

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Ενυδραιοπονία σε υφάλμυρο νερό: εκτροφή τσιπούρας και καλλιέργεια κρίταμου
σε δυο διαφορετικές αλατότητες 20 ppt και 8 ppt»**

**Καπετάνιος Εμμανουήλ
Φράγκου Σταύρος**

ΒΟΛΟΣ 2019

**«Ενυδραιοπονία σε υφάλμυρο νερό: εκτροφή τσιπούρας και καλλιέργεια κρίταμου
σε δυο διαφορετικές αλατότητες 20 ppt και 8 ppt»**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Νικόλαος Βλάχος, Ε.ΔΙ.Π, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Φυσιολογία θρέψης διακοσμητικών ψαριών σε ενυδρεία, **Επιβλέπων**.

Έλενα Μεντέ, Καθηγήτρια, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Φυσιολογία Θρέψης Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, **Μέλος**.

Βερίλλης Παναγιώτης, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μικροσκοπία και Ανάλυση Εικόνας στην Ιστολογία και στους Υδρόβιους Οργανισμούς, **Μέλος**.

Στις οικογένειές μας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ειλικρινείς μας ευχαριστίες στον επιβλέπων της Προπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας κο Νικόλαο Βλάχο καθώς και στο μέλος της εξεταστικής επιτροπής, κο Παναγιώτη Βερίλλη, για τη βοήθεια και την καθοδήγηση που μας πρόσφεραν καθ' όλη τη διάρκεια εκτέλεσης του πειράματος, αλλά και κατά τη διάρκεια της συγγραφής και παρουσίασης της εργασίας.

Επίσης ευχαριστούμε θερμά τον ιχθυογεννητικό σταθμό της εταιρίας Ιχθυοτροφεία ΣΕΛΟΝΤΑ Α.Ε.ΓΕ για την ευγενική χορηγία των ιχθυδίων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία, όπως επίσης ευχαριστούμε και την εταιρία ιχθυοτροφών BIOMAR HELLENIC ABEE για την προμήθεια της τροφής που χορηγήθηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος. Τέλος ευχαριστούμε τον Δρ Κρίγκα Νίκο για την ευγενική χορηγία των φυτών κρίταμου που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία.

Επιπλέον ευχαριστούμε τις υποψήφιες διδάκτορες Παρασκευή Σταθοπούλου και Ευαγγελία Τσουμαλάκου, για την βοήθεια τους.

Τέλος, ευχαριστούμε τους γονείς και φίλους μας για την υλική και πνευματική βοήθεια που μας προσέφεραν καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ενυδραιοπονία αποτελεί ένα διαρκώς αναπτυσσόμενο κλάδο βιολογικής καλλιέργειας και λαμβάνει χώρα κυρίως στα γλυκά νερά, και υπάρχει περιορισμένη γνώση που να αναδεικνύει την ανάπτυξη φυτών και ψαριών σε υφάλμυρο ή θαλασσινό σύστημα ενυδραιοπονίας. Σκοπός της διπλωματικής εργασίας ήταν να μελετήσει για πρώτη φορά την επίδραση δύο διαφορετικών αλατοτήτων (8 ppt και 20 ppt) στην ανάπτυξη και επιβίωση της τσιπούρας και του κρίταμου σε υφάλμυρο σύστημα ενυδραιοπονίας. Για το σκοπό αυτό κατασκευάστηκαν 6 αυτόνομα συστήματα ενυδραιοπονίας με αλατότητες 8 ppt και 20 ppt, στα οποία συνολικά τοποθετήθηκαν 156 τσιπούρες (*Sparus aurata*) (26 άτομα /σύστημα) με μέσο αρχικό βάρος $2,55 \pm 0,53$ g και μήκος $5,57 \pm 0,33$ cm και 36 φυτά κρίταμου (*Crithmum maritimum*) με μέσο αρχικό ύψος $8,23 \pm 0,34$ cm (6 κρίταμα /σύστημα).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι τσιπούρες σε όλες τις μεταχειρίσεις παρουσίασαν στατιστικά παρόμοια αύξηση βάρους (WG), ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (SGR) και συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR). Επίσης ο κρίταμος έδειξε να αναπτύσσεται καλύτερα στα συστήματα ενυδραιοπονίας με νερό αλατότητας 8 ppt παρουσιάζοντας στατιστικά μεγαλύτερο τελικό ύψος ($10,32 \pm 0,58$ cm) και αριθμό πλάγιων κλάδων ($4,83 \pm 0,47$) σε σχέση με εκείνα στην μεγαλύτερη αλατότητα (20 ppt). Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι πως οι τσιπούρες μπορούν να έχουν μια αξιοπρόσεκτη ανάπτυξη σε σύστημα ενυδραιοπονίας με υφάλμυρο νερό, ενώ σε συνδιασμό με τον κρίταμο μπορούν να αποτελέσουν ένα δυναμικό δίδυμο για αποδοτικά υφάλμυρα συστήματα ενυδραιοπονίας που οι αλατότητες κυμαίνονται κοντά στο 8 ppt. Η παρούσα εργασία αναδεικνύει αφενός μεν ότι είναι εφικτή και βιώσιμη η ταυτόχρονη παραγωγή της τσιπούρας και του κρίταμου σε σύστημα ενυδραιοπονίας με υφάλμυρο νερό (8 ppt) και να δημιουργήσει ένα μέτρο σύγκρισης και δεδομένα, έτσι ώστε οι μελλοντικές έρευνες να μπορούν να στηριχθούν σε αυτό.

Λέξεις κλειδιά: Ενυδραιοπονία σε υφάλμυρο νερό, τσιπούρα, κρίταμος, ανάπτυξη, αλατότητες.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.1 Εννοιολογικό περιεχόμενο ενυδραιοπονίας.....	9
1.2 Εφαρμογές και είδη συστημάτων ενυδραιοπονίας.....	9
1.3 Βασικές αρχές και τρόπος λειτουργίας ενός συστήματος ενυδραιοπονίας.....	10
1.4 Είδη φυτών και ιχθύων στα ενυδραιοπονικά συστήματα	11
1.5 Ενυδραιοπονία σε Υφάλμυρο - Θαλασσινό νερό	12
1.6 Φυσιολογία και γενικές πληροφορίες κρίταμου (<i>Crithmum maritimum</i>)	13
1.7 Φυσιολογία και πληροφορίες για την τσιπούρα (<i>Sparus aurata</i>).....	13
1.8 Σκοπός διπλωματικής εργασίας	14
2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	15
2.1 Προμήθεια ατόμων τσιπούρας (<i>Sparus aurata</i>) και κρίταμου (<i>Crithmum maritimum</i>).....	15
2.2 Σύστημα εκτροφής-Συνθήκες εκτροφής.....	15
2.3 Σιτηρέσιο και χορήγηση τροφής.....	19
2.4 Μετρήσεις μορφομετρικών χαρακτηριστικών ψαριών και φυτών	21
2.4.1 Μετρήσεις μορφομετρικών χαρακτηριστικών ψαριών	21
2.4.2 Μετρήσεις μορφομετρικών χαρακτηριστικών φυτών	22
2.5 Μετρήσεις φυσικοχημικών παραμέτρων.....	22
2.5.1 Προσδιορισμός ολικής αμμωνίας-αζώτου (T.A.N.).....	23
2.5.2 Προσδιορισμός νιτρωδών ιόντων (NO ₂ ⁻)	23
2.5.3 Προσδιορισμός νιτρικών ιόντων (NO ₃ ⁻)	24
2.6 Υπολογισμός δεικτών ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής	25
2.7 Υπολογισμός παραμέτρων φίλτρου	26
2.8 Στατιστική Επεξεργασία	28
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	29
3.1 Ποιότητα νερού στα πειραματικά συστήματα εκτροφής.....	29
3.2 Επιβίωση ψαριών και φυτών	32

3.3 Δείκτες ανάπτυξης ψαριού.....	32
3.3.1 Βάρος και μήκος σώματος.....	32
3.3.2 Αύξηση βάρους (WG), ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR %/ημέρα) και συντελεστής ευρωστίας (K).....	32
3.4 Δείκτες αξιοποίησης της τροφής	33
3.4.1 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) και συντελεστής ημερήσιας πρόσληψης τροφής (DFI)	33
3.5 Δείκτης εκμετάλλευσης των συστατικών της τροφής	34
3.5.1 Συντελεστής απόδοσης πρωτεϊνών (PER).....	34
3.6 Παράμετροι ανάπτυξης φυτών.....	34
3.7 Λειτουργικά χαρακτηριστικά φίλτρου.....	35
4.ΣΥΖΗΤΗΣΗ	37
4.1 Ανάπτυξη τσιπούρας	37
4.2 Ανάπτυξη κρίταμου	39
5.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	41
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	42
6.1 ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	42
6.2 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	45
7. ABSTRACT	46

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εννοιολογικό περιεχόμενο ενυδραιοπονίας

Η ενυδραιοπονία (aquaponics) είναι μια μέθοδος πολυκαλλιέργειας, η οποία συνδυάζει την εκτροφή ψαριών και την καλλιέργεια φυτών. Πιο συγκεκριμένα ο Thorarinsdottir (2015), διατύπωσε τον ακόλουθο ορισμό: *«Η ενυδραιοπονία είναι η ταυτόχρονη καλλιέργεια ψαριών και φυτών, σε ένα κατασκευασμένο, ανακυκλούμενο οικοσύστημα που χρησιμοποιεί φυσικούς βακτηριακούς κύκλους για τη μετατροπή των αποβλήτων ψαριών, σε διατροφή των φυτών. Πρόκειται για μια φιλική προς το περιβάλλον, φυσική μέθοδο καλλιέργειας τροφίμων που αξιοποιεί τις καλύτερες ιδιότητες της υδατοκαλλιέργειας και της υδροπονίας χωρίς να χρειάζεται να απορρίψει οποιοδήποτε νερό ή διήθημα ή να προσθέσει χημικά λιπάσματα».*

Η ενυδραιοπονία έχει αρκετά πλεονεκτήματα. Μερικά από αυτά είναι η υψηλή παραγωγικότητα τόσο των φυτών όσο και των ψαριών, η μειωμένη απαίτηση νερού και η απουσία ασθενειών στις δεξαμενές των φυτών (και κατ' επέκταση η μη χρήση φυτοφαρμάκων, που καθιστά την καλλιέργεια βιολογική) (Fronte et al. 2016).

Επιπλέον τα συστήματα ενυδραιοπονίας είναι ευκολότερα στη λειτουργία από τα υδροπονικά συστήματα ή τα συστήματα παραγωγής ιχθύων με ανακύκλωση νερού (RAS), επειδή απαιτούν μικρότερη παρακολούθηση και έχουν συνήθως μεγαλύτερο περιθώριο ασφαλείας για την εξασφάλιση καλής ποιότητας νερού τόσο για τα φυτά όσο και για τα ψάρια (Rakocy et al. 2006).

Όσον αφορά τα μειονεκτήματα, σαν αρνητικό υπολογίζεται το αρχικό κόστος εγκατάστασης, το οποίο είναι αρκετά υψηλό, και το υψηλό επίπεδο γνώσης ολόκληρου του εμπλεκόμενου προσωπικού. Επιπλέον το σύστημα μπορεί να παρουσιάσει αυξημένη ευαισθησία (Fronte et al. 2016).

1.2 Εφαρμογές και είδη συστημάτων ενυδραιοπονίας

Οι Somerville et al.(2014) κατέταξαν τα είδη συστημάτων της ενυδραιοπονίας σε 4 κατηγορίες:

- Εγχώριας/μικρής κλίμακας συστήματα, τα οποία είναι κατάλληλα για την κάλυψη των αναγκών της οικογενειακής εστίας σε ιχθυηρά και λαχανικά
- Συστήματα εμπορικής και ήμι-εμπορικής χρήσης, τα οποία είναι ελάχιστα σε αριθμό εξαιτίας του υψηλού κόστους έναρξης λειτουργίας και τα ελάχιστα κέρδη που αποφέρουν
- Συστήματα για εκπαίδευση, τα οποία είναι μικρού μεγέθους και βρίσκονται σε πολλά εκπαιδευτικά ιδρύματα της πρωτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Το εκπαιδευτικό δυναμικό των συστημάτων ενυδρειοπονίας πραγματοποιείται ήδη σε εκατοντάδες σχολεία όπου οι μαθητές μαθαίνουν ένα ευρύ φάσμα θεμάτων κατασκευάζοντας και λειτουργώντας συστήματα υδροπονίας (Rakocy et al. 2006)
- Συστήματα ανθρωπιστικής βοήθειας, τα οποία βρίσκονται στη Βραζιλία, στη Μποτσουάνα, την Αιθιοπία και σε άλλες αναπτυσσόμενες χώρες.

1.3 Βασικές αρχές και τρόπος λειτουργίας ενός συστήματος ενυδρειοπονίας

Ένα τυπικό σύστημα ενυδρειοπονίας περιλαμβάνει μια δεξαμενή εκτροφής ιχθύων, μια δεξαμενή καλλιέργειας φυτών (grow bed), την παρουσία φίλτρου (μηχανικού και βιολογικού) και διαφόρου τύπου υποστηρικτικές συσκευές όπως αντλίες παροχής ατμοσφαιρικού οξυγόνου, λαμπτήρες για τη φωτοσύνθεση των φυτών και αντλίες που συμβάλουν στην επανακυκλοφορία του νερού (Somerville et al. 2014).

Τα συστήματα Ενυδρειοπονίας βασίζονται σε φυσικές βιολογικές διεργασίες, όπως η νιτροποίηση (Tyson et al. 2011). Στην ενυδρειοπονία, τα οργανικά απεκκρίματα του μεταβολισμού των ψαριών και οι τροφές οι οποίες δεν καταναλώθηκαν πλήρως χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα για την παραγωγή φυτών, μετατρέποντας τα απόβλητα σε πολύτιμο πόρο. Σε αυτό το μετασχηματισμό, ο ρόλος των βακτηρίων είναι κρίσιμος. (Fronte et al. 2016).

Πιο συγκεκριμένα το νερό στο οποίο βρίσκονται τα ψάρια είναι επιβαρυσμένο, εξαιτίας των απεκκριμάτων τους (ούρα και κυρίως κόπρανα) και ενδεχομένως από άλλους παράγοντες (τροφή που δεν κατανάλωσαν τα ψάρια). Το νερό αυτό έχει

αυξημένη ποσότητα αμμωνίας (NH₃) και άλλων αζωτούχων ενώσεων, οι οποίες είναι επιβλαβείς για τα ψάρια και μέσω σωληνώσεων, φτάνει στο φίλτρο.

Στην αρχή το νερό περνάει από μηχανικό φίλτρο στο οποίο γίνεται η κατακράτηση και η απομάκρυνση των μεγάλων στερεών σωματιδίων (περιττώματα, τροφή που δεν καταναλώθηκε από τα ψάρια), τα οποία δεν μπορεί να διασπάσει το βιολογικό φίλτρο (Fronte et al. 2016). Έπειτα το νερό καταλήγει στο βιολογικό φίλτρο, όπου και γίνεται μια αρκετά σημαντική επεξεργασία.

Στο βιολογικό φίλτρο υπάρχουν βακτήρια τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στο σύστημα. Ρόλος των βακτηρίων είναι η διάσπαση της αμμωνίας σε μορφές οι οποίες δεν είναι επιβλαβείς για τα ψάρια και είναι αξιοποιήσιμες από τα φυτά (Fronte et al. 2016). Αναλυτικότερα στο φίλτρο υπάρχουν βακτήρια του γένους *Nitrosomonas* τα οποία διασπούν την αμμωνία σε νιτρώδη ιόντα. Η διαδικασία της νιτροποίησης συνεχίζεται και με την παρουσία βακτηρίων του γένους *Nitrobacter*, τα νιτρώδη ιόντα μετατρέπονται σε νιτρικά ιόντα (Alessio et al. 2001).

Στη συνέχεια το νερό με τη βοήθεια της αντλίας κατευθύνεται στην δεξαμενή των φυτών. Το νερό που εισέρχεται στην δεξαμενή των φυτών είναι εμπλουτισμένο με τα νιτρικά ιόντα και άλλα θρεπτικά συστατικά τα οποία δεσμεύονται από τις ρίζες των φυτών, καθώς αποτελούν λίπασμα (Somerville et al. 2014). Στο τέλος το νερό καταλήγει ξανά στις δεξαμενές των ψαριών, όντας απαλλαγμένο από τα νιτρικά σε ποσοστό μέχρι και 97% (Lennard 2006).

1.4 Είδη φυτών και ιχθύων στα ενυδρειοπονικά συστήματα

Η επιλογή των ιχθύων και των φυτών που θα χρησιμοποιηθούν στην ενυδρειοπονία εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την αλατότητα του νερού. Το γλυκό νερό χρησιμοποιείται σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα σε τέτοιου είδους συστήματα.

Τα ψάρια που εκτρέφονται σε γλυκό νερό στα ενυδρειοπονικά συστήματα είναι η τιλάπια (*Oreochromis aureus*), ο κυπρίνος (*Cyprinus carpio*), το γατόψαρο και η ιριδίζουσα πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*) (Somerville et al. 2014).

Όσον αφορά τα φυτά περισσότερα από 150 διαφορετικά λαχανικά, βότανα, λουλούδια και μικρά δέντρα έχουν αναπτυχθεί με επιτυχία σε ενυδρειοπονικά συστήματα, συμπεριλαμβανομένων των ερευνών, οικιακών και εμπορικών μονάδων

(Somerville et al. 2014). Τα πιο διαδεδομένα είδη φυτών είναι τα μαρούλια, η ντομάτα, ο βασιλικός, η μελιτζάνα, η πιπεριά και το σπανάκι (Khater et al. 2015, Palm et al. 2014, Endut et al. 2011, Nelson 2007, Rakocy et al. 2006, Savidov, 2005, Adler et al. 2000).

1.5 Ενυδραιοπονία σε Υφάλμυρο - Θαλασσινό νερό

Όσον αφορά το θαλασσινό και το υφάλμυρο νερό, η ενυδραιοπονία μπορεί να είναι μια πολύτιμη τεχνολογία για την ενίσχυση της παραγωγής θαλάσσιων ψαριών και φυτών. Η περιορισμένη προσφορά γλυκού νερού και η αυξημένη επικράτηση της αλατότητας του εδάφους ενθάρρυνε την ανάπτυξη καλλιεργειών τροφίμων προσαρμοσμένων να επιβιώνουν σε αλατούχα εδάφη ή στο νερό άρδευσης (Boxman, 2015). Επιπλέον είδη ιχθύων που διαβιούν στο θαλασσινό νερό είναι υψηλής εμπορικής και διατροφικής αξίας.

Τόσο τα είδη των ιχθύων όσο και των φυτών που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να παρουσιάζουν αυξημένη ανθεκτικότητα στο αλάτι. Τα ψάρια που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να είναι ευρύαλα και να μην παρουσιάζουν προβλήματα ανάπτυξης στις (πιθανές) μεταβολές της αλατότητας. Τέτοια ψάρια είναι η τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) (Fronte et al. 2016). Από την άλλη μεριά τα φυτά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι τα αλόφυτα (λόγου χάρη ο κρίταμος *Crithmum maritimum*, είδη του γένους *Salicornia* και διάφορα φύκη όπως αυτά του γένους *Spiroulina* (Somerville et al. 2014, Fronte et al. 2016).

Ιδιαίτερα για τα αλόφυτα είναι γνωστό πως η ανάπτυξη και η παραγωγή τους έχει αυξηθεί λόγω των δυνατοτήτων τους ως καλλιεργήσιμα τρόφιμα, χρήση τους για παραγωγή ζωοτροφών και αιθέριων ελαίων, ενώ είναι γνωστές οι ωφέλιμες φαρμακευτικές και χημικές τους ιδιότητες (Boxman 2015). Επιπλέον βάση εκτιμήσεων του Somerville et al. (2014), μια άλλη προοπτική σε ενυδραιοπονία υφάλμυρου νερού αποτελούν και τα φυτά της οικογένειας *Chenopodiaceae*.

1.6 Φυσιολογία και γενικές πληροφορίες κρίταμου (*Crithmum maritimum*)

Ο κρίταμος είναι αλόφυτο και είναι χαρακτηριστικό φυτό των παράκτιων οικοσυστημάτων, καθώς μεγαλώνει σε θαλάσσιους βράχους, προβλήτες, κυματοθραύστες και αμμώδεις παραλίες (Atia 2011). Είναι μια πολυετή πόα και οι βλαστοί του μπορούν να φτάσουν από 20 μέχρι 60 cm. Τόσο τα φύλλα όσο και οι βλαστοί έχουν χρώμα πράσινο. Κατά τη διάρκεια της βλάστησης και στα πρώτα στάδια ανάπτυξης, απαιτείται άρδευση με μη αλατούχο νερό. Είναι δυνατό να καλλιεργηθεί με επιτυχία το είδος αυτό σε αλατούχα περιβάλλοντα (Atia 2011).

Τα άνθη του είναι σχεδόν πάντα ερμαφρόδιτα και η αυτογονιμοποίηση είναι μια συνηθισμένη κατάσταση. Υπάρχει πάντα και η δυνατότητα επικονίασης με διάφορα έντομα όπως μύγες, πεταλούδες και σκνίπες. Η περίοδος ανθοφορίας ξεκινά από τον Ιούνιο και τελειώνει το Σεπτέμβριο.

Χρησιμοποιείται τόσο στη βιομηχανία φαρμάκων όσο και στην βιομηχανία τροφίμων. Οι ρίζες, τα φύλλα και οι καρποί του είναι πλούσιοι σε βιοδραστικές ουσίες οι οποίες χρησιμοποιούνται ως φαρμακευτικές, αρωματικές και αντιμικροβιακές ουσίες (Atia 2011). Επιπροσθέτως αποτελεί ένα εκλεκτό έδεσμα, ενώ χρησιμοποιείται και στον κλάδο της κοσμετολογίας.

Στην Ελλάδα υπάρχουν 2 προβλήματα που εμποδίζουν την καλλιέργεια του κρίταμου. Το πρώτο πρόβλημα έχει να κάνει με την ελλιπή πληροφόρηση σχετικά με το ίδιο το φυτό, ενώ το δεύτερο έχει να κάνει με την διάθεσή του στην αγορά, καθώς είναι ένα προϊόν το οποίο δεν έχει ζήτηση από τον Έλληνα καταναλωτή (Δόντα 2018).

1.7 Φυσιολογία και πληροφορίες για την τσιπούρα (*Sparus aurata*)

Η τσιπούρα έχει επίμηκες και πεπλατυσμένο σώμα, ενώ είναι πλευρικά συμπίεσμένο. Τα μάτια της είναι μικρά και έχει χοντρά χείλη. Είναι είδος σαρκοφάγο και στο στόμα της υπάρχουν αρκετά δόντια, μη ομοιόμορφα κατανεμημένα στο στόμα της (Froese & Pauli 2006). Φέρει ασημένιο χρώμα. Η ράγχη είναι σκούρα και οι πλευρές με την κοιλιά έχουν ανοιχτότερο χρώμα. Στην αρχή της πλευρικής γραμμής φέρει μια μεγάλη μαύρη κηλίδα, η οποία εκτείνεται μέχρι το πάνω τμήμα του βραγχιακού επικαλύματος.

Η τσιπούρα είναι είδος ευρύαλο και ευρύθερμο. Η ιδανική θερμοκρασία για μέγιστη ανάπτυξη του είδους είναι 22-24 °C. Το είδος αυτό χαρακτηρίζεται από υψηλή ανθεκτικότητα και είναι ικανό να επιβιώνει σε μεταβολές της αλατότητας αλλά και να εκτρέφεται επιτυχώς σε υφάλμυρα νερά (Tander 1993, Breber & Strada 1995).

Επιπλέον την ίδια ανθεκτικότητα παρουσιάζει και σε νερά με υψηλές περιεκτικότητες σε νιτρικά, νιτρώδη και αμμωνιακά άλατα (Dosdat 1984).

1.8 Σκοπός διπλωματικής εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής προπτυχιακής εργασίας είναι να μελετήσει την εκτροφή της τσιπούρας και την καλλιέργεια του κρίταμου σε δύο διαφορετικές αλατότητες 8 ppt και 20 ppt.

Για το σκοπό αυτό κατασκευάστηκαν για πρώτη φορά έξι αυτόνομα συστήματα ενυδρειοπονίας με υφάλμυρο νερό εργαστηριακής κλίμακας όπου πραγματοποιήθηκε καλλιέργεια αλλόφυλων φυτών κρίταμου, του είδους *Crithmum maritimum* και εκτροφή τσιπούρας, του είδους *Sparus aurata* για χρονικό διάστημα 75 ημερών. Η έρευνα πάνω στα συστήματα ενυδρειοπονίας τα οποία χρησιμοποιούν θαλασσινό νερό είναι πολύ περιορισμένη, ενώ οι αντίστοιχες έρευνες για το υφάλμυρο νερό είναι ελάχιστες. Αυτή η εργασία έρχεται να γεμίσει εν μέρει το κενό στη βιβλιογραφία και να αποτελέσει ένα μέτρο σύγκρισης για μελλοντικά πειράματα.

2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Προμήθεια ατόμων τσιπούρας (*Sparus aurata*) και κρίταμου (*Crithmum maritimum*)

Το πείραμα διεξήχθη στις εργαστηριακές εγκαταστάσεις του εργαστήριου ενυδρειοπονίας του τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η προμήθεια των ψαριών έγινε από τον ιχθυογεννητικό σταθμό της εταιρίας Ιχθυοτροφεία ΣΕΛΟΝΤΑ Α.Ε.ΓΕ που εδρεύει στη Μανάγουλη Φωκίδας. Μετά την παραλαβή τους τοποθετήθηκαν σε δύο ενυδρεία διαστάσεων 50X50X50 cm και όγκου 125 L αλατότητας 25 ppt σε θερμοκρασία 21°C προκειμένου να εγκλιματιστούν σε συνθήκες αιχμαλωσίας στο εργαστήριο. Για τις ανάγκες του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 156 άτομα *Sparus aurata* και 36 φυτά του είδους *Crithmum maritimum* (κρίταμος). Η διάρκεια του πειράματος ήταν 75 ημέρες.

2.2 Σύστημα εκτροφής-Συνθήκες εκτροφής

Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 156 άτομα τσιπούρας, *Sparus aurata*, με μέσο ατομικό βάρος $2,55 \pm 0,53$ g και μέσο ατομικό μήκος $5,57 \pm 0,33$ cm. Τα ψάρια διαχωρίστηκαν σε δύο πειραματικές ομάδες που αντιστοιχούσαν σε συνολικά 6 αυτόνομα συστήματα ενυδρειοπονίας (3 ενυδρεία /μεταχείριση) σε δύο διαφορετικές αλατότητες 8 ppt και 20 ppt, αντίστοιχα. Κάθε μεταχείριση αποτελούνταν από τρία ενυδρεία εκτροφής ψαριών (fish tank) διαστάσεων 30 cm X 60 cm X 30 cm και όγκου 54 L, τρία ενυδρεία καλλιέργειας φυτών (grow bed) διαστάσεων 30 cm x 60 cm x 30 cm και συνολικού όγκου 54L και καλλιεργητική επιφάνεια 1800 cm² (Εικ.1α). Το κάθε σύστημα υποστηρίζονταν από βιολογικό φίλτρο τύπου sump διαστάσεων 30 cm x 30 cm x 30 cm. και συνολικού όγκου 27L (Εικ.1α).

Τα έξι αυτόνομα συστήματα τοποθετήθηκαν σε μεταλλικό πάγκο δυο επιπέδων. Στο δεύτερο επίπεδο του πάγκου (Εικ.1β) με διαστάσεις 190 cm x 62 cm x 125 cm τοποθετήθηκαν τα grow beds, ενώ στο κάτω μέρος του πάγκου με διαστάσεις 220 cm x

56 cm x 75 cm τοποθετήθηκαν τα ενυδρεία εκτροφής ψαριών και τέλος τα φίλτρα τύπου sump ήταν τοποθετημένα σε διογκωμένη πολυστερίνη πάχους 5mm στο δάπεδο. Το βιολογικό φίλτρο τύπου Sump είχε όγκο 27 L και χωρίστηκε σε τρία τμήματα. Το μηχανικό φίλτρο αποτελούνταν από ένα πλεκτό διάτρητο καλάθι με άνοιγμα ματιού 1cm² (Εικ.1γ) όπου σε αυτό είχε τοποθετηθεί υαλοβάμβακας σε δύο στρώσεις ώστε να σχηματιστεί ένα παχύ στρώμα κατακράτησης των υπολειμμάτων τροφής και περιττωμάτων. Το βιολογικό φίλτρο καταλάμβανε το μεγαλύτερο μέρος του φίλτρου. Το υλικό πλήρωσης του βιολογικού φίλτρου αποτελούνταν από τα παρακάτω υλικά: 2-4 L βιόσφαιρες (Φ 12 mm), 2 L μακαρόνι (Φ 9 mm) και 2 L σφαιροειδές βιολογικό υλικό (Φ 35mm) ώστε με αυτόν τον τρόπο να αυξάνει η επιφάνεια και ο όγκος του φίλτρου για την καλύτερη δυνατή ανάπτυξη των βακτηρίων. Στο τελευταίο τμήμα του φίλτρου τοποθετήθηκε η αντλία (SUN SUN,22W,1000 L/hr, 0.55 kg) προκειμένου να τροφοδοτεί με νερό τις δεξαμενές φυτών και ψαριών.

Επίσης σε κάθε σύστημα και σε απόσταση 60 cm περίπου από την επιφάνεια του grow bed τοποθετήθηκαν ειδικοί λαμπτήρες (SYLVANIA, 230V, HID, High Pressure Sodium) έντασης 400 watt προκειμένου να εξασφαλισθεί η ημερήσια έκθεση των φυτών στο φως (Εικ.1δ). Η φωτοπερίοδος ρυθμίστηκε με χρονοδιακόπτη (IKEA, MAX: 3680W) να είναι σε 14 ώρες φώς : 10 ώρες σκοτάδι (Φωτοπερίοδος θέρους).

Η καλλιεργητική επιφάνεια των grow bed ήταν 1800 cm². Τα φυτά ήταν τοποθετημένα σε γλαστράκια (Εικ.2α). Μετά την τοποθέτηση του φυτού προστέθηκε άργιλος έτσι ώστε να παραμένει σταθερή η ρίζα των φυτών στο νερό. Τα γλαστράκια τοποθετήθηκαν σε φελιζόλ, πάχους 2 cm, στο οποίο είχαν ανοιχθεί τρύπες με διάμετρο 8 cm, ειδικά υπολογισμένες έτσι ώστε να μπουν τα φυτά (Εικ 2β). Σε κάθε grow bed τοποθετήθηκαν 6 φυτά (Εικ.2γ). Προτιμήθηκαν 6 φυτά, διότι ένας μεγαλύτερος αριθμός φυτών θα αποτελούσε περιοριστικό παράγοντα στην ανάπτυξη και στην κάλυψη των αναγκών τους σε αζωτούχες ενώσεις (Endut et all, 2009).



(α)



(β)



(γ)



(δ)

Εικόνα 1: (α) Σύστημα ενδρειοπονίας που χρησιμοποιήθηκε στην πειραματική διαδικασία (β) κατανομή των συστημάτων στα δύο επίπεδα (επάνω μέρος του πάγκου τοποθετήθηκαν τα grow bed και στο κάτω μέρος του τοποθετήθηκαν τα ενδρεία εκτροφής ψαριών) (γ) φίλτρο τύπου sump (δ) λαμπτήρες φωτισμού (Πηγή: προσωπικό αρχείο).



(α)



(β)

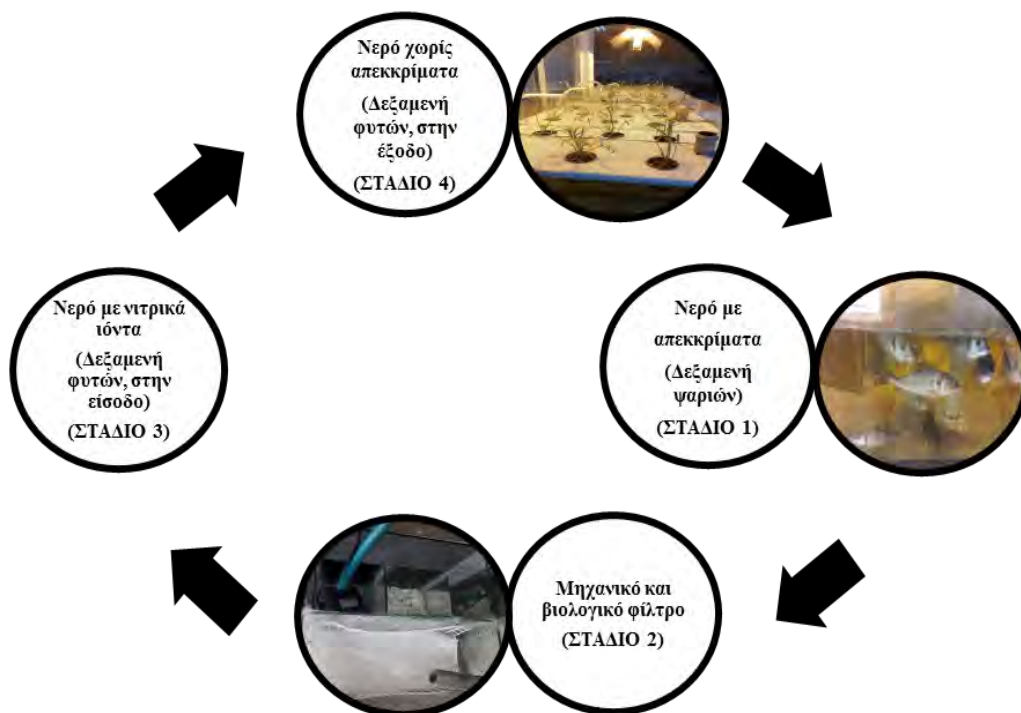


(γ)

Εικόνα 2. (α) κρίταμος σε γλαστράκια με άργιλο, (β) τοποθέτηση του κρίταμου στο φελιζόλ, (γ) τοποθέτηση στο growbed. (Πηγή: προσωπικό αρχείο).

Η παροχή του νερού στο σύστημα ήταν συνεχής δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό σταθερή παροχή $1496 \text{ cm}^3/\text{min}$ και ταχύτητα φιλτραρίσματος $2,24 \text{ cm}/\text{min}$ και

διατηρήθηκε σταθερή σε όλα τα ενυδρειοπονικά συστήματα. Η διάταξη των συστημάτων έγινε ούτως ώστε το νερό να ρέει διαμέσου της βαρύτητας από το grow bed των φυτών προς τη δεξαμενή των ψαριών και από εκεί με τη σειρά του στο φίλτρο τύπου sump (Εικ.3) (Somerville et al., 2014)



Εικόνα 3. Ροή του νερού στο σύστημα ενυδρειοπονίας (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Η παροχή του αέρα στα πειραματικά ενυδρειοπονικά συστήματα γίνονταν μέσω μιας αεραντλίας η οποία διοχέτευε ατμοσφαιρικό οξυγόνο διαμέσου μια πέτρας πορόλιθου (αερόπετρας) διαστάσεων 12 x 25 mm, ώστε να εξασφαλίζεται καλύτερη διάχυση του αέρα στο νερό τόσο της δεξαμενής ανάπτυξης των ψαριών όσο και στη δεξαμενή που καλλιεργούνταν τα φυτά. Η ροή του αέρα ρυθμίστηκε στα 1,5 cm³/min και ρυθμίστηκε να είναι παρόμοια σε όλα τα ενυδρειοπονικά συστήματα.

Η θερμοκρασία του νερού διατηρήθηκε σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος στους 24 ±0,1 °C.

Η βιολογική ρύθμιση του κάθε ενυδρειοπονικού συστήματος επιτεύχθηκε διαμέσου της μεθοδολογίας που περιγράφεται από τους Vlahos et al (2004), Vlahos et al.(2013) και Vlahos et al. (2016).

2.3 Σιτηρέσιο και χορήγηση τροφής

Η διάρκεια του πειράματος ήταν 75 ημέρες, το επίπεδο διατροφής προσδιορίστηκε στο 5% (Deering et al. 1997), ενώ η χορήγηση της τροφής γίνονταν σε τρία γεύματα ανά τρεις ώρες (10:00 πμ 13:00 μμ και 16:00 μμ) με το χέρι. Η τροφή προζυγίζονταν σε ζυγό ακριβείας (C.A.S. MWP-300H, max weight 300 gr, minimum weight 0,2 gr, e= 0,01 gr d=0,005gr) με ακρίβεια τέταρτου δεκαδικού ψηφίου και τοποθετούνταν σε ειδικά πλαστικά φιαλίδια για κάθε γεύμα στη διάρκεια της ημέρας στους 4°C.

Η τροφή που χρησιμοποιήθηκε καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας ήταν εμπορικά σύμπηκτα (προμηθευτήκαν από τη BIOMAR HELLENIC ABEE και είχαν μέσο όρο διαμετρίματος $\delta = 1,5$ mm). Κάθε δεκαπέντε ημέρες γίνονταν καταμέτρηση του ολικού βάρους (W) και ολικού μήκους σώματος των ατόμων τσιπούρας με αναισθητοποίηση σε λουτρό με προσθήκη 0,25 mL φαινοεξαιθανόλης. Ανάλογα με την αύξηση του βάρους υπολογίζονταν εκ νέου η ποσότητα τροφής που επρόκειτο να χορηγηθεί στα πειραματικά ενυδρεία. Το επίπεδο διατροφής διατηρήθηκε σταθερό στο 5% καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Το πρόγραμμα χορήγησης του σιτηρεσίου εφαρμόζονταν από Δευτέρα έως Σάββατο. Την Κυριακή οι τσιπούρες διατηρούνταν σε ασιτία.

Η χημική σύσταση της εμπορικής τροφής που χρησιμοποιήθηκε στην πειραματική διαδικασία παρατίθεται στον Πίνακα 1. Η συγκεκριμένη τροφή επιλέχθηκε εξαιτίας της υψηλής συνεκτικότητάς της αλλά και της χαμηλής διαλυτοποίησης που παρουσιάζει σε αντίθεση με άλλα σύμπηκτα, με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η συλλογή των υπολειμμάτων τροφής.

Πίνακας 1: Ποσοστιαία σύσταση τροφής που χρησιμοποιήθηκε στην πειραματική διαδικασία

Crude protein/ Ολικές πρωτεΐνες	54 %
Crude fat/ Ολικά λίπη	18 %
Ash/ Τέφρα	12 %
Fibers/ Κυτταρίνη	0,9 %
Total Phosphorus (P)/ Ολικός φώσφορος	1,4 %
Calcium (Ca)/ Ασβέστιο	1,7 %
Na Sodium/ Νάτριο	0,2 %
*Carbohydrates/ Υδατάνθρακες ¹	16 %
*Energy/ Ενέργεια ²	5,4 %

*Οι υδατάνθρακες και η ενέργεια εκτιμήθηκαν από τις σχέσεις:

Η ημερήσια ποσότητα τροφής που χορηγούνταν στις τσιπούρες υπολογίζονταν σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο (Deering et al. 1997):

$$\text{Ημερήσια ποσότητα τροφής (y)} = N_{\text{fish}} * w * E\Delta$$

Όπου: N_{fish} = Αριθμός ατόμων ψαριών

W = μέσο βάρος ατόμων ψαριών

$E\Delta$ = επίπεδο διατροφής

Η ημερήσια ποσότητα τροφής διαιρούταν σε 3 γεύματα, τα οποία είχαν διαφορά 3 ώρες μεταξύ τους. Μετά από κάθε ζύγισμα των ψαριών, γινόταν επανεκτίμηση της ημερήσιας ποσότητας τροφής. Συνολικά έγιναν 5 επαναπροσδιορισμοί της ημερήσιας ποσότητας τροφής κατά τη διάρκεια του πειράματος (Πιν. 2).

¹ Υδατάνθρακες (%) = 100 - (Ολική Πρωτεΐνη + Ολικά λιπίδια + Τέφρα)

² Ενέργεια (%) = 5,64 * P (%) + 9,44 * L (%) + 4,11 * C (%)

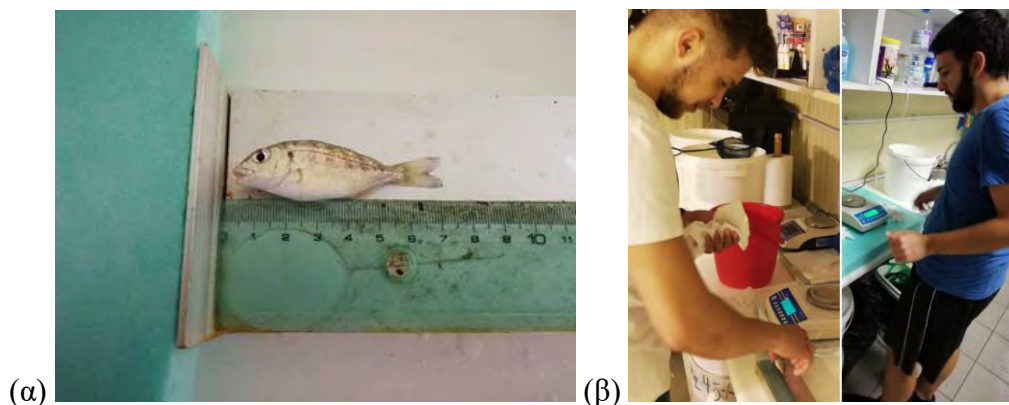
Πίνακας 2.: Ποσότητα τροφής/ημέρα καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (75 ημέρες)

Ημέρες εκτροφής	ST1 (gr/ημέρα)	ST2 (gr/ημέρα)	ST3 (gr/ημέρα)	ST4 (gr/ημέρα)	ST5 (gr/ημέρα)	ST6 (gr/ημέρα)
0-15	3,33	3.31	3,31	3,29	3,31	3,32
15-30	6,67	6,76	6,91	6,79	6,90	6,86
30-45	11,27	11,98	12,38	11,92	11,77	12,00
45-60	19,62	19,79	20,53	19,33	19,81	19,95
60-75	29,06	29,40	30,36	29,86	29,74	30,98

2.4 Μετρήσεις μορφομετρικών χαρακτηριστικών ψαριών και φυτών

2.4.1 Μετρήσεις μορφομετρικών χαρακτηριστικών ψαριών

Το ολικό βάρος (W, g) των ατόμων τσιπούρας μετρήθηκε με ζυγό ακριβείας (CAS MWP-300H, max weight 300 gr, minimum weight 0,2 gr, e= 0,01 gr d=0,005gr) σε ακρίβεια δεύτερου δεκαδικού ψηφίου, ενώ η μέτρηση του ολικού μήκους (L, cm) έγινε με τη βοήθεια ιχθυόμετρου (Εικ.4α). Τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά των ψαριών γίνονταν κατόπιν αναισθητοποίησης των τσιπουρών με φαινοξεθανόλη σε πυκνότητα 0,25 mL/L (Εικ.4β). Συνολικά έγιναν έξι μετρήσεις στις 75 μέρες διάρκειας του πειράματος ($t_0, t_{15}, t_{30}, t_{45}, t_{60}, t_{75}$).



Εικόνα 4. Μετρήσεις (α) ολικού μήκους και (β) ολικού βάρους της τσιπούρας *S. aurata*.

2.4.2 Μετρήσεις μορφολογικών χαρακτηριστικών φυτών

Τα χαρακτηριστικά τα οποία μετρούνταν στα φυτά κρίταμου ήταν ο αριθμός των βλαστών και το ύψος του φυτού. Πιο συγκεκριμένα γινόταν καταμέτρηση των υγειών και των ξερών βλαστών, ενώ το ύψος του φυτού υπολογιζόταν από το ανώτερο μέρος της ρίζας μέχρι το πρώτο φύλλο του υψηλότερου βλαστού. Η καταμέτρηση των μορφολογικών χαρακτηριστικών γινόταν με προσεκτική εξέταση του φυτού και με χρήση χάρακα. Συνολικά έγιναν 5 μετρήσεις.

2.5 Μετρήσεις φυσικοχημικών παραμέτρων

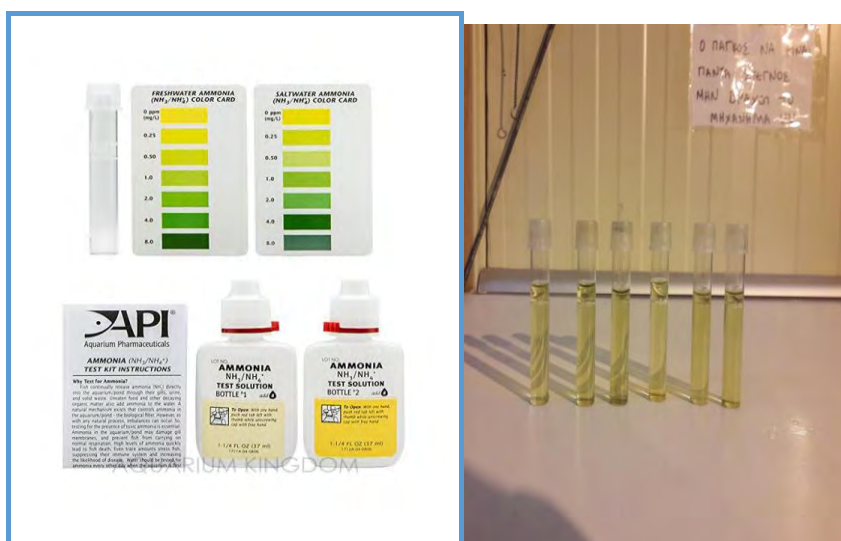
Η μέτρηση των φυσικοχημικών παραμέτρων στα πειραματικά ενυδρεία γινόταν ανά τακτά χρονικά διαστήματα (δυο μετρήσεις/εβδομάδα) πριν το πρώτο γεύμα των τσιπουρών για όλη τη διάρκεια του πειράματος. Οι μετρήσεις των αζωτούχων παραμέτρων (TAN , NO_2^- , NO_3^-) γινόταν με ειδικά test χρωματομετρίας (tests kits Api) και φασματοφωτομετρικά (HACH,3900 spectofotometer). Η μέτρηση της θερμοκρασίας γινόταν με ηλεκτρονικό θερμόμετρο το οποίο ελεγχόταν καθημερινά. Οι μετρήσεις του pH και του οξυγόνου (O_2) γινόταν με ηλεκτρονική συσκευή πεχάμετρον και οξυγονόμετρο αντίστοιχα (HACH HQ 40 D). Τέλος η μέτρηση της αλατότητας γινόταν με τη χρήση διαθλασίμετρον (Aqua Medic).

2.5.1 Προσδιορισμός ολικής αμμωνίας-αζώτου (T.A.N.)

Η μέτρηση της ολικής αμμωνίας (T.A.N) (mg/L) γίνονται δυο φορές την εβδομάδα χρωματομετρικά με test kits (API) (Εικ.5) με τη μέθοδο αντιδραστηρίων φαινόλης αλκοόλης σε οξειδωτικό διάλυμα και σιδηρούχο καταλύτη (Liddicoat et al.1975)

Η διαδικασία μέτρησης της ολικής αμμωνίας περιγράφεται ως εξής:

- Προσθήκη 5 mL νερό του ενυδρείου σε υάλινη κυψελίδα
- Προσθήκη 8 σταγόνων από το αντιδραστήριο Ammonia #1
- Ανακίνηση για 5 sec
- Προσθήκη 8 σταγόνων από το αντιδραστήριο Ammonia #2
- Ανακίνηση για 5 sec
- Αναμονή για 5 min μέχρι το δείγμα να χρωματιστεί ανάλογα
- Σύγκριση του χρώματος του δείγματος με αντίστοιχη κλίμακα.



Εικόνα 5: Μέτρηση ολικής αμμωνίας (πηγή: Προσωπικό αρχείο)

2.5.2 Προσδιορισμός νιτρωδών ιόντων (NO₂⁻)

Η μέτρηση των νιτρωδών ιόντων (NO₂⁻-N) (mg/L) γίνονται δύο φορές την εβδομάδα χρωματομετρικά με test kits (API) (Εικ.6) με τη μέθοδο αντιδραστηρίων φαινόλης αλκοόλης σε οξειδωτικό διάλυμα και σιδηρούχο καταλύτη (Liddicoat et al.1975) σύμφωνα με την παρακάτω διαδικασία:

- Προσθήκη 5 mL με νερό του ενυδρείου σε υάλινη κυψελίδα
- Προσθήκη 5 σταγόνων από το αντιδραστήριο Nitrite
- Ανακίνηση για 5 sec
- Αναμονή για 5 min έως το δείγμα να χρωματιστεί ανάλογα
- Σύγκριση του χρώματος του δείγματος με την αντίστοιχη κλίμακα.

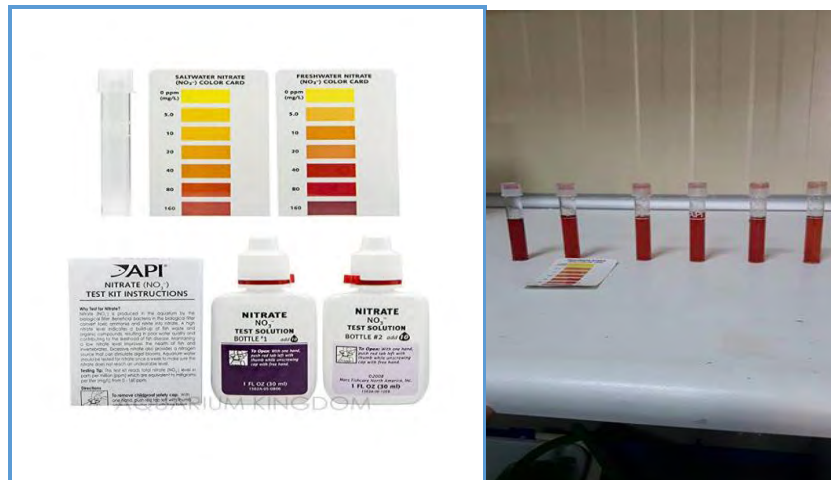


Εικόνα 6: Μέτρηση Νιτρωδών ιόντων (Πηγή: Προσωπικό Αρχείο)

2.5.3 Προσδιορισμός νιτρικών ιόντων (NO_3^-)

Η μέτρηση των νιτρικών ιόντων (NO_3^- -N) (mg/L) γίνονται δύο φορές την εβδομάδα χρωματομετρικά με test kits (API) (Εικ.7) με τη μέθοδο αντιδραστηρίων φαινόλης αλκοόλης σε οξειδωτικό διάλυμα και σιδηρούχο καταλύτη (Liddicoat et al.1975) σύμφωνα με την παρακάτω διαδικασία:

- Προσθήκη 5 ml με νερό του ενυδρείου σε υάλινη κυψελίδα
- Προσθήκη 10 σταγόνων από το αντιδραστήριο Nitrate #1
- Ανακίνηση για 5 sec
- Προσθήκη 10 σταγόνων από το αντιδραστήριο Nitrate #2
- Ανακίνηση για 5 sec
- Αναμονή για 5 min έως το δείγμα να χρωματιστεί ανάλογα
- Σύγκριση του χρώματος του δείγματος με αντίστοιχη κλίμακα



Εικόνα 7: Μέτρηση Νιτρικών ιόντων (Πηγή: Προσωπικό Αρχείο)

2.6 Υπολογισμός δεικτών ανάπτυξης και αξιοποίησης της τροφής

Ο υπολογισμός της ανάπτυξης, και των παραμέτρων αξιοποίησης της τροφής έγινε εφαρμόζοντας τις παρακάτω μαθηματικές σχέσεις:

* Αύξηση βάρους

$$WG \text{ (g)} = \text{Τελικό βάρος} - \text{Αρχικό βάρος}$$

* Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης

$$SGR \text{ (\%/ ημέρα)} = [\ln(wt) - \ln(wi) / t] \times 100 \text{ όπου,}$$

$$Wt = \text{Τελικό βάρος}$$

$$Wi = \text{Αρχικό βάρος}$$

$$t = \text{Ημέρες}$$

* Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής

$$FCR = KT / AZB \text{ όπου,}$$

$$KT = \text{καταναλωθείσα τροφή (g)}$$

$$ABZ = \text{αύξηση ζώντος βάρους (g)}$$

* Ημερήσια πρόσληψη της τροφής (DFI) (%/ημέρα)

DFI (%/ημέρα)= 100 X [(Κατανάλωση τροφής/ αύξηση βάρους)/ημέρες σίτισης]

* Συντελεστής Ευρωστίας (CF)

$$CF = (WX L - 3) \times 100$$

* Επιβίωση (%)

$$S = (\text{τελικός αριθμός ψαριών} / \text{αρχικός αριθμός ψαριών}) \times 100$$

* Συντελεστής απόδοσης των καταναλωθεισών πρωτεϊνών

$$PER = AB / ΚΠ \text{ όπου,}$$

AB= αύξηση βάρους (g)

ΚΠ= καταναλωθείσες πρωτεΐνες (g)

2.7 Υπολογισμός παραμέτρων φίλτρου

Σε ένα ενυδρειοπονικό σύστημα, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η αμμωνία, διότι είναι επικίνδυνη για τη βιωσιμότητα των ψαριών. Η αμμωνία έχει δύο μορφές, την ιονισμένη και την μη ιονισμένη. Η ιονισμένη μορφή αμμωνίας (ενώσεις του αμμωνίου, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$) δεν αποτελούν κίνδυνο για τα ψάρια, εν αντιθέσει με την μη ιονισμένη μορφή αμμωνίας ($\text{NH}_3 - \text{N}$) που είναι τοξική (Hucuenin & Colt 2002). Το άθροισμα των δύο μορφών, είναι η ολική αμμωνία (TAN) του συστήματος.

Ο υπολογισμός όλων των μορφών έγινε εφαρμόζοντας τις παρακάτω μαθηματικές σχέσεις:

$$\text{TAN} = \text{ιονισμένη μορφή} + \text{μη ιονισμένη μορφή}$$

$$\text{Ιονισμένη αμμωνία} = \alpha * \text{TAN}$$

Μη ιονισμένη αμμωνία= TAN - Ιονισμένη μορφή αμμωνίας
Όπου:

α = γραμμομοριακό κλάσμα διάσπασης της αμμωνίας στο νερό (έχει άμεση σχέση με τη θερμοκρασία του νερού και το pH και υπολογίζεται με τη χρήση παρακάτω πίνακα 3)

TAN= ολική αμμωνία στο νερό (mg/L)

Το υδραυλικό φορτίο, ο ρυθμός ανακύκλωσης και ο υδραυλικός χρόνος παραμονής στο φίλτρο υπολογίστηκαν από τις σχέσεις (Hucuenin & Colt 2002):

1. HLR = παροχή νερού (Q) /ολική επιφάνεια φίλτρου (W)
2. Ρυθμός ανακύκλωσης (r) = όγκος ανακύκλωσης/συνολικός όγκος νερού στο ενυδρείο
3. Υδραυλικός χρόνος παραμονής (t) = επιφάνεια φίλτρου (W) x βάθος νερού x πορώδες υλικού φίλτρου (s)/ παροχή νερού (Q)
4. Η παροχή του νερού μετρήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο που περιγράφεται στον Spotte (1993), όπου σε ογκομετρικό κύλινδρο των 1000 mL μετρήθηκε ο όγκος του νερού που καταλάμβανε ο κύλινδρος στη μονάδα του χρόνου (10 sec). Η διαδικασία επαναλήφθηκε 3 φορές και στη συνέχεια υπολογίστηκε ο μέσος όρος της παροχής για κάθε ενυδρειοπονικό σύστημα. $Q = (\pi D^2/4) * V$

Όπου:

$\pi = 3,14$

D: διάμετρος σωλήνα (cm) ,

V: όγκος νερού που εκτοπίστηκε (cm³)

5. Όγκος μέσων φίλτρου (υλικά πλήρωσης) =
$$\frac{\text{Επιφάνεια μέσων φίλτρου (m}^2\text{)}}{\text{SSA (m}^2\text{/m}^3\text{)}}$$

6. Η ειδική επιφάνεια του φίλτρου (SSA) υπολογίζεται από τον τύπο:

$SSA = \text{παραγωγή αμμωνίας (g/day) / μεταβολισμός αμμωνίας (m}^2\text{/day)}$

Πίνακας 1. Γραμμομοριακό κλάσμα διάσπασης της αμμωνίας (Πηγή: Hucuenin & Colt 2002).

Θερμοκρασια	pH							
	7,0	7,8	7,9	8	8,1	8,2	8,3	9
Salinity = 15gr/kg								
5	0,0008	0,0051	0,0064	0,008	0,0101	0,01126	0,0159	0,0747
10	0,0012	0,0075	0,0095	0,0119	0,0149	0,0187	0,0235	0,1075
15	0,0018	0,0111	0,0139	0,0174	0,0218	0,0273	0,0342	0,1506
20	0,0026	0,016	0,02	0,0251	0,0314	0,0392	0,0489	0,2048
25	0,0037	0,0228	0,0285	0,0356	0,0444	0,0553	0,0686	0,2697
30	0,0052	0,032	0,0399	0,0497	0,0618	0,0766	0,0946	0,3436
Salinity = 35gr/kg								
5	0,0007	0,0042	0,0053	0,0067	0,0084	0,0106	0,0133	0,0631
10	0,001	0,0063	0,0079	0,01	0,0125	0,0157	0,0197	0,0915
15	0,0015	0,0093	0,0117	0,0146	0,0183	0,023	0,0288	0,1293
20	0,022	0,0134	0,0169	0,0211	0,0265	0,0331	0,0413	0,1776
25	0,0031	0,0192	0,024	0,0301	0,0376	0,0469	0,0583	0,2367
30	0,0044	0,027	0,0338	0,0422	0,0525	0,0652	0,0808	0,3057

2.8 Στατιστική Επεξεργασία

Η στατιστική επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων (ποιότητας νερού και αφθονίας βακτηρίων) πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού λογισμικού προγράμματος SPSS 17, κάνοντας χρήση του «ανεξάρτητου t-test» στο επίπεδο σημαντικότητας 5% (Zar 1996).

Οι τιμές των παραμέτρων που προσδιορίστηκαν ελέγχθηκαν για την κανονικότητα της κατανομής και την ομοιογένεια της διασποράς τους μέσω του Levene's test. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με τη μορφή $M.O \pm SEM$.

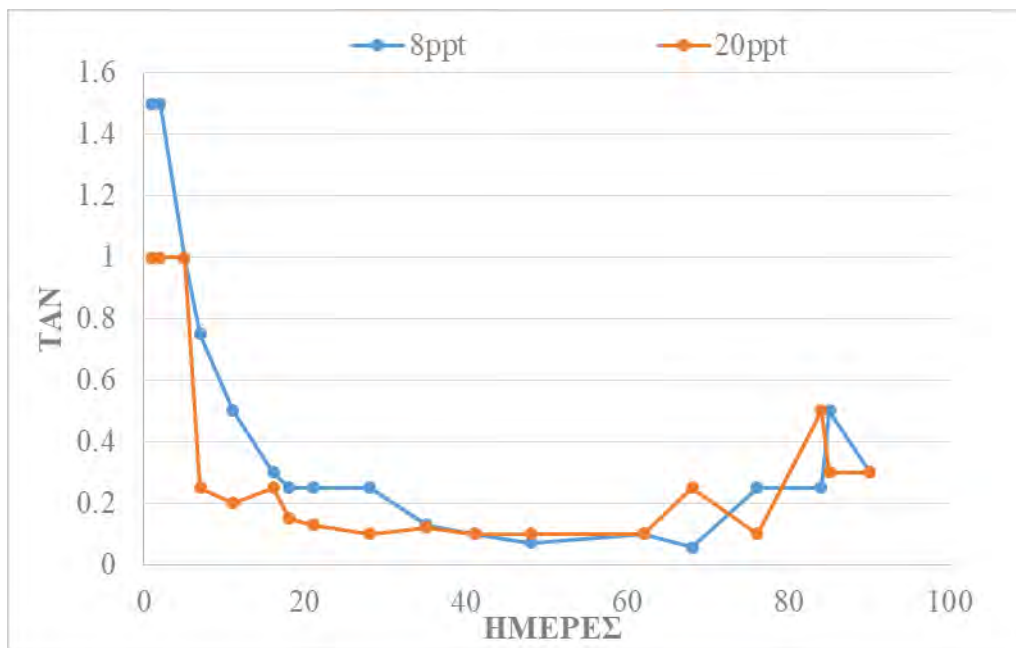
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Ποιότητα νερού στα πειραματικά συστήματα εκτροφής

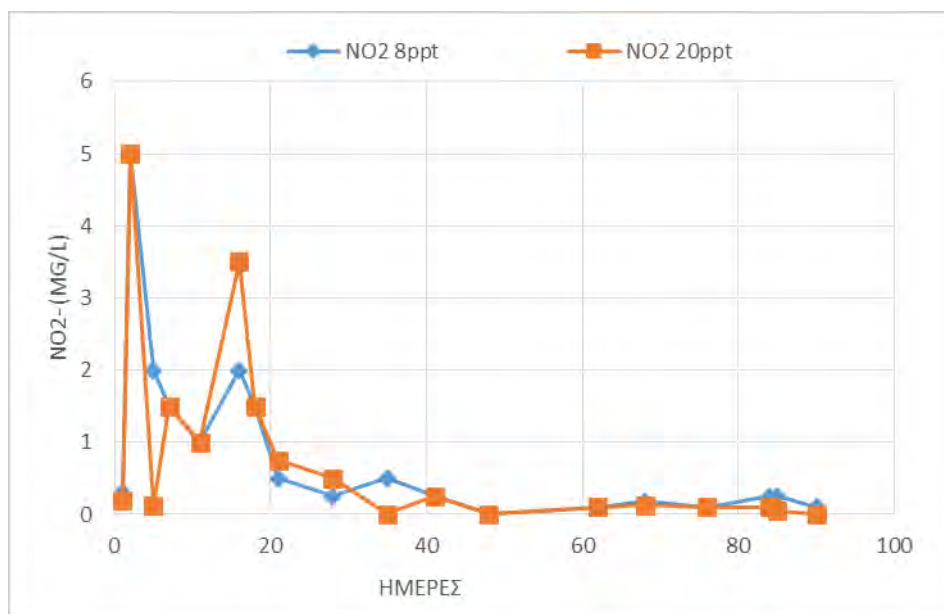
Τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού (TAN, NO₂⁻, NO₃⁻, pH, O₂) στα ενυδρειοπονικά συστήματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4 για τις αλατότητες 8 ppt και 20 ppt αντίστοιχα. Η ολική αμμωνία (TAN), τα νιτρώδη, τα νιτρικά ιόντα και το pH δεν παρουσιάζουν σημαντική στατιστική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων (t-test, P>0,05). Η αμμωνία παρουσίασε αυξομειώσεις καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας με την μέση τιμή της να κυμαίνεται από 0,45 ± 0,11 mg/L έως 0,33 ± 0,8 mg/L για τις αλατότητες 8 και 20 ppt, αντίστοιχα και να ελαχιστοποιείται μετά την 75^η ημέρα του πειράματος σε τιμές μικρότερες από 0,05 mg/L (Σχ.1). Τα νιτρώδη ιόντα παρουσιάζουν αυξομειώσεις με τη μέση τιμή να κυμαίνεται από 0,89 ± 0,3 mg/L έως 0,82 ± 0,3 mg/L αντίστοιχα για τις αλατότητες 8 και 20 ppt και να ελαχιστοποιούνται μετά την 35^η ημέρα του πειράματος (Σχ.2). Τα νιτρικά ιόντα παρουσίασαν μια τάση αύξησης από την 5^η ημέρα του πειράματος και συνεχίζουν να αυξάνουν μέχρι την ολοκλήρωση του πειράματος (Σχ.3). Η μέση τιμή των νιτρικών ιόντων ήταν 76,4 ± 11,2 mg/L για τον κρίταμο που αναπτύσσονταν στην αλατότητα 8 ppt, και 77,2 ± 11,8 mg/L για τα κρίταμο στο 20 ppt (Σχ.4). Το pH και στις δύο μεταχειρίσεις παρουσίασε μια τάση μείωσης από την 40^η ημέρα του πειράματος (Σχ.5).

Πίνακας 4. Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού στα ενυδρειοπονικά συστήματα με αλατότητα 8 ppt και 20 ppt, αντίστοιχα. Τα δεδομένα εκφράζονται ως Μέσες Τιμές ± SEM. Οι μέσοι όροι κάθε παραμέτρου μεταξύ των μεταχειρίσεων που φέρουν τον ίδιο εκθέτη δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (P>0,05) (n=22 παράμετροι).

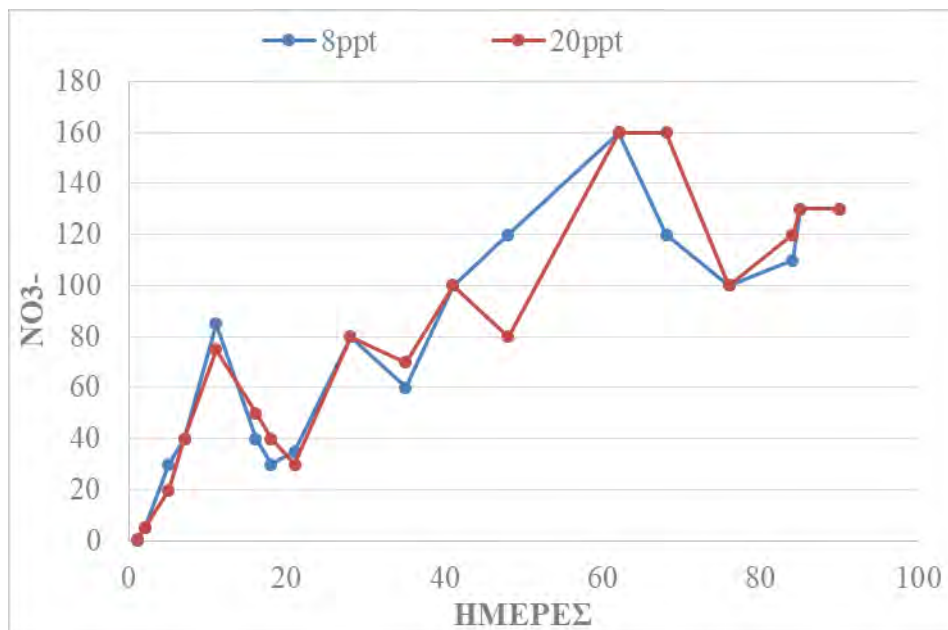
	ΑΛΑΤΟΤΗΤΕΣ	
	8 ppt	20 ppt
TAN (mg/L)	0,45 ± 0,11 ^a	0,33 ± 0,8 ^a
Ιονισμένη αμμωνία ¹ (mg/L)	0,005±0,006	0,004±0,004
Μη ιονισμένη αμμωνία ² (mg/L)	0,61±1,11	0,54±0,56
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,89 ± 0,3 ^a	0,82 ± 0,3 ^a
NO ₃ ⁻ (mg/L)	76,4 ± 11,2 ^a	77,2 ± 11,8 ^a
pH	7,54 ± 0,05 ^a	7,73 ± 0,042 ^a
DO (mg/L)	5,63 ± 0,69 ^a	5,65 ± 0,69 ^a



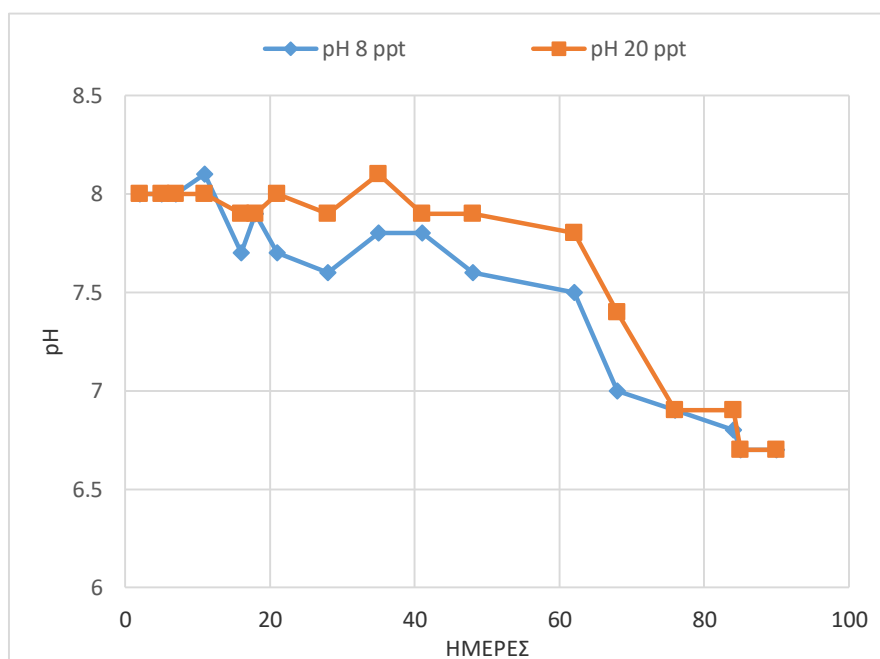
Σχήμα 1. Διάγραμμα μεταβολής της ολικής αμμωνίας στα δύο ενυδρειοπονικά συστήματα με αλατότητα 8 ppt και 20 ppt.



Σχήμα 2. Διάγραμμα μεταβολής των νιτρωδών ιόντων στα δύο ενυδρειοπονικά συστήματα με αλατότητα 8 ppt και 20 ppt.



Σχήμα 3. Διάγραμμα μεταβολής των νιτρικών ιόντων στα δύο ενυδρειοπονικά συστήματα με αλατότητα 8 ppt και 20 ppt.



Σχήμα 4. Διάγραμμα μεταβολής του pH στα δύο ενυδρειοπονικά συστήματα με αλατότητα 8 ppt και 20 ppt.

3.2 Επιβίωση ψαριών και φυτών

Η επιβίωση των ψαριών στα υφάλμυρα συστήματα ενυδρειοπονίας με αλατότητες 8 ppt και 20 ppt παρουσιάστηκε σε αυξημένα επίπεδα και ήταν 99% και 97% αντίστοιχα (Πιν.5). Επίσης, ο κρίταμος στο τέλος της πειραματικής περιόδου (75 ημέρες) παρουσίασε αυξημένη επιβίωση χωρίς να υπάρχουν απώλειες όπως ξηρές ρίζες ή βλαστοί και στις δύο αλατότητες.

3.3 Δείκτες ανάπτυξης ψαριού

3.3.1 Βάρος και μήκος σώματος

Στην αρχή του πειράματος οι μέσοι όροι του ζώντος βάρους και μήκους των ψαριών δεν παρουσίασαν σημαντική στατιστική διαφορά (t-test, $P>0,05$). Οι τσιπούρες στο 20 ppt παρουσίασαν μεγαλύτερο μέσο τελικό βάρος 28.07 ± 0.85 g σε αντίθεση με τις τσιπούρες στο 8 ppt που είχαν μέσο τελικό βάρος 27.91 ± 0.84 g χωρίς να παρουσιάζουν σημαντική στατιστική διαφορά (t-test, $P>0,05$). Επίσης, οι τσιπούρες στην αλατότητα 20 ppt είχαν μεγαλύτερο μέσο τελικό μήκος 12.40 ± 0.16 cm σε αντίθεση με τις τσιπούρες στην αλατότητα 8 ppt που παρουσίασαν μέσο τελικό μήκος 12.04 ± 0.11 cm, χωρίς να παρουσιάζουν σημαντική στατιστική διαφορά (Πιν.5).

3.3.2 Αύξηση βάρους (WG), ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR %/ημέρα) και συντελεστής ευρωστίας (K)

Στο τέλος του πειράματος οι τσιπούρες στα υφάλμυρα ενυδρειοπονικά συστήματα με αλατότητα 8 ppt και 20 ppt παρουσίασαν στατιστικά παρόμοια αύξηση βάρους (t-test, $P>0,05$) και ήταν 25.51 ± 0.87 g και 25.36 ± 0.83 g στο 20 ppt και 8 ppt αντίστοιχα (Πιν.5). Ο ρυθμός ανάπτυξης μεταξύ των τσιπουρών στα ενυδρειοπονικά συστήματα με αλατότητες 8 ppt και 20 ppt, δεν παρουσίασε στατιστική σημαντική διαφορά (t-test, $P>0,05$) (Πιν.5).

Ο αρχικός συντελεστής ευρωστίας (K_{in}) ήταν στατιστικά μεγαλύτερος στην αλατότητα 20 ppt (1.46 ± 0.02), σε αντίθεση με τις τσιπούρες στο 8ppt που

παρουσίασαν αρχικό συντελεστή ευρωστίας 1.35 ± 0.02 (Πιν 5). Επίσης οι τσιπούρες στο τέλος του πειράματος παρουσίασαν στατιστικά μεγαλύτερο συντελεστή ευρωστίας (t-test, $P < 0.05$) στην αλατότητα 8 ppt (1.58 ± 0.03) σε αντίθεση με τις τσιπούρες στην αλατότητα 20 ppt (1.46 ± 0.02) (Πιν.5).

Πίνακας 5. Αρχικό, τελικό Βάρος (W), αρχικό, τελικό μήκος (L), αύξηση βάρους (WG), ειδικός αυξητικός ρυθμός (SGR), αρχικός, τελικός συντελεστής ευρωστίας των τσιπουρών στα υφάλμυρα ενυδρειοπνικά συστήματα με αλατότητες 8 ppt και 20 ppt για διάστημα 75 ημερών. Οι τιμές παρουσιάζονται ως $MO \pm SEM$ (n= 78 άτομα/μεταχείριση).

	8 ppt	20 ppt
Αρχικό βάρος (W _{in} , g)	2.54 ± 0.05^a	2.55 ± 0.06^a
Τελικό βάρος (W _{fin} , g)	27.91 ± 0.84^a	28.07 ± 0.85^a
Αύξηση Βάρους (WG, g)	25.36 ± 0.83^a	25.51 ± 0.87^a
Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR, %/day)	3.17 ± 0.04^a	3.17 ± 0.06^a
Επιβίωση (%)	99%	97%
Αρχικός συντελεστής ευρωστίας (K _{in})	1.35 ± 0.02^a	1.46 ± 0.02^b
Τελικός συντελεστής ευρωστίας (K _{fin})	1.58 ± 0.03^a	1.46 ± 0.02^b
Αρχικό μήκος (L _{in} , cm)	5.73 ± 0.03^a	5.57 ± 0.04^a
Τελικό μήκος (L _{fin} , cm)	12.04 ± 0.11^a	12.40 ± 0.16^a

3.4 Δείκτες αξιοποίησης της τροφής

3.4.1 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) και συντελεστής ημερήσιας πρόσληψης τροφής (DFI)

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) δεν παρουσίασε στατιστική σημαντική διαφορά μεταξύ των τσιπουρών που εκτράφηκαν στα ενυδρειοπνικά συστήματα με αλατότητες 8 ppt και 20 ppt αντίστοιχα (t-test, $P > 0.05$) (Πιν. 6). Η μέση τιμή του FCR στο 8 ppt και 20 ppt αντίστοιχα ήταν 1.80 ± 0.06 και 1.84 ± 0.07 . Επίσης, ο συντελεστής ημερήσιας πρόσληψης τροφής (DFI) δεν

παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τσιπουρών σε όλες τις μεταχειρίσεις (t-test, $P>0.05$), (Πιν. 6).

3.5 Δείκτης εκμετάλλευσης των συστατικών της τροφής

3.5.1 Συντελεστής απόδοσης πρωτεϊνών (PER)

Ο συντελεστής απόδοσης των πρωτεϊνών (PER) δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις τσιπούρες που εκτράφηκαν στα υφάλμυρα συστήματα ενυδρείοπονίας (t-test, $P>0.05$). Η μέση τιμή του PER στο σύστημα ενυδρείοπονίας με αλατότητα 8 ppt ήταν 1.12 ± 0.04 και 1.11 ± 0.04 στο σύστημα με τη μεγαλύτερη αλατότητα (20 ppt) (Πιν.6).

Πίνακας 6. Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR), ημερήσια πρόσληψη τροφής (DFI) και συντελεστής απόδοσης των πρωτεϊνών (PER) στα υφάλμυρα ενυδρείοπονικά συστήματα με αλατότητες 8 ppt και 20 ppt για διάστημα 75 ημερών. Οι τιμές παρουσιάζονται ως $MO \pm SEM$ ($n= 78$ άτομα/μεταχείριση).

	8ppt	20ppt
Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR)	1.80 ± 0.06^a	1.84 ± 0.07^a
Ημερήσια πρόσληψη της τροφής (DFI, g)	2.39 ± 0.08^a	2.45 ± 0.1^a
Συντελεστής απόδοσης πρωτεΐνης (PER)	1.12 ± 0.04^a	1.11 ± 0.04^a

3.6 Παράμετροι ανάπτυξης φυτών

Η τελική συλλογή των φυτών και όλες τις μεταχειρίσεις έλαβε χώρα με την ολοκλήρωση του πειράματος (75^η ημέρα) και οι παράμετροι ανάπτυξης τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.

Ο κρίταμος και στις δύο αλατότητες παρουσίασε σημαντική αύξηση στο τελικό ύψος (t-test, $P<0.05$) καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας. Πιο συγκεκριμένα, ο κρίταμος στην αλατότητα 8 ppt παρουσίασε μεγαλύτερη καθ' ύψος αύξηση ($1,87 \pm 0,56$ cm) σε σχέση με τον κρίταμο στην αλατότητα 20 ppt ($0,99 \pm 0,28$ cm) χωρίς να παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές (t-test, $P>0.05$) (Πιν.7).

Η ποσοστιαία αύξηση ύψους ήταν στατιστικά μεγαλύτερη (t-test, $P < 0.05$), ($23,8 \pm 6,1$ %) στην αλατότητα 8 ppt σε σύγκριση με την αλατότητα 20 ppt ($13,83 \pm 6,21$ %) (Πιν.7). Ο κρίταμος στην αλατότητα 8 ppt ανέπτυξε περισσότερους πλάγιους κλάδους συγκριτικά με εκείνους στην αλατότητα 20 ppt, παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντική διαφορά (t-test, $P < 0.05$) (Πιν.7). Τέλος, ο αριθμός των πλάγιων κλάδων οι οποίοι ήταν υπό ανάπτυξη και δεν κατάφεραν να φτάσουν στο μέγιστο δυνατό ύψος, λόγω της συγκομιδής των φυτών στο τέλος του πειράματος, ήταν περισσότερος στα φυτά που βρισκόταν στην αλατότητα 8 ppt ($4,22 \pm 0,59$), σε σχέση με τα φυτά που βρισκόταν στην αλατότητα 20 ppt ($1,94 \pm 0,21$).

Πίνακας 7: Παράμετροι ανάπτυξης του κρίταμου στο υφάλμυρο σύστημα ενυδρείοποιίας με αλατότητες 8 ppt και 20 ppt (n=18 φυτά/αλατότητα) για όλο το διάστημα της πειραματικής διαδικασίας (75 ημέρες). Οι τιμές εκφράζονται ως $MO \pm SEM$ (n= 18/μεταχείριση).

Παράμετροι ανάπτυξης κρίταμου		
	8 ppt	20 ppt
Αρχικό ύψος φυτού (cm)	$8,45 \pm 0,34^a$	$7,94 \pm 0,46^a$
Τελικό ύψος φυτού (cm)	$10,32 \pm 0,58^a$	$8,03 \pm 0,47^b$
Αύξηση μήκους φυτών	$1,87 \pm 0,56^a$	$0,99 \pm 0,28^a$
Ποσοστιαία Αύξηση (%)	$23,8 \pm 6,1^a$	$13,83 \pm 6,21^b$
Τελικός αριθμός πλάγιων κλάδων	$4,83 \pm 0,47^a$	$2,94 \pm 0,42^b$
Τελικός αριθμός αναπτυσσόμενων κλάδων	$4,22 \pm 0,59^a$	$1,94 \pm 0,21^b$

3.7 Λειτουργικά χαρακτηριστικά φίλτρου

Το υδραυλικό φορτίο, ο ρυθμός ανακύκλωσης, ο υδραυλικός χρόνος παραμονής του νερού στο φίλτρο, ο όγκος των υλικών πλήρωσης του φίλτρου καθώς και ο όγκος του φίλτρου δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (t-test, $P > 0.05$) (Πιν.8). Η SSA του φίλτρου παρουσίασε στατιστικά υψηλότερη τιμή στο 20 ppt σε σχέση με

εκείνη στο 8 ppt, υποδηλώνοντας διαχειριστικά μεγαλύτερο ρυθμό μείωσης της αμμωνίας στο φίλτρο.

Πίνακας 8: Λειτουργικά χαρακτηριστικά φίλτρου στα δυο συστήματα ενυδρειοπονίας αλατότητας 8 ppt και 20 ppt, αντίστοιχα. Τα δεδομένα εκφράζονται ως Μέσες Τιμές \pm SEM (n=6). Οι μέσοι όροι κάθε παραμέτρου μεταξύ των μεταχειρίσεων που φέρουν τον ίδιο εκθέτη δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (P>0.05).

	8 ppt	20 ppt
Υδραυλικό Φορτίο (HLR)	1,85 \pm 0.005 ^a	1,85 \pm 0.005 ^a
Ρυθμός ανακύκλωσης (r) (min)	0.014 \pm 0.003 ^a	0.014 \pm 0.003 ^a
Υδραυλικός χρόνος παραμονής (min)	9.7 \pm 0.01 ^a	9.7 \pm 0.02 ^a
Ειδική επιφάνεια φίλτρου (SSA) (m ² /m ³)	162 \pm 0.30 ^a	224 \pm 0.31 ^b
Όγκος Μέσων φίλτρου (V), (m ³)	6.73 \pm 0.02 ^a	6.94 \pm 0.08 ^b
Όγκος Φίλτρου (V) (L)	32,13 \pm 0.001 ^a	32,13 \pm 0.001 ^a

4.ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Ανάπτυξη τσιπούρας

Η έρευνα πάνω στα συστήματα ενυδρείοπονίας τα οποία χρησιμοποιούν θαλασσινό νερό είναι πολύ περιορισμένη, ενώ οι αντίστοιχες έρευνες για το υφάλμυρο νερό είναι ελάχιστες (Kotzen 2010, Nozzi et al.2016, Fronte et al. 2016). Η παρούσα εργασία έρχεται να γεμίσει εν μέρει το κενό στη βιβλιογραφία και να αποτελέσει ένα μέτρο σύγκρισης για μελλοντικά πειράματα καθώς και να αποτελέσει πηγή δεδομένων σε αντίστοιχες συγκρίσεις .

Η τσιπούρα αποτελεί ένα από τα βασικά εδώδιμα είδη στην Μεσογειακή υδατοκαλλιέργεια σε υπερεντατικά ή εντατικά συστήματα εκτροφής και εκτρέφεται συνήθως σε αλατότητες 35 ppt. Ο Sadek (2000), αναφέρει ότι η τσιπούρα παρουσιάζει πολύ καλή προσαρμοστικότητα σε υφάλμυρο νερό σε συνθήκες αιχμαλωσίας.

Στην παρούσα εργασία το pH στα ενυδρείοπονικά συστήματα με υφάλμυρο νερό αλατότητας 20 ppt και 8 ppt ήταν 7,73 και 7,54, αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με εκείνα των Kotzen & Appelbaum (2010) και Nozzi et al. (2016) όπου αναφέρουν παρόμοια διακύμανση στο pH.

Η ολική αμμωνία (TAN) στα συστήματα με αλατότητα 20 ppt κυμαινόταν στο 0,33 mg/L ενώ τα επίπεδα των νιτρικών και νιτρικών ιόντων ήταν 0,82 και 77,2 mg/L αντίστοιχα. Στα ενυδρείοπονικά συστήματα με νερό αλατότητας 8 ppt η ολική αμμωνία (TAN) είχε μέση τιμή 0,45 mg/L, ενώ τα νιτρικά και νιτρικά ιόντα είχαν τιμές 0,89 και 76,4 mg/L αντίστοιχα. Οι Nozzi et al. (2016) αναφέρουν ότι σε θαλασσινό σύστημα ενυδρείοπονίας με λαβράκι παρουσιάστηκαν υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης νιτρικών ιόντων και ήταν παρόμοια με εκείνα που καταγράφηκαν στην παρούσα πειραματική εργασία.

Οι Kotzen & Appelbaum (2010) αναφέρουν ότι οι παράμετροι των αζωτούχων ενώσεων στο υφάλμυρο ενυδρείοπονικό σύστημα εκτροφής τιλάπιας ήταν κατά μέσο όρο μικρότερες από τις τιμές της παρούσας εργασίας. Πιο συγκεκριμένα η τιμή της ολικής αμμωνία (TAN), των νιτρικών ιόντων και των νιτρικών ιόντων ήταν αντίστοιχα 0,14 mg/L, 0,25 mg/L και 4,18 mg/L.

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας έδειξαν υψηλά ποσοστά επιβίωσης στα υφάλμυρα συστήματα ενυδρείοπονίας και στις δύο αλατότητες (99 % και 97 % αντίστοιχα). Οι Kotzen & Appelbaum (2010) αναφέρουν ότι η τιλάπια όταν εκτρέφεται σε υφάλμυρο σύστημα ενυδρείοπονίας με αλατότητα 1,2 ppt παρουσιάζει αυξημένη επιβίωση (84%).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αύξηση βάρους (WG) και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR) στατιστικά ήταν παρόμοιες μεταξύ των ατόμων τσιπούρας που εκτράφηκαν στα υφάλμυρα συστήματα ενυδρείοπονίας με αλατότητες 8 ppt και 20 ppt. Επίσης οι τσιπούρες όταν σιτίστηκαν με σύμπηκτα καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (75 ημέρες) παρουσίασαν παρόμοιο συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR), χωρίς να παρουσιάσουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε όλες τις μεταχειρίσεις.

Οι Sadek et al. (2004), αναφέρουν ότι όταν η τσιπούρες σιτίζονται με σύμπηκτα εξώθησης σε αλατότητα 25 ppt παρουσιάζουν καλύτερη ανάπτυξη σε σχέση με εκείνες που σιτίστηκαν με φυσική τροφή ή με σύμπηκτα βυθιζόμενα και ημιβυθισμένα. Επίσης, στην ίδια έρευνα οι τσιπούρες παρουσιάζουν στατιστικά μεγαλύτερο FCR όταν τρέφονται με σύμπηκτα εξώθησης.

Οι Appelbaum και Kotzen (2010) αναφέρουν ότι σε άτομα τιλάπιας (υβρίδια *Oreochromis niloticus* x *blue tilapia O. Aureus*), παρατηρήθηκε αύξηση βάρους κατά 104 gr (0,78 (gr/ψάρι)/ημέρα) στο σύστημα ενυδρείοπονίας που περιείχε υφάλμυρο νερό (1,2 ppt) διάρκειας 4 μηνών. Επιπλέον μερικές τιλάπιες κατάφεραν να ωτοκήσουν κατά τη διάρκεια της εκτροφής.

Η ενυδρείοπονία είναι μια μορφή βιολογικής καλλιέργειας (Somerville et al. 2014) οπότε είναι σημαντικό να διασφαλιστεί η βέλτιστη δυνατή ποιότητα για τον καταναλωτή, μιας και στη μεσογειακή διατροφή η κατανάλωση ψαριών παίζει σημαντικό ρόλο. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ψαριού θα πρέπει να είναι σε ικανοποιητικά επίπεδα ούτως ώστε να μπορούν να καταναλωθούν χωρίς προβλήματα και μπορούν να επηρεαστούν από παράγοντες οι οποίοι μεταβάλλονται όπως για παράδειγμα το pH από την μεταβολή της αλατότητας ή και την παρουσία φυτών.

Οι Nozzi et al. (2016) στην έρευνα που διεξήγαγαν σε υφάλμυρα συστήματα ενυδρείοπονίας με εκτρεφόμενο είδος το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) σε συνεχώς μειούμενες αλατότητες από 35 ppt έως 0 ppt μελέτησαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά

και κατά πόσο αυτά επηρεάζονται από τις συνθήκες που δημιουργούνται στην εκτροφή ενός ενυδρειοπονικού συστήματος για την μέγιστη δυνατή απόδοση τόσο των φυτών όσο και των ψαριών όπως για παράδειγμα η προσθήκη ανόργανων στοιχείων (σίδηρο, κάλιο, ασβέστιο).

Στην εργασία των Nozzi et al. (2010) ένα ενδιαφέρον αποτέλεσμα του πειράματος ήταν ότι η συνεχώς μειούμενη αλατότητα δεν επηρέασε τα επίπεδα λιπιδίων, τόσο κορεσμένων όσο και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων και ήταν παρόμοια σε όλα τα στάδια της προσαρμογής της αλατότητας χωρίς να παρουσιάζουν στατιστικές διαφορές μεταξύ τους. Αξιοσημείωτη παρατήρηση ήταν πως ορισμένα φιλέτα παρουσίασαν κιτρινωπό χρωματιστό χωρίς να επηρεάσει την ποιότητα του μυϊκού ιστού. Οι Μεντέ και Νέγκας (2011) αναφέρουν ότι εμφανή προβλήματα από την έλλειψη λιπαρών οξέων αποτελούν η αναστολή ανάπτυξης των ατόμων, η εμφάνιση παθολογικών προβλημάτων και η παρουσία θνησιμότητας.

4.2 Ανάπτυξη κρίταμου

Τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας δείχνουν ότι τα φυτά του κρίταμου που καλλιεργήθηκαν στα υφάλμυρα συστήματα ενυδρειοπονίας με αλατότητα 8 ppt είχαν μεγαλύτερη ανάπτυξη σε σχέση με τα αντίστοιχα φυτά κρίταμου που καλλιεργήθηκαν σε αλατότητα 20 ppt. Πιο συγκεκριμένα τα φυτά στην αλατότητα 8 ppt παρουσίασαν ποσοστιαία αύξηση 23,8% η οποία ήταν στατιστικά μεγαλύτερη από εκείνη των φυτών στην αλατότητα 20 ppt και έχει τιμή 13,83% (t-test, $P > 0.05$).

Επίσης τα φυτά τα οποία καλλιεργήθηκαν στην αλατότητα 8 ppt παρουσίασαν στατιστικά μεγαλύτερο αριθμό πλαγίων κλάδων από τα αντίστοιχα φυτά στην αλατότητα 20 ppt (t-test, $P < 0.05$). Η μέση τιμή ήταν 4,83 και 2,94 αντίστοιχα στο 8 και 20 ppt. Επιπλέον η ίδια διαφορά παρατηρείται και στους αναπτυσσόμενους κλάδους οι οποίοι κατά μέσο όρο είναι 4,22 και 1,94 αντίστοιχα.

Οι Flowers et al. (2008), αναφέρουν στην ερευνά τους ότι τα αλόφυτα παρουσιάζουν ανθεκτικότητα σε ορισμένες συγκεντρώσεις άλατος, λόγω της ικανότητας τους να ολοκληρώνουν τον βιολογικό τους κύκλο σε συγκεντρώσεις έως 200 mM NaCl, συνθήκες παρόμοιες με εκείνες που υπάρχουν στα φυσικά τους ενδιαίτηματα. Επίσης, ο κρίταμος ως αλόφυτο μπορεί να επιβιώσει σε νερά με

ορισμένη αλατότητα., καθώς μπορεί να ανεχτεί νερά που έχουν συγκέντρωση 100 mM NaCl, αλλά παρουσιάζει μείωση στην ανάπτυξη όταν η αλατότητα βρίσκεται πάνω από τα 200 mM NaCl (Ben Fattoum et al. 2016).

Οι Nozzi et al. (2016) καλλιέργησαν το είδος *Beta vulgaris* (σέσκουλο) το οποίο παρουσίασε αύξηση μήκους και στα δύο ενυδρειοπονικά συστήματα τα οποία καλλιεργήθηκε. Η ανάπτυξη των φυτών στα 2 συστήματα παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά τόσο στο συνολικό ύψους του φυτού (31,97 cm συστήματα θαλασσινού νερού έναντι 40,49 cm στα συστήματα γλυκού νερό), όσο και στο μήκος της ρίζας (126,9 cm συστήματα θαλασσινού νερού έναντι 46,16 cm στα συστήματα γλυκού νερό).

Από την άλλη μεριά οι Kotzen & Applebaum (2010) αναφέρουν ότι ο βασιλικός (*Ocimum basilicum*), το φρέσκο κρεμμύδι (*Allium cepa*) και το πράσο (*Allium ampeloprasum porrum*) αναπτυχθήκαν καλύτερα σε υφάλμυρο σύστημα ενυδρειοπονίας σε αντίθεση με το κουνουπίδι (*Brassica oleracea var. Botrytis*) και την τομάτα (*Lycopersicon esculentum*) τα οποία παρουσίασαν μια υποτυπώδη πενιχρή ανάπτυξη.

Στο παρόν πείραμα, ο κρίταμος παρουσίασε καλύτερη ανάπτυξη στο ενυδρειοπονικό σύστημα με την μικρότερη αλατότητα (8 ppt) σε σχέση με την μεγαλύτερη αλατότητα (20 ppt). Οι Ben Amor et al. (2005), προσδιόρισαν ότι το βέλτιστο επίπεδο αύξησης του κρίταμου σε υδροπονικό σύστημα βρίσκεται στα 50 mM NaCl (περίπου 8 ppt) το οποίο συμφωνεί με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, όπου η βέλτιστη ανάπτυξη του κρίταμου πραγματοποιήθηκε στην αλατότητα 8 ppt.

5.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάπτυξη της ενυδραιοπονίας είναι σημαντική και μπορεί να βοηθήσει χώρες οι οποίες έχουν ανάγκη ιχθυηρά αλμυρού νερού και έχουν περιορισμό θαλασσινών πόρων, αλλά πρόσβαση σε γλυκό και υφάλμυρο νερό.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα έρευνα δείχνουν ότι οι τσιπούρες μπορούν να αναπτυχθούν ικανοποιητικά σε συστήματα ενυδραιοπονίας με υφάλμυρο νερό. Επιπλέον τα αποτελέσματα δείχνουν πως και ο κρίταμος κατάφερε να αναπτυχθεί σε συστήματα ενυδραιοπονίας υφάλμυρου νερού, κάτι που επιβεβαιώνει παλαιότερες υποθέσεις, που υποστήριζαν ότι τα αλόφυτα μπορούν να αποτελέσουν μια καλή μονάδα φυτικής παραγωγής σε συστήματα ενυδραιοπονίας με υφάλμυρο νερό.

Η παρούσα εργασία αναδεικνύει αφενός μεν ότι είναι εφικτή και βιώσιμη η ταυτόχρονη παραγωγή ενός είδους ιχθύ θαλασσινού νερού με μεγάλη εμπορική αξία και η παραγωγή ενός αλόφυτου σε συστήματα ενυδραιοπονίας με υφάλμυρο νερό και αφετέρου δε, δημιουργεί ένα μέτρο σύγκρισης και δεδομένα, έτσι ώστε οι μελλοντικές έρευνες να μπορούν να στηριχθούν σε αυτό.

Απαιτούνται περισσότερες έρευνες πάνω σε αυτό το κομμάτι της ενυδραιοπονίας, διότι τα καινούρια ευρήματα μπορούν να εδραιώσουν την ενυδραιοπονία όχι μόνο σαν μια πολυκαλλιέργεια οικιακής χρήσης, αλλά ως ένα ισχυρό πόλο παραγωγής ιχθύων και φυτών εξαιρετικής ποιότητας και μεγάλης εμπορικής αξίας στο μέλλον.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1 ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Adler, P.R., Harper, J.K., Takeda, F., Wade, E.M., Summerfelt, S. (2000). Economic Evaluation of Hydroponics and Other Treatment Options for Phosphorus Removal in Aquaculture Effluent, *HortScience*, , vol. 35, no. 6, pp. 993-999.

Alessio, G., Allegrucci, G., Angle, G. (2001). Acquacoltura responsabile - Verso le produzioni acquatiche del terzo millennio Roma: Unimar-Uniprom.

Atia A., Barhoumi Z., Mokded R., Abdelly C., Smaoui A. (2011). Environmental eco-physiology and economical potential of the halophyte *Crithmum maritimum* L. (Apiaceae). *Journal of Medicinal Plants Research* Vol. 5(16), pp. 3564-3571.

Ben Amor, N., Ben Hamed, K., Debez, A., Gringon, C., Abdelly, C. (2005) Physiological and antioxidant responses of the perennial halophyte *Crithmum maritimum* to salinity. *Plant science* 168 (889-899).

Ben Fattoum, R., Zaghdoud, C., Atia, A., Ben Khedher, A., Gouia, H., Chaffei Haouari, C., (2016). Recovery capacity of the edible halophyte *Crithmum maritimum* from temporary salinity in relation to nutrient accumulation and nitrogen metabolism. *Biologia* 71/12: 1345—1352, Section Botany.

Boxman S. (11-23-2015) Resource Recovery Through Halophyte Production in Marine Aquaponics: An Evaluation of the Nutrient Cycling and the Environmental Sustainability of Aquaponics, University of South Florida, USA, chapters 2,3.

Breber P., & Strada R. (1995). The abundance in an extensive brackishwater fish farm (valle da pesca') of the animal macrobenthon that feeds the seabream (*Sparus aurata*). *Rivista Italiana Acquacoltura*, 30, 181-186.

Deering, M.J., Fielder, D.R., Hewittb, D.R. (1997). Growth and fatty acid composition of juvenile leader prawns, *Penaeus monodon*, fed different lipids. *Aquaculture* Volume 151, Issues 1–4, 15 May 1997, Pages 131-141.

Dosdat A. (1984). Prégrossissement et consommation d'oxygène de loups et de daurades en élevages intensifs in: «L'Aquaculture de bar et des Sparides». Barnabe G. et Billard R. (Eds.), INRA, Paris, p. 351.

Edward P. Glenn, J. Jed Brown, Eduardo Blumwald. (1999). Salt Tolerance and Crop Potential of Halophytes. *Critical Reviews in Plant Sciences* 18(2):227–255.

Endut, A., Jusoh, A., Ali, N., Wan Nik, W.B. (2011). Nutrient removal from aquaculture wastewater by vegetable production in aquaponics recirculation system, *Desalination and Water Treatment*, vol. 32, pp. 422-430.

Endut, A., Jusoh, A., Ali, N., Wan Nik, W.B., Hassan A. (2009). A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system *Bioresource Technology* 101 (2010) 1511–1517.

Flowers, T.J., Colmer, T.D. (2008) Salinity tolerance in halophytes, *New Phytologist* 179, 945–963.

Froese R. & Pauly D. (2006) Fish base. www.fishbase.org

Fronte, B., Galliano, G., Bibbiani, C. (2016). From freshwater to marine aquaponic: new opportunities for marine fish species production. 4th Conference with International Participation Conference VIVUS – on Agriculture, Environmentalism, Horticulture and Floristics, Food Production and Processing and Nutrition »With Knowledge and Experience to New Entrepreneurial Opportunities« 20th and 21st April 2016, Biotechnical Centre Naklo, Strahinj 99, Naklo, Slovenia.

Huguenin, J., Colt, j. (2003). Design and operating guide for aquaculture seawater system-second Edition. Elsevier, science B.V., Amsterdam, The Netherlands. pp. 22-23

Khater, E.G., Bahnasawy, A.H., Shams, A.E.S., Hassaan, M.S., Hassan, Y.A. (2015). Utilization of effluent fish farms in tomato cultivation, *Ecological Engineering*, vol. 83, pp. 199-207.37. Turcios, A.E., Papenbrock, J. Sustainable Treatment of Aquaculture Effluents-What Can We Learn from the Past for the Future? *Sustainability*, 2014, vol. 6, pp. 836–856

Kotzen B., Appelbaum S. (2010). An Investigation of Aquaponics Using Brackish Water Resources in the Negev Desert. *Journal of Applied Aquaculture*, 22:297–320.

Kotzen B., Appelbaum S. (2016). Further investigations of aquaponics using brackish water resources of the Negev desert. *Ecocycles*2 (2) 26-35.

Lennard W.A.. (2006). Aquaponic integration of Murray Cod (*Maccullochella peelii peelii*) aquaculture and lettuce (*Lactuca sativa*) hydroponics. Ph.D dissertation,

School of Applied Sciences, Department of Biotechnology and Environmental Biology, Royal Melbourne Institute of Technology. Melbourne, Victoria Australia.

Liddicoat, M.I., S.Tibbitts, Buler, E.I. (1975). The Determination of ammonium in seawater. *Limnology and Oceanography*, 20(1):1312-132.

Nelson, R.L. (2007). Ten aquaponic systems around the world, *Aquaponics Journal*, vol. 46, pp. 1-8.

Nozzi, V., Parisi, G., Di Crescenzo, D., Giordano, M., Carnevali, O. (2016). Evaluation of Dicentrarchus labrax Meats and the Vegetable Quality of Beta vulgaris var. cicla Farmed in Freshwater and Saltwater Aquaponic Systems, *Water* 2016, 8, 423.

Palm, W.H., Bissa, K., Knaus, U. Significant factors affecting the economic sustainability of closed aquaponic systems. Part II: fish and plant growth, *AAFL Bioflux*, 2014, vol. 7, no. 3, pp. 162-175.

Thorarinsdottir, I. R. (2015). *Aquaponics Guidelines: Chapter 1: Introduction - What is aquaponics*, 2nd printing, November 2015, Printed by Haskolaprent, Reykjavik, Iceland, ISBN: 978-9935-9283-1-3, p9.

Rakocy, J.E, Masser, M.P., Losordo, T.M. (2006). Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics- integrating fish and plant culture, *Southern Regional Aquaculture Center*, vol. 454, pp. 1-16.

Sadek, S.S. (2000), Seabeam culture in Egypt, status, constraints and potential. *Fish Physiology and Biochemistry* 22: 171–178.

Sadek, S.S., Fathy Osman, M., Adel Mansour, m., (2004) Growth, survival and feed conversion rates of sea bream (*Sparus aurata*) cultured in earthen brackish water ponds fed different feed types, *Aquaculture International* 12: 409–421.

Savidov, N. (2005). Evaluation of Aquaponics Technology in Alberta, Canada, *Aquaponics Journal*, vol. 37, pp. 20-25.

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*, 589.

Tandler A. (1993). Marine aquaculture in Israel with special emphasis on larval rearing. *Journal of the World Aquaculture Society*, 24(2), 241-245.

Tyson, R.C., Treadwell, D.D., Simonne, E.H. (2011). Opportunities and Challenges to Sustainability in Aquaponic Systems. *HorTechnology*, vol. 21, pp. 6-13.

Vlahos N., Kormas K. Ar., Pachiadaki M. G., Meziti A., Hotos G. N., Mente E. (2013). Changes of bacterioplankton apparent species richness in two ornamental fish aquaria SpringerPlus a Springer Open Journal 2:66, 1-9.

Vlahos, N., Akrivouli, A., Mente, E., Exadactylos, A., Nystas, T., Patsea, E., Vidalis, K. , Hotos, G. (2016). The effect of three different temperatures on the growth and survival rate of *Palemon adspersus*. Proceeding of the 2nd International Congress on Applied Ichthyology & Aquatic Environment. 10-12 November 2016 Messolonghi – Greece pp:59-63. ISBN 978-618-80242-3-6.

Vlahos, N., Hotos, G., Kapetanios, N. (2004) The effect of temperature on the conditioning of the filter bed in aquaria. 2nd International Congress on Aquaculture, Fisheries Technology and Environmental Management. Athens 18-19 June 2004.

Zar, J.H. (1999).Biostatistical Analysis. Prentice-Hall. International Editions, London, UK.

6.2 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Δόντα Μ. (2018) Ο κρίταμος (*Crithmum maritimum L.*) ως φυτό κηποτεχνίας και αρχιτεκτονικής. Άλλες χρήσεις και προοπτικές, Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηπειρού, κεφάλαιο 2 και 4

Μεντέ Ε., Νέγκας Ι. (2011) Στοιχεία φυσιολογίας θρέψεως και εφαρμοσμένη διατροφή ιχθύων και καρκινοειδών, Αθήνα 2011, κεφάλαιο 5, σελίδα 187.

7. ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effect of two different salinities (8 ppt and 20 ppt) on the growth and survival rate of gilthead sea bream and the cultivation of sea fennel in a brackish aquaponic system. Six aquaponic systems in two different salinities 8 ppt and 20 ppt were constructed. A total number of 156 individual *Sparus aurata* (26 individuals / system) were placed with an average initial weight of 2.55 ± 0.53 g and a length of 5.57 ± 0.33 cm and 36 individual *Crithmum maritimum* with an average initial height of 8.23 ± 0.34 cm (6 individual / system).

The results showed that gilthead seabream in all treatments showed that there were no statistical significant differences in weight gain (WG), specific growth rate (SGR), and feed conversion ratio (FCR). At 8 ppt *Crithmum maritimum* showed statistically better growth, higher final height (10.32 ± 0.58 cm) and total number of lateral branches (4.83 ± 0.47) than those in 20 ppt, ($p < 0.05$). In summary, gilthead sea bream can have a remarkable growth in a brackish water aquaponic system combined with sea fennel *Crithmum maritimum* cultivation under the salinity of 8 ppt.

Key-words: Brackish water Aquaponics, growth gilthead sea bream, sea fennel *Crithmum maritimum*