



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

ΣΧΟΛΗ ΤΕΤΡΟΔ

ΤΜΗΜΑ ΤΑΥ

**Λειτουργία συστήματος συνδυασμένων καλλιεργειών
ψαριών και λαχανικών (Aquaponics) στον εργαστηριακό
χώρο «Βιολογίας & Καλλιέργειας Ιχθύων» του Τμήματος
Τεχνολογίας Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών του ΤΕΙ Δυτικής
Ελλάδας**



**Σταματία Μάργαρη (11943), Θανάσης
Παγωνίδης(11984)& Νίκος Ρούσσης (12028)**

Επιβλέπων: Γιάννης Κλαδάς, Καθηγητής

Μεσολόγγι 2018

Περίληψη

Αντικείμενο της εργασίας μας ήταν η συνδυασμένη εκτροφή του τροπικού ψαριού του γλυκού νερού *Tilapia nilotica* και της καλλιέργειας μαρουλιού *Lactuca sativa* αρχικά και στη συνέχεια πλατύφυλλου βασιλικού *Ocimum basilicum*, σε ένα σύστημα Aquaponics. Η τιλάπια αποδείχτηκε πολύ ανθεκτικό ψάρι σε όλη τη διάρκεια των εκτροφών, καθώς η θνησιμότητα ήταν σχεδόν μηδενική σε όλες τις δεξαμενές και σε όλες τις φάσεις εκτροφής. Οι ημερήσιες καταναλώσεις τροφής (DFR) κυμάνθηκαν από 3% έως 1,5% ζώντος βάρους ψαριών ανά ημέρα, με πτωτική εξέλιξη αυξανόμενου του μεγέθους των ψαριών. Οι συντελεστές μετατρεψιμότητας (FCR) κυμάνθηκαν συνήθως κάτω της μονάδας σε όλες τις δεξαμενές και σε όλη τη διάρκεια των εκτροφών. Οι αλλαγές στην ποιότητα του νερού των εκτροφών σχετίστηκαν άμεσα με τις στρατηγικές διαχείρισης (αλλαγές βιομάζας ψαριών, ρυθμός ταΐσματος), τον μεταβολισμό των ψαριών, τις διαδικασίες νιτροποίησης στο κύκλωμα, καθώς και την ανάπτυξη των φυτών (απορρόφηση θρεπτικών αλάτων). Η πρώτη προσπάθεια καλλιέργειας μαρουλιού στο σύστημα δεν ολοκληρώθηκε λόγω της υψηλής θερμοκρασίας του νερού (24 °C) («σπόριασμα» φυτωρίων). Αντίθετα, ο πλατύφυλλος βασιλικός αναπτύχθηκε με ιδιαίτερα καλές επιδόσεις τις είκοσι πρώτες ημέρες στη θερμοκρασία των 22 °C.

Abstract

Object of our study was the combined rearing of tropical freshwater fish *Tilapia nilotica* and cultivation Lettuce *Lactuca sativa* initially and then broad-leaved basil *Ocimum basilicum*, in an Aquaponics system. Tilapia proved to be very resistant fish throughout the rearing, as the mortality was almost zero in all tanks and in all breeding phases. Daily foodrates (DFR) ranged from 3% to 1.5% of live fish weight per day, with a downward trend with increasing fish size. Food conversion rates (FCR) usually ranged below unit in all tanks and throughout the rearing period. Changes in water quality have been directly related to management strategies (fish biomass changes, feed rate), fish metabolism, nitrification processes in the circuit, and plant growth (nutrient absorption). The first attempt of lettuce cultivation in the system was not completed because of the high temperature of the water (24 °C, leaf bolting). On the contrary, broadleaf basil grew with particularly good performances during the first 21 days at 22 °C.

Πρόλογος

Το θέμα με το οποίο ασχοληθήκαμε ήταν η συνδυασμένη εκτροφή του τροπικού ψαριού του γλυκού νερού *Tilapia nilotica* και της καλλιέργειας μαρουλιού αρχικά και πλατύφυλλου βασιλικού στη συνέχεια, σε ένα σύστημα Aquaponics (ελλην., «Ενυδρειοπονίας»). Ο σκοπός αυτού του είδους των πειραμάτων είναι η βελτιστοποίηση της παραγωγής ζωικής και φυτικής βιομάζας σε όρια παραμέτρων του νερού, τέτοια που να ικανοποιούν τόσο τα ψάρια και τα φυτά, όσο και τους περιορισμούς της ασφαλούς κατανάλωσής τους από τον άνθρωπο.

Τα αποτελέσματά μας έδειξαν ότι η τιλάπια είναι ψάρι που μεγαλώνει χωρίς προβλήματα σε μικρούς σχετικά όγκους, με άριστες επιδόσεις εκτροφής (ρυθμοί ανάπτυξης και μετατρεψιμότητα). Η καλλιέργεια των λαχανικών, ιδίως του βασιλικού ήταν επίσης ικανοποιητική. Από την όλη εμπειρία μας διαπιστώσαμε ότι το σύστημα Aquaponics είναι ένα εξαιρετικό εκπαιδευτικό εργαλείο για τις σπουδές μας, καθώς εφαρμόσαμε τεχνικές τόσο για την διαχείριση της βιομάζας των ψαριών (διαλογές, αραιώσεις πληθυσμών), όσο και για την διαχείριση της ποιότητας του νερού (pH, νιτρικά άλατα).

Πρέπει να ευχαριστήσουμε τους καθηγητές μας για την πολύτιμη βοήθεια που μας πρόσφεραν και μας έκαναν πιο εύκολη την όλη επιτυχία της καλλιέργειας μας. Ξεκινώντας με την κυρία Αθηνά Σαμαρά που ήταν πάντα μέσα στο εργαστήριο και μας κατατόπισε στη διαχείριση των ψαριών και των φυτών και απαντούσε σε κάθε απορία μας. Τον κύριο Παναγιώτη Δενδρινό που βοήθησε με την τεχνογνωσία του, με τη μεταφορά των ψαριών και με τη συνεισφορά τους σε εργαστηριακό εξοπλισμό. Την κυρία Δέσποινα Αβραμίδου που μας δάνειζε ότι είχαμε ανάγκη από το διπλανό εργαστήριο φυκοκαλλιέργειών αλλά και με την προθυμία της να μας βοηθήσει σε οτιδήποτε χρειαζόμασταν. Ακόμα να ευχαριστήσουμε την κυρία Βλασούλα Μπεκιάρη που με τον εξοπλισμό του εργαστηρίου της Χημείας μας έβγαζε ακριβή αποτελέσματα για οτιδήποτε φυσικοχημικές παραμέτρους χρειαζόμασταν. Τον κύριο Δημήτρη Μουτόπουλο που μας ανέπτυξε τα αποτελέσματα σε κατανοητά διαγράμματα. Και τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στον καθηγητή μας κύριο Γιάννη Κλαδά που μας επέλεξε και μας εμπιστεύτηκε για αυτή την πολύ ενδιαφέρουσα πειραματική εργασία, μας βοήθησε για να την κατανοήσουμε και να την καταγράψουμε με τον καλύτερο δυνατό τρόπο καθώς και το ότι ήταν εκεί για κάθε απορία μας. Ήταν μία εμπειρία, η οποία μας βοήθησε να κάνουμε πράξη όλα αυτά που είχαμε μάθει τόσα χρόνια. Σίγουρα αυτό το μικρό ταξίδι θα μας μείνει αξέχαστο κρατώντας τις καλές και δύσκολες στιγμές που περάσαμε για την ολοκλήρωση του στόχου μας.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	2
Abstract	3
Πρόλογος.....	4
1 Εισαγωγή.....	7
1.1 Aquaponics	7
1.1.1 Ορισμός, ιστορικό, εισαγωγικά στοιχεία και τρέχουσες εφαρμογές.....	7
1.1.2 Πλεονεκτήματα και αδυναμίες παράγωγης τροφίμων από Aquaponics.....	8
1.1.3 Βασικές υδροπονικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται στα συστήματα Aquaponics	9
1.1.4 Ποιότητα νερού για συνδυασμένες καλλιέργειες ψαριών και φυτών.....	9
1.2 Οι οργανισμοί που χρησιμοποιήσαμε	11
1.2.1 Τιλάπια του Νείλου <i>Oreochromis niloticus</i>	11
1.2.2 Μαρούλι <i>Lactucasativa</i>	19
1.2.3 Βασιλικός <i>Ocimum basilicum</i>	19
1.3 Σύστημα εκτροφής σε ανακυκλούμενο νερό (RAS)	20
1.3.1 Βιολογική επεξεργασία νερού και ανακύκλωση.....	20
1.3.2 Πλεονεκτήματα από τη χρήση κλειστών κυκλωμάτων.....	21
2 Μέθοδοι και Υλικά	22
2.1 Προέλευση νερού.....	23
2.2 Δεξαμενές και δίκτυα.....	23
2.2.1 Δεξαμενές εκτροφής	23
2.2.1.1.1 Ταΐστρες.....	24
2.2.1.1.2 Airlift	24
2.2.1.1.3 Προστατευτικό σκέπασμα.....	25
2.2.2 Δίκτυα.....	25
2.3 Επεξεργασία ανακυκλοφορούμενου νερού	26
2.3.1 Μηχανικός καθαρισμός του νερού	26
2.3.2 Βιολογικά φίλτρα	26
2.4 Ρύθμιση θερμοκρασίας.....	27
2.5 Ιχθυοκομική διαχείριση	28
2.5.1 Υποδοχή ψαριών.....	28
2.5.2 Τάισμα	29
2.5.3 Καθαρισμός.....	29
2.5.4 Δειγματοληψίες και αποδόσεις εκτροφής.....	29
2.6 Παρακολούθηση και έλεγχος ποιότητας νερού	30

2.7 Καλλιέργειες λαχανικών.....	30
2.7.1 Σύστημα καλλιέργειας.....	30
2.7.2 Προσθήκη φυτών	31
2.7.4 Δειγματοληψία.....	31
2.8 Στατιστική επεξεργασία και τεκμηρίωση.....	31
3 Αποτελέσματα & Συζήτηση.....	32
3.1 Βελτίωση κυκλοφορίας νερού της δεξαμενής	32
3.2 Εκτροφές ψαριών	36
3.2.1 Σχέσεις μήκους-βάρους.....	36
3.2.2 Ανάπτυξη	38
3.3 Ποιότητα νερού	48
3.4 Καλλιέργειες λαχανικών.....	53
3.4.1 Μαρούλι	53
3.4.2 Βασιλικός.....	55
4 Συμπεράσματα	58
5 Βιβλιογραφία.....	59
5.1 Ξενόγλωσσηβιβλιογραφία	59
5.2 Ελληνικήβιβλιογραφία.....	60
6 Παράρτημα: αποδόσεις εκτροφών ανα δειγματοληψία	61

1 Εισαγωγή

1.1 Aquaponics

1.1.1 Ορισμός, ιστορικό, εισαγωγικά στοιχεία και τρέχουσες εφαρμογές

Με τον όρο Aquaponics ορίζεται η ενσωμάτωση συστημάτων ανακύκλωσης υδατοκαλλιέργειας (RAS) και υδροπονίας (Hydroponics) σε ένα σύστημα παραγωγής.

Η δραστηριότητα πρωτοεμφανίστηκε ως ερευνητική στην δεκαετία του '70 στην Αμερική με την ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών, όμως υπήρχε ήδη ένα πλούσιο ιστορικό, καθώς:

- Οι Ατζέκοι έκαναν γεωργικές καλλιέργειες σε σταθερές ή κινητές νησίδες (chinampas) μέσα σε ρηχές λίμνες, στις οποίες κατέληγαν τα απόβλητα από χωρία της περιοχής. Οι καλλιέργειες ποτίζονταν με τα νερά των λιμνών.
- Στην Νότια Κίνα, στην Ταϊλάνδη και στη Ινδονησία υπάρχει παράδοση στις συμβιωτικές καλλιέργειες ρυζιού και ψαριών σε υδατοσυλλογές.
- Στην Κίνα πραγματοποιούνται εκτεταμένες (έως και 10 στρέμματα) πλωτές καλλιέργειες φυτών (ρύζι, σιτάρι, κάννα) σε δεξαμενές πολυκαλλιέργειας ψαριών. ,

Ειδικότερα, πρόκειται για συνδυασμούς εκτροφής ψαριών με παραγωγή φυτών χωρίς χώμα σε ανακυκλούμενο σύστημα υδατοκαλλιέργειας, όπου τα βακτήρια του κύκλου του αζώτου μετατρέπουν τα απόβλητα των ψαριών σε αμμωνία) σε νιτρικά που είναι τροφή για τα φυτά (η ίδια διαδικασία νιτροποίησης συμβαίνει και στο χώμα). Τα βακτήρια , το πιο σημαντικό κομμάτι των aquaponics, δεν είναι ορατά στο γυμνό μάτι. Ωστόσο, βασικοί παράγοντες για τη διατήρηση υγιών βακτηριδίων είναι η θερμοκρασία του νερού, το pH, το DO, και η επαρκής επιφάνεια ανάπτυξης των βακτηρίων.

Τα επιτυχημένα συστήματα υδροπονίας είναι ισορροπημένα. Ο κύριος κατευθυντήριος παράγοντας είναι η ημερήσια δόση τροφής (DailyFeedingRateDFR, που υπολογίζεται ως ποσοστό επί της βιομάζας των ψαριών). Είναι ο οδηγός για την εξισορρόπηση της ποσότητας των ιχθυοτροφών που χρησιμοποιούνται και της φυτικής καλλιέργειας που μπορούν να υποστηρίξουν. Για παράδειγμα (Somerville *et al.*, 2014):

- τα φυλλώδη λαχανικά απαιτούν 20-50 g ιχθυοτροφής/ m² / ημέρα
- τα καρποφόρα λαχανικά απαιτούν 50–80 g ιχθυοτροφής /m²/ημέρα

Σημαντική είναι η καθημερινή υγειονομική παρακολούθηση ψαριών και φυτών. Ασθένειες, διατροφικές ελλείψεις και ο θάνατος είναι κυρίως συμπτώματα ενός μη ισορροπημένου συστήματος. Προς τούτο απαιτούνται εβδομαδιαίες μετρήσεις των ενώσεων του αζώτου πληροφορούν σχετικά με την ισορροπία του συστήματος. Έτσι:

- Ψηλές τιμές αμμωνίας, ή νιτρικών σημαίνει ανεπάρκεια βιολογικής επεξεργασίας
- Χαμηλά νιτρικά σημαίνουν πολλά φυτά, ή όχι αρκετά ψάρια (ιχθυοτροφή)
- Υψηλά νιτρικά σημαίνει αρκετή τροφή για τα φυτά, όμως να μην ξεπερνά τα 150 mg/lit

Σήμερα, η χρήση συστημάτων Aquaponics αφορά τις εξής περιπτώσεις (Somerville *et al.*, 2014):

- Οικιακές, μικρής κλίμακας εφαρμογές (δεξαμενή ψαριών 1 000 λίτρων, χώρος καλλιεργειών 3 m²). Ο σκοπός είναι η παραγωγή τροφίμων για επιβίωση και οικιακή χρήση.
- Ελάχιστα λόγω υψηλού κόστους ημι-εμπορικά και εμπορικά aquaponics που αφορούν κυρίως μονοκαλλιέργειες μαρουλιών και βασιλικού.
- Πολύ πετυχημένες μεγάλες μονάδες σε ερευνητικά κέντρα στις ΗΠΑ, (Hawai, Newburgh, New York), πιστοποιημένες για βιολογικά προϊόντα στρατηγικές marketing και προώθησης στο λιανεμπόριο (εστιατόρια, παντοπωλεία, υγιεινής διατροφής, αγροτικές αγορές)
- Εκπαιδευτικά προγράμματα σε όλες τις βαθμίδες και μορφές σε Φυτοτεχνία, Ζωοτεχνία, Συλλογή βρόχινου νερού, Ανακύκλωση θρεπτικών, Βιολογικές καλλιέργειες, Βιολογικές επιστήμες (ανατομία, φυσιολογία), Φυσική και Χημεία, Καλές πρακτικές, μαγειρική κ.ά
- Ανθρωπιστική βοήθεια και παρεμβάσεις ασφάλειας των τροφίμων με εφαρμογές σε αναπτυσσόμενες χώρες Μπαρμπάντος, Βραζιλία, Μποτσουάνα, Αιθιοπία, Γκάνα, Γουατεμάλα, Αϊτή, Ινδία, Τζαμάικα, Μαλαισία, Μεξικό, Νιγηρία, Παναμάς, Φιλιππίνες, Ταϊλάνδη, Ζιμπάμπουε, καθώς και Δυτική Όχθη και Λωρίδα της Γάζας (FAO)

1.1.2 Πλεονεκτήματα και αδυναμίες παράγωγης τροφίμων από Aquaponics

Σύμφωνα με τους Somerville *et al.* (2014) τα κυριότερα πλεονεκτήματα από την εφαρμογή συστημάτων Aquaponics αξιολογούνται τα ακόλουθα:

- Πρόκειται για Βιώσιμα εντατικά συστήματα παραγωγής τροφίμων
- Από μία πηγή αζώτου (ιχθυοτροφή) παράγονται δύο γεωργικά προϊόντα (ψάρια και λαχανικά)
- Η χρήση του νερού είναι περιορισμένη και άρα εξαιρετικά αποδοτική.
- Δεν απαιτείται καλλιεργήσιμο έδαφος για την εφαρμογή τους. Μπορούν να αξιοποιηθούν άγονες επιφάνειες (έρημοι, υποβαθμισμένα και αλμυρά εδάφη, αμμώδη νησιά κτλ).
- Η διαχείριση και η παραγωγή είναι σε βιολογική βάση. Δεν χρησιμοποιούνται λιπάσματα ή χημικά φυτοφάρμακα. Συνεπώς υπάρχει υψηλό επίπεδο βιοασφάλειας, ενώ παράλληλα ελαχιστοποίηση του κινδύνου από εξωτερική ρύπανση.
- Επιτυγχάνονται υψηλότερες αποδόσεις και ποιοτική παραγωγή.
- Το επίπεδο ελέγχου της παραγωγής είναι υψηλό, με αποτέλεσμα την μείωση των απωλειών.
- Τα απόβλητα είναι ελάχιστα.
- Υπάρχει εξοικονόμηση χειρονακτικής εργασίας (όλα τα φύλα και ηλικίες)
- Επιτυγχάνονται οικονομικές οικογενειακές παραγωγές.
- Υπάρχει ευρέως διαθέσιμη πληροφορία και κατασκευαστικά υλικά στο διαδίκτυο καθώς οι αποδέκτες είναι είτε οικονομικά αδύναμα άτομα (μέσω ΟΗΕ λ.χ.), είτε χομπίστες (λ.χ. δίκτυα ανυδρείοφίλων).

Οι αδυναμίες της χρήσης συστημάτων Aquaponics σύμφωνα με τους ίδιους συγγραφείς είναι οι εξής:

- Το υψηλό αρχικό κόστος εκκίνησης φυτικών καλλιεργειών σε σύγκριση με τα κλασικά μπουστάνια, ή την υδροπονία.

- Η αναγκαιότητα ύπαρξης απαραίτητων γνώσεων για ψάρια, βακτήρια και φυτική παραγωγή.
- Οι απαιτήσεις ψαριών και φυτών δεν ταιριάζουν πάντα απόλυτα. Δεν συνιστάται, όπου οι βέλτιστες περιοχές θερμοκρασίας ψαριών και φυτών δεν μπορούν να συμπέσουν.
- Οι επιλογές διαχείρισης σε σχέση με αυτόνομα συστήματα υδατοκαλλιέργειας, ή υδροπονίας είναι μειωμένες.
- Λάθη ή ατυχήματα μπορούν να προκαλέσουν κατάρρευση του συστήματος και οικονομική καταστροφή.
- Η καθημερινή διαχείριση είναι υποχρεωτική.
- Υπάρχει κατανάλωση ενέργειας.
- Αναγκαία η πρόσβαση σε αξιόπιστες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας, γόνο ψαριών και σπόρους των φυτών.
- Από μόνα τους τα aquaponics δεν παρέχουν μια πλήρη διατροφή.

1.1.3 Βασικές υδροπονικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται στα συστήματα Aquaponics

• **Media Bed Technique**¹. Αυτός ο τύπος Aquaponics είναι πιο φιλικός προς το χρήστη, καθώς δεν χρειάζονται πρόσθετα βιολογικά φίλτρα καθώς το νερό των εκτροφών μεταφέρονται σε αδρανές υλικό (claypелlets, ελαφρόπετρα κά), όπου γίνεται ο βιολογικός καθαρισμός, η απορρόφηση των αζωτούχων ενώσεων από τα φυτά και στη συνέχεια το νερό να επιστρέφει καθαρότερο στα ψάρια.

• **Nutrient Film Technique (NFT)**². Η τεχνολογία θρεπτικών υλικών ή το NFT είναι μια κοινή τεχνική υδροπονικής καλλιέργειας που έχει προσαρμοστεί στην aquaponics. Το σύστημα λειτουργεί με την παροχή αργής, σταθερής ροής πλούσιου σε θρεπτικά συστατικά νερού στις ρίζες των φυτών. Το νερό κυκλοφορεί με συνδυασμό αντλήσεως και αποστράγγισης βαρύτητας. Σε αυτή την τεχνική απαιτείται ξεχωριστό σύστημα βιολογικού καθαρισμού.

• **Deep Water Culture technique (DWC)**³. Πρόκειται για καλλιέργειες φυτών σε πλωτήρες, πάνω στο νερό της εκτροφής ψαριών. Το Deep Water Culture ή το DWC aquaponics είναι μια σύγχρονη παραλλαγή μιας από τις αρχαιότερες μορφές υδροπονίας ή aquaponics. Τα συστήματα DWC δημιουργούνται με τον ίδιο τρόπο που εκτρέφονται οι αρχαίοι πολιτισμοί όπως οι Αζτέκοι και οι πρώιμοι ασιατικοί πολιτισμοί. Σε αυτή την τεχνική απαιτείται ξεχωριστό σύστημα βιολογικού καθαρισμού.

1.1.4 Ποιότητα νερού για συνδυασμένες καλλιέργειες ψαριών και φυτών

Πέντε είναι οι καθοριστικοί παράμετροι για την επιτυχή λειτουργία ενός συστήματος Aquaponics: Η συγκέντρωση του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου (DO), το pH, η θερμοκρασία του νερού, Η συγκέντρωση των νιτρικών αλάτων και η αλκαλικότητα (ή ανθρακική σκληρότητα).

¹<http://www.bihydro.com/aquaponics-media-beds/>

²<https://aquaponicsexposed.com/nutrient-film-technique-in-aquaponics/>

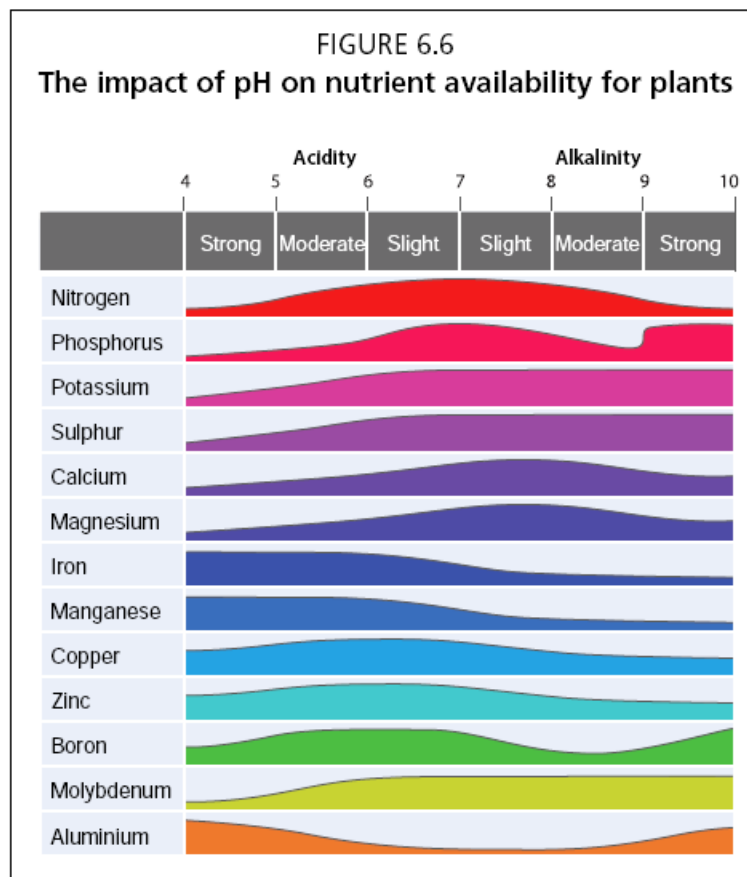
³<https://aquaponicsexposed.com/deep-water-culture-in-aquaponics/>

Ωστόσο, οι οργανισμοί που επηρεάζονται ανήκουν σε τρεις εντελώς διαφορετικές κατηγορίες. Τα βακτήρια, τα ψάρια και τα φυτά χαρακτηρίζονται από διαφορετικά βέλτιστα επίπεδα αυτών των παραγόντων, έστω και αν τα εύρη ανοχής τους σε αυτούς είναι παρόμοια. Οπότε για επιτυχημένες παραγωγές πρέπει να γίνουν ορισμένοι συμβιβασμοί. Οι σημαντικότερες παράμετροι για εξισορρόπηση είναι το pH, όπου τα φυτά απαιτούν μία τιμή γύρω στο 7 (εικ. 1) και η θερμοκρασία όπου τα βακτήρια ευδοκούν στην περιοχή 18-30 °C. Από εκεί και πέρα πρέπει οπωσδήποτε να σχεδιαστούν κατάλληλα ζευγαρώματα ειδών ψαριών και φυτών.

Ειδικότερα,

Διαλυμένο Οξυγόνο: Το εύρος συγκεντρώσεων 5-8 ppm καλύπτει όλους τους οργανισμούς που εμπλέκονται στο σύστημα. Με ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα και μία συντηρητική διαχείριση των ψαριών λογικά δεν προκύπτουν προβλήματα.

pH: Καθοριστικότερος παράγοντας, κυρίως σε φυτά και βακτήρια. Στα φυτά επηρεάζει τη διαθεσιμότητα των ιχνοστοιχείων (εικ.1) . Για παράδειγμα στην περιοχή 6-6.5, όλα τα ιχνοστοιχεία είναι διαθέσιμα. Στο 7.5 αποκλείονται τα Fe, P, Mn (nutrient lock out). Στα βακτήρια τιμές μικρότερες του 6, επηρεάζουν αρνητικά τις διαδικασίες νιτροποίησης. Τα ψάρια επηρεάζονται μέσω της αλλαγής που επιφέρουν οι χαμηλές τιμές pH στην τοξικότητα της αμμωνίας. Έτσι το ιδανικό εύρος είναι το 6-7. Οι επεμβάσεις για τη διόρθωση του pH πρέπει να είναι ήπιες καθώς επηρεάζουν καίρια την βιωσιμότητα των ψαριών.



Εικόνα 1 Απορροφητικότητα των ιχνοστοιχείων σε σχέση με το pH του νερού (Somerville *et al.*, 2014).

Θερμοκρασία: Όταν αυξάνεται, αυξάνεται και η τοξικότητα της αμμωνίας, μειώνεται η διαλυτότητα του οξυγόνου και μειώνεται η απορρόφηση του Ca από τα φυτά. Αποτελεί σημαντικό κριτήριο για την επιλογή/συνδυασμό των ειδών ψαριών και φυτών.

Για παράδειγμα, σε θερμοκρασίες 22-29 °C, επιλέγονται:

- Τιλάπια, κυπρίνος, γατόψαρο
- Μπάμιες, ασιατικό λάχανο, βασιλικός

Σε θερμοκρασίες 18-26 °C, επιλέγονται:

- Ψάρια ψυχρών νερών (πέστροφα έως 18 οC)
- Μαρούλια, αγγούρια

Όπως και στις χερσαίες καλλιέργειες, κάθε σύστημα που περιορίζει τις νυχθημερήσιες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, ωφελεί την παραγωγή: σκίαση υδάτινων επιφανειών θερμοκήπια, χρήση ηλιακής ενέργειας.

Εάν οι θερμοκρασίες τον χειμώνα είναι μικρότερες από 15 °C για πάνω από τρεις μήνες, τον χειμώνα επιλέγονται για καλλιέργεια ψυχρόφιλα είδη και το καλοκαίρι θερμοφιλα, ήθερμοφιλα είδη στις ζεστές εποχές, τον χειμώνα καθαρισμός και απολύμανση (dry out)

Αζωτούχες ανώσεις : Η αμμωνία πάνω από 1 ppm τοξική για ψάρια (βράγχια), ενώ πάνω από 4 ppm επιφέρει μείωση της βακτηριακής δραστηριότητας στο κλειστό κύκλωμα. Η τοξικότητα της εξαρτάται από pH του νερού. Τα νιτρώδη πάνω από >0.25 ppm είναι τοξικά για ψάρια (“brown blood disease” & βράγχια). Σε κλειστό κύκλωμα με καλή λειτουργία οι συγκεντρώσεις αμμωνία και νιτρωδών δεν ξεπερνούν τα 0-1 ppm. Τα νιτρικά είναι ανεκτά από τα ψάρια σε συγκεντρώσεις 300-400 ppm, αλλά είναι απαγορευτικά για την ανθρώπινη υγεία σε συγκεντρώσεις πάνω από 250 ppm, καθώς συσσωρεύονται στα φύλλα των λαχανικών. Για την καλή ανάπτυξη των φυτών προτείνονται συγκεντρώσεις 5-150 ppm (Somerville *et al.*, 2014)

1.2 Οι οργανισμοί που χρησιμοποιήσαμε

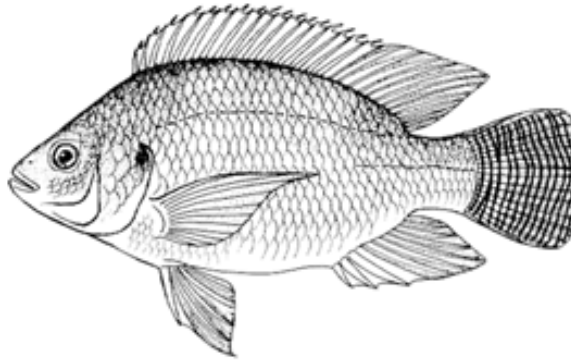
1.2.1 Τιλάπια του Νείλου *Oreochromis niloticus*

Όλα τα δεδομένα αυτού του κεφαλαίου που αφορούν την βιολογία και την καλλιέργεια του είδους τα μεταφέραμε από την ιστοσελίδα Cultured Aquatic Species Information Programme του FAO⁴.

1.2.1.1 Βιολογία και εξάπλωση

Η τιλάπια του Νείλου (*Oreochromis niloticus*, εικ. 2) είναι ένα τροπικό είδος που προτιμά να ζει σε ρηχά νερά. Τα ανώτερα και κατώτερα όρια θερμοκρασίας για την επιβίωση της τιλάπιας του Νείλου είναι 11-12 °C και 42 °C, ενώ η προτιμώμενη θερμοκρασία κυμαίνεται από 31 έως 36 °C. Το είδος είναι παμφάγο και τρέφεται με φυτοπλαγκτόν, υδρόβια φυτά, μικρά ασπόνδυλα και βενθοπανίδα. Η τιλάπια επίσης μπορεί να τρέφεται φιλτράροντας αιωρούμενα σωματίδια

⁴http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en(ημερομηνία πρόσβασης 3/10/2018)



Εικόνα 2 *Oreochromis niloticus*, τιλάπια του Νείλου

Η συστηματική της κατάταξη της τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*) είναι η εξής:

Βασίλειο: Animalia

Φύλο: Chordata

Υποφύλο: Vertebrata

Υπερκλάση: Osteichthyes

Κλάση: Actinopterygii

Υποκλάση: Neopterygii

Υπερκλάση: Teleostei

Συνομοταξία: Acanthopterygii

Τάξη: Perciformes

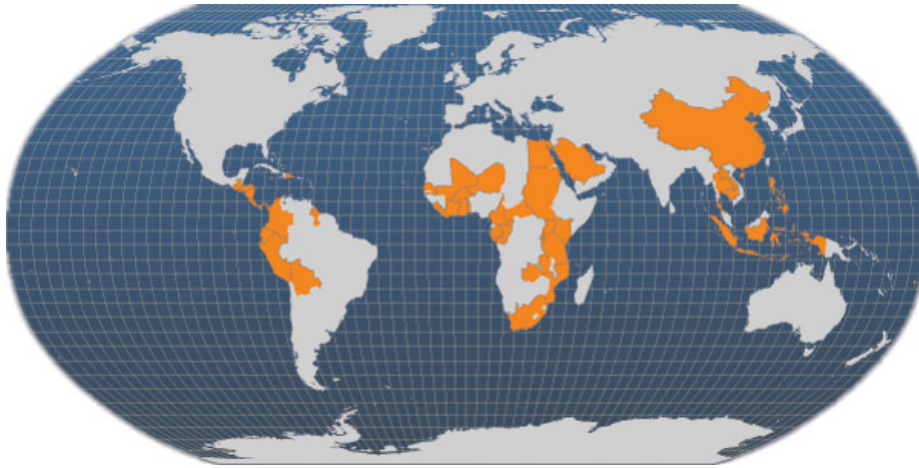
Υφομοταξία: Labroidei

Οικογένεια: Cichlidae

Γένος: *Oreochromis*

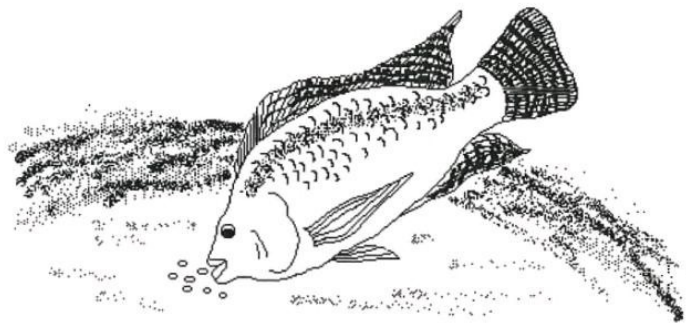
Είδος: *niloticus* (Linnaeus, 1758)

Η τιλάπια του Νείλου είναι κυρίως λιμνήσιο είδος και προσαρμόζεται εύκολα σε όλα τα οικοσυστήματα γλυκών υδάτων. Οι τιλάπιες είναι ενδημικά είδη της Αφρικής, αλλά έχουν εξαπλωθεί στις περισσότερες τροπικές και υποτροπικές περιοχές του κόσμου (εικ.3). Έχουν γίνει τα προτιμητέα εκτρεφόμενα είδη ψαριών στα τροπικά μέρη εξαιτίας της γρήγορης ανάπτυξής τους, της ικανότητάς τους να αξιοποιούν στο μέγιστο τη φυσική τροφή του συστήματος, της ευκολίας πρόσληψης ποικίλων διατροφικών συμπληρωμάτων, της χορτοφαγικής τους διατροφικής συμπεριφοράς, της ανθεκτικότητάς τους σε ασθένειες και χειρονακτικές μεταχειρίσεις, της εύκολης αναπαραγωγής τους σε συνθήκες εκτροφής και της αντοχής τους σε ένα μεγάλο εύρος περιβαλλοντικών συνθηκών.



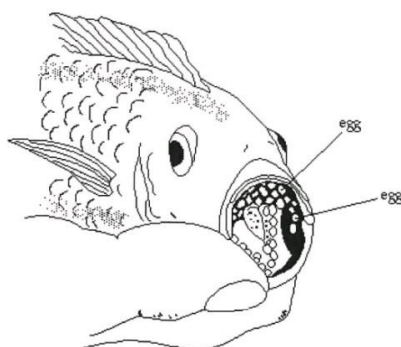
Εικόνα 3 Οι κυριότερες χώρες παραγωγής της τιλάπιας του Νείλου (*O.niloticus*)

Η γεννητική ωρίμανση σε υδατοσυλλογές επιτυγχάνεται από την ηλικία των 5-6 μηνών. Η ωοτοκία αρχίζει όταν η θερμοκρασία του νερού φθάνει τους 24 °C. Η διαδικασία αναπαραγωγής αρχίζει όταν καθορίζει το αρσενικό μια περιοχή, στην οποία σκάβει ειδικά διαμορφωμένη φωλιά για την εναπόθεση των αυγών που στη συνέχεια την φρουρεί. Το ώριμο θηλυκό ωοτοκεί στη φωλιά, και αμέσως μετά την εξωτερική γονιμοποίηση από το αρσενικό, συλλέγει τα αυγά στο στόμα του και απομακρύνεται (εικ. 4).



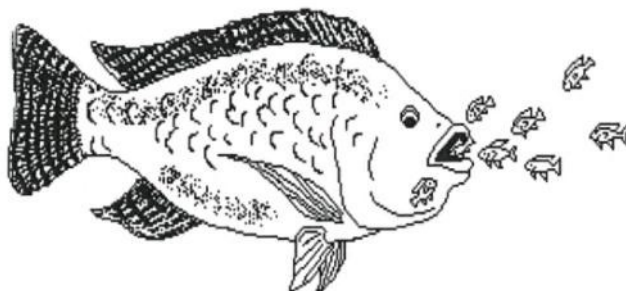
Εικόνα 4 Το θηλυκό άτομο μαζεύει τα γονιμοποιημένα αυγά του στόμα του (Πηγή: Γιαννηκώτσιου, 2010)

Το θηλυκό επωάζει τα αυγά στο στόμα του (εικ. 5), τα εκκολάπτει και κρατάει τις λάρβες μέχρι να απορροφήσουν τον λεκιθικό σάκο τους.



Εικόνα 5 Το θηλυκό επωάζει τα αυγά στο στόμα του (Πηγή:Γιαννηκώτσιου, 2010)

Η επώαση ολοκληρώνεται σε 1 έως 2 εβδομάδες, ανάλογα με τη θερμοκρασία του νερού. Αφότου απελευθερωθούν μπορούν να κολυμπήσουν πίσω στο στόμα της μητέρας εάν απειληθούν από κάποιο κίνδυνο (εικ 6). Λόγω της στοματικής επώασης, ο αριθμός αυγών ανά ωοτοκία είναι μικρός σε σύγκριση με τα περισσότερα άλλα ψάρια λιμνών. Ο αριθμός αυγών είναι ανάλογος προς το βάρος του σώματος του θηλυκού. Ένα θηλυκό που ζυγίζει 100 g θα παραγάγει περίπου 100 αυγά, ενώ ένα που ζυγίζει 600-1000 g μπορεί να παραγάγει 1000 έως 1500 αυγά. Το αρσενικό παραμένει στο έδαφος του, φρουρώντας τη φωλιά και είναι σε θέση να γονιμοποιήσει διαδοχικά τα αυγά πολλών θηλυκών. Εάν δεν υπάρξει κρύα περίοδος, κατά τη διάρκεια της οποίας η ωοτοκία καταστέλλεται, το θηλυκό μπορεί να ωοτοκεί συνεχώς. Όταν το θηλυκό επωάζει, σταματάει να τρέφεται, ή μειώνει κατά πολύ την πρόσληψη τροφής. Η τιλάπια του Νείλου μπορεί να ζήσει περισσότερο από 10 έτη και να φθάσει σε βάρος πάνω από 5 Kg (FAO 2006).



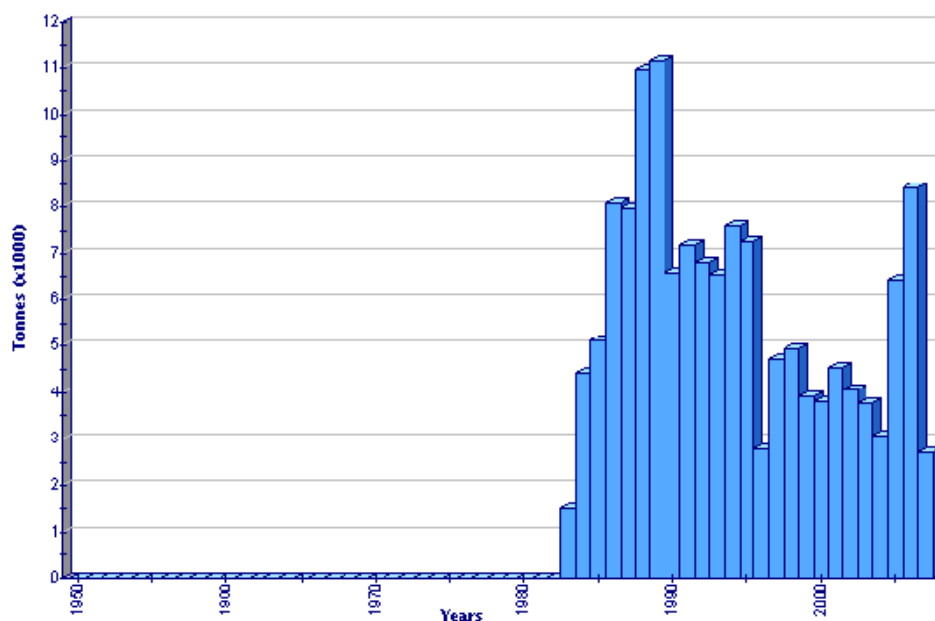
Εικόνα 6 Το θηλυκό προστατεύει τα ιχθυόδια από εξωτερικούς κινδύνους (Πηγή: Γιαννηκώτσιου, 2010)

Μερικά είδη παρουσιάζουν ικανότητα επιβίωσης σε χαμηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου ενώ αναπτύσσονται σε μεγάλο εύρος pH, σε τιμές μεταξύ 5 και 11 και είναι ανθεκτικά στην μη ιονισμένη αμμωνία ακόμα και σε συγκέντρωση

2,4 mg/L. Ωστόσο, οι τιλάπιες δεν είναι ικανές να επιβιώσουν σε θερμοκρασίες νερού χαμηλότερες από 12 °C. Η δραστηριότητά και η διατροφή τους αρχίζουν να μειώνονται σε θερμοκρασίες κάτω των 20 °C, ενώ στους 16 °C σταματούν να τρέφονται.

1.2.1.2 Υδατοκαλλιέργεια τιλάπιας

Τα κύρια εκτρεφόμενα είδη είναι: *Oreochromis niloticus* (τιλάπια Νείλου), *Oreochromis aureus* (μπλε τιλάπια), *Oreochromis mossambicus* (τιλάπια Μοζαμβίκης), *Tilapia zillii*, το υβρίδιο *O. aureus* X *O. niloticus*, και το υβρίδιο *Oreochromis* spp. (κόκκινη τιλάπια). Η παγκόσμια υδατοκαλλιεργητική παραγωγή όλων των ειδών τιλάπιας (εικ. 7) έχει αυξηθεί από 383.654 t το 1990 σε 1.504.804 t το 2002 αντιπροσωπεύοντας το 6% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής των ακτινοπερυγίων ενώ το 2007 έφτασε τους 2.121.009 t (FAO 2009, εικ.7). Η τιλάπια του Νείλου (*O. niloticus*) αποτελεί το πιο σημαντικό εκτρεφόμενο είδος τιλάπιας στον κόσμο. Η παγκόσμια παραγωγή από την εκτροφή της έφτασε το 2002 τους 1.217.055 t αντιπροσωπεύοντας το 81% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής εκτρεφόμενων ειδών τιλάπιας. Η τιλάπια του Νείλου (*O. niloticus*) εκτρέφεται ευρέως σε εκατό χώρες, των τροπικών και υποτροπικών περιοχών του κόσμου (εικ. 4) και αποτελεί την τρίτη μεγαλύτερη ομάδα των ακτινοπερυγίων που εκτρέφεται, με μέσο ρυθμό αύξησης της ετήσιας παγκόσμιας παραγωγής του της τάξης του 11,5% .



Εικόνα 7 Διακύμανση της παγκόσμιας παραγωγής εκτρεφόμενης τιλάπιας του Νείλου (*O. niloticus*) από το 1950 έως το 2007 (Πηγή: FAO Fishery Statistic 2009)

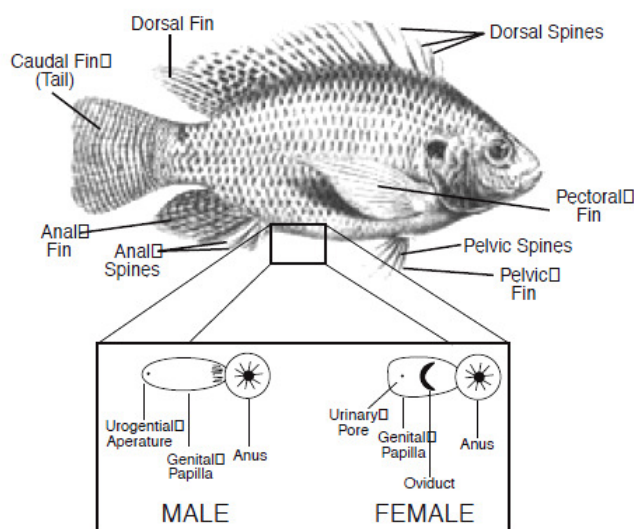
Καθώς η βιομηχανία αναπτύσσεται και η τεχνολογία βελτιώνεται συνεχώς, οι παραδοσιακές εκτατικές εκτροφές της τιλάπιας αντικαθίστανται από ημιεντατικά και εντατικά εκτροφικά συστήματα. Στις εκτατικές εκτροφές, η μόνη πηγή θρεπτικών συστατικών για την ανάπτυξη των ιχθύων είναι οι φυσικοί οργανισμοί των υδατοσυλλογών. Στα ημιεντατικά συστήματα εκτροφής, χορηγούνται συμπληρωματικές τροφές, οι οποίες είναι τοπικά διαθέσιμες και αποτελούνται από απλά, φθηνά συστατικά ιχθυοτροφών όπως, πίτουρο ρυζιού, άλευρο από καλαμπόκι, άλευρα τροπικών φυτών (π.χ. sorameal),

υποπροϊόντα ζυθοποιίας κ.α., τα οποία γενικά χρησιμοποιούνται ως συμπληρώματα στη φυσική τροφή που παρέχει το υδατοκαλλιεργητικό μέσο.

Το βασικό πρόβλημα της τιλάπιας σε εκτατικές και ημικτατικές εκτροφές είναι το πολύ μικρό μέγεθος σεξουαλικής ωρίμανσης σε συνδυασμό με τον αποτελεσματική προστασία του γόνου. Εάν δεν αντιμετωπιστεί αυτό, σύντομα οι υδατοσυλλογές γεμίζουν με πλήθος μικρών ψαριών που δεν αναπτύσσονται σε εμπορεύσιμα μεγέθη.

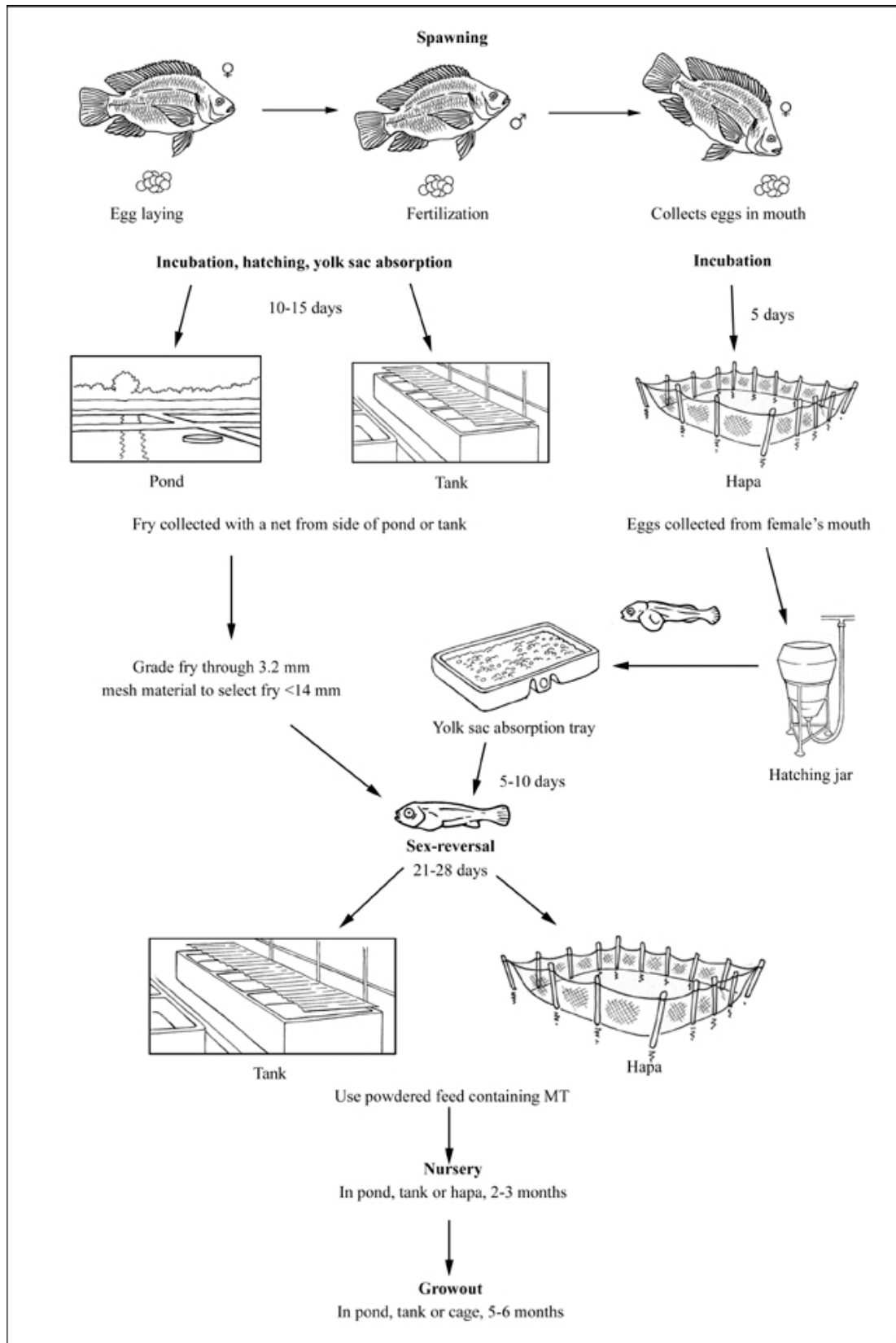
Οι στρατηγικές εκτροφής που προλαμβάνουν τον υπερπληθυσμό και το σταμάτημα της αύξησης περιλαμβάνουν (Porra&Masser 1999): 1) Εκτροφές σε ιχθυοκλωβούς, όπου τα αβγά πέφτουν διαμέσου των οπών στον πυθμένα των δεξαμενών καλλιέργειας, πριν το θηλυκό μπορέσει να τα συλλέξει για να τα επιάσει και να τα μεγαλώσει 2) πολυκαλλιέργεια με έναν θηρευτή, όπως το λαβράκι του γλυκού νερού και 3) εκτροφή μόνον αρσενικών ατόμων (monosex), η οποία είναι επιθυμητή στις δεξαμενές, όχι μόνον για να προληφθεί ο υπερπληθυσμός και το σταμάτημα της αύξησης αλλά επίσης γιατί τα αρσενικά μεγαλώνουν με διπλάσιο ρυθμό σε σχέση με τα θηλυκά.

Οι μέθοδοι παραγωγής μόνον αρσενικών ψαριών συμπεριλαμβάνουν: 1) χειρονακτικό διαχωρισμό φύλων («hand-sexing») βασισμένο στην εξέταση της γενετικής οπής (genitalpapilla) στα νεαρά ψάρια (εικ. 8). 2) Υβριδοποίηση μεταξύ δύο επιλεγμένων ειδών που παράγουν μόνο αρσενικά άτομα, για παράδειγμα θηλυκές τιλάπιες του Νείλου, ή της Μοζαμβίκης διασταυρωμένες με αρσενικά μπλέ τιλάπιας, ή Ζανζιβάρης. 3)προσθήκη ορμόνης στο φαγητό των νέο εκκολαπτόμενων νυμφών έως την ηλικία των 3-4 εβδομάδων, ώστε να παραχθούν μόνον λειτουργικά αρσενικά («sexreversal»). 4) Εφαρμογή της σχετικά πρόσφατης τεχνολογίας παραγωγής ΥΥ αρσενικών ατόμων



Εικόνα 8 Πτερύγια και γεννητική οπή στην τιλάπια του Νείλου(από Porra & Masser 1999)

Στην εικόνα 9 παρουσιάζεται ο κύκλος παραγωγής της τιλάπιας του Νείλου σε εκτροφή



Εικόνα 9Κύκλος παραγωγής της τιλάπιας του Νείλου (Πηγή FAO, 2006)

Οι θρεπτικές απαιτήσεις των διαφόρων ειδών και ποικιλιών τιλάπιας που εκτρέφονται στα διάφορα συστήματα προσδιορίζονται με βάση το είδος, το φύλο (αρσενικό -

θηλυκό) και το φυσιολογικό τους στάδιο (π.χ. ιχθύδιο, ενήλικο, γεννήτορας κτλ). Όσον αφορά την ποσότητα της τροφής που πρέπει να χορηγείται ημερησίως στις εκτρεφόμενες τιλάπιες, αυτή εξαρτάται από το σύστημα εκτροφής τους, συνδυαστικά με τις υπάρχουσες συνθήκες εκτροφής (π.χ. θερμοκρασία νερού, αλατότητα κ.α.). Γενικά, τα μικρότερα ψάρια καταναλώνουν περισσότερη τροφή αναλογικά με το σωματικό βάρος σε σύγκριση με τα μεγαλύτερα ψάρια. Προτεινόμενες δοσολογίες για την διατροφή των διαφορετικών μεγεθών της τιλάπιας δίνονται στον Πίνακα 1. Η θερμοκρασία του νερού επιδρά στον ρυθμό μεταβολισμού και στη δαπάνη ενέργειας, επιδρώντας έτσι στο ρυθμό πρόσληψης τροφής. Η τιλάπια όταν εκτεθεί σε ψυχρές περιβαλλοντικές συνθήκες καταναλώνει λιγότερη τροφή απ' ό,τι σε θερμότερες. Η τιλάπια σταματάει να τρέφεται όταν η θερμοκρασία του νερού έπεφτε κάτω από τους 16 °C. Στα ημιεντατικά εκτροφικά συστήματα η φυσική τροφή μπορεί να έχει σημαντική συμβολή στις διατροφικές απαιτήσεις των ψαριών. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, η ποσότητα της τροφής που χορηγείται θα πρέπει να είναι λιγότερη από αυτή που χορηγείται στα ψάρια που εκτρέφονται στις εντατικές καλλιέργειες.

Πίνακας 1 Ρυθμός και συχνότητα χορήγησης τροφής για διάφορα μεγέθη της τιλάπιας στους 28 °C.

Βάρος ψαριών	Ημερήσια δόση τροφής (% επί του ΣΒ)	Συχνότητα καθημερινού ταΐσματος (γεύματα)
2 ημερών έως 1 g	30-10	8
1 -5 g	10-6	6
5 - 20 g	6-4	4
20-100g	4-3	3-4
>100 g	3-2	2-3

1.2.1.1 Η ποικιλία που χρησιμοποιήσαμε

Τα κύρια είδη τιλάπιας που εκτρέφονται μπορούν συνήθως να διακριθούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας διαφορετικά πρότυπα κατανομής χρωματικών λωρίδων στο ουραίο πτερύγιο. Η τιλάπια του Νείλου για παράδειγμα έχει συνεχείς κάθετες λωρίδες στο ουραίο πτερύγιο, η μπλέ τιλάπια (*O. aureus*) έχει διακεκομμένες λωρίδες, ενώ η τιλάπια της Μονζαβίκης (*O. mossambicus*) καθόλου λωρίδες. Τα διάφορα είδη θα μπορούσαν να διακριθούν επίσης βάσει χρωματικών προτύπων του σώματος και των πτερυγίων. Η τιλάπια του Νείλου είναι γενικά γκρί ή ροζ, ενώ η τιλάπια της Μονζαβίκης είναι περισσότερο κίτρινη. Ωστόσο ο χρωματισμός είναι γενικά μία αναξιόπιστη μέθοδος αναγνώρισης των ειδών της τιλάπιας καθώς το περιβάλλον, το στάδιο της σεξουαλικής ωριμότητας και το είδος της τροφής επηρεάζουν πάρα πολύ την ένταση του χρώματος (Porma & Masser 1999).

Η «κόκκινη» τιλάπια είναι πολύ δημοφιλής στην αμερικανική αγορά γιατί μοιάζει εξωτερικά με θαλασσινό λιθρίνι (snapper) επιτυγχάνοντας μεγαλύτερες τιμές πώλησης. Οι πρώτες κόκκινες τιλάπιες παράχτηκαν στα τέλη της δεκαετίας του '60 στο Ταιβάν μέσω διασταύρωσης ράτσας κόκκινο-πορτοκαλί θηλυκιάς τιλάπιας Μονζαβίκης και μιάς κανονικής αρσενικής τιλάπιας του Νείλου. Ένα άλλο κόκκινο στέλεχος αναπτύχθηκε τη δεκαετία του '70 στην Φλόριδα, διασταυρώνοντας μία Zanzibar tilapia (*O. urolepis hornorum*) με κοκκινόχρυση τιλάπια Μονζαβίκης. Ένα τρίτο κόκκινο στέλεχος «κόκκινης» τιλάπια αναπτύχθηκε στο Ισραήλ μέσω διασταύρωσης ράτσας ροζ τιλάπιας με μπλέ τιλάπια. Όλες αυτές οι ποικιλίες έχουν διασταυρωθεί με άλλες κόκκινες τιλάπιες διαφόρων προελεύσεων, ή με άγρια άτομα του γένους *Oreochromis*. Κατά συνέπεια οι κόκκινες

τιλάπιες στην Αμερική είναι ένα μωσαϊκό ακαθόριστης προέλευσης. Ως εκ τούτου είναι αδύνατον, λόγω και της γρήγορης αλλαγής του γονιδιώματος της κόκκινης τιλάπια, να ταυτοποιηθεί με ακρίβεια ένα συγκεκριμένο στέλεχος (Porta&Masser 1999).

Αντίστοιχα η ποικιλία με την οποία δουλέψαμε, αγοράστηκε από Έλληνα παραγωγό (Κ.Ζαρμπής, Αθήνα) ως τιλάπια Μονζαβίκης, αλλά μετά τα ανωτέρω έχουμε κάθε λόγο να αμφιβάλουμε.

1.2.2 Μαρούλι *Lactucasativa*

Το είδος *Lactucasativa* L. (Lettuce) ανήκει στην οικογένεια Asteraceae και αναφέρεται ότι προέρχεται από το άγριο είδος *Lactucaserriola* ή *scariola* L. το οποίο αυτοφύεται στην Ελλάδα, ενώ απαντάται ως ζιζάνιο σε πολλές περιοχές της Ευρώπης⁵ Ανήκει στην υποδιαίρεση Liguliflorae με χαρακτηριστικά (σαν λουρί) ανθίδια και γαλακτώδη χυμό στους βλαστούς και τα φύλλα (latex). Συγγενικά είδη το κιχώριο (chicory), το αντίδι κ.ά.

Το σημαντικότερο φυλλώδες λαχανικό με χρήση ως νωπό σε σαλάτα από το φθινόπωρο έως την άνοιξη. Η ζήτηση και η παραγωγή έχει σχέση με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν- καλός καιρός - > μεγάλη κατανάλωση (χρήση σε σαλάτες). Το μαρούλι έχει διαδοθεί και καλλιεργείται σχεδόν σε όλες τις περιοχές της υψηλίου ως ετήσιο λαχανικό. Στην Ασία περίπου το 50% της παγκόσμιας παραγωγής, 27% στην Β. & Κ. Αμερική και 20% στην Ευρώπη Γερμανία και Ην. Βασίλειο εισάγουν και Ισπανία και Ολλανδία εξάγουν τις μεγαλύτερες ποσότητες μαρουλιού. Στην Ελλάδα ως υπαίθρια καλλιέργεια καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου – κυρίως νωρίς φθινόπωρο έως αργά άνοιξη. Προβλήματα έχει κατά το καλοκαίρι με σχηματισμό ανθικών στελεχών από υψηλές θερμοκρασίες και μεγάλο μήκος ημέρας (Somerville *etal.* 2014). Καλλιέργεια και στα θερμοκήπια κατά το χειμώνα με ταχεία ανάπτυξη, πολύ καλή ποιότητα, δυνατότητα καλλιέργειας εκτός εδάφους (N FT, αεροπονία κ.ά.), Στην Ελλάδα καλλιέργεια συνήθως κοντά στα μεγάλα αστικά κέντρα. Δεν γίνονται εξαγωγές αν και θα ήταν δυνατόν. Συνήθως η εγχώρια παραγωγή καλύπτει τη ζήτηση.

1.2.3 Βασιλικός *Ocimum basilicum*

Οι περισσότεροι μαγειρικοί και διακοσμητικοί βασιλικοί, είναι ποικιλίες του είδους *Ocimum basilicum*, αλλά και άλλα είδη που καλλιεργούνται επίσης και υπάρχουν πολλά υβρίδια μεταξύ των ειδών⁶. Παραδοσιακά είναι ένα πράσινο φυτό, αλλά μερικές ποικιλίες, όπως το «Purple Delight» έχουν φύλλα που εμφανίζονται μωβ. Ο βασιλικός, αναπτύσσεται σε ύψος μεταξύ 30-130 εκ., με αντικριστά, ανοιχτό-πράσινα, μεταξένια φύλλα μήκους 3-11 εκ. και πλάτους 1-6 εκ. Σε σύστημα aquaponics αυξάνεται καλύτερα σε πολύ ζεστές θερμοκρασίες. Συνιστάται σκίαση για καλύτερα ποιοτικά φύλλα και για να αποφευχθούν οι καμένες άκρες τους. Μπορούμε να ξεκινήσουμε βασιλικό σε σύστημα υδροπονίας, με φυτώρια με 4 ή 5 αληθινά φύλλα, ή να αγοράσουμε μεγαλύτερα φυτά και να καθαρίσουμε προσεκτικά τις ρίζες από το χώμα. Θερμοκρασίες νερού και αέρα κοντά στο 21 ° C 24 ώρες την ημέρα κρατούν τα φυτά ανθεκτικά στις ασθένειες.

⁵https://en.wikipedia.org/wiki/Lactuca_serriola (ημερ. πρόσβασης 2/10/2018)

⁶<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82> (ημερ. πρόσβασης 2/10/2018)

1.3 Σύστημα εκτροφής σε ανακυκλούμενο νερό (RAS)

Ένα κλειστό σύστημα υδατοκαλλιεργειών ορίζεται ως η κατασκευή εκείνη στην οποία το περιεχόμενο νερό συνεχώς επανακυκλοφορεί μέσα στο σύστημα, επαναρυθμιζόμενο συνεχώς και δεν ανανεώνεται με φρέσκο νερό παρά μόνο σε χαμηλό ποσοστό (όχι περισσότερο από 10% ημερησίως). Με τον όρο «επαναρυθμιζόμενο» νοείται το σύνολο των διαδικασιών φυσικών χημικών που καθιστούν το νερό κατάλληλο για τη διαβίωση των ψαριών. Δηλαδή, αφορά τόσο τις εμπλουτισμούς του νερού σε στοιχεία (οξυγόνωση), όσο και τις διαδικασίες καθαρισμού του (απαλλαγή από αμμωνία-νιτρώδη, διοξείδιο του άνθρακα), καθώς και ρυθμίσεις θερμοκρασίας, αλκαλικότητας, αλατότητας και pH, για να αναφερθούν τα κυρίαρχα από αυτά (Χώτος 2016).

1.3.1 Βιολογική επεξεργασία νερού και ανακύκλωση

1.3.1.1 Μηχανικός καθαρισμός

Το βασικότερο πρόβλημα των κλειστών κυκλωμάτων αποτελεί το φορτίο των αιωρούμενων σωματιδίων. Η παρουσία και η συσσώρευση των στερεών σωματιδιακών αποβλήτων (περιττώματα, υπολείμματα τροφών) επηρεάζουν αρνητικά τόσο την ποιότητα του νερού όσο και την απόδοση των μονάδων επεξεργασίας του. Επίσης, μπορούν να μπλοκάρουν διάφορα σημεία του κυκλώματος, δημιουργώντας προβλήματα ελεύθερης διέλευσης του νερού, οδηγώντας το σε έξοδο από το κύκλωμα και περαιτέρω αρνητικές συνέπειες (υπερχειλίσσεις, άδειασμα του κυκλώματος βλάβες αντλιών επανακυκλοφορίας).

Ο μηχανικός καθαρισμός σε ένα κλειστό σύστημα μπορεί να πραγματοποιηθεί με δεξαμενή Καθίζησης (ηρεμίας), με σύστημα Vortex, Bag filters

1.3.1.2 Βιολογικός καθαρισμός

Το βιολογικό φίλτρο αποτελούν το ζωτικότερο τμήμα ενός κλειστού κυκλώματος. Διάφορα υλικά δημιουργούν υπόστρωμα για την εποίκηση και ανάπτυξη βακτηρίων του κύκλου του αζώτου. Τα βακτήρια αυτά φροντίζουν για τη βιολογικό καθαρισμό του νερού του συστήματος αφαιρώντας από αυτό την παραγόμενη από τα κατάλοιπα της τροφής και τα ψάρια τοξική αμμωνία αλλά και άλλους οργανικούς ρύπους που προέρχονται από τις καταβολικές διαδικασίες των ψαριών και την οξείδωση της περίσσειας της τροφής. Ο όγκος του βιολογικού φίλτρου, η ταχύτητα διέλευσης και ο χρόνος παραμονής του νερού στην μονάδα του βιολογικού φίλτρου, καθώς και η ποιότητα των υποστρωμάτων στα οποία μπορούν να αναπτυχθούν τα βακτήρια, κύρια η ειδική επιφάνεια των υλικών (σε m^2/m^3), παίζουν καθοριστικό ρόλο στη φέρουσα ικανότητα του συστήματος. Ένα άλλο χαρακτηριστικό του υποστρώματος, ο συντελεστής κενού, επιδρά στις υδραυλικές επιδόσεις του φίλτρου, ενώ τέλος η ειδική πυκνότητα του υλικού σχετίζεται με το αποκαθαρισμό, του. Διάφορα υλικά βιολογικού φίλτρου είναι ορυκτά και κεραμικά πορώδη υλικά, ή πλαστικά υλικά με μεγάλη επιφάνεια. του (Κλαδάς 2018)

1.3.1.3 Χημικός καθαρισμός

Η λάμπα UV χρησιμοποιείται για να εξοντώσει παθογόνους και άλλους μικροοργανισμούς, ιούς, βακτήρια, άλγη, μύκητες και πρωτόζωα στο νερό. Η υπεριώδης ακτινοβολία λάμπα φιλτράρει το νερό του ενυδρείου και εκθέτει τους σε η οποία αλλοιώνει το DNA των μικροοργανισμών, σκοτώνοντάς τους. Όσο περισσότερο εκτίθεται το νερό στην ακτινοβολία τόσο πιο αποτελεσματική είναι. Κάθε μικροοργανισμός απαιτεί διαφορετική ακτινοβολία

για να εξοντωθεί. Οι ιοί εξολοθρεύονται γενικά πιο εύκολα, ενώ δυσκολότερα εξοντώνονται τα πρωτόζωα, χρειάζονται δηλαδή μεγαλύτερης έντασης ακτινοβολία (Χώτος 2016)

1.3.2 Πλεονεκτήματα από τη χρήση κλειστών κυκλωμάτων

Μεταξύ των πλεονεκτημάτων από τη χρήση κλειστών κυκλωμάτων στις υδατοκαλλιέργειες είναι και τα ακόλουθα (Κλαδάς 2016):

- Οι εκτροφές γίνονται σε επιλεγμένες βέλτιστες σταθερές θερμοκρασίες και έτσι επιτυγχάνεται γρηγορότερη αύξηση των ψαριών
- Υπάρχει δυνατότητα γρήγορης ανανέωσης του νερού στις δεξαμενές, και έτσι μπορούν να επιτευχθούν αυξημένες ιχθυοπυκνότητες με ταυτόχρονη διατήρηση σταθερής της ποιότητας του νερού εκτροφής.
- Σε βιομηχανική κλίμακα υπάρχει συνεχής (αυτόματη) πληροφόρηση για το επίπεδο των αβιοτικών παραμέτρων ($T^{\circ}C$, O_2 , pH) στις δεξαμενές κάτι που οδηγεί στην καλύτερη ζωοτεχνική τους διαχείριση.
- Με την οξείδωση των τοξικών αποβλήτων (αμμωνία) γίνεται αποτελεσματικός περιορισμός της ρύπανσης για προστασία του περιβάλλοντος.

2 Μέθοδοι και Υλικά

Η συνδυασμένη εκτροφή ψαριών και λαχανικών που πραγματοποιήσαμε συνίσταται

- στην εκτροφή τιλάπιας του Νείλου (*Oreochromis niloticus*) σε ανακυκλούμενο σύστημα υδατοκαλλιέργειας (RAS)
- στην καλλιέργεια λαχανικών με υδροπονία (χωρίς δηλαδή έδαφος, με την μέθοδο επιπλέοντων καλλιεργειών [γνωστή στην βιβλιογραφία με τους όρους Floating System, Deep Water Culture (DWC), ή Raft Method])



Εικόνα 10 Γενική άποψη του συστήματος συνδυασμένη εκτροφή ψαριών και λαχανικών που πραγματοποιήσαμε. Αριστερά, οι δώδεκα δεξαμενές με ψάρια. Δεξιά οι καλλιέργειες των φυτών με τεχνητό φωτισμό. Στο βάθος διακρίνεται από αριστερά προς τα δεξιά, το blower, τα στοιχεία βιολογικής επεξεργασίας του κλειστού κυκλώματος, οι συσκευές ακτινοβολίας UV και το ψυκτικό μηχάνημα που χρησιμοποιήθηκε.

Παράλληλα, σε 6 επιλεγμένες δεξαμενές με παρόμοιους πληθυσμούς car;nh(αριθμός ατόμων, μέσο βάρος) δοκιμάσαμε να ελέγξουμε σε τριπλή επανάληψη (triplicates) την ανάπτυξη των ψαριών και τις αποδόσεις των εκτροφών γενικότερα, σε δύο συστήματα κυκλοφορίας του νερού:

- στο ένα παρέχοντας τον αερισμό μέσω αερόπετρας, κατευθείαν στον πυθμένα της δεξαμενής (μάρτυρας),
- και στο άλλο, παρέχοντας τον αερισμό μέσω συστήματος airlifting τροποποιώντας έτσι το σύνηθες καθεστώς κυκλοφορίας στο εσωτερικό της δεξαμενής (βλ. «3.1 Βελτίωση κυκλοφορίας νερού της δεξαμενής»)

Σε όλη αυτή τη προσπάθεια, ο έλεγχος της ποιότητας του νερού στην κατεύθυνση της ικανοποίησης των αναγκών και των ψαριών και των ζώων, αλλά και του πιθανού καταναλωτή των λαχανικών, ήταν καίρια σημασίας για την όλη διαχείριση του συστήματος.

2.1 Προέλευση νερού

Το νερό των εκτροφών προέρχεται από το δίκτυο ύδρευσης. Οι απώλειες του νερού κατά τη διάρκεια των πειραμάτων αναπληρώνονται με τον ίδιο τρόπο. Πριν εισέλθει στο ρεζερβουάρ του κυκλώματος, το νερό του δικτύου διέρχεται από μηχανικό φίλτρο 100μκ και στη συνέχεια από φίλτρο ενεργού άνθρακα για την αφαίρεση τοξικών ενώσεων (λ.χ. κατάλοιπων χλωρίωσης). Μεταξύ παροχής νερού και μηχανικού φίλτρου παρεμβάλλεται μετρητής νερού, ώστε να τηρούνται οι προδιαγραφές για την λειτουργία του φίλτρου του άνθρακα (αντικατάσταση κάθε 4000 λίτρα).



Εικόνα 11 Σημείο εισόδου του νέου νερού στο σύστημα. Από αριστερά προς τα δεξιά διακρίνονται: ροόμετρο, μηχανικό φίλτρο και φίλτρο ενεργού άνθρακα

2.2 Δεξαμενές και δίκτυα

2.2.1 Δεξαμενές εκτροφής

Για την εκτροφή των ψαριών χρησιμοποιήθηκαν 18 κυλινδρικές πολυεστερικές δεξαμενές ωφέλιμου όγκου 78 Lit, η κάθε μία (εικ. 12). Η είσοδος του νερού γίνεται από σωλήνα $\varnothing 20$ προσαρμοσμένο στο δίκτυο του νερού της ανακυκλοφορίας μέσω βάνας, με την οποία ρυθμίζεται η παροχή.



Εικόνα 12 Δεξαμενή εκτροφής ψαριών. Διακρίνεται η παροχή του νερού, το σύστημα αερισμού, η αποχέτευση της δεξαμενής και η έξοδος αδειάσματος στο κέντρο του πυθμένα της.

Η αποχέτευση του νερού της εκτροφής γίνεται από υπερχειλιστικό επιθυμητό ύψος, στην οποία προσαρμόζεται μέσω «Τ» σωλήνας PVC \varnothing 50 με οριζόντιες τομές, τοποθετημένος κάθετα στον πυθμένα. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται σταθερός όγκο εκτροφής και η κατά το δυνατόν ομοιόμορφη κυκλοφορία του νερού μέσα στη δεξαμενή. Ο πυθμένας της δεξαμενής καταλήγει σε βάννα, μέσω της οποίας απομακρύνονται καθημερινά με γρήγορη κίνηση (flushing) τα καθιζόμενα στερεά υπολείμματα, δηλαδή η ακατανάλωτη ιχθυοτροφή και τα περιττώματα των ψαριών.

2.2.1.1 Εξοπλισμός δεξαμενής

2.2.1.1.1 Ταΐστρες

Χρησιμοποιήθηκαν αυτοσχέδιες ταΐστρες αυτοδιατροφής (selffeeders). Η κατασκευή τους πραγματοποιήθηκε μετροποποίηση πλαστικών κυλινδρικών δοχείων flacon 50 ml, τα οποία τρυπήθηκαν προσεκτικά στο κάτω μέρος με πλάνο για να δημιουργηθεί άνοιγμα εξόδου της ιχθυοτροφής (εικ. 13).



Εικόνα 13 Υλικά κατασκευής αυτοσχέδιας ταΐστρας αυτοδιατροφής

Ανοίγοντας δύο μικρές τρύπες στα πλάγια, περάστηκε σπάγκος, στον οποίο κρεμάστηκε μικρή ανοξείδωτη ράβδος 1 mm. Στο άλλο άκρο της ράβδου προσαρμόστηκε με θερμότητα μικρή πλαστική έγχρωμη μπίλια, την οποία χτυπούν τα ψάρια όταν θέλουν να προσλάβουν τροφή. Ανάμεσα στη μπίλια και στο σχοινί ολισθαίνει, μαζί με λαστιχένιο στοπ στο κάτω μέρος, μικρός πλαστικός δίσκος \varnothing 20mm που δημιουργεί φράγμα στην τροφή, ώστε να μην υπάρχουν απώλειες.

2.2.1.1.2 Airlift

Η συσκευή airlift που χρησιμοποιήθηκε για το προκαταρκτικό πείραμα (βλ. «3.1 Βελτίωση κυκλοφορίας νερού της δεξαμενής») φτιάχτηκε από κομμάτι σωλήνα PVC \varnothing 32mm, στο πάνω μέρος του οποίου προσαρμόστηκε γωνία. Από τρύπα στο επάνω μέρος της, περάστηκε μέσα στο σωλήνα, εύκαμπτος σωλήνας αερισμού \varnothing 6mm, στο άκρο του οποίου προσαρμόστηκε αερόπετρα. Η λειτουργία του airlift είχε σκοπό να διοχετεύσει ένα σταθερό ανοδικό ρεύμα στην επιφάνεια, ώστε να επιτευχθεί καλύτερη ανάμιξη του νερού της δεξαμενής, διατηρώντας την ηρεμία στην κεντρική περιοχή. Το σύστημα δοκιμάστηκε σε τρεις δεξαμενές, ώστε μέσω των αποτελεσμάτων εκτροφής να εφαρμοστεί τελικά σε όλες.

2.2.1.1.3 Προστατευτικό σκέπασμα

Για να μην πηδάνε τα στρεσσαρισμένα ψάρια έξω από τις δεξαμενές, αυτές εφοδιάστηκαν με κατάλληλης διαμέτρου διαφανές καπάκι από πλεξιγκλάς, στο οποίο είχε ανοιχτεί περιοχή για την λειτουργία της ταινίστρας (εικ.14).



Εικόνα 14 Προστατευτικά σκεπάσματα δεξαμενής και ταινίστρας σε λειτουργία

2.2.2 Δίκτυα

2.2.2.1 Δίκτυο νερού

Η ανακυκλοφορία του νερού του κυκλώματος γίνεται από 2 αντλίες ανακύκλωσης. Η μία μεταφέρει το νερό από το ρεζερβουάρ στο βιολογικό φίλτρο, ενώ η άλλη από το ρεζερβουάρ στις δεξαμενές. Η ροή του νερού είναι συνεχής. Από το ρεζερβουάρ του κλειστού κυκλώματος, το νερό μέσω αντλίας (model AV150-2DM-5, M_{max} 13m, Q_{max} 16 m^3/h , rpm 2800), οδηγείται σε τρεις σωλήνες $\varnothing 63$ (μια για κάθε εξάδα δεξαμενών). Στη συνέχεια, μικρότεροι σωλήνες $\varnothing 20$ οδηγούν το νερό στην κάθε δεξαμενή (εικ.15).



Εικόνα 15 Συστοιχία έξι δεξαμενών εκτροφής. Διακρίνονται από επάνω προς τα κάτω: δίκτυο αέρα, δίκτυο παροχής νερού, δίκτυο αποχέτευσης

2.2.2.2 Αερισμός

Αντλία αέρα (blower) που βρίσκεται εντός της αίθουσας στέλνει πεπιεσμένο αέρα σε δίκτυο σωλήνων PVC $\varnothing 32$ mm και από εκεί μέσω ρυθμιζόμενων βανών ο αέρας εισέρχεται σε εύκαμπτο σωλήνα αερισμού $\varnothing 6$ mm, στο άκρο του οποίου προσαρμόζεται αερόπετρα.

2.3 Επεξεργασία ανακυκλοφορούμενου νερού

Το κλειστό κύκλωμα εκτροφής ψαριών που χρησιμοποιήσαμε ήταν ένα λειτουργικό Tropical Marine Center (TMC) System 2500P⁷, το οποίο απαρτίζεται από μονάδες μηχανικού και βιολογικού καθαρισμού του νερού. Στο σύστημα ανήκουν και μονάδες χημικού καθαρισμού του νερού που δεν χρησιμοποιήθηκαν, είτε από επιλογή, όπως η συσκευή UV, είτε λόγω χαρακτηριστικών του νερού, όπως διαχωριστή αφρού (Protein skimmer, Foam Fractionator), που δεν αποδίδει σε χαμηλό pH και χαμηλή αλατότητα, δηλαδή δουλεύει μόνο με θαλασσινά νερά (Κλαδάς 2018). Ως εκ τούτου, η σπουδαία συμβολή του Protein skimmer στην απομάκρυνση οργανικών ρύπων και την ελάφρυνση της λειτουργίας του βιολογικού φίλτρου, ακυρώνεται σε αυτή την περίπτωση. Έτσι λοιπόν, στο σύστημα ενσωματώθηκε και ένα πρόσθετο βιολογικό φίλτρο, με το οποίο είναι πλέον δυνατή στο σύστημα και η εκτροφή ψαριών ειδών του γλυκού νερού.

2.3.1 Μηχανικός καθαρισμός του νερού

Στο κύκλωμά μας χρησιμοποιήσαμε συστοιχία τεσσάρων καλτσών με άνοιγμα ματιού 100 μm. Η συσσώρευση μεγάλου φορτίου μέσα σε αυτές μπορεί επίσης να οδηγήσει σε φραγή και παρεμπόδιση της ανακύκλωσης του νερού του συστήματος. Για το λόγω αυτό, οι κάλτσες αλλάζονταν καθημερινά, πλένονταν με πιεστικό και τοποθετούνταν για περεταίρω καθαρισμό απολύμανση σε ελαφρύ διάλυμα υπεροξειδίου του οξυγόνου (30%) για 24 ώρες.

2.3.2 Βιολογικά φίλτρα

Για την βιολογική επεξεργασία του νερού των εκτροφών μας χρησιμοποιήθηκαν σε συνδυασμό τρεις τύποι βιολογικών φίλτρων

- Φίλτρο ρευστοποιημένης άμμου (Fluidized Sand Biofilter)
- Βιοφίλτρο απόσταξης (Trickling Biofilter)
- Βυθισμένο βιοφίλτρο (Submerged Biofilter)

2.3.2.1 Φίλτρο Ρευστοποιημένης Άμμου (Fluidized Sand Biofilter)

Το φίλτρο ρευστοποιημένης άμμου είναι ένας κύλινδρος που περιέχει 30 κιλά άμμου αραγωνίτη, κοκκομετρίας 0,2-0,4mm. Η άμμος κινείται αδιάκοπα με την ανοδική ροή νερού μέσα στο κύλινδρο. Η σταθερότητα της ροής του νερού και άρα η επιμελής ρύθμισή της είναι καίριας σημασίας για την αποδοτικότητα αυτού του τύπου φιλτραρίσματος. Το φίλτρο ρευστοποιημένης άμμου είναι αυτοκαθαριζόμενο και χρησιμοποιείται συνήθως συμπληρωματικά με άλλες μονάδες βιολογικής επεξεργασίας του νερού. Στην περίπτωση μας, η άμμος αραγωνίτη που χρησιμοποιήθηκε δεν ήταν το κατάλληλο υλικό, γιατί η συνεχής πτώση του pH κατανάλωνε το ανθρακικό ασβέστιο που είναι το κύριο συστατικό της, απολείανε τους κόκκους της, οι οποίοι παρασύρονταν τελικά στο κύκλωμα. Η ουδέτερη χημικά χαλαζιακή άμμος είναι το σωστό υλικό για την λειτουργία του συστήματος σε γλυκά νερά.

⁷<https://www.tropicalmarinecentre.co.uk/en/products/drygoods/7956>

2.3.2.2 Βιοφίλτρο απόσταξης(Trickling Biofilter)

Το νερό μέσω αντλίας ανακυκλοφορίας, οδηγείται από το ρεζερβουάρ του συστήματος στο πάνω μέρος του βιοφίλτρου απόσταξης, το οποίο είναι ένα πλατύς κύλινδρος γεμάτος με πλαστικό υλικό υποστρώματος. Ο τύπος αυτός βιοφίλτρου είναι αυτοκαθαριζόμενος, ο ψεκασμός του νερού βοηθάει στην οξυγόνωσή του και στην αποβολή μέρους του διοξειδίου του άνθρακα που συσσωρεύεται στο νερό του κυκλώματος.

2.3.2.3 Βυθιζόμενο βιοφίλτρο (Submerged Biofilter)

Για τους λόγους που αναφέραμε πιο πάνω προσθέσαμε μία ακόμη μονάδα βιολογικής επεξεργασίας του νερού, παρεμβάλλοντας ανάμεσα στην αντλία ανακυκλοφορίας και στο σύστημα TMC μια δεξαμενή 100 λίτρων με επιπλέοντα Biofilm Carrier Elements. Ένα υλικό με ειδική επιφάνεια $>900\text{m}^2/\text{m}^3$, πυκνότητα 0.96-0.98 (δηλαδή επιπλέει), και συντελεστή κενού $>85\%$. Σ' αυτή εισέρχεται μέρος του νερού που κυκλοφορεί η αντλία, μεταξύ του ρεζερβουάρ και του βιολογικού φίλτρου, με σωλήνα Φ16 και με υπερχειλίση, μέσω διάτρητου σωλήνα επιστρέφει στο ρεζερβουάρ. Μία μεγάλη πέτρα αερισμού βοηθά σε πιο έντονη ανάδευση του υλικού. Έτσι το υλικό από βρίσκεται συνεχώς σε κίνηση και αυτοκαθαρίζεται (εικ. 16).



Εικόνα 16 Προσθετο submerged βιοφίλτροσε λειτουργία (αριστερά) με υλικό Biofilm Carrier Elements (δεξιά)

2.3.2.4 Ντοπάρισμα βιολογικού φίλτρου

Πολύ πριν την είσοδο των ψαριών, από 3 Μαρτίου μέχρι 24 Απριλίου 2017, ενεργοποιήσαμε τα βιολογικά φίλτρα του συστήματος προσθέτοντας αμμωνία. Το ντοπάρισμα γινόταν καθημερινά με ρυθμό $2\text{ ppm NH}_3\text{-N/ημέρα}$. Παράλληλα ελέγχονταν η εξέλιξη των νιτρικών και των νιτρικών ιόντων καθώς και του pH. Όταν η αμμωνία και τα νιτρώδη μηδενίστηκαν, τοποθετήσαμε τα ψάρια.

2.4 Ρύθμιση θερμοκρασίας

Ο χώρος των εκτροφών είναι βορεινός με πολλά παράθυρα. Αυτό το γεγονός βοήθησε στο να μην δημιουργούνται μεγάλα προβλήματα κατά την περίοδο των πειραμάτων, δηλαδή τους ανοιξιάτικους και καλοκαιρινούς μήνες. Γενικά στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του

χώρου βοήθησαν ακόμη, μια μονάδα κλιματισμού (air-condition) και οιεξαεριστήρες παραθύρων (χρήσιμοι ιδίως για την συγκράτηση της υγρασίας εσωτερικά).

Για το νερό χρησιμοποιήθηκε από τις αρχές Ιουνίου ψυκτικό μηχάνημα τύπος WINSONAS-H094A4/HSLR, 220-240 Volt, το οποίο διατήρησε τη θερμοκρασία του νερού 22° C. Το συγκεκριμένο σύστημα ψύξης αποτελείται από εξωτερική μονάδα κλιματιστικού, η οποία κυκλοφορεί φρέον σε ειδικό σπείρωμα που βρίσκεται μέσα στο reservoir του κυκλώματος. Η λειτουργία αυτού του συστήματος είναι να κρατάει το νερό σε σταθερή θερμοκρασία την οποία έχουμε επιλέξει εμείς ανάλογα με την εποχή και τον καιρό.

2.5 Ιχθυοκομική διαχείριση

2.5.1 Υποδοχή ψαριών

Η παραλαβή των ψαριών έγινε στις 26 Απριλίου 2017. Ήταν τοποθετημένα μέσα σε πλαστικές σακούλες οι οποίες στηρίζονταν σε πλαστικούς κουβάδες. Οι σακούλες δεν ανοίχτηκαν αμέσως, καθώς τα ψάρια αφέθηκαν να ηρεμήσουν από το στρες της μεταφοράς και να δεχτούν σταδιακά το φως. Στη συνέχεια τα ψάρια μπήκαν σε κουβάδες με παροχή καθαρού οξυγόνου (εικ.17).



Εικόνα 17 Σακούλα μεταφοράς ψαριών και εγκλιματισμός τους στο χώρο εκτροφής

Μετά μετρήθηκε η θερμοκρασία στον κουβά αλλά και στο σύστημα, έγινε σταδιακή προσθήκη νερού του κυκλώματος όταν διαπιστώθηκε ταύτιση των θερμοκρασιών τα ψάρια ψαρεύτηκαν με απόχη και μοιράστηκαν σε 12 δεξαμενές. Τα ψάρια δεν ταΐστηκαν και ζυγίστηκαν την επόμενη μέρα 27 Απριλίου 2017. Αρχικά τα ψάρια αναισθητοποιήθηκαν σε λεκάνη 15 λίτρων νερού από το κύκλωμα και 3ml φαινοξυαιθανόλη, δηλαδή σε 200ppm αναισθητικού. Στη συνέχεια με μία απόχη, ψαρεύονταν τα ψάρια ένα και ζυγίζονταν. Από το ζύγισμα υπολογίστηκε το πως έπρεπε να μοιραστούν σε κάθε δεξαμενή. Σε τρεις δεξαμενές μπήκαν τα μεγάλα, σε επτά τα μεσαία και σε δύο τα μικρά. Τα ψάρια έμειναν νηστικά και εκείνη τη μέρα, ώστε να κρατηθεί το στρες σε χαμηλά επίπεδα και από την επομένη άρχισε το τάισμα.

2.5.2 Τάισμα

Χρησιμοποιήθηκε η διαθέσιμη στο εργαστήριο τροφή ©FeedusRedLineNC 48112, κοκκομετρίας 1,6 mm. Η τροφή αυτή είναι για θαλασσινά σαρκοφάγα ψάρια, η οποία στην σύνθεσή 44% πρωτεΐνη.

Μετά το ζύγισμα της βιομάζας υπολογίζονταν η καθημερινή ποσότητα που θα έπρεπε να χορηγηθεί σε κάθε δεξαμενή ψαριών. Ο υπολογισμός ίσχυε για μια εβδομάδα και ανάλογα με την κατανάλωση της ιχθυοτροφής, μια θεωρητική τιμή μετατρεψιμότητας που υιοθετούσαμε και τις απώλειες της δεξαμενής, ορίζονταν η νέα πιθανή βιομάζα και ο υπολογισμός του φαγητού. Η ανα15ημερο δειγματοληψία αποκαθιστούσε τα δεδομένα σε πραγματική βάση και μας πληροφορούσε για την πραγματική μετατρεψιμότητα.

Η τροφή έμπαινε κάθε πρωί στην ταΐστρα αφού είχε ζυγιστεί η ακατανάλωτη τροφή του προηγούμενου 24ώρου. Έτσι η κατανάλωση καταγράφονταν καθημερινά.

2.5.3 Καθαρισμός

Μία καθημερινή δραστηριότητα ήταν το σιφόνι για την καθαριότητα των δεξαμενών που γίνονταν κάθε πρωί πριν το τάισμα. Με τον τρόπο αυτό απομακρύνονταν τα περιττώματα και η περίσσεια τροφής που υπήρχε στον πυθμένα. Το σιφόνι είναι ένας πλαστικός σωλήνας \varnothing 16, συνδεδεμένος με 1,5 μέτρο λάστιχο \varnothing 18.

2.5.4 Δειγματοληψίες και αποδόσεις εκτροφής

Τα ψάρια ζυγίζονταν ανά 15 περίπου ημέρες, για να πιστοποιηθεί η ανάπτυξή τους και να εκτιμηθούν οι αποδόσεις της εκτροφής. Χρησιμοποιήθηκαν ψηφιακή ζυγαριά Adventurehaus με 2 δεκαδικά ψηφία. Ο τρόπος δειγματοληψίας περιεγράφηκε πιο πάνω (βλ. 2.5.1 «Υποδοχή ψαριών»..

Έτσι, κάθε φορά κατά την είσοδό τους στη δεξαμενή για συνέχιση της εκτροφής, τα ψάρια έχουν λοιπόν καταμετρηθεί και ζυγιστεί. Με τον τρόπο αυτό γνωρίζουμε τους **τελικούς αριθμούς ψαριών** και τις **βιομάζες των δεξαμενών**, ενώ στο τέλος κάθε περιόδου εκτροφής λοιπόν υπολογίζουμε (Κλαδάς 2016):

- Το **μέσο τους βάρος** των ψαριών κάθε δεξαμενής
- Την **επιβίωση (S)** των ψαριών κατά το προηγούμενο διάστημα εκτροφής. Η επιβίωση (S) των ψαριών ενός πληθυσμού σε μια χρονική περίοδο εκφράζεται ως η επί τοις % αναλογία του αριθμού των ατόμων στο τέλος της περιόδου δια του αριθμού των ατόμων στην αρχή της.
- Τη μέση **μικτή (gross)** και την **καθαρή (net) μετατρεψιμότητα (FCR και FCR')** κατά το ίδιο διάστημα. Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας (grossFCR) ορίζεται ως η ποσότητα της τροφής σε g (ξηρό βάρος) που καταναλώνεται για την παραγωγή 1 g ιχθυδίων (νωπό βάρος) στην αντίστοιχη χρονική περίοδο. Προστιθεμένης δε της βιομάζας των νεκρών της περιόδου εκτροφής στην τελική βιομάζα, προκύπτει και δεύτερος συντελεστής, η καθαρή μετατρεψιμότητα (FCR'). Η μικτή μετατρεψιμότητα ενδιαφέρει την οικονομική πλευρά της εκτροφής, η δε καθαρή τη βιολογική.
- Τους αντίστοιχους **μέσους ειδικούς ρυθμούς αύξησης (SGR και SGR')** κατά το ίδιο διάστημα. Ο ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR) δίνεται από την σχέση: $(\ln W_t - \ln W_0) * 100 / t$, όπου W_t είναι η βιομάζα στο τέλος της χρονικής περιόδου, W_0 η αρχική βιομάζα και t

είναι η χρονική περίοδος εκφρασμένη σε ημέρες, ενώ ο $SGR' = [\ln(W_t + W_d) - \ln W_0] * 100 / t$, όπου W_d είναι η βιομάζα των νεκρών κατά τη διάρκεια της περιόδου εκτροφής.

- Τους αντίστοιχους **ημερήσιους ρυθμούς διατροφής (DFR και DFR')** κατά το ίδιο διάστημα. Ο ημερήσιος ρυθμός διατροφής ορίζεται ως το γινόμενο του ειδικού ρυθμού αύξησης επί την μετατρεψιμότητα στην αντίστοιχη χρονική περίοδο.
- Τους αρχικούς **αριθμούς και βιομάζες των ψαριών** για την επόμενη φάση της εκτροφής, στοιχεία απαραίτητα για την ιχθυοκομική τους διαχείριση μετά τη διαλογή, αλλά και για τον υπολογισμό των αποδόσεων της επόμενης φάσης της εκτροφής (**επιβίωση, ρυθμός αύξησης και μετατρεψιμότητα**) ως την επόμενη μεταφορά τους.

2.6 Παρακολούθηση και έλεγχος ποιότητας νερού

Οι μετρήσεις από την ποιότητα νερού αφορούσαν τη συγκέντρωση της αμμωνίας, των νιτρώδη και των νιτρικών ιόντων, το pH και τη θερμοκρασία του νερού. Η δειγματοληψία του νερού γινόταν από το reservoir του συστήματος. Οι μετρήσεις έγιναν στο εργαστήριο Χημείας του Τμήματος. Οι αντίστοιχες μεθοδολογίες που εφαρμόστηκαν εκτίθενται στο πίνακα 2.

Πίνακας 2 Παράμετροι της ποιότητας νερού που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια των εκτροφών και οι αντίστοιχη μεθοδολογία

Παράμετρος	Μεθοδολογία
NH ₃	UV / ορατού HACH LANGE DR 2800 και API Freshwater/Saltwater Ammonia Test Kit
NO ₂	UV / ορατού HACH LANGE DR 2800 και API Nitrite NO2 Test Kit
NO ₃	UV / ορατού HACH LANGE DR 2800 και API Nitrate Test Kit No3
pH	επιτραπέζιο Hach pH-meter και πεχαμετρικό χαρτί 0-14
Θερμοκρασία νερού	Θερμόμετρο χειρός

2.7 Καλλιέργειες λαχανικών

2.7.1 Σύστημα καλλιέργειας

Μια σειρά 6 δεξαμενών του συστήματος χρησίμευσε για την καλλιέργεια των λαχανικών. Προς τούτο τοποθετήθηκε σε ύψος 40 περίπου εκατοστά από την επιφάνεια των δεξαμενών διπλή σειρά λαμπτήρων βιομηχανικού φωτισμού νέον. Ο φωτισμός ήταν αναγκαίος για να φωτοσυνθέσουν και να αναπτυχθούν σωστά τα φυτά. Η ένταση του φωτισμού κυμαίνονταν περίπου στα 25000-30000 lux ενώ ο χρόνος φωτισμού ήταν περίπου 16 ώρες ημερησίως.

Για την τοποθέτηση των φυτών φτιάχτηκαν επιπλέουσες πλατφόρμες από φελιζόλ, οι οποίες τοποθετήθηκαν στην επιφάνεια των δεξαμενών. Σε κάθε πλατφόρμα ανοίχτηκαν τρύπες για την είσοδο των ριζών των φυτών που προηγουμένως μπήκαν σε ειδικά καλαθάκια (εικ.18).



Εικόνα 18 Επιπέδου πλατφόρμα στήριξης των φυτών. Διακρίνονται αριστερά τα ειδικά καλαθάκια για τις ρίζες και τα πώματα για τις αχρησιμοποίητες τρύπες και δεξιά το όλο σύστημα σε λειτουργία με φυτώρια μαρουλιών.

Συνολικά στο σύστημα προσφέρθηκαν 50 θέσεις για φυτώρια, σε μία συνολική επιφάνεια περίπου 1m². Με το σύστημα αυτό οι ρίζες ήταν προστατευμένες από το φώς. Στην δεξαμενή υπήρχε και αερισμός, ώστε οι ρίζες να οξυγονώνονται επαρκώς. Τα φυτά είχαν αγοραστεί ως φυτώρια σε χώμα. Πριν την είσοδό τους στο νερό, οι ρίζες ξεπλύθηκαν για να απομακρυνθεί το χώμα.

2.7.2 Προσθήκη φυτών

Οι καλλιέργειες ξεκίνησαν στις 22 Μαΐου με μαρούλια (εικ.18). Παρά το καλό ξεκίνημα, γρήγορα τα φυτά σπόριασαν και έτσι τα απομακρύναμε στις 4 Ιουνίου. Στις 21 Ιουνίου ξανά ξεκινήσαμε με φυτώρια βασιλικού, καλλιέργειες που κρατήσαμε σε πολύ καλή κατάσταση έως τις 27 Ιουλίου. Ο βασιλικός είχε μεγάλη ανάπτυξη λόγω των επαρκών θρεπτικών που υπήρχαν στο σύστημα. Πρέπει να αναφερθεί πως και στο βασιλικό όπως και στα μαρούλια πραγματοποιήσαμε ζυγίσματα στα φύλλα και στο ριζικό τους σύστημα

2.7.4 Δειγματοληψία

Ανά δέκα ημέρες τέσσερα φυτώρια απομακρύνονταν από το σύστημα, ζυγίζονταν ολόκληρα, όπως επίσης και το φύλλωμα και οι ρίζες ξεχωριστά.

2.8 Στατιστική επεξεργασία και τεκμηρίωση

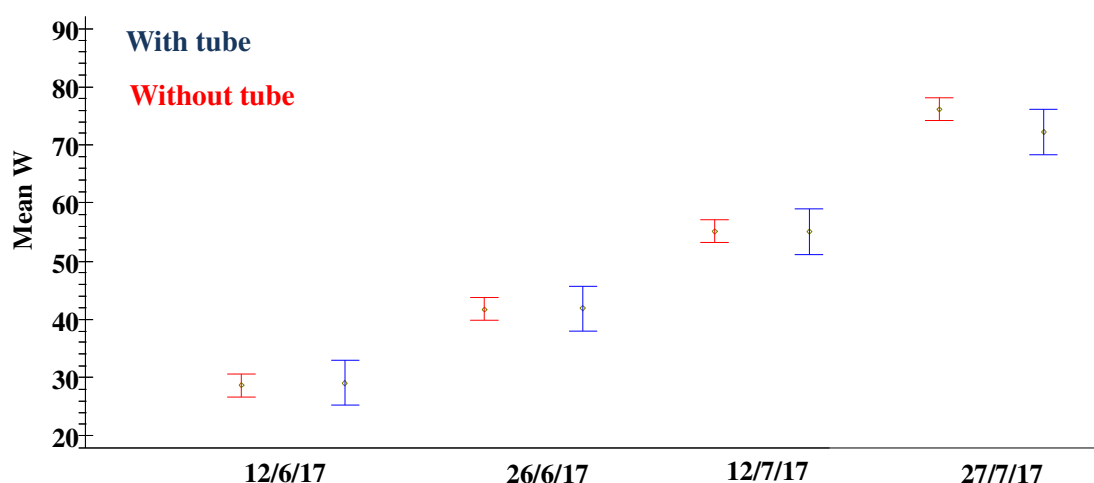
Για την στατιστική επεξεργασία και σύγκριση των μέσων τιμών των βαρών στα ψάρια και τα φυτά, καθώς και της μετατρεψιμότητας, του ειδικού ρυθμού αύξησης και του ημερήσιου ρυθμού διατροφής στα ψάρια εφαρμόστηκε ανάλυση στατιστικής συνάφειας (ANCOVA, $P < 0,05$) χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο Statgraphics 5.0.

Για την ανάπτυξη των λαχανικών εφαρμόστηκε η εξίσωση ανάπτυξης κατά von Bertalanffy.

3 Αποτελέσματα & Συζήτηση

3.1 Βελτίωση κυκλοφορίας νερού της δεξαμενής

Το προκαταρκτικό πείραμα αλλαγής της κυκλοφορίας του νερού στη δεξαμενή απέδειξε ότι αυτή η παρέμβαση δε επηρέασε τελικά ούτε την αύξηση των ψαριών, ούτε τις επιδόσεις της εκτροφής.



Εικόνα 19 Μέση ανάπτυξη ψαριών κατά βάρος σε g, σε δεξαμενές με παροχή αέρα μέσω αερόπετρας (πάνω) και χρησιμοποίηση airlift (κάτω). Με κάθετες μπάρες η σταθερή απόκλιση (SD).

Πράγματι, τα αποτελέσματα (εικ.19, πίνακες 3 και 4) δείχνουν ότι για κάθε μία από τις τέσσερις δειγματοληψίες δεν υπήρξε διαφοροποίηση, ως αναφορά την ανάπτυξη των ψαριών στα δύο συστήματα.

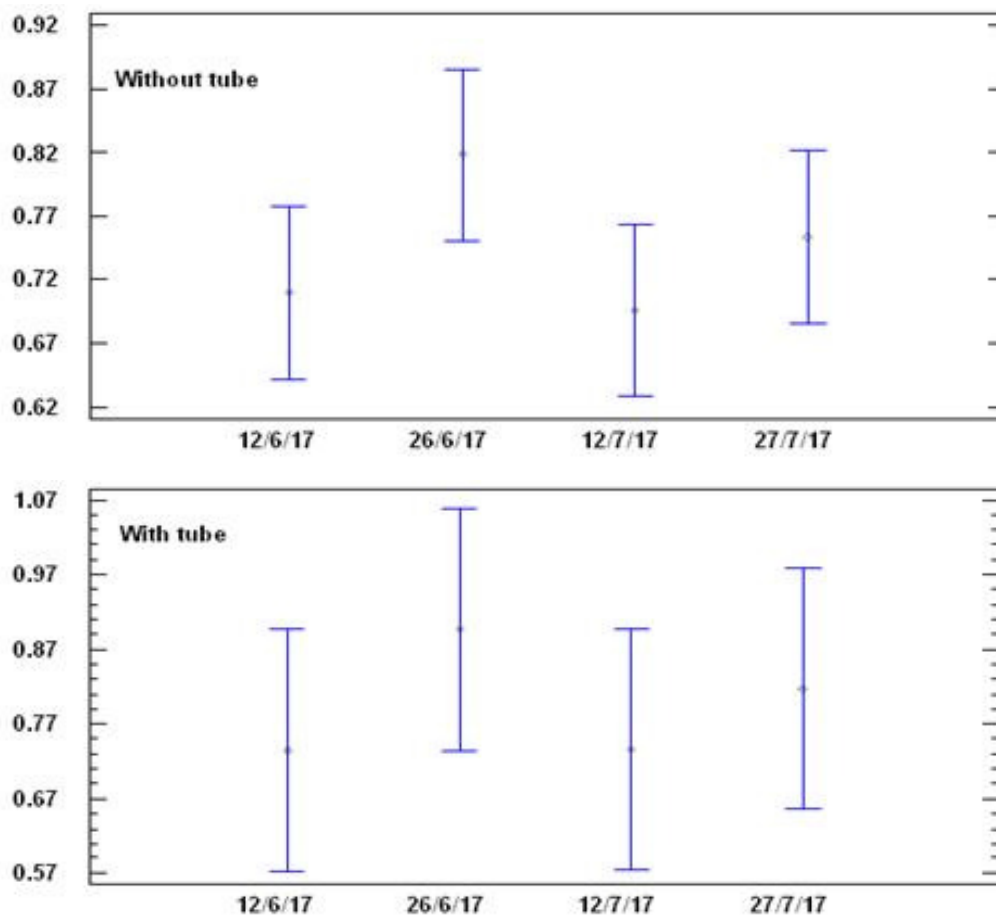
Πίνακας 3. Μέση ανάπτυξη ψαριών κατά βάρος σε g, σε δεξαμενές με παροχή αέρα μέσω αερόπετρας

Ημερ/νία	Αριθμός επαναλήψεων	Μέσο βάρος	Τυπική απόκλιση SD	Συντελεστής ποικιλότητας CV (%)	Ελάχ βάρος	Μέγιστ βάρος	Εύρος
12/6/17	3	28.7	1.5	5.1 %	27.0	29.7	2.7
26/6/17	3	41.7	1.6	3.9 %	40.0	43.2	3.2
12/7/17	3	55.2	2.5	4.5 %	52.5	57.4	4.9
27/7/17	3	76.1	2.5	3.3 %	74.2	79.0	4.8

Πίνακας 4 Μέση ανάπτυξη ψαριών κατά βάρος σε g, σε δεξαμενές με χρησιμοποίηση airlift

Ημερ/νία	Αριθμός επαναλήψεων	Μέσο βάρος	Τυπική απόκλιση SD	Συντελεστής ποικιλότητας CV (%)	Ελάχ βάρος	Μέγιστ βάρος	Εύρος
12/6/17	3	28.8	4.0	13.9 %	25.5	33.3	7.8
26/6/17	3	41.6	5.8	14.0 %	36.5	48.0	11.5
12/7/17	3	55.0	4.1	7.5 %	52.6	59.7	7.1
27/7/17	3	72.1	1.4	1.9 %	70.6	73.2	2.6

Ως αναφορά τους ρυθμούς μετατρεψιμότητας (FCR), τα αποτελέσματα δείχνουν ότι για κάθε μία από τις τέσσερις δειγματοληψίες δεν υπήρξε διαφοροποίηση μεταξύ των δύο συστημάτων (εικ. 20, πίν. 5 και 6).



Εικόνα 20. Διακύμανση δείκτη FCR σε δεξαμενές με παροχή αέρα μέσω αερόπετρας (πάνω) και χρησιμοποίηση airlift (κάτω). Με κάθετες μπάρες η σταθερή απόκλιση (SD).

Επίσης δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ούτε μεταξύ των δειγματοληψιών. Η μείωση του δείκτη FCR με την πρόοδο του μέσου βάρους κατά τη διάρκεια μιας συμβατικής εκτροφής οποιουδήποτε είδους είναι μία φυσιολογική εξέλιξη (USAID, 2011), όμως, όπως αναφέρεται και σε άλλες παραγράφους, στην περίπτωση μας εφαρμόστηκε γενικά μία στρατηγική περιορισμού του ρυθμού διατροφής με σκοπό τον έλεγχο της παραγωγής νιτρικών στο σύστημα, ανάλογα με τις απαιτήσεις των φυτών. Είναι γνωστό ότι ο ημερήσιος ρυθμός διατροφής επηρεάζει το FCR στα ψάρια αλλά και σε άλλα εκτρεφόμενα ζώα (De Wet & Van der Linde 2007, Clay 2009). Ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι, αν και δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαδοχικών δειγματοληψιών, οι τάσεις διαφοροποίησης της μέσης τιμής FCR είναι πάντα προς στην ίδια κατεύθυνση και για τα δύο συστήματα, κάτι το οποίο αποτυπώνει (χωρίς να τεκμηριώνεται, επαναλαμβάνουμε) τις sporadικές αλλαγές που αποφασίζαμε κατά τη διάρκεια των εκτροφών στις στρατηγικές ταΐσματος.

Ως αναφορά τους ειδικούς ρυθμούς αύξησης των εκτροφών (SGR), τα αποτελέσματα (εικ. 21, πίν. 7 και 8) δείχνουν ότι για κάθε μία από τις τέσσερις δειγματοληψίες δεν υπήρξε

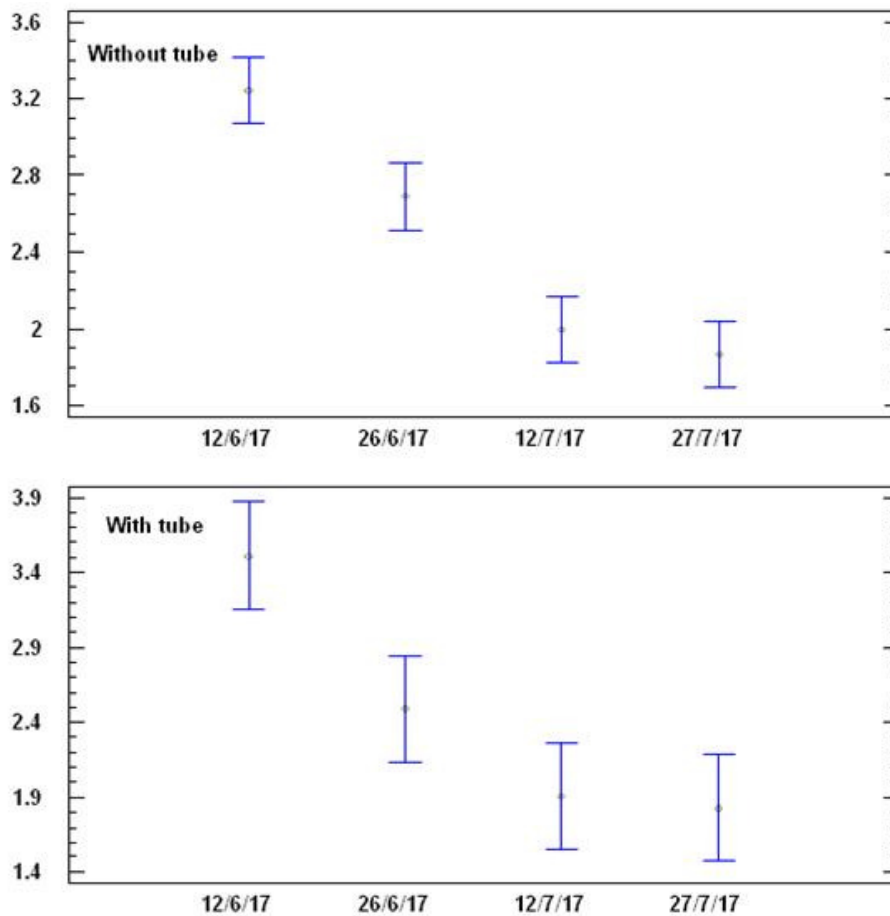
διαφοροποίηση μεταξύ των δύο συστημάτων. Παράλληλα, υπάρχει σημαντική πτώση των τιμών SGR με την εξέλιξη της εκτροφής, κάτι εντελώς φυσιολογικό καθώς όσο τα ψάρια μεγαλώνουν ο ρυθμός ανάπτυξής τους περιορίζεται (Strandetal. 2011, Leeetal. 2017)

Πίνακας 5 Διακύμανση δείκτη FCR σε δεξαμενές με παροχή αέρα μέσω αερόπετρας.

Ημερ/νία	Αριθμός Επαναλήψεων	FCR	Τυπική απόκλιση SD	Συντελεστής ποικιλότητας CV (%)	Ελάχιστο	Μέγιστο
12/6/17	3	0.71	0.06	8.89 %	0.64	0.77
26/6/17	3	0.82	0.08	9.37 %	0.76	0.91
12/7/17	3	0.70	0.01	1.99 %	0.68	0.71
27/7/17	3	0.75	0.10	13.62 %	0.65	0.88

Πίνακας 6 Διακύμανση δείκτη FCR σε δεξαμενές με χρησιμοποίηση airlift

Ημερ/νία	Αριθμός Επαναλήψεων	FCR	Τυπική απόκλιση SD	Συντελεστής ποικιλότητας CV (%)	Ελάχιστο	Μέγιστο
12/6/17	3	0.74	0.08	10.36 %	0.65	0.79
26/6/17	3	0.90	0.18	19.72 %	0.78	1.10
12/7/17	3	0.74	0.10	14.12 %	0.62	0.80
27/7/17	3	0.82	0.27	32.54 %	0.66	1.13



Εικόνα 21 Διακύμανση δείκτη SGR (%/ημέρα) σε δεξαμενές με παροχή αέρα μέσω αερόπετρας (πάνω) και χρησιμοποίηση airlift (κάτω). Με κάθετες μπάρες η σταθερή απόκλιση (SD).

Πίνακας 7 Διακύμανση SGR (%/ημέρα) σε δεξαμενές με παροχή αέρα μέσω αερόπετρας.

Ημερ/νία	Αριθμός επαναλήψεων	SGR (%/ημέρα)	Τυπική απόκλιση SD	Συντελεστής ποικιλότητας CV (%)	Ελάχιστο	Μέγιστο
12/6/17	3	3.24	0.25	7.63 %	2.96	3.42
26/6/17	3	2.69	0.13	4.76 %	2.56	2.82
12/7/17	3	1.99	0.05	2.57 %	1.94	2.03
27/7/17	3	1.87	0.23	12.49 %	1.64	2.10

Πίνακας 8 Διακύμανση SGR (%/ημέρα) σε δεξαμενές με χρησιμοποίηση airlift

Ημερ/νία	Αριθμός επαναλήψεων	SGR (%/ημέρα)	Τυπική απόκλιση SD	Συντελεστής ποικιλότητας CV (%)	Ελάχιστο	Μέγιστο
12/6/17	3	3.51	0.33	9.49 %	3.22	3.88
26/6/17	3	2.49	0.25	9.85 %	2.21	2.68
12/7/17	3	1.91	0.35	18.48 %	1.56	2.26

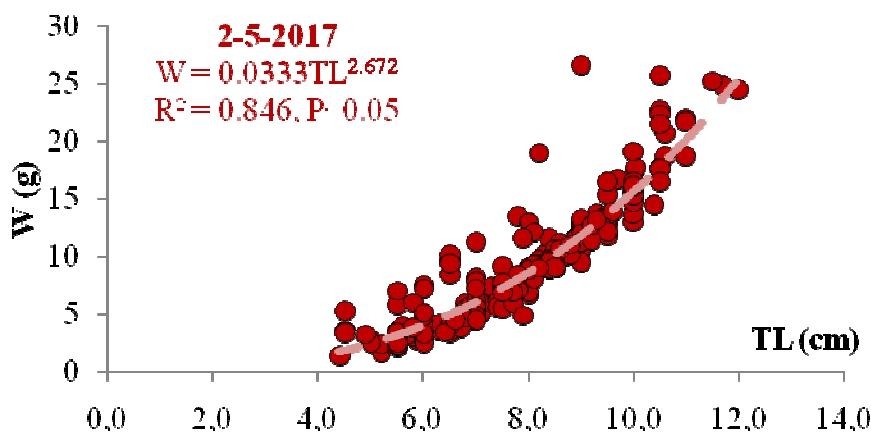
27/7/17	3	1.83	0.53	29.03 %	1.22	2.20
---------	---	------	------	---------	------	------

3.2 Εκτροφές ψαριών

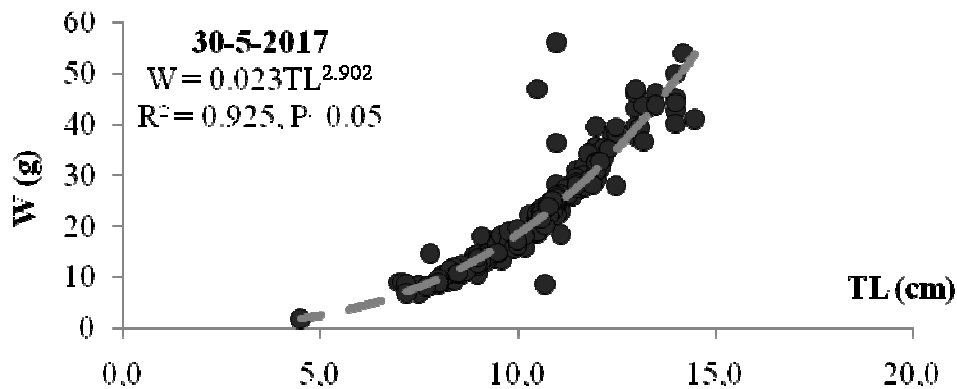
3.2.1 Σχέσεις μήκους-βάρους

Οι σωματομετρικές μετρήσεις μήκους (L)-βάρους (W) επαλήθευσαν ως είναι φυσιολογικό την εξίσωση δύναμης που συνδέει τις δύο παραμέτρους σε όλα τα είδη ψαριών (Fishbase, ημ.πρ.31/3/2018). Οι τιμές του β βρέθηκαν να είναι κοντά στο 3, χαρακτηριστικές της αλλομετρικής σχέσης μεταξύ των δύο παραμέτρων, ενώ οι ισχυροί συντελεστές συσχέτισης (R) ήταν ισχυροί, κοντά στο 1, και στις δύο περιπτώσεις.

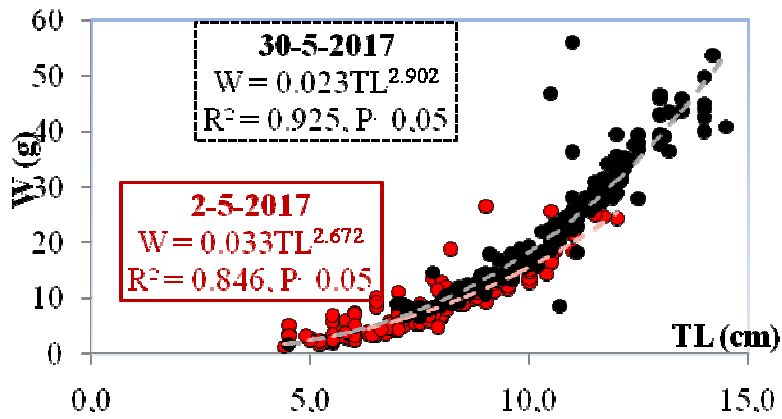
Αναλυτικά σχετικές καμπύλες και εξισώσεις παρουσιάζονται στις εικόνες 22 και 23 αντίστοιχα.



Εικόνα 22 Σχέση μήκους βάρους, όπως προέκυψε από τις μετρήσεις του πληθυσμού τιλάπιας της 2/5/2017



Εικόνα 23 Σχέση μήκους βάρους, όπως προέκυψε από τις μετρήσεις του πληθυσμού τιλάπιας της 30/5/2017



Εικόνα 24 Συγκριτική παρουσίαση των σχέσεων μήκους βάρους, όπως προέκυψε από τις μετρήσεις του πληθυσμού τιλάπιας και στις δύο δειγματοληψίες 2/5 (κόκκινα σημεία, ροζ γραμμή) και 30/5/2017 (μαύρα σημεία, γκρι γραμμή)

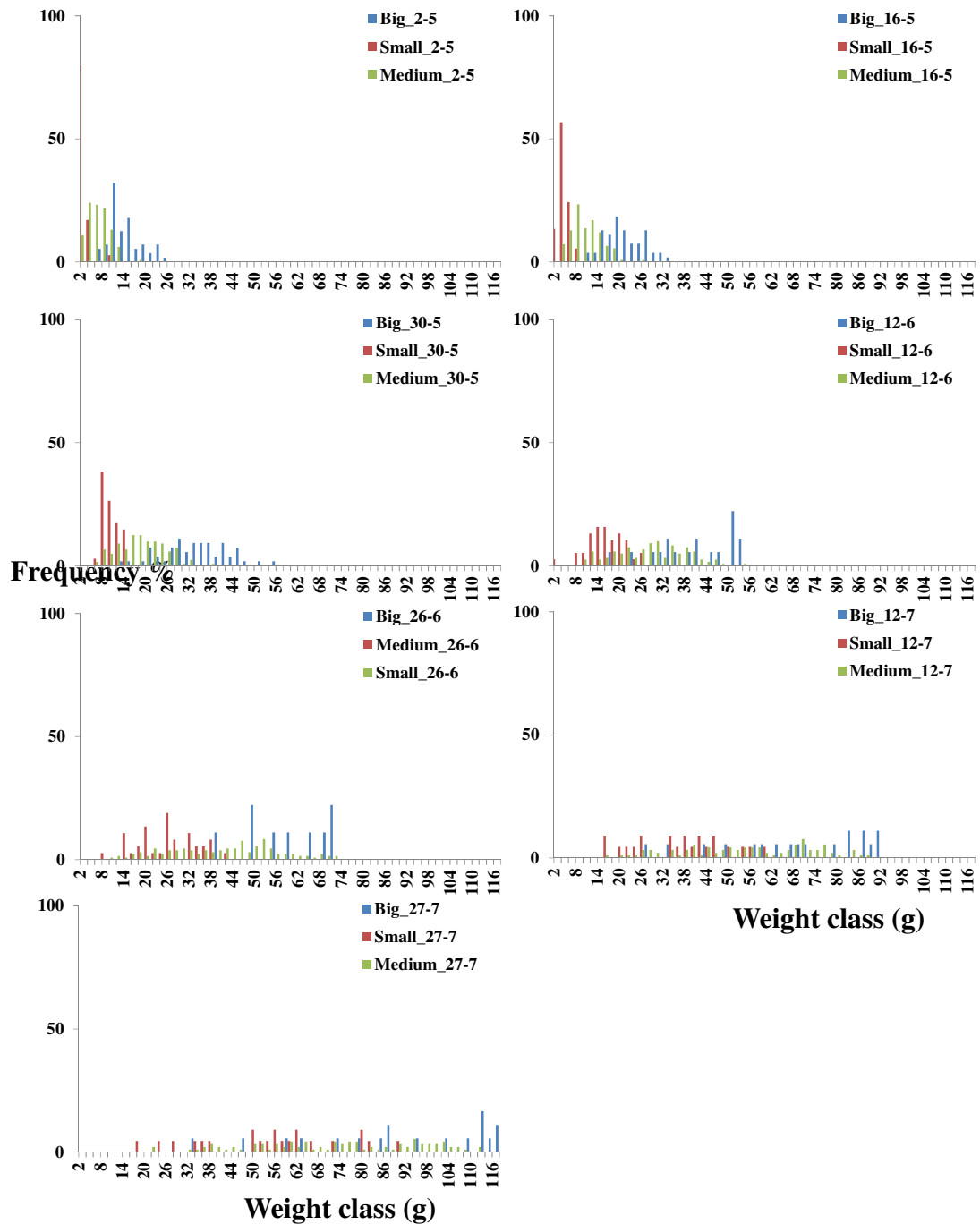
Η σύγκριση των σχέσεων μήκους-βάρους ανάμεσα στις 2 δειγματοληψίες έδειξε ότι αυτές εμφάνισαν σημαντικά (ANCOVA, $P < 0.05$) διαφορετικές τιμές των παραμέτρων (τιμές του a και b) της σχέσης μήκους-βάρους (εικ. 24 και πιν.9). Ουσιαστικά, η σχέση που εκτιμήθηκε στις 30-5-2017 εμφάνισε μεγαλύτερη τιμή κλίσης της εξίσωσης μήκους-βάρους.

Πίνακας 9 Στατιστική επεξεργασία για την τεκμηρίωση διαφορετικότητας των καμπυλών

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
TL	42192.9	1	42192.9	3818.63	0.0000
Intercepts	167.142	1	167.142	15.13	0.0001
Slopes	2419.27	1	2419.27	218.95	0.0000
Model	44779.3	3			

3.2.2 Ανάπτυξη

3.2.2.1 Κατανομή συχνοτήτων κλάσεων βάρους ανά δειγματοληψία στα τρία γκρουπ εκτρεφόμενων ψαριών

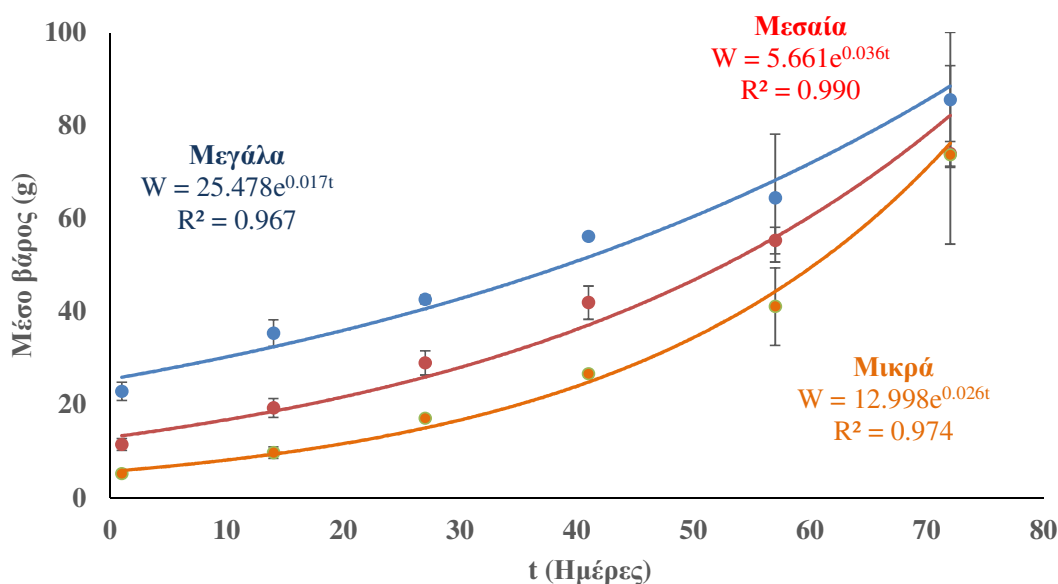


Εικόνα 25 Κατανομή συχνοτήτων βαρών ανά δειγματοληψία κατά τη διάρκεια των εκτροφών. Οι κόκκινες μπάρες παρουσιάζουν τις κατανομές βάρους στις δεξαμενές με τα μικρότερα ψάρια, οι πράσινες τα μεσαίου μεγέθους και οι μπλε τα μεγαλύτερα ψάρια

Η μελέτη της εξέλιξης των ιστογραμμάτων των συχνοτήτων κλάσεων βάρους στα τρία γκρουπ εκτρεφόμενων ψαριών ανά δειγματοληψία, δείχνουν τα απολύτως αναμενόμενα, ήτοι αφενός αύξηση των ατομικών βαρών προϋούσης της εκτροφής και αφετέρου διεύρυνση της διασποράς των μεγεθών στο εσωτερικό του κάθε γκρουπ με αύξηση των επικαλύψεων καθώς τα ψάρια μεγαλώνουν.

3.2.2.2 Μέση ατομική αύξηση βάρους ανά κατηγορία μεγέθους

Όπως φαίνεται στην εικόνα 26, η μέση ανάπτυξη στα τρία γκρουπ ήταν πολύ διαφορετική. Το μέσο βάρος ψαριών σε κάθε περίπτωση κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας εξελίσσεται σε εκθετική μορφή ($P < 0,05$), το οποίο είναι κοινό χαρακτηριστικό των εκτροφών ψαριών αυτού του σταδίου της προ πάχυνσης (Dos Santos *et al.* 2013, Workagegn 2012). Παρατηρήθηκε, επίσης, ότι η εκθετική σχέση ήταν πιο έντονη (μεγαλύτερη τιμή του εκθέτη) στα μεσαία άτομα και λιγότερο έντονη στα μικρά, με τα μεγάλα άτομα να εμφανίζουν ενδιάμεση τιμή του εκθέτη (Εικόνα 26).



Εικόνα 26 Μέση ανάπτυξη ψαριών κατά βάρος σε g, στα τρία γκρουπ των εκτρεφόμενων ψαριών. Με μπλε η αύξηση στις δεξαμενές με τα μεγαλύτερα ψάρια, με κόκκινη η αύξηση στις δεξαμενές με τα μεσαίου μεγέθους ψάρια και με καφέ η αύξηση στις δεξαμενές με τα μικρότερα ψάρια. Με κάθετες μπάρες η σταθερή απόκλιση (SD).

Επίσης, παρατηρήθηκε ότι οι συντελεστές ποικιλότητας αυξάνονταν με την πάροδο του χρόνου και στις τρεις κατηγορίες ατόμων (πιν. 10).

Να υπενθυμίσουμε ότι οι διαφορές στον αριθμό των δεξαμενών (επαναλήψεις) έχουν προέλθει είτε λόγω απομάκρυνσης ψαριών για αποφόρτιση του συστήματος (26/6 μεγάλα), είτε λόγω αραιώσεων (12/7 μεγάλα, 12/7 και 27/7 μικρά)

Πίνακας 10 Μέση ανάπτυξη ψαριών κατά βάρος (σε g) ανά δειγματοληψία στα τρία γκρουπ εκτρεφόμενων ψαριών.

Ημ/νία	Πλήθος δεξαμενών Μεγάλα	Μέσο βάρος	SD	Συντελεστής Ποικιλότητας (CV) %	ελαχ	μεγ	Εύρος
16/5/2017	3	22.88	1.95	8.50	20.97	24.86	38.90
30/5/2017	3	35.39	2.86	8.09	32.22	37.79	55.70
12/6/2017	3	42.64	0.90	2.10	41.80	43.59	17.83
26/6/2017	1	56.18		%	56.18	56.18	0
12/7/2017	3	64.43	13.73	21.31	50.67	78.13	27.46
27/7/2017	3	85.54	14.51	16.97	70.98	100.0	29.02

Ημ/νία	Πλήθος δεξαμενών Μεσαία	Μέσο βάρος	SD	Συντελεστής Ποικιλότητας (CV) %	ελαχ	μεγ	Εύρος
16/5/2017	7	11.46	1.27	11.10	9.72	13.18	3.47
30/5/2017	7	19.33	2.04	10.57	16.86	22.60	5.74
12/6/2017	7	29.00	2.57	88.58	25.47	33.26	7.79
26/6/2017	7	41.95	3.57	85.21	36.54	48.01	11.46
12/7/2017	7	55.30	2.85	51.52	52.47	59.71	7.24
27/7/2017	7	73.94	2.64	35.67	70.59	78.98	8.39

Ημ/νία	Πλήθος δεξαμενών Μικρά	Μέσο βάρος	SD	Συντελεστής Ποικιλότητας (CV) %	ελαχ	μεγ	Εύρος
16/5/2017	2	5.18	0.01	0.10	5.18	5.18	0.01
30/5/2017	2	9.71	1.25	12.85	8.83	10.60	17.65
12/6/2017	2	17.10	0.52	30.15	16.73	17.46	0.73
26/6/2017	2	26.65	0.61	22.72	26.22	27.08	0.86
12/7/2017	3	41.11	8.33	20.26	35.39	50.67	15.28
27/7/2017	5	73.72	19.18	26.02	54.95	100.00	45.05

3.2.2.3 Επιβίωση

Η τιλάπια, όπως αποδεικνύεται και στα πειράματά μας, είναι ένα πολύ ανθεκτικό ψάρι για την ιχθυοκαλλιέργεια. Σε όλη τη διάρκεια των εκτροφών η θνησιμότητα των ψαριών σε κάθε δεξαμενή και ανά περίοδο καλλιέργειας ήταν μηδενική (πίν. 11). Οι ελάχιστες απώλειες οφείλονταν σε ατυχήματα, πηδήματα κυρίως έξω από την δεξαμενή. Κατά τα άλλα είναι αλήθεια ότι δεν περιμέναμε απώλειες καθώς, όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα τα σχετικά με την ποιότητα του νερού (επόμενη παράγραφος), καμία παράμετρος δεν ξέφυγε έξω από τα όρια ανοχής του είδους.

Πίνακας 11 Μέση επιβίωση ψαριών κατά ομάδα σε όλη τη διάρκεια της εκτροφής.

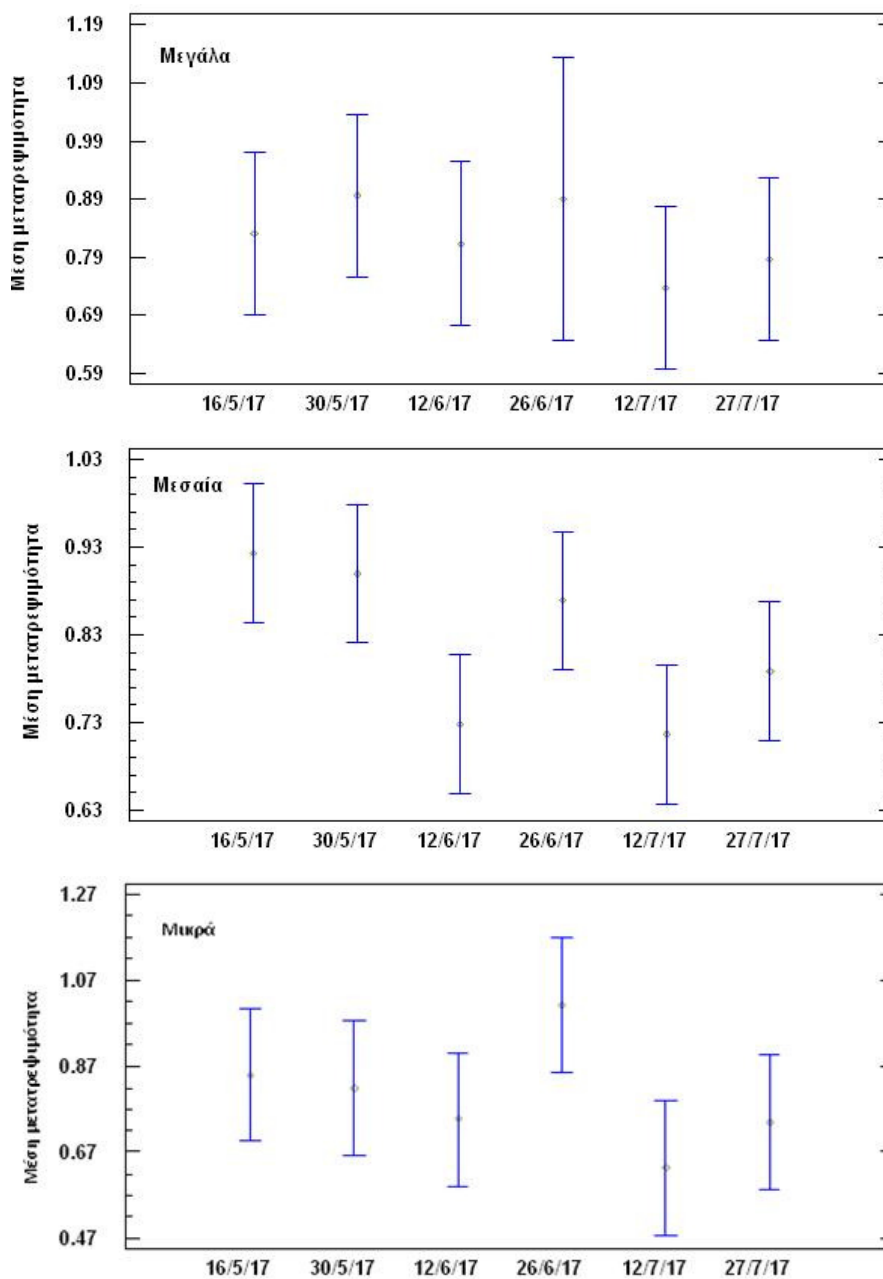
Group	Πλήθος καταγραφών	Μέση επιβίωση (%)
Μεγάλα	16	99,30
Μεσαία	42	98.01

Μικρά	12	100.00
-------	----	--------

Στην ομαδοποίηση των μετρήσεων, η επιβίωση δεν συνδέεται με την ομάδα μεγέθους των ψαριών (ANOVA, $F=1,41$, $P>0,05$).

3.2.2.4 Μετατρεψιμότητα

Δεν προέκυψε σημαντική διαφορά του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) με την ομάδα μεγέθους κάτι που αποδείχτηκε και από την σχετική στατιστική επεξεργασία (ANOVA, $F=0,09$, $P>0,05$). Ωστόσο, αν και δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαδοχικών δειγματοληψιών, οι τάσεις διαφοροποίησης της μέσης τιμής FCR είναι πάντα προς στην ίδια κατεύθυνση και για τα τρία γκρουπ μεγέθους (εικ. 27), αποτυπώνοντας τις σποραδικές αλλαγές στην στρατηγική τάϊσματος στη διάρκεια των εκτροφών (βλέπε κεφ.2).



Εικόνα 27 Διακύμανση δείκτη FCR ανά γκρουπ και ανά δειγματοληψία στα μεγάλα (επάνω), μεσαία (στη μέση) και μικρά ψάρια (κάτω)

Γενικά οι μετατρεψιμότητες κινήθηκαν σε πολύ χαμηλά επίπεδα, συνήθως κάτω της μονάδας. Οι χαμηλοί συντελεστές FCR οφείλονται σε δύο αιτίες: (α) τα νεαρά ψάρια βρίσκονται σε φάση προ πάχυνσης, η οποία γενικά χαρακτηρίζεται από τους μικρότερους FCR που μπορούν θεωρητικά να καταγραφούν στην των ψαριών εκτροφή μέχρι τα ενήλικα στάδια (εμπορικά μεγέθη), (β) η τροφή που χρησιμοποιήθηκε δεν είχε τις προδιαγραφές ενός παμφάγου ψαριού, όπως η τιλάπια, αλλά ήταν εμπορική τροφή χελιού, ενός σαρκοφάγου είδους με υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις που καλύπτονται από υψηλή περιεκτικότητα της σε πρωτεΐνες (44%). Τοποσοστό αυτό είναι πολύ πάνω από τις σχετικές προδιαγραφές για τιλάπια (35-40% για ψάρια κάτω από 10 g και 20-28% για ψάρια πάνω από 300 g, FAO, ημ.πρ.31/3/2018). Είναι επίσης γνωστό ότι καθώς αυξάνεται το ποσοστό πρωτεΐνης στη διατροφή, το FCR γίνεται μικρότερο, κάτι που σημαίνει ότι τελικά χρειάζεται λιγότερη τροφή για να παραχθεί ένα κιλό ψαριού (USAID 2011).

Πίνακας 12 Μέση μετατρεψιμότητα ανά δειγματοληψία στα τρία γκρουπ εκτρεφόμενων ψαριών.

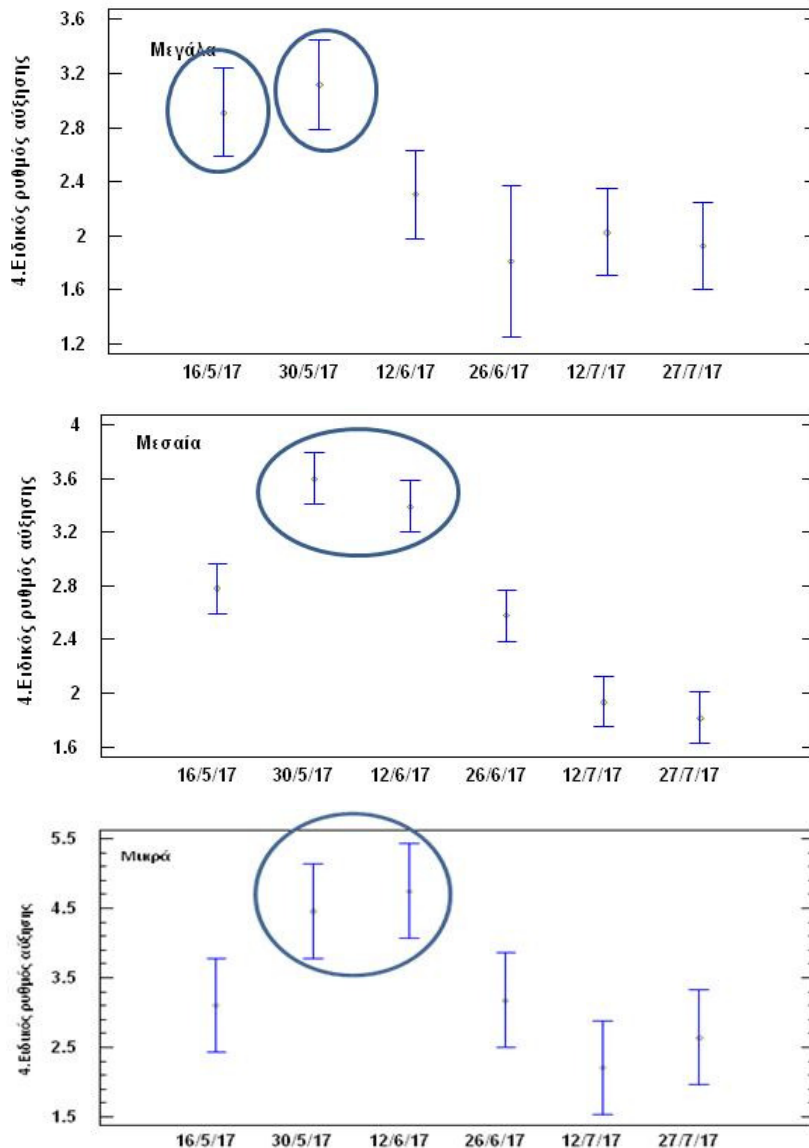
Ημ/νία	Πλήθος δεξαμενών Μεγάλα	Μέση μετατρεψιμότητα	SD	Συντελεστής Ποικιλότητας (CV) %	ελαχ	μεγ	Εύρος
16/5/2017	3	0.83	0.07	8.24	0.76	0.90	0.14
30/5/2017	3	0.90	0.12	13.93	0.75	0.98	0.22
12/6/2017	3	0.81	0.29	35.82	0.63	1.15	0.52
26/6/2017	1	0.89			0.89	0.89	0
12/7/2017	3	0.74	0.11	14.47	0.63	0.85	0.21

Ημ/νία	Πλήθος δεξαμενών Μεσαία	Μέση μετατρεψιμότητα	SD	Συντελεστής Ποικιλότητας (CV) %	ελαχ	μεγ	Εύρος
16/5/2017	7	0.92	0.26	27.88	0.61	1.37	0.76
30/5/2017	7	0.90	0.10	11.33	0.76	1.03	0.26
12/6/2017	7	0.73	0.06	8.35	0.64	0.79	0.15
26/6/2017	7	0.87	0.12	14.04	0.76	1.10	0.34
12/7/2017	7	0.72	0.06	8.88	0.62	0.80	0.19
27/7/2017	7	0.79	0.17	21.30	0.65	1.13	0.47

Ημ/νία	Πλήθος δεξαμενών Μεσαία	Μέση μετατρεψιμότητα	SD	Συντελεστής Ποικιλότητας (CV) %	ελαχ	μεγ	Εύρος
16/5/2017	2	0.85	0.14	16.24	0.75	0.95	0.20
30/5/2017	2	0.82	0.20	25.01	0.67	0.96	0.29
12/6/2017	2	0.75	0.09	11.93	0.68	0.81	0.13
26/6/2017	2	1.01	0.05	4.84	0.98	1	0.07
12/7/2017	2	0.63	0.11	17.11	0.56	0.71	0.15
27/7/2017	2	0.74	0.11	15.49	0.66	0.82	0.16

3.2.2.5 Ειδικός ρυθμός αύξησης

Αναφορικά με την χρονική εξέλιξη του ειδικού ρυθμού αύξησης (SGR), παρατηρούμε ότι η παράμετρος αυτή ανεβαίνει αρχικά έως μία μέγιστη τιμή (30/5 για τα μεγάλα και τα μεσαία ψάρια και 12/6 για τα μικρά). Η αύξηση αυτή είναι λιγότερο έντονη στην περίπτωση των μεγάλων, ενώ είναι στατιστικά σημαντική στην περίπτωση των άλλων δύο γκρουπ. Στο υπόλοιπο διάστημα καταγράφεται γενικά στατιστικά σημαντική μείωση της μέσης τιμής του SGR, συγκρινόμενη ως προς τη μέγιστη τιμή του, που συνεχίζεται ως γενική τάση, χωρίς όμως να τεκμηριώνεται στατιστικά για το υπόλοιπο διάστημα (εικ. 28 και πιν. 13).



Εικόνα 28 Διακύμανση ειδικού ρυθμού αύξησης (SGR σε %/ημέρα) ανά γκρουπ και ανά δειγματοληψία στα μεγάλα (επάνω), μεσαία (στη μέση) και μικρά ψάρια (κάτω). Σε κύκλους οι στατιστικά διαφορετικές τιμές του δείκτη.

Έχοντας υπόψη ότι με την πάροδο του χρόνου τα ψάρια και των τριών γκρουπ μεγαλώνουν, άρα η φυσιολογική τους κατάσταση εξελίσσεται, η αυξομείωση του SGR είναι αναμενόμενη και ανταποκρίνεται στην σιγμοειδή καμπύλη αύξησης κατά βάρος των εκτρεφόμενων ειδών. Meeren TVD, Moksness E (2003)

Πίνακας 13 Διακύμανση ειδικού ρυθμού αύξησης (SGR σε %/ημέρα) ανά δειγματοληψία στα τρία γκρουπ εκτρεφόμενων ψαριών.

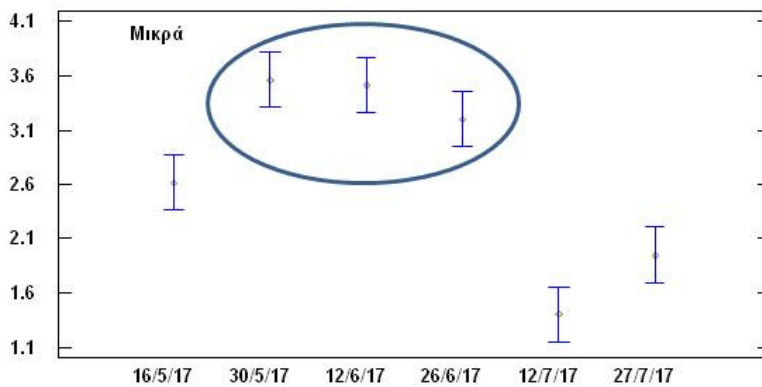
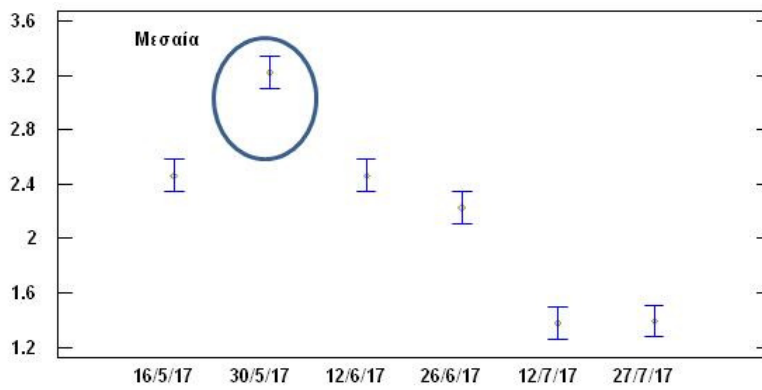
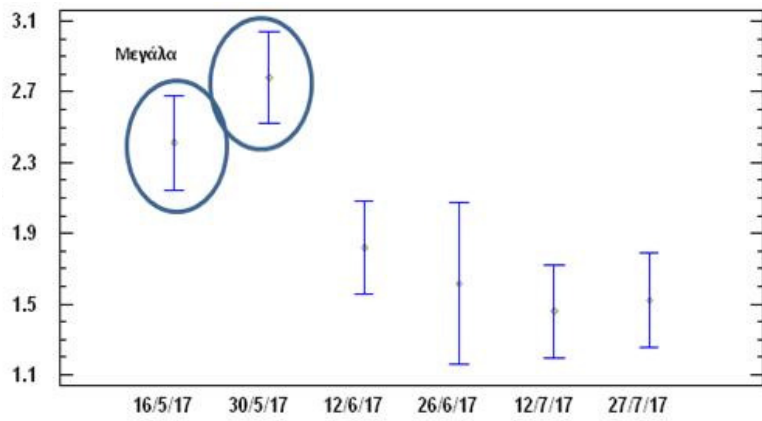
Ημ/νία	Πλήθος δεξαμενών Μεγάλα	Μέση τιμή SGR	SD	Συντελεστής Ποικιλότητας (CV) %	ελαχ	μεγ	Εύρος
16/5/2017	3	2.91	0.31	10.73	2.58	3.20	0.62
30/5/2017	3	3.12	0.15	4.94	2.99	3.28	0.30
12/6/2017	3	2.30	0,29	12.60	1.973	2.52	0.54
26/6/2017	1	1.81			1.81	1.81	0,00
12/7/2017	3	2.03	0.58	28.48	1.62	2.69	1.07
27/7/2017	3	1.93	0.30	15.69	1.65	2.25	0.60

Ημ/νία	Πλήθος δεξαμενών Μεσαία	Μέση τιμή SGR	SD	Συντελεστής Ποικιλότητας (CV) %	ελαχ	μεγ	Εύρος
16/5/2017	7	2.78	0.61	22.04	1.90	3.89	1.99
30/5/2017	7	3.60	0.27	7.52	3.15	3.94	0.79
12/6/2017	7	3.39	0.28	8.19	2.96	3.88	0.91
26/6/2017	7	2.58	0.19	7.35	2.21	2.82	0.61
12/7/2017	7	1.94	0.21	10.96	1.56	2.26	0.70
27/7/2017	7	1.82	0.34	18.81	1.22	2.20	0.98

Ημ/νία	Πλήθος δεξαμενών Μεσαία	Μέση τιμή SGR	SD	Συντελεστής Ποικιλότητας (CV) %	ελαχ	μεγ	Εύρος
16/5/2017	2	3.11	0.39	12.53	2.83	3.38	0.55
30/5/2017	2	4.46	0.91	20.48	3.81	5.11	1.29
12/6/2017	2	4.75	0.82	17.33	4.17	5.33	1.16
26/6/2017	2	3.17	0.38	11.91	2.90	3.44	0.53
12/7/2017	2	2.21	0.10	4.62	2.14	2.29	0.14
27/7/2017	2	2.65	0.15	5.68	2.54	2.75	0.21

3.2.2.5 Ημερήσιος ρυθμός διατροφής

Ο ημερήσιος ρυθμός διατροφής (DFR, % ζώντος βάρους/ημέρα) υπολογίζεται βάσει της κατανάλωσης και της αύξησης του ψαριού, με τον απλό τύπο $DFR = FCR \times SGR$. Άρα ο DFR εκφράζει εκ των υστέρων το πραγματικό ποσοστό που κατανάλωσαν τα ψάρια ανά ημέρα επί της βιομάζας της δεξαμενής. Ως εκ τούτου, εφόσον οι τιμές του FCR είναι πάντα κοντά στην μονάδα η πορεία του ακολουθεί την εξέλιξη του SGR. Για τις μεταβολές λοιπόν που καταγράφηκαν ισχύουν τα όσα ειπώθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο 3.2.2.6. Όπως και στην περίπτωση SGR υπάρχει σημαντική διαφορά της ημερήσιας λήψης τροφής με την ομάδα (ANOVA, $F=3,98$, $P>0,05$, εικ. 29 και πίν. 14).



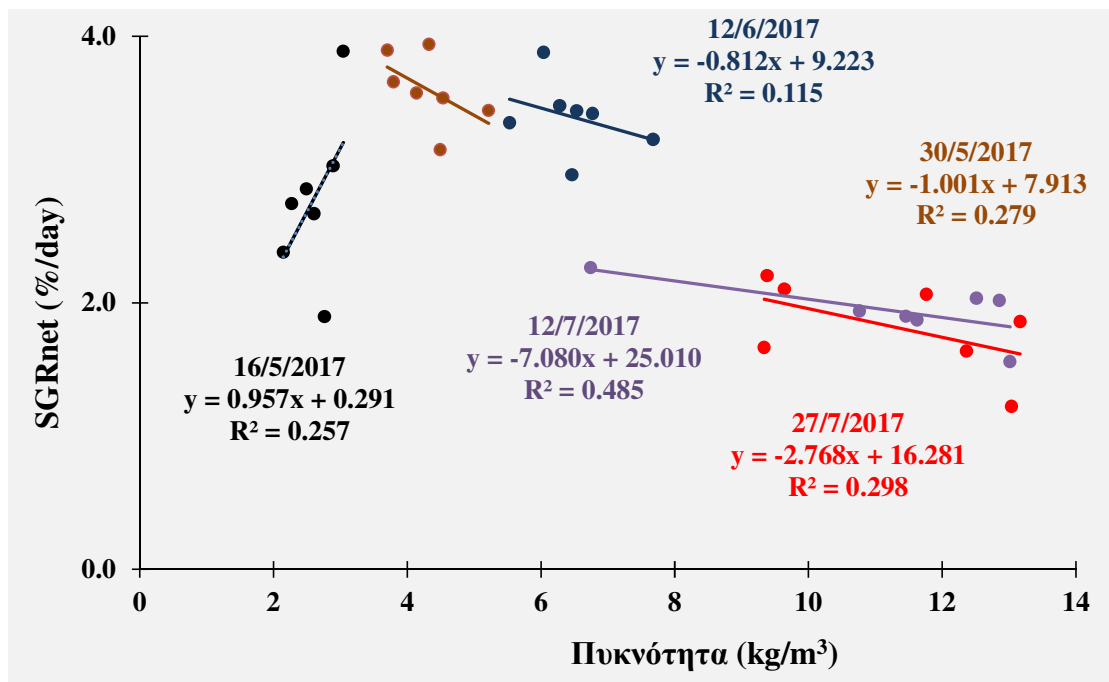
Εικόνα 29 Διακύμανση του ημερήσιου ρυθμού διατροφής (DFR σε %ζώντος βάρους/ημέρα) ανά γκρουπ και ανά δειγματοληψία στα μεγάλα (επάνω), μεσαία (στη μέση) και μικρά ψάρια (κάτω). Σε κύκλους οι στατιστικά διαφορετικές τιμές του δείκτη.

Πίνακας 14 Διακύμανση του ημερήσιου ρυθμού διατροφής (DFR σε %ζώντος βάρους/ημέρα) ανά δειγματοληψία στα τρία γκρουπ εκτρεφόμενων ψαριών.

Ημ/νία	Πλήθος δεξαμενών Μεγάλα	Μέση τιμή DFR	SD	Συντελεστής Ποικιλότητας (CV) %	ελαχ	μεγ	Εύρος
16/5/2017	3	2.41	0.24	9.76	2.24	2.68	0.44
30/5/2017	3	2.78	0.27	9.55	2.47	2.95	0.47
12/6/2017	3	1.82	0.39	21.66	1.53	2.27	0.73
26/6/2017	1	1.62			1.62	1.62	0
12/7/2017	3	1.46	0.22	14.96	1.29	1.71	0.41
27/7/2017	3	1.52	0.30	19.84	1.22	1.83	0.60
Ημ/νία	Πλήθος δεξαμενών Μεσαία	Μέση τιμή DFR	SD	Συντελεστής Ποικιλότητας (CV) %	ελαχ	μεγ	Εύρος
16/5/2017	7	2.47	0.40	16.15	1.66	2.85	1.18
30/5/2017	7	3.22	0.20	6.36	2.97	3.53	0.56
12/6/2017	7	2.47	0.22	8.73	2.12	2.67	0.55
26/6/2017	7	2.22	0.15	6.72	2.08	2.43	0.36
12/7/2017	7	1.38	0.08	5.57	1.25	1.50	0.25
27/7/2017	7	1.39	0.11	7.99	1.21	1.57	0.36
Ημ/νία	Πλήθος δεξαμενών Μεσαία	Μέση τιμή DFR	SD	Συντελεστής Ποικιλότητας (CV) %	ελαχ	μεγ	Εύρος
16/5/2017	2	2.61	0.10	3.75	2.54	2.68	0.14
30/5/2017	2	3.56	0.17	4.66	3.44	3.68	0.23
12/6/2017	2	3.51	0.19	5.45	3.37	3.64	0.27
26/6/2017	2	3.20	0.23	7.09	3.04	3.36	0.32
12/7/2017	2	1.41	0.30	21.64	1.19	1.62	0.43
27/7/2017	2	1.95	0.19	9.85	1.81	2.09	0.27

3.2.2.7 Πυκνότητα και αύξηση

Τέλος, εξετάζοντας τις σχέσεις του ειδικού ρυθμού αύξησης με την ιχθυοπυκνότητα στις δεξαμενές της ομάδας των μεσαίων που είναι και οι πιο πολυάριθμες (7), διαπιστώνουμε ότι όλες οι σχέσεις ήταν γραμμικές, στατιστικά σημαντικές ($P < 0,05$) και ανά ζεύγη διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους (ANCOVA, $P < 0,05$). Από το σύνολο των σχέσεων αυτών (5), μια εμφάνισε σημαντική ($P < 0,05$) θετική τάση (για την ημερομηνία 16/5/2017, τα νεαρότερα δηλαδή ψάρια), ενώ οι υπόλοιπες τέσσερις σχέσεις εμφάνισαν σημαντικές ($P < 0,05$) αρνητικές τάσεις (Εικόνα 30). Παρατηρήθηκε ότι η κλίση της γραμμικής εξίσωσης αυξάνονταν βαθμιαία (ANCOVA, $P < 0,05$) από το μήνα Μάιο έως τον Ιούλιο, με την κλίση να είναι πιο έντονη στις 12/7/2017 (7,0896) και μικρότερο βαθμό η κλίση της σχέσης για την ημερομηνία 27/7/2016.

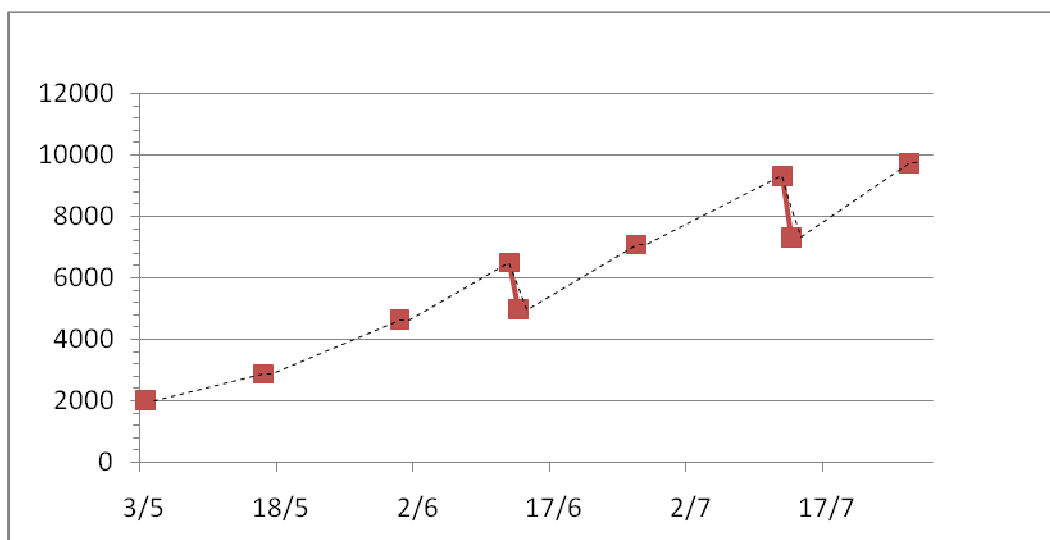


Εικόνα 30 Σχέση μεταξύ ειδικού ρυθμού αύξησης σε σχέση με την ιχθυοπυκνότητα στις δεξαμενές του γκρούπ των μεσαίων ψαριών

Όλες οι σχέσεις ήταν στατιστικά ($P < 0,05$) σημαντικές και διέφεραν σημαντικά (ANCOVA, $P < 0,05$) ανά ζεύγη μεταξύ τους.

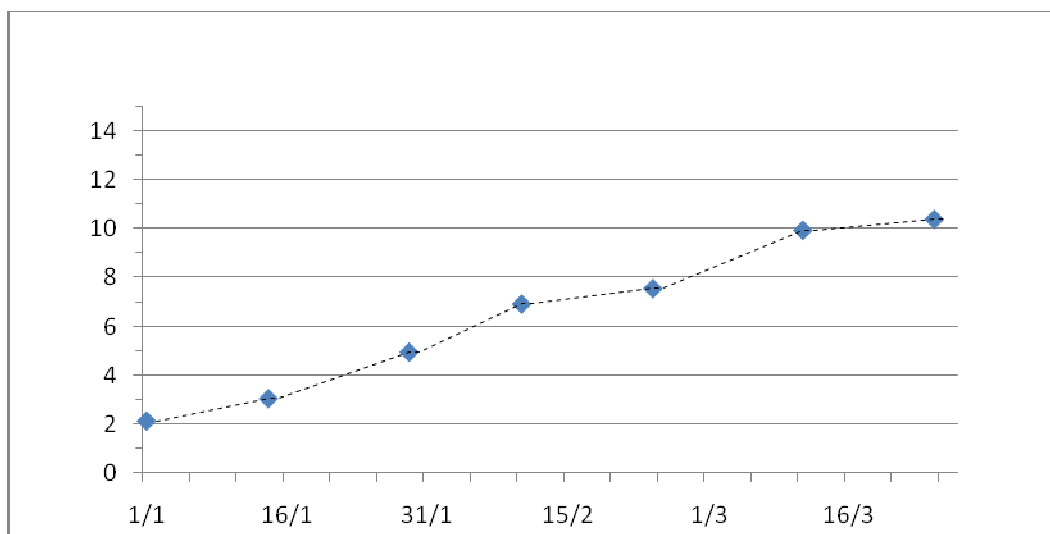
3.3 Ποιότητα νερού

Οι αλλαγές στην ποιότητα του νερού των εκτροφών πρέπει να ειπωθούν σε σχέση με τις αλλαγές της βιομάζας των ψαριών, των ρυθμών διατροφής και τη διάρκεια του πειράματος (παραγωγή νιτρικών, οξίνιση του νερού), καθώς επίσης και την ανάπτυξη των φυτών στη συνέχεια (απορρόφηση θρεπτικών αλάτων).



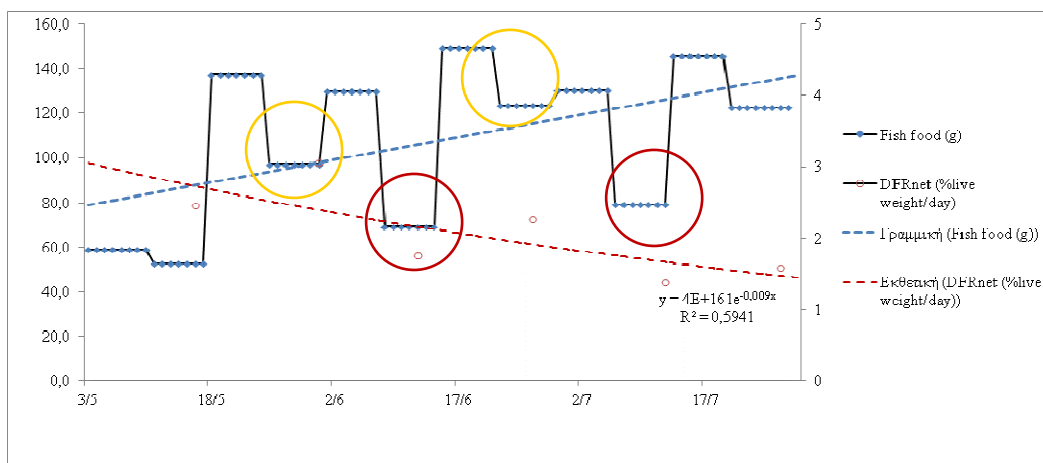
Εικόνα 31 Εξέλιξη της συνολικής ιχθυομάζας του συστήματος κατά τη διάρκεια της εκτροφής σε g.

Έτσι, στη διάρκεια της εκτροφής η ολική βιομάζα των ψαριών αυξάνονταν φυσιολογικά (εικ. 31) ξεκινώντας από 2 κιλά στις 3/5/2017 και φθάνοντας στα περίπου 10 κιλά στο τέλος της, στις 27/7/2017. Ενδιάμεσα, στις 12/6 και στις 12/7, απομακρυνθήκαν από το σύστημα τα μεγαλύτερα ψάρια με σκοπό την αποφόρτιση του, δηλαδή την μείωση της ιχθυοφόρτισης μέσω της αραιώσης των εναπομεινάντων ψαριών στις δεξαμενές που άδειαιζαν. Έτσι η ιχθυοφόρτιση δεν ξεπέρασε ποτέ τα $10\text{kg}/\text{m}^3$ (εικ. 32) όριο που θεωρείται ασφαλές για αυτά τα ψάρια σε κλειστό κύκλωμα.



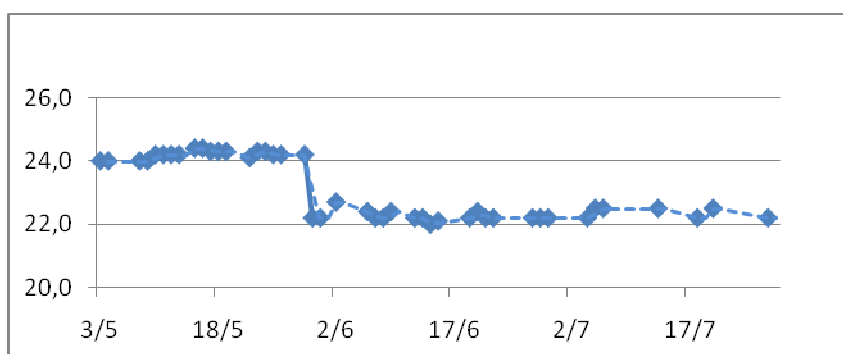
Εικόνα 32 Εξέλιξη της μέσης ιχθυοφόρτισης του συστήματος κατά τη διάρκεια της εκτροφής σε kg/m³

Πράγματι, στη διάρκεια της εκτροφής, οι καθημερινές ποσότητες του φαγητού αυξάνονταν (εικ.33). Η αποφόρτιση του συστήματος στις 12/6 και στις 12/7 αποτυπώνονται καλά στις αντίστοιχες πτώσεις της κατανάλωσης σε αυτές τις ημερομηνίες. Εκτός από τις απομακρύνσεις των ψαριών στις δύο περιπτώσεις, αποφασίσαμε και άλλες μειώσεις του ταΐσματος στη διάρκεια της εκτροφής, ώστε να συγκρατηθεί η περιεκτικότητα του νερού σε νιτρικά. Αυτό γιατί σε επίπεδα >150 ppm νιτρικών ιόντων δεν μπορούν να παραχθούν λαχανικά που να επιτρέπεται να καταναλωθούν από ανθρώπους.



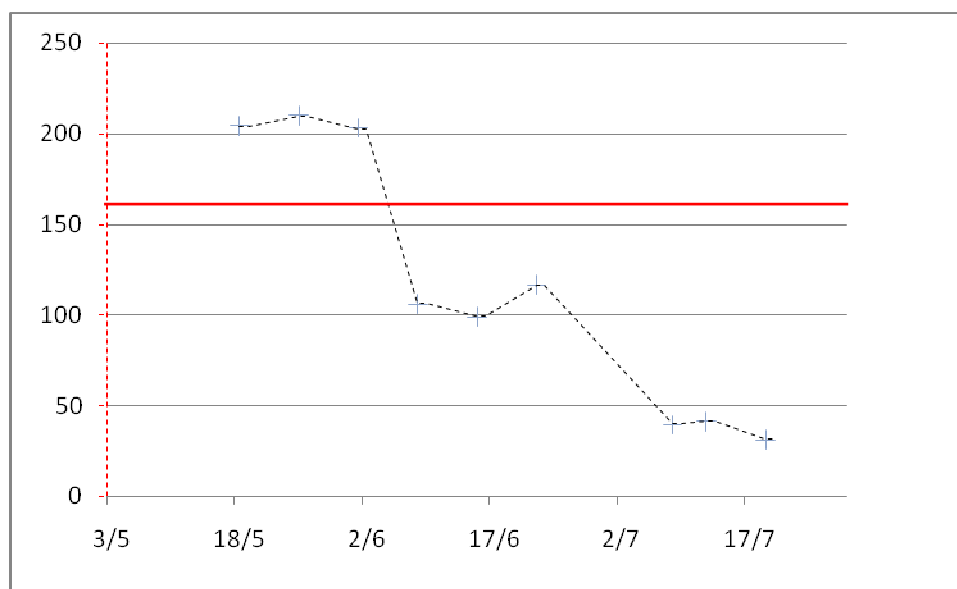
Εικόνα 33 Εξέλιξη της ημερήσιας παροχής Ιχθυοτροφής στο σύστημα (μπλε ρόμβοι) σε g και της Ημερήσιας Δόσης Τροφής σε % Ζώντος Βάρους όλων των ψαριών (μικροί κόκκινοι κύκλοι) κατά τη διάρκεια της εκτροφής. Με μεγάλους κύκλους σημειώνονται οι περίοδοι μείωσης της τροφής, είτε λόγω αλλαγής στρατηγικής ταΐσματος (μεγάλοι πορτοκαλί κύκλοι), είτε λόγω απομάκρυνσης των ψαριών από το σύστημα (μεγάλοι κόκκινοι κύκλοι).

Είναι λοιπόν προφανές ότι έγινε προσπάθεια να κρατηθεί σε χαμηλά επίπεδα η κατανάλωση της τροφής, από 3% έως 1,5% ζώντος βάρους ανά ημέρα (εικ. 33). Σε αυτό βοήθησαν δύο ακόμη στοιχεία. Χρησιμοποιήθηκε τροφή χελιού με πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (>45%). Επιπλέον, μετά τον πρώτο μήνα εκτροφής, η κατανάλωση περιορίστηκε καθώς οι ενεργειακές ανάγκες των ψαριών μειώθηκαν, όταν, ενόψει της φυσιολογικής για την εποχή αύξησης της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και της αρνητικής επίδρασή της στα λαχανικά (μαρούλι, βλ. επόμενη παράγραφο), τέθηκε σε λειτουργία ψυκτικό μηχάνημα στο ρεζερβουάρ του συστήματος ανακυκλοφορίας του νερού, που περιορίσε και σταθεροποίησε τη θερμοκρασία του στα επίπεδα των 22 °C περίπου (εικ. 34).



Εικόνα 34 Εξέλιξη της θερμοκρασίας του νερού κατά την διάρκεια της εκτροφής.

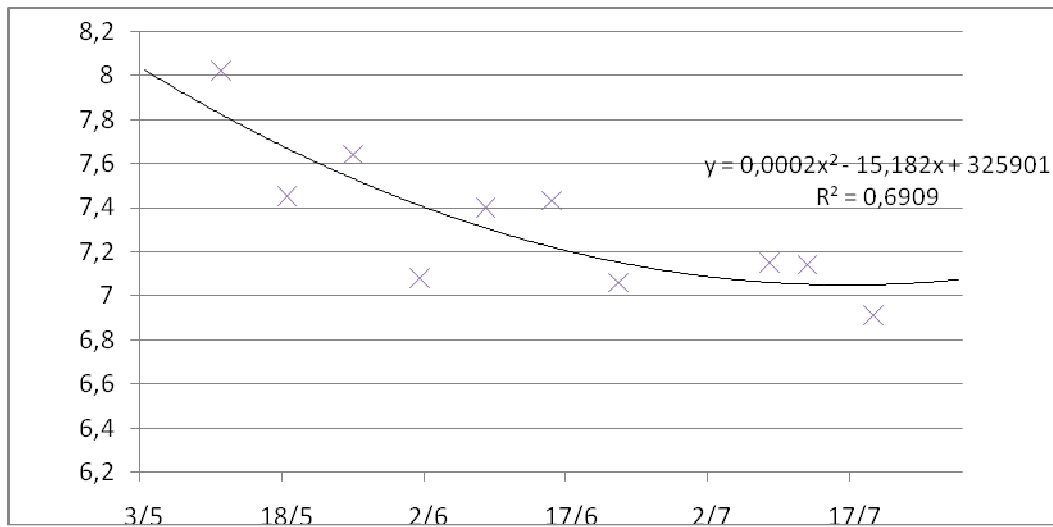
Όμως η μεγάλη μείωση των νιτρικών εξηγείται από την απορρόφηση τους από τα καλλιεργούμενα λαχανικά για τη δική τους ανάπτυξη, όπως θα δούμε και στη συνέχεια (εικ.35).



Εικόνα 35 Εξέλιξη της συγκέντρωσης των νιτρικών στο νερό του συστήματος σε mg/l κατά την διάρκεια των πειραμάτων. Η κόκκινη γραμμή υπενθυμίζει το ανώτατο επιθυμητό όριο των νιτρικών ιόντων για την παραγωγή λαχανικών (βλ. κείμενο)

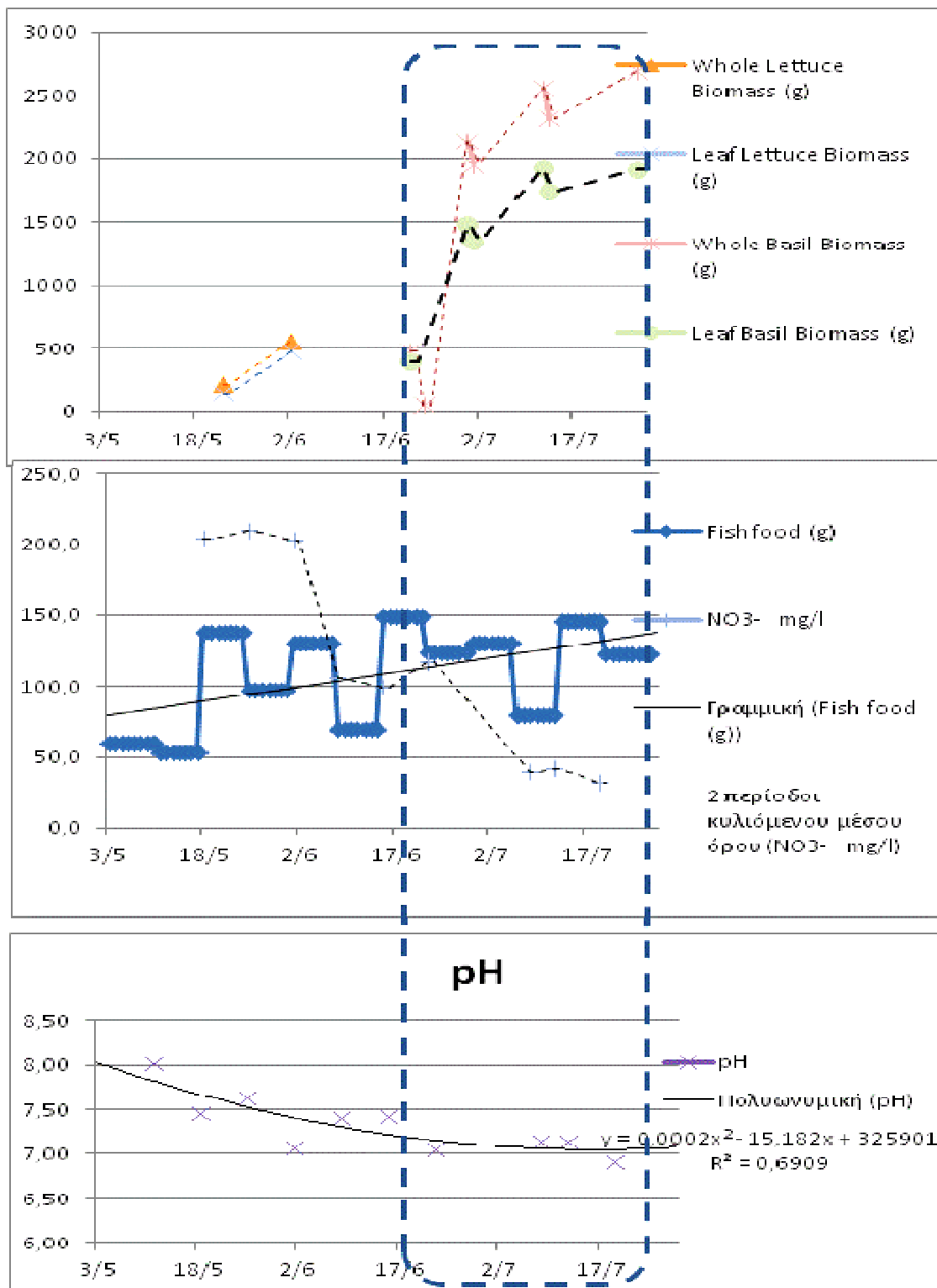
Κατά τη διάρκεια της εκτροφής, το pH του νερού παρουσίασε συνεχή μείωση (εικ. 36), κάτι το αναμενόμενο λόγω της αναπνοής των ψαριών και λόγω της λειτουργίας του βιολογικού καθαρισμού στο νερό της ανακυκλοφορίας.

Πράγματι το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται συνεχώς από τα ψάρια, ενώνεται εύκολα με το νερό δημιουργώντας ανθρακικό οξύ H_2CO_3 , το οποίο οξινίζει το μέσο εκτροφής (Somerville *et al.*, 2014). Η οξείδωση της αμμωνίας σε νιτρώδη και νιτρικά ιόντα είναι μία διαδικασία που επίσης οξινίζει το νερό του συστήματος (Somerville *et al.*, 2014). Αν και τα περισσότερα εκτρεφόμενα είδη ψαριών έχουν ένα μεγάλο εύρος ανοχής στο pH, από 6.0–8.5, η πτώση του ωστόσο σε επίπεδα κάτω από 7,5 μειώνει σε μεγάλο βαθμό την τοξικότητα της αμμωνίας στο νερό των δεξαμενών, αλλά είναι επίσης και ιδιαίτερα επιθυμητή, ως συνθήκη καλής ανάπτυξης των φυτών, καθώς αυτή η κατάσταση βοηθάει στην διαθεσιμότητα όλων των ιχνοστοιχείων που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξή τους (Somerville *et al.*, 2014). Ήταν αυτός ένας από τους λόγους που καθυστερήσαμε την είσοδο των φυτών στο σύστημα.



Εικόνα 36 Εξέλιξη του pH του νερού του συστήματος κατά την διάρκεια της εκτροφής.

Στην σύνθεση που επιχειρήσαμε και που παρουσιάζουμε συνολικά στην εικόνα 37 παρουσιάζεται συγκριτικά, η εξέλιξη των κύριων παραμέτρων που επηρεάζουν την καλλιέργεια των λαχανικών σε σχέση με την εγκατάσταση και την ανάπτυξή τους. Η μειώσεις της συνολικής βιομάζας του βασιλικού στις 30/6 και 13/7 οφείλονται στην αφαίρεση φυτών από το σύστημα για τις ανάγκες των δειγματοληψιών.



Εικόνα 37 Πάνω γράφημα, εξέλιξη της βιομάζας του συνόλου των λαχανικών, αλλά και των φύλων τους κατά τη διάρκεια της καλλιέργειάς (πάνω σχήμα) , σε αντιπαράθεση με την εξέλιξη της καθημερινής ποσότητας τροφής και της συγκέντρωσης των νιτρικών στο νερό του συστήματος (μεσαίο γράφημα) και της εξέλιξης του pH κατά τη διάρκεια της εκτροφής (κάτω γράφημα). Σε πλαίσιο με μπλε διακεκομμένη γραμμή, οι συνθήκες που επικράτησαν κατά τη διάρκεια καλλιέργειας του πλατύφυλλου βασιλικού.

3.4 Καλλιέργειες λαχανικών

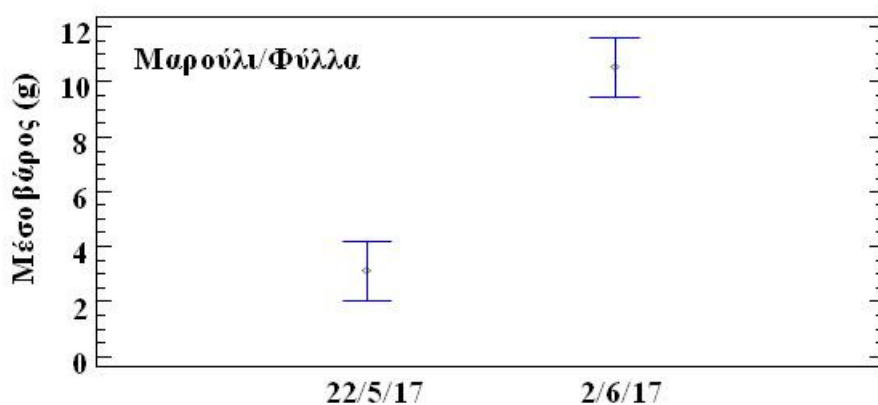
3.4.1 Μαρούλι

Η πρώτη προσπάθεια καλλιέργειας λαχανικών στο σύστημα, έγινε με φυτώρια μαρουλιού, Με γρήγορη ανάπτυξη που καταγράφηκε το πρώτο δεκαήμερο, τα μαρούλια άρχισαν να «σποριάζουν» και έτσι η καλλιέργεια διακόπηκε. Η θερμοκρασία του νερού (24 °C) φαίνεται ότι ήταν ουπεύθυνος παράγοντας για τη μη ολοκλήρωση της καλλιέργειας. Όπως και αρκετά είδη πράσινων φυλλωδών λαχανικών έχουν τη βέλτιστη ανάπτυξη σε πιο κρύο περιβάλλον (15–22 °C), ενώ σε θερμοκρασίες πάνω από 24 °C μακραίνουν και σποριάζουν, και πικρίζουν (Somerville *et al.*, 2014), κάτι που άλλωστε διαπιστώσαμε και εμείς.



Εικόνα 38Τα καλλιεργούμενα μαρούλια, μετά από ένα μικρό διάστημα γρήγορης ανάπτυξης άρχισαν να «σποριάζουν»

Η αύξηση που καταγράφηκε στα φύλλα του μαρουλιού στις 10 αυτές μέρες ήταν στατιστικά σημαντική (ANOVA, $F=63,63$, $P<0,05$, εικ. 39 και πίν. 15)

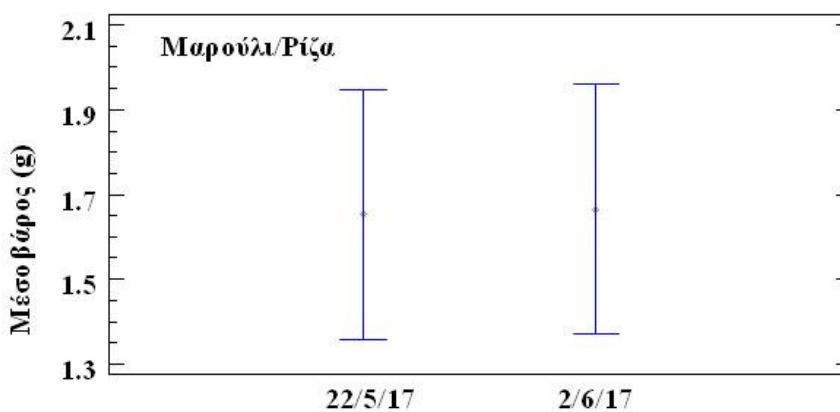


Εικόνα 39Ανάπτυξη φύλλων του μαρουλιού στη διάρκεια της καλλιέργειας

Πίνακας 15Αύξηση του μέσου βάρους των φύλλων του μαρουλιού στη διάρκεια της καλλιέργειας

Ημ/νία	Πλήθος φυτών	Μέση τιμή βιομάζας φύλλων	SD	Συντελεστής Ποικιλότητας (CV) %	ελαχ	μεγ	Εύρος
22/5/2017	5	3.12	1.17	37.56	1.45	4.57	3.12
2/6/2017	5	10.52	1.71	16.29	8.46	13.18	4.72

Αντίθετα η αύξηση που καταγράφηκε στις ρίζες του μαρουλιού δεν ήταν σημαντική (ANOVA, $F=0,0$, $P>0,05$, εικ. 40 και πίν. 16)



Εικόνα 40Ανάπτυξη ριζών μαρουλιού στη διάρκεια της καλλιέργειας

Πίνακας 16Αύξηση του μέσου βάρους των ριζών του μαρουλιού στη διάρκεια της καλλιέργειας

Ημ/νία	Πλήθος φυτών	Μέση τιμή βιομάζας ριζών	SD	Συντελεστής Ποικιλότητας (CV) %	ελαχ	μεγ	Εύρος
22/5/2017	5	1.65	0.56	33.62	0.85	2.42	1.57
2/6/2017	5	1.67	0.14	8.20	1.51	1.87	0.36

Οι ρίζες του μαρουλιού δεν φαίνεται να αναπτύχθηκαν κατά το δεκαήμερο της καλλιέργειας (εικ. 39)

Εκτός της θερμοκρασίας, ένας άλλος παράγοντας που πιθανώς να έδρασε περιοριστικά σε αυτή την περίπτωση είναι το pH, όπου σε αυτή τη φάση της καλλιέργειας ήταν στα επίπεδα του 7,5 (εικ. 3.3.6). Η τιμή αυτή είναι υψηλή για λαχανικά καθότι ορισμένα ιχνοστοιχεία δεν είναι επαρκώς διαθέσιμα σε τιμές πάνω από 7 (Somerville *et al.*, 2014).

3.4.2 Βασιλικός

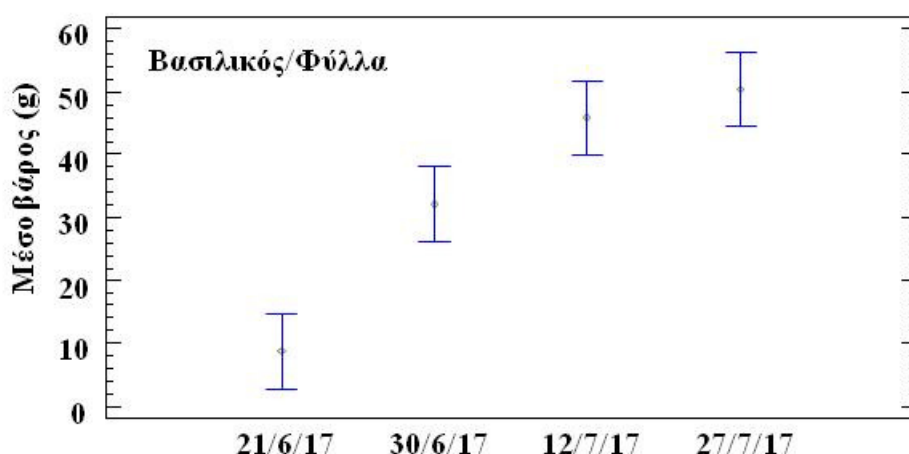
3.4.2.1 Ανάπτυξη βιομάζας

Αντίθετα με το μαρούλι, ο πλατύφυλλος βασιλικός, ως πιο θερμόφιλο είδος (Εύρος: 18–30 °C, βέλτιστη θερμοκρασία 20–25 °C, Somerville *et al.*, 2014) αναπτύχθηκε με ιδιαίτερα καλές επιδόσεις τις είκοσι πρώτες ημέρες (Εικ. 41).



Εικόνα 41 Καλλιέργειες πλατύφυλλου βασιλικού στο σύστημά μας.

Είναι αλήθεια βέβαια, ότι μπαίνοντας στο καλοκαίρι ελαττώσαμε προληπτικά τη θερμοκρασία του νερού κατά 2°C (εικ. 34). Επίσης με την πρόοδο της εκτροφής των ψαριών και της βιολογικής επεξεργασίας του νερού, το pH μειώθηκε σε πολύ πιο ευνοϊκά για τα λαχανικά επίπεδα (εικ. 36).



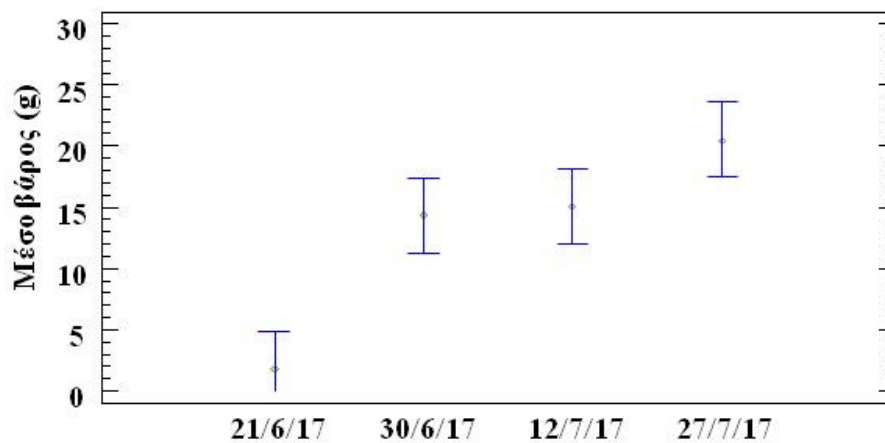
Εικόνα 42 Ανάπτυξη φύλλων βασιλικού στη διάρκεια της καλλιέργειας

Η ανάπτυξη του συνεχίστηκε και στο υπόλοιπο διάστημα με σαφώς μικρότερους ρυθμούς (εικ. 42). Είναι προς διερεύνηση το εάν η πτώση των ρυθμών αύξησης μετά τα εικοσαήμερο οφείλονταν στους ενδογενείς ρυθμούς ανάπτυξης του είδους, ή σχετίζεται με την εξάντληση ορισμένων ιχνοστοιχείων. Συνολικά διαφορά των φύλλων του βασιλικού ανά δειγματοληψία (ANOVA, $F=22,49$, $P<0,05$) ήταν στατιστικά σημαντική (εικ. 42 και πίν. 17).

Πίνακας 17 Αύξηση του μέσου βάρους των φύλλων του βασιλικού στη διάρκεια της καλλιέργειας

Ημ/νία	Πλήθος φυτών	Μέση τιμή βιομάζας φύλλων	SD	Συντελεστής Ποικιλότητας (CV) %	ελαχ	μεγ	Εύρος
21/6/2017	5	8.70	1.34	15.41	6.78	10.55	3.77
30/6/2017	5	32.16	2.83	8.81	28.52	36.05	7.53
12/7/2017	5	45.85	14.86	32.42	24.61	65.67	41.06
27/7/2017	5	50.43	9.04	17.92	38.82	63.66	24.84

Στατιστικά σημαντική αποδείχτηκε και η διαφορά των ριζών του βασιλικού ανά δειγματοληψία (ANOVA, $F=14,87$, $P<0,05$, εικ. 43 και πίν. 18)



Εικόνα 43 Ανάπτυξη ριζών βασιλικού στη διάρκεια της καλλιέργειας

Πίνακας 18 Αύξηση του μέσου βάρους των ριζών του βασιλικού στη διάρκεια της καλλιέργειας

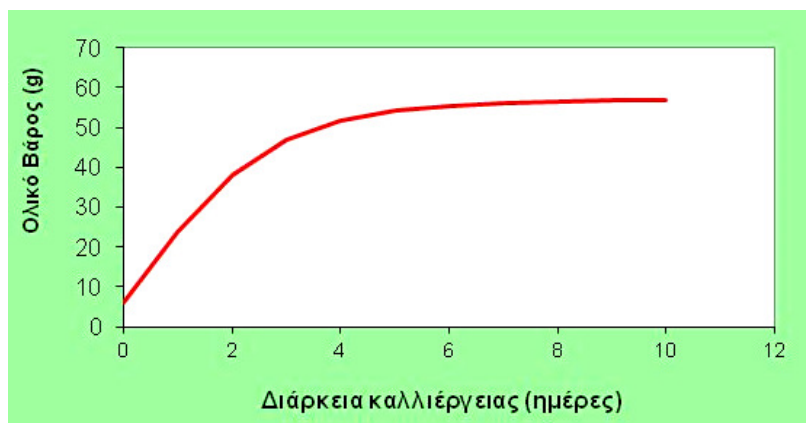
Ημ/νία	Πλήθος φυτών	Μέση τιμή βιομάζας ριζών	SD	Συντελεστής Ποικιλότητας (CV) %	ελαχ	μεγ	Εύρος
21/6/2017	5	1.82	0.23	12.54	1.52	2.16	0.64
30/6/2017	5	14.35	1.72	12.01	12.8	17.05	4.25
12/7/2017	5	15.07	6.70	44.45	5.59	23.68	18.09
27/7/2017	5	20.50	6.01	29.32	11.32	28.19	16.87

3.4.2.2 Μοντέλο ανάπτυξης του πλατύφυλλου βασιλικού στο σύστημα μας

Επιχειρήθηκε τέλος να αποτυπωθεί σε απλό μοντέλο η αύξηση του ολικού μέσου βάρους του βασιλικού. Η σχετική εξίσωση ανάπτυξης κατά von Bertalanffy που προέκυψε από την επεξεργασία των δεδομένων είναι η ακόλουθη:

$$W_t = 56,82(1 - e^{-0,69(t+0,77)})^{2,5}$$

Όπου t , ο χρόνος καλλιέργειας σε ημέρες. Η καμπύλη ανάπτυξης που προκύπτει από την ανωτέρω εξίσωση παρουσιάζεται στην εικόνα 44. Ο εκθέτης $b = 2,5$ σημαίνει ότι στον βασιλικό η αύξηση σε μήκος είναι περισσότερη από ότι σε πάχος.



Εικόνα 44 Καμπύλη κατά βάρος αύξησης Von Bertalanffy για τον πλατύφυλλο βασιλικό στο σύστημά μας.

4 Συμπεράσματα

- Οι σωματομετρικές μετρήσεις μήκους (L)-και βάρους (W) στις νεαρές τιλάπιες επαλήθευσαν με πολύ ισχυρούς συντελεστές συσχέτισης την εξίσωση δύναμης $W=al^b$ που συνδέει τις δύο παραμέτρους, με τιμές του b κοντά στο 3, χαρακτηριστικές της αλλομετρικής τους σχέσης.
- Το μέσο βάρος κατά τη διάρκεια της εκτροφής κάθε ομάδα ψαριών εξελίχτηκε σε εκθετική μορφή με πολύ ισχυρούς συντελεστές συσχέτισης (0.967 έως 0.990) σε όλες τις περιπτώσεις.
- Η τιλάπια αποδείχτηκε πολύ ανθεκτικό ψάρι σε όλη τη διάρκεια των εκτροφών, καθώς η θνησιμότητα ήταν σχεδόν μηδενική σε όλες τις δεξαμενές και σε όλες τις φάσεις εκτροφής.
- Οι πολύ χαμηλοί συντελεστές μετατρεψιμότητας FCR που κυμάνθηκαν συνήθως κάτω της μονάδας σε όλες τις δεξαμενές και σε όλη τη διάρκεια των εκτροφών, οφείλονται πιθανότατα (α) στο νεαρό των σταδίων των εκτρεφόμενων ψαριών, (β) στις στρατηγικές ταΐσματος που υιοθετήθηκαν δίνοντας βάση στην συγκράτηση των νιτρικών του συστήματος για την σωστή παραγωγή των λαχανικών και όχι την ταχεία ανάπτυξη των ψαριών και (γ) την υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη της τροφής που χρησιμοποιήθηκε.
- Η εξέλιξη των ειδικών ρυθμών αύξησης (SGR) αυξανόμενου του μεγέθους των ψαριών ήταν γενικά πτωτική, ο δε ημερήσιος ρυθμός διατροφής DFR που κυμάνθηκε από 3% έως 1,5% ζώντος βάρους ανά ημέρα, ακολούθησε αυτή την εξέλιξη, καθώς οι τιμές του FCR ήταν πάντα κοντά στην μονάδα.
- Οι αλλαγές στην ποιότητα του νερού των εκτροφών σχετίστηκαν άμεσα με τις στρατηγικές διαχείρισης (αλλαγές βιομάζας ψαριών, ρυθμός ταΐσματος), τον μεταβολισμό των ψαριών, τις διαδικασίες νιτροποίησης στο κύκλωμα, καθώς και την ανάπτυξη των φυτών (απορρόφηση θρεπτικών αλάτων).
- Η πρώτη προσπάθεια καλλιέργειας μαρουλιού στο σύστημα δεν ολοκληρώθηκε, καθώς λόγω της υψηλής θερμοκρασία του νερού (24 °C), μετά από ένα μικρό διάστημα γρήγορης ανάπτυξης, τα καλλιεργούμενα μαρούλια άρχισαν να «σποριάζουν»
- Αντίθετα, ο πλατύφυλλος βασιλικός αναπτύχθηκε με ιδιαίτερα καλές επιδόσεις τις είκοσι πρώτες ημέρες σε θερμοκρασία την οποία ελαττώσαμε προληπτικά κατά 2 °C.
- Η χρησιμοποίηση τεχνητού φωτισμού αποδείχτηκε προβληματική καθώς (α) περιορίζει τον φωτισμό στα 25000-30000 Lux στην καλύτερη περίπτωση, έναντι του άπλετου φυσικού φωτός (β) αφήνει μικρό περιθώριο για την ανάπτυξη κατά ύψος των φυτών και (γ) αυξάνει τοπικά τη θερμοκρασία του χώρου
- Η άμμος αραγωνίτη που χρησιμοποιήθηκε δεν ήταν το κατάλληλο υλικό, γιατί η συνεχής πτώση του pH καταναλώνει το ανθρακικό ασβέστιο που είναι το κύριο συστατικό της, απολείανε τους κόκκους της, οι οποίοι παρασύρονταν τελικά στο κύκλωμα. Η ουδέτερη χημικά χαλαζιακή άμμος είναι το κατάλληλο υλικό για την λειτουργία του συστήματος σε γλυκά νερά
- Από την όλη εμπειρία μας διαπιστώσαμε ότι το σύστημα Aquaponics είναι ένα εξαιρετικό εκπαιδευτικό εργαλείο για τις σπουδές μας, καθώς εφαρμόσαμε τεχνικές τόσο για την διαχείριση της βιομάζας των ψαριών (διαλογές, αραιώσεις πληθυσμών, όσο και για την διαχείριση της ποιότητας του ανακυκλούμενου νερού (pH, νιτρικά άλατα).

5 Βιβλιογραφία

5.1 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Clay T (2009) Growth, survival, and cannibalism rates of alligator *gar* *Atractosteus spatula* in recirculating aquaculture systems Thesis University of Tulsa
- De Wet L, Van der Linde D (2007) Towards better aquafeeds and feeding management practices in Southern Africa. Feed management in Aquaculture. <https://en.engormix.com/feed-machinery/articles/feed-management-in-aquaculture-south-africa-production-t33753.htm> (ημερ/νία πρόσβασης 6/3/2017)
- Dos Santos V, Marecoll EA, Silva MDP (2013) Growth curves of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains cultivated at different temperatures. Acta Scientiarum. Animal Sciences Acta Sci., Vol.35 (3) On-line version ISSN 1807-8672 [https://scholar.google.gr/scholar?q=Growth+curves+of+Nile+tilapia+\(Oreochromis+niloticus\)+strains+cultivated+at+different+temperatures&hl=el&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart&sa=X&ved=0ahUKEwie6MS6i9jZAhWQCuwKHUG5BIEQgQMIJTAA](https://scholar.google.gr/scholar?q=Growth+curves+of+Nile+tilapia+(Oreochromis+niloticus)+strains+cultivated+at+different+temperatures&hl=el&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart&sa=X&ved=0ahUKEwie6MS6i9jZAhWQCuwKHUG5BIEQgQMIJTAA)
- © FAO Aquaculture Feed and Fertilizer Resources Information System. <http://www.fao.org/fishery/affris/species-profiles/nile-tilapia/nutritional-requirements/en/> (Ημερομηνία πρόσβασης 31/3/2018)
- Fishbase, http://www.fishbase.org/manual/fishbasethe_length_weight_table.htm (Ημερομηνία πρόσβασης 31/3/2018)
- Lee S, Sonmez O, Hung SSO, Fadela JG (2017) Development of growth rate, body lipid, moisture, and energy models for white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) fed at various feeding rates. Animal Nutrition, Volume 3 (1): 46-60
- Popma T, Masser M (1999) *Tilapia Life History and Biology*. Southern Regional Aquaculture Center Publication No. 283
- Somerville C, Cohen M, Pantanella E, Stankus A & Lovatelli A (2014) *Small- scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 589. Rome, FAO. 262 pp.
- Strand Å, Magnhagen C, Alanärä A (2011) Growth and Energy Expenditures of Eurasian Perch *Perca fluviatilis* (Linnaeus) in Different Temperatures and of Different Body Sizes. *Journal of Aquaculture Research & Development*. 2:114. doi:10.4172/2155-9546.1000114
- USAID (2011) Technical Bulletin #07, Feed Conversion Ratio (FCR) https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00K8MQ.pdf (ημερ/νία πρόσβασης 6/3/2017)
- Workagegn KB (2012) Evaluation of Growth Performance, Feed Utilization Efficiency and Survival Rate of Juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) Reared at Different Water Temperature, International Journal of Aquaculture, Vol.2, No.9, 59-64 (doi: 10.5376/ija. 2012.02.0009)
- Meeren TVD, Moksness E (2003) Growth and mortality patterns evaluated from otolith microstructure in Atlantic cod *Gadus morhua* larvae reared on different feeding regimes in mesocosms. Marine Ecology Progress Series 264, 95-107.

5.2 Ελληνικήβιβλιογραφία

- ΓιαννηκώτσιουΝ. (2010) *ΟιαπαιτήσειςσεθρεπτικάσυστατικάτηςτιλάπιαςτουΝείλου (Oreochromis niloticus, Linnaeus 1758)*. Προπτυχιακή διατριβή, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,68 σελ.
- Κλαδάς Ι (2016) *Εργαστήριο Μαθήματος ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΛΥΚΩΝ ΝΕΡΩΝ*, Βοηθητικές Σημειώσεις Ι, Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών, ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, 4ρ
- Κλαδάς Ι (2018) *Σημειώσεις Μαθήματος «Ενυδρεία»*, Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών, ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας (ημερομηνία πρόσβασης 5/4/2018) <https://openeclass.teimes.gr/courses/YDAD106/>
- Χώτος Γ. (2016) *«Εντατική Ιχθυοκαλλιέργεια με Ανακύκλωση Νερού»*. Σημειώσεις μαθήματος Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας-Υδατοκαλλιεργειών Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας

6 Παράρτημα: αποδόσεις εκτροφών ανα δειγματοληψία

ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΕΚΤΡΟΦΩΝ, Χρονικό διάστημα από 02/05/2017, έως 16/05/2017

Δεξαμενή	Ημερ/νία Εισόδου	Ημερ/νία Εξόδου	ημέρες	Βιομάζα (g)	Ατομα (pcs)	ΜΒ αρχ (g)	Πυκνότητ (kg/m ³)	Σύνολο Τροφής (g)	Βάρος νεκρών	τύπος τροφής	Βιομάζα (g)	Ατομα (pcs)	ΜΒ τελ (g)	Πυκνότητ (kg/m ³)	FCR net	SGRnet (%/day)	DFRnet (%/day)	επιβίωση
A1	2-Μαΐ	16-Μαΐ	14	318	20	15,9	4,1	124			456	20	22,8	5,9	0,9	2,58	2,32	100
A2	2-Μαΐ	16-Μαΐ	14	67,8	21	3,2	0,9	30,9			109	21	5,2	1,4	0,8	3,38	2,54	100,0
A3	2-Μαΐ	16-Μαΐ	14	146	18	8,1	1,9	60,5	8,72		203	17	11,9	2,6	0,9	2,67	2,44	94,4
A4	2-Μαΐ	16-Μαΐ	14	266	19	14,0	3,4	103	23,3		378	18	21,0	4,8	0,8	2,94	2,24	94,7
A5	2-Μαΐ	16-Μαΐ	14	130	20	6,5	1,7	51,4			194	20	9,7	2,5	0,8	2,85	2,29	100,0
A6	2-Μαΐ	16-Μαΐ	14	125	17	7,4	1,5	56,1	7,2		167	16	10,5	2,1	1,1	2,38	2,70	94,1
B1	2-Μαΐ	16-Μαΐ	14	295	17	17,4	3,8	140	64,5		398	16	24,9	5,1	0,8	3,20	2,68	94,1
B2	2-Μαΐ	16-Μαΐ	14	59,2	17	3,5	2,8	27,3			88	17	5,2	1,1	0,9	2,83	2,68	100,0
B3	2-Μαΐ	16-Μαΐ	14	130	17	7,7	1,7	37	14,2		177	17	10,4	2,3	0,6	2,74	1,66	100,0
B4	2-Μαΐ	16-Μαΐ	14	165	20	8,3	2,1	68,8			215	18	12,0	2,8	1,4	1,90	2,60	90,0
B5	2-Μαΐ	16-Μαΐ	14	148	19	7,8	1,7	69,9			226	18	12,5	2,9	0,9	3,03	2,71	94,7
B6	2-Μαΐ	16-Μαΐ	14	138	19	7,2	2	72,9			237	18	13,2	3,0	0,7	3,89	2,85	94,7

ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΕΚΤΡΟΦΩΝ, Χρονικό διάστημα από 16/05/2017, έως 30/05/2017

Δεξαμενή	Ημερ/νία Εισόδου	Ημερ/νία Εξόδου	ημέρες	Βιομάζα (g)	Ατομα (pcs)	MB αρχ (g)	Πυκνότητ (kg/m3)	Σύνολο Τροφής (g)	Βάρος νεκρών	τύπος τροφής	Βιομάζα (g)	Ατομα (pcs)	MB τελ (g)	Πυκνότητ (kg/m3)	ΑΥΞΗΣΗ (g)	FCR gross	FCR net	SGR (%/day)	SGRnet (%/day)	DFR (%/day)	DFRnet (%/day)	επιβίωση
A1	16-Μαΐ	30-Μαΐ	14	456	20	22,8	5,9	201			723	20	36,2	9,3	267	0,8	0,8	3,29	3,29	2,47	2,47	100
A2	16-Μαΐ	30-Μαΐ	14	109	21	5,18	1,4	76,6			222	21	10,6	2,9	114	0,7	0,7	5,11	5,11	3,44	3,44	100
A3	16-Μαΐ	30-Μαΐ	14	203	17	11,9	2,6	110	12,2		323	16	20,2	4,1	120	0,9	0,8	3,31	3,57	3,03	2,97	94,1
A4	16-Μαΐ	30-Μαΐ	14	378	18	21	4,8	194			580	18	32,2	7,4	202	1,0	1,0	3,07	3,07	2,95	2,95	100
A5	16-Μαΐ	30-Μαΐ	14	194	20	9,72	2,5	109			337	20	16,9	4,3	143	0,8	0,8	3,94	3,94	3,00	3,00	100
A6	16-Μαΐ	30-Μαΐ	14	167	16	10,5	2,1	97,8			289	16	18,0	3,7	121	0,8	0,8	3,89	3,89	3,14	3,14	100
B1	16-Μαΐ	30-Μαΐ	14	398	16	24,9	5,1	202			605	16	37,8	7,8	207	1,0	1,0	2,99	2,99	2,92	2,92	100
B2	16-Μαΐ	30-Μαΐ	14	88	17	5,18	1,1	59,9			150	17	8,8	1,9	62,1	1,0	1,0	3,81	3,81	3,68	3,68	100,0
B3	16-Μαΐ	30-Μαΐ	14	177	17	10,4	2,3	109			296	17	17,4	3,8	118	0,9	0,9	3,66	3,66	3,36	3,36	100
B4	16-Μαΐ	30-Μαΐ	14	215	18	12	2,8	131			353	17	20,8	4,5	138	0,9	0,9	3,54	3,54	3,35	3,35	94,4
B5	16-Μαΐ	30-Μαΐ	14	226	18	12,4	2,9	126			350	18	19,5	4,5	125	1,0	1,0	3,15	3,15	3,17	3,17	100
B6	16-Μαΐ	30-Μαΐ	14	251	18	14	3,2	160			407	18	22,6	5,2	156	1,0	1,0	3,44	3,44	3,53	3,53	100

ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΕΚΤΡΟΦΩΝ, Χρονικό διάστημα από 31/05/2017, έως 12/06/2017

Δεξαμενή	Ημερ/νία Εισόδου	Ημερ/νία Εξόδου	ημέρες	Βιομάζα (g)	Άτομα (pcs)	ΜΒ αρχ (g)	Πυκνότητ (kg/m3)	Σύνολο Τροφής (g)	Βάρος νεκρών	τύπος τροφής	Βιομάζα (g)	Άτομα (pcs)	ΜΒ τελ (g)	Πυκνότητ (kg/m3)	ΑΥΞΗΣΗ (g)	FCR gross	FCR net	SGR (%/day)	SGRnet (%/day)	DFR (%/day)	DFRnet (%/day)	επιβίωση
A1	31-Μαΐ	6-Ιουν	6	723	20	36,2	9,3	71,7			836	20	41,8	10,7	113	0,6	0,6	2,42	2,42	1,53	1,53	100
A2	31-Μαΐ	12-Ιουν	12	222	21	10,6	2,9	117			367	21	17,5	4,7	144	0,8	0,8	4,17	4,17	3,37	3,37	100
A3	31-Μαΐ	12-Ιουν	12	323	16	20,2	4,1	128			490	16	30,6	6,3	167	0,8	0,8	3,48	3,48	2,67	2,67	100
A4	31-Μαΐ	12-Ιουν	12	580	18	32,9	7,4	134			785	18	43,6	10,1	205	0,7	0,7	2,52	2,52	1,65	1,65	100
A5	31-Μαΐ	12-Ιουν	12	337	20	16,9	4,3	132			509	20	25,5	6,5	172	0,8	0,8	3,44	3,44	2,63	2,63	100
A6	31-Μαΐ	12-Ιουν	12	289	16	18	3,7	110			431	16	27,0	5,5	143	0,8	0,8	3,35	3,35	2,58	2,58	100
B1	31-Μαΐ	6-Ιουν	6	605	16	37,8	7,8	87,4			681	16	42,5	8,7	76	1,1	1,1	1,97	1,97	2,27	2,27	100
B2	31-Μαΐ	12-Ιουν	12	150	17	10,7	1,9	91,9			284	17	16,7	3,6	134	0,7	0,7	5,33	5,33	3,64	3,64	100
B3	31-Μαΐ	12-Ιουν	12	296	17	17,4	3,8	114			471	17	27,7	6,0	175	0,6	0,6	3,88	3,88	2,51	2,51	100
B4	31-Μαΐ	12-Ιουν	12	353	17	20,8	4,5	108			504	17	29,7	6,5	151	0,7	0,7	2,96	2,96	2,12	2,12	100
B5	31-Μαΐ	12-Ιουν	12	350	18	20,6	4,5	114			528	18	29,3	6,8	178	0,6	0,6	3,42	3,42	2,20	2,20	100
B6	31-Μαΐ	12-Ιουν	12	407	18	22,6	5,2	152			599	18	33,3	7,7	192	0,8	0,8	3,22	3,22	2,55	2,55	100

ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΕΚΤΡΟΦΩΝ, Χρονικό διάστημα από 12/06/2017, έως 26/06/2017

Δεξαμενή	Ημερ/νία Εισόδου	Ημερ/νία Εξόδου	ημέρες	Βιομάζα (g)	Άτομα (pcs)	ΜΒ αρχ (g)	Πυκνότητ (kg/m3)	Σύνολο Τροφής (g)	Βάρος νεκρών	τύπος τροφής	Βιομάζα (g)	Άτομα (pcs)	ΜΒ τελ (g)	Πυκνότητ (kg/m3)	ΑΥΞΗΣΗ (g)	FCR gross	FCR net	SGR (%/day)	SGRnet (%/day)	DFR (%/day)	DFRnet (%/day)	επιβίωση	
A1																							
A2	12-Ιουν	26-Ιουν	14	367	21	17,5	4,7	192			551	21	26,2	7,1	184	1,0	1,0	2,90	2,90	3,04	3,04	100	
A3	12-Ιουν	26-Ιουν	14	490	16	30,6	6,3	196			698	16	43,6	8,9	208	0,9	0,9	2,53	2,53	2,38	2,38	100	
A4	12-Ιουν	26-Ιουν	14	785	18	43,6	10,1	202			1011	18	56,2	13,0	227	0,9	0,9	1,81	1,81	1,62	1,62	100	
A5	12-Ιουν	26-Ιουν	14	509	20	25,5	6,5	178			731	20	36,5	9,4	221	0,8	0,8	2,58	2,58	2,08	2,08	100	
A6	12-Ιουν	26-Ιουν	14	431	16	27	5,5	160			640	16	40,0	8,2	209	0,8	0,8	2,82	2,82	2,15	2,15	100	
B1																							
B2	12-Ιουν	26-Ιουν	14	284	17	16,7	3,6	172			460	17	27,1	5,9	176	1,0	1,0	3,44	3,44	3,36	3,36	100	
B3	12-Ιουν	26-Ιουν	14	471	17	27,7	6,0	168			685	17	40,3	8,8	214	0,8	0,8	2,68	2,68	2,10	2,10	100	
B4	12-Ιουν	26-Ιουν	14	504	17	29,7	6,5	180			734	17	43,2	9,4	230	0,8	0,8	2,68	2,68	2,10	2,10	100	
B5	12-Ιουν	26-Ιουν	14	528	18	29,3	6,8	206			756	18	42,0	9,7	228	0,9	0,9	2,56	2,56	2,32	2,32	100	
B6	12-Ιουν	26-Ιουν	14	599	18	33,3	7,7	239			816	17	48,0	10,5	217	1,1	1,1	2,21	2,21	2,43	2,43	94,4	

ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΕΚΤΡΟΦΩΝ, Χρονικό διάστημα από 26/06/2017, έως 12/07/2017

Δεξαμενή	Ημερ/νία Εισόδου	Ημερ/νία Εξόδου	ημέρες	Βιομάζα (g)	Άτομα (pcs)	ΜΒ αρχ (g)	Πυκνότητ (kg/m3)	Σύνολο Τροφής	Βάρος νεκρών	τύπος τροφής	Βιομάζα (g)	Άτομα (pcs)	ΜΒ τελ (g)	Πυκνότητ (kg/m3)	ΑΥΞΗΣΗ (g)	FCR gross	FCR net	SGR (%/day)	SGRnet (%/day)	DFR (%/day)	DFRnet (%/day)	επιβίωση
A1	26-Ιουν	12-Ιουλ	14	462	9	51,4	5,9	100			580	9	64,5	7,4	118	0,8	0,8	1,62	1,62	1,38	1,38	100
A2	26-Ιουν	12-Ιουλ	14	551	21	26,2	7,1	107			743	21	35,4	9,5	192	0,6	0,6	2,14	2,14	1,19	1,19	100
A3	26-Ιουν	12-Ιουλ	14	698	16	43,6	8,9	150			906	16	56,6	11,6	209	0,7	0,7	1,87	1,87	1,35	1,35	100
A4	26-Ιουν	12-Ιουλ	14	549	9	61,0	7,0	113			703	9	78,1	9,0	154	0,7	0,7	1,77	1,77	1,29	1,29	100
A5	26-Ιουν	12-Ιουλ	14	383	10	38,3	4,9	87,9			526	10	52,6	6,7	143	0,6	0,6	2,26	2,26	1,39	1,39	100
A6	26-Ιουν	12-Ιουλ	14	640	16	40,0	8,2	139			840	16	52,5	10,8	199	0,7	0,7	1,94	1,94	1,35	1,35	100
B1	26-Ιουν	12-Ιουλ	14	348	10	34,8	4,5	101			507	10	50,7	6,5	159	0,6	0,6	2,69	2,69	1,71	1,71	100
B2	26-Ιουν	12-Ιουλ	14	460	17	27,1	5,9	123			634	17	37,3	8,1	174	0,7	0,7	2,29	2,29	1,62	1,62	100
B3	26-Ιουν	12-Ιουλ	14	685	17	40,3	8,8	165			894	17	52,6	11,5	208	0,8	0,8	1,90	1,90	1,50	1,50	100
B4	26-Ιουν	12-Ιουλ	14	734	17	43,2	9,4	165			976	17	57,4	12,5	242	0,7	0,7	2,03	2,03	1,39	1,39	100
B5	26-Ιουν	12-Ιουλ	14	756	18	42,0	9,7	175			1003	18	55,7	12,9	247	0,7	0,7	2,02	2,02	1,43	1,43	100
B6	26-Ιουν	12-Ιουλ	14	816	17	48,0	10,5	159			1015	17	59,7	13,0	199	0,8	0,8	1,56	1,56	1,25	1,25	100

ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΕΚΤΡΟΦΩΝ, Χρονικό διάστημα από 12/07/2017, έως 27/07/2017

Δεξαμενή	Ημερ/νία Εισόδου	Ημερ/νία Εξόδου	ημέρες	Βιομάζα (g)	Άτομα (pcs)	ΜΒ αρχ (g)	Πυκνότητ (kg/m3)	Σύνολο Τροφής	Βάρος νεκρών	τύπος τροφής	Βιομάζα (g)	Άτομα (pcs)	ΜΒ τελ (g)	Πυκνότητ (kg/m3)	ΑΥΞΗΣΗ (g)	FCR gross	FCR net	SGR (%/day)	SGRnet (%/day)	DFR (%/day)	DFRnet (%/day)	επιβίωση
A1	12-Ιουλ	27-Ιουλ	15	580	9	64,5	7,4	153,6			771	9	85,6	9,9	191	0,8	0,8	1,89	1,89	1,53	1,53	100
A2	12-Ιουλ	27-Ιουλ	15	340	9	37,7	4,4	114,4			513	9	57,0	6,6	174	0,7	0,7	2,75	2,75	1,81	1,81	100
A3	12-Ιουλ	27-Ιουλ	15	567	10	56,7	7,3	130,2			728	10	72,8	9,3	161	0,8	0,8	1,66	1,66	1,35	1,35	100
A4	12-Ιουλ	27-Ιουλ	15	703	9	78,1	9,0	146,0			900	9	100,0	11,5	197	0,7	0,7	1,65	1,65	1,22	1,22	100
A5	12-Ιουλ	27-Ιουλ	15	526	10	52,6	6,7	137,1			732	10	73,2	9,4	206	0,7	0,7	2,20	2,20	1,47	1,47	100
A6	12-Ιουλ	27-Ιουλ	15	548	10	54,8	7,0	152,3			752	10	75,2	9,6	203	0,7	0,7	2,10	2,10	1,57	1,57	100
B1	12-Ιουλ	27-Ιουλ	15	507	10	50,7	6,5	165,0			710	10	71,0	9,1	203	0,8	0,8	2,25	2,25	1,83	1,83	100
B2	12-Ιουλ	27-Ιουλ	15	488	13	37,5	6,3	185,8			714	13	54,9	9,2	226	0,8	0,8	2,54	2,54	2,09	2,09	100
B3	12-Ιουλ	27-Ιουλ	15	673	13	51,8	8,6	161,8			918	13	70,6	11,8	244	0,7	0,7	2,06	2,06	1,37	1,37	100
B4	12-Ιουλ	27-Ιουλ	15	755	13	58,0	9,7	180,1			964	13	74,2	12,4	210	0,9	0,9	1,64	1,64	1,40	1,40	100
B5	12-Ιουλ	27-Ιουλ	15	777	13	59,8	10,0	163,1			1027	13	79,0	13,2	250	0,7	0,7	1,86	1,86	1,21	1,21	100
B6	12-Ιουλ	27-Ιουλ	15	847	14	60,5	10,9	191,5			1017	14	72,6	13,0	170	1,1	1,1	1,22	1,22	1,37	1,37	100