

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΥΔΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ
ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΔΙΑΒΙΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ
ΤΗΝ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΤΣΙΠΟΥΡΑΣ**

(Sparus aurata)



ΜΑΝΤΩ ΚΟΤΣΙΡΗ

**Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:
Καρακατσούλη Ν. Επ. Καθηγήτρια**

Αθήνα, Ιούλιος 2013

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΥΔΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ
ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΔΙΑΒΙΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ
ΤΗΝ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΤΣΙΠΟΥΡΑΣ**

(Sparus aurata)



ΜΑΝΤΩ ΚΟΤΣΙΡΗ

Εξεταστική Επιτροπή:

Καρακατσούλη Ν. Επ. Καθηγήτρια

Μήλιου Ε. Αναπ. Καθηγήτρια

Χαρισμάδου Μ. Λέκτορας

Αθήνα, Ιούλιος 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν με οποιονδήποτε τρόπο στην επιτυχή εκπόνηση αυτής της διπλωματικής μελέτης. Κατά κύριο λόγο, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην επιβλέπουσα Επικ. Καθηγήτρια Ναυσικά Καρακατσούλη, για το αμέριστο ενδιαφέρον και την πολύτιμη καθοδήγησή της, όσο και για τη μεγάλη στήριξη και κατανόηση της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης αυτής της εργασίας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στην Αναπλ. Καθηγήτρια Ελένη Μήλιου για την ουσιαστική βοήθειά της καθώς και την υποστήριξή της. Επίσης ευχαριστώ την Λέκτορα κ. Χαρισμιάδου Μαρία για τις πολύτιμες συμβουλές και διορθώσεις της.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στην φίλη μου Άλκηστη Μπατζίνα, για το ενδιαφέρον, την καθοδήγηση, την προθυμία και τη συμπαράστασή της που ήταν καθοριστικής σημασίας, τόσο κατά την εκτέλεση του πειραματικού μέρους όσο και κατά τη συγγραφή της εργασίας.

Έπειτα, θα ήθελα να ευχαριστήσω το προσωπικό του εργαστηρίου, τον Γιώργο Κωνσταντίνου και τον Παναγιώτη, καθώς και τους συμφοιτητές μου, Ειρήνη και Γιάννη για την άριστη συνεργασία και τις όμορφες στιγμές που περάσαμε όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους δικούς μου για τη στήριξη και τη συμπαράστασή τους στην προσπάθειά μου. Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω με όλη μου την καρδιά τον Γιάννη, για την αγάπη, την κατανόηση και κυρίως για την υπομονή που έδειξε στο απαιτητικό αυτό χρονικό διάστημα.

A/A	Τίτλος	Σελίδα
A	Περίληψη	1
B	Abstract	3
Γ	Θεωρητικό Μέρος	4
1	Εισαγωγή	4
1.1.	Επιθετική συμπεριφορά	4
1.1.1.	Η επιθετικότητα στη ζωή των ψαριών	4
1.1.2	Μηχανισμοί της επιθετικότητας	5
1.1.3	Ανάπτυξη της επιθετικότητας	5
1.1.4	Λειτουργίες της επιθετικότητας	6
1.1.5	Ιεραρχίες	6
1.1.6	Ιεραρχία και Επιθετικότητα	7
1.1.7	Κοινωνικές σχέσεις και υδατοκαλλιέργειες	8
1.2.	Τσιπούρα	9
1.2.1	Βιολογικά και οικολογικά χαρακτηριστικά του είδους <i>Sparus aurata</i>	9
1.2.2	Κοινωνικές ιεραρχίες της τσιπούρας	10
1.3	Εμπλουτισμός περιβάλλοντος	11
1.4	Παραλλακτικότητα του βάρους	13
1.5	Σκοπός της εργασίας	14
Δ	Πειραματικό μέρος	15
2.	Υλικά και Μέθοδοι	15
2.1	Ζωικό υλικό και Επεμβάσεις	15
2.2	Παρατηρήσεις συμπεριφοράς	18

2.3.	Υπολογισμοί και ανάλυση δεδομένων	19
2.3.1	Παραγωγικά χαρακτηριστικά	19
2.3.2	Χαρακτηριστικά συμπεριφοράς	20
2.3.3	Στατιστική επεξεργασία	20
3.	Αποτελέσματα	21
3.1	Αποτελέσματα ποιότητας νερού	21
3.2	Χαρακτηριστικά ανάπτυξης	22
3.3.	Συμπεριφορά ψαριών	27
3.3.1	Κοινωνική θέση	27
3.3.2	Μεταξύ των γευμάτων	28
3.3.3	Κατά την χορήγηση της τροφής	36
4.	Συζήτηση	41
4.1	Δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα- χωρίς υπόστρωμα σε ομοιογενείς ομάδες	41
4.2	Ομοιογενείς- ετερογενείς ομάδες σε δεξαμενές χωρίς υπόστρωμα	42
4.3	Ομοιογενείς- ετερογενείς ομάδες σε δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα	44
Ε	Συμπεράσματα	46
ΣΤ	Βιβλιογραφία	47

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΔΙΑΒΙΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΤΣΙΠΟΥΡΑΣ

(Sparus aurata)

ΜΑΝΤΩ ΚΟΤΣΙΡΗ

*Τμήμα Ζωικής Επιστήμης και Υδατοκαλλιεργειών, Εργαστήριο Εφαρμοσμένης
Υδροβιολογίας, Ιερά Οδός 75, Αθήνα, 118 55, email: nafsika@aua.gr*

Περίληψη

Μία από τις βασικές μορφές των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων είναι η επιθετική συμπεριφορά με την οποία τα ψάρια καθιερώνουν τη θέση τους στην ιεραρχία στο φυσικό και τεχνητό περιβάλλον. Η θέση σε αυτές τις ιεραρχίες επηρεάζει πολλές πτυχές της ζωής τους, όπως την υγεία τους, την φυσιολογία τους, το βάρος τους, την γενετική τους έκφραση και την δυνατότητα αναπαραγωγής. Η επιθετική συμπεριφορά επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως την παραλλακτικότητα του βάρους (ΠΒ) η οποία παρουσιάζεται σε κάθε ομάδα εκτρεφόμενων ψαριών, σε κάθε μέγεθος και ηλικία και τη διαφοροποίηση του περιβάλλοντος διαβίωσης. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η απόκτηση πληροφοριών για την συμπεριφορά και την ανάπτυξη νεαρών ατόμων τσιπούρας, μέσω της μελέτης της επίδρασης της παραλλακτικότητας του βάρους αλλά και του εμπλουτισμού του περιβάλλοντος εκτροφής.

Το πείραμα υλοποιήθηκε στο ημίκλειστο σύστημα θαλασσινού νερού του Εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Υδροβιολογίας του Γ.Π.Α. Σχεδιάστηκε διπαραγοντικό πείραμα 2 x 2 με τρεις επαναλήψεις. Χρησιμοποιήθηκαν 72 νεαρά άτομα τσιπούρας μέσου βάρους $69,2 \pm 2,29$ g. Η επέμβαση του εμπλουτισμού του περιβάλλοντος διαβίωσης περιελάμβανε 6 δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (ΚΥ) και 6 δεξαμενές χωρίς υπόστρωμα – μάρτυρες (ΧΥ). Η επέμβαση της παραλλακτικότητας του βάρους περιελάμβανε 6 ομοιογενείς ομάδες (αρχική παραλλακτικότητα $11,7 \pm 0,76$ %) και 6 ετερογενείς ομάδες (αρχική παραλλακτικότητα $41,6 \pm 0,38$ %). Τα ψάρια παρέμειναν σε πειραματικές συνθήκες για 60 ημέρες. Με τη λήψη βίντεο, εκτιμήθηκε η επιθετικότητα και παρατηρήθηκε η σχετική με τον πυθμένα συμπεριφορά. Η επιθετική συμπεριφορά ποσοτικοποιήθηκε με τον υπολογισμό του δείκτη κυριαρχίας (Dominance Index) και προσδιορίστηκε η κοινωνική θέση (ΚΘ- social rank) των ψαριών μέσα στις δεξαμενές.

Τα ψάρια των δεξαμενών χωρίς υπόστρωμα (ΧΥ), παρουσίασαν καλύτερη ανάπτυξη (SGR, WG) και αξιοποίηση της τροφής (FCR), συγκριτικά με τα ψάρια των δεξαμενών με κυανό υπόστρωμα (ΚΥ) στο σύνολο της πειραματικής περιόδου. Η αυξημένη επιθετικότητα που παρατηρήθηκε στις ετερογενείς ομάδες συγκριτικά με τις ομοιογενείς στις δεξαμενές χωρίς υπόστρωμα (ΧΥ-ET vs ΧΥ-OM), μειώθηκε όταν η εκτροφή πραγματοποιήθηκε σε δεξαμενές με υπόστρωμα (ΚΥ-ET vs ΧΥ-ET). Σύμφωνα με τις συσχετίσεις Pearson, μεταξύ των επιθετικών συμπλοκών και της

κοινωνικής θέσης των ατόμων, στις δεξαμενές χωρίς υπόστρωμα παρατηρήθηκαν έντονες κοινωνικές σχέσεις, ενώ η απουσία σημαντικών συσχετίσεων με την ύπαρξη κυανού υποστρώματος στον πυθμένα της δεξαμενής υποδηλώνει την δημιουργία ενός πιο ήπιου κοινωνικού περιβάλλοντος με λιγότερες κοινωνικές εντάσεις. Στις δεξαμενές χωρίς υπόστρωμα και κυρίως στις ετερογενείς ομάδες, όπου παρατηρήθηκαν έντονες κοινωνικές σχέσεις, τα κυρίαρχα άτομα ήταν αυτά με το μικρότερο βάρος.

Συμπερασματικά, η ευεργετική επίδραση του υποστρώματος ενδέχεται να έχει διαφορετική επίδραση ανάλογα με τον πειραματικό σχεδιασμό. Τέλος, μια ενδιαφέρουσα μελλοντική διερεύνηση είναι η χρήση κυανού υποστρώματος σε δεξαμενές χειρσαίων εγκαταστάσεων εκτροφής τσιπούρας, όπου ο αριθμός των ατόμων ανά δεξαμενή είναι μεγάλος. Με την παραπάνω εφαρμογή μπορεί να διαπιστωθεί αν ο εμπλουτισμός του περιβάλλοντος με κυανό υπόστρωμα σε συνθήκες εκτροφής, θα επιφέρει τα ίδια αποτελέσματα με την παρούσα εργασία.

Λέξεις κλειδιά: τσιπούρα (*Sparus aurata*), παραλλακτικότητα βάρους, εμπλουτισμός περιβάλλοντος, επιθετικότητα, ανάπτυξη.

EFFECT OF SIZE VARIABILITY AND ENVIRONMENTAL ENRICHMENT ON GROWTH AND BEHAVIOUR OF GILTHEAD SEABREAM *Sparus aurata*.

KOTSIRI MADO

Department of Applied Hydrobiology, Faculty of Animal Science and Aquaculture, Agricultural University of Athens, Iera Odos 75, 118 55 Athens, Greece email: nafsika@aua.gr

Abstract

Aggressive behavior is one of the basic forms of social interactions with which the fish establish their position in the hierarchy of the natural and artificial environment. Fish position in these hierarchies affects many aspects of their lives, such as their health, physiology, weight, their genetic expression and reproduction. Aggressive behavior is influenced by several factors such as size variability within a fish group and modifications of the rearing environment. The present study aimed at obtaining information on how size variability and environmental enrichment affects the behavior and growth of juvenile gilthead seabream.

The experiment was carried out under recirculating water system conditions. Seventy two individuals of gilthead sea bream with mean initial body mass 69.2 ± 2.29 g were randomly distributed in groups of six fish in four triplicated treatments. Fish were reared in enriched (blue gravel substrate on tank bottom) tanks or in tanks without substrate. Also, fish groups were either homogeneous (initial coefficient of mass variation $11.7 \pm 0.76\%$) or heterogeneous (initial coefficient of mass variation $41.6 \pm 0.38\%$). Fish were individually marked (Peterson disks) and remained in the experimental conditions for 60 days. Fish were weighed every fortnight. Aggressive and bottom-related behaviour were assessed through video recordings. Social rank of each fish within a group was determined by calculating Dominance Index (DI).

Fish in tanks without substrate, had better growth (SGR, WG) and feed conversion ratio (FCR), compared with fish in tanks with blue substrate throughout the experimental period. Heterogeneous fish groups were more aggressive than homogeneous groups. However, the presence of blue substrate on tank bottom resulted in reduced aggression, especially during feeding periods. Correlation coefficients of aggressive acts with fish social rank showed that the environment without enrichment promoted more intense social interactions than the enriched environment. In addition, social hierarchy results showed that fish high in social rank (i.e. dominants) were the ones with the lower weight.

In conclusion, present results show that environmental enrichment can help towards the establishment of a milder social environment, especially under rearing conditions that predispose for intense social interactions. It is considered encouraging that a rather simple improvement of fish rearing environment (as the substrate used) may have multiple beneficial aspects for fish and its welfare.

Keywords: gilthead seabream (*Sparus aurata*), size variation, environmental enrichment, aggression, growth.

1. Εισαγωγή

Οι πρακτικές διαχείρισης στις υδατοκαλλιέργειες όπως οι διαλογές, ο εμβολιασμός, ο έλεγχος ποιότητας, οι μεταφορές και οι αυξημένες πυκνότητες, προκαλούν stress στα εκτρεφόμενα ψάρια (Barton and Iwama, 1991). Το stress έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της συμπεριφοράς και φυσιολογίας τους και είναι η βασικότερη αιτία πρόκλησης ασθενειών και θνησιμότητας στις εκτροφές ιχθύων (Conte, 2004; Johnsson et al., 2006). Stress όμως προκαλείται ακόμα και εξαιτίας των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων (social stress) (Pottinger and Pickering, 1992; Sloman et al., 2000). Το κοινωνικό stress είναι πιο έντονο υπό συνθήκες εντατικής εκτροφής και μπορεί να επηρεάσει τις αποδόσεις των υδατοκαλλιεργειών (Øverli et al., 1999).

Τα ψάρια πρόσφατα έγιναν από τα πιο δημοφιλή και επιτυχημένα πειραματόζωα σπονδυλόζων οργανισμών για την μελέτη των κοινωνικών σχέσεων. Αυτό γιατί οι επιθετικές συμπεριφορές των ψαριών παρατηρούνται με ευκολία (κυνήγι, απειλές κτλ), τα μέλη της ομάδας είναι ευδιάκριτα, διατηρούν την θέση που έχουν στην ιεραρχία για μεγάλα χρονικά διαστήματα, καθώς επίσης ο χειρισμός τους σε εργαστηριακές συνθήκες είναι εύκολος.

1.1. Επιθετική συμπεριφορά

Μια από τις βασικές μορφές των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων είναι η επιθετική συμπεριφορά. Η έννοια της επιθετικότητας είναι ευρεία και αμφίσημη. Τα ζώα συγκρούονται ή δείχνουν επιθετική συμπεριφορά ώστε να ελέγξουν έναν πόρο. Ένας απλός αλλά χρήσιμος ορισμός της επιθετικότητας είναι: *η συμπεριφορά ενός ζώου που πιθανώς μπορεί να προκαλέσει βλάβη σε ένα άλλο ζώο*. Από αυτόν τον ορισμό εξαιρούνται τα πρότυπα συμπεριφοράς που αφορούν την τροφή και τις επιθέσεις σε πιθανούς θηρευτές (Damsgård and Huntingford, 2012).

1.1.1 Η επιθετικότητα στη ζωή των ψαριών

Η επιθετικότητα είναι μια φυσική αντίδραση ανταγωνισμού μεταξύ των ειδών. Τα ψάρια δεν αποτελούν εξαίρεση, αγωνίζονται για πόρους όπως η τροφή, οι περιοχές στις οποίες χορηγείται τροφή, οι περιοχές ωοτοκίας και οι φωλιές. Όσον αφορά στην ευκολία και στην ένταση με την οποία ένα ψάρι αγωνίζεται, υπάρχει μεγάλη ποικιλία μεταξύ των ειδών και αυτό έχει επιπτώσεις στον τομέα της υδατοκαλλιέργειας (Damsgård and Huntingford, 2012). Σε γενικές γραμμές, τα πελαγικά είδη ψαριών, όπως η ρέγγα (*Clupea harengus*) χαρακτηρίζονται ως μη επιθετικά (unaggressive), ενώ τα ψάρια που ζουν σε συγκεκριμένο χωροταξικά περιβάλλον (για παράδειγμα είδη που ζουν σε υφάλους ή σε λιβάδια Ποσειδωνίας) είναι συχνά επιθετικά. Υπάρχουν είδη που εναλλάσσονται ανάμεσα σε αυτές τις δυο κατηγορίες, όπως ο σολομός, ο οποίος έχει

την τάση να αλλάζει την συμπεριφορά του ανάλογα με το περιβάλλον διαβίωσης (Damsgård and Huntingford, 2012).

1.1.2 Μηχανισμοί της επιθετικότητας

Πριν από μια συμπλοκή, οι πιθανοί ‘αντίπαλοι’ παρέχουν ενδείξεις ή σήματα προειδοποίησης με διάφορους τρόπους στα άλλα ψάρια επηρεάζοντας την συμπεριφορά τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση ή την μείωση των πιθανοτήτων για έκφραση επιθετικής συμπεριφοράς από τους αντιπάλους. Για παράδειγμα, πριν από μια επιθετική ενέργεια τα αρσενικά άτομα του είδους *Cichlasoma centrarchus* παράγουν ένα σύντομο ήχο με μεγάλα ηχητικά κενά (Schwarz, 1974a; b), ενώ τα αρσενικά άτομα του είδους *Xiphophorus cortezi* εμφανίζουν σκούρες κάθετες γραμμές στο σώμα τους (Moretz and Morris, 2003; Morris et al., 1995). Τα επιθετικά σήματα εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά των εμπλεκόμενων ψαριών, όπως το σχετικό μέγεθος. Για παράδειγμα, το είδος *Astronotus ocellatus* επιτίθεται στα μικρότερα άτομα και αποφεύγει τα μεγαλύτερα (Beeching, 1992). Ο τρόπος με τον οποίο τα ψάρια ανταποκρίνονται στα επιθετικά σήματα εξαρτάται από την κατάστασή τους, με τα θρεπτικά συστατικά και τα επίπεδα των ανδρογόνων να είναι ιδιαίτερα σημαντικά όταν ανταγωνίζονται για τροφή και επιλογή συντρόφων, αντίστοιχα (Damsgård and Huntingford, 2012).

1.1.3 Ανάπτυξη της επιθετικότητας

Η επιθετική συμπεριφορά φαίνεται να έχει γενετική βάση αλλά επίσης επηρεάζεται και διαμορφώνεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η συχνότητα των επιθετικών συμπλοκών μεταβάλλεται κατά την διάρκεια ανάπτυξης των ιχθύων, για παράδειγμα όταν τα ψάρια αλλάζουν περιβάλλον διαβίωσης ή όταν ωριμάζουν γεννητικά. Νεαρά άτομα τα οποία εκτρέφονται σε κοινωνική απομόνωση συχνά δείχνουν επιθετική συμπεριφορά (συμπεριφορά που κληρονομείται και εμφανίζεται στα άτομα του ίδιου είδους), γεγονός που υποδηλώνει ότι τέτοιες συμπεριφορές ελέγχονται γονιδιακά. Οι Øverli et al. (2005) μελέτησαν την συμπεριφορά της πέστροφας με γενετική επιλογή ατόμων με υψηλά ή χαμηλά επίπεδα κορτιζόλης στο αίμα μετά από stress περιορισμού (Confinement stress). Οι πέστροφες με χαμηλά επίπεδα κορτιζόλης μετά από stress είχαν την τάση να γίνονται κυρίαρχα άτομα και να είναι πιο επιθετικά. Διαφορές στην κληρονομικότητα της επιθετικότητας παρατηρούνται σε επίπεδο είδους, πληθυσμού και ατόμου (Damsgård and Huntingford, 2012). Οι Ferguson and Noakes (1982) διασταύρωσαν ψάρια του είδους *Salvelinus namaycush* που χαρακτηρίζονται ως μη επιθετικά, με ψάρια του είδους *Salvelinus fontinalis* που χαρακτηρίζονται ως επιθετικά. Τα υβρίδια που προέκυψαν χαρακτηρίστηκαν από ενδιάμεσα επίπεδα επιθετικότητας, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι διαφορές μεταξύ των δυο αυτών ειδών οφείλονται στα γονίδια. Ταυτόχρονα, η ανάπτυξη της επιθετικότητας επηρεάζεται από μια πληθώρα περιβαλλοντικών παραγόντων. Για παράδειγμα, ώριμα άτομα του είδους *Danio rerio*

που εκτράφηκαν σε συνθήκες υποξίας ήταν λιγότερο επιθετικά σε σύγκριση με αυτά που εκτράφηκαν σε επίπεδα οξυγόνου φυσιολογικά για το συγκεκριμένο είδος (Marks et al., 2005). Η αλληλεπίδραση των γενετικών και περιβαλλοντικών παραγόντων καθορίζει την συμπεριφορά των ψαριών σε μια επιθετική ενέργεια σε όλα τα στάδια της ζωής τους. Ενδεχομένως λοιπόν σε συνθήκες εκτροφής να υπάρχει δυνατότητα τροποποίησης αυτής της συμπεριφοράς (Damsgård and Huntingford, 2012).

1.1.4 Λειτουργίες της επιθετικότητας

Η εμπλοκή ή όχι σε μια επιθετική συμπλοκή φαίνεται να καθορίζεται από την κατάσταση του ψαριού και κάποιου είδους μη συνειδητής εξισορρόπησης μεταξύ του οφέλους-κόστους που θα προέκυπτε από τη συμπλοκή (Davies et al., 1987; Maynard-Smith, 1982). Το ψάρι που αναδεικνύεται νικητής, αποκτά οφέλη με τη μορφή της αποκλειστικής ή προνομιακής πρόσβασης σε πόρους που είναι ζωτικής σημασίας (Damsgård and Huntingford, 2012). Για παράδειγμα, στον σολομό του Ατλαντικού το ποσοστό επιτυχίας στην αναπαραγωγική διαδικασία σχετίζεται με τα υψηλά επίπεδα επιθετικότητας (Weir et al., 2004). Ο ηττημένος, εκτός του ότι δαπανά ενέργεια, κινδυνεύει με τραυματισμό ή θήρευση. Οι Maan et al. (2001) αναφέρουν πως όταν τα αρσενικά άτομα του είδους *Aequidens rivulatus* συγκρούονταν για την διεκδίκηση των περιοχών ωοτοκίας, ο ρυθμός με τον οποίο ανέπνεαν αυξάνονταν. Επίσης, ο ρυθμός ανάπτυξης του είδους *Archocentrus nigrofasciatus* μειώνονταν, όταν οι συνθήκες εκτροφής τους χαρακτηρίζονταν από έντονες κοινωνικές σχέσεις (Noël et al., 2005). Οι επιθετικές ενέργειες επηρεάζουν το ενεργειακό ισοζύγιο όλων των ψαριών που συμμετέχουν, ανεξαρτήτως εάν ένα ψάρι αναδεικνύεται νικητής ή ηττημένος.

1.1.5 Ιεραρχίες

Η ιεραρχία είναι το σύνολο των κυριαρχικών σχέσεων μεταξύ των ατόμων μιας ομάδας. Με την επιθετική συμπεριφορά τα ζώα καθιερώνουν τη θέση τους στην ιεραρχία στο φυσικό και τεχνητό περιβάλλον. Η θέση σε αυτές τις ιεραρχίες επηρεάζει πολλές πτυχές της ζωής τους, όπως την υγεία τους, την φυσιολογία τους, το βάρος τους, την γενετική τους έκφραση και την δυνατότητα αναπαραγωγής (Chase and Seitz, 2011). Σε μικρές κοινωνικές ομάδες 4-10 ατόμων παρατηρείται η θεμελίωση γραμμικής ιεραρχίας όπου τα ψάρια μιας κοινωνικής θέσης είναι κυρίαρχα σε αυτά της χαμηλότερης κοινωνικής θέσης και υποτελή σε εκείνα της υψηλότερης κοινωνικής θέσης (Goldan et al., 2003; Montero et al., 2009). Δηλαδή, υπάρχει ένα άτομο το οποίο κυριαρχεί σε όλα τα άλλα μέλη, ένα δεύτερο το οποίο κυριαρχεί στα υπόλοιπα εκτός του πρώτου και συνεχίζει κατ' αυτόν τον τρόπο έως ότου το τελευταίο άτομο να μην κυριαρχεί σε κανένα (ο α κυριαρχεί τον β, ο β κυριαρχεί τον γ, ο γ κυριαρχεί τον δ). Εάν οι συνθήκες είναι σταθερές, οι ιεραρχίες ενδέχεται να παραμένουν αμετάβλητες για μεγάλο χρονικό διάστημα (Earley and Dugatkin, 2006). Οι ερευνητές αναφέρουν, πως στις μεγαλύτερες ομάδες ατόμων συνήθως η δομή της ιεραρχίας είναι μη γραμμική. Στη

μη γραμμική ιεραρχία, παρατηρείται ανακολουθία της κοινωνικής θέσης, δηλαδή ο α κυριαρχεί τον β, ο β κυριαρχεί τον γ, αλλά ο γ κυριαρχεί τον α. Τα ψάρια σε μεγάλες ομάδες συμπεριφέρονται ως κοπάδι και είναι εμπειρικά γνωστό πως τα κοινωνικά προβλήματα είναι λιγότερα απ'ό,τι στις μικρές ομάδες (Chase and Seitz, 2011).

1.1.6 Ιεραρχία και επιθετικότητα

Η πρόσβαση στην τροφή μαζί με το ενεργειακό κόστος για τη διατήρηση της κοινωνικής θέσης, καθορίζουν τον ρυθμό ανάπτυξης των ατόμων. Η θέση κυριαρχίας των ατόμων στην ιεραρχία συχνά σχετίζεται με το μέγεθος των ατόμων, με τα μεγαλύτερα σε μέγεθος άτομα να είναι και τα κυρίαρχα (Abbott and Dill, 1989; Davenport et al., 1990; Dou et al., 2004; Huntingford et al., 1990; Jobling, 1985; 1995; Montero et al., 2009). Αυτό οφείλεται είτε στο ότι τα μεγαλύτερα άτομα αναστέλλουν την επιθετικότητα των μικρότερων ατόμων, είτε γιατί τα άτομα που μονοπωλούν την τροφή μεγαλώνουν γρηγορότερα (Huntingford et al., 1990). Μια ακόμη πιθανή εξήγηση είναι πως τα κυρίαρχα άτομα εμφανίζουν χαμηλότερα επίπεδα stress απ'ό,τι τα υποτελή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα υποτελή άτομα να εμφανίζουν χαμηλότερο ρυθμό ανάπτυξης απ'ό,τι τα κυρίαρχα λόγω αυξημένου μεταβολισμού (Jobling and Koskela, 1996; Metcalfe et al., 2003; Sloman et al., 2000; Volpato and Fernandes, 1994). Έτσι, το μέγεθος των ψαριών είναι συχνά το αποτέλεσμα και όχι η αιτία για την κοινωνική θέση που κατέχουν σε μια ομάδα (Baardvik and Jobling, 1990; Cutts et al., 2001; Harwood et al., 2002). Εκτός όμως από το μέγεθος, η θέση κυριαρχίας σχετίζεται και με άλλα χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς, όπως η ευελιξία και η προδιάθεση για επίθεση (Bakker, 1986). Στον αρσενικό ξιφοφόρο *Xiphophorus helleri* το μεγαλύτερο σε μέγεθος άτομο ήταν και το κυρίαρχο (διαφορά της τάξης 20-30%). Σε μια διαφορά μεγέθους της τάξης του 10-20% υπήρχαν και άλλοι παράγοντες όπως μια προηγούμενη εμπειρία (νίκη ή ήττα) που επηρέασαν την έκβαση μιας επιθετικής ενέργειας. Τέλος, όταν η διαφορά μεγέθους ήταν της τάξης του 10% δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση (Beaugrand et al., 1996).

Για τα ψάρια του ίδιου είδους η 'ήττα' είναι ένας σημαντικός παράγοντας που δημιουργεί stress και μπορεί να οδηγήσει σε δραστικές αλλαγές στη φυσιολογία τους (Fernandes-de-Castilho et al., 2008; Martins et al., 2006; Sloman and Armstrong, 2002). Τα υποτελή άτομα είναι λιγότερο επιθετικά, έχουν υψηλότερη σεροτονεργική δραστηριότητα και μειωμένη ανάπτυξη, ενώ στα κυρίαρχα ψάρια παρατηρείται το αντίθετο (Johnsson et al., 2006; Winberg and Nilsson, 1993). Επίσης, παρατηρούνται αλλαγές στην φυσιολογία τους, με αυξημένους δείκτες stress (κορτιζόλη, γλυκόζη, λακτόζη) (Cammarrata et al., 2012) και μειωμένη αντοχή στις διάφορες ασθένειες (Elofsson et al., 2000; Sloman et al., 2000). Τα υποτελή άτομα είναι απαραίτητο να υιοθετήσουν ειδικές ικανότητες για την απόκτηση της τροφής. Όπως για παράδειγμα να προβλέπουν την περιοχή χορήγησής της μέσα στη δεξαμενή (Brännäs et al., 2005; Chen and Tabata, 2002), να προβλέπουν τις επιθετικές συμπλοκές μεταξύ των ατόμων υψηλότερης κοινωνικής θέσης ώστε να επωφεληθούν από αυτές (MacLean et al., 2000) ή τεχνικές 'κλεψίματος' 'stealing food' (Hollis et al., 2004). Τα υποτελή άτομα που

υπόκεινται σε χρόνιο κοινωνικό stress (Sloman and Armstrong, 2002) συνήθως αναστέλλουν κάποιες συμπεριφορές και λειτουργίες, όπως της επιθετικότητας (Höglund et al., 2001), της όρεξης (Kramer et al., 1999), ακόμα και της κινητικής τους κατάστασης (Winberg et al., 1992).

Εκτός όμως από τα υποτελή, και τα κυρίαρχα άτομα υφίστανται αλλαγές στην φυσιολογία τους (Goymann and Wingfield, 2004). Η απόκτηση και η διατήρηση της κοινωνικής τους θέσης συνεπάγεται αυξημένο ενεργειακό κόστος. Η κυριαρχία είναι μια ακριβή ενεργειακά συμπεριφορά, όπου απαιτείται έντονη κολυμβητική δραστηριότητα, επιθετικές ενέργειες προς τα υποτελή άτομα και πρόσβαση στην τροφή (Le François et al., 2005). Τα κυρίαρχα άτομα εμφανίζουν *σημάδια κυριαρχίας*, για παράδειγμα διαφέρουν στον χρωματισμό του σώματός τους σε σχέση με τα υπόλοιπα άτομα μιας ομάδας (Falter, 1987), εκκρίνουν χημικά σήματα (Gonçalves-de-Freitas et al., 2008) και παράγουν ήχο (Amorim et al., 2004). Για τα κυρίαρχα άτομα η προηγούμενη εμπειρία σε νικηφόρο συμπλοκή, ευνοεί τις πιθανότητες νίκης σε μελλοντικές συγκρούσεις (Oliveira et al., 2011 ; Rutte et al., 2006). Οι επιθετικές αλληλεπιδράσεις είναι πιο έντονες σε συνθήκες ασταθούς κοινωνικής δομής (Huntingford and Turner, 1987). Οι Adams et al. (1998) παρατήρησαν πως όταν τα κυρίαρχα άτομα αφαιρέθηκαν από μια μικρή ομάδα σολομού του Ατλαντικού η επιθετικότητα μεταξύ των ατόμων που παρέμειναν στην δεξαμενή αυξήθηκε.

1.1.7 Κοινωνικές σχέσεις και υδατοκαλλιέργειες

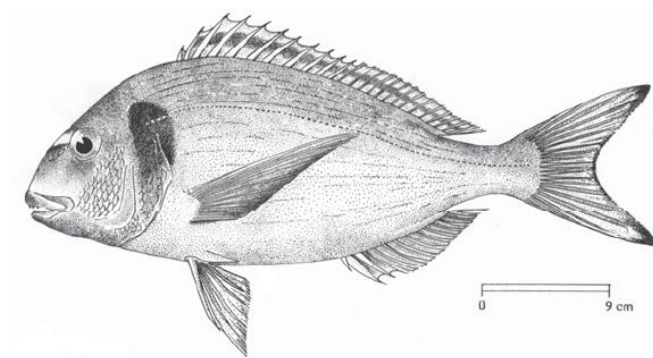
Έχουν προταθεί τέσσερις μηχανισμοί που σχετίζονται με την κοινωνική θέση και την ανάπτυξη των εκτρεφόμενων ψαριών.

1. Άμεσος ανταγωνισμός για τροφή: τα μεγάλα άτομα καταναλώνουν περισσότερη τροφή εμποδίζοντας τα μικρότερα, κυρίως όταν η ποσότητα της τροφής είναι περιορισμένη (Magnuson, 1962; Symons, 1971).
2. Κοινωνικό stress: τα κυρίαρχα άτομα προκαλούν stress στα υποτελή με αποτέλεσμα τα τελευταία να τρέφονται λιγότερο (Knights, 1987; Koebele, 1985)
3. Αύξηση της κολυμβητικής δραστηριότητας: τα υποτελή άτομα παρουσιάζουν μεγαλύτερη κινητικότητα για την αποφυγή των κυρίαρχων, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν αυξημένες ενεργειακές δαπάνες και μειωμένο ρυθμό ανάπτυξης (Jobling and Wandsvik, 1983; Knights, 1987).
4. Το κόστος κυριαρχίας: τα κυρίαρχα άτομα επιβαρύνονται με αυξημένες ενεργειακές δαπάνες λόγω της συμμετοχής τους σε μεγάλο αριθμό επιθετικών συμπλοκών, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν μικρότερο ρυθμό ανάπτυξης σε σύγκριση με τα υποτελή άτομα (Rubenstein, 1981; Yamagishi et al., 1974).

1.2. Τσιπούρα

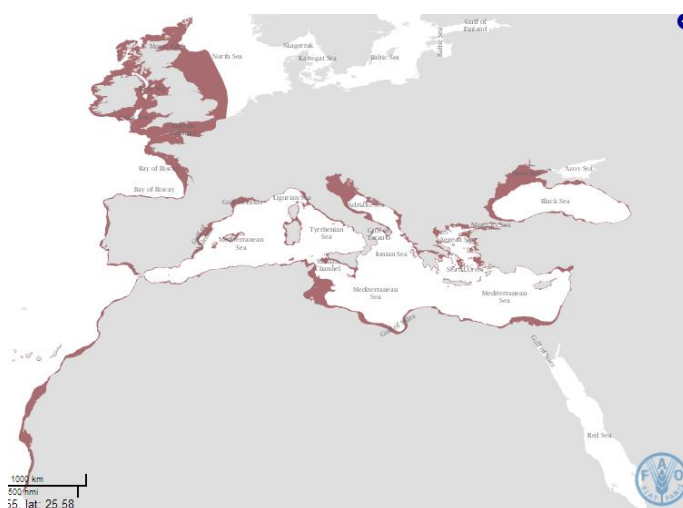
1.2.1 Βιολογικά και οικολογικά χαρακτηριστικά του είδους *Sparus aurata*

Η τσιπούρα *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) είναι ένα είδος με μεγάλη εμπορική αξία στην Ελλάδα και από τα πιο εκλεκτά εκτρεφόμενα είδη παγκοσμίως. Ανήκει στην οικογένεια των Sparidae και στην τάξη Perciformes (εικόνα 1).



Εικόνα 1: Ωριμο άτομο τσιπούρας.

Το *Sparus aurata* είναι κοινό στη Μεσόγειο, απαντάται κατά μήκος των ανατολικών ατλαντικών ακτών από τη Μεγάλη Βρετανία ως τη Σενεγάλη, και είναι σπάνιο στη Μαύρη Θάλασσα. Η τσιπούρα βρίσκεται συνήθως σε βραχώδη υποστρώματα με θαλάσσια φανερόγαμα, αλλά συναντάται και σε αμμώδη υποστρώματα. Τα νεαρά άτομα ζουν σε βάθη που κυμαίνονται μέχρι τα 30 m, ενώ τα μεγάλα σε ηλικία άτομα φθάνουν σε μεγαλύτερα βάθη (μέγιστο βάθος 150 m) (εικόνα 2).



Εικόνα 2: Γεωγραφική εξάπλωση της τσιπούρας (<http://www.fao.org/fishery/species/2384/en>).

Συναντάται σε υποτροπικά κλίματα (62°N - 15°N, 17°W - 43°E) και είναι κατεξοχήν ευρύθερμο και ευρύαλο είδος. Η τσιπούρα είναι σαρκοφάγο ψάρι και περιστασιακά (σπάνια) φυτοφάγο. Το κοινό τους μέγεθος είναι 35 cm ενώ το μεγαλύτερο μήκος το οποίο έχει καταγραφεί έως τώρα είναι περίπου 70 cm (<http://www.fao.org/fishery/species/2384/en>). Χαρακτηρίζεται από ατρακτοειδές, πλευρικά πρισμένο σώμα που καλύπτεται από μεγάλα κτενοειδή λέπια. Το ραχιαίο πτερύγιο αποτελείται από σκληρές ακτίνες (πρόσθιο τμήμα) και από μαλακές ακτίνες (οπίσθιο τμήμα) και το ουριαίο πτερύγιο είναι ομόκερκο. Έχει χονδρά χείλη, ισχυρό κεφάλι και αρκετά μεγάλα μάτια. Επίσης, το στόμα είναι μικρό με 6 κυνόδοντες και η κάτω γνάθος διαθέτει πολλά μικρά μυλοειδούς μορφής δόντια τα οποία χρησιμεύουν για να συνθλίβει την τροφή της (οστρακόδερμα). Η τσιπούρα χαρακτηρίζεται από πρωτανδρικό ερμαφροδιτισμό. Σύμφωνα με τα στοιχεία που υπάρχουν το ψάρι αυτό μέχρι και το 2^ο έτος της ηλικίας του είναι αρσενικό και μετά το ίδιο άτομο γίνεται θηλυκό (Παπουτσόγλου, 1994). Η κύρια μέθοδος εκτροφής τσιπούρας στη Μεσόγειο είναι τα εντατικά συστήματα σε πλωτούς ή υποβρύχιους ή ημικαταδύμενους ιχθυοκλωβούς. Τα ιχθύδια εισάγονται στους κλωβούς όταν έχουν βάρος 2- 10 g και φτάνουν στο εμπορεύσιμο βάρος σε περίπου 12-18 μήνες.

1.2.2 Κοινωνικές ιεραρχίες της τσιπούρας

Η τσιπούρα έχει αποδειχθεί ότι σχηματίζει ιεραρχικές κοινωνίες (Cammarata et al., 2012; Goldan et al., 2003; Karplus et al., 2000; Montero et al., 2009), παρότι δεν ανήκει στα είδη που σχηματίζουν έντονες ιεραρχίες, όπως τα ψάρια της οικογένειας Salmonidae (Adams et al., 1998; Höjesjö et al., 2002; Metcalfe, 1998; Petersson et al., 1999; Ryer and Olla, 1996). Συγκεκριμένα, σε κοινωνικές ομάδες 4-10 ατόμων τσιπούρας παρατηρείται θεμελίωση μιας γραμμικής ιεραρχίας (Goldan et al., 2003; Montero et al., 2009), η οποία ενδεχομένως να παραμένει σταθερή στο χρόνο (Cammarata et al., 2012; Goldan et al., 2003) και καθορίζεται από την συμπεριφορά των ατόμων και την ιδιοσυγκρασία-ατομικότητά τους (Goldan, 1992).

Η τσιπούρα, είναι είδος με σχετικά ήπια επιθετική συμπεριφορά, η οποία σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές περιορίζεται κατά τη διάρκεια χορήγησης τροφής (Andrew et al., 2004). Ο τρόπος με τον οποίο η κοινωνική θέση επηρεάζει την συμπεριφορά των ατόμων τσιπούρας κατά την διάρκεια χορήγησης της τροφής είναι πολύπλοκος. Αυτή η πολυπλοκότητα αυξάνεται όσο μειώνεται ο αριθμός των ατόμων τσιπούρας σε μια δεξαμενή (Montero et al., 2009).

1.3 Εμπλουτισμός περιβάλλοντος

Η σημασία του εμπλουτισμού του περιβάλλοντος (ΕΠ) διατυπώθηκε αρχικά από τον Yerkes (1925). Σύμφωνα με τη Newberry (1995) ο εμπλουτισμός του περιβάλλοντος (ΕΠ) ορίζεται ως η τροποποίηση εκείνη του περιβάλλοντος, η οποία προάγει τις βιολογικές λειτουργίες των ζώων που βρίσκονται σε αιχμαλωσία. Ακόμη, σύμφωνα με τους Shepherdson et al. (1998) ο ΕΠ δίνει τη δυνατότητα στα ζώα να εκφράσουν τη φυσιολογική τους συμπεριφορά και να καλύψουν τις ‘ψυχολογικές’ και φυσιολογικές τους ανάγκες. Σύμφωνα με τους παραπάνω ορισμούς υπονοείται ότι οι εκάστοτε τροποποιήσεις του περιβάλλοντος είναι ευεργετικές για τα ζώα που βρίσκονται σε αιχμαλωσία, συμπεριλαμβανομένων και των ψαριών (Salvanes and Braithwaite, 2005; Salvanes and Braithwaite, 2006) και στοχεύουν μεταξύ άλλων να βελτιώσουν την ευζωία τους (Boissy et al., 2007; Newberry, 1995; van de Weerd and Day, 2009). Ο όρος ευζωία προϋποθέτει την εξασφάλιση 5 ελευθεριών για τα ζώα, δηλαδή απουσία πείνας και δίψας, ενόχλησης, πόνου, τραυματισμού και ασθένειας, την εξασφάλιση φυσιολογικής συμπεριφοράς και τέλος την απουσία φόβου και stress [FAWK (Farmed Animal Welfare Council), 1996]. Ωστόσο, η έλλειψη νεοφλοιού (neocortex) στον εγκέφαλο των ψαριών οδηγεί σε αμφιλεγόμενες απόψεις σχετικά με το κατά πόσο τα ψάρια έχουν τη δυνατότητα να αναπτύξουν συναισθήματα όπως ο φόβος ή ο πόνος (Braithwaite, 2010).

Οι τροποποιήσεις του περιβάλλοντος εκτροφής που έχουν μελετηθεί στα διάφορα ζώα περιλαμβάνουν κοινωνικό εμπλουτισμό (Leonardi et al., 2010), εμπλουτισμό που στοχεύει στη διέγερση των αισθήσεων (Wells, 2009) αλλά και δημιουργώντας ένα πιο σύνθετο περιβάλλον (Vanheukelom et al., 2012). Όσον αφορά στα ψάρια, οι μελέτες που σχετίζονται με τον ΕΠ είναι λίγες. Έχει μελετηθεί ο κοινωνικός εμπλουτισμός (Saxby et al., 2010; Sloman et al., 2011) και ο εμπλουτισμός που στοχεύει στη διέγερση της ακοής ή της όρασης (Karakatsouli et al., 2007a; Karakatsouli et al., 2007b; Papoutsoglou et al., 2008), όμως η πλειοψηφία των μελετών επικεντρώνεται στον ΕΠ με την έννοια της δημιουργίας ενός πιο σύνθετου περιβάλλοντος. Τα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί για τον εμπλουτισμό του περιβάλλοντος εκτροφής περιλαμβάνουν ζωντανά ή πλαστικά φυτά, βότσαλα, χαλίκια, βράχια, άμμο αλλά και άλλου τύπου υλικά όπως ξύλα, πλαστικοί σωλήνες, πλαστικές σακούλες ή κεραμικά αντικείμενα.

Για παράδειγμα, ο ΕΠ βελτίωσε την ανάπτυξη στην πέστροφα, *Oncorhynchus mykiss* με χαλίκι (Arndt et al., 2001) και αύξησε το ποσοστό επιβίωσης στον ιππόκαμπο *Hippocampus erectus* με πλαστικά φυτά (Lin et al., 2009), ενώ στον υπόγλωσσο *Hippoglossus hippoglossus* παρουσιάστηκε καλύτερη ανάπτυξη και ταχύτερη επούλωση πληγών (χαλίκι, άμμος ή Netlon®) (Ottesen et al., 2007). Αντίθετα, σε ψάρια του είδους *Liza aurata* ο ΕΠ δεν επέδρασε στην ανάπτυξη (υπόστρωμα με περίφυτα) (Richard et al., 2010).

Στα πλαίσια της επίδρασης του ΕΠ στην συμπεριφορά των ψαριών έχει παρατηρηθεί ότι μπορεί να αυξήσει την επιθετικότητα σε διάφορα είδη της οικογένειας Cichlidae (Barreto et al., 2011; Nijman and Heuts, 2000; 2011), να τη μειώσει σε ψάρια

της ίδιας οικογένειας (Kadry and Barreto, 2010) ή και να μην έχει καμία επίδραση σε άτομα του είδους *Paralichthys olivaceus* (Dou et al., 2000).

Όσον αφορά στην εκτροφή των ψαριών με σκοπό την απελευθέρωσή τους στη φύση, ώστε να εμπλουτιστούν τα φυσικά αποθέματα των ιχθυοπληθυσμών, ο ΕΠ αποτελεί κοινή τακτική. Σκοπός του ΕΠ είναι η προσομοίωση του φυσικού περιβάλλοντος διαβίωσης των ψαριών, ώστε να αντιμετωπιστούν οι διαφοροποιήσεις στην συμπεριφορά τους που προκύπτουν λόγω του τεχνητού περιβάλλοντος. Για παράδειγμα, τα εκτρεφόμενα άτομα αδυνατούν να αναζητήσουν την τροφή τους και δεν είναι σε θέση να εντοπίσουν ή να αποφύγουν κάποιο θηρευτή. Η προσθήκη ζωντανών ή πλαστικών φυτών, διαφόρων τύπων υποστρωμάτων και η εισαγωγή νέων αντικειμένων στο περιβάλλον διαβίωσης των εκτρεφόμενων ψαριών βελτίωσε τη φυσιολογική τους κατάσταση, τη συμπεριφορά αναζήτησης τροφής και αύξησε το ποσοστό επιβίωσης μετά την απελευθέρωσή τους (Braithwaite and Salvanes, 2005; Lee and Berejikian, 2008; Roberts et al., 2011; Salvanes and Braithwaite, 2006).

Στην περίπτωση των 'διακοσμητικών' ψαριών, το περιβάλλον διαφοροποιείται με διάφορα υλικά όπως πέτρες, χαλίκι, ζωντανά ή πλαστικά φυτά και πλαστικούς σωλήνες, που λειτουργούν ως καταφύγια ή σημεία εναπόθεσης των αυγών και έχουν ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της ευζωίας τους. Για παράδειγμα, η προσθήκη πλαστικών φυτών σε δεξαμενές με ιππόκαμπο *Hippocampus erectus* οδήγησε σε αυξημένα ποσοστά επιβίωσης των ατόμων αυτών σε σχέση με τα άτομα που ζούσαν σε συμβατικές δεξαμενές (Lin et al., 2009).

Επίσης, στην περίπτωση των ψαριών που προορίζονται ως πειραματόζωα για έρευνες σχετικές με τον άνθρωπο [κυρίως το είδος *Danio rerio* (zebrafish)], οι εργαστηριακές δεξαμενές, ενδέχεται να περιορίσουν την έκφραση της φυσιολογικής τους συμπεριφοράς. Με τον ΕΠ, βελτιώνεται τόσο η ευζωία των πειραματόζωων όσο και η ακεραιότητα των πειραματικών αποτελεσμάτων (Brydges and Braithwaite, 2009; Williams et al., 2009).

Μελέτες σχετικά με την επίδραση του εμπλουτισμού του περιβάλλοντος, αναφέρουν νευροανατομικές αλλαγές του εγκεφάλου των ψαριών αλλά και αλλαγές που σχετίζονται με την αντίληψή τους (Galhardo and Oliveira, 2009). Για παράδειγμα, η δημιουργία ενός πιο σύνθετου περιβάλλοντος διαβίωσης (π.χ. παρουσία μικρών πετρών, πλαστικών φυτών, χαλικιού) ή ο κοινωνικός εμπλουτισμός (ατομική ή ομαδική εκτροφή) οδήγησαν σε τροποποιήσεις του μεγέθους του εγκεφάλου και σε κυτταρικό πολλαπλασιασμό (Gonda et al., 2009; Kihlslinger and Nevitt, 2006; von Krogh et al., 2010). Επιπλέον, ο εμπλουτισμός βελτιώνει τις ικανότητες αντίληψης και μάθησης των ψαριών (Kotrschal and Taborsky, 2010; Strand et al., 2010). Για παράδειγμα, παρατηρήθηκε ότι νεαρά άτομα μπακαλιάρου του Ατλαντικού *Gadus morhua* που ζούσαν σε διαφοροποιημένο περιβάλλον με πέτρες και περίφυτα, βελτίωσαν την ικανότητα εξεύρεσης ζωντανής τροφής παρουσία ψαριών-«εκπαιδευτών» (Strand et al., 2010).

Όσον αφορά στη τσιπούρα η παρουσία Κυανού ή Ερυθροκαφέ υποστρώματος στις δεξαμενές εκτροφής προήγαγε την ανάπτυξη, μείωσε την επιθετικότητα και βελτίωσε

την ποιότητα του φιλέτου της τσιπούρας, χωρίς να επηρεάσει την φυσιολογική κατάσταση των ψαριών (Batzina and Karakatsouli, 2012).

1.4 Παραλλακτικότητα του βάρους

Κάθε ομάδα ψαριών, η οποία ξεκινά με άτομα του ίδιου μεγέθους, καταλήγει μετά από ένα ορισμένο (μεγάλο) διάστημα εκτροφής σε ένα σύνολο υποομάδων, με διαφορετικό ρυθμό ανάπτυξης. Συνηθίζεται στις εκτροφές να αναφέρεται η έκφραση, ψάρια "ταχείας ανάπτυξης" και "βραδείας ανάπτυξης". Η εκδήλωση διαφορετικών ρυθμών ανάπτυξης μεταξύ των ατόμων της ομάδας ενός είδους σε μια δεξαμενή μπορεί να οφείλεται σε ενδογενείς ή εξωγενείς παράγοντες.

Η παραλλακτικότητα του βάρους (ΠΒ) παρουσιάζεται σε κάθε ομάδα εκτρεφόμενων ψαριών, σε κάθε μέγεθος και ηλικία. Είναι συνηθισμένο φαινόμενο ακόμη και στα νεαρά στάδια των ιχθυδίων, δεδομένου του μεγάλου ρυθμού ανάπτυξης που χαρακτηρίζει τις ηλικίες αυτές. Μελέτες αναφέρουν, πως με την αύξηση της παραλλακτικότητας του βάρους των ατόμων μιας ομάδας, αυξήθηκαν οι μεταξύ τους επιθετικές ενέργειες (Goldan et al., 2003; Lahti and Lower, 2000; Persson, 1985; Polis, 1988).

Σύμφωνα με τους παραγωγούς, η μεγάλη παραλλακτικότητα βάρους των ψαριών σε μια ομάδα:

- προάγει τον ανταγωνισμό μεταξύ των ψαριών για τροφή και χώρο
- προάγει την επιθετικότητα και τον κανιβαλισμό
- οδηγεί σε μικρότερους ρυθμούς ανάπτυξης
- οδηγεί στη δημιουργία μιας "α" κοινωνικής ισορροπίας (συνήθως τα μεγαλύτερα σε μέγεθος άτομα διεκδικούν την τροφή και το χώρο και εκδηλώνουν επιθετική συμπεριφορά στα μικρότερα)
- δυσχεραίνει την χορήγηση τροφής (αδυναμία χορήγησης του σωστού μεγέθους τροφής)

Για να αμβλυνθούν οι επιπτώσεις αυτές, είναι απαραίτητο να γίνεται συχνά διαλογή των ιχθυδίων ανά κλάσεις μεγέθους και τοποθέτησή τους σε ξεχωριστούς χώρους (κλωβοί, δεξαμενές). Οι διαλογές κατά μέγεθος αποτελούν κοινή πρακτική στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών (Slavík et al., 2011). Πολλές φορές, μετά τις διαλογές κατά μέγεθος, παρατηρείται θνησιμότητα. Αυτό ίσως οφείλεται στο αυξημένο κοινωνικό stress (Ang and Manica, 2010), εξαιτίας της ύπαρξης εντονότερων κοινωνικών αλληλεπιδράσεων (Oliveira and Almada, 1996).

Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε άλλα σπονδυλωτά, αναφέρουν πως με την αύξηση της παραλλακτικότητας του βάρους μειώνονται οι επιθετικές ενέργειες (σαλαμάνδρα: Brunkow and Collins, 1998; χοίρος: Rushen, 1987; ελάφι: McElligott et al., 1998). Στα πλαίσια της επίδρασης της ΠΒ στην συμπεριφορά των ψαριών έχει παρατηρηθεί ότι η ετερογένεια ενισχύει την κοινωνική θέση των ατόμων και η ιεραρχία

καθορίζεται σε σύντομο χρονικό διάστημα (Abbott et al., 1985). Επίσης μειώνει τον ανταγωνισμό και τις επιθετικές ενέργειες μεταξύ των ατόμων του ίδιου είδους (Baardvik and Jobling, 1990; Boscolo et al., 2011; Doyle and Talbot, 1986).

Οι διαλογές στο *Hippoglossus hippoglossus* με σκοπό την δημιουργία ομοιογενών ομάδων δεν ενισχύουν την ανάπτυξη, αλλά αντιθέτως την μειώνουν σε σύγκριση με τις ετερογενείς ομάδες (Stefansson et al., 2000). Έρευνες και σε άλλα είδη, όπως στον μπακαλιάρο του Ατλαντικού *Gadus morhua* L. (Jobling et al., 1991), στο χέλι *Anguilla Anguilla* L. (Kamstra, 1993) και στο είδος *Salvelinus alpinus* L. (Baardvik and Jobling, 1990) έδειξαν παρόμοια αποτελέσματα. Πιθανή εξήγηση, είναι το υψηλό επίπεδο του ανταγωνισμού και των επιθετικών ενεργειών στις ομοιογενείς ομάδες μεταξύ των ατόμων του ίδιου είδους (Jørgensen and Jobling, 1993; Knights, 1987). Όσον αφορά στην τσιπούρα οι Canario et al. (1998) μετά από πειράματα στην παραλλακτικότητα του βάρους, αναφέρουν πως η ανάπτυξη των ατόμων δεν φαίνεται να σχετίζεται με τον μεταξύ τους ανταγωνισμό.

Σε αντίθεση, άλλες έρευνες αναφέρουν πως οι διαλογές με σκοπό την δημιουργία ομοιογενών ομάδων ενισχύουν την ανάπτυξη. Τα κυρίαρχα (μεγάλα σε μέγεθος) άτομα αφαιρούνται, με αποτέλεσμα τη μείωση του ανταγωνισμού, της επιθετικότητας και του κανιβαλισμού (Chiu Liao and Chang, 2002; Strand and Øiestad, 1997).

Μετά από αφαίρεση των μεγαλύτερων ατόμων караβίδας *Pacifastacus leniusculus* από δεξαμενή εκτροφής, παρατηρήθηκε βελτίωση της ανάπτυξής τους, κάτι που πιθανόν να οφείλεται στην μείωση της κοινωνικής πίεσης (Ahvenharju et al., 2005; Karplus and Barki, 2004). Όσον αφορά στη τσιπούρα, οι Karplus et al. (2000) αναφέρουν πως άτομα που ανήκαν στην μεσαία κλάση μεγέθους (240 ± 70 mg), μεγάλωναν τρεις φορές γρηγορότερα όταν εκτρέφονταν με άτομα της μικρής κλάσης (114 ± 27 mg) σε σύγκριση με αντίστοιχη εκτροφή με άτομα της μεγαλύτερης κλάσης (850 ± 80 mg).

1.5 Σκοπός της εργασίας

Η ευζωία των ψαριών έχει μελετηθεί με ποικίλους τρόπους (Huntingford et al., 2006; Volpato et al., 2007). Στις τεχνικές εκτροφής όλες οι πληροφορίες για την συμπεριφορά των ζώων είναι σημαντικές (Huntingford et al., 2006). Επομένως, οι επιδράσεις των κοινωνικών σχέσεων στην ευζωία των ψαριών αποτελούν αντικείμενο περαιτέρω διερεύνησης (Brännäs and Johnsson, 2008). Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η απόκτηση πληροφοριών για την συμπεριφορά και την ανάπτυξη νεαρών ατόμων τσιπούρας, μέσω της μελέτης της επίδρασης της παραλλακτικότητας του βάρους αλλά και του εμπλουτισμού του περιβάλλοντος εκτροφής. Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρατίθενται στην εισαγωγή, οι δύο αυτοί παράγοντες φαίνεται ότι επηρεάζουν τόσο τη συμπεριφορά όσο και την ανάπτυξη. Έως τώρα δεν έχουν πραγματοποιηθεί αντίστοιχες μελέτες, που να εξετάζουν την επίδραση των δυο αυτών παραγόντων στην τσιπούρα.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Ζωικό υλικό και Επεμβάσεις

Το πείραμα υλοποιήθηκε στο ημίκλειστο σύστημα θαλασσινού νερού του Εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Υδροβιολογίας του Γ.Π.Α. Σχεδιάστηκε διπαραγοντικό πείραμα 2 x 2 με τρεις (3) επαναλήψεις. Χρησιμοποιήθηκαν 72 νεαρά άτομα τσιπούρας, *Sparus aurata* (μέσο βάρος $69,2 \pm 2,29$ g, μέσο ολικό μήκος $16,1 \pm 0,18$ cm), τα οποία αφού σημάνθηκαν ατομικά διανεμήθηκαν (σε ομάδες των 6 ατόμων) σε 12 πανομοιότυπες δεξαμενές. Η επέμβαση του εμπλουτισμού του περιβάλλοντος διαβίωσης περιελάμβανε 6 δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY) και 6 δεξαμενές χωρίς υπόστρωμα – μάρτυρες (XY). Η επέμβαση της παραλλακτικότητας του βάρους περιελάμβανε 6 ομοιογενείς ομάδες [ομοιογενή (OM), αρχική παραλλακτικότητα $11,7 \pm 0,76$ %] και 6 ετερογενείς ομάδες [ετερογενή (ET), αρχική παραλλακτικότητα $41,6 \pm 0,38$ %]. Οι ομοιογενείς ομάδες αποτελούνταν από 6 άτομα μεσαίου μεγέθους (56,0- 81,5 cm) και οι ετερογενείς ομάδες από 2 άτομα μικρού μεγέθους (31,5-43,5 cm) 2 άτομα μεσαίου μεγέθους (56,0- 81,5 cm) - 2 άτομα μεγάλου μεγέθους (93,7-106,3 cm). Συνεπώς δημιουργήθηκαν οι ακόλουθοι συνδυασμοί, κυανό υπόστρωμα με ετερογενείς ομάδες (KY-ET), κυανό υπόστρωμα με ομοιογενείς ομάδες (KY-OM), χωρίς υπόστρωμα με ετερογενείς ομάδες (XY-ET) και χωρίς υπόστρωμα με ομοιογενείς ομάδες (XY-OM) (πίνακας 1). Η ατομική σήμανση πραγματοποιήθηκε με τροποποιημένου δίσκου Peterson. Χρησιμοποιήθηκαν πλαστικές ετικέτες σε έξι διαφορετικά χρώματα (μπλε-κίτρινο-κόκκινο-πράσινο-γκρι-πορτοκαλί), ένα για κάθε ψάρι (εικόνα 3). Η κάθε πλαστική ετικέτα τοποθετήθηκε αμφίπλευρα στη ραχιαία πλευρά του σώματος κάτω από το 1^η -2^η σκληρή άκανθα του ραχιαίου πτερυγίου. Τα ψάρια παρέμειναν σε πειραματικές συνθήκες για 60 ημέρες (από 19/10/2012 ως 17/12/2012).

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά (μ.ο±τ.σφ) των αρχικών ομάδων ατόμων τσιπούρας.

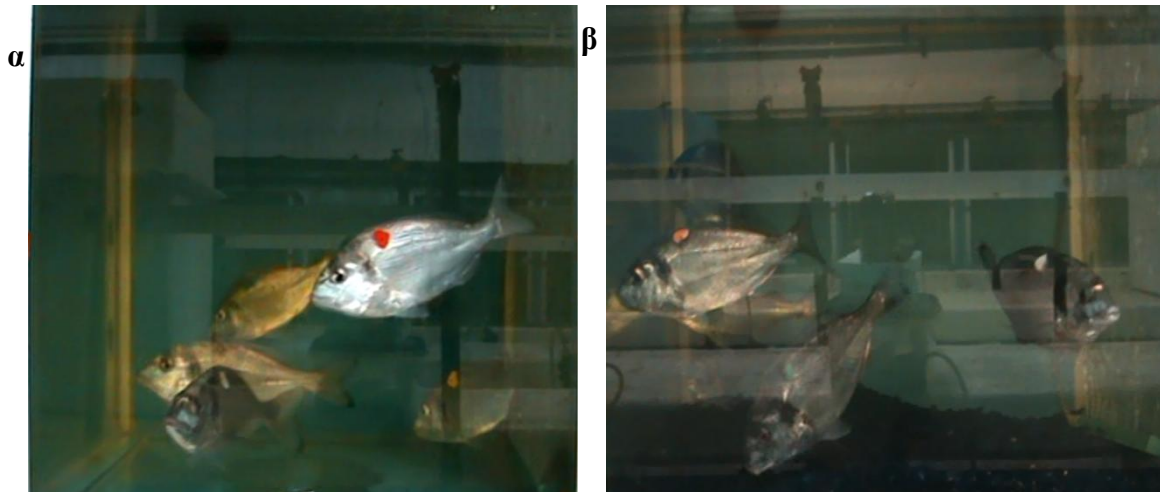
Αριθμός πειραματικής μονάδας (n=6)	Επέμβαση	Μέσο Ζων βάρος (g)	Μέσο Ολικό μήκος (cm)	Μέσος Συντελεστής ευρωστίας	Συντελεστής παραλλακτικότητας βάρους
1 (A2)	KY-ET	67,6±11,40	15,9±0,85	1,6±0,07	41,3
2 (A7)	KY-ET	70,3±11,67	16,1±0,93	1,6±0,02	40,7
3 (Z10)	KY-ET	67,1±11,73	16,0±0,92	1,6±0,06	42,8
4 (Z7)	KY-OM	70,2±3,69	16,1±0,28	1,7±0,06	12,9
5 (Z9)	KY-OM	70,5±3,06	16,4±0,28	1,6±0,03	10,6
6 (Z11)	KY-OM	68,4±3,43	16,0±0,22	1,7±0,03	12,3
7 (A3)	XY-ET	70,3±11,63	16,0±0,84	1,6±0,05	40,5
8 (A8)	XY-ET	68,8±11,90	16,0±0,94	1,6±0,04	42,4
9 (Z6)	XY-ET	68,9±11,83	15,8±0,91	1,6±0,03	42,1
10 (A4)	XY-OM	68,1±3,39	16,3±0,29	1,6±0,02	12,2
11 (A6)	XY-OM	69,5±3,89	16,1±0,32	1,7±0,04	13,7
12 (Z5)	XY-OM	70,6±2,46	16,3±0,16	1,6±0,03	8,5
Επίπεδο σημαντικότητας	-	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	

ΜΣ: Μη Σημαντικό.



Εικόνα 3: Σημασμένα ψάρια σε δεξαμενή με κυανό υπόστρωμα.

Στις εμπλουτισμένες δεξαμενές το υπόστρωμα κάλυπτε όλη την επιφάνεια του πυθμένα και αποτελούνταν από ομοιόμορφο στρώμα κυανής υάλινης ψηφίδας, σε ύψος 2,5 cm (10 kg / δεξαμενή, μέγεθος ψηφίδας 6-12 mm). Στις δεξαμενές Μάρτυρες δεν υπήρχε υπόστρωμα στον πυθμένα (υάλινος πυθμένας) (εικόνα 4). Η επιλογή του συγκεκριμένου υποστρώματος έγινε κυρίως για τρεις λόγους: 1) δεν προκαλεί αλλαγές στην ποιότητα του νερού αφού δεν αντιδρά χημικά με αυτό, 2) είναι συμβατό/κοινό με τη δομή του φυσικού περιβάλλοντος διαβίωσης της τσιπούρας και 3) το κυανό χρώμα του υποστρώματος που εξετάζεται επικρατεί στο βάθος που διαβιεί η τσιπούρα (Pavlidis and Mylonas, 2011).



Εικόνα 4: α: δεξαμενή χωρίς υπόστρωμα και β: δεξαμενή με κυανό υπόστρωμα

Στα ψάρια η τροφή χορηγήθηκε με το χέρι, με εμπορικό σιτηρέσιο (βυθιζόμενα σύμπηκτα) κατάλληλο για νεαρά άτομα τσιπούρας [υγρασία 5,33%; πρωτεΐνη 46,73%; λίπη 23,11%; τέφρα 5,91%; ENEO (Ελεύθερες Αζώτου Εκχυλισματικές Ουσίες) 18,92%], 2,5% του ζώντος βάρους τους που προοδευτικά μειώθηκε στο 2% ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης των ψαριών και τη θερμοκρασία του νερού (Lupatsch and Kissil, 1998). Από Δευτέρα έως Παρασκευή η τροφή χορηγούνταν σε 2 γεύματα (9.00

π.μ. και 15.00 μ.μ.), το Σάββατο σε ένα (12:00), ενώ την Κυριακή δεν χορηγούνταν καθόλου τροφή. Στις εμπλουτισμένες δεξαμενές τα ψάρια δε δυσκολεύονταν να βρουν την τροφή τους. Τα σύμπηκτα έμεναν στη επιφάνεια του υποστρώματος και σε όλες τις επεμβάσεις παρατηρήθηκε κοινός μέσος χρόνος λήψης της τροφής. Τα ψάρια ζυγίζονταν ατομικά (ακρίβεια 0,01 g) κάθε 15 ημέρες και η ποσότητα της τροφής προσαρμοζόταν κατάλληλα. Μετά το τέλος της κύριας πειραματικής διαδικασίας πραγματοποιήθηκαν σωματομετρήσεις με τη χρήση παχύμετρου (ακρίβειας 0,1 mm). Δεν παρατηρήθηκε θνησιμότητα κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Οι δεξαμενές ήταν γυάλινες, τετράγωνες και κάθε μία είχε διαστάσεις 41x49x44 cm (ύψος × πλάτος × μήκος) και όγκο 88,4 L και αποτελούσαν μέρος ενός ημίκλειστου συστήματος θαλασσινού νερού συνολικού όγκου 11 m³ (ημερήσια ανανέωση νερού κυκλώματος 3%). Το κύκλωμα διέθετε μηχανικά (σπόγγοι) και βιολογικά (χαλίκια) φίλτρα, καθώς επίσης και λάμπες εκπομπής υπεριώδους ακτινοβολίας UV για την αποφυγή ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών.

Κάθε δεξαμενή διέθετε σύστημα παροχής νερού, σύστημα παροχής ατμοσφαιρικού αέρα καθώς και σύστημα αποχέτευσης και διατήρησης σταθερής στάθμης νερού. Τα πλαϊνά τοιχώματα καθώς και το πίσω μέρος της κάθε δεξαμενής ήταν καλυμμένα με γαλάζιο φελιζόλ. Η παροχή του νερού γινόταν από την επιφάνεια με σταθερή ροή για όλες τις δεξαμενές και υπολογιζόταν ανάλογα με το ζων βάρος των ψαριών. Έτσι το επίπεδο της ροής ήταν 3,55 L/kg/min, ώστε η ποιότητα του νερού να μην επηρεαστεί από την αυξανόμενη πυκνότητα κατά την διάρκεια της εκτροφής. Όλες οι δεξαμενές καθαρίζονταν επιμελώς ανά δεκαπενθήμερο. Το καθαρίσμα περιελάμβανε το τρίψιμο των τοιχωμάτων και του πυθμένα, απομάκρυνση του οργανικού φορτίου μέσω σιφονισμού με χρήση ενυδρειακής σκούπας και ανανέωση των 2/3 του όγκου του νερού της δεξαμενής. Η ενυδρειακή σκούπα επιτρέπει την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου αποτρέποντας το πέρασμα του χαλικιού από το σιφόνι (λόγω ύπαρξης φίλτρου).

Στις εμπλουτισμένες δεξαμενές το υπόστρωμα δεν αφαιρούνταν. Αντίθετα, πραγματοποιούνταν τρίψιμο με σφουγγάρι και ανάδευση του χαλικιού ώστε το οργανικό φορτίο να ανέβει στην επιφάνεια του υποστρώματος και στη συνέχεια να αφαιρεθεί με τη χρήση της σκούπας. Η ίδια μεθοδολογία χρησιμοποιούνταν και στις δεξαμενές χωρίς υπόστρωμα ώστε να πραγματοποιείται ο ίδιος χρόνος καθαρισμού για όλες τις δεξαμενές (περίπου 15' ανά δεξαμενή). Τα φυσικά χαρακτηριστικά του νερού [DO (ppm και κορεσμός), T (°C), pH] ελέγχονταν καθημερινά πριν από το πρώτο γεύμα. Όσον αφορά στα χημικά χαρακτηριστικά του νερού λαμβάνονταν δείγματα από τις δεξαμενές 3 φορές την εβδομάδα (Δευτέρα-Τετάρτη-Παρασκευή). Τα δείγματα παρέμεναν στην κατάψυξη μέχρι τον προσδιορισμό της περιεκτικότητάς τους (εβδομαδιαία) σε ολική αμμωνία και νιτρώδη ιόντα.

Η φωτοπερίοδος ρυθμίστηκε σε 12 ώρες φως προς 12 ώρες σκοτάδι και η ένταση του φωτισμού προσαρμόστηκε στα 220 lux στην επιφάνεια κάθε δεξαμενής. Ως πηγή φωτισμού χρησιμοποιήθηκαν λάμπες λευκού φωτός (cool white fluorescence lamps) σε απόσταση ύψους ενός μέτρου από την επάνω πλευρά και 5 cm από την πρόσθια πλευρά της κάθε δεξαμενής. Η προσθήκη υποστρώματος τροποποίησε το φωτεινό περιβάλλον

κυρίως λόγω αλλαγών στην αντανάκλαση του φωτός στον πυθμένα της δεξαμενής. Παρά την έλλειψη ειδικού εξοπλισμού ώστε να μετρηθεί η οποιαδήποτε διαφοροποίηση, το περιβάλλον των δεξαμενών με υπόστρωμα φαινόταν πιο σκούρο για έναν εξωτερικό παρατηρητή.

2.2 Παρατηρήσεις συμπεριφοράς

Κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου γινόταν καταγραφή της συμπεριφοράς των ψαριών. Συγκεκριμένα πραγματοποιούνταν από Δευτέρα έως Παρασκευή, λήψη βίντεο διάρκειας 10 λεπτών από την πρόσθια πλευρά της δεξαμενής, κατά την διάρκεια των 2 γευμάτων, ενώ 3 φορές την εβδομάδα (Τρίτη, Τετάρτη και Πέμπτη) πραγματοποιούνταν δεκάλεπτες λήψεις και μεταξύ των γευμάτων (10:00 έως 13.00) με κενό διάστημα 5 λεπτών μεταξύ των λήψεων. Λόγω της διαθεσιμότητας μόνο μιας κάμερας, δεν ήταν δυνατή η καταγραφή κάθε δεξαμενής σε κάθε χρόνο παρατήρησης για κάθε μέρα και εβδομάδα.

Συνοπλοποιώντας την πιθανή επίδραση του χρόνου παρατήρησης στην επιθετική συμπεριφορά των ψαριών σχεδιάστηκε ένα εβδομαδιαίο πρόγραμμα λήψεων ώστε να γίνει καταγραφή της κάθε δεξαμενής κάθε πιθανή ώρα λήψης βίντεο. Πραγματοποιήθηκαν 6 κύκλοι όπου όλες οι δεξαμενές βιντεοσκοπήθηκαν σε όλες τις ώρες και στα δύο γεύματα. Όσον αφορά στα βίντεο μεταξύ των γευμάτων συνολικά εξασφαλίστηκαν 72 λήψεις /επέμβαση και όσον αφορά στα βίντεο που ελήφθησαν κατά την διάρκεια των γευμάτων, η κάθε επέμβαση βιντεοσκοπήθηκε συνολικά 18 φορές ανά γεύμα (1^ο και 2^ο). Από το κάθε βίντεο μεταξύ των γευμάτων πραγματοποιήθηκε επεξεργασία των 9 λεπτών. Αν και τα ψάρια ήταν εξοικειωμένα με την παρουσία του πειραματιστή, το πρώτο λεπτό από κάθε λήψη αφαιρέθηκε ώστε να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα συνυπολογισμού της αναστάτωσης των ψαριών κατά την τοποθέτηση της κάμερας. Από το κάθε βίντεο κατά τη διάρκεια χορήγησης της τροφής πραγματοποιήθηκε επεξεργασία των 4 πρώτων λεπτών, καθώς η εντονότερη δραστηριότητα των ψαριών παρουσιάζεται κατά τα πρώτα 1-2 λεπτά ενώ στην συνέχεια η πρόσληψη τροφής ήταν ηπιότερη ως προς την συχνότητά της.

Μελετήθηκε η επιθετική συμπεριφορά και η συμπεριφορά που σχετίζεται με τον πυθμένα. Η επιθετικότητα εκτιμήθηκε με την καταμέτρηση των επιθετικών ενεργειών, δηλαδή του κυνηγητού, των τσιμπημάτων ή των δαγκωμάτων μεταξύ των ψαριών. Λόγω του ότι τα ψάρια είχαν σημανθεί ατομικά καταγράφηκε ακριβώς πιο ψάρι πραγματοποιούσε ή δεχόταν μια επίθεση.

Οι παρατηρήσεις της συμπεριφοράς σχετικής με τον πυθμένα διακρίθηκαν σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη αφορούσε την πιθανή προτίμηση των ψαριών να κολυμπούν κοντά στην επιφάνεια του πυθμένα (προσέγγιση στον πυθμένα). Για να εκτιμηθεί αυτή η προτίμηση, η πρόσθια πλευρά κάθε δεξαμενής οριοθετήθηκε στο μισό του ύψους με τη χρήση ταινίας. Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης του βίντεο, ο αριθμός των ψαριών που βρισκόταν κάτω από την μέση της δεξαμενής καταγράφονταν κάθε 30 δευτερόλεπτα και τελικά εκφραζόταν ως ποσοστό του ολικού αριθμού των ψαριών. Τα

δεδομένα αυτά αναφέρονται στο σύνολο των ψαριών κάθε δεξαμενής καθότι ήταν δύσκολο να διακριθούν τα χρώματα των ετικετών στους συγκεκριμένους χρόνους. Η δεύτερη κατηγορία παρατηρήσεων αφορούσε στη φυσική επαφή των ψαριών με τον πυθμένα. Γινόταν καταγραφή οποιασδήποτε φυσικής επαφής μεταξύ ψαριού και πυθμένα στο διάστημα των 9 λεπτών του βίντεο. Τα δεδομένα αυτά αναφέρονται σε κάθε άτομο ξεχωριστά.

2.3. Υπολογισμοί και ανάλυση δεδομένων

2.3.1 Παραγωγικά χαρακτηριστικά

Για κάθε ψάρι ατομικά υπολογίστηκε:

Ο μέσος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (Specific growth rate, SGR) ο οποίος εκφράζει την ημερήσια εκατοστιαία αύξηση του βάρους των ψαριών (%/ημέρα) και δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$SGR = (\ln W_f - \ln W_{in}) \times 100 \times t^{-1}$$

Όπου W_f : το μέσο τελικό βάρος σε g, W_{in} : το μέσο αρχικό βάρος σε g, t: η χρονική διάρκεια της εκτροφής σε ημέρες.

Ο συντελεστής ευρωστίας (Condition factor, CF) ο οποίος δίνεται από την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$CF = (W/L^3) \times 100$$

Όπου: W= το σωματικό βάρος σε g, L= το ολικό μήκος σε cm.

Η εκατοστιαία αύξηση του βάρους (Weight Gain %, WG) των ψαριών η οποία δίνεται από την εξίσωση:

$$WG = 100 \times (W_f - W_{in}) / W_{in}$$

Όπου: W_f = το μέσο τελικό βάρος σε g, W_{in} = το μέσο αρχικό βάρος σε g.

Για το σύνολο της ομάδας κάθε δεξαμενής υπολογίστηκε:

Ο συντελεστής παραλλακτικότητας του βάρους (Coefficient of weight Variation, CV) ο οποίος δίνεται από την εξίσωση:

$$CV = (100 \times \text{τυπική απόκλιση}) \times (\text{μέσο σωματικό βάρος})^{-1}$$

Ο βαθμός χρησιμοποίησης της χορηγούμενης τροφής από τα ψάρια συνδέεται άμεσα με την ανάπτυξη των εκτρεφόμενων ψαριών και εκφράζεται από το συντελεστή εκμετάλλευσης της τροφής (Food Conversion Ratio, FCR), ο οποίος δίνεται από την σχέση:

$$FCR = (\text{Τροφή που καταναλώθηκε, g}) \times (\text{αύξηση βάρους, g})^{-1}$$

2.3.2 Χαρακτηριστικά συμπεριφοράς

Η επιθετική συμπεριφορά ποσοτικοποιήθηκε με τον υπολογισμό του δείκτη κυριαρχίας (Dominance Index, DI) όπως δίνεται από τον παρακάτω τύπο (Gonçalves-de-Freitas et al., 2008; Oliveira and Almada, 1996; Winberg et al., 1991).

$$DI = Ag^+ / (Ag^+ + Ag^-)$$

Όπου: DI = ο δείκτης κυριαρχίας, Ag^+ = οι επιθέσεις που έδωσε ένα συγκεκριμένο άτομο, Ag^- = οι επιθέσεις που δέχτηκε το ίδιο άτομο. Ο DI παίρνει τιμές από το 0 έως το 1, και όσο αυξάνεται η τιμή τόσο πιο υψηλή κοινωνική θέση (κυρίαρχο) κατέχει το συγκεκριμένο άτομο. Σημειώνεται ότι η εκτίμηση του DI έγινε για το σύνολο της πειραματικής περιόδου.

Με τον υπολογισμό του DI προσδιορίστηκε η κοινωνική θέση (ΚΘ- social rank) των ψαριών μέσα στις δεξαμενές. Η κοινωνική θέση των ψαριών κυμάνθηκε από το 1 έως το 6 (λόγω του ότι ήταν 6 άτομα συνολικά μέσα σε κάθε δεξαμενή) με το πιο κυρίαρχο άτομο να παίρνει την τιμή 1 (ΚΘ1) και το πιο υποτελές άτομο την τιμή 6 (ΚΘ6).

2.3.3 Στατιστική επεξεργασία

Για την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων του πειράματος, χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα STATGRAPHICS centurion 16.1. Πραγματοποιήθηκε πολυπαραγοντική ανάλυση διασποράς (General Linear Model) ως προς τους εξής παράγοντες, παραλλακτικότητα του βάρους (ΠΒ) και υπόστρωμα (Υ) με τη δεξαμενή ως τυχαίο παράγοντα για να συνυπολογιστεί η επίδρασή της στην ανάλυση. Στην στατιστική ανάλυση των δεδομένων της συμπεριφοράς συμπεριλήφθηκαν και ο χρόνος (δεκαπενθήμερο) καθώς και το γεύμα (1^ο ή 2^ο) ως παράγοντες. Η επίδραση του υπό εξέταση παράγοντα ή της αλληλεπίδρασης των παραγόντων θεωρήθηκε στατιστικά σημαντική όταν $P < 0,05$. Όλες οι παράμετροι ελέγχθηκαν για την ισχύ της κανονικότητας και της ομοιογένειας της διασποράς, ενώ έγιναν και οι απαραίτητες μετατροπές (π.χ. λογάριθμος, τετραγωνική ρίζα, κτλ) όπου αυτές δεν ίσχυαν. Για την σύγκριση των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο Duncan. Επίσης πραγματοποιήθηκαν συσχετίσεις (Pearson correlation) μεταξύ της κοινωνικής θέσης των ψαριών και παραμέτρων της συμπεριφοράς τους (επιθετικές συμπλοκές, επιθέσεις που έκαναν, επιθέσεις που δέχτηκαν, απασχόληση με τον πυθμένα μεταξύ των γευμάτων και κατά την χορήγηση της τροφής) καθώς και παραμέτρων της ανάπτυξής τους (τελικό βάρος, SGR).

Στους πίνακες και στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι μέσοι όροι \pm τυπικό σφάλμα χωρίς μετατροπή, ενώ στις περιπτώσεις που εντοπίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους, η διαφοροποίηση εμφανίζεται με διαφορετικά γράμματα στους εκθέτες.

3. Αποτελέσματα

3.1 Αποτελέσματα ποιότητας νερού

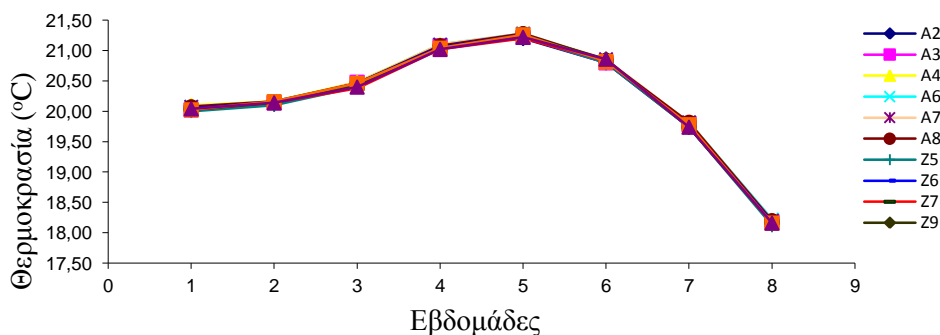
Η ποιότητα του νερού δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων, με εξαίρεση την περιεκτικότητα του νερού σε νιτρώδη ιόντα, η οποία ήταν αυξημένη στις δεξαμενές με υπόστρωμα (ΚΥ) σε σχέση με τις δεξαμενές μάρτυρες (ΧΥ) (πίνακας 2).

Η τιμή της αλατότητας διατηρήθηκε στα $31,6 \pm 0,13 \text{ g L}^{-1}$. Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του πειράματος μειώθηκε κατά $3 \text{ }^\circ\text{C}$ με μέγιστη τιμή τους $21,2 \text{ }^\circ\text{C}$ και ελάχιστη τιμή τους $18,2 \text{ }^\circ\text{C}$ (διάγραμμα 1).

Πίνακας 2: Επίδραση των επεμβάσεων στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού εκτροφής.

	DO,ppm	DO,%sat	pH	T(°C)	NH ₄ ⁺ +NH ₃ -N, ppm	NH ₃ -N, ppm	NO ₂ -N, ppm
Υπόστρωμα (Υ)							
ΚΥ	7,0±0,02	95±0,2	7,29±0,008	20,2±0,01	0,196±0,0061	0,001±0,0000	0,190±0,0021 b
ΧΥ	7,0±0,02	95±0,3	7,29±0,011	20,2±0,01	0,194±0,0022	0,001±0,0000	0,164±0,0006 a
Παραλλακτικότητα Βάρους (ΠΒ)							
ΕΤ	7,0±0,03	95±0,2	7,29±0,005	20,2±0,01	0,195±0,0015	0,001±0,0000	0,179±0,0065
ΟΜ	7,0±0,02	95±0,3	7,29±0,013	20,2±0,01	0,195±0,0064	0,001±0,0000	0,176±0,0056
Αλληλεπίδραση (ΥxΠΒ)							
ΚΥ-ΟΜ	7,0±0,03	95±0,3	7,30±0,005	20,2±0,01	0,193±0,0007	0,001±0,0000	0,193±0,0023
ΚΥ-ΕΤ	7,0±0,04	95±0,4	7,27±0,013	20,2±0,01	0,199±0,0133	0,001±0,0001	0,188±0,0031
ΧΥ-ΟΜ	7,0±0,02	95±0,3	7,28±0,004	20,2±0,02	0,196±0,0029	0,001±0,0000	0,165±0,0009
ΧΥ-ΕΤ	7,0±0,04	96±0,5	7,30±0,023	20,2±0,01	0,191±0,0027	0,001±0,0000	0,164±0,0010
Επίπεδο σημαντικότητας							
Υ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	***
ΠΒ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ
ΥxΠΒ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

DO: δεσμευμένο οξυγόνο (ppm), **DO, %sat:** κορεσμός σε οξυγόνο, **NH₄⁺+NH₃-N:** ολική αμμωνία (ppm), **NH₃-N:** τοξική αμμωνία (ppm), **NO₂-N:** νιτρώδη ιόντα (ppm), **ΜΣ:** Μη Σημαντικό, *****P<0,001.** Μέσοι όροι για τον ίδιο παράγοντα με κοινό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.



Διάγραμμα 1: Η μέση θερμοκρασία του θαλασσινού νερού για το σύνολο των δεξαμενών κατά την διάρκεια του πειράματος.

3.2 Χαρακτηριστικά ανάπτυξης

Κατά τη διάρκεια του πειράματος δεν διαπιστώθηκε σημαντική επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων στο βάρος των ψαριών (πίνακας 3), ενώ δεν παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις ούτε στις τελικές σωματομετρήσεις (πίνακας 4). Ωστόσο, ο συντελεστής ευρωστίας (CF) παρουσίασε μεγαλύτερες τιμές στις ετερογενείς ομάδες χωρίς υπόστρωμα (XY-ET) συγκριτικά με τις αντίστοιχες ομάδες με υπόστρωμα (KY-ET), ενώ σε κάθε συνθήκη περιβάλλοντος εκτροφής (KY ή XY), οι ετερογενείς ομάδες δεν διέφεραν από τους ομοιογενείς (πίνακας 4).

Πίνακας 3: Επίδραση των επεμβάσεων στο μέσο Ζών βάρος (g) ($\mu.o \pm t.σφ$) ατόμων τσιπούρας που εκτράφηκαν σε δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY) ή χωρίς υπόστρωμα (XY) και σε ομοιογενείς (OM) ή ετερογενείς (ET) ομάδες, κατά τη διάρκεια των 8 εβδομάδων του πειράματος.

Αριθμός ζυγίσματος	1	2	3	4	5
Ημερομηνία ζυγίσματος	19/10/2012	5/11/2012	19/11/2012	3/12/2012	17/12/2012
Ημέρες εκτροφής	0	14	28	42	56
Υπόστρωμα (Y)					
KY	69,0 \pm 3,24	82,6 \pm 3,86	95,0 \pm 4,50	105,6 \pm 4,92	118,9 \pm 5,53
XY	69,4 \pm 3,27	85,7 \pm 4,00	101,0 \pm 4,70	113,2 \pm 5,40	128,4 \pm 6,24
Παραλλακτικότητα Βάρους (ΠΒ)					
ET	68,8 \pm 4,42	84,0 \pm 5,33	98,0 \pm 6,14	110,0 \pm 6,90	124,8 \pm 7,73
OM	69,6 \pm 1,28	84,3 \pm 1,63	98,0 \pm 2,20	108,8 \pm 2,66	122,6 \pm 3,33
Αλληλεπίδραση (YxΠΒ)					
KY-OM	69,7 \pm 1,86	83,2 \pm 2,30	96,0 \pm 3,31	107,1 \pm 4,03	120,8 \pm 4,91
KY-ET	68,3 \pm 6,30	82,0 \pm 7,49	94,2 \pm 8,43	104,2 \pm 9,12	117,1 \pm 10,07
XY-OM	69,4 \pm 1,81	85,5 \pm 2,37	100,1 \pm 2,90	110,6 \pm 3,53	124,4 \pm 4,58
XY-ET	69,3 \pm 6,40	86 \pm 7,80	102,0 \pm 9,08	115,8 \pm 10,32	132,4 \pm 11,7
Επίπεδο σημαντικότητας					
Y	MΣ	MΣ	MΣ	MΣ	MΣ
ΠΒ	MΣ	MΣ	MΣ	MΣ	MΣ
YxΠΒ	MΣ	MΣ	MΣ	MΣ	MΣ

MΣ: Μη Σημαντικό.

Πίνακας 4: Ολικό και σταθερό μήκος (cm) και συντελεστής ευρωστίας ατόμων τσιπούρας που εκτράφηκαν σε δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY) ή χωρίς υπόστρωμα (XY) και σε ομοιογενείς (OM) ή ετερογενείς (ET) ομάδες.

	Αρχικό ολικό μήκος (cm)	Αρχικό σταθερό μήκος (cm)	CF αρχικό	Τελικό ολικό μήκος (cm)	Τελικό σταθερό μήκος (cm)	CF τελικό
Υπόστρωμα (Y)						
KY	16,1±0,25	13,7±0,22	1,62±0,020	18,0±0,25	15,9±0,22	1,97±0,026
XY	16,1±0,25	13,6±0,22	1,62±0,014	18,4±0,26	16,1±0,24	2,02±0,020
Παραλλακτικότητα Βάρους (ΠΒ)						
ET	16,0±0,34	13,5±0,30	1,60±0,018	18,2±0,34	16,0±0,30	1,99±0,024
OM	16,2±0,10	13,8±0,09	1,63±0,015	18,3±0,13	16,0±0,13	2,00±0,024
Αλληλεπίδραση (YxΠΒ)						
KY-OM	16,2±0,15	13,8±0,12	1,65±0,025	18,1±0,17	15,9±0,16	2,01±0,040 ab
KY-ET	16,0±0,49	13,5±0,43	1,59±0,029	18,0±0,48	15,9±0,43	1,92±0,031 a
XY-OM	16,2±0,15	13,8±0,12	1,62±0,019	18,4±0,20	16,1±0,21	1,98±0,027 ab
XY-ET	15,9±0,49	13,4±0,43	1,62±0,023	18,3±0,49	16,1±0,44	2,07±0,025 b
Επίπεδο σημαντικότητας						
Y	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ
ΠΒ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ
YxΠΒ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	*

ΜΣ: Μη Σημαντικό, *P<0,05. Μέσοι όροι για τον ίδιο παράγοντα με κοινό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Κατά το δεύτερο 15ήμερο εκτροφής (5-11-12 έως 19-11-12), καθώς και στο σύνολο της πειραματικής περιόδου (ημέρες 0-56) τα ψάρια των δεξαμενών χωρίς υπόστρωμα (XY) παρουσίασαν μεγαλύτερες τιμές ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR) από τα ψάρια στις δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY) (πίνακας 5). Η παραλλακτικότητα του βάρους δεν επηρέασε τον SGR.

Πίνακας 5: Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) ατόμων τσιπούρας που εκτράφηκαν σε δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY) ή χωρίς υπόστρωμα (XY) και σε ομοιογενείς (OM) ή ετερογενείς (ET) ομάδες.

	SGR ₁₂	SGR ₂₃	SGR ₃₄	SGR ₄₅	SGR ₁₅
Ημέρες εκτροφής	14	14	14	14	56
Υπόστρωμα (Y)					
KY	1,13±0,074	1,03±0,064 a	0,76±0,045	0,85±0,033	0,94±0,041 a
XY	1,33±0,069	1,28±0,053 b	0,81±0,059	0,89±0,048	1,06±0,049 b
Παραλλακτικότητα Βάρους (ΠΒ)					
ET	1,26±0,078	1,17±0,071	0,83±0,052	0,91±0,039	1,04±0,047
OM	1,20±0,069	1,14±0,052	0,74±0,051	0,83±0,042	0,96±0,045
Αλληλεπίδραση (YxM)					
KY-OM	1,10±0,115	1,05±0,085	0,77±0,071	0,84±0,055	0,93±0,069
KY-ET	1,16±0,098	1,02±0,097	0,75±0,055	0,85±0,037	0,95±0,047
XY-OM	1,30±0,072	1,22±0,057	0,70±0,074	0,82±0,065	1,00±0,058
XY-ET	1,36±0,120	1,35±0,088	0,91±0,087	0,96±0,068	1,13±0,077
Επίπεδο σημαντικότητας					
Y	ΜΣ	**	ΜΣ	ΜΣ	*
M	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ
YxM	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

ΜΣ: Μη Σημαντικό, *P<0,05, **P<0,01. Μέσοι όροι για τον ίδιο παράγοντα με κοινό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. 1-5: αριθμός ζυγίσματος (βλ. πίνακα 3).

Τα ίδια παρατηρήθηκαν και για την εκατοστιαία αύξηση του βάρους (WG) για το σύνολο της πειραματικής περιόδου (ημέρες 0-56) καθώς και κατά το δεύτερο 15ήμερο εκτροφής (πίνακας 6).

Πίνακας 6: Εκατοστιαία αύξηση του ζώντος βάρους (WG) ατόμων τσιπούρας που εκτράφηκαν σε δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY) ή χωρίς υπόστρωμα (XY) και σε ομοιογενείς (OM) ή ετερογενείς (ET) ομάδες.

	WG ₁₂	WG ₂₃	WG ₃₄	WG ₄₅	WG ₁₅
Υπόστρωμα (Y)					
KY	20,1±1,43	15,3±1,13 a	11,3±0,69	12,6±0,51	74,3±4,16 a
XY	24,0±1,39	18,1±1,14 b	12,1±0,91	13,4±0,75	87,5±5,17 b
Παραλλακτικότητα Βάρους (ΠΒ)					
ET	22,7±1,55	17,2±1,23	12,4±0,82	13,6±0,62	84,9±5,12
OM	21,4±1,32	16,1±1,08	11,0±0,78	12,4±0,65	77,0±4,41
Αλληλεπίδραση (YxΠΒ)					
KY-OM	19,7±2,21	15,0±1,66	11,5±1,10	12,6±0,86	74,1±6,86
KY-ET	20,6±1,87	15,5±1,59	11,1±0,86	12,7±0,58	74,6±4,91
XY-OM	23,2±1,40	17,2±1,37	10,5±1,13	12,2±1,01	79,8±5,65
XY-ET	24,8±2,42	19,0±1,83	13,7±1,36	14,5±1,08	95,2±8,44
Επίπεδο σημαντικότητας					
Y	ΜΣ	*	ΜΣ	ΜΣ	*
ΠΒ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ
YxΠΒ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

ΜΣ: Μη Σημαντικό, *P<0,05. Μέσοι όροι για τον ίδιο παράγοντα με κοινό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. 1-5: αριθμός ζυγίσματος (βλ. πίνακα 3).

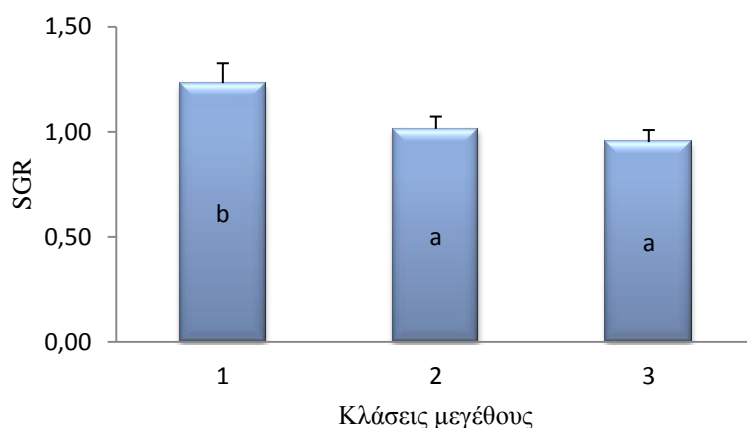
Κατά τη διάρκεια του πειράματος, η παραλλακτικότητα του βάρους παρέμεινε πάντα μεγαλύτερη στις ετερογενείς ομάδες, ενώ δεν επηρεάστηκε από την παρουσία ή όχι κυανού υποστρώματος (πίνακας 7). Αξίζει ωστόσο να σημειωθεί ότι η μεταβολή της παραλλακτικότητας του βάρους κατά τις 56 ημέρες εκτροφής (Δ_{CV}) ήταν θετική (δηλ. αυξήθηκε) για τις ομοιογενείς ομάδες και αρνητική (δηλ. μειώθηκε) για τις ετερογενείς (πίνακας 7). Τονίζεται επίσης ότι, στις ετερογενείς ομάδες τα άτομα της μικρής κλάσης βάρους (1,2) παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερο ειδικό ρυθμό ανάπτυξης συγκριτικά με εκείνα της μεσαίας (1) και μεγάλης κλάσης βάρους (0,95) (Διάγραμμα 2).

Η παραλλακτικότητα του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης (SGR) δεν επηρεάστηκε από τις πειραματικές επεμβάσεις (τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζονται).

Πίνακας 7: Συντελεστής Παραλλακτικότητας του βάρους (CV) και η μεταβολή της παραλλακτικότητας του βάρους (Δ_{CV}) στο σύνολο της πειραματικής περιόδου, ατόμων τσιπούρας που εκτράφηκαν σε δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY) ή χωρίς υπόστρωμα (XY) και σε ομοιογενείς (OM) ή ετερογενείς (ET) ομάδες.

CV	CV ₁	CV ₂	CV ₃	CV ₄	CV ₅	Δ_{CV}
Υπόστρωμα (Y)						
KY	26,8±6,65	26,2±6,68	26,9±5,87	27,0±5,57	27,5±5,14	17,5±17,56
XY	26,6±6,79	26,3±6,46	25,8±6,36	26,3±6,23	27,1±5,86	15,8±16,08
Παραλλακτικότητα Βάρους (ΠΒ)						
ET	41,6±0,38 b	40,7±1,24 b	39,5±2,20 b	38,9±2,80 b	38,5±2,80 b	-7,5±6,75 a
OM	11,7±0,76 a	11,7±0,80 a	13,2±1,17 a	14,4±1,42 a	16,2±1,76 a	40,8±16,97 b
Αλληλεπίδραση (YxΠΒ)						
KY-OM	11,9±0,67	11,3±0,75	14,0±0,95	15,1±1,68	16,6±2,47	42,8±29,30
KY-ET	41,6±0,63	41,1±0,58	39,8±2,15	39,0±3,01	38,4±2,78	-7,7±6,72
XY-OM	11,5±1,54	12,2±1,55	12,5±2,31	13,8±2,63	15,7±3,02	38,9±24,04
XY-ET	41,7±0,58	40,4±2,70	39,1±4,41	38,9±5,48	38,6±5,61	-7,3±13,52
Επίπεδο σημαντικότητας						
Y	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ
ΠΒ	***	***	***	***	***	*
YxΠΒ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

Δ_{CV} : $(CV_5 - CV_1 / CV_1) \times 100$, ΜΣ: Μη Σημαντικό, * $P < 0,05$, *** $P < 0,001$. Μέσοι όροι για τον ίδιο παράγοντα με κοινό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. 1-5: αριθμός ζυγίσματος (βλ. πίνακα 3).



Διάγραμμα 2: Ολικός ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR_{15}) των τριών κλάσεων μεγέθους των ετερογενών ομάδων. Στήλες με διαφορετικά γράμματα για την ίδια επέμβαση διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Στο σύνολο της πειραματικής περιόδου ο FCR παρουσίασε χαμηλότερες τιμές για τα ψάρια των δεξαμενών χωρίς υπόστρωμα (XY) συγκριτικά με τα ψάρια των δεξαμενών με κυανό υπόστρωμα (KY). Η παραλλακτικότητα του βάρους δεν επηρέασε τον FCR (πίνακας 8).

Πίνακας 8: Συντελεστής εκμετάλλευσης της τροφής (FCR) ατόμων τσιπούρας που εκτράφηκαν σε δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY) ή χωρίς υπόστρωμα (XY) και σε ομοιογενείς (OM) ή ετερογενείς (ET) ομάδες.

	FCR ₁₂	FCR ₂₃	FCR ₃₄	FCR ₄₅	FCR ₁₅
Υπόστρωμα (Y)					
KY	2,21±0,185	2,05±0,157	2,26±0,143	1,74±0,036	2,03±0,072 b
XY	1,80±0,058	1,71±0,079	2,10±0,134	1,67±0,094	1,79±0,070 a
Παραλλακτικότητα Βάρους (ΠΒ)					
ET	1,96±0,127	1,87±0,178	2,07±0,160	1,66±0,069	1,86±0,091
OM	2,06±0,194	1,88±0,106	2,28±0,104	1,74±0,072	1,96±0,079
Αλληλεπίδραση (Yx ΠΒ)					
KY-OM	2,29±0,360	2,01±0,183	2,19±0,193	1,69±0,044	2,02±0,143
KY-ET	2,14±0,193	2,09±0,296	2,32±0,247	1,78±0,049	2,04±0,073
XY-OM	1,84±0,087	1,76±0,085	2,37±0,097	1,80±0,145	1,90±0,086
XY-ET	1,77±0,091	1,65±0,145	1,83±0,076	1,54±0,083	1,69±0,072
Επίπεδο σημαντικότητας					
Y	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	*
ΠΒ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ
YxΠΒ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ	ΜΣ

ΜΣ: Μη Σημαντικό, * $P<0,05$. Μέσοι όροι για τον ίδιο παράγοντα με κοινό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. 1-5: αριθμός ζυγίσματος (βλ. πίνακα 3).

3.3. Συμπεριφορά ψαριών

3.3.1 Κοινωνική θέση

Από την καταγραφή των επιθετικών συμπλοκών που πραγματοποίησε κάθε άτομο ανά δεξαμενή και τον υπολογισμό του δείκτη κυριαρχίας (DI) ήταν δυνατή, με σαφή τρόπο, η κατάταξη των ψαριών κάθε δεξαμενής σε συγκεκριμένη κοινωνική θέση (πίνακας 9).

Όπως φαίνεται στον πίνακα 9, στην επέμβαση KY-OM, σε μια από τις τρεις επαναληπτικές δεξαμενές (Z11) παρουσιάστηκε εξαιρετικά μεγάλη επιθετικότητα από ένα (1) άτομο (ΚΘ1, αρχικό βάρος 60,4 g, τελικό βάρος 78 g). Γι' αυτό το λόγο η δεξαμενή αυτή δεν συμπεριλήφθηκε στην ανάλυση των αποτελεσμάτων από την ατομική συμπεριφορά (συσχετίσεις με την κοινωνική θέση κ.α.) και παρουσιάζεται ξεχωριστά ως ιδιαίτερη περίπτωση.

Πίνακας 9: Η κοινωνική θέση, ο αριθμός των επιθέσεων που έκανε (Ag^+) ή δέχτηκε (Ag^-) ένα άτομο και ο δείκτης κυριαρχίας (DI) των ατόμων τσιπούρας για κάθε δεξαμενή για το σύνολο της πειραματικής περιόδου.

Κοινωνική θέση	KY-OM	Z7	Z9	Z11	Κοινωνική θέση	KY-ET	A2	A7	Z10
1	Ag^+ / Ag^- DI	27/8 0,77	3/0 1,00	298/25 0,92	1	Ag^+ / Ag^- DI	1/0 1,00	15/3 0,83	1/0 1,00
2	Ag^+ / Ag^- DI	21/11 0,66	10/2 0,83	8/26 0,33	2	Ag^+ / Ag^- DI	19/1 0,95	1/1 0,50	1/0 1,00
3	Ag^+ / Ag^- DI	7/5 0,58	3/2 0,60	43/121 0,26	3	Ag^+ / Ag^- DI	3/11 0,21	2/4 0,33	3/1 0,75
4	Ag^+ / Ag^- DI	9/14 0,39	2/3 0,40	1/5 0,17	4	Ag^+ / Ag^- DI	0/1 0,00	1/4 0,20	1/1 0,50
5	Ag^+ / Ag^- DI	7/19 0,27	0/5 0,00	2/17 0,11	5	Ag^+ / Ag^- DI	0/2 0,00	2/9 0,18	0/1 0,00
6	Ag^+ / Ag^- DI	7/21 0,25	0/6 0,00	2/160 0,01	6	Ag^+ / Ag^- DI	0/8 0,00	0/0 0,00	0/3 0,00

Κοινωνική θέση	XY-OM	A4	A6	Z5	Κοινωνική θέση	XY-ET	A3	A8	Z6
1	Ag^+ / Ag^- DI	10/1 0,91	12/3 0,80	15/9 0,63	1	Ag^+ / Ag^- DI	43/7 0,86	33/4 0,89	18/9 0,67
2	Ag^+ / Ag^- DI	25/7 0,78	5/4 0,56	17/13 0,57	2	Ag^+ / Ag^- DI	11/11 0,50	18/3 0,86	16/11 0,59
3	Ag^+ / Ag^- DI	18/16 0,53	4/4 0,50	3/5 0,38	3	Ag^+ / Ag^- DI	7/9 0,44	4/17 0,19	4/4 0,50
4	Ag^+ / Ag^- DI	5/5 0,50	3/5 0,38	2/5 0,29	4	Ag^+ / Ag^- DI	3/14 0,18	1/6 0,14	10/11 0,48
5	Ag^+ / Ag^- DI	3/21 0,13	0/3 0,00	1/3 0,25	5	Ag^+ / Ag^- DI	1/11 0,08	2/18 0,10	2/9 0,18
6	Ag^+ / Ag^- DI	1/12 0,08	0/5 0,00	0/3 0,00	6	Ag^+ / Ag^- DI	1/14 0,07	0/10 0,00	0/6 0,00

DI= Dominance Index (δείκτης κυριαρχίας) = $Ag^+ / (Ag^+ + Ag^-)$

3.3.2 Μεταξύ των γευμάτων

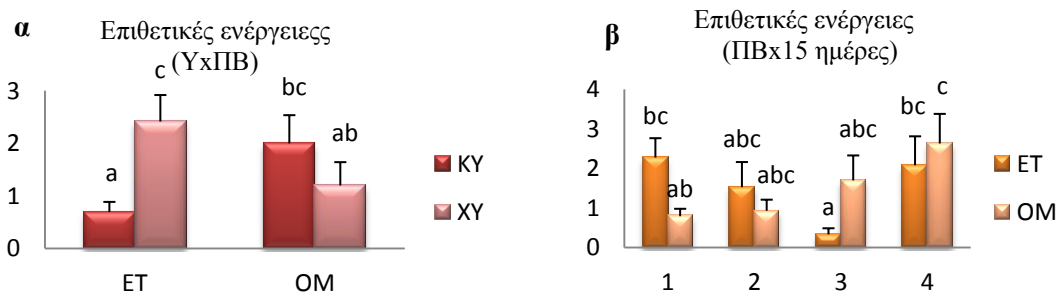
Στις ετερογενείς ομάδες ο αριθμός των επιθετικών ενεργειών, ήταν μεγαλύτερος στις δεξαμενές χωρίς υπόστρωμα (XY-ET), συγκριτικά με τις δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY-ET), ενώ στις ομοιογενείς ομάδες η επιθετικότητα δεν διαφοροποιήθηκε από την παρουσία ή όχι υποστρώματος (πίνακας 10 και διάγραμμα 3α). Επίσης οι ομοιογενείς ομάδες εμφάνισαν μια σταδιακή αύξηση των επιθετικών ενεργειών με τον χρόνο, ενώ οι ετερογενείς ομάδες εμφάνισαν μια μείωση και μία απότομη αύξηση το 4^ο δεκαπενθήμερο (διάγραμμα 3β).

Τα ψάρια που έκαναν επίθεση, ακριβώς πριν από την επίθεση είχαν σηκωμένο το ραχιαίο πτερύγιο και σκουρότερο χρωματισμό στο σώμα τους (έντονες ραβδώσεις). Τα ψάρια που δέχονταν μια επίθεση αύξαναν την ταχύτητα κολύμβησης στην προσπάθειά τους να ξεφύγουν-απομακρυνθούν από τα επιθετικά ψάρια. Δεν παρατηρήθηκαν ψάρια με πληγές ή βλάβες στο σώμα και στα πτερύγια.

Πίνακας 10: Μέση τιμή επιθετικών ενεργειών (αριθμός/9 min), απασχόλησης με τον πυθμένα (αριθμός επαφών/9 min) και προσέγγισης στον πυθμένα (αριθμός ατόμων % του συνόλου) ατόμων τσιπούρας σε σχέση με κάθε επέμβαση στο σύνολο της πειραματικής περιόδου (56 ημέρες).

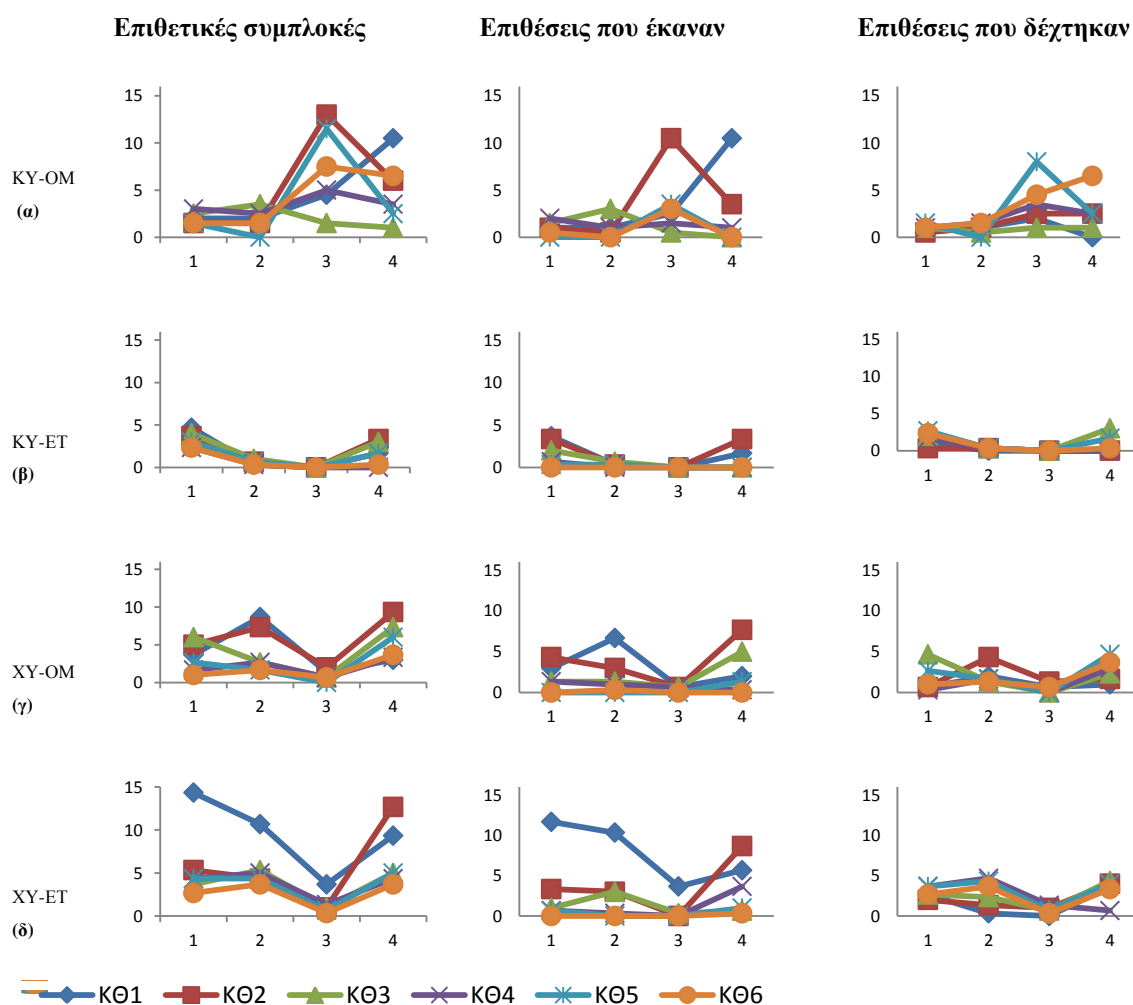
	Επιθετικές ενέργειες	Απασχόληση με τον πυθμένα	Προσέγγιση στον πυθμένα
Υπόστρωμα (Υ)			
KY	1,2±0,25	22,0±2,57 b	68,1±1,27 b
XY	1,8±0,29	11,3±0,99 a	54,6±1,22 a
Παραλλακτικότητα Βάρους (ΠΒ)			
ET	1,6±0,28	9,8±1,04 a	59,3±1,21 a
OM	1,5±0,27	23,5±2,49 b	63,4±1,49 b
15 ημέρες			
1	1,6±0,30	19,0±3,59	62,0±2,04 b
2	1,3±0,37	11,0±1,57	55,7±1,93 a
3	1,0±0,31	17,5±2,63	59,9±1,89 ab
4	2,3±0,52	19,1±3,02	67,8±1,59 c
Αλληλεπίδραση (ΥxΠΒ)			
KY-OM	2,0±0,54 bc	34,1±4,39 b	74,0±1,71 c
KY-ET	0,7±0,19 a	9,9±1,77 a	62,3±1,60 b
XY-OM	1,2±0,26 ab	12,9±1,61 a	52,9±1,68 a
XY-ET	2,4±0,50 c	9,7±1,12 a	56,3±1,76 a
Επίπεδο σημαντικότητας			
Υ	ΜΣ	***	***
ΠΒ	ΜΣ	***	*
15 ημέρες	ΜΣ	ΜΣ	***
ΥxΠΒ	***	***	***
Υx15ημέρες	ΜΣ	**	ΜΣ
ΠΒx15ημέρες	*	ΜΣ	ΜΣ

ΜΣ: Μη Σημαντικό, *P<0,05, **P<0,01, *P<0,001. Μέσοι όροι για τον ίδιο παράγοντα με κοινό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.**



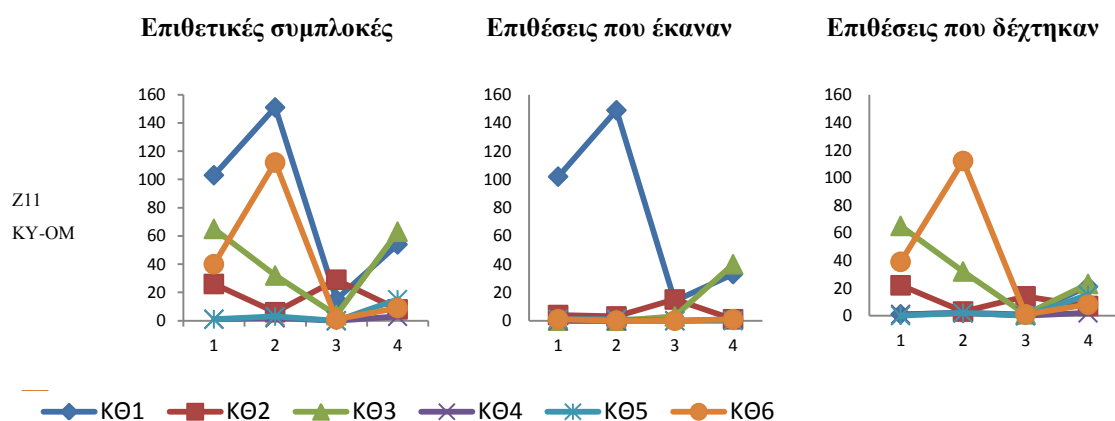
Διάγραμμα 3: α: Η αλληλεπίδραση του υποστρώματος με την παραλλακτικότητα του βάρους όσον αφορά στις επιθετικές ενέργειες, β: Η αλληλεπίδραση της παραλλακτικότητας του βάρους με τον χρόνο όσον αφορά στις επιθετικές ενέργειες. Στήλες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Στο διάγραμμα 4 παρουσιάζεται η ιδιαίτερη συμπεριφορά των ατόμων κάθε κοινωνικής θέσης εντός της εκάστοτε πειραματικής επέμβασης κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.



Διάγραμμα 4: Επιθετικές συμπλοκές (το σύνολο των επιθέσεων που έκαναν + δέχτηκαν), επιθέσεις που έκαναν, επιθέσεις που δέχτηκαν άτομα τσιπούρας των 6 κοινωνικών θέσεων (ΚΘ) που εκτράφηκαν σε δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (ΚΥ) ή χωρίς υπόστρωμα (ΧΥ) και σε ομοιογενείς (ΟΜ) ή ετερογενείς (ΕΤ) ομάδες κατά τη διάρκεια των τεσσάρων δεκαπενθημέρων.

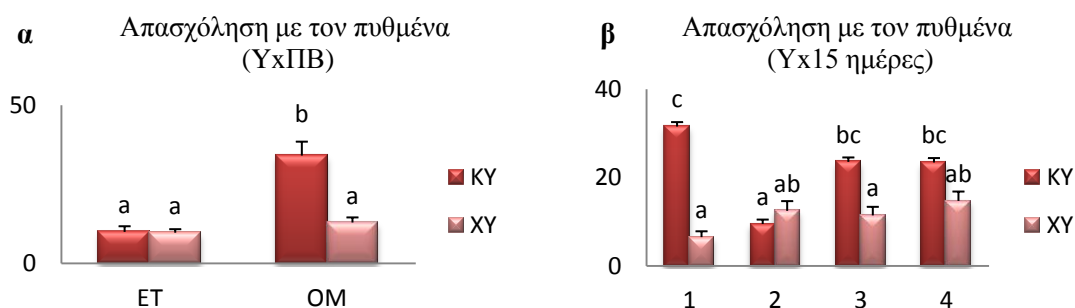
Στο διάγραμμα 5 παρουσιάζεται η ιδιαίτερη περίπτωση της δεξαμενής Z11 (KY-OM) όπως έχει εμφανιστεί στον πίνακα 9.



Διάγραμμα 5: Επιθετικές συμπλοκές (το σύνολο των επιθέσεων που έκαναν + δέχτηκαν), επιθέσεις που έκαναν, επιθέσεις που δέχτηκαν άτομα τσιπούρας των 6 κοινωνικών θέσεων (ΚΘ) που εκτράφηκαν στη δεξαμενή Z11 κατά τη διάρκεια των τεσσάρων δεκαπενθημέρων.

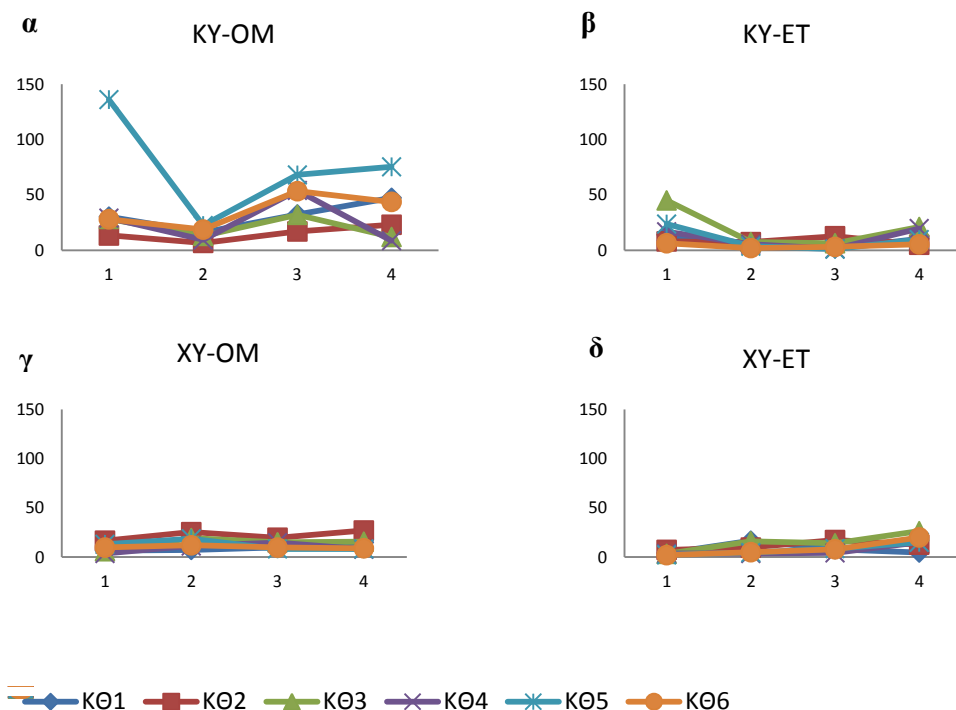
Παρατηρήθηκε πως τα ψάρια απασχολούνται με τον πυθμένα στις δεξαμενές με υπόστρωμα αλλά και στις δεξαμενές χωρίς υπόστρωμα. Η χαρακτηριστική κίνηση των ψαριών ήταν πως ‘τσιμπούσαν’ τον πυθμένα. Στις δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY) τα ψάρια πλησίαζαν τον πυθμένα, έπιαναν ένα χαλίκι στο στόμα τους και στη συνέχεια το πετούσαν ή σπάνια το κατάπιναν. Ωστόσο, η ίδια κίνηση παρατηρήθηκε και στις δεξαμενές μάρτυρες παρά την απουσία υποστρώματος. Ο αριθμός αυτών των επαφών με τον πυθμένα ήταν σημαντικά μεγαλύτερος στις ομοιογενείς ομάδες και στις δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY-OM) (πίνακας 10 και διάγραμμα 6α).

Στις δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY) ο αριθμός των επαφών με τον πυθμένα ήταν σημαντικά μεγαλύτερος κατά τη διάρκεια του 1^{ου} δεκαπενθήμερου παρατήρησης (31). Το 2^ο δεκαπενθήμερο στις δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα, παρατηρήθηκε μια απότομη μείωση του αριθμού αυτού (9,5), που όμως αυξήθηκε ξανά το 3^ο (23,5) και το 4^ο (23,4) δεκαπενθήμερο παρατήρησης (χωρίς να φτάσει τα επίπεδα του 1^{ου} δεκαπενθήμερου). Στις δεξαμενές χωρίς υπόστρωμα (XY) ο αριθμός των επαφών με τον πυθμένα ήταν παρόμοιος κατά την διάρκεια της πειραματικής περιόδου (διάγραμμα 6β).



Διάγραμμα 6: α: Η αλληλεπίδραση του υποστρώματος με την παραλλακτικότητα του βάρους όσον αφορά στην απασχόληση με τον πυθμένα, β: Η αλληλεπίδραση του υποστρώματος με τον χρόνο όσον αφορά στην απασχόληση με τον πυθμένα. Στήλες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

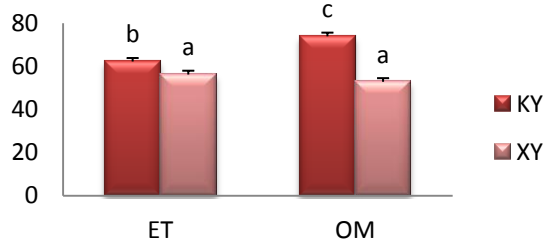
Στο διάγραμμα 7 παρουσιάζεται η ιδιαίτερη συμπεριφορά των ατόμων κάθε κοινωνικής θέσης εντός της εκάστοτε πειραματικής επέμβασης, όσον αφορά στην απασχόλησή τους με τον πυθμένα.



Διάγραμμα 7: Απασχόληση με τον πυθμένα ατόμων τσιπούρας των 6 κοινωνικών θέσεων (ΚΘ) που εκτράφηκαν σε δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY) ή χωρίς υπόστρωμα (XY) και σε ομοιογενείς (OM) ή ετερογενείς (ET) ομάδες κατά τη διάρκεια των τεσσάρων δεκαπενθήμερων.

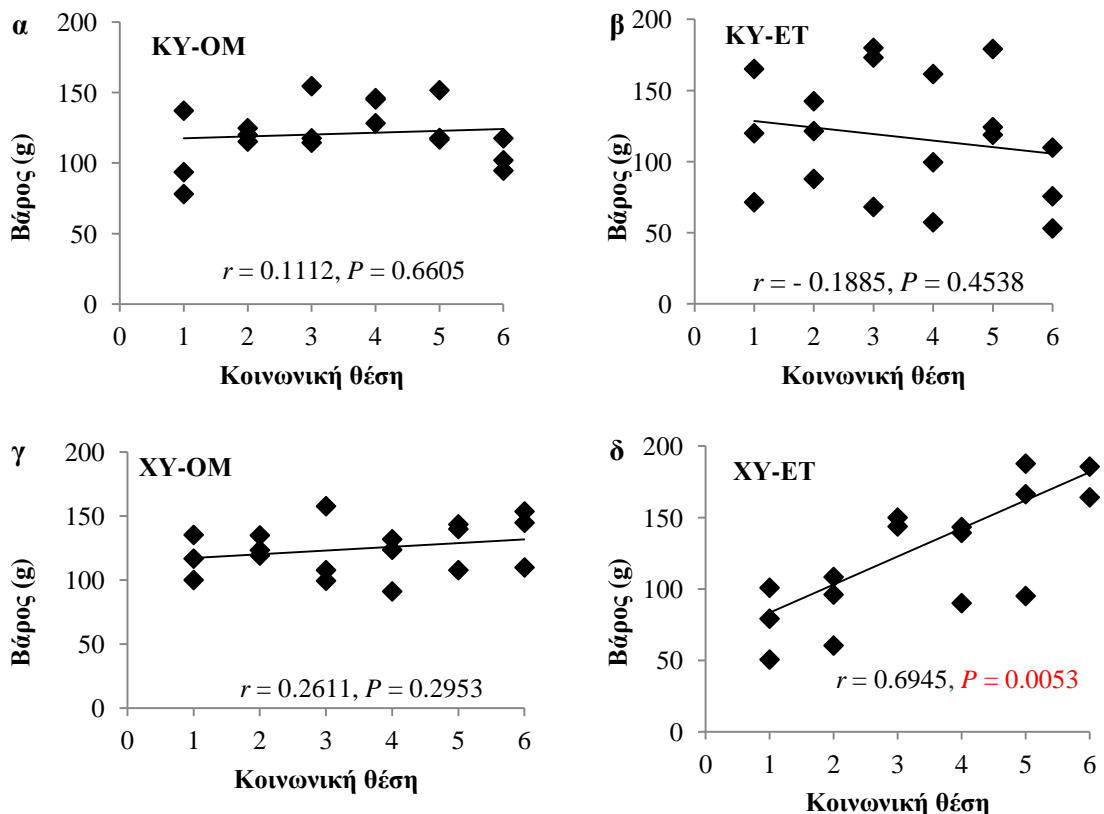
Όσον αφορά στην προσέγγιση των ψαριών στον πυθμένα, οι ομάδες με κυανό υπόστρωμα (KY) κολυπούσαν πιο κοντά στον πυθμένα (≈ 68) συγκριτικά με τις ομάδες χωρίς υπόστρωμα (XY) (≈ 54). Ωστόσο η εγγύτητα αυτή ήταν εντονότερη στις ομοιογενείς ομάδες (KY-OM) (πίνακας 10 και διάγραμμα 8). Η προσέγγιση των ψαριών στον πυθμένα διαφοροποιήθηκε και με τον χρόνο. Το 4^ο δεκαπενθήμερο παρατηρήθηκε μεγαλύτερο ποσοστό ψαριών που κολυπούσαν κοντά στον πυθμένα ανεξαρτήτως παραλλακτικότητας του βάρους ή παρουσίας υποστρώματος.

Προσέγγιση στον πυθμένα
(YxΠB)



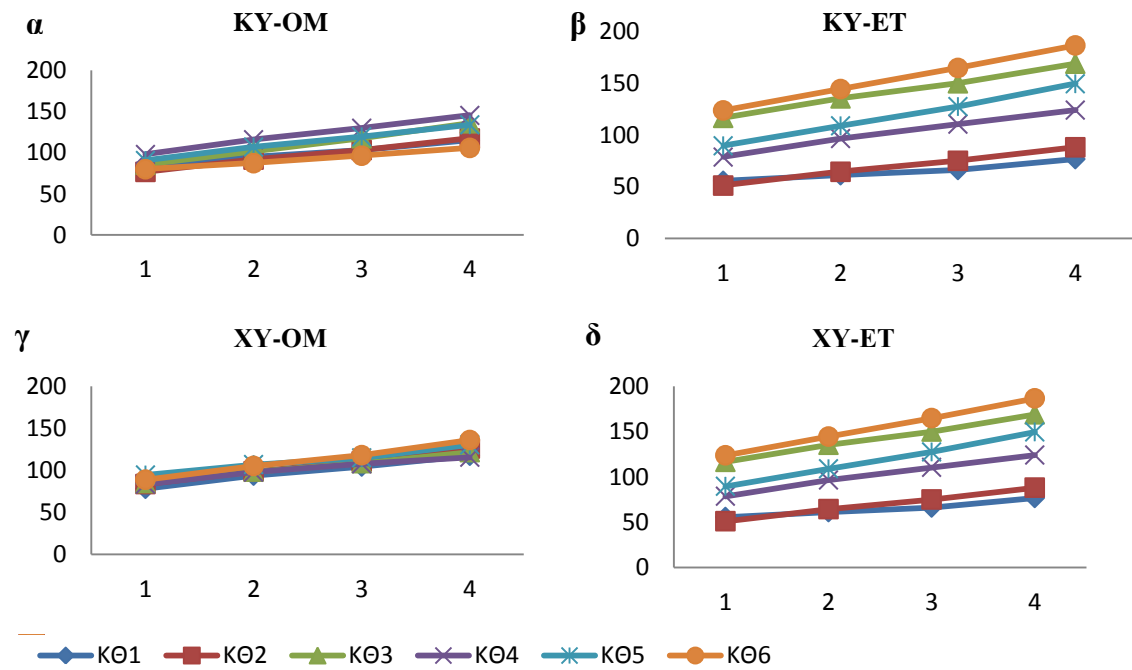
Διάγραμμα 8: Η αλληλεπίδραση του υποστρώματος με την παραλλακτικότητα του βάρους όσον αφορά στην προσέγγιση στον πυθμένα. Στήλες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Η κοινωνική θέση (social rank) των ψαριών παρουσίασε σημαντική θετική συσχέτιση με το τελικό βάρος μόνο στις ετερογενείς ομάδες των δεξαμενών χωρίς υπόστρωμα (XY-ET, διάγραμμα 9δ). Η συσχέτιση αυτή δηλώνει ότι τα κυρίαρχα άτομα ήταν αυτά με το μικρότερο βάρος. Στην περίπτωση του ειδικού ρυθμού ανάπτυξης για το σύνολο της πειραματικής περιόδου (SGR₁₅) δεν διαπιστώθηκαν σημαντικοί συντελεστές συσχέτισης για καμία από τις επεμβάσεις.



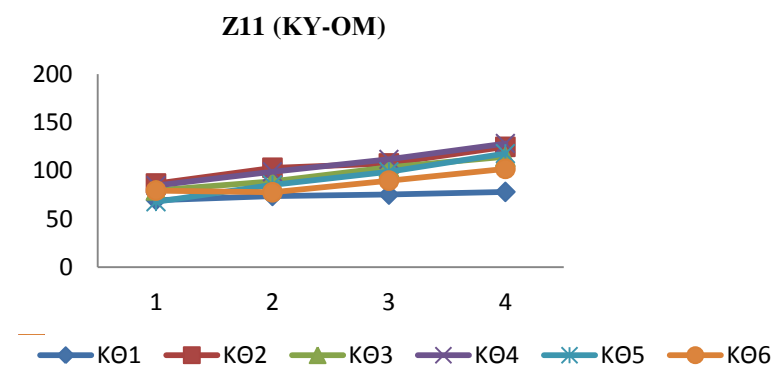
Διάγραμμα 9: Συσχέτιση Pearson της κοινωνικής θέσης με το τελικό βάρος ατόμων τσιπούρας που εκτράφηκαν σε δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY) ή χωρίς υπόστρωμα (XY) και σε ομοιογενείς (OM) ή ετερογενείς (ET) ομάδες κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

Στο διάγραμμα 10 παρουσιάζεται το βάρος των ατόμων κάθε κοινωνικής θέσης εντός της εκάστοτε πειραματικής επέμβασης κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.



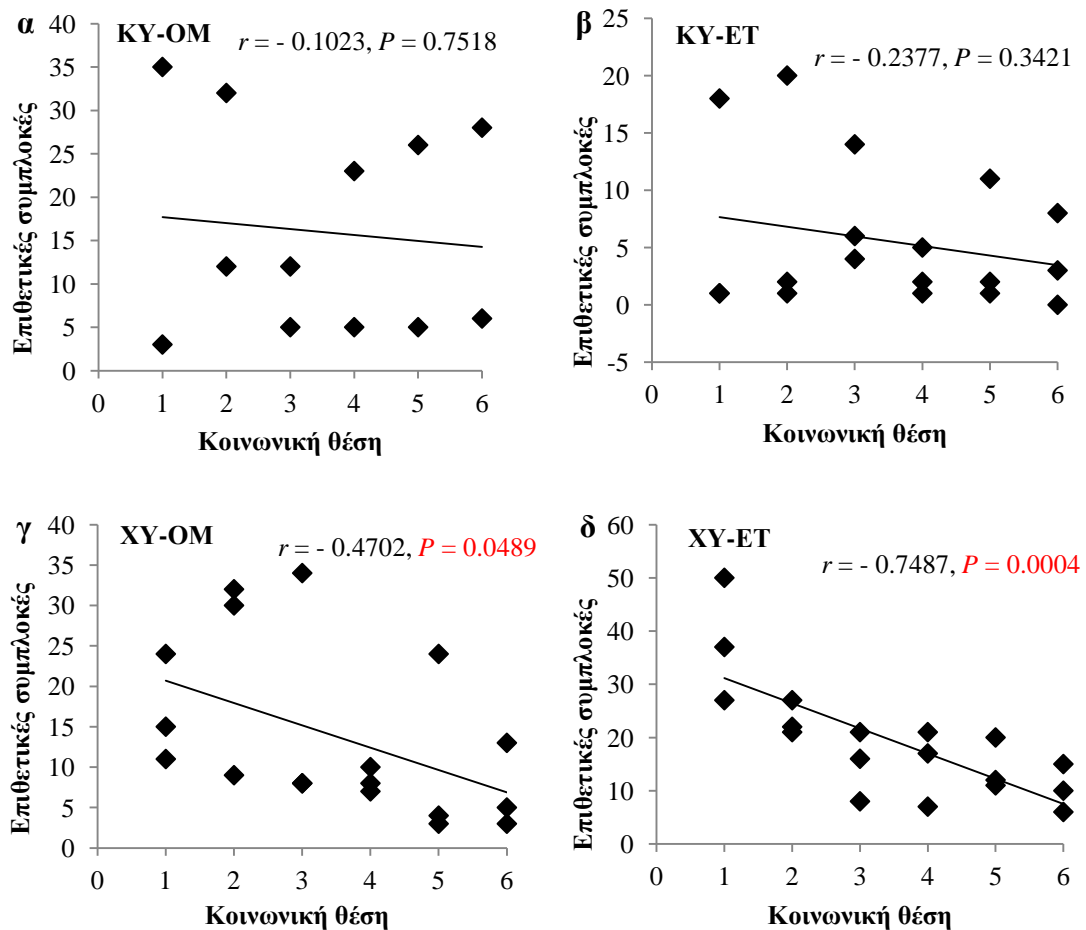
Διάγραμμα 10: Βάρος ατόμων τσιπούρας των 6 κοινωνικών θέσεων (ΚΘ) που εκτράφηκαν σε δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY) ή χωρίς υπόστρωμα (XY) και σε ομοιογενείς (OM) ή ετερογενείς (ET) ομάδες κατά τη διάρκεια των τεσσάρων δεκαπενθήμερων.

Στο διάγραμμα 11 παρουσιάζεται η ιδιαίτερη περίπτωση της δεξαμενής Z11 (KY-OM).



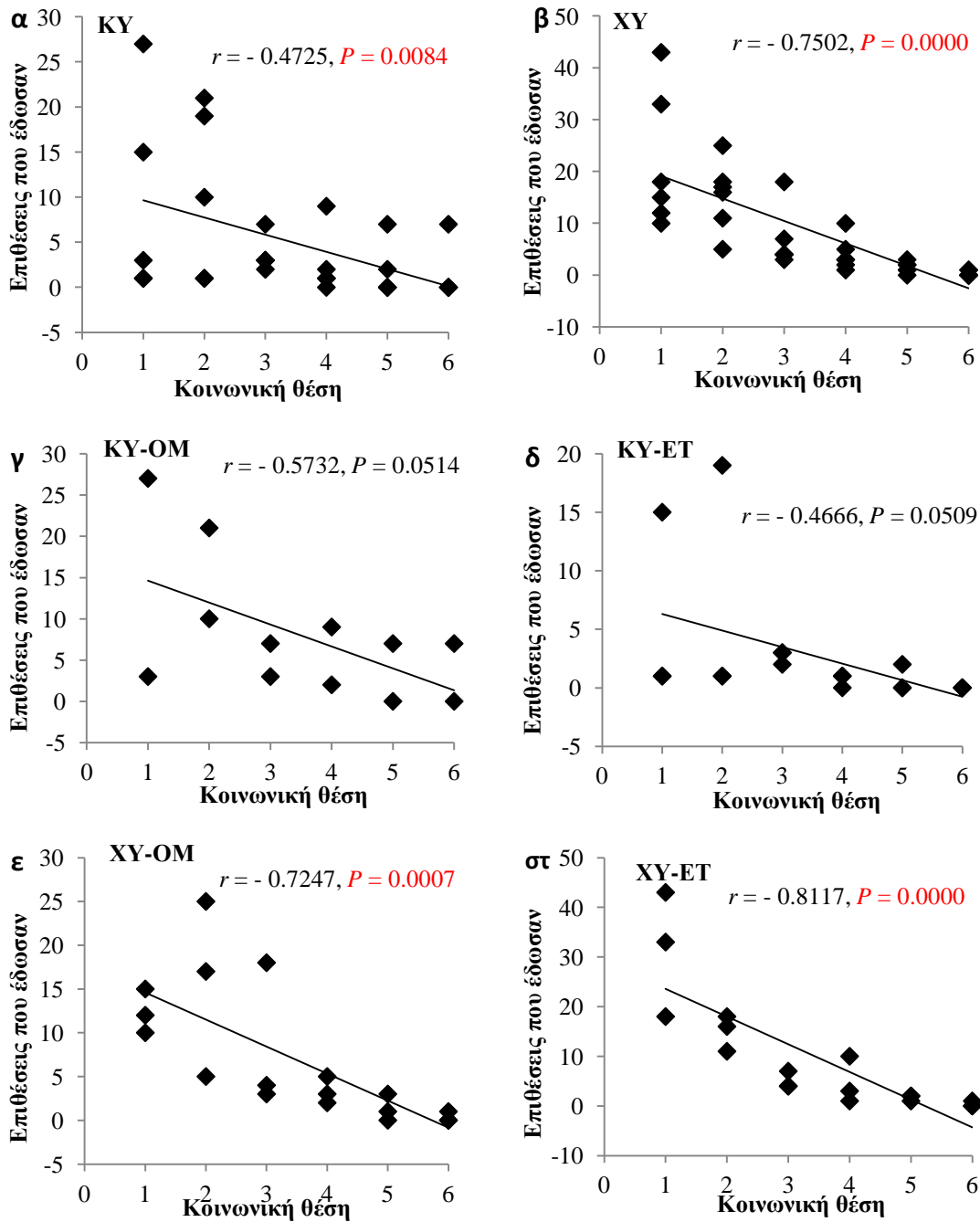
Διάγραμμα 11: Βάρος ατόμων τσιπούρας των 6 κοινωνικών θέσεων (ΚΘ) που εκτράφηκαν στη δεξαμενή Z11 κατά τη διάρκεια των τεσσάρων δεκαπενθήμερων.

Στις επεμβάσεις XY-OM και XY-ET οι επιθετικές συμπλοκές παρουσίασαν αρνητική συσχέτιση με την κοινωνική θέση των ψαριών, δηλαδή τα άτομα χαμηλής κοινωνικής θέσης (υποτελή) εμπλέκονται σε λιγότερες επιθετικές ενέργειες (διάγραμμα 12γ, δ). Τέτοια σχέση δεν παρατηρήθηκε τόσο στις ετερογενείς όσο και στις ομοιογενείς ομάδες των δεξαμενών με κυανό υπόστρωμα (διάγραμμα 12α, β).

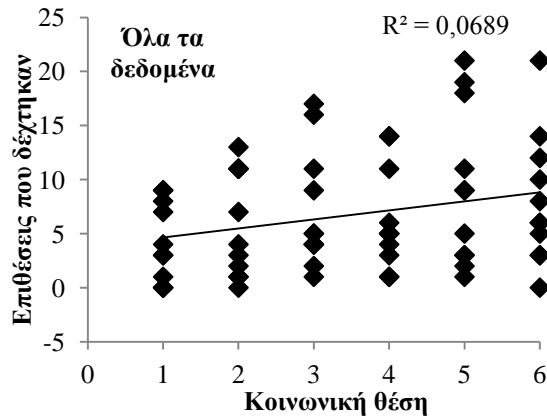


Διάγραμμα 12: Συσχέτιση Pearson μεταξύ των επιθετικών συμπλοκών και της κοινωνικής θέσης ατόμων τσιπούρας που εκτράφηκαν σε δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY) ή χωρίς υπόστρωμα (XY) και σε ομοιογενείς (OM) ή ετερογενείς (ET) ομάδες κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

Τα άτομα υψηλότερων κοινωνικών θέσεων (κυρίαρχα) ήταν εκείνα που έκαναν τις περισσότερες επιθέσεις, ανεξάρτητα της παρουσίας υποστρώματος (διάγραμμα 13α, β). Ωστόσο, αυτή η συμπεριφορά ήταν εντονότερη στις δεξαμενές χωρίς υπόστρωμα (XY) (διάγραμμα 13ε, στ). Η κοινωνική θέση (social rank) των ψαριών παρουσίασε σημαντική θετική συσχέτιση με τις επιθέσεις που δέχτηκαν τα άτομα τσιπούρας στο σύνολο των επεμβάσεων (διάγραμμα 14). Η συσχέτιση αυτή δηλώνει ότι τα υποτελή άτομα ήταν εκείνα που δέχτηκαν τις περισσότερες επιθέσεις ανεξαρτήτως της παραλλακτικότητας του βάρους ή της παρουσίας υποστρώματος.



Διάγραμμα 13: Συσχέτιση Pearson μεταξύ των επιθέσεων που έκαναν και της κοινωνικής θέσης ατόμων τσιπούρας που εκτράφηκαν σε δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY) ή χωρίς υπόστρωμα (XY) και σε ομοιογενείς (OM) ή ετερογενείς (ET) ομάδες κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.



Διάγραμμα 14: Συσχέτιση Pearson μεταξύ των επιθέσεων που έλαβαν και της κοινωνικής θέσης ατόμων τσιπούρας που εκτράφηκαν σε δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY) ή χωρίς υπόστρωμα (XY) και σε ομοιογενείς (OM) ή ετερογενείς (ET) ομάδες κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

Ο αριθμός των επαφών με τον πυθμένα μεταξύ των γευμάτων δεν επηρεάστηκε από την κοινωνική θέση των ατόμων στην κοινωνική ιεραρχία (μη σημαντικές συσχετίσεις-τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζονται)

3.3.3 Κατά την χορήγηση της τροφής

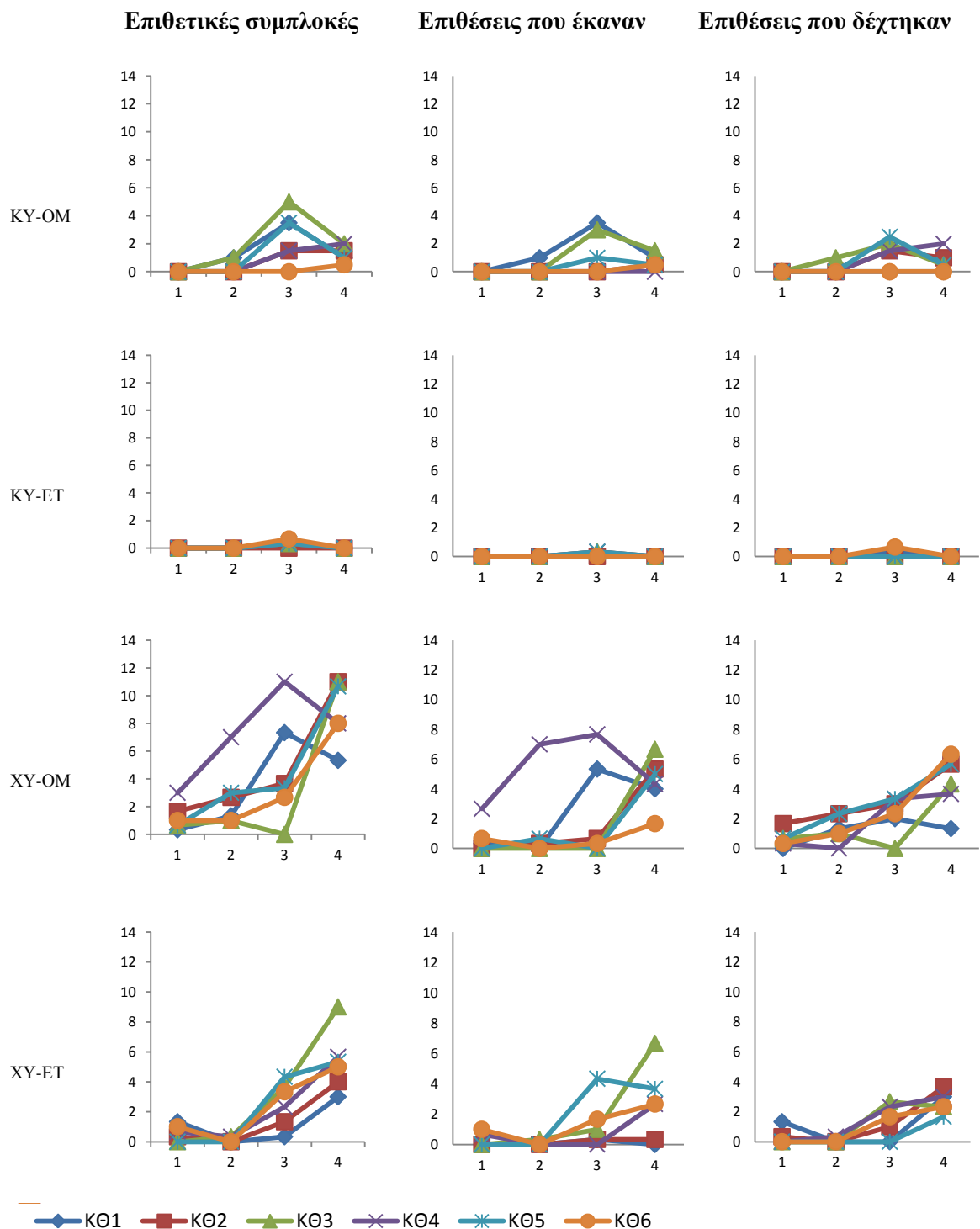
Τα ψάρια στις δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY) είχαν σημαντικά μικρότερο αριθμό επιθετικών ενεργειών κατά την διάρκεια χορήγησης της τροφής σε σχέση με τα ψάρια στις δεξαμενές χωρίς υπόστρωμα (XY). Επιπλέον, τα ψάρια των ετερογενών ομάδων (ET) ήταν σημαντικά λιγότερο επιθετικά κατά την διάρκεια χορήγησης της τροφής από τα ψάρια των ομοιογενών ομάδων (OM). Ο χρόνος (δεκαπενθήμερο) είχε σημαντική επίδραση στην επιθετικότητα κατά την διάρκεια χορήγησης της τροφής, όπου παρατηρήθηκε πως με την πάροδο του χρόνου οι επιθετικές ενέργειες αυξάνονταν (πίνακας 11).

Πίνακας 11: Μέση τιμή επιθετικών ενεργειών (αριθμός/9 min), απασχόλησης με τον πυθμένα (αριθμός επαφών/9 min) ατόμων τσιπούρας σε σχέση με κάθε επέμβαση στο σύνολο της πειραματικής περιόδου (56 ημέρες) κατά την χορήγηση της τροφής.

	Επιθετικές ενέργειες	Απασχόληση με τον πυθμένα
Υπόστρωμα (Υ)		
KY	0,5±0,19 a	209,8±7,73
XY	3,3±0,67 b	185,0±7,25
Παραλλακτικότητα Βάρους (ΠΒ)		
ΕΤ	1,1±0,42 a	185,1±9,02 a
ΟΜ	3,1±0,68 b	209,7±5,64 b
15 ημέρες		
1	0,8±0,29 a	186,9±14,69
2	0,7±0,39 a	214,9±8,59
3	2,4±0,99 ab	185,7±9,69
4	3,7±0,85 b	197,9±11,19
Γεύμα		
1	1,3±0,35	183,7±7,96 a
2	2,7±0,69	211,1±6,96 b
Αλληλεπίδραση (ΥxΠΒ)		
KY-ΟΜ	1,0±0,44	221,5±7,08
KY-ΕΤ	0,1±0,05	198,1±13,59
XY-ΟΜ	4,4±1,04	197,9±8,42
XY-ΕΤ	2,2±0,80	171,8±11,59
Επίπεδο σημαντικότητας		
Υ	**	ΜΣ
ΠΒ	*	**
15 ημέρες	*	ΜΣ
Γεύμα	ΜΣ	**
ΥxΠΒ	ΜΣ	ΜΣ
Υx15ημέρες	ΜΣ	**
ΠΒx15ημέρες	ΜΣ	ΜΣ
ΥxΓεύμα	ΜΣ	ΜΣ
ΠΒxΓεύμα	ΜΣ	*

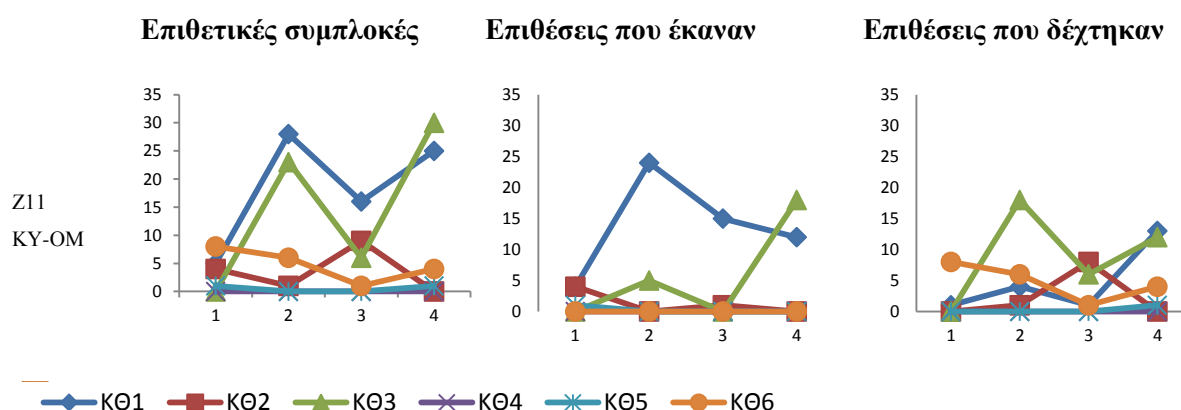
ΜΣ: Μη Σημαντικό, *P<0,05, **P<0,01. Μέσοι όροι για τον ίδιο παράγοντα με κοινό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Οι αλληλεπιδράσεις ΥxΠΒx15ημέρες και ΥxΠΒxΓεύμα ήταν ΜΣ.

Στο διάγραμμα 15 παρουσιάζεται η ιδιαίτερη συμπεριφορά των ατόμων κάθε κοινωνικής θέσης εντός της εκάστοτε πειραματικής επέμβασης, κατά την διάρκεια χορήγησης της τροφής.



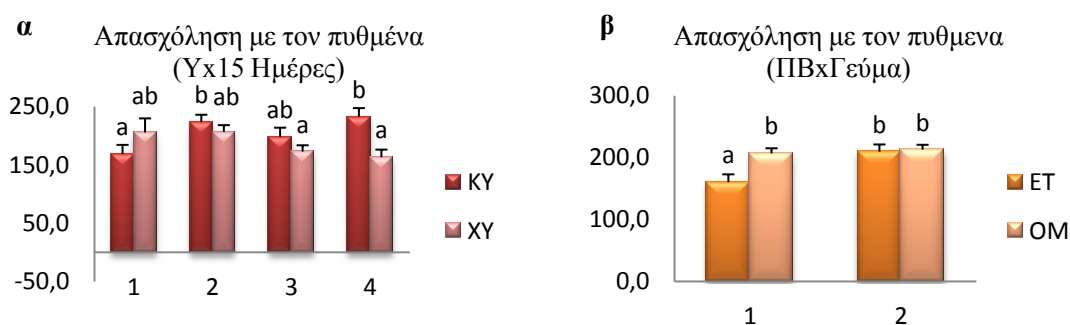
Διάγραμμα 15: Επιθετικές συμπλοκές (το σύνολο των επιθέσεων που έκαναν + δέχτηκαν), επιθέσεις που έκαναν, επιθέσεις που δέχτηκαν άτομα τσιπούρας των 6 κοινωνικών θέσεων (ΚΘ) που εκτράφηκαν σε δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (ΚΥ) ή χωρίς υπόστρωμα (ΧΥ) και σε ομοιογενείς (ΟΜ) ή ετερογενείς (ΕΤ) ομάδες κατά τη διάρκεια χορήγησης της τροφής στο σύνολο της πειραματικής περιόδου.

Στο διάγραμμα 16 παρουσιάζεται η ιδιαίτερη περίπτωση της δεξαμενής Z11 (KY-OM) κατά τη διάρκεια χορήγησης της τροφής.



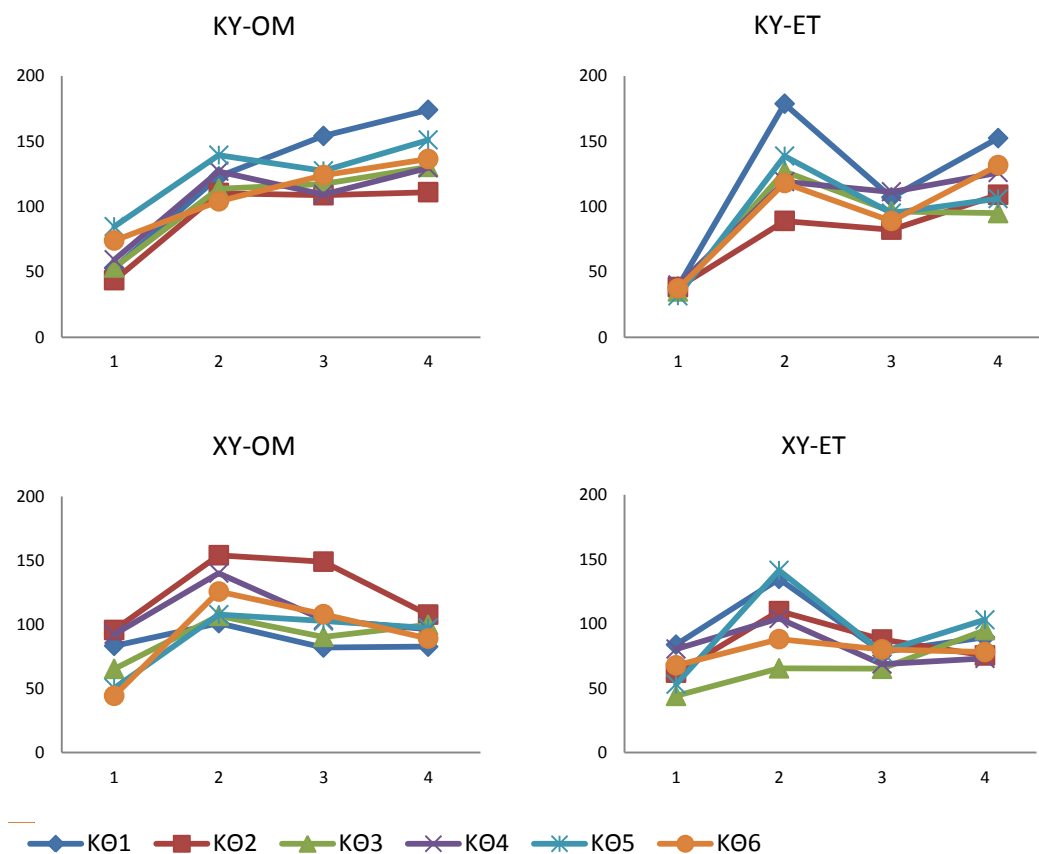
Διάγραμμα 16: Επιθετικές συμπλοκές (το σύνολο των επιθέσεων που έκαναν + δέχτηκαν), επιθέσεις που έκαναν, επιθέσεις που δέχτηκαν άτομα τσιπούρας των 6 κοινωνικών θέσεων (ΚΘ) που εκτράφηκαν στη δεξαμενή Z11 κατά τη διάρκεια χορήγησης της τροφής στο σύνολο της πειραματικής περιόδου.

Η απασχόληση με τον πυθμένα κατά τη διάρκεια χορήγησης της τροφής ήταν στατιστικά μεγαλύτερη στις ομοιογενείς ομάδες (OM) σε σχέση με τις ετερογενείς ομάδες (ET) ανεξάρτητα της παρουσίας υποστρώματος (πίνακας 11). Στις δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY) η απασχόληση με τον πυθμένα ήταν μειωμένη κατά το πρώτο δεκαπενθήμερο (168) συγκριτικά με τα επόμενα (220), ενώ στις δεξαμενές χωρίς υπόστρωμα (XY) (189) δεν διαφοροποιήθηκε κατά την διάρκεια της πειραματικής περιόδου (διάγραμμα 17α). Η απασχόληση με τον πυθμένα στις ομοιογενείς ομάδες παρέμεινε ίδια και στα 2 γεύματα (209), ενώ στις ετερογενείς ομάδες ήταν μεγαλύτερη (206) στο 2^ο γεύμα (διάγραμμα 17β). Μονοπώληση της τροφής ή κάποιας περιοχής της δεξαμενής από τα ψάρια δεν παρατηρήθηκε σε καμία περίπτωση. Η απασχόληση με τον πυθμένα, για τις παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια χορήγησης της τροφής, αφορούν σε μεγάλο βαθμό την πρόσληψη και την κατανάλωση τροφής. Ωστόσο, η ακριβής παρατήρηση και η καταγραφή αυτής της συμπεριφοράς (δηλ. να εκτιμηθεί η κατανάλωση τροφής κατ'άτομο) μέσω της βιντεοσκόπησης κατέστη αδύνατη.



Διάγραμμα 17: α: Η αλληλεπίδραση του υποστρώματος με τον χρόνο όσον αφορά στην απασχόληση με τον πυθμένα κατά την χορήγηση της τροφής, β: Η αλληλεπίδραση της παραλλακτικότητας του βάρους με το γεύμα (1^ο ή 2^ο) όσον αφορά στην απασχόληση με τον πυθμένα κατά την χορήγηση της τροφής. Στήλες με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Στο διάγραμμα 18 παρουσιάζεται η ιδιαίτερη συμπεριφορά των ατόμων κάθε κοινωνικής θέσης εντός της εκάστοτε πειραματικής επέμβασης, κατά την διάρκεια χορήγησης της τροφής.



Διάγραμμα 18: Απασχόληση με τον πυθμένα ατόμων τσιπούρας των 6 κοινωνικών θέσεων (ΚΘ) που εκτράφηκαν σε δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY) ή χωρίς υπόστρωμα (XY) και σε ομοιογενείς (OM) ή ετερογενείς (ET) ομάδες κατά τη διάρκεια χορήγησης της τροφής στο σύνολο της πειραματικής περιόδου.

Επίσης, η απασχόληση με τον πυθμένα κατά την χορήγηση της τροφής δεν επηρεάστηκε από την κοινωνική θέση των ατόμων στην κοινωνική ιεραρχία (μη σημαντικές συσχετίσεις – τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζονται).

Η κοινωνική θέση (social rank) των ψαριών δεν παρουσίασε σημαντική συσχέτιση με τις παραμέτρους της συμπεριφοράς τους (επιθετικές συμπλοκές, επιθέσεις που έκαναν, επιθέσεις που δέχτηκαν, απασχόληση με τον πυθμένα) σε καμία από τις πειραματικές επεμβάσεις (τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζονται).

4. Συζήτηση

4.1 Δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα- χωρίς υπόστρωμα σε ομοιογενείς ομάδες

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, δείχνουν ότι η παρουσία υποστρώματος στις δεξαμενές δεν επηρέασε τις σωματομετρήσεις και το βάρος των ατόμων τσιπούρας. Τα ψάρια των δεξαμενών χωρίς υπόστρωμα (XY), παρουσίασαν καλύτερη ανάπτυξη (SGR, WG) και αξιοποίηση της τροφής (FCR), συγκριτικά με τα ψάρια των δεξαμενών με κυανό υπόστρωμα (KY) στο σύνολο της πειραματικής περιόδου. Αντίθετα, οι (Batzina and Karakatsouli, 2012; Μπατζίνα κ.ά., 2011) παρατήρησαν βελτίωση της ανάπτυξης της τσιπούρας παρουσία κυανού υποστρώματος (KY), ενώ η αρχική παραλλακτικότητα του βάρους των ατόμων ήταν παρόμοια με αυτή της παρούσας εργασίας για τις ομοιογενείς ομάδες. Στο προηγούμενο πείραμα, η καλύτερη ανάπτυξη που παρατηρήθηκε στα ψάρια των δεξαμενών με κυανό υπόστρωμα (KY) αποδόθηκε στα χαμηλά επίπεδα επιθετικότητας που διαπιστώθηκαν, με αποτέλεσμα τα αποθέματα ενέργειας των ψαριών να μην καταναλώθηκαν σε διαμάχες, αλλά να διατέθηκαν προς όφελος της ανάπτυξης. Ωστόσο, στην παρούσα εργασία η επιθετική συμπεριφορά στις ομοιογενείς ομάδες δεν επηρεάστηκε από την παρουσία υποστρώματος.

Πιθανόν, η απουσία επίδρασης του υποστρώματος στην επιθετική συμπεριφορά της τσιπούρας να σχετίζεται με τον διαφορετικό αριθμό ατόμων ανά δεξαμενή σε σχέση με τον διαθέσιμο όγκο νερού ανά άτομο. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν 6 άτομα τα οποία είχαν 14,7 L/άτομο ως διαθέσιμο όγκο νερού, ενώ στην εργασία των Μπατζίνα κ.ά. (2011) χρησιμοποιήθηκαν ομάδες των 17 ατόμων με διαθέσιμο όγκο νερού 5,1 L/άτομο και ομάδες των 34 ατόμων με 2,6 L/άτομο. Ο μεγαλύτερος διαθέσιμος όγκος νερού ανά άτομο της παρούσας εργασίας, πιθανόν συνεπάγεται ικανοποίηση των αναγκών της τσιπούρας σε χώρο και απουσία διαφοροποίησης της επιθετικής συμπεριφοράς με σκοπό την διεκδίκηση χώρου μεταξύ των πειραματικών επεμβάσεων (KY ή XY).

Στο σύνολο της πειραματικής περιόδου, τα ψάρια με κυανό υπόστρωμα (KY) παρουσίασαν χαμηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης σε σύγκριση με τα ψάρια του μάρτυρα (XY). Αυτό ενδεχομένως συνδέεται, με το γεγονός ότι στις δεξαμενές με υπόστρωμα καταναλώθηκε περισσότερη ενέργεια για κίνηση εξαιτίας του αυξημένου αριθμού επαφών με τον πυθμένα.

Στις δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (KY), οι επιθετικές ενέργειες κατά την διάρκεια χορήγησης της τροφής ήταν λιγότερες σε σύγκριση με τις δεξαμενές χωρίς υπόστρωμα, ενώ δεν παρατηρήθηκε συμπεριφορά μονοπώλησης κάποιας περιοχής ή/και διεκδίκησης της τροφής από τα ψάρια. Παρόμοια αποτελέσματα, έχουν αναφερθεί για την τσιπούρα από τους Andrew et al. (2004) και για την πέστροφα (*Salmo trutta*) από τους Hedenskog et al. (2002), οι οποίοι παρατήρησαν μικρό αριθμό

επιθέσεων. Αντίθετα, πολλοί ερευνητές παρατήρησαν έντονη επιθετικότητα στην τσιπούρα κατά την διάρκεια χορήγησης της τροφής (Goldan et al., 2003; Karplus et al., 2000; Montero et al., 2009) όπου τα κυρίαρχα άτομα επιτίθεντο στα υποτελή. Οι Goldan et al. (2003) αναφέρουν πως σε ιχθύδια τσιπούρας, οι επιθετικές ενέργειες παρατηρήθηκαν αποκλειστικά κατά τη χορήγηση της τροφής. Το ίδιο παρατηρήθηκε και στο είδος *Oryzias latipes* από τον Magnuson (1962).

Επιπλέον, ένα θέμα που δεν θα πρέπει να αγνοηθεί είναι τα αυξημένα επίπεδα νιτρωδών ιόντων του νερού στις δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα (<0,190 ppm). Σύμφωνα με την Poli (2009) το προτεινόμενο όριο για τη διασφάλιση της ευζωίας της τσιπούρας είναι μικρότερο των 0,100 ppm. Ωστόσο, υπάρχουν μελέτες για την τσιπούρα που αναφέρουν ότι τα προτεινόμενα όρια ξεπερνούν τα 0,100 ppm. Συγκεκριμένα, οι Tal et al. (2009) αναφέρουν πως τα νιτρώδη ιόντα δεν πρέπει να ξεπερνούν σε ημερήσια βάση τα 0,200 ppm, ενώ για τα νεοεκκολαφθέντα ιχθύδια τσιπούρας, οι Parra and Yúfera (1999) αναφέρουν ως όριο τα 200 ppm. Επίσης, σε κλειστό σύστημα εκτροφής τα φυσιολογικά επίπεδα νιτρωδών ιόντων του νερού κατά τη διάρκεια της ημέρας κυμάνθηκαν από 0,08 - 3,66 ppm (Diaz et al., 2012). Παρόλα αυτά, τα αυξημένα επίπεδα νιτρωδών ιόντων του νερού στις δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα σε σύγκριση με τις δεξαμενές χωρίς υπόστρωμα πιθανόν να έχουν επηρεάσει τα αποτελέσματα. Το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένο το υπόστρωμα δεν αντιδρά χημικά με το νερό. Έτσι, η αύξηση των νιτρωδών ιόντων οφείλεται ενδεχομένως στην ανομοιομορφη επιφάνεια του υποστρώματος που διευκολύνει τη συγκράτηση του οργανικού φορτίου των ψαριών.

4.2 Ομοιογενείς- ετερογενείς ομάδες σε δεξαμενές χωρίς υπόστρωμα

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δείχνουν ότι η παραλλακτικότητα του βάρους που μελετήθηκε δεν επηρέασε τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης των ψαριών. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί και σε άλλα είδη, όπως για παράδειγμα σε νεαρά άτομα λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*) ($CV_{\text{υψηλό}}=20\%$, $CV_{\text{χαμηλό}}=10\%$) (Benhaïm et al., 2011) και σε ιχθύδια πέρκας (*Perca fluviatilis*) ($CV_{\text{υψηλό}}=46,6\%$, $CV_{\text{χαμηλό}}=18\%$) (Kestemont et al., 2003). Ο Yousif (2002) αναφέρει πως ετερογενείς ομάδες ($CV_{\text{υψηλό}}= 80\%$) της τιλάπιας του Νείλου (*Oreochromis niloticus*) παρουσίασαν καλύτερο ρυθμό ανάπτυξης σε σύγκριση με ομοιογενείς ομάδες ($CV1_{\text{χαμηλό}}= 20,27\%$, $CV2_{\text{χαμηλό}}= 11.21\%$, $CV3_{\text{χαμηλό}}= 6.82\%$). Αντίθετα, άλλες έρευνες αναφέρουν πως οι ομοιογενείς ομάδες παρουσίασαν καλύτερο ρυθμό ανάπτυξης (Chiu Liao and Chang, 2002; Strand and Øiestad, 1997).

Αν και κατά τη διάρκεια του πειράματος, οι ετερογενείς ομάδες είχαν μεγαλύτερη παραλλακτικότητα βάρους από τις ομοιογενείς, πρέπει να επισημανθεί ιδιαίτερα ότι οι ομοιογενείς ομάδες έγιναν πιο ετερογενείς (αύξηση Δ_{CV}) ενώ οι ετερογενείς έγιναν πιο ομοιογενείς (μείωση Δ_{CV}). Παρόμοια αποτελέσματα για την τσιπούρα έχουν αναφερθεί από τους Canario et al. (1998). Η αύξηση της μεταβολής της παραλλακτικότητας του

βάρους στις ομοιογενείς ομάδες, έχει παρατηρηθεί επίσης στο είδος *Salvelinus alpinus* (Jobling, 1995) και στο μυτάκι *Diplodus puntazzo* (Κασιανός, 2007). Ο Yousif (2002) παρατήρησε πως στις ομοιογενείς ομάδες η παραλλακτικότητα του βάρους αυξήθηκε σταδιακά, ενώ στις ετερογενείς ομάδες μειώθηκε από το 80% στο 68,23 %. Το ίδιο παρατηρήθηκε από τους Benhaïm et al. (2011) για το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), από τον Carmichael (1994) για το γατόψαρο (*Ictalurus punctatus*), και από τους Sunde et al. (1998) για το καλκάνι (*Scophthalmus maximus*). Σύμφωνα με τους παραπάνω συγγραφείς, το γεγονός αυτό πιθανόν να οφείλεται στις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ατόμων μιας ομάδας ή/και στις μεταβολές της διατροφικής τους συμπεριφοράς. Στη παρούσα εργασία, η μείωση αυτή στις ετερογενείς ομάδες οφείλεται στο ότι τα άτομα της μικρής κλάσης βάρους παρουσίασαν καλύτερο ρυθμό ανάπτυξης συγκριτικά με εκείνα της μεσαίας και της μεγάλης κλάσης. Οι Konikoff and Lewis (1974) ανέφεραν πως η μείωση της παραλλακτικότητας του βάρους που παρατήρησαν σε ετερογενείς ομάδες γατόψαρου (*Ictalurus punctatus*), δεν οφείλονταν σε μεταβολές του ρυθμού πρόσληψης τροφής (Knable, 1972), αλλά στο γεγονός του ότι τα άτομα της μικρής κλάσης βάρους παρουσίασαν καλύτερο ρυθμό ανάπτυξης.

Στη παρούσα εργασία, τα άτομα της μικρής κλάσης βάρους, πιθανόν να ήταν κυρίαρχα (κάτι που ισχύει για τις XY-ET δεξαμενές) και να εμπλέκονταν σε επιθετικές συμπλοκές με σκοπό την απόκτηση κάποιου πόρου (τροφή). Συνεπώς, τα άτομα αυτά πιθανόν να προσλάμβαναν μεγαλύτερο μερίδιο της προσφερόμενης τροφής με αποτέλεσμα καλύτερο ρυθμό ανάπτυξης σε σύγκριση με τις άλλες κλάσεις μεγέθους. Ομοίως, οι Goldan et al. (2003) παρατήρησαν μεγαλύτερο ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (SGR) στα κυρίαρχα άτομα ιχθυδίων τσιπούρας, ενώ μονοπωλούσαν την τροφή εμποδίζοντας την πρόσβαση των μικρότερων ατόμων. Γενικά, η αύξηση της παραλλακτικότητας του βάρους με τον χρόνο (growth depensation) στα εκτρεφόμενα είδη αποτελεί μειονέκτημα, εξαιτίας της ημιτελούς κατανάλωσης των ιχθυοτροφών και της συνεπακόλουθης υποβάθμισης της ποιότητας του νερού εκτροφής (Barki et al., 2000).

Στις ετερογενείς ομάδες, μεταξύ των γευμάτων, παρατηρήθηκε αυξημένη επιθετικότητα συγκριτικά με τις ομοιογενείς ομάδες. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί και σε άλλα είδη. Για παράδειγμα στο είδος *Seriola dumerili* (Miki et al., 2011) και στο είδος *Salvelinus alpinus* (Jobling, 1995), όπου η επιθετικότητα αυξήθηκε με την αύξηση της παραλλακτικότητας του βάρους. Αντιθέτως, κατά την διάρκεια χορήγησης της τροφής η επιθετικότητα ήταν μεγαλύτερη στις ομοιογενείς ομάδες. Η τροφή αποτελεί σημαντικό και πολύτιμο πόρο. Η μεγαλύτερη επιθετικότητα των ομοιογενών ομάδων πιθανά να οφείλεται στο ότι τα ισομεγέθη άτομα «κρίνουν» ότι μπορούν να διεκδικήσουν ανταγωνιστικά τις μάχες. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί και σε άλλα είδη, όπως σε είδη της οικογένειας Salmonidae (Baardvik and Jobling, 1990; Symons, 1971; Wańkowski and Thorpe, 1979), στον ιππόγλωσσο *Hippoglossus hippoglossus* L. (Stefansson et al., 2000), στο καλκάνι *Scophthalmus maximus* L. (Sunde et al., 1998) και στην τιλάπια του Νείλου *Oreochromis niloticus* (GIFT στέλεχος) (Boscolo et al., 2011). Αντίθετα, στην τσιπούρα *Sparus aurata* (Goldan et al., 2003), στο είδος *Seriola quinqueradiata* (Sakakura and Tsukamoto,

1998) και στο είδος *Salvelinus alpinus* (Lahti and Lower, 2000), με την αύξηση της παραλλακτικότητας του βάρους αυξάνονται οι επιθετικές ενέργειες.

4.3 Ομοιογενείς- ετερογενείς ομάδες σε δεξαμενές με κυανό υπόστρωμα

Η αυξημένη επιθετικότητα που παρατηρήθηκε στις ετερογενείς ομάδες συγκριτικά με τις ομοιογενείς στις δεξαμενές χωρίς υπόστρωμα (XY-ET vs XY-OM), μειώθηκε όταν η εκτροφή πραγματοποιήθηκε σε δεξαμενές με υπόστρωμα (KY-ET vs XY-ET). Σύμφωνα με τις συσχετίσεις Pearson, μεταξύ των επιθετικών συμπλοκών και της κοινωνικής θέσης των ατόμων, στις δεξαμενές χωρίς υπόστρωμα παρατηρούνται έντονες κοινωνικές σχέσεις, ενώ η απουσία σημαντικών συσχετίσεων με την ύπαρξη κυανού υποστρώματος στον πυθμένα της δεξαμενής υποδηλώνει την δημιουργία ενός ηπιότερου κοινωνικού περιβάλλοντος με λιγότερες κοινωνικές εντάσεις. Και σε άλλα είδη ψαριών, ο εμπλουτισμός του περιβάλλοντος (π.χ. με άμμο, βότσαλα και φύκια) οδήγησε σε λιγότερες κοινωνικές εντάσεις και συγκεκριμένα στη μείωση της επιθετικότητας (Basquill and Grant, 1998; Dou et al., 2000; Højesjö et al., 2004; Kadry and Barreto, 2010). Ωστόσο, στις περιπτώσεις αυτές, ο εμπλουτισμός του περιβάλλοντος λειτούργησε είτε ως καταφύγιο είτε ως ένα φυσικό εμπόδιο που μείωσε την ορατότητα μεταξύ των ψαριών με αποτέλεσμα να μειώσει τις αλληλεπιδράσεις τους. Στην παρούσα εργασία δεν παρατηρήθηκε τέτοια χρήση του υποστρώματος από τα ψάρια ούτε αυξημένη απασχόληση με το υπόστρωμα, γεγονός που ενισχύει την εξομάλυνση των κοινωνικών σχέσεων σε αυτές τις ομάδες.

Στις δεξαμενές χωρίς υπόστρωμα και κυρίως στις ετερογενείς ομάδες, όπου παρατηρήθηκαν έντονες κοινωνικές σχέσεις, τα κυρίαρχα άτομα ήταν αυτά με το μικρότερο βάρος. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, η θέση κυριαρχίας των ατόμων στην ιεραρχία συχνά σχετίζεται με το μέγεθός τους, με τα μεγαλύτερα σε μέγεθος άτομα να είναι και τα κυρίαρχα (Abbott and Dill, 1989; Davenport et al., 1990; Dou et al., 2004; Hughes, 1992; Huntingford et al., 1990; Jenkins, 1969; Jobling, 1985; 1995; Montero et al., 2009). Συγκεκριμένα για την τσιπούρα, οι Montero et al. (2009) διαπίστωσαν πως τα κυρίαρχα άτομα είναι αυτά με τον μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης. Ωστόσο, οι Montero et al. (2009) καθόρισαν τις κοινωνικές θέσεις των ψαριών από παρατηρήσεις της επιθετικής τους συμπεριφοράς μόνο κατά τη διάρκεια χορήγησης της τροφής. Στην παρούσα εργασία οι κοινωνικές θέσεις καθορίστηκαν από την συμπεριφορά των ψαριών μεταξύ των γευμάτων, ενώ κατά τη χορήγηση της τροφής δεν φάνηκε να σχετίζεται η κοινωνική θέση με την επιθετικότητα (απουσία σημαντικών συσχετίσεων). Παρόλα αυτά όμως το γεγονός ότι στην παρούσα εργασία τα κυρίαρχα άτομα ήταν αυτά με το μικρότερο βάρος συμφωνεί με αποτελέσματα που έχουν αναφερθεί σε άλλα είδη. Για παράδειγμα, οι Bailey et al. (2000) αναφέρουν πως η κοινωνική θέση ατόμων του είδους *Salvelinus alpinus* δεν σχετίζεται με το μέγεθός τους. Το ίδιο παρατηρήθηκε για το γκάμπι *Odontobutis obscurus*, όπου το ψάρι που κατείχε την 2^η θέση στην κοινωνική ιεραρχία (KΘ2) καταναλάωνε περισσότερη ποσότητα τροφής και παρουσίασε καλύτερο ρυθμό ανάπτυξης (Yamagishi et al., 1974). Οι Sakakura and Tsukamoto

(1998) παρατήρησαν σε μια δεξαμενή πως ένα μικρό σε μέγεθος μαγιάτικο *Seriola quinqueradiata*, επιτίθετο στα μεγαλύτερα άτομα. Επομένως, το μεγαλύτερο ψάρι μιας ομάδας δεν είναι απαραίτητα το κυρίαρχο, ενώ μπορεί να εμπλέκονται και άλλοι παράγοντες εκτός του μεγέθους (π.χ. τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ατόμων) στην κατάκτηση υψηλής κοινωνικής θέσης (Huntingford et al., 1990; Winberg et al., 1992). Αυτό ήταν πολύ έντονο στην ιδιαίτερη περίπτωση της δεξαμενής Z11 (KY-OM), όπου παρουσιάστηκε εξαιρετικά μεγάλη επιθετικότητα από το μικρότερο σε μέγεθος άτομο (ΚΘ1, αρχικό βάρος 60,4 gr, τελικό βάρος 78 gr).

Μεταξύ των γευμάτων παρατηρήθηκε πως τα κυρίαρχα άτομα (τα ΚΘ1 και ΚΘ2) ενίοτε δέχονταν και αυτά επιθέσεις (διάγραμμα 4). Επίσης, κατά την διάρκεια χορήγησης της τροφής δεν εμφανίζονταν καθαρά τα κυρίαρχα άτομα (ΚΘ1 και ΚΘ2), αλλά κυρίως τα μεσαία (ΚΘ3 και ΚΘ4) (διάγραμμα 15).

Η αλληλεπίδραση μεταξύ της ιεραρχίας και της ανάπτυξης των ψαριών είναι ιδιαίτερη σε κάθε περίπτωση και γενικεύσεις από το ένα είδος στο άλλο και από το ένα περιβάλλον στο άλλο πρέπει να αποφεύγονται (Ruzzante, 1994). Επίσης, σε οποιαδήποτε σύγκριση μεταξύ των εργασιών που σχετίζονται με τον εμπλουτισμό του περιβάλλοντος θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η παραλλακτικότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται για την πραγματοποίηση του εμπλουτισμού αλλά και οι διαφοροποιήσεις στην ηθολογία διαβίωσης μεταξύ των ειδών.

5. Συμπεράσματα

- Στη παρούσα εργασία τα ψάρια που παρουσίασαν καλύτερη ανάπτυξη και αξιοποίηση της τροφής ήταν αυτά των δεξαμενών χωρίς υπόστρωμα. Η επίδραση του υποστρώματος ενδέχεται να έχει διαφορετική επίδραση ανάλογα με τον πειραματικό σχεδιασμό.
- Διαπιστώθηκε πως η ύπαρξη κυανού υποστρώματος στις ετερογενείς ομάδες είχε θετικές επιδράσεις στην συμπεριφορά των ατόμων, με την άμβλυση της τεταμένης κοινωνικής κατάστασης που είχε προκύψει εξαιτίας της μεγάλης παραλλακτικότητας του βάρους. Γενικά, ανεξαρτήτως παραλλακτικότητας του βάρους, η παρουσία κυανού υποστρώματος στον πυθμένα της δεξαμενής δημιούργησε πιο ήπιο κοινωνικό περιβάλλον με λιγότερες κοινωνικές εντάσεις.
- Η θέση κυριαρχίας των ατόμων στην ιεραρχία συχνά σχετίζεται με το μέγεθος τους, με τα μεγαλύτερα σε μέγεθος άτομα να είναι και τα κυρίαρχα. Παρόλα αυτά όμως στην παρούσα εργασία, κυρίως στις δεξαμενές όπου παρουσιάστηκαν έντονες κοινωνικές σχέσεις παρατηρήθηκε ότι τα κυρίαρχα άτομα ήταν αυτά με το μικρότερο βάρος.
- Τέλος, μια ενδιαφέρουσα μελλοντική διερεύνηση είναι η χρήση κυανού υποστρώματος σε δεξαμενές χερσαίων εγκαταστάσεων εκτροφής τσιπούρας, όπου ο αριθμός των ατόμων ανά δεξαμενή είναι μεγάλος. Με την παραπάνω εφαρμογή μπορεί να διαπιστωθεί αν ο εμπλουτισμός του περιβάλλοντος με κυανό υπόστρωμα σε συνθήκες εκτροφής, θα επιφέρει τα ίδια αποτελέσματα με την παρούσα εργασία.

5. Βιβλιογραφία

- Abbott, J.C., Dill, L.M., (1989). The relative growth of dominant and subordinate juvenile steelhead trout (*Salmo gairdneri*) fed equal rations. *Behaviour*, 108: 104-113.
- Abbott, J.C., Dunbrack, R.L., Orr, C.D., (1985). The interaction of size and experience in dominance relationships of juvenile steelhead trout (*Salmo gairdneri*). *Behaviour*, 92: 241-253.
- Adams, C.E., Huntingford, F.A., Turnbull, J.F., Beattie, C., (1998). Alternative competitive strategies and the cost of food acquisition in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 167: 17-26.
- Ahvenharju, T., Savolainen, R., Tulonen, J., Ruohonen, K., (2005). Effects of size grading on growth, survival and cheliped injuries of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana) summerlings (age 0+). *Aquaculture Research*, 36: 857-867.
- Amorim, M.C.P., Stratoudakis, Y., Hawkins, A.D., (2004). Sound production during competitive feeding in the grey gurnard. *Journal of Fish Biology*, 65: 182-194.
- Andrew, J.E., Holm, J., Kadri, S., Huntingford, F.A., (2004). The effect of competition on the feeding efficiency and feed handling behaviour in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) held in tanks. *Aquaculture*, 232: 317-331.
- Ang, T.Z., Manica, A., (2010). Unavoidable limits on group size in a body size-based linear hierarchy. *Behavioral Ecology*, 21: 819-825.
- Arndt, R.E., Routledge, M.D., Wagner, E.J., Mellenthin, R.F., (2001). Influence of raceway substrate and design on fin erosion and hatchery performance of rainbow trout. *North American Journal of Aquaculture*, 63: 312-320.
- Baardvik, B.M., Jobling, M., (1990). Effect of size-sorting on biomass gain and individual growth rates in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *Aquaculture*, 90: 11-16.
- Bailey, J., Alanäuräu, A., Bräunnäus, E., (2000). Methods for assessing social status in Arctic charr. *Journal of Fish Biology*, 57: 258-261.
- Bakker, T.C.M., (1986). Aggressiveness in sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* L.): a behaviour-genetic study. *Behaviour*, 98: 1-144.
- Barki, A., Harpaz, S., Hulata, G., Karplus, I., (2000). Effects of larger fish and size grading on growth and size variation in fingerling silver perch. *Aquaculture International*, 8: 391-401.
- Barreto, R.E., Carvalho, G.G.A., Volpato, G.L., (2011). The aggressive behavior of Nile tilapia introduced into novel environments with variation in enrichment. *Zoology*, 114: 53-57.
- Barton, B.A., Iwama, G.K., (1991). Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Annual Review of Fish Diseases*, 1: 3-26.
- Basquill, S.P., Grant, J.W.A., (1998). An increase in habitat complexity reduces aggression and monopolization of food by zebra fish (*Danio rerio*). *Canadian Journal of Zoology*, 76: 770-772.
- Batzina, A., Karakatsouli, N., (2012). The presence of substrate as a means of environmental enrichment in intensively reared gilthead seabream *Sparus aurata*: Growth and behavioral effects. *Aquaculture*, 370-371: 54-60.
- Beaugrand, J.P., Payette, D., Gouet, C., (1996). Conflict outcome in male green swordtail fish dyads (*Xiphophorus helleri*): Interaction of body size, prior dominance/subordination experience, and prior residency. *Behaviour*, 133: 303-319.

- Beeching, S.C., (1992). Visual Assessment of Relative Body Size in a Cichlid Fish, the Oscar, *Astronotus ocellatus*. *Ethology*, 90: 177-186.
- Benhaïm, D., Péan, S., Brisset, B., Leguay, D., Bégout, M.-L., Chatain, B., (2011). Effect of size grading on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juvenile self-feeding behaviour, social structure and culture performance. *Aquatic Living Resources*, 24: 391-402.
- Boissy, A., Manteuffel, G., Jensen, M.B., Moe, R.O., Spruijt, B., Keeling, L.J., Winckler, C., Forkman, B., Dimitrov, I., Langbein, J., Bakken, M., Veissier, I., Aubert, A., (2007). Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiology and Behavior*, 92: 375-397.
- Boscolo, C.N.P., Morais, R.N., Gonçalves-de-Freitas, E., (2011). Same-sized fish groups increase aggressive interaction of sex-reversed males Nile tilapia GIFT strain. *Applied Animal Behaviour Science* 135: 154-159.
- Braithwaite, V., 2010. Do fish feel pain? Oxford University Press, New York, 194 pp.
- Braithwaite, V.A., Salvanes, A.G.V., (2005). Environmental variability in the early rearing environment generates behaviourally flexible cod: implications for rehabilitating wild populations. *Proceedings of the Royal Society B*, 272: 1107-1113.
- Brännäs, E., Johnsson, J.I. (2008) Behaviour and welfare in farmed fish. In "Fish behaviour" Ed. Magnhagen, C., Braithwaite, V.A., Forsgren, E., Kapoor, B.G., Science Publishers, New Hampshire, pp. 593-627.
- Brännäs, E., Berglund, U., Eriksson, L.O., (2005). Time learning and anticipatory activity in groups of arctic charr. *Ethology*, 111: 681-692.
- Brunkow, P.E., Collins, J.P., (1998). Group size structure affects patterns of aggression in larval salamanders. *Behavioral Ecology*, 9: 508-514.
- Brydges, N.M., Braithwaite, V.A., (2009). Does environmental enrichment affect the behaviour of fish commonly used in laboratory work? *Applied Animal Behaviour Science*, 118: 137-143.
- Cammarata, M., Vazzana, M., Accardi, D., Parrinello, N., (2012). Seabream (*Sparus aurata*) long-term dominant-subordinate interplay affects phagocytosis by peritoneal cavity cells. *Brain Behavior and Immunity*, 26: 580-587.
- Canario, A.V.M., Condeca, J., Power, D.M., Ingleton, P.M., (1998). The effect of stocking density on growth in the gilthead sea-bream, *Sparus aurata* (L.). *Aquaculture Research*, 29: 177-181.
- Carmichael, G.J., (1994). Effects of Size-Grading on Variation and Growth in Channel Catfish Reared at Similar Densities. *Journal of the World Aquaculture Society*, 25: 101-108.
- Chase, I.D., Seitz, K. (2011) 4 Self-Structuring Properties of Dominance Hierarchies: A New Perspective. In "Aggression" Ed. Huber, R., Bannasch, D.L., Brennan, P., Elsevier Science Publishing Co Inc, USA, pp. 51.
- Chen, W.M., Tabata, M., (2002). Individual rainbow trout can learn and anticipate multiple daily feeding times. *Journal of Fish Biology*, 61: 1410-1422.
- Chiu Liao, I., Chang, E., (2002). Timing and Factors Affecting Cannibalism in Red Drum, *Sciaenops ocellatus*, Larvae in Captivity. *Environmental Biology of Fishes*, 63: 229-233.
- Conte, F.S., (2004). Stress and the welfare of cultured fish. *Applied Animal Behaviour Science*, 86: 205-223.
- Cutts, C.J., Adams, C.E., Campbell, A., (2001). Stability of physiological and behavioural determinants of performance in Arctic char (*Salvelinus alpinus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58: 961-968.

- Damsgård, B., Huntingford, F. (2012) Fighting and aggression. In "Aquaculture and Behaviour" Ed. Huntingford, F., Jobling, M., Kadri, S., Wiley Online Library, Pondicherry, India, pp. 248-285.
- Davenport, J., Kjorsvik, E., Haug, T., (1990). Appetite, gut transit, oxygen uptake and nitrogen excretion in captive Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L., and lemon sole, *Microstomus kitt* (Walbaum). *Aquaculture*, 90: 267-277.
- Davies, N.B., Krebs, J.R., West, S.A., 1987. An introduction to behavioural ecology. Blackwell Scientific Publications.
- Diaz, V., Ibanez, R., Gomez, P., Urtiaga, A.M., Ortiz, I., (2012). Kinetics of nitrogen compounds in a commercial marine Recirculating Aquaculture System. *Aquacultural Engineering*, 50: 20-27.
- Dou, S., Seikai, T., Tsukamoto, K., (2000). Cannibalism in Japanese flounder juveniles, *Paralichthys olivaceus*, reared under controlled conditions. *Aquaculture*, 182: 149-159.
- Dou, S.Z., Masuda, R., Tanaka, M., Tsukamoto, K., (2004). Size hierarchies affecting the social interactions and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*, 233: 237-249.
- Doyle, R.W., Talbot, A.J., (1986). Effective population size and selection in variable aquaculture stocks. *Aquaculture*, 57: 27-35.
- Earley, R.L., Dugatkin, L.A., (2006). Merging social hierarchies: Effects on dominance rank in male green swordtail fish (*Xiphophorus helleri*). *Behavioural Processes*, 73: 290-298.
- Elofsson, U.O.E., Mayer, I., Damsgård, B., Winberg, S., (2000). Intermale competition in sexually mature Arctic charr: Effects on brain monoamines, endocrine stress responses, sex hormone levels, and behavior. *General and Comparative Endocrinology*, 118: 450-460.
- Falter, U., (1987). Description of the colour patterns in *Oreochromis niloticus* (L.)(Teleostei: Cichlidae). *Annales de la Societe Royale Zoologique de Belgique*, 117: 201-219.
- FAWK, (Farmed Animal Welfare Council) 1996. Report on the Welfare of Farmed Fish. Surrey, Surbiton.
- Ferguson, M.M., Noakes, D.L.G., (1982). Genetics of social behaviour in charrs (*Salvelinus* species). *Animal Behaviour*, 30: 128-134.
- Fernandes-de-Castilho, M., Pottinger, T.G., Volpato, G.L., (2008). Chronic social stress in rainbow trout: Does it promote physiological habituation? *General and Comparative Endocrinology*, 155: 141-147.
- Galhardo, L., Oliveira, R.F., (2009). Psychological stress and welfare in fish. *Annual Review of Biomedical Sciences*, 11: 1-20.
- Goldan, O., 1992. The control of growth depensation in juvenile gilthead sea bream *Sparus aurata*, The Hebrew University of Jerusalem, pp. 81.
- Goldan, O., Popper, D., Karplus, I.I., (2003). Food competition in small groups of juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Israeli Journal of Aquaculture*, 55: 94-106.
- Gonçalves-de-Freitas, E., Teresa, F.B., Gomes, F.S., Giaquinto, P.C., (2008). Effect of water renewal on dominance hierarchy of juvenile Nile tilapia. *Applied Animal Behaviour Science*, 112: 187-195.
- Gonda, A., Herczeg, G., Merilä, J., (2009). Habitat-dependent and-independent plastic responses to social environment in the nine-spined stickleback (*Pungitius pungitius*) brain. *Proceedings of the Royal Society B*, 276: 2085-2092.
- Goymann, W., Wingfield, J.C., (2004). Allostatic load, social status and stress hormones: The costs of social status matter. *Animal Behaviour*, 67: 591-602.

- Harwood, A.J., Metcalfe, N.B., Griffiths, S.W., Armstrong, J.C., (2002). Intra- and inter-specific competition for winter concealment habitat in juvenile salmonids. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59: 1515-1523.
- Hedenskog, M., Petersson, E., Järvi, T., (2002). Agonistic Behavior and Growth in Newly Emerged Brown Trout (*Salmo trutta* L) of Sea-Ranched and Wild Origin. *Aggressive Behavior*, 28: 145-153.
- Höglund, E., Kolm, N., Winberg, S., (2001). Stress-induced changes in brain serotonergic activity, plasma cortisol and aggressive behavior in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) is counteracted by L-DOPA. *Physiology and Behavior*, 74: 381-389.
- Höjesjö, J., Johnsson, J.I., Bohlin, T., (2002). Can laboratory studies on dominance predict fitness of young brown trout in the wild? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 52: 102-108.
- Höjesjö, J., Johnsson, J., Bohlin, T., (2004). Habitat complexity reduces the growth of aggressive and dominant brown trout (*Salmo trutta*) relative to subordinates. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 56: 286-289.
- Hollis, K.L., Langworthy-Lam, K.S., Blouin, L.A., Romano, M.C., (2004). Novel strategies of subordinate fish competing for food: Learning when to fold. *Animal Behaviour*, 68: 1155-1164.
- Hughes, N.F., (1992). Selection of positions by drift-feeding salmonids in dominance hierarchies: model and test for Arctic grayling (*Thymallus arcticus*) in subarctic mountain streams, interior Alaska. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49: 1999-2008.
- Huntingford, F., Turner, A. (1987) The consequences of animal conflict. In "Animal Conflict, Springer Netherlands, pp. 227-250.
- Huntingford, F.A., Metcalfe, N.B., Thorpe, J.E., Graham, W.D., Adams, C.E., (1990). Social dominance and body size in Atlantic salmon parr, *Salmo solar* L. *J. Fish Biol.*, 36: 877-881.
- Huntingford, F.A., Adams, C., Braithwaite, V.A., Kadri, S., Pottinger, T.G., Sandøe, P., Turnbull, J.F., (2006). Current issues in fish welfare. *Journal of Fish Biology*, 68: 332-372.
- Jenkins, T.M., (1969). Social structure, position choice and micro-distribution of two trout species:(*Salmo trutta* and *Salmo gairdneri*) resident in mountain streams. *Animal Behaviour Monographs*, 80: 941-956.
- Jobling, M., (1985). Physiological and social constraints on growth of fish with special reference to Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *Aquaculture*, 44: 83-90.
- Jobling, M., (1995). Simple indices for the assessment of the influences of social environment on growth performance, exemplified by studies on Arctic charr. *Aquaculture International*, 3: 60-65.
- Jobling, M., Wandsvik, A., (1983). Effect of social interactions on growth rates and conversion efficiency of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *Journal of Fish Biology*, 22: 577-584.
- Jobling, M., Koskela, J., (1996). Interindividual variations in feeding and growth in rainbow trout during restricted feeding and in a subsequent period of compensatory growth. *Journal of Fish Biology*, 49: 658-667.
- Jobling, M., Knudsen, R., Pedersen, P.S., Dos Santos, J., (1991). Effects of dietary composition and energy content on the nutritional energetics of cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture*, 92: 243-257.
- Johnsson, J.I., Winberg, S., Sloman, K.A. (2006) Social Interactions. In "Behav. Physiol. Fish" Ed. Sloman, K.A., Wilson, R.W., S., B., Elsevier, San Diego, pp. 151-196.

- Jørgensen, E.H., Jobling, M., (1993). The effects of exercise on growth, food utilisation and osmoregulatory capacity of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 116: 233-246.
- Kadry, V.O., Barreto, R.E., (2010). Environmental enrichment reduces aggression of pearl cichlid (*Geophagus brasiliensis*) during resident-intruder interactions. *Neotropical Ichthyology*, 8: 329-332.
- Kamstra, A., (1993). The effect of size grading on individual growth in eel, *Anguilla anguilla*, measured by individual marking. *Aquaculture*, 112: 67-77.
- Karakatsouli, N., Papoutsoglou, S.E., Manolessos, G., (2007a). Combined effects of rearing density and tank colour on the growth and welfare of juvenile white sea bream *Diplodus sargus* L. in a recirculating water system. *Aquaculture Research*, 38: 1152-1160.
- Karakatsouli, N., Papoutsoglou, S.E., Pizzonia, G., Tsatsos, G., Tsopelakos, A., Chadio, S., Kalogiannis, D., Dalla, C., Polissidis, A., Papadopoulou-Daifoti, Z., (2007b). Effects of light spectrum on growth and physiological status of gilthead seabream *Sparus aurata* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* reared under recirculating system conditions. *Aquaculture Engineering*, 36: 302-309.
- Karplus, I., Barki, A., (2004). Social control of growth in the redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*: testing the sensory modalities involved. *Aquaculture*, 242: 321-333.
- Karplus, I., Popper, D., Goldan, O., (2000). The effect of food competition and relative size of group members on growth of juvenile gilthead sea bream, *Sparus aurata*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 22: 119-123.
- Kestemont, P., Jourdan, S.p., Houbart, M., Mélard, C., Paspatis, M., Fontaine, P., Cuvier, A., Kentouri, M., Baras, E., (2003). Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. *Aquaculture*, 227: 333-356.
- Kihlsinger, R.L., Nevitt, G.A., (2006). Early rearing environment impacts cerebellar growth in juvenile salmon. *Journal of Experimental Biology*, 209: 504-509.
- Knable, A., 1972. Effect of size and sex upon food intake of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Southern Illinois University, Carbondale, pp. 50.
- Knights, B., (1987). Agonistic behaviour and growth in the European eel, *Anguilla anguilla* L., in relation to warm-water aquaculture. *Journal of Fish Biology*, 31: 265-276.
- Koebele, B.P., (1985). Growth and the size hierarchy effect: an experimental assessment of three proposed mechanisms; activity differences, disproportional food acquisition, physiological stress. *Environmental Biology of Fishes*, 12: 181-188.
- Konikoff, M., Lewis, W.M., (1974). Variation in Weight of Cage-Reared Channel Catfish. *The Progressive Fish-Culturist*, 36: 138-144.
- Kotschal, A., Taborsky, B., (2010). Environmental change enhances cognitive abilities in fish. *PLoS Biol.*, 8: e1000351.
- Kramer, M., Hiemke, C., Fuchs, E., (1999). Chronic psychosocial stress and antidepressant treatment in tree shrews: time-dependent behavioral and endocrine effects. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 23: 937-947.
- Lahti, K., Lower, N., (2000). Effects of size asymmetry on aggression and food acquisition in Arctic charr. *Journal of Fish Biology*, 56: 915-922.
- Le François, N.R., Lamarre, S.G., Blier, P.U., (2005). Is white muscle anaerobic glycolysis capacity indicative of competitive ability in Arctic charr? *Journal of Fish Biology*, 66: 1167-1176.

- Lee, J.S.F., Berejikian, B.A., (2008). Effects of the rearing environment on average behaviour and behavioural variation in steelhead. *Journal of Fish Biology*, 72: 1736-1749.
- Leonardi, R., Buchanan-Smith, H.M., Dufour, V., MacDonald, C., Whiten, A., (2010). Living together: behavior and welfare in single and mixed species groups of capuchin (*Cebus apella*) and squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). *American Journal of Primatology*, 72: 33-47.
- Lin, Q., Lin, J., Huang, L., (2009). Effects of substrate color, light intensity and temperature on survival and skin color change of juvenile seahorses, *Hippocampus erectus* Perry, 1810. *Aquaculture*, 298: 157-161.
- Lupatsch, I., Kissil, G.W., (1998). Predicting aquaculture waste from gilthead sea bream (*Sparus aurata*) culture using a nutritional approach. *Aquat. Living Resour.*, 11: 265-268.
- Maan, M.E., Groothuis, T.G.G., Wittenberg, J., (2001). Escalated fighting despite predictors of conflict outcome: solving the paradox in a South American cichlid fish. *Animal behaviour*, 62: 623-634.
- MacLean, A., Metcalfe, N.B., Mitchell, D., (2000). Alternative competitive strategies in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*): Evidence from fin damage. *Aquaculture*, 184: 291-302.
- Magnuson, J.J., (1962). An analysis of aggressive behavior, growth, and competition for food and space in medaka (*Oryzias latipes* (Pisces, Cyprinodontidae)). *Canadian Journal of Zoology*, 40: 313-363.
- Marks, C., West, T.N., Bagatto, B., Moore, F.B.G., Taylor, C.M., (2005). Developmental Environment Alters Conditional Aggression in Zebrafish. *Copeia*, 2005: 901-908.
- Martins, C.I.M., Schrama, J.W., Verreth, J.A.J., (2006). The effect of group composition on the welfare of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Applied Animal Behaviour Science*, 97: 323-334.
- Maynard-Smith, J., 1982. *Evolution and the Theory of Games*. Cambridge University Press, Cambridge.
- McElligott, A.G., Mattiangeli, V., Mattiello, S., Verga, M., Reynolds, C.A., Hayden, T.J., (1998). Fighting tactics of fallow bucks (*Dama dama*, Cervidae): reducing the risks of serious conflict. *Ethology*, 104: 789-803.
- Metcalfe, N.B., (1998). The interaction between behavior and physiology in determining life history patterns in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55: 93-103.
- Metcalfe, N.B., Valdimarsson, S.K., Morgan, I.J., (2003). The relative roles of domestication, rearing environment, prior residence and body size in deciding territorial contests between hatchery and wild juvenile salmon. *Journal of Applied Ecology*, 40: 535-544.
- Miki, T., Nakatsukasa, H., Takahashi, N., Murata, O., Ishibashi, Y., (2011). Aggressive behaviour and cannibalism in greater amberjack, *Seriola dumerili*: effects of stocking density, feeding conditions and size differences. *Aquaculture Research*, 42: 1339-1349.
- Montero, D., Lalumera, G., Izquierdo, M.S., Caballero, M.J., Saroglia, M., Tort, L., (2009). Establishment of dominance relationships in gilthead sea bream *Sparus aurata* juveniles during feeding: effects on feeding behaviour, feed utilization and fish health. *Journal of Fish Biology*, 74: 790-805.
- Moretz, J.A., Morris, M.R., (2003). Evolutionarily labile responses to a signal of aggressive intent. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270: 2271-2277.

- Morris, M.R., Mussel, M., Ryan, M.J., (1995). Vertical bars on male *Xiphophorus multilineatus*: a signal that deters rival males and attracts females. *Behavioral Ecology*, 6: 274-279.
- Newberry, R.C., (1995). Environmental enrichment: increasing the biological relevance of captive environments. *Applied Animal Behaviour Science*, 44: 229-243.
- Nijman, V., Heuts, B.A., (2000). Effect of environmental enrichment upon resource holding power in fish in prior residence situations. *Behavioural Processes*, 49: 77-83.
- Nijman, V., Heuts, B.A., (2011). Aggression and dominance in cichlids in resident-intruder tests: the role of environmental enrichment. *Neotropical Ichthyology*, 9: 543-545.
- Noël, M.V., Grant, J.W.A., Carrigan, J.G., (2005). Effects of competitor-to-resource ratio on aggression and size variation within groups of convict cichlids. *Animal Behaviour*, 69: 1157-1163.
- Oliveira, R.F., Almada, V.C., (1996). Dominance hierarchies and social structure in captive groups of the Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus* (Teleostei Cichlidae). *Ethology Ecology and Evolution*, 8: 39-55.
- Oliveira, R.F., Silva, J.F., Simoes, J.M., 2011 Fighting zebrafish: Characterization of aggressive behavior and winner-loser effects. *Zebrafish*, 8: 73-81.
- Ottesen, O.H., Noga, E.J., Sandaa, W., (2007). Effect of substrate on progression and healing of skin erosions and epidermal papillomas of Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (L.). *Journal of Fish Diseases*, 30: 43-53.
- Øverli, O., Harris, C.A., Winberg, S., (1999). Short-term effects of fights for social dominance and the establishment of dominant-subordinate relationships on brain monoamines and cortisol in rainbow trout. *Brain, Behavior and Evolution*, 54: 263-275.
- Øverli, O., Winberg, S., Pottinger, T.G., (2005). Behavioral and neuroendocrine correlates of selection for stress responsiveness in rainbow trout - A review. *Integrative and Comparative Biology*, 45: 463-474.
- Papoutsoglou, S.E., Karakatsouli, N., Batzina, A., Papoutsoglou, E.S., Tsopelakos, A., (2008). Effect of music stimulus on gilthead seabream *Sparus aurata* physiology under different light intensity in a re-circulating water system. *Journal of Fish Biology*, 73: 980-1004.
- Parra, G., Yúfera, M., (1999). Tolerance response to ammonia and nitrite exposure in larvae of two marine fish species (gilthead seabream *Sparus aurata* L. and Senegal sole *Solea senegalensis* Kaup). *Aquaculture Research*, 30: 857-863.
- Pavlidis, M., Mylonas, C., 2011. Sparidae: Biology and Aquaculture of Gilthead Sea Bream and Other Species. Wiley-Blackwell, Iraklion, Crete.
- Persson, L., (1985). Optimal foraging: the difficulty of exploiting different feeding strategies simultaneously. *Oecologia*, 67: 338-341.
- Petersson, E., Järvi, T., Olsén, H., Mayer, I., Hedenskog, M., (1999). Male-male competition and female choice in brown trout. *Animal Behaviour*, 57: 777-783.
- Poli, B.M., (2009). Farmed fish welfare-suffering assessment and impact on product quality. *Italian Journal of Animal Science*, 8: 137-160.
- Polis, G.A. (1988) Exploitation competition and the evolution of interference, cannibalism, and intraguild predation in age/size-structured populations. In "Size-structured populations" Ed. Ebenman, B., Persson, L., Springer-Verlag, Berlin, pp. 185-202.
- Pottinger, T.G., Pickering, A.D., (1992). The influence of social interaction on the acclimation of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) to chronic stress. *Journal of Fish Biology*, 41: 435-447.

- Richard, M., Maurice, J.T., Anginot, A., Paticat, F., Verdegem, M.C.J., Hussenot, J.M.E., (2010). Influence of periphyton substrates and rearing density on *Liza aurata* growth and production in marine nursery ponds. *Aquaculture*, 310: 106-111.
- Roberts, L.J., Taylor, J., Garcia de Leaniz, C., (2011). Environmental enrichment reduces maladaptive risk-taking behavior in salmon reared for conservation. *Biological Conservation*, 144: 1972-1979.
- Rubenstein, D.I., (1981). Population density, resource patterning, and territoriality in the Everglades pygmy sunfish. *Animal Behaviour*, 29: 155-172.
- Rushen, J., (1987). A difference in weight reduces fighting when unacquainted newly weaned pigs first meet. *Canadian Journal of Animal Science*, 67: 951-960.
- Rutte, C., Taborsky, M., Brinkhof, M.W.G., (2006). What sets the odds of winning and losing? *Trends in Ecology and Evolution*, 21: 16-21.
- Ruzzante, D.E., (1994). Domestication effects on aggressive and schooling behavior in fish. *Aquaculture*, 120: 1-24.
- Ryer, C.H., Olla, B.L., (1996). Growth depensation and aggression in laboratory reared coho salmon: The effect of food distribution and ration size. *Journal of Fish Biology*, 48: 686-694.
- Sakakura, Y., Tsukamoto, K., (1998). Effects of density, starvation and size difference on aggressive behaviour in juvenile yellowtails (*Seriola quinquevadiata*). *Journal of Applied Ichthyology*, 14: 9-13.
- Salvanes, A.G.V., Braithwaite, V.A., (2005). Exposure to variable spatial information in the early rearing environment generates asymmetries in social interactions in cod (*Gadus morhua*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 59: 250-257.
- Salvanes, A.G.V., Braithwaite, V., (2006). The need to understand the behaviour of fish reared for mariculture or restocking. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 345-354.
- Saxby, A., Adams, L., Snellgrove, D., Wilson, R.W., Sloman, K.A., (2010). The effect of group size on the behaviour and welfare of four fish species commonly kept in home aquaria. *Applied Animal Behaviour Science*, 125: 195-205.
- Schwarz, A., (1974a). Sound Production and Associated Behaviour in a Cichlid Fish, *Cichlasoma centrarchus*. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 35: 147-156.
- Schwarz, A., (1974b). The Inhibition of Aggressive Behavior by Sound in the Cichlid Fish, *Cichlasoma centrarchus*. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 35: 508-517.
- Shepherdson, D.J., Mellen, J.D., Hutchins, M., 1998. Second nature: environmental enrichment for captive animals. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Slavík, O., Pešta, M., Horký, P., (2011). Effect of grading on energy consumption in European catfish *Silurus glanis*. *Aquaculture*, 313: 73-78.
- Sloman, K.A., Armstrong, J.D., (2002). Physiological effects of dominance hierarchies: Laboratory artefacts or natural phenomena? *Journal of Fish Biology*, 61: 1-23.
- Sloman, K.A., Motherwell, G., O'Connor, K.I., Taylor, A.C., (2000). The effect of social stress on the Standard Metabolic Rate (SMR) of brown trout, *Salmo trutta*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 23: 49-53.
- Sloman, K.A., Baldwin, L., McMahon, S., Snellgrove, D., (2011). The effects of mixed-species assemblage on the behaviour and welfare of fish held in home aquaria. *Applied Animal Behaviour Science*, 135: 160-168.
- Stefansson, M.Γ., Imsland, A.K., Jenssen, M.D., Jonassen, T.M., Stefansson, S.O., Fitzgerald, R., (2000). The effect of different initial size distributions on the growth of Atlantic halibut. *Journal of Fish Biology*, 56: 826-836.

- Strand, D.A., Utne-Palm, A.C., Jakobsen, P.J., Braithwaite, V.A., Jensen, K.H., Salvanes, A.G.V., (2010). Enrichment promotes learning in fish. *Marine Ecology Progress Series*, 412: 273-282.
- Strand, H., Øiestad, V., (1997). Growth and the effect of grading, of turbot in a shallow raceway system. *Aquaculture International*, 5: 397-406.
- Sunde, L.M., Imsland, A.K., Folkvord, A., Stefansson, S.O., (1998). Effects of size grading on growth and survival of juvenile turbot at two temperatures. *Aquaculture International*, 6: 19-32.
- Symons, P.E.K., (1971). Behavioural adjustment of population density to available food by juvenile Atlantic salmon. *The Journal of Animal Ecology*, 4: 569-587.
- Tal, Y., Schreier, H.J., Sowers, K.R., Stubblefield, J.D., Place, A.R., Zohar, Y., (2009). Environmentally sustainable land-based marine aquaculture. *Aquaculture*, 286: 28-35.
- van de Weerd, H.A., Day, J.E.L., (2009). A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. *Applied Animal Behaviour Science*, 116: 1-20.
- Vanheukelom, V., Driessen, B., Geers, R., (2012). The effects of environmental enrichment on the behaviour of suckling piglets and lactating sows: A review. *Livestock Science*, 143: 116-131.
- Volpato, G. L., Fernandes, M. O., 1994. Social control of growth in fish. Associação Brasileira de Divulgação Científica, Ribeirão Preto, BRESIL, 27: 797-810.
- Volpato, G.L., Gonçalves-de-Freitas, E., Fernandes-de-Castilho, M., (2007). Insights into the concept of fish welfare. *Diseases of Aquatic Organisms*, 75: 165-171.
- von Krogh, K., Sørensen, C., Nilsson, G.E., Øverli, Ø., (2010). Forebrain cell proliferation, behavior, and physiology of zebrafish, *Danio rerio*, kept in enriched or barren environments. *Physiology and Behavior*, 101: 32-39.
- Wańkowski, J.W.J., Thorpe, J.E., (1979). Spatial distribution and feeding in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. juveniles. *Journal of Fish Biology*, 14: 239-247.
- Weir, L.K., Hutchings, J.A., Fleming, I.A., Einum, S., (2004). Dominance relationships and behavioural correlates of individual spawning success in farmed and wild male Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Journal of Animal Ecology*, 73: 1069-1079.
- Wells, D.L., (2009). Sensory stimulation as environmental enrichment for captive animals: a review. *Applied Animal Behaviour Science*, 118: 1-11.
- Williams, T.D., Readman, G.D., Owen, S.F., (2009). Key issues concerning environmental enrichment for laboratory-held fish species. *Lab. Anim.*, 43: 107-120.
- Winberg, S., Nilsson, G.E., (1993). Roles of brain monoamine neurotransmitters in agonistic behaviour and stress reactions, with particular reference to fish. *Comparative Biochemistry and Physiology C*, 106: 597-614.
- Winberg, S., Nilsson, G.E., Olsén, K.H., (1991). Social rank and brain levels of monoamines and monoamine metabolites in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Journal of Comparative Physiology A*, 168: 241-246.
- Winberg, S., Nilsson, G.E., Olsén, K.H., (1992). Changes in brain serotonergic activity during hierarchic behavior in Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) are socially induced. *Journal of Comparative Physiology A*, 170: 93-99.
- Yamagishi, H., Maruyama, T., Mashiko, K., (1974). Social relation in a small experimental population of *Odontobutis obscurus* (Temminck et Schlegel) as related to individual growth and food intake. *Oecologia*, 17: 187-202.
- Yerkes, R.M., 1925. Almost human. The Century Co., New York.

- Yousif, O.M., 2002. The effects of stocking density, water exchange rate, feeding frequency and grading on size hierarchy development in juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L.
- Κασιανός, Ν., 2007. Διερεύνηση της επίδρασης του χρώματος των δεξαμενών εκτροφής και της ιχθυοπυκνότητας στα παραγωγικά χαρακτηριστικά νεαρών ατόμων του ιχθύος μυτακιού (*Diplodus puntazzo*), Τμήμα Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής και Υδατοκαλλιεργειών. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, pp. 107.
- Μπατζίνα, Α., Καρακατσούλη, Ν., Τσουμπρή, Α., 2011. Επίδραση της παρουσίας υποστρώματος και της πυκνότητας στην ανάπτυξη και την επιθετική συμπεριφορά νεαρών ατόμων τσιπούρας *Sparus aurata*, 26ο Ετήσιο Επιστημονικό Συνέδριο της Ελληνικής Ζωοτεχνικής Εταιρίας (Ε.Ζ.Ε.), Χαλκίδα, pp. 101-102.
- Παπουτσόγλου, Σ.Ε., 1994. Μαθήματα Εφαρμοσμένης Υδροβιολογίας, Αθήνα.