε η } H_0: b_1 = b_2 \text{ γίνεται δεκτή.}$$

Όπου:

$$S_{(b_1 - b_2)} = \sqrt{s_{yp}^2 \left(\frac{1}{AT_{1xx}} + \frac{1}{AT_{2xx}} \right)}$$

$$s_{yp}^2 = \frac{AT_{1yy} - b_1 * A\Gamma_{1xy} + AT_{2yy} - b_2 * A\Gamma_{2xy}}{n_1 + n_2 - 4} = 0,560012$$

$$b_1 = \frac{A\Gamma_{1xy}}{AT_{1xx}} = 0,3599 \text{ και } b_2 = \frac{A\Gamma_{2xy}}{AT_{2xx}} = 0,3837$$

$$AT_{1xx} = AT_{2xx} = 2530,8$$

$$AT_{1yy} = AT_{yy} \text{ 75\%} = 329,9716$$

$$AT_{2yy} = AT_{yy} \text{ 100\%} = 373,8590148$$

$$A\Gamma_{1xy} = A\Gamma_{xy} \text{ 75\%} = 910,9152$$

$$A\Gamma_{2xy} = A\Gamma_{xy} \text{ 100\%} = 971,0738$$

$$n_1 = n_2 = 5$$

AT: άθροισμα τετραγώνων των αποκλίσεων των τιμών μιας μεταβλητής από τον μέσο όρο των τιμών της.

$$AT_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2$$

$$AT_{yy} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2$$

AΓ: άθροισμα γινομένων των αποκλίσεων των τιμών της ανεξάρτητης μεταβλητής (X) από τον μέσο της, επί την απόκλιση της αντίστοιχης τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής (Y) από τον μέσο της.

$$A\Gamma_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X}) * (y_i - \bar{Y})$$

Ο κοινός (σταθμικός) συντελεστής παλινδρόμησης υπολογίζεται από την σχέση :

$$b_{\text{com}} = \frac{A\Gamma_{1xy} + A\Gamma_{2xy}}{AT_{1xx} + AT_{2xx}} = \frac{910,9152 + 971,0738}{2 \times 2530,8} = 0,372$$

Με άλλα λόγια μπορεί να ειπωθεί ότι και στις δύο μεταχειρίσεις ο ημερήσιος μέσος ρυθμός αύξησης του βάρους των ιχθύων είναι 0,372 g/day.

Μετά την αποδοχή της μηδενικής υπόθεσης για τους συντελεστές παλινδρόμησης (οι γραμμές είναι παράλληλες), η υπόθεση $H_0: a_1 = a_2$ (τιμές αποκοπής του άξονα Y) υποβάλλεται σε στατιστική δοκιμασία πάλι με το κριτήριο του t, δηλαδή θα ελεγχθεί αν οι γραμμές παλινδρόμησης ταυτίζονται.

Η κρίσιμη τιμή του πειραματικού t προσδιορίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$t = \frac{(a_1 - a_2) - b_{\text{com}}(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{s_{yp}^2 \times \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^2}{AT_{1xx} + AT_{2xx}} \right]}} \quad \text{με } n_1 + n_2 - 3 \quad \text{BE}$$

Επειδή $\bar{X}_1 = \bar{X}_2$ και $n_1 = n_2$, η παραπάνω σχέση γίνεται $t = \frac{(a_1 - a_2)}{\sqrt{s_{yp}^2 \times \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}} = 0,25$ (ns)

$t_{\text{κρίσιμο}} = 2,365$ για 7 BE και $P=0,05$, οπότε γίνεται δεκτή η μηδενική υπόθεση και συνεπώς βγαίνει το συμπέρασμα ότι οι δύο γραμμές παλινδρόμησης ταυτίζονται. Αυτό είναι απόλυτα λογικό καθώς κατά την έναρξη του πειράματος τα ιχθύδια της τσιπούρας που χρησιμοποιήθηκαν και στις δύο μεταχειρίσεις, προέρχονταν από την ίδια εκτροφή και είχαν πολύ μικρές διαφορές στο αρχικό τους βάρος (Πίνακας 1).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Ο στόχος της πτυχιακής διατριβής ήταν η μελέτη της επίδρασης μειωμένης χορήγησης ποσότητας τροφής (75%) στην αύξηση μεγέθους της τσιπούρας σε συνθήκες εντατικής εκτροφής προκειμένου να μελετηθεί η διαφορά της βιομάζας μεταξύ των ψαριών τα οποία τράφηκαν με φυσιολογικές ποσότητες τροφής και των ψαριών τα οποία τράφηκαν με μικρότερη ποσότητας τροφής.

Από την ανάλυση των δεδομένων του πειράματος διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο βάρος των ιχθύων από δεξαμενή σε δεξαμενή και στις δύο εκτροφές του πειράματος. Η παρατήρηση αυτή φανερώνει ότι η αύξηση των ιχθύων σε διαφορετικές δεξαμενές δεν είχε σημαντική επίδραση στα

αποτελέσματα του πειράματος και στις συγκρίσεις μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων (100% και 75% της τροφής). Επιπλέον οι συγκρίσεις των αποτελεσμάτων του βάρους των ιχθύων μεταξύ των δύο εκτροφών έδειξαν ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά. Αυτό φανερώνει ότι οι τσιπούρες αυξάνουν την βιομάζα τους κατά παρόμοιο τρόπο (πρότυπο), ανεξάρτητα αν εκτρέφονται με το 100% της τροφής ή με το 75% της τροφής, στα αρχικά στάδια ανάπτυξής τους.

Η διερεύνηση του πρότυπου αύξησης των ιχθυδίων της τσιπούρας στις παρούσες πειραματικές συνθήκες, σύμφωνα με το οποίο μπορούμε να δούμε πόσο και πώς αυξάνεται συνολικά το μέσο βάρος των ιχθύων με την πάροδο του χρόνου για τους μάρτυρες (100%) και τη μεταχείριση (75%), έγινε με την ανάλυση της παλινδρόμησης των τιμών του βάρους πάνω στον χρόνο εκτροφής.

Διαπιστώθηκε ότι και στις δύο εκτροφές το βάρος των ιχθυδίων της τσιπούρας ακολουθεί ένα γραμμικό πρότυπο αύξησης σε συνάρτηση με τον χρόνο της εκτροφής. (Διάγραμμα 1 και 2). Η σύγκριση των δύο ευθειών παλινδρόμησης έδειξε ότι οι δύο ευθείες ταυτίζονται και ουσιαστικά περιγράφουν δεδομένα από τον ίδιο πληθυσμό. Με άλλα λόγια το συμπέρασμα είναι ότι οι τσιπούρες κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξής τους και στις δεδομένες πειραματικές συνθήκες, παρουσιάζουν κοινό πρότυπο μεταβολής του βάρους τους ανεξάρτητα αν εκτρέφονται με το 100% ή το 75% της τροφής, με ημερήσιο ρυθμό αύξησης τα 0,372 g/day. Παρόμοια αποτελέσματα εμφανίζονται και στη διεθνή βιβλιογραφία. Οι Tian και Qin (2004) σε πείραμα με μερική σίτιση που πραγματοποίησαν σε Ασιατικό λαβράκι (*Lates calcarifer*) παρατήρησαν πλήρη αντιστάθμιση και ίδια αύξηση κατά την 2η και 4η εβδομάδα του πειράματος στις πειραματικές ομάδες που ελάμβαναν καθημερινά τροφή 50% και 75%. Απο την άλλη οι πειραματικές ομάδες που ταΐζονταν με 0% και με 25% τροφή δεν εμφάνισαν καμία αντιστάθμιση καθώς επίσης και οι ρυθμοί αύξησής τους ήταν πολύ μικρότεροι σε σχέση με τις δύο προηγούμενες ομάδες. Επίσης οι χημικές αναλύσεις που έγιναν έδειξαν πως οι ομάδες που σιτίζονταν με 0%, με 25% και με 50% τροφής εμφάνισαν λιγότερα ποσοστά λίπους, ενέργειας και υγρασίας σε σχέση με τον μάρτυρα. Τέλος όλες οι διαχειρίσεις εμφάνισαν λιγότερη πρωτεΐνη από τον μάρτυρα και περισσότερη τέφρα.

Πείραμα που έγινε σε καλκάνι 33g με μερική ασιτία, όπου οι μάρτυρες ταΐζονταν με 100% τροφή και οι διαχειρίσεις με 90%, 80% και 70% τροφής διαπιστώθηκε ότι υπήρξε ίδια αύξηση για όλες τις ομάδες των διαχειρίσεων. Επίσης η μερική σίτιση επέδρασε αρνητικά στην αύξηση για μικρές περιόδους ασιτίας. Το

πείραμα είχε διάρκεια ταΐσματος 90 μέρες όπου τις 34 πραγματοποιήθηκε ταΐσμα μέχρι κορεσμό. Ακόμη παρατηρήθηκαν θετικά αποτελέσματα στους ρυθμούς αύξησης για σχετικά μεγάλες περιόδους ασιτίας. Τέλος οι χημικές αναλύσεις που έγιναν εμφάνισαν πως όσο μικρότερο το ποσοστό της συνολικής χορηγούμενης τροφής στις ομάδες των διαχειρίσεων τόσο λιγότερο το ποσοστό του λίπους (Blanquet & Teles 2010).

Συμπερασματικά, οι αντισταθμιστικές αλλαγές στην όρεξη και στην αύξηση των ψαριών μετά από διάστημα περιορισμού της τροφής φαίνεται να είναι σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη ενός βελτιστοποιημένου τρόπου ταΐσματος στις εντατικές ιχθυοκαλλιέργειες με σκοπό την μείωση του κόστους παραγωγής και της περιβαλλοντικής ρύπανσης. Επιπλέον, θα πρέπει να εντατικοποιηθεί η έρευνα σε διάφορα είδη ψαριών και ειδικότερα στη Μεσόγειο θάλασσα, προκειμένου να εντοπιστεί το κατάλληλο πρωτόκολλο ώστε να προσδιοριστεί η βέλτιστη ανάπτυξη και η αποδοτικότερη μεταβολική αξιοποίηση της τροφής, με στόχο τη μείωση του κόστους και των αποβλήτων των τροφών, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η επιβάρυνση του θαλάσσιου περιβάλλοντος με οργανικό φορτίο.

Το φαινόμενο εξαρτάται από διάφορους φυσικοχημικούς παράγοντες, την ένταση και τη διάρκεια της ασιτίας, το στάδιο της ανάπτυξης που βρίσκεται το άτομο κατά την έναρξη της ασιτίας, την ηλικία που ωριμάζει σεξουαλικά και τη μορφή της επαναδιατροφής.

Η επιβολή σταθερών περιόδων ασιτίας ή περιορισμού τροφής στα εκτρεφόμενα ψάρια μπορεί να οδηγήσει σε οφέλη, τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά λόγω της εκδήλωσης του φαινομένου της αύξησης αντιστάθμισης. Ωστόσο δεν είναι ξεκάθαρο το πρωτόκολλο που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε επίπεδο παραγωγής για το κάθε εκτρεφόμενο είδος. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει τα ερευνητικά πειράματα να δώσουν απάντηση σε μια σειρά ερωτημάτων.

Για παράδειγμα αναγκαίο είναι να προκαθοριστεί μέχρι ποιο σημείο πρέπει να μειωθεί το βάρος του σώματος στην περίοδο του περιορισμού της τροφής, μέχρι να αρχίσει η επανασίτιση. Τα πρωτόκολλα θα πρέπει να καθορίζουν το εύρος της μείωσης της αύξησης, που προκαλεί την αύξηση αντιστάθμισης, καθώς και το βαθμό της αντιστάθμισης που θα επιτευχθεί .

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ali M., Nieceza A., Wootton R. J. (2003). Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and fisheries*, 4, 147-190.

Bavcevic L., Klancjeck T., Karamanko V., Anicic I., Legovic T. (2010). Compensatory growth in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) compensates weight, but not length. Croatian Agricultural Extension Institute, Department for Fishery, Aquaculture 301, 57–63.

Blanquet, I., and Teles A.O. (2010). Effect of feed restriction on the growth performance of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) juveniles under commercial rearing conditions. *Aquaculture Research* 41 (8): 1255-1260.

Eldogan O.T, Kumlu M., Kiris G.A & Sezer B (2006). Compensatory growth response of *Sparus aurata* following different starvation and refeeding protocols, Faculty of Fisheries, Department of Aquaculture, Cukurova University Aquaculture Nutrition 12, 203–210

Gaylord I. G., Gatlin D. M. (2000). Assessment of compensatory growth in channel catfish *Ictalurus punctatus* R. and associated changes in body condition indices. *J. World Aquac* 31, 326-336

Jobling M., Meloy O. H., Santos J., Christiansen B. (1994). The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. *Aquac. Int* 2, 75-90

Johansen, S.J.S. Ekli, M. Stanges, B. and Jobling, M. (2001) Weight gain and lipid deposition in Atlantic salmon, *Salmo salar*, during compensatory growth: evidence for lipostatic regulation? *Aquaculture Research* 32, 963-974.

Johnsson, J.I. Petersson, E.J. Jonsson, E. Jarvi, T. and Bjornsson, B.Th (1999). Growth hormone-induced effects on mortality, energy status and growth: a field study on brown trout. *Functional Ecology*: 13, pp 514-522.

Mommsen, T.P. (1998). Growth and metabolism. In: *The Physiology of Fishes*. CRC Press, Boca Raton, 65-97.

- Montserrat N, Gómez-Requeni P, Bellini G, Capilla E, Pérez-Sánchez J, Navarro I, Gutiérrez J. (2007). Distinct role of insulin and IGF-I and its receptors in white skeletal muscle during the compensatory growth of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Departament de Fisiologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, Aquaculture: 267, 188–198.
- Nicieza, A.G. and Brana, F. (1993). Compensatory growth and optimum size in one-year-old smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Canadian Special Publications in Fisheries and Aquatic Sciences No.118, 225-237.
- Osborne T. B., Mendel L. B. (1916). Acceleration of growth after retardation. Am. J. Physiol. 40, 16–20.
- Perez-Sanchez J., Le Bail P. Y. (1999). Growth hormone axis as marker of nutritional status and growth performance in fish. Aquaculture 117, 117–128.
- Purchase, C.F. and Brown, J.A. (2001). Stock-specific changes in growth rates, food conversion efficiencies, and energy allocation in response to temperature change in juvenile Atlantic cod. Journal of Fish Biology, 36-52.
- Tian, X., & Qin, J. G. (2004). Effects of previous ration restriction on compensatory growth in barramundi *Lates calcarifer*. Aquaculture, 235(1), 273-283.
- Turano M. J., Borski R. J., Daniels H. V. (2007). Compensatory growth of pond-reared hybrid striped bass, *Morone chrysops* × *Morone saxatilis*, fingerlings. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 38, 250–261.
- Wang Y., Cui Y., Yang Y., Cai F. (2000) Compensatory growth in hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, reared in seawater, Aquaculture 189, 101–108.
- Won E. T., Baltzegar D. A., Picha M. E., Borski R. J. (2012) Cloning and characterization of leptin in a Perciform fish, the striped bass (*Morone saxatilis*): Control of feeding and regulation by nutritional state. Gen. Comp. Endocrinol. 178, 98–107.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κάπελος Κ., (2011). Διερεύνηση των δυνατοτήτων της χρησιμοποίησης προβιοτικών στη διατροφή της τσιπούρας. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών Τμήμα Ζωικής Παραγωγής και Ιχθυοκαλλιεργειών.

Κλαουδάτος Δ., Κλαουδάτος Σ.(2012). «Καλλιέργειες φυτικών και εκτροφές υδρόβιων ζωικών οργανισμών» Εκδόσεις ΠΡΟΠΟΜΠΙΟΣ.

Πανταρίδης Κ, Κλαουδάτος Σ., Παναγιωτάκη Π., και Νεοφύτου Χ. (2006) Ανάπτυξη αντιστάθμισης στην εκτροφή τσιπούρας. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Ζωικής Παραγωγής και Υδάτινου Περιβάλλοντος.

Παπουτσόγλου Ευστράτιος (2008). «Διατροφή Ιχθύων» Εκδόσεις ΣΤΑΜΟΥΛΗ

Χώτος Γ., Ρογδάκης Ι. (2010). «Υδατοκαλλιέργειες ευρύαλων ψαριών Λαβράκι & Τσιπούρα τεχνικές της αναπαραγωγής και πάχυνσης» Εκδόσεις ΙΩΝ

The effect of reduced food level (75%) on growth of sea bream under intensive cultivation

ABSTRACT

Compensatory growth (GC), is an accelerated growth period that occurs after food shortage period or after conditions that prevent the normal development of the organism. The goal of the GC, is to give the body the ability to grow faster than usual and reach or at least approach the size it would be if adverse conditions did not occur at all and the growth was normal. The goal of the graduation thesis is to study the effect of reduced amount of the administrated food (75%), on gilthead bream (*Sparus aurata*) in intensive farming conditions. In order to do that we recorded the difference of biomass among the fish which were fed with normal amounts of food and fish that fed with a reduced amount of food. The tanks used for the experiment were six. Three of them were the control groups(100% feed) and the other 3 were the management groups (75% feed). Each of the six tanks contained 30 fish. The experiment lasted 63 days and we recorded the weight and length of each individual every 12 days. At the end of the experiment we compiled the results of the fish weight and length in each tank using ANOVA, in order to find if there are any statistical variations in the average values of the control and the management groups. Then we homogenized all the fish of the control groups and all the fish of the management groups, and we did a t-test to find if there are significant differences between the two new groups. The results showed no significant statistical differences in biomass between the fish that received 100% food and those that received 75%. Only in the second sampling the weight of the management group was considerably lesser compared with that of the control group. Overall the results of the study showed that the breams increase their length and weight at similar rate, whether they raised with 75% or 100% food intake.

Keywords: Sea bream, *Sparus aurata*, growth compensation