

ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΩΝΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ
ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΛΙΞΙΑΣ –ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ

**«Διαχείριση της αναπαραγωγής και της
εκτροφής των θαλασσινών διακοσμητικών ψαριών
σε συνθήκες αιχμαλωσίας»**

Σπυρίδων Μπουλούσης

**ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΒΙΔΑΛΗΣ ΚΟΣΜΑΣ**

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2014

Στους γονείς μου

Ευχαριστίες

Μέσα από την παρούσα εργασία θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους κάτωθι:

- Δρ Κοσμά Βιδάλη, για τις χρήσιμες πληροφορίες και παρατηρήσεις του, κατά τη συγγραφή της εργασίας.
- Τον υποψήφιο διδάκτορα Νικόλαο Βλάχο, MSc, Ε.ΤΕ.Π, συνεπιβλέπων της εργασίας, για την αμέριστη και διαρκεί συμπαράστασή του, την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.
- Στα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής Δρ Παναγιώτη Λογοθέτη και Δρ Γρηγόρη Κανλή, για τις χρήσιμες συμβουλές και παρατηρήσεις τους.
- Τέλος, εκφράζω τις εγκάρδιες ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου, για την υλική και ψυχολογική υποστήριξη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το πιο δημοφιλές χόμπι των ενυδρείων τροφοδοτεί την ταχεία ανάπτυξη της βιομηχανίας των διακοσμητικών ψαριών θαλασσινού νερού. Ωστόσο, αυτή τη στιγμή προκειμένου να ικανοποιηθεί η αυξημένη ζήτηση των καταναλωτών υπάρχει μια μεγάλη εξάρτηση από φυσικούς πληθυσμούς διακοσμητικών ειδών. Η ανάγκη για ελεγχόμενη εκτροφή συνεχώς αυξάνεται λόγω της αυξημένης ευαισθητοποίησης που υπάρχει για την τύχη των θαλάσσιων οικοσυστημάτων και λόγω της καταστροφικής διαχείρισης που επέφερε σήμερα η εκμετάλλευση των κοραλλιογενών υφάλων για το θαλάσσιο διακοσμητικά εμπόριο.

Ως εκ τούτου, δεν υπάρχει συναίνεση ότι πρέπει να ληφθούν μέτρα για τον περιορισμό της καταστροφικής εκμετάλλευσης των κοραλλιογενών υφάλων, και για να εξασφαλιστεί η βιωσιμότητα του θα πρέπει να ληφθούν υπόψη επείγουσες δράσεις και μέτρα στη θαλάσσια βιομηχανία διακοσμητικών ειδών.

Μια προφανής και ζωτικής σημασίας δράση είναι η ανάπτυξη της εκτροφής σε συνθήκες αιχμαλωσίας και η ανάπτυξη τεχνικών για τα θαλάσσια διακοσμητικά ψάρια των κοραλλιογενών υφάλων. Οι ερευνητικές προσπάθειες για την αναπαραγωγή σε συνθήκες αιχμαλωσίας των θαλάσσιων διακοσμητικών ειδών, αναμένεται να συμπληρώσουν ή να αντικαταστήσουν την προσφορά να αλιεύονται είδη για το θαλάσσιο διακοσμητικά εμπόριο από το φυσικό περιβάλλον, που ενδεχομένως να βοηθήσει στην ενίσχυση των προσπαθειών ανάκαμψης του υφάλου και ανασύστασης των αποθεμάτων του.

Ωστόσο, η εκτροφή των θαλασσινών διακοσμητικών ψαριών είναι ένας τομέας οικονομικά πολλά υποσχόμενος, αλλά χρειάζεται να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις και τα προβλήματα που πηγάζουν από την άνθηση του εμπορίου των διακοσμητικών ψαριών.

Λέξεις κλειδιά: Διακοσμητικά ψάρια θαλασσινού νερού, εκτροφή, διαχείριση γεννητόρων, ανάπτυξη προνυμφών, τεχνικές εκτροφής

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
Κεφάλαιο 1	6
Εισαγωγικά στοιχεία	6
Κεφάλαιο 2	8
Διαχείριση Γεννητόρων	8
2.1 Γενικά στοιχεία	8
2.2 Επιλογή γεννητόρων	9
2.2.3 Ποιότητα των γαμετών	13
2.3 Διαχείριση των γεννητόρων και αναπαραγωγικός χειρισμός τους.....	15
2.3.1. Φυσικο-χημικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος εκτροφής.....	16
Κεφάλαιο 3	34
Διακοσμητικά είδη θαλασσινού νερού	34
3.1. Αναπαραγωγική συμπεριφορά των διακοσμητικών ψαριών θαλασσινού νερού .	34
Κεφάλαιο 4	39
Φυσιολογία γαμετών, εμβρυολογία και μορφολογία προνυμφών κατά την εκκόλαψη...	39
Κεφάλαιο 5	41
Εκτροφή προνυμφών	41
5.1 Γενικά περί εκτροφής	41
5.2 Ποιότητα νερού και σχεδιασμός συστήματος.....	41
5.3 Διατροφή προνυμφών	48
Κεφάλαιο 6	54
Συμπεράσματα	54
7 Abstract	56
8. Βιβλιογραφικές αναφορές.....	57

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγικά στοιχεία

Τα θαλασσινά διακοσμητικά είδη προέρχονται από τα φυσικά ενδιαιτήματα των κοραλλιογενών υφάλων, που καλύπτουν λιγότερο από το 1% του φυσικού περιβάλλοντος και θεωρούνται από τα πιο πλούσια βιολογικά και παραγωγικά οικοσυστήματα στη Γη. Υποστηρίζουν ότι πάνω από 4000 είδη ψαριών, περίπου 800 είδη διακοσμητικών ψαριών οικοδομούν τους υφάλους και αρκετές χιλιάδες είδη ασπόνδυλων (κνιδάρια, σφουγγάρια, μαλάκια, καρκινοειδή και εχινόδερμα).

Το οικοσύστημα των υφάλων, τις τελευταίες δεκαετίες έχει χαρακτηριστεί από αρνητικές ανθρωπογενείς παρεμβάσεις, όπως είναι η ιζηματοποίηση, ο εμπλουτισμός με θρεπτικά συστατικά, η υπεραλίευση, οι επιφανειακές απορροές από τη Γεωργία και η παγκόσμια αλλαγή κλίματος. Η παγκόσμια ανάπτυξη του εμπορίου θαλασσινών ειδών για τα ενυδρεία συμβάλει στη μείωση τους μεγέθους των κοραλλιογενών υφάλων.

Το 90% των ειδών των διακοσμητικών ειδών του γλυκού νερού, παράγονται σε συνθήκες αιχμαλωσίας σε αντίθεση με τα θαλασσινά είδη, όπου η παραγωγή εξολοκλήρου στηρίζεται στη συλλεκτική αλιεία. Επίσης οι πλειοψηφία των εμπορών υποστηρίζει τη χρήση καταστρεπτικών αλιευτικών τεχνικών για την εξαλίευση των περισσότερων ειδών, όπως για παράδειγμα η χρήση ενώσεων του κυανίου ώστε να αναισθητοποιηθούν είδη με μεγάλη εμπορική αξία. Η χρήση των τοξικών ενώσεων είναι γνωστή και έχει ως στόχο να φθείρει και να βλάψει τόσο τους υφάλους, όσο και τους περισσότερους ασπόνδυλους και άλλους οργανισμούς.

Η λεύκανση που παρατηρείται σ' έναν ύφαλο μετά την έκθεση του σε κυανιούχες ενώσεις, προκειμένου οι αλιείς να αλιεύουν ζωντανούς οργανισμούς. Παρόλα αυτά, η αλιεία με κυανιούχες ενώσεις και δυναμίτιδα αυξάνει το εμπόριο των ζωντανών οργανισμών που χρησιμοποιούνται σήμερα για ανθρώπινη κατανάλωση στην Νοτιοανατολική Ασία.

Η αυξανόμενη ζήτηση των διακοσμητικών ειδών στο εμπόριο των ενυδρείων, οδήγησε τους ερευνητές στην αναζήτηση νέων τεχνικών και πρακτικών διαχείρισης, χωρίς να επιφέρουν ζημιογόνες καταστάσεις. Η υδατοκαλλιέργεια θεωρείται μια από τις εναλλακτικές λύσεις και συμβάλει στην ανακούφιση των υφάλων από την αλιευτική πίεση των αλιέων. Οι καινοτομίες που έλαβαν χώρα στην εκτροφή των

θαλασσινών διακοσμητικών ειδών περιλαμβάνει, νέα είδη όπως οι ιππόκαμποι, οι οποίοι αξίζουν μια αναφορά εξαιτίας της διατήρησής τους και της βιολογίας που παρουσιάζουν.

Η εκτροφή των θαλάσσιων διακοσμητικών ειδών περιλαμβάνει επίσης, την καλλιέργεια ζωντανού βράχου, πολύχαιτων, μαλάκιων, καρκινοειδών και εχινόδερμων. Το τελευταίο μέρος της εργασίας αναφέρεται στην ανάγκη διασφάλισης μιας βιώσιμης αλιείας, διασφάλισης της παραγωγικής διαδικασίας καθώς και για τις εμπορικές πρακτικές που εφαρμόζονται προκειμένου να εξασφαλιστεί η βιώσιμη ανάπτυξη, εκτροφή και αλιεία των θαλάσσιων διακοσμητικών ειδών.

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι να προβάλλει τη διαχείριση της αναπαραγωγής και της εκτροφής των θαλασσινών διακοσμητικών ψαριών σε συνθήκες αιχμαλωσίας.

Κεφάλαιο 2

Διαχείριση Γεννητόρων

2.1 Γενικά στοιχεία

Η διαχείριση των γεννητόρων περιλαμβάνει όλα εκείνα τα κατάλληλα μέσα που επιτρέπουν στα ψάρια που βρίσκονται σε αιχμαλωσία και να παράγουν μεγάλη ποσότητα γονιμοποιημένων αυγών υψηλής ποιότητας. Αυτό απαιτεί τις απαραίτητες γνώσεις όσον αφορά την ωρίμανση των γονάδων και τις αναπαραγωγικές τεχνικές των γεννητόρων, αλλά και επιτυχημένες διαδικασίες γονιμοποίησης των ωαρίων (Mylonas *et al.*, 2010). Τα ψάρια του θαλασσινού νερού, ιδίως τα ψάρια των κοραλλιογενών υφάλων, καταλαμβάνουν διαφορετικές θέσεις στο φυσικό περιβάλλον επιδεικνύοντας διαφορετικά και πολύπλοκα μοντέλα αναπαραγωγής και στρατηγικής (Brock & Bullis, 2001; Wittenrich, 2007). Μια από τις μεγάλες προκλήσεις που αντιμετωπίζει σήμερα η καλλιέργεια των διακοσμητικών ψαριών θαλασσινού νερού είναι η ανάγκη να φιλοξενήσουν αυτές τις αναπαραγωγικές στρατηγικές προκειμένου να παραχθεί ένα ευρύ φάσμα διακοσμητικών ειδών που ικανοποιούν τις απαιτήσεις της αγοράς (Watson & Shireman, 1996; Ostrowski & Laidley, 2001).

Η αναπαραγωγή των γεννητόρων των ψαριών περιλαμβάνει τρία βασικά αναπτυξιακά στάδια, δηλαδή, το στάδιο ανάπτυξης των γονάδων και ανάπτυξης των γαμετών (gonadogenesis και gametogenesis), την τελική ωρίμανση των ωαρίων, και την απελευθέρωση των γαμετών (ωορρηξία / ωοτοκία στα θηλυκά και απελευθέρωση σπέρματος στα αρσενικά) (Schreck *et al.*, 2001; Zohar & Mylonas, 2001; Coward *et al.*, 2002). Στην πραγματικότητα, η διαδικασία αυτή είναι εξαιρετικά πολύπλοκη και περιλαμβάνει μερικές φορές διαφορετικά αναπτυξιακά στάδια. Η ποιότητα των γαμετών εξαρτάται από πολλές μεταβλητές, συμπεριλαμβανομένης της συμπεριφοράς, και των φυσικοχημικών παραμέτρων του περιβάλλοντος εκτροφής (Coward *et al.*, 2002; Wittenrich, 2007).

Η ικανότητα διαχείρισης των γεννητόρων η οποία θα οδηγήσει στη μεγιστοποίηση της ποιότητας των γαμετών και της αναπαραγωγικής ικανότητας των ψαριών, είναι μια σημαντική προϋπόθεση για ένα επιτυχημένο πρόγραμμα αναπαραγωγής σε συνθήκες αιχμαλωσίας, αντιπροσωπεύοντας παράλληλα έναν περιοριστικό παράγοντα για την εκτροφή των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών

(Ostrowski & Laidley, 2001; Zohar & Mylonas, 2001; Coward *et al.*, 2002; Mylonas *et al.*, 2010). Τα σημεία που ελέγχονται στη διαδικασία αυτή είναι η προσεκτική επιλογή των γεννητόρων και ο συνδυασμός της κατάλληλης εκτροφής τους, ο σχεδιασμός της δεξαμενής, και οι κατάλληλες τεχνικές που προκαλούν αναπαραγωγική δραστηριότητα και ωοτοκία στα διακοσμητικά ψάρια.

2.2 Επιλογή γεννητόρων

Το πρώτο βήμα για την απόκτηση ενός υψηλού ποσοστού γαμετών καλής ποιότητας, είναι η επιλογή κατάλληλων νεαρών ιχθυδίων (Brock & Bullis, 2001; Schreck *et al.*, 2001; Olivotto *et al.*, 2003). Σε γενικές γραμμές η επιλογή των γεννητόρων γίνεται με βάση το μέγεθος, την ηλικία και τα εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά, ωστόσο, μια καλά ενημερωμένη επιλογή είναι να λαμβάνεται υπόψη η κοινωνική αλληλεπίδραση και οι επιρροές στη συμπεριφορά και την αλλαγή φύλου, τα μορφολογικά και βιοχημικά χαρακτηριστικά των γαμετών που παράγονται από τα νεαρά ιχθύδια, ο κίνδυνος μετάδοσης της νόσου σε άλλους γεννήτορες και προνύμφες, αλλά και το γενετικό υπόβαθρο των νεαρών ιχθυδίων. Όλοι αυτοί οι παράγοντες είναι σημαντικοί σε οποιοδήποτε εκκολαπτήριο εδωδιμων ιχθυδίων και ως εκ τούτου, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την καλλιέργεια θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών, για τη μέγιστη και αποτελεσματικότερη παραγωγή στο εκκολαπτήριο.

2.2.1 Ηλικία και μέγεθος των γεννητόρων

Σε ορισμένα είδη νεαρών ιχθυδίων, η ηλικία των ενηλίκων ψαριών και το ιστορικό αναπαραγωγής σχετίζονται με το μέγεθος των αυγών και χημικό περιεχόμενο των αυγών που παράγονται από τα θηλυκά και την ποιότητα του σπέρματος των αρσενικών (Vuthiphandchai & Zohar, 1999; Kamler, 2003). Η ποιότητα των γαμετών γενικά ακολουθεί μια τάση στην οποία τα πολύ μικρά και τα μεγάλης ηλικίας θηλυκά παράγουν μικρότερα αυγά, με μικρότερο θρεπτικό περιεχόμενο, σε σύγκριση με τα ψάρια μέσης ηλικίας (Kamler, 2003). Ομοίως, πολύ μικρά και μεγάλα αρσενικά ψάρια παράγουν σπέρμα χαμηλότερης ποιότητας συγκριτικά με τα αρσενικά μέσης ηλικίας, ιδιαίτερα όσον αφορά την συγκέντρωση

του σπέρματος και των σπερματοκυττάρων, καθώς και τη δυνατότητα αποθήκευσής τους για μεγάλο χρονικό διάστημα (Vuthiphandchai & Zohar, 1999). Σύμφωνα με τα μέχρι τώρα βιβλιογραφικά δεδομένα, φαίνεται ότι δεν έχει γίνει αντίστοιχη έρευνα (όπως στα εδώδιμα είδη ψαριών) για τη δυνατότητα βελτίωσης του σπέρματος για τα θαλάσσια διακοσμητικά ψάρια.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η παραγωγή των γεννητόρων, για τα θαλασσινά διακοσμητικά ψάρια, στηρίζεται σχεδόν αποκλειστικά σε δείγματα που συλλέχθηκαν από το φυσικό τους περιβάλλον (Sales & Janssens, 2003; Pavlov & Emel'yanova, 2006), η απουσία της ηλικίας και των πληροφοριών σχετικά με το ιστορικό αναπαραγωγής των νεαρών ιχθυδίων που συλλέχθηκαν στο φυσικό τους περιβάλλον, μπορεί να περιορίσει την δυνατότητα επιλογής των νεαρών ιχθυδίων με βάση την ηλικία τους. Ωστόσο, αν δημιουργηθεί μια βάση πληροφοριών που τεκμηριώνει την αλλαγή στην ποιότητα των γαμετών με την ηλικία για τα θαλάσσια διακοσμητικά είδη είναι πιθανό να είναι χρήσιμη στο μέλλον. Με τις πληροφορίες αυτές οι εκτροφείς των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών ενδέχεται να είναι σε θέση να κάνουν καλύτερες επιλογές στην επιλογή των νεαρών ιχθυδίων και να μπορούν να καθορίσουν πότε ένα άτομο φθάνει στην ηλικία της γήρανσης.

Το μέγεθος των θαλάσσιων διακοσμητικών νεαρών ιχθυδίων μπορεί να είναι επίσης σημαντικό στην επιλογή τους, καθώς έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει την γονιμότητα και το μέγεθος του αυγού σε πολλά εδώδιμα είδη (Bromage *et al.*, 1992; Kolm, 2002; Kamler, 2003). Αυτή η επίδραση είναι ιδιαίτερα εμφανής στα είδη που εμφανίζουν μεγάλες αποκλίσεις στο μέγεθος μεταξύ των αναπαραγωγικά ώριμων θηλυκών (Kamler, 2003). Η θετική σχέση ανάμεσα στο μέγεθος / αριθμό των αυγών και το μέγεθος των νεαρών ιχθυδίων θεωρείται σε μεγάλο βαθμό καθολική μεταξύ των εδώδιμων ειδών (Kamler, 2003), η οποία, έχει επίσης παρατηρηθεί σε αρκετά θαλάσσια διακοσμητικά ψάρια. Για παράδειγμα, μεγάλα θηλυκά διακοσμητικά ψάρια όπως οι καρδινάλιοι *banggai*, *Pterapogon kauderni* και οι γοβιοί *blueband*, *Valenciennea strigata*, παράγουν περισσότερα και μεγαλύτερα αυγά από τα μικρότερα άτομα του ίδιου είδους (Reavis, 1997; Kolm, 2002).

2.2.2 Αλληλεπιδράσεις και κοινωνική συμπεριφορά-διαμέσου της αλλαγής των φύλων

Κατά την επιλογή των γεννητόρων για τη δημιουργία ζευγαριών αναπαραγωγής ή ομάδων, το μέγεθος και η ηλικία, πρέπει επίσης να εξετάζονται σε σχέση με την επίδραση τους στην κοινωνική συμπεριφορά (π.χ., ο ανταγωνισμός μεταξύ των αρσενικών για τα θηλυκά, η ανταγωνιστική και η οριοθέτηση της περιοχής ωοτοκίας), τις επιδράσεις του περιβάλλοντος και η αλλαγή φύλου, ιδιαίτερα στα είδη που επιλέγουν περισσότερους από έναν συντρόφους (Sakai, 1997). Οι κοινωνικοί και συμπεριφοριστικοί παράγοντες που επηρεάζουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ειδών και τη δημιουργία των κοινωνικών ιεραρχιών, επηρεάζουν τη σταθερότητα του κοινωνικού περιβάλλοντος, τα επίπεδα του stress, την αλλαγή του φύλου των ψαριών και τελικά, την ικανότητα αναπαραγωγής και την πιθανότητα αυθόρμητων ωοτοκιών (White *et al.*, 2002; Forrester *et al.*, 2006; Mylonas *et al.*, 2010). Ο τρόπος και ο βαθμός με τον οποίο αυτές οι αλληλεπιδράσεις πιθανόν να επηρεάζουν την αναπαραγωγή των ψαριών εξαρτάται από την σεξουαλική μορφολογία (γονοχωριστικά ή ερμαφρόδιτα), την αναπαραγωγική στρατηγική (μονογαμία ή πολυγαμία), το μηχανισμό ωοτοκίας (όπως ωοτοκία και ωζωοτοκία; Coward *et al.*, 2002), και τον τρόπο της αναπαραγωγής (βενθοπελαγικοί ή πελαγικοί γεννήτορες) των εν λόγω ειδών.

Οι αλληλεπιδράσεις που σχετίζονται με την συμπεριφορά μπορεί να ενταθούν σε ένα κλειστό σύστημα όπου ένα άτομο δεν είναι σε θέση να αποφύγει ή να ξεφύγει, ή να βρει έναν διαφορετικό ερωτικό σύντροφο ή μια ομάδα. Για παράδειγμα, η αλλαγή φύλου είναι συχνό φαινόμενο μεταξύ των ψαριών που ζουν σε κοραλλιογενής υφάλους. Μια αλλαγή στο κοινωνικό περιβάλλον μπορεί να επιφέρει την αλλαγή φύλου, μπορεί να εκθέσει ένα άτομο ή μια ομάδα σε ανταγωνιστικές συμπεριφορές, να προκαλέσει stress και να οδηγήσει σε χαμηλή αναπαραγωγική απόδοση, κακή ποιότητα των γαμετών, «αναπαραγωγική ανεπάρκεια», ή ακόμα και σε θνησιμότητα (Kjesbu, 1989; McCormick, 1998; Nordeide, 2007).

Η συλλογή και / ή το ιστορικό αιχμαλωσίας ενός ατόμου είναι επίσης ένα σημείο που πρέπει να διερευνηθεί, ιδίως όσον αφορά την επιλογή των ερμαφρόδιτων ψαριών. Στο φυσικό τους περιβάλλον η αναπαραγωγική διαδικασία και η αλλαγή φύλου πραγματοποιείται κάτω από τον έλεγχο του κοινωνικού περιβάλλοντος και των

ψαριών που έχουν κυρίαρχο ρόλο ανάμεσα στα άτομα του ίδιου είδους, αυτό μπορεί να περιορίσει την αναπαραγωγική δυνατότητα ενός ατόμου, ή να καταστείλει την ωρίμανση όλων των ατόμων μαζί (Fox *et al.*, 1997). Ωστόσο, μετά τη συλλογή του, το άτομο μπορεί να απελευθερωθεί από τις κατασταλτικές επιδράσεις της κοινωνικής του ομάδας, και ως εκ τούτου, να έχει τη δυνατότητα να προχωρήσει σε μια αναπαραγωγική φάση ή μια τέλος πάντων πιο δεκτική γι' αυτό κατάσταση. Οι συνέπειες αυτού του γεγονότος είναι ότι η αλλαγή της συμπεριφοράς των ατόμων, από εκείνη ενός υποτακτικού ή δευτερευόντως φύλου, σε ένα ενεργό και ενδεχομένως επιθετικό ανταγωνιστή στην φάση της αναπαραγωγής του. Αυτό μπορεί να σημαίνει, για παράδειγμα, ότι τα μεγαλύτερα θηλυκά, του πρωτογενούς είδους, θα αλλάξουν πιθανότατα φύλο και θα γίνουν αρσενικά (Aldenhoven, 1986) και θα προκαλέσουν ή θα ανταγωνιστούν με τα αρσενικά του ίδιου είδους σε μια τεχνητή ομάδα αναπαραγωγής, ειδικά εάν περιλαμβάνονται σε αυτή τα μεγάλα διαστήματα απομόνωσης από τα κυρίαρχα άτομα του ίδιου είδους.

Σε μια τέτοια περίπτωση γίνεται η επιλογή των μικρότερων θηλυκών, για το καλύτερο ζευγάρι, σε σχέση με την πιο συνηθισμένη κατάσταση που επιλέγονται τα μεγαλύτερα ψάρια, ως γονιμότερα και με υψηλότερη ποιότητα γαμετών. Για παράδειγμα, οι προσπάθειες ζευγαρώματος ψαριών παρόμοιου μεγέθους του πρωτογενούς είδους, που έχουν αλλάξει φύλο, όπως τα αγγελόψαρα, *Centropyge bicolor*, συχνά έχουν ως αποτέλεσμα την έντονη επιθετικότητα, την σωματική βλάβη ή το θάνατο του ενός από τα ψάρια. Φαίνεται ότι τα άτομα παρόμοιου μεγέθους προσέχουν περισσότερο το ένα τον άλλο και είναι πιο επιθετικά στην προσπάθεια τους για κυριαρχία, σε σύγκριση με τις περιπτώσεις που η διαφορά μεγέθους, στο ίδιο είδος είναι μεγαλύτερη. Το αντίστροφο σενάριο μπορεί να είναι αληθές όταν επιλέγονται αρσενικά του είδους τα οποία είναι πρωτανδρικά ερμαφρόδιτα.

Ακόμη και σε λιγότερο επιθετικά είδη, η αλληλεπίδραση μεταξύ του μεγέθους και της συμπεριφοράς των αρσενικών και θηλυκών ψαριών κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής θα μπορούσε να επηρεάσει την παραγωγή των γαμετών. Για παράδειγμα, ο αρσενικός καρδινάλιος *banggai*, *Pterapogon kauderni*, που εκκολάπτει στο στόμα του, επηρεάζει τον αριθμό των αυγών που παρέχονται από το θηλυκό για επώαση. Στα θηλυκά παρατηρήθηκε να ρυθμίζουν την παραγωγή των αυγών τους, ή να κανιβαλίζουν τα περίσσεια αυγά, με βάση το μέγεθος του συντρόφου τους (Kolm, 2002). Επιπλέον, τα αρσενικά blueband gobies, του είδους *Valenciennea strigata*, στο

φυσικό τους περιβάλλον παρατηρήθηκε ότι σχετίζονται με τη γονιμότητα και την επιβίωση των αυγών, που οδηγεί σε μια ενεργή επιλογή του θηλυκού να αφήσει τον σύντροφό του, αν ένα μεγαλύτερο αρσενικό είναι διαθέσιμο (Reavis, 1997). Ομοίως, στο άγριο blue devil damselfish, του είδους *Chrysiptera cyanea*, έχει παρατηρηθεί ότι τα αρσενικά άτομα μεγαλύτερου μεγέθους έχουν μεγαλύτερη επιτυχία επώασης, διότι το μέγεθος του αρσενικού επηρεάζει την απόφαση των θηλυκών να επωάζουν (Gronell, 1989).

Η γνώση σε βάθος του τρόπου με τον οποίο το μέγεθος των γεννητόρων επηρεάζει την κοινωνική αλληλεπίδραση και την αναπαραγωγική συμπεριφορά, και αντίστροφα, είναι ένας σημαντικός παράγοντας εξετάσεις για την επιλογή των γεννητόρων των θαλάσσιων διακοσμητικά ψαριών.

2.2.3 Ποιότητα των γαμετών

Η παραγωγικότητα του εκκολαπτηρίου μπορεί να ενισχυθεί σημαντικά εάν λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για να επιτευχθεί υψηλή ποιότητα των γαμετών (Giménez *et al.*, 2006). Σε ορισμένες περιπτώσεις, όταν ένας μεγάλος αριθμός πιθανών γεννητόρων είναι σε κατάσταση αναπαραγωγής, η επιλογή γίνεται με βάση την ποιότητα των γαμετών. Η αξιολόγηση των γαμετών, εξυπηρετεί επίσης, να προσδιορίσουμε την ετοιμότητα των ψαριών για ωοτοκία και να αποφύγουμε την επιλογή νεαρών ιχθυδίων κατά την διάρκεια παραγωγής ή πολύ ώριμων γαμετών (Kjørsvik *et al.*, 1990; Bromage *et al.*, 1994).

Η δυσκολία στην απόκτηση επαρκών αυγών υψηλής ποιότητας και προνυμφών, θεωρείται συχνά ένας σημαντικός περιοριστικός παράγοντας στην καλλιέργεια των εδωδιμων ειδών, ιδιαίτερα στα θαλάσσια είδη (Kjørsvik *et al.*, 1990; Brooks *et al.*, 1997; Aristizábal *et al.*, 2009). Με αφορμή την εκτίμηση των αυγών των ψαριών για την ποιότητα, το υψηλό ποσοστό γονιμοποίησης, την επιβίωση των αναπτυσσόμενων αυγών και τον μεγάλο αριθμό υγιών εκκολαπτόμενων προνυμφών, αλλά και η πρώτη διατροφή, είναι τα βασικά κριτήρια (Bromage *et al.*, 1992; Brooks *et al.*, 1997; Lahnsteiner & Patarnello, 2005).

Δυστυχώς, πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των αυγών στα ψάρια, δεν είναι επαρκώς κατανοητοί (Brooks *et al.*, 1997). Παρά την έλλειψη γνώσεων σχετικά με το θέμα αυτό, πολλά μορφολογικά και βιοχημικά κριτήρια έχουν

χρησιμοποιηθεί σαν δείκτης της ποιότητας των αυγών, ωστόσο, η αποτελεσματικότητά τους φαίνεται να ποικίλλει ανάλογα τα είδη. Οι κοινές μορφολογικές και φυσικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν, το μέγεθος του αυγού, τη λέκιθο του αυγού, το μέγεθος των σταγόνων λιπιδίων, το σχήμα των αυγών και τη κυτταρική τους μορφολογία τους (π.χ., η συμμετρία των κυττάρων στα πρώιμα στάδια διάσπασης), καθώς και την πλευστότητα των αυγών, το ξηρό βάρος και τη μορφολογία των προνυμφών κατά την πρώτη τροφοδοσία τους. Οι βιοχημικές παράμετροι περιλαμβάνουν, το μεταβολισμό των υδατανθράκων, τη δραστηριότητα των ενζύμων, καθώς και τα λιπίδια, το αμινο οξύ, ή / και η βιταμίνη που περιέχουν τα αυγά (McEvoy, 1984; Carrillo *et al.*, 1989; Kjørsvik *et al.*, 1990, 2003; Bromage *et al.*, 1994; Kjørsvik, 1994; Shields *et al.*, 1997; Lahnsteiner & Patarnello, 2003, 2004a, 2004b, 2005). Ανάλογα με το είδος, ένας ή ο συνδυασμός των μετρήσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επιλογή των θηλυκών γεννητόρων πριν αρχίσουν οι προσπάθειες για την καλλιέργεια των προνυμφών.

Παρά το γεγονός ότι λαμβάνουν λιγότερη προσοχή, η ποιότητα του σπέρματος, συμπεριλαμβανομένου της πυκνότητας του σπέρματος, η κινητικότητα και η ικανότητα γονιμοποίησης των σπερματοζωαρίων, είναι επίσης σημαντικός παράγοντας και επηρεάζει τη γονιμοποίηση και την επιτυχή εκκόλαψη των ψαριών (Kamler, 2003; Pavlov & Emel'yanova, 2006). Ο Pavlov (2006) περιγράφει μία μέθοδο για την εκτίμηση της κινητικότητας του σπέρματος στα ψάρια, η οποία δίνει την δυνατότητα για χρήση της σε αρσενικούς γεννήτορες.

Οι Pavlov και Emel'yanova (2006) χρησιμοποίησαν περαιτέρω αυτή την τεχνική για την εκτίμηση τριών ψαριών ύφαλου που συνήθως αποτελούν αντικείμενο διαπραγματεύσεως στην αγορά των διακοσμητικών, το brown tang, *Zebrasoma scopas*, το scissortail sergeant, *Abudefduf sexfasciatus* και το damselfish, *Dascyllus trimaculatus*, βρήκαν ότι έχουν μικρή διαφορά στην κινητικότητα του σπέρματος μεταξύ αυτών των ειδών. Και τα τρία είδη που εξετάστηκαν κατείχαν συγκριτικά χαμηλή αρχική ταχύτητα σπερματοζωαρίων, διατηρώντας την δραστηριότητα τους για τουλάχιστον 5 λεπτά και δείχνει βιωσιμότητα μετά από αποθήκευση για αρκετές ώρες σε θερμοκρασία χαμηλότερη των 4.5°C. Αυτή η τεχνική μπορεί να είναι χρήσιμη για την παρακολούθηση της απόδοσης των αρσενικών και την αξιολόγηση της ποιότητας του σπέρματος των άλλων θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών, ιδίως σε σχέση με παράγοντες, όπως η διατροφή, το στρες, το μέγεθος και την ηλικία.

Δεδομένου ότι η ποιότητα των γαμετών είναι κάτω από την επίδραση πολλών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένου των περιβαλλοντικών αλλαγών, τη φυσιολογική και ενδοκρινολογική κατάσταση των γεννητόρων, τη διατροφή τους, τους γενετικούς παράγοντες (Brooks *et al.*, 1997; Coward *et al.*, 2002; Aristizábal *et al.*, 2009). Οι μετρήσεις της ποιότητας των γαμετών μπορούν να χρησιμεύσουν ως δείκτες των ακατάλληλων συνθηκών εκτροφής ή την υγεία των νεαρών ιχθυδίων. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να δοθεί προσοχή στην εφαρμογή των τεχνικών παρακολούθησης και ελέγχου της ποιότητας των γαμετών στη καλλιέργεια των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών, ως ένα σημαντικό βήμα προς αυτή την κατεύθυνση και τον έλεγχο της ποιότητας για τη βελτιστοποίηση των συνθηκών που ευνοούν την αναπαραγωγή των ψαριών.

2.3 Διαχείριση των γεννητόρων και αναπαραγωγικός χειρισμός τους

Από την στιγμή που έχουν εξασφαλιστεί οι γεννήτορες, στις κατάλληλες συνθήκες, συμπεριλαμβανομένης της διατροφής και της φυσικής κατάστασης, πρέπει να αναγνωρίζονται και να συντηρούνται έτσι ώστε να παρέχουν ένα περιβάλλον που να ευνοεί την σεξουαλική ωρίμανση και στην ιδανική περίπτωση, τη φυσική αναπαραγωγή (Mylonas *et al.*, 2010). Ωστόσο, δεν αναπαράγονται φυσιολογικά όλα τα ψάρια σε συνθήκες αιχμαλωσίας.

Ως εκ τούτου, ως αναπόσπαστο μέρος της αποτελεσματικής διαχείρισης των γεννητόρων, οι επεμβατικές τεχνικές είναι αναγκαίες για την επίτευξη βιώσιμων γαμετών, ιδιαίτερα όταν τα είδη παρουσιάζουν μειωμένη αναπαραγωγική δραστηριότητα ή μη συγχρονισμένη ωοτοκία σε συνθήκες αιχμαλωσίας (Coward *et al.*, 2002; Mylonas *et al.*, 2010). Αν και μπορεί να απαιτούνται επεμβατικές τεχνικές, ο κατάλληλος πρακτικός χειρισμός είναι ακόμα αυτός που συνεισφέρει περισσότερο στη τελική ποιότητα των γαμετών (Kjørsvik *et al.*, 1990; Brooks *et al.*, 1997; Coward *et al.*, 2002). Ως εκ τούτου, η κατάλληλη διαχείριση των γεννητόρων και η ανάγκη για επιδέξιο χειρισμό ή απογύμνωσή τους για την απόκτηση ώριμων γαμετών, δεν είναι αμοιβαίως αποκλειστικές όσον αφορά την απόκτηση γαμετών καλής ποιότητας.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην παροχή κατάλληλων συνθηκών που σχετίζονται με την αναπαραγωγή των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών, ιδιαίτερα υπό το φως της μεγάλης ποικιλομορφίας των συνθηκών διαβίωσης και των τρόπων

αναπαραγωγής, αλλά και τις στρατηγικές που εμφανίζονται μεταξύ των ειδών. Οι κύριοι τομείς που συχνά περιλαμβάνουν την διαχείριση των γεννητόρων και τον αναπαραγωγικό χειρισμό τους είναι ο έλεγχος του περιβάλλοντος, οι δίαιτες και το τάισμα, η άμεση χορήγηση των ορμονών της αναπαραγωγής και σε ορισμένες περιπτώσεις, κάποιες επεμβατικές τεχνικές (Coward *et al.*, 2002; Melamed *et al.*, 2002).

2.3.1. Φυσικο-χημικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος εκτροφής

Η αντίδραση ενός ψαριού για τη χρησιμοποίηση ενός συγκεκριμένου περιβάλλοντος επηρεάζεται από τις αλληλεπιδράσεις του με βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες του περιβάλλοντος, καθώς και την ικανότητά του να εκμεταλλεύεται το ενδιαίτημα για την απόκτηση της τροφής, το καταφύγιο, ή την περιοχή του (Bellwood & Wainwright, 2001; Fulton *et al.*, 2001; Gill & Andrews, 2001; Wilson *et al.*, 2001). Στο φυσικό του περιβάλλον, ένα ψάρι μπορεί συνήθως να επιλέξει τον κατάλληλο βίοτοπο, μέσα σε ένα ευρύτερο περιβάλλον που ανταποκρίνεται στις ανάγκες του ή να αναγκαστούν να μετακινηθούν ή να προσαρμοστούν για να επιβιώσουν.

Ωστόσο, σε συνθήκες αιχμαλωσίας, ένα ψάρι έχει πολύ περιορισμένη ελευθερία να επιλέξει το περιβάλλον του και συχνά μια πιο περιορισμένη επιλογή της θέσης του ενδιαιτήματός του. Συνεπώς, σε σχέση με την βασική διαχείριση των ψαριών, το βάρος εναπόκειται στη φροντίδα τους να παρέχουν ένα περιβάλλον στο οποίο τα ψάρια μπορούν να ζήσουν και να αναπτυχθούν καλά. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της καλής γνώσης της βιολογίας των ψαριών και μια προσεκτική αξιολόγηση των ανοχών και προτίμηση για ορισμένες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Ομοίως, σε πολλά ψάρια, η αναπαραγωγή είναι κάτω από την επιρροή μιας σειράς περιβαλλοντικών παραγόντων, ορισμένες εκ των οποίων διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο κατά τη διάρκεια των περιόδων αναπαραγωγής.

Ως εκ τούτου, η περαιτέρω διαχείριση των βασικών αναγκών τους, οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ανάγκη για αναπαραγωγή που πρέπει να εντοπιστούν και να αναπαραχθούν σε συνθήκες αιχμαλωσίας, προκειμένου να τονωθεί η αναπαραγωγική ανταπόκριση (Coward *et al.*, 2002). Σε συνθήκες αιχμαλωσίας, πολλά είδη ψαριών έχουν αναπαραχθεί επιτυχώς όταν υπάρχουν οι κατάλληλες φυσικές και χημικές περιβαλλοντικές προϋποθέσεις (Kodric-Brown,

1988; Clifton, 1995; Peter & Yu, 1997; Gordon & Bok, 2001; Holt & Riley, 2001; Zohar & Mylonas, 2001; Olivotto *et al.*, 2006a). Μεταξύ των πολλών παραγόντων που παίζουν σημαντικό ρόλο σε αυτή την μελέτη είναι ο σχεδιασμός της δεξαμενής, το υπόστρωμα και οι συνθήκες του νερού.

A) Σχεδιασμός της δεξαμενής:

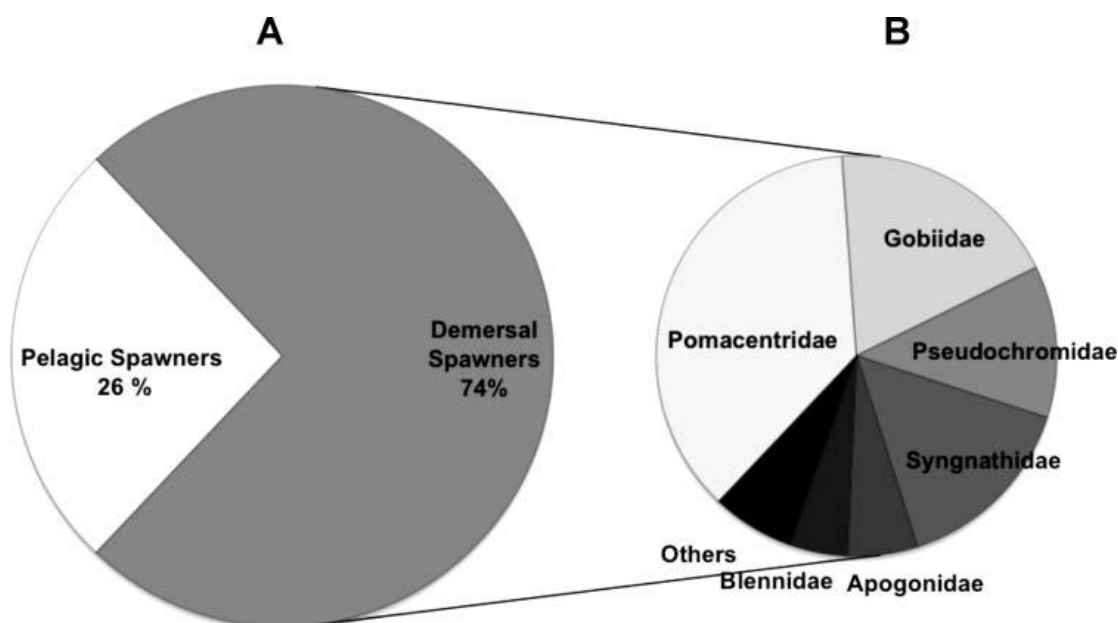
Ο κλάδος της υδατοκαλλιέργειας, σε ευρεία κλίμακα, στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στα αποθέματα που δεν έχουν ταξινομηθεί σωστά. Ως εκ τούτου, τα μηχανικά συστήματα και η επιτυχημένη καλλιέργεια των ψαριών σε αιχμαλωσία, εξαρτώνται συχνά από την ικανότητα του ζώου να αντιμετωπίσει και να προσαρμοστεί σε αυτό το τεχνητό περιβάλλοντα χώρο (Koolhaas *et al.*, 1999; Rasmussen *et al.*, 2005; Watson & Hill, 2006). Έχοντας υπόψη αυτό, μεγαλύτερη επιτυχία μπορεί να επιτευχθεί στην εκτροφή των ειδών με στόχο την αναπαραγωγή, υπό ελεγχόμενες συνθήκες, εάν το μηχανικό περιβάλλον είναι όσο το δυνατό πλησιέστερο στο φυσικό περιβάλλον στο οποίο το ζώο βρίσκεται συνήθως.

Προς το παρόν, τόσο η βιομηχανία όσο και οι μελετητές που ασχολούνται με την καλλιέργεια των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών δείχνουν ξεχωριστή εύνοια προς την καλλιέργεια των βενθικών γεννητόρων, ιδιαίτερα τα μέλη των οικογενειών Pomacentridae, Gobiidae, Sygnathidae, και Pseudochromidae (Σχ. 1). Αυτά τα είδη έχουν την τάση να σχηματίζουν ισχυρούς δεσμούς ζεύγους, να παράγουν ομάδες από μεγάλα αυγά και να εμφανίζουν γονική φροντίδα στα αυγά τους (Brown *et al.*, 2003; Watson & Hill, 2006).

Ένας λόγος για μια τέτοια τάση φαίνεται να είναι η αποδοχή του έτοιμου και σχετικά απλού βυθού, ο ικανοποιητικός χώρος της δεξαμενής και το τεχνητό υπόστρωμα ωτοκίας. Τα Clownfish, ή τα anemonefish (*Amphiprion spp.*), είναι ένα κλασικό παράδειγμα, που αναπαράγονται σε μικρές δεξαμενές των 37 L, εναποθέτοντας τα αυγά τους σε πήλινα δοχεία ή κεραμίδια, ως υποκατάστατα του βράχου που τα εναποθέτουν στο φυσικό τους περιβάλλον (Hoff, 1996; Wittenrich, 2007). Ωστόσο, συνολικά, ο σχεδιασμός της δεξαμενής παραμένει ένα εμπόδιο για τη διαφοροποίηση των προϊόντων της καλλιέργειας των διακοσμητικών ψαριών.

Σε γενικές γραμμές, ο σχεδιασμός της δεξαμενής έχει μια σημαντική επίδραση στα φυσικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος εκμετάλλευσης, και τη συμπεριφορά

των οργανισμών που κρατιούνται σε αυτές (Ross *et al.*, 1995; Rasmussen *et al.*, 2005). Ο σχεδιασμός της δεξαμενής επηρεάζει την ανάπτυξη και αυτό είναι γνωστό στον τομέα της υδατοκαλλιέργειας (Ross *et al.*, 1995; Rasmussen *et al.*, 2005). Είναι επίσης γνωστό ότι οι δεξαμενές έχουν αποδειχθεί επαρκής για την ανάπτυξη, αλλά μπορεί να είναι ανεπαρκής για την κατάσταση των γεννητόρων (Ostrowski & Laidley, 2001).



Σχήμα 1: Ποσοστιαία κατανομή των πελαγικών και βενθικών διακοσμητικών ψαριών τα οποία εκτρέφονται σε εμπορική κλίμακα (Πηγή: Wabnitz *et al.*, 2003)

Το μέγεθος της δεξαμενής, ο όγκος του νερού, και το βάθος, όπως επίσης και η συχνότητα των σιτηρεσίων, μπορεί να επηρεάσουν την επιτυχή αναπαραγωγή των ψαριών (Mylonas *et al.*, 2010). Για παράδειγμα, οι Planas *et al.* (2008) αναφέρουν ότι στον ακανθώδη ιππόκαμπο, *Hippocampus guttulatus*, οι δεξαμενές μεγάλου βάθους και το καλά σχεδιασμένο υδραυλικό σύστημα εξαλείφει την εμφάνιση της νόσου των φυσαλίδων αερίου, μια συχνά εμφανιζόμενη ασθένεια σε ιππόκαμπους που διατηρούνται σε ρηχές δεξαμενές με φυσαλίδες νερού που διευκολύνουν την αναπαραγωγική τους δραστηριότητα. Μια εκτίμηση του ειδικού για τις ανάγκες του αναπαραγωγικού πληθυσμού των ψαριών, μπορεί να είναι χρήσιμη στην συλλογή των πληροφοριών που καταγράφονται από μελέτες στο πεδίο.

Για παράδειγμα, οι Lecchini *et al.* (2003) επεσήμαναν ότι υπάρχουν σαφή πρότυπα στις χωρικές κατανομές και η αφθονία των ψαριών υφάλου, τα οποία σε πολλές περιπτώσεις δεν εξηγούνται μόνο από βιολογικούς παράγοντες, αλλά και από φυσικούς παράγοντες, όπως το βάθος του νερού και υδροδυναμικοί παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της κίνησης του νερού και το κύμα έκθεσης τους. Η κατανόηση της φυσικής κατανομής των ψαριών και το ποσοστό αφθονίας, δίνουν πληροφορίες για τις συγκεκριμένες φυσικές απαιτήσεις των ψαριών.

Σημαντικές ενδείξεις ως προς τις φυσικές απαιτήσεις ορισμένων ψαριών υφάλου, μπορεί επίσης να βρεθούν μέσα από την κατανόηση των φυσιολογικών ικανοτήτων τους. Για παράδειγμα, οι μελέτες για τις κολυμβητικές δυνατότητες των wrasses (Labridae), έδειξαν ότι η κολυμβητική απόδοση τους, ως συνάρτηση της αναλογίας της πτυχής του θωρακικού πτερυγίου (αναλογία θωρακικό πτερύγιο = (μήκος αιχμής θωρακικού πτερυγίου)² / συνολική έκταση της αιχμής; Fulton *et al.*, 2001), που επηρεάζει την διανομή τους (Bellwood & Wainright, 2001; Fulton *et al.*, 2001).

Η εφαρμογή αυτής της γνώσης στον τομέα της μηχανικής των δεξαμενών σε συνθήκες αιχμαλωσίας, με τα συμπεράσματα που μπορεί να έχουμε ως προς την καταλληλότητα του περιβάλλοντος που πρέπει να δημιουργηθεί για τους γεννήτορες των ψαριών. Δεν είναι σαφές, ούτε για τα ψάρια που είναι καλοί κολυμβητές, εάν προτιμούν περιβάλλον με υψηλή στάθμη νερού και την ανάλογη ενέργεια σε κάθε στάδιο της ιστορίας της ζωής τους και ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της ωοτοκίας.

Ωστόσο, τα ψάρια με χαμηλές επιδόσεις στη κολύμβηση (διαθέτουν χαμηλή αναλογία θωρακικού πτερυγίου), μπορεί να αποτύχουν να προχωρήσουν σε ορισμένα στάδια της αναπαραγωγικής ωριμότητας, αν είναι αντιμέτωπα με μια στρεσογόνα διαταραχή και υψηλή αναταραχή του περιβάλλοντος (Watson & Hill, 2006). Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι, ένα περιβάλλον στο οποίο ένα ψάρι βρίσκεται συνήθως μπορεί να είναι διαφορετικό από αυτό όπου ωοτοκεί.

Μόλις επιτευχθεί η ωριμότητα των γονάδων, κάποια ψάρια μπορεί να απαιτήσουν αλλαγή στο νερό και του ισχύοντος περιβάλλοντος, τις διαστάσεις της δεξαμενής, ή ακόμα και την ποιότητα του νερού, για να ξεκινήσουν την απελευθέρωση των γαμετών (Mylonas *et al.*, 2010). Συνοπτικά, η αντιγραφή του φυσικού περιβάλλοντος, που χαρακτηρίζει την προτιμώμενη θέση ενός είδους στην άγρια φύση, μπορεί να μειώσει το στρες και να ενθαρρύνει τους γεννήτορες να

προχωρήσουν μέσω της έγκαιρης ανάπτυξη των γονάδων, ωρίμανση και τελικά απελευθέρωση των γαμετών σε συνθήκες αιχμαλωσίας.

Έχει διατυπωθεί η άποψη ότι, το ενδιαφέρον μετατοπίζεται από τα βενθικά είδη ψαριών στα πιο δημοφιλή και υψηλότερης αξίας θαλάσσια διακοσμητικά είδη ψαριών, όπως το αγγελόψαρο του γένους *Centropyge* spp., τα surgeonfishes της οικογένειας Acanthuridae και τα wrasses της οικογένειας Labridae και με μια αλλαγή από τις ρηχές δεξαμενές στις μεγαλύτερες ή / και βαθύτερες (Ostrowski & Laidley, 2001). Ωστόσο, στο θέμα αυτό υπάρχουν αντικρουόμενες αναφορές. Για παράδειγμα, οι Job *et al.* (1997) συνιστούν το μέγεθος της δεξαμενής των 1.000 L για το αγγελόψαρο του γένους *Centropyge*, ενώ οι Olivotto *et al.* (2006a) αναφέρουν ότι μια δεξαμενή 300 L είναι επαρκής για να προκληθεί φυσική ωτοκία στην εκ του σύνεγγυς είδος angelfish lemonpeel, του είδους *Centropyge flavissimus*, παρά την απουσία στην συμπεριφορά τους να ερωτοτροπούν, που παρατηρείται όμως στο φυσικό τους περιβάλλον (Bauer & Bauer, 1981).

Γενικά, παρά τη συνεχιζόμενη αξιοποίηση των μεγαλύτερων δεξαμενών για τη φιλοξενία πελαγικών ειδών, ενώ τα εκκολαπτήρια των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών εξακολουθούν να είναι πολύ μικρότερα από εκείνα που χρησιμοποιούνται για τα εδώδιμα είδη, αλλά συχνά απαιτούν πιο τεχνολογικά εξελιγμένο εξοπλισμό (Watson & Hill, 2006). Παρά το γεγονός ότι επί του παρόντος, η καλλιέργεια ορισμένων θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών μπορεί να απαιτεί δαπανηρά συστήματα και τεχνικές, για να γίνει η ωτοκία, οι Μυλωνάς *et al.* (2010) προτείνουν ότι η διαδικασία της εξημέρωσης των ειδών, που διευκολύνει την αυθόρμητη ωτοκία σε συνθήκες αιχμαλωσίας, μπορεί να βοηθηθεί από ένα απλοποιημένο σχεδιασμό του συστήματος στο μέλλον.

B) Υπόστρωμα:

Η πλειοψηφία των θαλασσιών διακοσμητικών ψαριών για την τροφοδοσία, το καταφύγιο τους και την εγκατάσταση προνυμφών τους, εξαρτώνται από τους υφάλους. Το κατάλληλο υπόστρωμα, μοιάζει με τη φυσική δομή του υφάλου και είναι πολύ σημαντικό για θαλάσσια διακοσμητικά είδη υδατοκαλλιέργειας. Το πιο σημαντικό και ζωτικής σημασίας, για την πρόκληση ενός φυσικού τρόπου

αναπαραγωγής σε ορισμένα είδη ψαριών, ιδιαίτερα των βενθικών ειδών ωτοκίας (Friedlander, 2001; Ostrowski & Laidley, 2001).

Ωστόσο, υπάρχουν διαφορετικές απόψεις σχετικά με τον τύπο του υποστρώματος και την αποτελεσματικότητά του. Το φυσικό ζωντανό υπόστρωμα έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για τη διευκόλυνση της ωτοκίας των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών σε συνθήκες αιχμαλωσίας. Για παράδειγμα, οι Olivotto *et al.* (2006a, 2003) αναπαρήγαγαν με επιτυχία τα αγγελόψαρα lemonpeel του είδους *Centropyge flavissimus*, και τα yellowtailed damselfish του είδους *Chrysiptera parasema* με την χρήση ζωντανών βράχων.

Μια μελέτη σχετικά με τα banggai cardinalfish, του είδους *Pterapogon kauderni*, που ακόμη χρησιμοποιούνται ζωντανοί αχινοί (*Diadema* sp.), ένα ζώο που τα banggai cardinalfish εκμεταλλεύονται για την προστασία τους στο φυσικό τους περιβάλλον (Allen, 2000) κατά τη διάρκεια των πειραμάτων αναπαραγωγής. Παρά τις επιτυχίες με ένα φυσικό υπόστρωμα, όπως ο ζωντανός βράχος, η χρήση τους μπορεί να μην είναι ιδανική για την εμπορική παραγωγή των θαλασσιών διακοσμητικών ψαριών.

Αυτό συμβαίνει επειδή το φυσικό ζωντανό υπόστρωμα είναι πιθανό να φέρει μια σειρά από ενοχλήσεις και παθογόνους οργανισμούς που ενδέχεται να επηρεάσουν σοβαρά την υγεία των γεννητόρων και άμεσα ή έμμεσα να επηρεάσουν τη βιωσιμότητα των γαμετών, τη γονιμοποίηση και το ποσοστό των αυγών (Brock & Bullis, 2001; Ostrowski & Laidley, 2001). Στα πειράματά τους, που έχουμε αναπαραγωγή του flame angelfish του είδους *Centropyge loriculus* σε συνθήκες αιχμαλωσίας και του potter's angelfish του είδους *Centropyge potteri*, οι Ostrowski & Laidley (2001) κάνουν χρήση τεχνητών δομών, όπως οι σκαλωσιές από PVC και σημειώνουμε την ευκολία με την οποία θα μπορούσαν να αφαιρεθούν, να καθαριστούν και να αποστειρωθούν για την μείωση του φορτίου των παθογόνων μικροοργανισμών στα συστήματα παραμονής των γεννητόρων.

Ομοίως, η καλή κατάσταση και η αναπαραγωγή του bicolor angelfish του είδους *Centropyge bicolor*, του blueband goby του είδους *Valenciennea strigata* και του blue devil damselfish του είδους *Chrysiptera cyanea*, έχει επιτευχθεί με τη χρήση του τεχνητού υποστρώματος συμπεριλαμβανομένων των σωλήνων από PVC και πήλινα κεραμίδια.

Η μαζική παραγωγή των θαλασσιών διακοσμητικών ψαριών έχει ως στόχο τις εμπορικές επιχειρήσεις, αλλά και για τις πρωτοβουλίες διατήρησης, είναι προφανές ότι η έρευνα θα πρέπει να γύρει προς την ανάπτυξη των ανάλογων τεχνητών με τους φυσικούς υφάλους, για την αναπαραγωγή των ειδών σε συνθήκες αιχμαλωσίας.

Γ) Συνθήκες νερού:

Ο έλεγχος και η διαχείριση των φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών του νερού καλλιέργειας είναι κρίσιμος για την κατάσταση των γεννητόρων και των συνθηκών εκτροφής (Brock & Bullis, 2001; Schreck, 2001; Sales & Janssens, 2003).

Σε αντίθεση με πολλά είδη εδώδιμων ψαριών, τα περισσότερα θαλάσσια διακοσμητικά ψάρια προέρχονται από οικοσυστήματα που εμφανίζουν χημική σταθερότητα, ή «ολιγοτροφικές» συνθήκες (Watson & Hill, 2006). Σε γενικές γραμμές όταν μιλάμε για τις παραμέτρους της ποιότητας του νερού, αντλούμε πληροφορίες από τη βιβλιογραφία που διερευνά τις ανοχές των θαλάσσιων ψαριών.

Για παράδειγμα, οι Camargo *et al.* (2005) αναφέρουν ότι τα νιτρικά ιόντα $\text{NO}_3\text{-N}$ μπορούν να διατηρηθούν σε λιγότερο από 20 mgL^{-1} για τα περισσότερα θαλάσσια ψάρια. Δυστυχώς, πολύ λίγα επιστημονικά έγγραφα δίνουν λεπτομέρειες για το ποιές είναι οι ανοχές των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών, όσον αφορά τη ποιότητα του νερού. Είναι χρήσιμο, ως εκ τούτου, να χαράσσονται γενικές κατευθυντήριες γραμμές για τους γεννήτορες των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών με βάση τις συνθήκες συντήρησης που περιγράφονται στην βιβλιογραφία, ιδιαίτερα όπου έχει υπάρξει επιτυχής ωστοκία (Πίν. 1).

Όταν επιχειρείτε η πρόκληση ωρίμανση των γονάδων ή / και μη φυσιολογικής ωστοκίας, οι χειρισμοί της θερμοκρασίας και της φωτοπερίόδου είναι συχνά αποτελεσματικά για πολλά ψάρια, συμπεριλαμβανομένων των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών και αυτοί οι παράγοντες μπορούν επίσης να επηρεάσουν την γονιμότητα και την ποιότητα των γαμετών (Carrillo *et al.*, 1989; Pankhurst *et al.*, 1996; Peter & Yu, 1997; Koger *et al.*, 1999; Holt & Riley, 2001; Coward *et al.*, 2002; Holt, 2003; Kamler, 2003; Mylonas *et al.*, 2010).

Έχει αναφερθεί ότι οι αλλαγές, στην αύξηση της θερμοκρασίας και φωτοπερίόδου, που προσομοιώνουν τα ημερήσια και εποχιακά χαρακτηριστικά της αναπαραγωγικής περιόδου, συχνά πυροδοτούν την αναπαραγωγική δραστηριότητα

στα ψάρια, ιδιαίτερα εκείνα που ζουν σε πιο εύκρατες περιοχές (Hoff, 1996; Richardson *et al.*, 1997; Boef & Le Bail, 1999; Gordon & Bok, 2001; Holt & Riley, 2001).

Πίνακας 1: Ποιότητα νερού και συνθήκες εκτροφής των σημαντικότερων διακοσμητικών ψαριών του θαλασσινού νερού

Κοινή εμπορική ονομασία	Είδος	Αλατότητα, %	Θερμοκρασία, °C	Ammonia (TAN), mgL ⁻¹	Nitrite (NO ₂), mgL ⁻¹	Nitrate (NO ₃), mgL ⁻¹	Dissolved Oxygen, mgL ⁻¹
Clown anemonefish	<i>Amphiprion percula</i>	28-34	24.0-28.0			-	-
False clown anemonefish	<i>Amphiprion ocellaris</i>	26-30	8.0-8.5	25.5-30.0	<0.02	<0.02	-
Black anemonefish	<i>Amphiprion ntelanopus</i>	33-35	8A-8.2	27.0-30.0		-	-
Yellowtail anemonefish	<i>Amphiprion clarkii</i>	30	8.0-8.2	27.7-28.5	<0.03	<0.03	
Sebae anemonefish	<i>Amphiprion sebae</i>	33-35	-	28.0-32.0	-	-	
Skunk anemonefish	<i>Amphiprion akallopisos</i>	27-33	8.0-8.1	25.0-31.0	0	0	<6
Twoband anemonefish	<i>Amphiprion bicinctus</i>	-	-	25.0-26.0	-	-	
Black damselfish	<i>Neopomacentrus cyanomus</i>	22-28	7.5-8.5	24.0-32.0	<0.1		4.5-6.5
Yellow tailed damselfish	<i>Neopomacentrus nemurus</i>	22-28	7.5-8.5	24.0-32.0	<0.1		4.5-6.5
Blue damselfish	<i>Pomacentrus caeruleus</i>	22-28	7.5-8.5	24.0-32.0	<0.1		4.5-6.5
Domino damselfish	<i>Dascyllus trimaculeatus</i>	22-28	7.5-8.5	24.0-32.0	<0.1		4.5-6.5
Yellow-tailed damselfish	<i>Chrysiptera parasema</i>	28-30	8.2	27.0-28.0	-	-	
Blue Devil damselfish	<i>Chrysiptera cyanea</i>	29-37	8.0-8.2	27.5-29.5	<0.02	<0.02	<6
Semicircle angelfish	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>	30-33	-	22.8-31.7	-	-	
Cherubfish	<i>Centropyge argi</i>	32-36	8.2	20.0-24.0	<0.03	<0.03	
Orangeback angelfish	<i>Centropyge acant hops</i>	27-30	-	20.0-24.0			
Twospined angelfish	<i>Centropyge bispinosus</i>	27-30	-	20.11-24.0			
Three spotted seahorse	<i>Hippocampus trimaculatus</i>	31-34	7.3-7.9	30.2-30.3	0	<0.07	5.95-6.7
Common seahorse	<i>Hippocampus kuda</i>	32-33	8.3-8.7	26.0-29.3	<0.05	<0.05	7.4-7.8
White's seahorse	<i>Hippocampus whitei</i>	-	-	20.0	-	-	-
West Australian seahorse	<i>Hippocampus subelongatus</i>	35	8.1-8.3	22.5-23.5	<0.1	<0.1	7.7-8.5
Knysna seahorse	<i>Hippocampus capensis</i>	25	-	22.0	-	-	-
Sunrise dottyback	<i>Pseudochromis flavivertex</i>	30	8.0-8.2	26.5-27.5	<0.03	<0.03	-
Cleaner goby	<i>Gobiosoma evelynae</i>	30	8.2	25.0	<0.03	<0.03	-
Blueband goby	<i>Valenciennesa strigata</i>	29-37	8.0-8.2	27.5-29.5	<0.02	<0.02	<6
Blacklinefangblenny	<i>Meiacanthus nigmineatus</i>	-	8.0	23.0-25.0			
Striped blenny	<i>Meiacanthus granmistes</i>	30	8.2	28.0	<0.03	<0.03	-
Forktail blenny	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	29-37	8.0-8.2	27.5-29.5	<0.02	<0.02	<6

Για παράδειγμα, οι Olivotto *et al.* (2006a) αναφέρουν ότι η διαχείριση της φωτοπερίοδου και της θερμοκρασίας σε συνθήκες αιχμαλωσίας οδήγησε σε ωοτοκία τα αγγελόψαρα lemonpeel του είδους *Centropyge flavissimus*. Η έρευνα έχει επίσης δείξει ότι η περιοδικότητα ωοτοκίας και η συχνότητα που εμφανίζεται στα διάφορα anemonefish του είδους *Amphiprion* spp., εξαρτάται από τη θερμοκρασία και τη φωτοπερίοδο (Hoff, 1996; Richardson *et al.*, 1997; Gordon & Bok, 2000).

Ωστόσο, εκτός από την φωτοπερίοδο, οι συνθήκες φωτισμού επίσης περιλαμβάνουν την ένταση του φωτός και την ποιότητα του φάσματος, όπου και τα δύο λαμβάνουν λιγότερη προσοχή σε σχέση με τη φωτοπερίοδο. Σύμφωνα με τους Boef & Le Bail (1999), η ένταση του φωτός και η ποιότητα φάσματος παίζουν ρόλο

στην ανάπτυξη των ψαριών. Αυτά τα χαρακτηριστικά ποικίλουν ανάλογα με το βάθος του νερού, τη δεκτικότητα και επιδρούν στη μεταβολή της έντασης του φωτός και της ποιότητας του φάσματος, η οποία ποικίλλει ανάλογα με τα είδη (Boef & Le Bail, 1999). Δεν υπάρχει βιβλιογραφική αναφορά η οποία να διερευνά την επίδραση της έντασης του φωτός ή της ποιότητας του φάσματος στην αναπαραγωγική απόδοση των γεννητόρων των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών.

Ωστόσο, αυτή η ιδέα μπορεί να είναι ένας σημαντικός παράγοντας σε συνθήκες αιχμαλωσίας, ως λανθασμένη ένταση και η ποιότητα φάσματος μπορεί να προκαλέσει stress στα ψάρια. Αντιστρόφως, την ένταση του φωτός και τα φάσματα που προσομοιώνουν ορισμένα βάθη νερού όπου η φυσική φωτοκία συμβαίνει μπορεί να είναι ένας βασικός παράγοντας για την τόνωση της ωρίμανσης των γονάδων και της απελευθέρωσης των γαμετών από ορισμένα είδη που διατηρούνται συχνά σε ρηχές δεξαμενές γεννητόρων.

Για την εκτροφή των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών, μια απλή αλλά και αποτελεσματική προσέγγιση για την ποιότητα του νερού είναι να διατηρηθούν οι τιμές των παραμέτρων εντός των ορίων που το ζώο έχει συνηθίσει στο φυσικό του περιβάλλον. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη ότι η ιδανική και ανεκτική ποιότητα του νερού ποικίλλει ανάλογα με το είδος, την ηλικία, και τις σχετικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραμέτρων (Poxton & Allouse, 1982; Cuenco *et al.*, 1985; Woods, 2003), όπου είναι σαφώς βοηθητικό αν αυτοί οι παράγοντες ληφθούν υπόψη σε μια μελλοντική έρευνα.

Παρόλο που οι απαιτήσεις για την ποιότητα του νερού στα θαλάσσια διακοσμητικά ψάρια είναι γενικά χωρίς συμβιβασμούς, σε σύγκριση με εκείνη πολλών εδωδιμων ψαριών. Η μοναδική οικονομία, και τα μικρότερα συστήματα που συχνά χρησιμοποιούνται στη καλλιέργεια των διακοσμητικών, επιτρέπουν την ενσωμάτωση από ακριβά και ακριβείς συστήματα, για την διατήρηση της υψηλής ποιότητας του νερού, ενώ το σύστημα παραμένει κερδοφόρο (Watson & Hill, 2006).

Ωστόσο, οι ερευνητικές προσπάθειες που απαιτούνται για να καθορίσουν που και πώς οι παράμετροι ποιότητας του νερού μπορεί να επηρεάσουν την αναπαραγωγική απόδοση, σε συνθήκες αιχμαλωσίας, ενός συγκεκριμένου θαλάσσιου διακοσμητικού ψαριού. Αυτό θα πρέπει επίσης να περιλαμβάνει χημικές εισροές που είναι θεραπευτικές ή προφυλακτικές αγωγές. Τέτοιες αγωγές είναι πιθανό να εφαρμοστούν πιο τακτικά σε επιχειρήσεις με θαλάσσια διακοσμητικά σε σύγκριση με

τις πιο αυστηρές δραστηριότητες των εδώδιμων ψαριών. Για παράδειγμα ο χαλκός, που είναι ενεργό συστατικό στα διαλύματα θειικού χαλκού για την αντιμετώπιση των παθογόνων (Lipton, 1993), έχει βρεθεί να συσσωρεύεται σε ιστούς, με φυσιολογικές και ωσμορυθμιστικές επιπτώσεις στους μηχανισμούς των ψαριών, και σε υψηλές συγκεντρώσεις, είναι αιτία θανάτου (Dethloff *et al.*, 1999; BurrIDGE & Zitko, 2002; Grosell *et al.*, 2004; Oliva *et al.*, 2007).

Παρά το γεγονός ότι ίχνη του χαλκού έχουν δείξει να είναι ωφέλημα στην καλλιέργεια των προνυμφών των clownfish, του είδους *Amphiprion ocellaris*, η υπερδοσολογία όμως είναι πιθανόν να έχει αρνητικές συνέπειες (Furuta *et al.*, 2005). Αυτό τονίζει την ανάγκη για προσοχή και την ανάγκη για την ανάπτυξη εναλλακτικών θεραπειών, όπως ο εμβολιασμός, ο βιολογικός έλεγχος και την χρήση προβιοτικών, τα οποία δείχνουν πολλά υποσχόμενα στην καλλιέργειας των εδώδιμων ψαριών (Gatesoupe, 1999; Vine *et al.*, 2004, Bondad-Reantaso *et al.*, 2005; Adams & Thompson, 2006).

2.3.3 Διατροφή γεννητόρων

Σε σύγκριση με τα εδώδιμα είδη, η έρευνα που σχετίζεται με τις διατροφικές απαιτήσεις των διακοσμητικών ψαριών και τις ειδικά σχεδιασμένες δίαιτες για τους γεννήτορες, δεν έχουν διερευνηθεί ακόμη (James & Sampath, 2004a, 2004b). Ανεξάρτητα από την προφανή σημασία της εν λόγω έρευνας, πληροφορίες σχετικά με τις διατροφικές απαιτήσεις τόσο των ψαριών του γλυκού όσο και των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών είναι στην καλύτερη περίπτωση, αποσπασματική (Blom & Dabrowski, 2000; Sales & Janssens, 2003; Vijayagopal *et al.*, 2008).

Οι τροφές που χρησιμοποιούνται για τη διατροφή των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών συχνά δεν έχουν σχεδιαστεί ειδικά για αυτά, αλλά κυρίως για τα εδώδιμα είδη (Tamaru *et al.*, 2001). Οι σχεδιασμένες δίαιτες που είναι διαθέσιμες στο εμπόριο και ισχυρίζονται ότι είναι σχεδιασμένες για τα διακοσμητικά ψάρια, είναι συνήθως συσκευασμένες σε μικρές και ακριβές συσκευασίες, με στόχο την αγορά των ερασιτεχνών ενυδρειολόγων και αυτό τις καθιστά οικονομικά ακατάλληλες για επιχειρήσεις μεγάλης κλίμακας (Chong *et al.*, 2003; Mosig, 2007).

Επιπλέον, η αξιολογή ικανότητα των εν λόγω ισχυρισμών είναι επίσης αμφίβολη. Είναι σαφές ότι, για την καλλιέργεια των θαλάσσιων διακοσμητικών

ψαριών, οι διατροφικές απαιτήσεις των γεννητόρων, συμπεριλαμβανομένου του τύπου διατροφής, το σιτηρέσιο, την συχνότητα σίτισης και το διατροφικό περιεχόμενο της διατροφής, θα πρέπει να λαμβάνονται με μεγαλύτερη προσοχή καθώς είναι γνωστό ότι επηρεάζουν την γενική υγεία του ψαριού, την κατάσταση, τη γονιμότητα και την ποιότητα των γαμετών και προνυμφών των θαλάσσιων ψαριών (Brooks *et al.*, 1997; Izquierdo *et al.*, 2001; Kamler, 2003; Donelson *et al.*, 2008).

A) Τύπος διατροφής:

Προκειμένου να επιτευχθεί η καλύτερη απόδοση από τους γεννήτορες, υπάρχει μια πλήρως αναπτυσσόμενη βιομηχανία για τον τομέα της υδατοκαλλιέργειας και παραγωγή τροφών με γνωστά θρεπτικά συστατικά. Ωστόσο, επί του παρόντος, ακόμη και στη βιομηχανία των εδωδιμων ειδών, λίγες είναι οι δίαιτες που ικανοποιούν πλήρως τις διατροφικές απαιτήσεις (συμπεριλαμβανομένης της γεύσης και της θρεπτικής αξίας του περιεχομένου τους) των γεννητόρων. Ως αποτέλεσμα, οι τυποποιημένες τροφές που χρησιμοποιούνται συχνά ως συμπλήρωμα για τις νωπές ή κατεψυγμένες ακατέργαστες φυσικές τροφές, όπως τα υπολλείματα ψαριών, κατά την σίτιση των γεννητόρων στο εκκολαπτήριο (Izquierdo *et al.*, 2001).

Ομοίως, με βάση τις διατροφικές τους συνήθειες, οι γεννήτορες των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών συνήθως τροφοδοτούν μία ή ένα συνδυασμό ακατέργαστων ή μεταποιημένων φυσικών τροφών, όπως καλαμάρι, ψάρια, μύδια, γαρίδες, *Artemia*, υδρόβια ή χερσαία φυτά, που συμπληρώνονται με διατυπωμένες δίαιτες ή καλλιεργημένα ζωντανά θηράματα (π.χ., ζωντανή *Artemia* ή cyclops) σε καλή κατάσταση (Job *et al.*, 1997; Ignatius *et al.*, 2001; Ostrowski & Laidley, 2001; Olivotto *et al.*, 2003, 2005, 2006α, 2006β; Hopkins *et al.*, 2005; Wittenrich *et al.*, 2007).

Η ανάγκη για σίτιση των γεννητόρων με ακατέργαστες τροφές ή ζωντανά θηράματα δεν βασίζεται μόνο στην ανησυχία για τις διατροφικές τους απαιτήσεις, αλλά επίσης και στην απόκριση, την υψηλότερη αποδοχή και την γευστικότητα των ακατέργαστων ή ζωντανών τροφών όπως παρατηρήθηκε κατά τις τυποποιημένες δίαιτες. Αυτό το φαινόμενο συνδέεται επίσης, με την άγρια προέλευση των περισσότερων γεννητόρων των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών, ιδιαίτερα όταν η σίτιση στο φυσικό τους περιβάλλον αποτελείται από ζωντανούς οργανισμούς.

Μέλη της οικογένειας Syngnathidae, συμπεριλαμβανομένων των ιππόκαμπων και των pipefishes, είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα των θαλάσσιων διακοσμητικών που έχουν αυστηρή και σχεδόν υποχρεωτική προτίμηση για τις ζωντανές ή κατεψυγμένες τροφές που μοιάζουν με τη φυσική λεία τους, ιδιαίτερα όταν οι γεννήτορες προέρχονται από το φυσικό περιβάλλον. Στην καλλιέργεια των διακοσμητικών ψαριών του γλυκού νερού, ακόμη και για τα είδη που θεωρούνται πλήρως εξημερωμένα, εξακολουθούν να τρέφονται αποκλειστικά με ζωντανές τροφές ή τυποποιημένες τροφές (Lim *et al.*, 2003; James & Sampath, 2004b).

Αυτή η εξάρτηση από τις ακατέργαστες / ζωντανές τροφές για τους γεννήτορες των θαλάσσιων διακοσμητικών, μας δίνει αρκετές πιθανές περιοχές για έρευνα. Πρώτον, μπορεί να είναι ότι αυτή η εξάρτηση εξανεμίζεται στις διαδοχικές γενεές που αναπαράγονται σε συνθήκες αιχμαλωσίας, ως εκ τούτου, η έρευνα για το πώς η διαδικασία εξημέρωσης τους μπορεί να επηρεάσει την προτίμηση και την αποδοχή ενός είδους διατροφής μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμη. Δεύτερον, οι τροποποιημένες τροφές μπορεί να χρειαστεί να αναπτύξουν και να μιμηθούν τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των ζωντανών φυσικών τροφών.

Αυτό θα μπορούσε να περιλαμβάνει την προσθήκη ελκυστικών χημικών και την ενσωμάτωση των οπτικών ερεθισμάτων που ενθαρρύνει τη διατροφική συμπεριφορά των ψαριών, δηλαδή, τη διέγερση, την έρευνα, και την κατανάλωση (Davis *et al.*, 2006). Τέλος, υπάρχει ένα σαφές μειονέκτημα στη χρήση ζωντανών / ωμών τροφών, λόγω του κινδύνου μετάδοσης ασθενειών και η συχνά μεταβλητή αναπαραγωγική απόδοση τους, ως αποτέλεσμα της μη κατάλληλης θρεπτικής αξίας των εν λόγω σιτηρεσίων (Izquierdo *et al.*, 2001; Sales & Janssens, 2003).

Ως εκ τούτου, η ανάπτυξη των τυποποιημένων διαιτών που δεν είναι αποδεκτές, αλλά επίσης να πληρούν τις ειδικές διατροφικές ανάγκες των γεννητόρων, πρέπει να είναι ο απώτερος στόχος στη καλλιέργεια των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών.

B) Σιτηρέσια και συχνότητα σίτισης:

Το σιτηρέσιο και η συχνότητα σίτισης είναι επίσης σημαντικά ζητήματα, όταν περιορίζουμε τους γεννήτορες των ψαριών (Izquierdo *et al.*, 2001). Μπορούν τελικά να επηρεάσουν την αναπαραγωγική απόδοση των γεννητόρων, την ποιότητα

των γαμετών και τον αριθμό των προνυμφών που παράγεται (Izquierdo *et al.*, 2001; Donelson *et al.*, 2008). Ο περιορισμός της τροφής μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την αναπαραγωγή, με αποτέλεσμα την καθυστέρηση της ωρίμανσης των γονάδων και την ωοτοκία (Izquierdo *et al.*, 2001), είναι επίσης αυξημένες οι περιπτώσεις κανιβαλισμού των αυγών υπό τη γονική φροντίδα (Okuda και Yanagisawa, 1996; Okuda *et al.*, 2004) και η παραγωγή μικρότερων προνυμφες που εμφανίζουν κακή επιβίωση (Donelson *et al.*, 2008).

Από την άλλη πλευρά, η υπερβολική σίτιση μπορεί επίσης να οδηγήσει σε σπατάλη τροφίμων, που καταλήγουν στο νερό προκαλώντας προβλήματα στη ποιότητα, τα οποία θα μπορούσαν με τη σειρά τους να οδηγήσουν σε κακή αναπαραγωγική απόδοση (Chang *et al.*, 2005). Παρά το γεγονός ότι μια ασφαλής επιλογή είναι να, τρέφονται τα ψάρια τακτικά και μέχρι κορεσμού, ώστε να μπορεί να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση στις ζωοτροφές και το κόστος εργασίας να βελτιστοποιηθεί, ενδεχομένως σε συνδυασμό με τη χρήση των αυτόματων ταϊστών.

Γ) Διατροφή γεννητόρων:

Η διατροφή των γεννητόρων επηρεάζει σημαντικά την αναπαραγωγική ικανότητα τους, όπως καθώς και την ποιότητα των γαμετών και των προνυμφών που παράγονται (Izquierdo *et al.*, 2001; Tocher, 2003; Watanabe & Vassallo-Agius, 2003; Chong *et al.*, 2004; Khan *et al.*, 2005; Jaya-Ram *et al.*, 2008). Δυστυχώς, αυτό δεν έχει μελετηθεί εκτενώς στην υδατοκαλλιέργεια των ψαριών (Izquierdo *et al.*, 2001; Khan *et al.*, 2005), με την πλειοψηφία των μελετών να επικεντρώνονται στις διατροφικές απαιτήσεις των ψαριών για σωματική ανάπτυξη (Izquierdo *et al.*, 2001).

Η έλλειψη μελετών για την διατροφή των γεννητόρων στα εδώδιμα είδη είναι πιθανόν να συνδέεται με το υψηλό κόστος τους, τη μεγάλη πειραματική διάρκεια και τις μεγάλες εγκαταστάσεις που χρειάζονται για την πραγματοποίηση αυτών των μελετών (Brooks *et al.*, 1997; Izquierdo *et al.*, 2001).

Η έρευνα μέχρι σήμερα έχει δείξει ότι, στα εδώδιμα είδη η γονιμότητα και η ποιότητα των γαμετών μπορεί να βελτιστοποιηθεί με τη σωστή διατήρηση της πρωτεΐνης και τα επίπεδα των λιπιδίων στη διατροφή τους (Pustowka *et al.*, 2000; Emata & Borlongan, 2003; Tocher, 2003; Watanabe & Vassallo-Agius, 2003; Khan *et al.*, 2005). Αποδεικνύεται περαιτέρω ότι η αναπαραγωγική απόδοση, οι γαμέτες και η

ποιότητα των προνυμφών στα ψάρια επηρεάζονται από τα επίπεδα ορισμένων απαραίτητων λιπαρών οξέων, όπως το ω-3 και ω-6 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (HUFA), η βιταμίνη E, η βιταμίνη C, και τα καροτενοειδή (Sandnes, 1984; Ciereszko & Dabrowski, 1995, 2000; Bell *et al.*, 1996; Dabrowski & Ciereszko, 1996, 2001; Asturiano *et al.*, 2001; Izquierdo *et al.*, 2001; Coward *et al.*, 2002; Watanabe & Vassallo-Agius, 2003; Domínguez *et al.*, 2005; Jaya-Ram, *et al.*, 2008; Furuita *et al.*, 2009). Για παράδειγμα, τα θηλυκά του διακοσμητικού ψαριού swordtail, του γλυκού νερού, του είδους *Xiphophorus helleri*, χρειάζονται στη διατροφή τους ένα ποσοστό πρωτεΐνης τουλάχιστον 30%, για την υποστήριξη της αναπαραγωγικής διαδικασίας (Chong *et al.*, 2004).

Μια πρόσφατη μελέτη για ένα άλλο είδος διακοσμητικού ψαριού του γλυκού νερού, το zebrafish, του είδους *Danio rerio*, έχει δείξει ότι μια άμεση προσθήκη των HUFA στο σιτηρέσιο, όπως δοκοσαεξανοϊκό οξύ (DHA), το εικοσιπεντανοϊκό οξύ (EPA), και αραχιδονικό οξύ (ARA), στην διατροφή των θηλυκών, ωφελεί την αναπαραγωγή (Jaya-Ram *et al.*, 2008). Σε αντίθεση με τα εδώδιμα είδη των διακοσμητικών ψαριών του γλυκού νερού, ελάχιστη έρευνα φαίνεται να έχει γίνει για τη καλύτερη κατανόηση των ειδικών διατροφικών αναγκών στα νεαρά ιχθύδια των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών.

Εκτός από την μελέτη για το κόστος, είναι κοινή πρακτική για τα διακοσμητικά είδη του γλυκού νερού, που ακολουθούν την σχεδιασμένη διατροφή των εδωδιμών ειδών αντί των εμπορικά διαθέσιμων τροφών και συχνά η ίδια διαίτα χρησιμοποιείται τόσο για την ανάπτυξη όσο και για τη προσαρμογή των νεαρών ιχθυδίων (García-Ulloa & Gómez-Romero, 2005). Εάν υπάρχει μια καθορισμένη διατροφή για τα διακοσμητικά ψάρια, είναι συχνά φτιαγμένη με βάση τα συστατικά των τροφών για τα εδωδιμα είδη ψαριών και είναι συνήθως πολύ ακριβά για να χρησιμοποιηθούν σε επίπεδο παραγωγής (Sales & Janssens, 2003).

Για τα θαλάσσια διακοσμητικά ψάρια, ένας γενικός κανόνας προσέγγισης είναι να γίνει συνδυασμός από διαφορετικές δίαιτες για την ικανοποίηση των διατροφικών αναγκών των νεαρών ιχθυδίων. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι διατροφικές απαιτήσεις των ψαριών μπορεί να ποικίλουν σημαντικά μεταξύ των ειδών και στα διαφορετικά στάδια της ζωής τους, είναι προφανή τα οφέλη εάν μπορούσαν να αναπτυχθούν ειδικές δίαιτες, βασισμένες φυσικά στην αυστηρή έρευνα, για τους γεννιότερους των θαλασσιών διακοσμητικών ψαριών.

Επί του παρόντος, υπάρχει έλλειψη σε τροφές υψηλής ποιότητας για τα διακοσμητικά ψάρια (Chong *et al.*, 2003; James & Sampath, 2004b), ωστόσο, αυτό το γεγονός δεν αποτελεί έκπληξη λόγω των πολλών προβλημάτων που υπάρχουν με την αποκλειστική χρήση των ήδη γνωστών τροφών, ενώ οι ακατέργαστες και οι ζωντανές τροφές θεωρούνται καλύτερες για την προσαρμογή των γεννητόρων (Degani, 1993; Chong *et al.*, 2003; Kaiser *et al.*, 2003; Velu & Munuswamy, 2003; James & Sampath, 2004b; Garcíá-Ulloa & Gómez-Romero, 2005). Ως εκ τούτου, υπάρχει επείγουσα ανάγκη για έρευνα σχετικά με τις διατροφικές απαιτήσεις των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών, η οποία με τη σειρά της θα επιτρέψει τη διαμόρφωση της κατάλληλης διατροφής.

Η έρευνα θα πρέπει να εντατικοποιηθεί στον τομέα των θαλάσσιων διακοσμητικών υστερεί σε σχέση με εκείνη των εδάδιμων ειδών. Ωστόσο, τα ψάρια μικρότερου μεγέθους συντηρούνται με σχετική ευκολία και έχουν την ικανότητα να φθάνουν στη σεξουαλική ωριμότητα σε συντομότερο χρονικό διάστημα και συχνά σύντομα διαστήματα ωοτοκίας, που σημαίνει ότι οι μελέτες σχετικά με τη διατροφή των γεννητόρων στα θαλάσσια διακοσμητικά ψάρια μπορεί να είναι σχετικά εύκολη, και, ως εκ τούτου, μπορούν γρήγορα να καλύψουν τη διαφορά και να χρησιμεύσουν ως ιδανικά μοντέλα για τα συναφή συγγενικά εδάδιμα είδη.

2.3.4 Πρόκληση ωοτοκίας και λήψη γενετικού υλικού

Σε γενικές γραμμές στα τελεόστεα ψάρια, για την τελική ωρίμανση του ωαρίου και την ωορρηξία απαιτείται αύξηση στην έκκριση των γοναδοτροπινών (GtHs), ιδίως της ωχρινοτρόπος ορμόνης (LH), από την υπόφυση (Brooks *et al.*, 1997; Ng *et al.*, 1997; Mylonas *et al.*, 2010). Σε ορισμένα είδη, η διαχείριση του περιβάλλοντος για την τόνωση της τελικής ωρίμανσης των ωοκυττάρων και της ωορρηξίας μπορεί να αποτύχουν.

Πρώτον, αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι η δημιουργία του σωστού συνόλου των συνθηκών για την πρόκληση και την απελευθέρωση της γοναδοτροπίνης από τον αναπαραγωγικό πληθυσμό των ψαριών μπορεί να είναι μη βιώσιμη ή πέρα από την τρέχουσα γνώση (Zohar & Mylonas, 2001; Hill *et al.*, 2009; Mylonas *et al.*, 2010). Και, δεύτερο, τα ψάρια σε αιχμαλωσία μπορεί να εμφανίσουν σοβαρές φυσιολογικές αντιδράσεις σε στρεσογόνους παράγοντες παρόντες στο

περιβάλλον, όπως τον ανταγωνισμό στην διαδικασία που οδηγεί στην ωορρηξία (Schreck *et al.*, 2001; Zohar & Mylonas, 2001).

Σε τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθούν, ορμονικές θεραπείες ή / και χειροκίνητη αφαίρεση του γενετικού υλικού για το ξεκίνημα της τελικής φάσης της ωρίμανσης των ωοκυττάρων και της απόκτησης γαμετών εάν αυτοί δεν ελευθερώνονται φυσιολογικά (Schreck *et al.*, 2001; Zohar & Mylonas, 2001; Coward *et al.*, 2002; Pavlov, 2006). Ακόμη και για τα είδη που μπορούν να αναπαράγονται με φυσικό τρόπο Στο περιβάλλον αιχμαλωσίας, οι ορμονικές θεραπείες και η λήψη γενετικού υλικού μπορούν ακόμα να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία διαχείρισης για την ενίσχυση της αποτελεσματικότητας της εκκόλαψης (Mylonas *et al.*, 2010).

Τα είδη ψαριών που απαιτούν ορμονικές ή / και επεμβατικές θεραπείες για την απόκτηση βιώσιμων γαμετών, γενικά, αντιμετωπίζουν ένα από τα ακόλουθα τρία «προβλήματα αναπαραγωγής»: (1) τη μη ολοκλήρωση της λεκιθογένεσης ή της σπερματογένεσης, (2) η απουσία ωρίμανσης των τελικών ωαρίων ή / και (3) την απουσία της ωοτοκίας (Zohar & Mylonas, 2001).

Στην εκτροφή των εδωδιμων ειδών, πολλά είδη, συμπεριλαμβανομένων του ευρωπαϊκού χελιού (*Anguilla Anguilla*) του κέφαλου (*Mugilis Mugilis*), της πέστροφας (*Oncorhynchus mykiss*) και του λαβρακιού (*Morone saxatilis*), αντιμετωπίζουν τουλάχιστον ένα από αυτά τα προβλήματα και συνεπώς απαιτούν την έκκριση της ορμόνης (Bromage *et al.*, 1992; Zohar & Mylonas, 2001).

Τα διακοσμητικά είδη του γλυκού νερού όπως ο red-tailed black shark του είδους *Labeo bicolor*, και ο rainbow shark του είδους *Epalzeorhynchus frenatus*, είναι επίσης παραδείγματα ειδών που παρουσιάζουν αδυναμία να φτάσουν στη τελική ωρίμανση των ωαρίων και / ή στην ωορρηξία σε συνθήκες αιχμαλωσίας, και ως εκ τούτου απαιτούν ορμονοθεραπείες (Watson & Shireman, 1996; Hill & Yanong, 2002; Brown *et al.*, 2003; Hill *et al.*, 2005). Οι ορμονοθεραπείες βοηθούν επίσης στην επίτευξη αναπαραγωγής όλο το χρόνο, για τις καλλιέργειες των διακοσμητικών ειδών του γλυκού νερού που αναπαράγονται εποχικά (Burton *et al.*, 1998; Brown *et al.*, 2003).

Όσον αφορά τα θαλάσσια διακοσμητικά ψάρια, η έκκριση της ορμόνης δεν έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς και μόνο κάποιες μελέτες υπάρχουν σχετικά με το θέμα (Ostrowski & Laidley, 2001). Ωστόσο, μέχρι σήμερα, αποτελέσματα φαίνονται ελπιδοφόρα. Για παράδειγμα, σε συνδυασμό με την ωοτοκία, ο Moe (1997)

χρησιμοποίησε ανθρώπινη χοριακή γοναδοτροπίνη (hCG) για να λάβει επιτυχώς βιώσιμους γαμέτες από τα French και grey αγγελόψαρα (*Pomacanthus* spp.) που αλιεύτηκαν στο φυσικό τους περιβάλλον και οι Emel'yanova *et al.*, (2006) προκάλεσαν ωρίμανση και ωοθυλακιορρηξία στα scoras tang (*Zebrasoma scoras*), μέσω μιας διπλής ένεσης της ορμόνης surfaagon.

Ωστόσο θα πρέπει να σημειωθεί, ότι πολλά θαλάσσια διακοσμητικά ψάρια είναι μικρότερα σε σύγκριση με τα είδη *Pomacanthus* ή *Zebrasoma*. Αυτό όχι μόνο θα προσθέσει δυσκολία στην έγχυση, αλλά θα προκαλέσει και υψηλότερο βαθμό του στρες στα μικρά ψάρια από το χειρισμό και την παράδοση των ορμονών μέσω ένεσης και αυτό μπορεί να παρεμποδίσει ή ανταγωνιστεί τη διεργασία για την λήψη της ορμόνης (Clearwater & Pankhurst, 1997; Hill *et al.*, 2005).

Η αναίρεση αυτών των προβλημάτων, με μεθόδους λιγότερο ή μη-επεμβατικούς στην διαχείριση της ορμόνης που χρησιμοποιείτε στη καλλιέργεια των εδωδιμων ειδών και στα διακοσμητικά είδη του γλυκού νερού ,που μπορεί να εγκριθεί ως βιώσιμη εναλλακτική λύση για τη θαλάσσια διακοσμητικά ψάρια (Thomas & Boyd, 1989; Burton *et al.*, 1998; Roelants *et al.*, 2000). Για παράδειγμα, οι Burton *et al.* (1998) απέδειξαν ότι η μεσολαβούμενη χρήση της *Artemia* για την έκκριση της ορμόνης γοναδοτροπίνης (GnRH α) που αναλογεί στους γεννήτορες του cardinal tetra (*Paracheirodon axelrodi*) του γλυκού νερού θα μπορούσε να προκαλέσει με επιτυχία ωορρηξία, αν η *Artemia* εκτίθονταν σε ένα διάλυμα 33,3% GnRH α για 30-60 λεπτά πριν την τροφοδοσία της στο ψάρι.

Ομοίως, οι ορμόνες θα μπορούσαν να παραδοθούν μέσω τυποποιημένων σιτηρεσιών στους γεννήτορες των ψαριών και μπορεί να έχουμε παρόμοια αποτελέσματα με την μεσολάβηση της *Artemia*, με ένα επιπλέον πλεονέκτημα του ακριβούς ελέγχου της δοσολογίας. Επιπλέον έρευνες από τους Hill *et al.* (2005) στην τοπική εφαρμογή ενός μέσου ωορρηξίας, διαλυμένο σε ένα διαλύτη διμεθυλοσουλφοξειδίου στους γεννήτορες του red-fin shark (*Epalzeorhynchus erythrus*), έδειξαν, επίσης, ότι αυτή η λιγότερο επεμβατική μέθοδος θα μπορούσε να είναι αποτελεσματική στην πρόκληση της ωορρηξίας. Τέτοιες τεχνικές αποδείχτηκαν αποτελεσματικές, εφόσον όμως, προσαρμοστούν και ρυθμιστούν στους γεννήτορες των θαλάσσιων διακοσμητικών και χρησιμοποιηθούν πιθανότατα για περαιτέρω έρευνα στην εκτροφή των θαλάσσιων διακοσμητικών Επιπλέον, στα διακοσμητικά είδη που τιμολογούνται με βάση το φύλο του ζώου, οι ορμόνες

μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή των πληθυσμών ενός μόνο φύλου (όλο-θηλυκά ή όλο-αρσενικά άτομα) (Piferrer & Lim, 1997).

Παρά τα πολλά πλεονεκτήματα, οι τεχνικές έκχυσης ορμονών θα μπορούσαν να έχουν και αρνητικές συνέπειες στη γονιμοποίηση των αυγών και στην εκκόλαψη τους. Αυτές οι αρνητικές συνέπειες που συχνά συνδέονται με ακατάλληλη υιοθέτηση μεθόδων, εσφαλμένη δοσολογία και συγχρονισμό για την χορήγηση της ορμόνης / λήψη γενετικού υλικού, προκύπτουν από την διαχείριση και την αποτυχία στο να γονιμοποιήσουν τα αυγά αρκετά σύντομα μετά την ωορρηξία (Mylonas et al, 1992; Ohta *et al.*, 1996; Coward *et al.*, 2002; Hill *et al.*, 2005; Kamler, 2003; Mylonas *et al.*, 2010).

Ως εκ τούτου, οι τεχνικές έκχυσης ορμονών και λήψης γενετικού υλικού πρέπει να χρησιμοποιούνται ως έσχατη λύση και μόνο μετά από ανεπιτυχή προσπάθειες για να προκαλέσουμε φυσιολογική ωοτοκία στους γεννήτορες των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών.

Κεφάλαιο 3

Διακοσμητικά είδη θαλασσινού νερού

3.1. Αναπαραγωγική συμπεριφορά των διακοσμητικών ψαριών θαλασσινού νερού

Τα τελευταία χρόνια η εκτροφή και ο εφοδιασμός των διακοσμητικών ψαριών (Σχ.2), στα καταστήματα ενυδρείων γίνεται σε κλειστά συστήματα εκτροφής ψαριών. Η ανάπτυξη αξιόπιστων και βιώσιμων διαδικασιών για την αναπαραγωγή των ψαριών στο εκκολαπτήριο σε συνθήκες αιχμαλωσίας αποσκοπεί στη μείωση των πιέσεων που δέχονται οι άγριοι πληθυσμοί στο φυσικό περιβάλλον, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η επιβίωση των οργανισμών στο φυσικό περιβάλλον (Schreck *et al.*, 2001)).

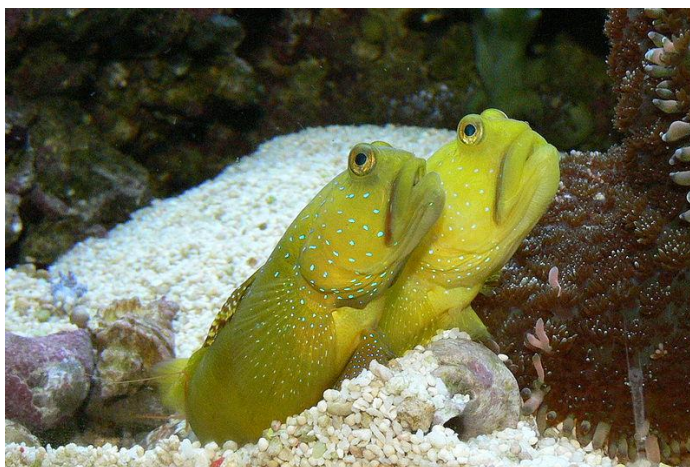
Ένα μεγάλο μέρος της ζήτησης και της προσφοράς για τα περισσότερα δημοφιλή διακοσμητικά είδη προέρχονται από είδη που εκτρέφονται. Τα περισσότερα είδη αλμυρού νερού που εκτρέφονται εμφανίζονται προβλήματα που σχετίζονται με την αύξησή τους.

Προβλήματα που δημιουργούνται κατά την εξέλιξη των πρώιμων σταδίων αποτελούν περιοριστικό παράγοντα ανάπτυξης κατά τη διάρκεια της κύριας εκτροφής των ιχθυδίων. Τα βασικά στάδια είναι η ωοτοκία (που περιλαμβάνει την αναπαραγωγική ικανότητα του ψαριού), η ανάπτυξη του εμβρύου (η οποία έχει άμεση σχέση με τη διατροφή των γεννητόρων, τη συντήρηση, και τη γενετική), η εκκόλαψη (η οποία εξαρτάται από την αναπαραγωγική στρατηγική του ψαριού) και η μετάβαση από την ενδογενή στην εξωγενή διαδικασία σίτισης από τις προνύμφες.

Ο κύκλος ζωής των περισσότερων κοραλλιών και ψαριών διαιρείται σε τρεις φάσεις ανάπτυξης: προνύμφες, νεαρά και αναπτυσσόμενα ιχθύδια και ενήλικα άτομα. Η εκτροφή των θαλάσσιων οργανισμών περιλαμβάνει ανάλυση όλων των σταδίων της ζωής τους από τα αυγά προνύμφες, ιχθύδια, και ενήλικα άτομα (Wittenrich, 2007). Η υπόθεση εργασίας, ότι τα θαλάσσια διακοσμητικά ψάρια ωοτοκούν και εκτρέφονται σε συνθήκες αιχμαλωσίας και οι τεχνικές καλλιέργειας που εφαρμόζονται στα ερευνητικά εργαστήρια μεταφέρονται σε μεγαλύτερη κλίμακα σε πραγματικές συνθήκες εκτροφής (Wittenrich, 2007; Kamler 2003).

Η έναρξη της, αναπαραγωγικής διαδικασίας και της καλλιέργειας των θαλάσσιων διακοσμητικών γεννητόρων είναι απαραίτητο να γίνεται προσεκτικά προκειμένου να διατηρηθεί η υψηλή ποιότητα των γεννητόρων και η εκτροφή των

προνυμφών. Στα αρχικά στάδια ανάπτυξης, σε συνθήκες αιχμαλωσίας τα νεαρά και αναπτυσσόμενα ιχθύδια είναι ανθεκτικά και επιβιώνουν περισσότερο αφού στην ηλικία 6-12 μηνών το stress είναι σε ελάχιστα επίπεδα.



Σχήμα 2. Αναπαραγωγή διακοσμητικών ψαριών αλμυρού νερού (Πηγή: www.marinebreeder.org)

Οι αναπαραγωγικές στρατηγικές που αναπτύσσονται από τα ψάρια είναι διαφορετικές ενώ η γνώση του κύκλου ζωής των ειδών είναι ζωτικής σημασίας αφού καθορίζουν την επιτυχία της αναπαραγωγής σε συνθήκες αιχμαλωσίας. Η ανάπτυξη της αναπαραγωγικής ικανότητας εξαρτάται από την αναγνώριση εσωτερικών και εξωτερικών ερεθισμάτων από τα ψάρια. Η ανάλυση των ερεθισμάτων αποτελούν ενδείξεις και παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες σχετικά με το πότε ένα ζώο αναπαράγεται, αν η ενέργεια που απαιτείται κατά την αναπαραγωγή είναι σε ικανοποιητικά επίπεδα και κατά πόσο τα περιβαλλοντικά και τα κοινωνικά ερεθίσματα ερμηνεύονται από τους οργανισμούς την περίοδο της αναπαραγωγής (Fulton *et al.*, 2001).

Σε συνθήκες αιχμαλωσίας η επιλογή των ζευγαριών γίνεται με τυχαία επιλογή του ζευγαριού με βάση τα χαρακτηριστικά που αναπτύσσει. Στα διακοσμητικά ψάρια η μέθοδος αναστροφής φύλου είναι σε πειραματικό στάδιο. Για παράδειγμα στα είδη *Chrysiptera parasema* και *Meiacanthus grammistes*, το αρσενικό είναι πολύ επιθετικό, σε σχέση με το θηλυκό τα οποία κατά τη γονιμοποίηση εκτελούν κάθετες κινήσεις πάνω από τα αυγά και τα αερίζουν .

Υπάρχουν ψάρια στα οποία η αντιστροφή του φύλου (ερμαφροδιτισμός) είναι εφικτή. Επίσης υπάρχουν ερμαφρόδιτα είδη όπου ένα άτομο έχει τόσο θηλυκούς όσο και αρσενικούς ιστούς οι οποίοι ενεργοποιούνται ως φύλο κατά τη διάρκεια της

ωοτοκίας. Η φυσική προσαρμογή εμποδίζει συνήθως τη διαδικασία της αυτoγονιμοποίησης στα ερμαφρόδιτα άτομα και σχετίζεται με την επιλογή του φύλου (Sales & Janssens 2003).

Χαρακτηριστικοί αντιπρόσωποι των ψαριών ενυδρείων είναι τα είδη της οικογένειας τα οποία παρουσιάζουν διαδοχικό ερμαφροδιτισμό, δηλαδή περιλαμβάνει άτομα τα οποία ενεργούν και χαρακτηρίζονται άτομα με «ένα φύλο» κατά τη διάρκεια των αρχικών σταδίων της ζωής του και στη συνέχεια αλλάζει φύλο εξαιτίας των συνθηκών. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται άτομα τα οποία χαρακτηρίζονται ως πρωτόγυνα όπου η αλλαγή φύλου πραγματοποιείται στο θηλυκό με αρσενική κατεύθυνση και άτομα τα οποία χαρακτηρίζονται ως πρώτανδρα όπου η αλλαγή φύλου πραγματοποιείται στο αρσενικό με κατεύθυνση θηλυκή. Χαρακτηριστικός αντιπρόσωπος των ψαριών με πρωτανδρία είναι τα clownfishes όπου τα ηθολογικά χαρακτηριστικά και η θέση του ψαριού καθορίζει το φύλο του είδους (Donelson *et al.*, 2008).

Το μέγεθος του θηλυκού είναι μεγαλύτερο από το αρσενικό, το οποίο είναι το αμέσως μεγαλύτερο μέγεθος, τα υπόλοιπα άτομα είναι συνήθως μικρότερα. Είδη ψαριών τα οποία παρουσιάζουν «πρωτογυνεία» είναι το *dottybacks* και το *angelfish* (αγγελόψαρο). Όταν καθοριστεί το φύλο στα ψάρια ενεργοποιείται αμέσως ο υποθάλαμος, η υπόφυση και οι γονάδες. Περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η φωτοπερίοδος, η θερμοκρασία, η διαθεσιμότητα της τροφής επηρεάζουν την ενεργοποίηση του άξονα υπόφυση-γονάδες. Σε συνθήκες αιχμαλωσίας επιχειρείται προσομοίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών με σκοπό την επίτευξη της ωοτοκίας.

Στα βενθικά είδη ψαριών, οι απαιτήσεις αναπαραγωγής εστιάζονται στην αυξημένη θερμοκρασία (28°C) και στην αυξημένη φωτοπερίοδο (14 L/10 D), (Donelson *et al.*, 2008). Επίσης τα άτομα του είδους *Elacatinus Figaro*, αναπαράγονται σε συνθήκες θερμοκρασίας 26°C, ενώ η φωτοπερίοδος είναι 13 L/11 D και 12 L/12 D, (Olivotto *et al.*, 2006 b).

Στα πελαγικά ψάρια, η πρόκληση της ωορρηξίας εξαρτάται από τις εποχιακές μεταβολές θερμοκρασίας και φωτοπερίοδου και λαμβάνει χώρα το χειμώνα σε συνθήκες θερμοκρασίας 22°C και φωτοπερίοδου 10 L/14D, την άνοιξη σε συνθήκες θερμοκρασίας 24°C και φωτοπερίοδου 12 L/12 D και το καλοκαίρι σε συνθήκες θερμοκρασίας 27-28°C και φωτοπερίοδου 14 L/10 D. Συνήθως, η ωοτοκία πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου (Olivotto *et al.*, 2006a).

Οι συνθήκες θερμοκρασίας και φωτοπεριόδου σε σχέση με την ποιότητα του νερού και τη διατροφή είναι οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για την αναπαραγωγική διαδικασία των ψαριών θαλασσινού νερού σε συνθήκες αιχμαλωσίας στα ενυδρεία. Οι δύο βασικές διαφορές μεταξύ των βενθικών και πελαγικών ειδών ψαριών εστιάζονται στην απελευθέρωση των αυγών, η πραγματοποιείται τις πρώτες πρωινές ώρες εναποθέτοντας τα αυγά σε σκληρές λείες επιφάνειες ή σε σπηλιές. Οι περιοχές εναπόθεσης των αυγών επιλέγονται από το εκάστοτε ζευγάρι. Η δεύτερη βασική διαφορά είναι ότι, τα βενθικά ψάρια χαρακτηρίζονται από γονική φροντίδα κατά την περίοδο της αναπαραγωγής (Olivotto *et al.*, 2006a).

Η γονική φροντίδα περιλαμβάνει κυρίως την φροντίδα και την επιτήρηση των επωαζόμενων αυγών κυρίως από το αρσενικό άτομο μέχρι την εκκόλαψη. Το θηλυκό, από την άλλη πλευρά εμπλέκεται στη συνεχή και αυξανόμενη τροφοληψία προκειμένου να διατηρήσει την ωογένεσή του. Η γονική φροντίδα του ζευγαριού επηρεάζεται από την κυκλοφορία του νερού στο ενυδρείο. Η δυνατή κυκλοφορία του νερού έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ροής πάνω από τα αυγά. Το αρσενικό, λαμβάνει τα αυγά και τις προνύμφες στο στόμα του, προκειμένου να τα προστατεύσει ή να τα απολυμάνει. Αυτή είναι μια σημαντική πρακτική, που ενδεχομένως να οδηγήσει στη μείωση ή την αναστολή της ανάπτυξης των εμβρύων (Olivotto *et al.*, 2006a).

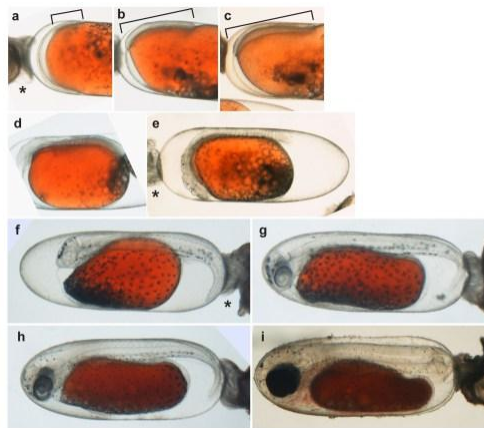
Οι γεννήτορες των πελαγικών ψαριών, όταν βρίσκονται σε αναπαραγωγή αναπτύσσουν έντονο «φλερτ» με τα αυγά και το σπέρμα να απελευθερώνονται στη στήλη του νερού. Τα αυγά είναι συνήθως μικρότερα και παράγονται σε μεγάλο αριθμό σε σύγκριση με εκείνα των βενθικών γεννητόρων.

Η ωορρηξία συμβαίνει τις απογευματινές ώρες, ενώ κατά τη διάρκεια της περιόδου ωοτοκίας η πίεση που ασκείται από τους θηρευτές, μειώνεται. Εξαρτάται από την στρατηγική αναπαραγωγής και την ανάπτυξη του εμβρύου η οποία διαρκεί περισσότερες ημέρες σε σχέση με τα βενθικά ψάρια. Τα έμβρυα (Σχ.2) προστατεύονται από τη χοριακή μεμβράνη ενώ με την πάροδο του χρόνου (ώρες) το προετοιμάζει ώστε να εκκολαφθεί. Με την απορρόφηση του λεκιθικού σάκου προετοιμάζεται για τη λήψη εξωτερικής τροφής.

Η εκκόλαψη χαρακτηρίζεται από ενζυματικές και μηχανικές διεργασίες και προκαλούνται από τη συγχρονισμένη δράση των εμβρυϊκών κινήσεων, των ενζύμων εκκόλαψης, και τη γονική φροντίδα που παρατηρείται στα βενθικά ψάρια καθώς και των ψαριών που εναποθέτουν τα σφαιρικά και ελλειπτικά αυγά τους σε σειρές

(Olivotto *et al.*,2006a). Σε αρκετά είδη ψαριών, η επιτυχής εκκόλαψη εξαρτάται από τις συνθήκες φωτισμού του περιβάλλοντος, με το μεγαλύτερο μέρος του βενθοπελαγικών γεννητόρων να επωάζουν τα αυγά τους κατά τη διάρκεια της νύκτας.

Η ρύθμιση της φωτοπεριόδου παίζει σημαντικό ρόλο στη στρατηγική της αναπαραγωγικής περιόδου μειώνοντας την πίεση των θηρευτών για την ανάπτυξη των προνυμφών. Στην εκκόλαψη, οι προνύμφες (λάρβες) είναι εξαιρετικά ευαίσθητες στις διακυμάνσεις των περιβαλλοντικών συνθηκών και ιδιαίτερα στη μεταβολή των φυσικοχημικών παραγόντων (Olivotto *et al.*,2006a).



Σχήμα 2. Στάδια ανάπτυξης του clownfish (Πηγή: www.kudohlab.com).

Κεφάλαιο 4

Φυσιολογία γαμετών, εμβρυολογία και μορφολογία προνυμφών κατά την εκκόλαψη

Η ανάπτυξη των τεχνικών αναπαραγωγής σε συνθήκες αιχμαλωσίας για την εκτροφή διαφόρων ειδών (εδώδιμα και δακοσμητικά ψάρια) απαιτεί καλή γνώση της φυσιολογίας, εμβρυολογίας των γαμετών τους και των αρχών της οντογένεσης των προνυμφών (Coward *et al.*, 2002). Τέτοιες μελέτες αναφοράς θα μπορούσαν να βοηθήσουν στη δημιουργία και στη βελτίωση της διαχείρισης των τεχνικών εκτροφής των γεννητόρων και των προνυμφών.

Για παράδειγμα, η ανάπτυξη δεικτών και κριτηρίων ή σημείων αναφοράς με μοναδικό στόχο είδη για τη μέτρηση της ποιότητας των γαμετών, τα ποσοστά ανάπτυξης και τα χαρακτηριστικά των εμβρύων ή των νεαρών προνυμφών που παρέχουν πληροφορίες για την αναπαραγωγική υγεία των γεννητόρων και την εκτίμηση της ποιότητας των προνυμφών πριν από μια προσπάθεια εκτροφής (Coward *et al.*, 2002; Kamler, 2005; Yasir & Qin 2007; Önal *et al.*, 2008). Αυτή η γνώση μπορεί να περιλαμβάνει το μέγεθος των γαμετών, τα εμβρυακά στάδια ανάπτυξης και διάρκειας, το μέγεθος των προνυμφών και το στάδιο της ανάπτυξης, τα ενδογενή αποθέματα ή τους δείκτες κατάστασης τους στην εκκόλαψη και τη μορφολογική λειτουργία, όπως το άνοιγμα του στόματος στην πρώτη σίτιση και την οντογένεση των αισθητηρίων οργάνων, καθώς και την κολυμβητική ικανότητα των προνυμφών (Brooks *et al.*, 1997; Kamler, 2005).

Οι Εμβρυολογικές μελέτες μπορεί επίσης να επεκταθούν για τη βελτίωση των τεχνικών διαχείρισης. Για παράδειγμα, παρατηρήσεις που έχουν γίνει στα clownfish του είδους *Amphiprion ocellaris* από τους Yasir & Qin (2007), δείχνουν ότι ο κύκλος των μεταμορφώσεων του σώματος στα προχωρημένα στάδια των εκκολαπτόμενων αυγών ήταν επιτυχής. Είναι επίσης αποδεκτό ότι το βιοτικό και αβιοτικό περιβάλλον στο οποίο τα αυγά επωάζονται έχει σχέση με την εμβρυακή τους ανάπτυξη και ενδεχομένως το ποσοστό εκκόλαψης και της βιωσιμότητας των νεαρών προνυμφών (Brooks *et al.*, 1997; Skjermo & Vadstein, 1999; Olafsen, 2001). Ως εκ τούτου, οι βασικές γνώσεις της εμβρυολογίας και στις αρχές της οντογένεσης των προνυμφών θα βοηθήσει στον πώς το περιβάλλον μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη των εμβρύων και των προνυμφών που θα προκύψουν, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη τεχνικών για

τη βελτίωση του ποσοστού εκκόλαψης και επιβίωσης των νεαρών προνυμφών (Kamler, 2005). Μέχρι σήμερα, είναι διαθέσιμες κάποιες βασικές πληροφορίες για ορισμένα θαλάσσια διακοσμητικά είδη, σε σχέση με φυσιολογία των γαμετών, την ανάπτυξη του εμβρύου και την οντογένεση των νεαρών προνυμφών (Fishelson, 1976; Green & McCormick, 2001; Gordon & Hecht, 2002; Olivotto *et al.*, 2003, 2005, 2006α, 2006β; Wittenrich *et al.*, 2007; Yasir & Qin, 2007; Önal *et al.*, 2008). Περαιτέρω έρευνα για τη διαλεύκανση των είδος-ειδικών αναπτυξιακών χαρακτηριστικών, των περιβαλλοντικών, φυσιολογικών και ανοσολογικών δυνατοτήτων και τις ανοχές των εμβρύων και των νεαρών προνυμφών, πρέπει να ωφελούν την εγκατάσταση και τη βελτίωση των τεχνικών εκτροφής.

Κεφάλαιο 5.

Εκτροφή προνυμφών

5.1 Γενικά περί εκτροφής

Η εκτροφή των προνυμφών παρουσιάζεται ως μια μεγάλη πρόκληση και ένα επίμονο εμπόδιο για τη σύγχρονη ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας (Dhert *et al.*, 1998; Planas & Cunha, 1999; Holt, 2003; Papandroulakis *et al.*, 2004; Battaglene & Cobcroft, 2007). Η ανάγκη για την ανάπτυξη τεχνικών στην εκτροφή των ψαριών, που έχουν περάσει το κρίσιμο στάδιο της προνύμφης, είναι απαραίτητη για μια επιτυχημένη εμπορική παραγωγή οποιαδήποτε είδους υδατοκαλλιέργειας και σε αυτά δεν αποτελούν εξαίρεση τα θαλάσσια διακοσμητικά ψάρια (Papandroulakis *et al.*, 2004).

Από την στιγμή που η έρευνα και οι τεχνικές στην εκτροφή των προνυμφών στα θαλάσσια διακοσμητικά ψάρια υστερούν κατά πολύ από εκείνες των εδωδιμων ειδών και των διακοσμητικών του γλυκού νερού, οι τομείς αυτοί θα πρέπει να είναι από τους βασικούς στόχους των μελλοντικών μελετών (Holt, 2003). Βασικά θέματα που περιλαμβάνουν σχεδιασμό του συστήματος, φυσικές παραμέτρους του περιβάλλοντος καλλιέργειας, τροφές για τις προνύμφες και τη διατροφή (Planas & Cunha, 1999; Ignatius *et al.*, 2001; Olivotto *et al.*, 2003; Papandroulakis *et al.*, 2004).

5.2 Ποιότητα νερού και σχεδιασμός συστήματος

Όπως και για τους γεννήτορες, υπάρχει έλλειψη γνώσης όσον αφορά τις απαιτήσεις στην ποιότητας του νερού για την καλλιέργεια των προνυμφών των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών, που σημαίνει ότι υπάρχει μια εξάρτηση για την εκπόνηση μιας ευρείας κατευθυντήριας γραμμής από τη βιβλιογραφία που περιγράφει μια επιτυχημένη καλλιέργεια προνυμφών. (Πίν. 2). Δεδομένου ότι η ιδανική ποιότητα των υδάτων και οι ανοχές θα ποικίλουν ανάλογα με τα είδη και στάδια ανάπτυξης, μια άλλη κοινή και αποτελεσματική προσέγγιση είναι να μιμηθούμε τις περιβαλλοντικές συνθήκες που υπάρχουν στο φυσικό περιβάλλον των ψαριών στην φύση. Για παράδειγμα, σε σύγκριση με πολλά εδωδιμα είδη και διακοσμητικά είδη του γλυκού νερού, χαρακτηρίζονται συχνά από ολιγοτροφικές συνθήκες του φυσικού

τους περιβάλλοντος και ως εκ τούτου, πολλά θαλάσσια διακοσμητικά πιστεύεται ότι έχουν χαμηλή ανοχή σε αμμωνία, νιτρώδη και νιτρικά (Watson & Hill, 2006).

Πίνακας 2: Συνθήκες εκτροφής θαλασσινών διακοσμητικών ψαριών γεννητόρων και προνυμφών-νυμφών

Common Name	Species	Salinity	pH	Temperature, °C	Ammonia (TAN), mgL ⁻¹	Nitrite (NO ₂ ⁻), mgL ⁻¹	Nitrate (NO ₃ ⁻), mgL ⁻¹	Dissolved Oxygen, mgL ⁻¹
Clown anemonefish	<i>Amphiprion percula</i>	30-35	8.1-8.3	24.0-27.0	0-0.02	0-0.01	<25	~6.5-8.0
False clown anemonefish	<i>Amphiprion ocellaris</i>	—	—	26.0-27.0	—	—	<440	—
Black anemonefish	<i>Amphiprion melanopus</i>	—	—	27.0-29.0	—	—	—	—
Yellowtail anemonefish	<i>Amphiprion clarkii</i>	30	8.0-8.2	27.7-28.5	<0.03	<0.03	—	—
Sebae anemonefish	<i>Amphiprion sebae</i>	28-35	8.1-8.5	26.5-33.4	0	—	—	3.6-5.6
Yellow-tailed damselfish	<i>Chrysiptera parasema</i>	30	—	28.0	—	—	—	—
Hawaiian dascyllus	<i>Dascyllus albisella</i>	35	—	25.5-27.5	—	—	—	—
Whitetail dascyllus	<i>Dascyllus aruanus</i>	35	—	24.0-28.5	—	—	—	—
Semicircle angelfish	<i>Pomacanthus semicircularis</i>	33-35	7.9-8.3	26.0-28.2	—	—	—	5.62-8.09
Lemonpeel angelfish	<i>Centropyge flavissimus</i>	32-36	—	26.0-28.0	—	—	—	—
Blue Mauritius angelfish	<i>Centropyge debellus</i>	—	—	25.0-26.0	<0.25	—	—	—
Forktail blenny	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	34-38	8.0-8.2	26.0-29.0	<0.02	<0.02	<0.5	—
Lyretail blenny	<i>Meiacanthus reticulatus</i>	34-38	8.0-8.2	26.0-29.0	<0.02	<0.02	<0.5	—
Striped blenny	<i>Meiacanthus grammistes</i>	30	8.2	28.0	<0.03	<0.03	—	—
White Tiger goby	<i>Priolepis nocturna</i>	32	8.2	30.0	<0.02	<0.02	<20	—
Barber goby	<i>Elacatinus figaro</i>	34	8.2	26.0	<0.02	<2.0	—	—

Ωστόσο, αυτό δεν είναι υποκατάστατο για την κατάλληλα σχεδιασμένη έρευνα ανά είδος. Για παράδειγμα, οι Frakes & Hoff (1982) καταγράφουν επιβίωση του 37% μετά από καλλιέργεια 21 ημερών σε προνύμφες clownfish, του είδους *Amphiprion ocellaris*, όταν υποβάλλονται σε μια συγκέντρωση NO₃-N, περίπου 16 mgL⁻¹. Ωστόσο, το ποσοστό μεταμόρφωσης των προνυμφών, και η επακόλουθη ανάπτυξη και επιβίωση, ήταν μειωμένες όταν οι προνύμφες είχαν εκτεθεί σε ένα υψηλό επίπεδο NO₃-N, περίπου 100 mgL⁻¹ (Frakes & Hoff, 1982). Η περιορισμένη πληροφόρηση, στον χώρο αυτό, απαιτεί περισσότερη έρευνα σε αυτόν τον τομέα, όπως η ποσοτικοποίηση των προνυμφών, με ανοχές στην ποιότητα του νερού και το ιδανικό είναι σημαντικό και για τις δύο, τη δημιουργία και τη βελτίωση των πρωτόκολλων για την καλλιέργεια των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών.

Ο σχεδιασμός του συστήματος για την εκτροφή των προνυμφών είναι ένας άλλος σημαντικός τομέας που εξαρτάται από πολλούς άλλους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της πυκνότητας εκτροφής και των μεθόδων καλλιέργειας (π.χ. «καθαρό» ή «πράσινο νερό»), το επίπεδο επικοινωνίας με το εξωτερικό περιβάλλον

(κλειστός / εσωτερικός χώρος, ημίκλειστος / προστατευμένος ή ανοιχτός / εκτεθειμένος) και η αλλαγή του νερού ο ρυθμό και τύπος του συστήματος εκτροφής (στατικός, ανακυκλούμενος ή συνεχόμενης ροής) (Planas & Cunha, 1999; Papandroulakis *et al.*, 2004). Παρά το γεγονός ότι υπάρχει είναι ένας μεγάλος αριθμός περιοχών για κάλυψη όσον αφορά το σχεδιασμό του συστήματος, μια αντιπαραβολή των μελετών στις οποίες οι προνύμφες των θαλάσσιων διακοσμητικών εκτράφηκαν δείχνει την υιοθέτηση ενός βασικού συστήματος καλλιέργειας, δηλαδή, η σχεδόν αποκλειστική χρήση ενός κλειστού συστήματος, «μεσόκοσμος»(Πίν. 3).

Το σύστημα μεσόκοσμου θεωρείται ως η ενσωμάτωση των θετικών σημείων της προσθήκης ζωντανών φυκιών στο νερό καλλιέργειας, όπως η σταθερότητα του συστήματος, η καλύτερη ποιότητα της λείας και διάχυση του φωτός και όλα τα θετικά ενός εντατικού συστήματος, δηλαδή, με τον μέγιστο έλεγχο πάνω στις παραμέτρους του νερού του συστήματος και στη πυκνότητα εκτροφής των προνυμφών (Job *et al.*, 1997; Planas & Cunha, 1997; Papandroulakis *et al.*, 2004). Οι προνύμφες των θαλάσσιων ψαριών έχουν πολύ περιορισμένες ανοσολογικές δυνατότητες, οι οποίες στηρίζονται κυρίως σε μη ειδικούς μηχανισμούς και στη φαγοκυττάρωση, για να ανταποκριθούν στις προκλήσεις που θέτουν υποχρεωτικά και καιροσκοπικά παθογόνα μικρόβια (Skjermo & Vadstein, 1999; Olafsen, 2001). Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι μελέτες έχουν δείξει ότι τα ζωντανά φύκη του πράσινου νερού (και /ή το μικροβιακό «κοκτέιλ» που εισάγεται), ως μέρος του μεσοκόσμου του συστήματος, ενδέχεται να ανταγωνισθούν ορισμένους τύπους βακτηρίων (όπως καιροσκοπικά παθογόνα βακτήρια) μέσω της παραγωγής των αντιβιοτικών και ενδεχομένως την προώθηση βακτηρίων προς όφελος των προνυμφών (Gatesoupe, 1999; Hargreaves, 2006; Vine *et al.*, 2006).

Τέτοια ευεργετικά βακτήρια, που είναι γνωστή ως προβιοτικά, μπορεί να δράσουν άμεσα στις προνύμφες και ως προβιοτικό που έχει γίνει η κατάποση του ενισχύει την μικροχλωρίδα του εντέρου είτε έμμεσα, είτε ως ένας παθητικός βιο-έλεγχος των παθογόνων και των τοξινών που απελευθερώνουν βακτήρια ή ως ένα ενισχυτικό βιο-διήθησης (Gatesoupe, 1999; Hargreaves, 2006; Vine *et al.*, 2006). Δυστυχώς, μία πλήρης κατανόηση των επιπτώσεων που έχουν τα μικροφύκη στη καλλιέργεια των προνυμφών, δεν έχει ακόμη επιτευχθεί (van der Meeran *et al.*, 2007) στην έρευνα για τα θαλάσσια διακοσμητικά,θα πρέπει λοιπόν να συμβάλλουν στη

γνώση σχετικά με τα οφέλη του πράσινου νερού και την αξιοποίηση αυτών των πλεονεκτημάτων για την ανάπτυξη αποτελεσματικών συστημάτων εκτροφής.

Πίνακας 3: Περιγραφή των συστημάτων εκτροφής διακοσμητικών ψαριών
GW:πράσινο νερό, CS: σύστημα εκτροφής, C: κλειστό,SC:ημίκλειστο,
O: ανοικτό σύστημα εκτροφής.

Common Name	Species	Culture Method	Culture System	Tank Background	Water Flow	Photoperiod (Light:Dark)
Clown anemonefish	<i>Amphiprion percula</i>	GW	C	BwBb	S	14h:10h
False clown anemonefish	<i>Amphiprion ocellaris</i>	GW	C	Bw	S	16h:8h
		GW	C	BwBb	S	12h:12h
		GW ^a	C	BwWb	S	14–16h:10–8h
Black anemonefish	<i>Amphiprion melanopus</i>	GW	C	Bw	R/FT***	24h:0h
		GW	C	BwBb	S	14h:10h
Sebae anemonefish	<i>Amphiprion sebae</i>	GW	C	BwBb	S	14h:10h
Yellowtail anemonefish	<i>Amphiprion clarkii</i>	GW	C	Bw	R/FT***	14h:10h
Spinecheek anemonefish	<i>Premnas biaculeatus</i>	GW	C	BwBb	S	14h:10h
		GW	C	BwBb	S	14h:10h
		GW	C	BwBb	S	14h:10h
Yellow-tailed damselfish	<i>Chrysiptera parasema</i>	GW	C	Covered (color unknown)	S	24h:0h
Whitetail dascyllus	<i>Dascyllus aruanus</i>	GW	C	—	FT*	24h:0h**
Hawaiian dascyllus	<i>Dascyllus albisella</i>	GW	C	—	FT*	24h:0h**
Ambon damselfish	<i>Pomacentrus amboinensis</i>	GW	C	BwBb	S	14h:10h
		GW	C	BwBb	S	14h:10h
		GW	C	BwBb	S	14h:10h
Chinese demoiselle	<i>Neopomacentrus bankieri</i>	GW	C	BwBb	S	14h:10h
Semicircle angelfish	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>	GW	C	—	S	—
Lemonpeel angelfish	<i>Centropyge flavissimus</i>	GW	C	GwGb	S	24h:0h
Blue Mauritius angelfish	<i>Centropyge debelius</i>	GW	C	BwWb	S	16h:8h
Yellow-striped cardinalfish	<i>Apogon cyanosoma</i>	GW	C	BwBb	S	14h:10h
Blue-eyed cardinalfish	<i>Apogon compressus</i>	GW	C	BwBb	S	14h:10h
		GW	C	BwBb	S	14h:10h
		GW	C	BwBb	S	14h:10h
Sunrise Dottyback	<i>Pseudochromis</i>	GW	C	Bw	R or FT***	—

Οι οφθαλμοί των πρώτων προνυμφών εκτροφής των θαλάσσιων ψαριών είναι ένα σημαντικό αισθητήριο όργανο για τον εντοπισμό και τη σύλληψη, όπως οι περισσότερες θαλάσσιες προνύμφες των ψαριών είναι οπτικοί τροφοδότες (Naas *et al.*, 1996). Ως εκ τούτου, οι συνθήκες φωτισμού (συμπεριλαμβανομένης της έντασης, της ποιότητας φάσματος και της φωτοπεριόδου) είναι μια σημαντική περιβαλλοντική παράμετρος που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την εκτροφή των προνυμφών των θαλάσσιων ψαριών (Naas *et al.*, 1996; Boeuf & Le Bail, 1999). Δυστυχώς, κάποιες

μελέτες αναγράφουν την ένταση του φωτός ή χειραγωγούν το φάσμα του φωτός που χρησιμοποιείται στη καλλιέργεια των προνυμφών των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών.

Ωστόσο, υπάρχουν στοιχεία που να υποδηλώνουν ότι η επίδραση των παραμέτρων αυτών του φωτός μπορεί να είναι σημαντική. Για παράδειγμα, έχει αναφερθεί ότι για μαζική εκτροφή του three-spotted seahorse, του είδους *Hippocampus trimaculatus*, η επιβίωση του νεαρού σταδίου των πελαγικών ειδών υποβλήθηκαν σε τρεις διαφορετικές εντάσεις φωτός με τη υψηλότερη ένταση φωτός στα 2.000 lux (Murugan *et al.*, 2009). Οι Peña *et al.* (2004) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η συχνότητα τροφοδοσίας των προνυμφών spotted sand bass, του είδους *Paralabrax maculatofasciatus*, αυξήθηκε με την αύξηση της έντασης φωτός από 0 μέχρι 700 Lux. Οι Job και Shand (2001) διαπίστωσαν ότι οι προνύμφες του ochre striped cardinalfish, του είδους *Apogon compressus*, του ambon damselfish, του είδους *Pomacentrus amboinensis* και η spinecheek anemonefish, του είδους *Premnas biaculeatus*, εμφανίζουν καλή προσαρμογή στο φως με μήκος κύματος (493-507 nm) που απαντώνται στα ρηχά νερά των κοραλλιογενών υφάλων.

Επίσης, η προέκταση των ευρημάτων των Job και Bellwood (2007), σχετικά με την ευαισθησία των ψαριών των κοραλλιογενών υφάλων στην υπεριώδη ακτινοβολία, είναι ότι η αντίληψη του θηράματος από τις προνύμφες μπορεί να βελτιωθεί κατά το χειρισμό του μήκους κύματος του φωτός.

Όσον αφορά την φωτοπερίοδο, φαίνεται ότι η διάρκεια του φωτός που χρησιμοποιείται από τους περισσότερους συγγραφείς για την εκτροφή των προνυμφών των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών είναι αυτή που μιμείται τις καλοκαιρινές φυσικές συνθήκες ή επεκτείνεται μέχρι και 24 ώρες (Πίν. 3). Αρκετές μελέτες έχουν διερευνήσει την επίδραση ποικίλων φωτοπεριόδων για την καλλιέργεια των προνυμφών (Barahona-Fernandes, 1979; Tandler & Helps 1985; Duray & Kohno, 1988; Barlow *et al.*, 1995; Martin-Robichaud & Peterson, 1998; Downing & Litvak, 1999; Arvedlund *et al.*, 2000).

Πολλοί κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η εκτεταμένη φωτοπερίοδος, δηλαδή περισσότερο από 14 h φωτεινό στάδιο, οδηγεί σε αυξημένη επιβίωση και ανάπτυξη (Barahona-Fernandes, 1979; Tandler & Helps, 1985; Duray & Kohno, 1988; Barlow *et al.*, 1995; Arvedlund *et al.*, 2000). Ωστόσο, οι Martin-Robichaud & Peterson (1998) αναφέρουν ότι το striped bass, του είδους *Morone saxatilis*, έχει μια μικρή

φωτοπερίοδο από 8 ώρες φωτός και 16 ώρες στο σκοτάδι φάνηκε να διευκολύνουν περισσότερο το φούσκωμα της νυκτικής κύστης στις αρχές του σταδίου της προνύμφης, που οδηγεί σε μεγαλύτερη επιβίωση σε σύγκριση με μια φωτοπερίοδο 16 ώρες φωτός και 8 ώρες σκοτάδι.

Εν τω μεταξύ, τα αποτελέσματα για την υποστήριξη της εκτεταμένης φωτοπεριόδου φάνηκε να ποικίλουν μεταξύ των ειδών και ενίοτε μεταξύ των διαφορετικών αναπτυξιακών σταδίων του ίδιου είδους. Εκεί φαίνεται επίσης να έχουμε κάποια συμπεράσματα ως προς την αποτελεσματικότητα των αφύσικα σταθερών φάσεων του φωτός (24 ώρες φως, 0 ώρες σκοτάδι) που χρησιμοποιούνται για την εκτροφή. Τα ευρήματα των Arvedlund *et al.* (2000) οδηγούν στο επιχείρημα ότι οι προνύμφες των anemonefish, του είδους *A. melanopus*, επωφελήθηκαν από μια εκτεταμένη φωτοπερίοδο, αλλά μπορεί να απαιτήσουν μια σκοτεινή περίοδο για τη βελτιστοποίηση της ανάπτυξης τους. Εν τω μεταξύ, στα εδώδιμα είδη, οι Barlow *et al.* (1995) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μια εκτεταμένη περίοδος φωτός, από 16 έως 24 h, έχουν σαν αποτέλεσμα την καλύτερη ανάπτυξη των barramundi, του είδους *Lates calcarifer*, αλλά σημειώνουν επίσης ότι αυτά τα ψάρια εξακολουθούν να εμφανίζουν ένα κερκαδικό ρυθμό τροφοδοσίας με περιόδους αδράνειας στη σίτιση.

Καλύτερη επιβίωση και ανάπτυξη βρέθηκε να παρουσιάζουν σε μια περίοδο φωτός 24 ωρών σε σχέση με τη φυσική φωτοπερίοδο για τις προνύμφες rabbitfish, του είδους *Siganus guttatus* και τη τσιπούρα, *Sparus aurata* (Tandler & Helms, 1985; Duray & Kohno, 1988). Σε αυτά τα συμπεράσματα για τα εδώδιμα είδη, προστίθενται οι πιο πρόσφατες έρευνες στο το διακοσμητικό yellow-tailed damselfish, του είδους *Chrysiptera parasema*, όπου μια περίοδος 24 h φωτός ήταν απαραίτητη για την επιτυχή εκτροφή των προνυμφών του (Olivotto *et al.*, 2003).

Κατά συνέπεια, η σταθερή περίοδο φωτός φαίνεται να έχει υιοθετηθεί από τους συγγραφείς ως πρότυπο φωτοπεριόδου σε πρόσφατες μελέτες στην καλλιέργεια των προνύμφες των διαφόρων θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών υφάλου, συμπεριλαμβανομένου του cleaner goby, του είδους *Gobiosoma evelynae*, το sunrise dottyback, του είδους *Pseudochromis flavivertex*, και το lemonpeel angelfish, του είδους *Centropyge flavissimus* (Olivotto *et al.*, 2003, 2005, 2006α, 2006β). Ωστόσο, προσοχή θα πρέπει να υπάρχει με τις προσπάθειες σύγκρισης μεταξύ των μελετών ή στη διατύπωση της βέλτιστης φωτοπεριόδου για τα διάφορα είδη, όπως οι απαντήσεις για τη φωτοπερίοδο που δίνονται ανά συγκεκριμένο είδος και να συνδέεται με τις

συναφείς μεταβλητές, συμπεριλαμβανομένης της έντασης του φωτός και της ποιότητας του φάσματος (Boef & Le Bail, 1999; Downing & Litvak, 1999; Trotter *et al.*, 2003).

Το χρώμα της δεξαμενής έχει αποδειχθεί επίσης ότι έχει κάποια επίδραση στην επιβίωση και ανάπτυξη των προνυμφών και στο χρωματισμό των νεανικών σταδίων του ψαριού (Yasir & Qin, 2009). Έχει προταθεί ότι το κατάλληλο φόντο μπορεί να παρέχει τη σωστή αντίθεση για καλύτερη οπτικοποίηση του θηράματος και ως εκ τούτου, τη βελτίωση της αποδοτικότητας σύλληψης του (Job *et al.*, 1997; Martin-Robichaud & Peterson, 1998; Green & McCormick, 2001).

Για παράδειγμα, οι Peña *et al.* (2005) αναφέρουν ότι αν και η συχνότητα σίτισης δεν επηρεάζεται από το χρώμα της δεξαμενής στο είδος *Paralabrax maculatofasciatus*, η επιτυχία στην σίτιση (ο αριθμός των θηραμάτων στον πεπτικό σωλήνα) βελτιώθηκε σε μια πιο σκοτεινή δεξαμενή. Επιπλέον, οι προνύμφες πολλών ψαριών παρουσιάζουν φωτοτακτισμό ή φωτοταξία, ο οποίος υπαγορεύει την ανταπόκρισή τους στο φως, συμπεριλαμβανομένου του φωτός που αντανακλάται στα τοιχώματα της δεξαμενής (Naas *et al.*, 1996).

Οι απαντήσεις στον φωτοτακτισμό συνδέονται με τη θνησιμότητα και την δυσπλασία της γνάθου των προνυμφών του striped trumpeter, του είδους *Latris lineata*, ως αποτέλεσμα της συμπεριφορά στα τοιχώματα της δεξαμενής (Cobcroft *et al.*, 2001; Cobcroft & Battaglione, 2009). Για την καλλιέργεια των προνυμφών των θαλάσσιων διακοσμητικών, η συνήθη πρακτική φαίνεται να είναι η χρήση μαύρων τοιχωμάτων στις δεξαμενές (Πίν. 3). Αυτό φαίνεται να ακολουθεί το συμπέρασμα ότι οι δεξαμενές με μαύρα τοιχώματα που μιμούνται καλύτερα τις φυσικές συνθήκες που βιώνουν οι πελαγικές προνύμφες στο φυσικό τους περιβάλλον, στην φύση και έχουν την τάση να αποτρέπουν ή να μειώνουν τις αρνητικές επιπτώσεις που μπορεί να έχουν τα τοιχώματα (Naas *et al.*, 1996; Cobcroft *et al.*, 2001; Green & McCormick, 2001; Cobcroft & Battaglione, 2009).

Ωστόσο, η επίδραση του χρώματος της δεξαμενής φαίνεται να ποικίλει ανάλογα με τα είδη που ερευνώνται και την ένταση του φωτός που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα, οι Downing & Litvak (1999) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι δεξαμενές με τα σκούρα τοιχώματα μειώνουν την ανάπτυξη των προνυμφών του μπακαλιάρου, του είδους *Melanogrammus aeglefinus*, με χαμηλή ένταση του φωτός, σε σύγκριση με τις δεξαμενές που έχουν ανοιχτόχρωμο φόντο. Ομοίως, ο Woods

(2000b) ανέφερε καλύτερο ποσοστό επίθεσης και επιτυχία στην λεία, στο πλαγκτονικό στάδιο του rot-bellied seahorse, του είδους *Hippocampus addominalis* με ανοιχτόχρωμες δεξαμενές σε σύγκριση με αυτές που έχουν μαύρο και άσπρο φόντο.

Σε μια προσπάθεια αξιοποίησης των αποτελεσμάτων του Woods (2000b), οι Martinez-Cardenas & Purser (2007) χρησιμοποίησαν στα πειράματά τους μια διαφορετική φωτοπερίοδο, διαφορετική ένταση του φωτός και διαφορετικό όγκο δεξαμενής και δεν βρήκε σημαντικές διαφορές στην ανάπτυξη ή την επιβίωση του πλαγκτονικού σταδίου του *Hippocampus addominalis* όταν γίνεται η καλλιέργεια τους σε ανοιχτόχρωμο, άσπρο, κίτρινο, κόκκινο, μπλε και μαύρο φόντο στη δεξαμενή εκτροφής τους. Αυτό υποδηλώνει ότι η προσοχή θα πρέπει και πάλι να ασκείται κατά την προσπάθεια να διαπιστωθεί το κατάλληλο χρώμα δεξαμενής, καθώς αυτό είναι πιθανό να είναι συγκεκριμένο για κάθε είδος και στάδιο ανάπτυξης, και να περιλαμβάνει την εξέταση της έντασης του φωτός, το φάσμα, τη φωτοπερίοδο, το σχήμα και το μέγεθος της δεξαμενής και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών των παραμέτρων.

Σαφώς, οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα χαρακτηριστικά του φωτός, το χρώμα της δεξαμενής, το σχέδιο και τη θολότητα του νερού (όπως στη χρήση του πράσινου νερού), όλα αυτά είναι πιθανόν να επηρεάσουν την απόδοση των προνυμφών και καθιστούν ένα πολύ σύνθετο θέμα. Ωστόσο, ως «κανόνας», οι συνθήκες φωτισμού που μεγιστοποιούν την αντίθεση μεταξύ στο θήραμα και το περιβάλλον, προωθώντας την συχνή τακτική τροφοδοσίας και την σίτιση καθώς και τον περιορισμό του φωτός, είναι οι βασικοί στόχοι της διαχείρισης του φωτός στην εκτροφή των προνυμφών των θαλάσσιων ψαριών (Downing & Litvak, 1999).

5.3 Διατροφή προνυμφών

Η διατροφή των προνυμφών είναι κρίσιμη για την επιτυχία της καλλιέργειας στα είδη ψαριών και υπάρχουν πολλοί παράγοντες στο παιχνίδι που καθορίζουν αν μια δίαιτα είναι κατάλληλη ή όχι για ένα συγκεκριμένο στάδιο των προνυμφών, στο είδος που μελετάτε. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν τόσο τα φυσικά χαρακτηριστικά, όπως το μέγεθος, το σχήμα, τη ζωνρότητα, την κινητικότητα και το χρωματισμό της καθώς και τα χημικά χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβανομένων τα

επίπεδα διαφόρων θρεπτικών ουσιών, ενζύμων και τις ελκυστικές ουσίες της διατροφής.

Κατά τη διάρκεια της οντογένεσης των προνυμφών είναι γνωστό πως η υψηλή θνησιμότητα κατά την έναρξη της εξωγενούς θρέψης τους αντιπροσωπεύει ένα εμπόδιο για την ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας τόσο των θαλάσσιων διακοσμητικών αλλά και των εδώδιμων (Watanabe & Kiron, 1994; Rønnestad *et al.*, 1999; Holt, 2003; Yúfera & Darias, 2007). Πολλαπλές μελέτες και αξιολογήσεις βιβλιογραφίας έχουν ασχοληθεί με αυτό το θέμα, με τον τύπο τροφοδοσίας, το μέγεθος, την πυκνότητα και την παροχή της σωστής διατροφής που είναι τα κύρια σημεία εστίασης (Yúfera & Darias, 2007), τα οποία αναλύονται στην επόμενη ενότητα.

5.3.1 Τύποι τροφών, μεγέθη και πυκνότητα

Οι αναλύσεις σε έντερα από προνύμφες των ψαριών που συλλέχθηκαν στο φυσικό τους περιβάλλον αποκάλυψαν, ένα ευρύ φάσμα, από κατάποση, θηραμάτων, σε διάφορα στάδια της ζωής τους, όπως κωπήποδα, πρωτόζωα, δινομαστιγωτά και προνύμφες διαφόρων άλλων θαλάσσιων οργανισμών (Watanabe & Kiron, 1994; Holt 2003; McKinnon *et al.*, 2003). Αντίθετα, σε συνθήκες αιχμαλωσίας η εκτροφή των προνυμφών των θαλάσσιων ψαριών βασίζεται κυρίως στα δύο παραδοσιακά ζωντανά θηράματα, τα rotifer, του είδους *Brachionus* spp. και τα nauplii της brine shrimp του είδους *Artemia* spp. (Watanabe & Kiron, 1994; Battaglione & Fielder, 1997; Sargent *et al.*, 1997; Wullur *et al.*, 2009).

Το μείζον πλεονέκτημα των rotifers και της *Artemia* είναι η σχετική ευκολία της μαζικής παραγωγής τους, ωστόσο, δεδομένου ότι δεν είναι φυσικό θήραμα για πολλές προνύμφες θαλάσσιων ψαριών, η καλλιέργεια των προνυμφών σε ορισμένα είδη, ιδιαίτερα σε αυτά του υφάλου, έχει εμποδιστεί από την ανεπάρκεια αυτών των δύο ζωντανών τροφών (Rodriguez & Hirayama, 1997; Schipp *et al.*, 1999; Holt, 2003; McKinnon *et al.*, 2003; Olivotto *et al.*, 2008a, 2008b).

Η δυσκολία στην ανάπτυξη των προνυμφών στα ψάρια τροπικών υφάλων, τόσο των εδώδιμων αλλά και των διακοσμητικών ειδών, συνήθως προκύπτει εξαιτίας του μικρού μεγέθους τους, το μικρό άνοιγμα του στόματος τους και το απλό πεπτικό σύστημα κατά τη στιγμή της πρώτης σίτισης τους (Rønnestad *et al.*, 1999; Holt, 2003;

McKinnon *et al.*, 2003). Για παράδειγμα, οι προνύμφες των τροπικών ροφών και λυθρινιών και άλλων εδωδιμων ψαριών, το μικρό άνοιγμα του στόματος υποδηλώνει ότι το μέγεθος της πρώτης τροφής πρέπει να είναι μικρότερο από 100 μm . Παρά την ανάπτυξη αρκετά μικρά στελέχη rotifers (ss-rotifers) προσλαμβάνονται από τις προνύμφες, η επιβίωση εξακολουθεί να είναι κακή, αν χρησιμοποιούνται μόνο τα rotifers (Schipp *et al.*, 1999; McKinnon *et al.*, 2003).

Ωστόσο παρόμοια απαντώνται προβλήματα στην εκτροφή των προνυμφών και στα θαλάσσια διακοσμητικά ψάρια (Ostrowski & Laidley, 2001). Μέχρι σήμερα, μεταξύ μερικών θαλάσσιων διακοσμητικών που καλλιεργούνται με επιτυχία, στη πλειοψηφία τους χαρακτηρίζονται είτε από την κατοχή ενός μεγάλου λεκιθικού σάκου, σχετικά μεγάλες προνύμφες και το μέγεθος ανοίγματος του στόματός τους ή προχωρημένη ανάπτυξη στην εκκόλαψη ή στη πρώτη σίτιση (Leis, 1991; Fisher *et al.*, 2000). Ωστόσο, οι προνύμφες πολλών θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών είναι πολύ μικρές στην επώαση και την πρώτη σίτιση (<3 mm) και, ως εκ τούτου, χρειάζονται τροφή μικρότερη από ό, τι ακόμη και το μικρότερο στέλεχος των rotifers του είδους *Brachionus* (Holt, 2003).

Επιπλέον, τα χαμηλά ποσοστά κατάποσης τροχόζωων, τη παραδοσιακή ζωντανή λεία που χρησιμοποιείται για πρώτη στη διατροφή των προνυμφών των ψαριών, είναι επίσης εμφανές στις προνύμφες ορισμένων θαλάσσιων διακοσμητικών, περιπτώσεις που αρνούνται την κατάποση τους παρά το αποδεκτό μέγεθος τους (Young, 1994; Ostrowski & Laidley, 2001).

Υπάρχουν πολλά παραδείγματα επιτυχούς χρήσης των εναλλακτικών λύσεων στην *Artemia* και τα τροχόζωα, όπως διάφορα είδη κωπηπόδων, άγριο ζωοπλαγκτόν, ciliates, και δινομαστιγωτά, στην έρευνα για τη κλίμακα εκτροφής των πρόωρων προνυμφών. Ωστόσο, προς το παρόν, με τον ένα ή τον άλλο τρόπο, η δυνατότητες αντικατάστασης ή συμπληρωμάτων στα rotifers για την έγκαιρη εκτροφή των πρόωρων προνυμφών έχει επανειλημμένα πέσει απότομα από τις προϋποθέσεις που την καθιστούν εφικτή για μαζική παραγωγή και βιομηχανική χρήση και μια παρόμοια κατάσταση υπάρχει για την ανάπτυξη αδρανών διατροφών με πλήρη αντικατάσταση της *Artemia nauplii* για μεγαλύτερες προνύμφες (Rodriguez & Hirayama, 1997; Stoettrup & Norsker, 1997; Holt, 2003).

Αυτό επηρεάζει αναπόφευκτα την ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας των θαλάσσιων διακοσμητικών. Μεταξύ των διαφόρων επιλογών, τα κωπήποδα φαίνεται

να έχουν τη καλύτερη δυνατότητα να συμπληρώσουν ή να αντικαταστήσουν τα τροχόζωα και την *Artemia* στη καλλιέργεια των προνυμφών στα θαλάσσια διακοσμητικά, με δεδομένο το γεγονός ότι τα θαλάσσια διακοσμητικά παράγουν γενικά πολύ λιγότερες προνύμφες σε σύγκριση για τα περισσότερα είδη εδώδιμων ψαριών και δεδομένης της πρόσφατης ανάπτυξης και τελειοποίησης των τεχνικών μαζικής καλλιέργειας, ιδιαίτερα για τα τροπικά είδη κωπηπόδων (Schipp *et al.*, 1999; Marcus & Murray, 2001; McKinnon *et al.*, 2003; Milione & Zeng, 2007, 2008; Camus & Zeng, 2008, 2009; Camus *et al.*, 2009).

Η χρήση των κωπήποδων έχει αποδειχθεί ότι είναι αποτελεσματική στην αντιμετώπιση των προβλημάτων του μεγέθους, της πεπτικότητας, της ελκυστικότητας και τη θρεπτική αξία στη καλλιέργεια των διαφόρων εδώδιμων ψαριών (van der Meeren, 1991; McEvoy *et al.*, 1998; Schipp *et al.*, 1999; Rajkumar & Kumaraguru vasagam, 2006) καθώς και ορισμένων θαλάσσιων διακοσμητικών ειδών (Ignatius *et al.*, 2001; Olivotto *et al.*, 2006a, 2008a, 2008b, 2010; Baensch & Tamaru, 2009).

Επιπροσθέτως, τα θαλάσσια βλεφαριδωτά ακόμη και τα μικρότερα σε μέγεθος, έχουν προταθεί ως ένα πιθανό ζωντανό θήραμα που μπορεί να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ της πρώτης διατροφής και την αποδοχή των rotifers ή των κωπηπόδων nauplii (Nagano *et al.*, 2000a, 2000b; Olivotto, 2005). Εργαστηριακές δοκιμές σε πολύ μικρές προνύμφες θαλάσσιων διακοσμητικών, όπως η palette surgeonfish, του είδους *Paracanthurus hepatus*, το cleaner goby, του είδους *Gobiosoma evelynae*, καθώς και τη σφυρίδα, του είδους *Epinephelus septemfasciatus*, έχουν δείξει να συμερίζονται την παραπάνω χρήση (Nagano *et al.*, 2000a, 2000b; Olivotto, 2005).

Ωστόσο, η χαμηλή θρεπτική αξία των ciliates σε ορισμένες από αυτές τις δοκιμές ήταν εμφανής (Nagano *et al.*, 2000a, 2000b) και την έρευνα για τις τεχνικές καλλιέργειας που εξασφαλίζουν ένα συνεχή ανεφοδιασμό που επίσης λείπει. Ως εκ τούτου, η περισσότερη δουλειά για τις τεχνικές μαζικής παραγωγής των βλεφαριδωτών και η έρευνα σχετικά με την δυνατότητα να χειραγωγήσουν τη θρεπτική τους αξία για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες της πρώτης τροφοδοσίας των προνυμφών πριν αυτές γίνουν μια βιώσιμη επιλογή.

Μια άλλη ενδιαφέρουσα εξέλιξη είναι η πρόσφατη έρευνα με εναλλακτικά είδη rotifers του είδους *Brachionus*. Οι Chigbu & Suchar (2006) ανέφεραν την επιτυχή απομόνωση και μαζική καλλιέργεια του θαλάσσιου rotifer *Colurella dicentra*, η οποία εμφανίζει ένα μέσο μήκος 93 μm και πλάτος 49 μm , ενώ οι Wullur *et al.*

(2009) τεκμηριώνουν τη καλλιέργεια των rotifer *Proales similis*, τα οποία εμφανίζουν μέσο μήκος του σώματος 83 μm και αντίστοιχα μέσω πλάτος 40 μm . Αυτά τα rotifer είναι ουσιαστικά μικρότερα από αυτά του είδους *Brachionus rotundiformis*, το πολύ μικρό στέλεχος του είδους *Brachionus* συνήθως χρησιμοποιούνται για τη σίτιση προνυμφών τροπικών ψαριών, τα οποία έχουν μέσο μήκος 134 μm και πλάτος 102 μm , αντίστοιχα (Wüller *et al.*, 2009).

Με τη χρήση παρόμοιων μεθόδων καλλιέργειας, τα rotifer μπορούν να καλλιεργηθούν για να επιτευχθούν συγκρίσιμα ποσοστά με εκείνα των τροχόζωων *Brachionus*. Ωστόσο, αν και οι Wüller *et al.* (2009) βρήκαν μια υψηλότερη συχνότητα τροφοδοσίας στη σφυρίδα, του είδους *Epinephelus septemfasciatus*, οι προνύμφες του είδους *Proales similis* σε σύγκριση με εκείνες του είδους *Brachionus rotundiformis*, δεν ήταν σαφείς οι ενδείξεις ότι η επιβίωση των προνυμφών ήταν καλύτερη. Ως εκ τούτου, υπάρχουν αμφιβολίες ως προς το αν η χρήση των εναλλακτικών ειδών rotifer θα αυξήσει την πιθανότητα μιας επιτυχημένης καλλιέργειας από προνύμφες ψαριών με μικρό στόμιο. Περαιτέρω έρευνα, είναι προφανές ότι απαιτείται, για τον έλεγχο των δυνατοτήτων των εναλλακτικών rotifer για την καλλιέργεια των προνυμφών των ψαριών με μικρό στόμιο.

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, αδρανής μικρό-διατροφές έχουν προσελκύσει σημαντικά το ενδιαφέρον λόγω των πλεονεκτημάτων τους στον εύκολο και ακριβή χειρισμό των θρεπτικών συστατικών, το χαμηλό κόστος παραγωγής και εύκολη χρήση τους. Ενώ τα παραπάνω αντιπροσωπεύουν το τελικό στόχο στη καλλιέργεια των προνυμφών (Yúfera *et al.*, 1999; Langdon *et al.*, 2007), δυστυχώς, η σημερινή κατάσταση της ανάπτυξης τις βλέπει σε μεγάλο βαθμό ασταθείς στο νερό, εμφανίζοντας κακή άνωση, παραμονή στη στήλη του νερού και συχνά δεν είναι ελκυστικές για τις προνύμφες των ψαριών, καθώς δεν είναι σε θέση να συμβάλλουν στην προώθηση ή τη δραστηριότητα των ενζύμων στο έντερο των προνυμφών (Gordon *et al.*, 1998; Chong *et al.*, 2002; Kanazawa, 2003; Langdon *et al.*, 2007).

Κατά συνέπεια, όλες οι δίαιτες, συνολικά, έχουν δείξει περιορισμένη επιτυχία στη πλήρη αντικατάσταση των ζωντανών τροφών στη καλλιέργεια των πρώιμων προνυμφών στα είδη ψαριών, συμπεριλαμβανομένων των διακοσμητικών ψαριών (Gordon *et al.*, 1998; Yúfera *et al.*, 1999; Cahu & Zambonino Infante, 2001; Kanazawa 2003). Για παράδειγμα, οι Gordon *et al.* (1998), και οι Gordon & Hecht (2002) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι, ακόμη και για τις προνύμφες του

anemonefish, του είδους *A. percula*, ένα σχετικά ανθεκτικό είδος στη καλλιέργεια των προνυμφών, η αποκοπή για πρώτη φορά από μια δίαιτα χωρίς να επηρεάζεται σημαντικά η επιβίωση τους ήταν 7-9 ημέρες μετά την εκκόλαψη. Παρ'όλα αυτά, με τη συνεχή ανάπτυξη και βελτίωση των μικρό-διατροφών, μπορούν να γίνουν όλο και πιο δεκτική στην εναλλακτική λύση για ζωντανές τροφές και αναμένεται να επιφέρουν σημαντική εξοικονόμηση κόστους στα εκκολαπτήρια με τη σταδιακή κατάργηση της δαπανηρής και εντατικής μελλοντικής παραγωγής των ζωντανών ζωοτροφών στα εργαστήρια (López-Alvarado *et al.*, 1994; Cahu & Zambonino Infante, 2001; Langdon *et al.*, 2007).

Αν και δεν είναι απαραίτητα δύσκολο για την καλλιέργεια των προνυμφών των θαλάσσιων διακοσμητικών ψαριών, η ποσότητα του θηράματος θα μπορούσε να είναι σημαντική στην εκτροφή σε ορισμένα είδη προνυμφών και μπορεί να έχουν σημαντικές συνέπειες στην επιτυχία της σίτισης, την ποιότητα του νερού και τελικά, στην επιβίωση και την ανάπτυξη προνυμφών (Houde, 1975, 1978; Duray *et al.*, 1996; Puvanendran & Brown, 1999).

Η καλύτερη ποσότητα θηράματος και τα όρια φαίνεται να είναι και για τα δύο είδη και ειδική ανά στάδιο (MacKenzie & Kjørboe, 1995; Puvanendran & Brown, 1999; Laurel *et al.*, 2001), και εξαρτώνται από παράγοντες, όπως η πυκνότητα των προνυμφών (Houde, 1975, 1977) η κινητικότητα, οι στρατηγικές που χρησιμοποιούνται από τις προνύμφες για την αναζήτηση τροφής (MacKenzie & Kjørboe, 1995; Laurel *et al.*, 2001), το φως και τα επίπεδα θολότητας (Grecay & Targett, 1996; Peña *et al.*, 2005) και της κίνησης του νερού στο σύστημα εκτροφής (Sundby & Fossum, 1990; MacKenzie & Kjørboe, 1995).

Στη εκτροφή των προνυμφών στα θαλάσσια διακοσμητικά ψάρια, ενώ αναφέρεται συχνά η πυκνότητα της λείας, φαίνεται να ποικίλλει ανάλογα με τον συγγραφέα και οι μεταβλητές που μπορεί να αλληλεπιδράσουν να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητά τους και όμως σπάνια λαμβάνονται υπόψη. Ως εκ τούτου, πρέπει να δίνεται προσοχή στη χρήση μιας συγκεκριμένης πυκνότητας θηράματος και θεωρούμε ότι είναι αυτή για όλα τα είδη, τα στάδια και τα συστήματα εκτροφής.

Κεφάλαιο 6

Συμπεράσματα

Η υδατοκαλλιέργεια διακοσμητικών ψαριών θαλασσινού νερού είναι ένας πολλά υποσχόμενος και αναπτυσσόμενος κλάδος ενώ χρειάζεται συστηματική μελέτη. Ωστόσο, σήμερα υπάρχει επιτακτική ανάγκη αντιμετώπισης των βασικών προβλημάτων καθώς και των προκλήσεων που πηγάζουν από την άνθηση του εμπορίου των διακοσμητικών ψαριών. Οι διαθέσιμες πληροφορίες που αντλούνται από τα εδάδια είδη ψαριών αποτελούν έναυσμα και στοιχειοθετούν μελλοντικές έρευνες για: τη βελτίωση της εκτροφής των διακοσμητικών ειδών σε συνθήκες αιχμαλωσίας.

Για να γίνει η υδατοκαλλιέργεια των θαλασσινών διακοσμητικών ψαριών περισσότερο διαχειρίσιμη και βιώσιμη απαιτείται περαιτέρω έρευνα στη:

- βελτίωση της διατροφής των γεννητόρων προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η αναπαραγωγική απόδοση
- χρήση ορμονών (ως τεχνική) στους γεννήτορες που αποτυγχάνουν να αναπαραχθούν με φυσικό τρόπο σε συνθήκες αιχμαλωσίας
- βελτίωση του συστήματος εκτροφής με στόχο την ανάπτυξη και επιβίωση των προνυμφών των διακοσμητικών ψαριών με μείωση του κόστους παραγωγής.
- δημιουργία ενός κατάλληλου περιβάλλοντος εκτροφής ως προς την ποιότητα του νερού.
- αξιοποίηση εναλλακτικών μεθόδων μαζικής εκτροφή ζωντανών τροφών που θα χρησιμοποιηθούν στην διατροφή των προνυμφών
- στη διερεύνηση και η κατανόηση των διαιτητικών απαιτήσεων των προνυμφών των διακοσμητικών ψαριών ώστε οι τροφές που θα χορηγούνται να εξασφαλίζουν τη βέλτιστη ανάπτυξη
- παρασκευή και κατάρτιση ελκυστικών και ισορροπημένων σιτηρεσίων

Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν αναμένεται να συμβάλουν σημαντικά:

- στην ανάπτυξη μιας οικονομικά βιώσιμης υδατοκαλλιέργειας θαλασσινών διακοσμητικών ψαριών.

- στη γνώση της βιολογίας των ειδών αυτών αλλά και στην κατανόηση του τρόπου διατήρησης των ενδιαιτημάτων των ψαριών (κοραλλιογενείς ύφαλοι).
- στον επανασχεδιασμό των συστημάτων εκτροφής, στη διαχείριση των γεννητόρων, στην κατάρτιση συγκεκριμένων τροφών κατάλληλων για τη διατήρηση των γεννητόρων, την αύξηση της ωοτοκίας και του παραγόμενου αριθμού αυγών.
- στη βελτίωση των συνθηκών εκτροφής των προνυμφών και των γεννητόρων.

7 Abstract

The increasingly popular aquarium hobby is fueling the rapid growth of the aquatic ornamental industry, particularly the trade of marine ornamental species. However, currently there is a heavy reliance on wild caught marine ornamentals to satisfy consumer demand. As public awareness of the plight of marine ecosystems grows, the often destructive and unmanaged exploitation of coral reefs for the marine ornamental trade has raised concerns. Therefore, there is consensus that urgent actions need to be taken to limit destructive exploitation of coral reefs, and to ensure the sustainability of the marine ornamental industry. An obvious and vital action of such efforts would be the development of captive breeding techniques for marine ornamental species, in particular, coral reef fish. Research efforts towards captive breeding of marine ornamental species, also known as marine ornamental aquaculture, stand to supplement or replace the supply of wild caught specimens for the marine ornamental trade, and potentially help boost reef recovery efforts through restocking.

However, unfortunately, the marine ornamental aquaculture sector is still in its infancy, receiving limited research attention, and, in turn, has experienced very slow development compared to the technical and industrial advances made in foodfish aquaculture. While it is true that at present, multiple bottlenecks have severely limited the progress of marine ornamental aquaculture, through careful appraisal and adaptation of culture techniques developed for foodfish, and by addressing the specific needs of marine ornamental aquaculture, significant progress could be made for the marine ornamental aquaculture industry. With this objective in mind, this review attempts to summarize the major bottlenecks facing the marine ornamental aquaculture industry, and to highlight weaknesses in the current state of research. Major areas in need of increased research efforts include broodstock management, such as the development of specific broodstock diets and broodstock husbandry, spawning induction via hormone technologies that are tailored to the size and sensitivity of small broodstock ornamentals, and comprehensive, species-specific larval rearing techniques, including system design and larval culture conditions as well as larval feeds and nutrition.

Keywords marine ornamental fish, captive breeding, broodstock management, larval rearing, culture techniques

8. Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

2. Διαδικτυακές πηγές www.marinebreeder.org)