

Σημειώσεις για το μάθημα «Ζωοτεχνία»

Υδατοκαλλιέργειες

Ναυσικά Καρακατσούλη
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια
Τμήμα ΕΖΠΥ

1. Εισαγωγή

Με τον όρο Υδατοκαλλιέργειες (Υ/Κ) εννοούμε την ελεγχόμενη εκτροφή ή καλλιέργεια υδρόβιων οργανισμών, με σκοπό την παραγωγή τροφίμων (ζωικής ή φυτικής υδρόβιας προέλευσης) υψηλής διατροφικής αξίας για τον άνθρωπο. Οι Υ/Κ διαφοροποιούνται από τις διαδικασίες της αλιείας, οι οποίες αναφέρονται στην σύλληψη υδρόβιων οργανισμών από το φυσικό τους περιβάλλον.

Βασικός στόχος των Υ/Κ είναι η παραγωγή τροφίμων άριστης ποιότητας να συνδυαστεί με χαμηλό κόστος παραγωγής, σε σύντομο χρονικό διάστημα, με σεβασμό στο υδρόβιο περιβάλλον (ελαχιστοποίηση ρύπανσης) και με σεβασμό στους εκτρεφόμενους οργανισμούς (εξασφάλιση ευζωίας).

Οι κυριότερες κατηγορίες υδρόβιων οργανισμών που παράγονται με τις Υ/Κ είναι: ψάρια (π.χ. τσιπούρα, λαβράκι, πέστροφα, σολομός, κυπρίνος κ.α.), Δίθυρα Μαλάκια (π.χ. μύδια, στρείδια κ.α.), Δεκάποδα Καρκινοειδή (π.χ. γαρίδες, αστακοί, караβίδες κ.α.), μακροφύκη, φυτοπλαγκτονικοί και ζωοπλαγκτονικοί οργανισμοί. Οι παρούσες σημειώσεις αφορούν σε μια γενική εισαγωγή της εφαρμογής Υ/Κ για την παραγωγή ψαριών.

2. Βασικές αρχές Υ/Κ

Η επιτυχέστερη εφαρμογή των Υ/Κ και η εξασφάλιση των βασικών τους στόχων, απαιτεί να απαντηθούν τα εξής ερωτήματα: Που μπορούν να εφαρμοστούν Υ/Κ; Ποιος υδρόβιος οργανισμός θα επιλεγεί για εκτροφή; Πως θα πραγματοποιηθεί η εκτροφή (ή Ποιο σύστημα παραγωγής ενδείκνυται να εφαρμοστεί); Η απάντηση των ερωτημάτων αυτών προϋποθέτει την αξιολόγηση όλων των εμπλεκόμενων παραμέτρων έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η καλύτερη δυνατή σχέση μεταξύ περιβάλλοντος εκτροφής, εκτρεφόμενου οργανισμού και κοινωνικό-οικονομικού οφέλους.

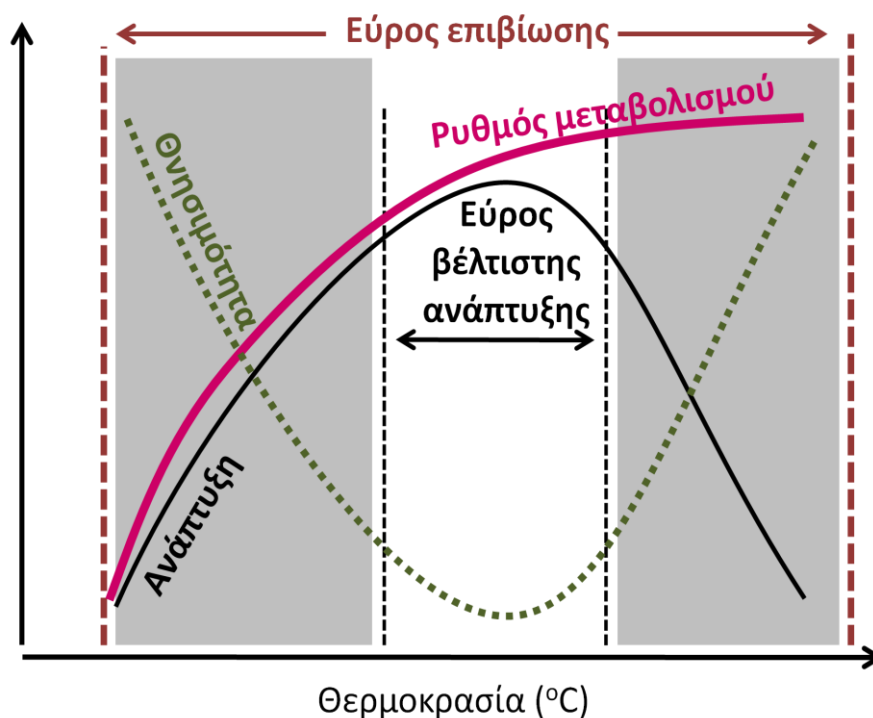
Που μπορούν να εφαρμοστούν Υ/Κ;

Οι βασικότερες συνιστώσες της απάντησης στο ερώτημα αυτό αφορούν στην αξιολόγηση της καταλληλότητας του διαθέσιμου νερού για Υ/Κ καθώς και της τοποθεσίας για τις απαραίτητες εγκαταστάσεις.

Νερό: Η σημασία της καταλληλότητας του διαθέσιμου νερού για Υ/Κ έγκειται στο γεγονός ότι αποτελεί το μέσο διαβίωσης των ψαριών και τα χαρακτηριστικά του πρέπει να είναι τέτοια ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του εκάστοτε εκτρεφόμενου είδους. Βασική προϋπόθεση για το νερό που θα χρησιμοποιηθεί είναι να είναι απαλλαγμένο από ρύπανση/μόλυνση και τοξικές ουσίες. Από τα διάφορα χαρακτηριστικά του νερού, η θερμοκρασία και η αλατότητα είναι εκείνα που κυρίως καθορίζουν το είδος του ψαριού που μπορεί να εκτραφεί, ενώ χαρακτηριστικά όπως το επίπεδο της πρωτογενούς παραγωγής και η παροχή/ποσότητα του νερού καθορίζουν κυρίως το σύστημα παραγωγής που μπορεί να εφαρμοστεί.

Μεταξύ των εκτρεφόμενων ειδών ψαριών υπάρχουν μεγάλες διαφορές ως προς τις βιολογικές θερμοκρασιακές απαιτήσεις, δηλαδή ως προς το εύρος της θερμοκρασίας όπου πραγματοποιούνται οι βασικές βιολογικές διεργασίες (π.χ. αναπαραγωγή, ανάπτυξη, επιβίωση). Έτσι, διακρίνουμε είδη ψυχρών υδάτων (π.χ. πέστροφα), είδη θερμών υδάτων (π.χ. κυπρίνος), άλλα και ευρύθερμα (ανθεκτικά σε μεγαλύτερες μεταβολές της θερμοκρασίας) είδη (π.χ. τσιπούρα, λαβράκι). Επιπλέον, τα ψάρια είναι ποικιλόθερμοι οργανισμοί, δηλ. δεν διατηρούν τη θερμοκρασία του σώματός τους σταθερή όπως συμβαίνει στα θηλαστικά, αλλά αυτή μεταβάλλεται ανάλογα με τη θερμοκρασία του νερού. Το γεγονός αυτό έχει πολύ μεγάλη σημασία για τις Υ/Κ καθώς αυξανόμενη της θερμοκρασίας του νερού αυξάνεται ο ρυθμός μεταβολισμού και κατ' επέκταση ο ρυθμός ανάπτυξης (Σχήμα 1). Μεγαλύτερος ρυθμός ανάπτυξης σημαίνει ότι τα ψάρια θα αποκτήσουν το εμπορεύσιμο μέγεθος πιο γρήγορα. Βέβαια, για κάθε είδος ψαριού υπάρχει ένα ανώτατο όριο θερμοκρασίας πέραν του οποίου θίγεται η ομοιοστασία του οργανισμού, επικρατούν καταβολικές διεργασίες και ο ρυθμός ανάπτυξης μειώνεται. Για να κριθεί λοιπόν ως κατάλληλο από άποψη θερμοκρασίας το νερό,

πρέπει να έχει προσδιοριστεί η μεταβολή της καθ' όλη τη διάρκεια της εκτροφής.



Σχήμα 1. Σχέση θερμοκρασίας νερού και ρυθμού ανάπτυξης υδρόβιων οργανισμών. Όταν η $T^{\circ}\text{C}$ μειώνεται κάτω από το κατώτερο όριο βέλτιστης ανάπτυξης, η ανάπτυξη μειώνεται γιατί μειώνεται ο ρυθμός μεταβολισμού. Όταν η $T^{\circ}\text{C}$ υπερβεί το ανώτατο όριο βέλτιστης ανάπτυξης, η ανάπτυξη πάλι μειώνεται γιατί υπερτερούν οι μεταβολικές εκείνες διεργασίες που προσπαθούν να διατηρήσουν την ομοιοστασία (εις βάρος βέβαια της ανάπτυξης). Η βέλτιστη θερμοκρασία αναπαραγωγής είναι συνήθως λίγο μικρότερη της αντίστοιχης για την ανάπτυξη

Αναφορικά με την αλατότητα, διακρίνουμε είδη ψαριών θαλασσινού, υφάλμυρου και γλυκού νερού. Η διαβίωση των ψαριών σε νερό τόσο διαφορετικής αλατότητας εξασφαλίζεται μέσω των μηχανισμών ιοντικής και ωσμωτικής ισορροπίας. Ένα ψάρι θαλασσινού νερού ζει σε περιβάλλον όπου η συγκέντρωση των αλάτων είναι μεγαλύτερη από εκείνη των εσωτερικών υγρών του, ενώ το αντίθετο συμβαίνει για τα ψάρια γλυκού νερού. Και στις δύο περιπτώσεις, οι μηχανισμοί ιοντικής και ωσμωτικής ισορροπίας αποσκοπούν (και επιτυγχάνουν) να διατηρήσουν την συγκέντρωση των υγρών του σώματός τους σταθερή. Εν τούτοις, για κάθε περίπτωση, οι μηχανισμοί αυτοί είναι σχεδόν αντίστροφοι, και έτσι

ένα ψάρι θαλασσινού νερού δεν μπορεί να επιβιώσει σε γλυκό νερό. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι τα ψάρια που πραγματοποιούν μεταναστεύσεις μεταξύ θαλασσινού και γλυκού νερού (π.χ. σολομός, χέλι) διαθέτουν την ικανότητα πλήρους αντιστροφής των μηχανισμών ιοντικής και ωσμωτικής ισορροπίας αφού παραμείνουν πρώτα για κάποιο διάστημα σε υφάλμυρα νερά. Επίσης, τα ευρέως εκτρεφόμενα θαλασσινά είδη τσιπούρα και λαβράκι, μπορούν να χαρακτηριστούν ως ευρύαλα είδη, καθώς είναι ανθεκτικά σε μεγαλύτερες μεταβολές της αλατότητας του νερού συγκριτικά με άλλα είδη.

Το επίπεδο της πρωτογενούς παραγωγής καθορίζει το σύστημα Υ/Κ που μπορεί να εφαρμοστεί. Εάν το διαθέσιμο νερό έχει ικανοποιητικά επίπεδα πρωτογενούς παραγωγικότητας (δηλ. του πρώτου επιπέδου της τροφικής αλυσίδας) μπορούν να εφαρμοστούν εκτατικά, ημικτατικά ή ημιεντατικά συστήματα Υ/Κ εκτρέφοντας οργανισμούς οι οποίοι διατρέφονται με φυτοπλαγκτόν ή/και υδρόβια φυτά. Επίσης, εάν η παροχή και ποσότητα του διαθέσιμου νερού δεν είναι περιοριστικός παράγοντας, τότε μπορούν να εφαρμοστούν εντατικά συστήματα Υ/Κ εκτρέφοντας οργανισμούς οι οποίοι διατρέφονται με οργανισμούς του δεύτερου και ανώτερου επιπέδου της τροφικής αλυσίδας. Ουσιαστικά, στην περίπτωση αυτή η διατροφή των εκτρεφόμενων οργανισμών βασίζεται εξολοκλήρου στην χορήγηση τεχνητών σιτηρεσίων που καλύπτουν τις διατροφικές απαιτήσεις κάθε είδους.

Περιοχή: Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για να αξιολογηθεί μία συγκεκριμένη περιοχή ως προς την καταλληλότητά της για υδατοκαλλιεργητική χρήση, διαφοροποιούνται ανάλογα με τον αν πρόκειται για εγκαταστάσεις εκτροφής στην ξηρά ή μέσα στην υδατοσυλλογή.

Εγκαταστάσεις εκτροφής στην ξηρά: ποσότητα νερού και τοπογραφία περιοχής (μέγεθος μονάδας), κλίμα (είδος οργανισμού, σύστημα παραγωγής), έδαφος (δυνατότητα χρησιμοποίησης τεχνητών υδατοσυλλογών).

Εγκαταστάσεις μέσα στην υδατοσυλλογή: Είδος υδατοσυλλογής (είδος οργανισμού, μέγεθος μονάδας), τοπογραφία γύρω περιοχής (δρόμοι, ηλεκτρικό ρεύμα, βοηθητικοί χώροι ξηράς), κλίμα (θερμοκρασία, άνεμοι, βιολογική δραστηριότητα)

Ποιος υδρόβιος οργανισμός θα επιλεγεί για εκτροφή;

Κριτήρια επιλογής κατάλληλων για Υ/Κ υδρόβιων οργανισμών

Κριτήρια εμπορευσιμότητας: α) Παραδοσιακές διατροφικές συνήθειες. β) Οργανοληπτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά (διατροφική αξία, υφή, οσμή, γεύση). γ) Εξωτερική εμφάνιση. δ) Δυνατότητα μεταποίησης (φιλετοποίηση, κάπνισμα, κονσερβοποίηση).

Βιολογικά κριτήρια: α) Ρυθμός ανάπτυξης. β) Αξιοποίηση τροφής. γ) Αποδοχή τεχνητού σιτηρεσίου. δ) Συμπεριφορά (επιθετικότητα, κανιβαλισμός). ε) Δυνατότητα ελεγχόμενης αναπαραγωγής. στ) Ανθεκτικότητα/ευαισθησία σε ασθένειες, stress, συνθήκες περιβάλλοντος διαβίωσης. ζ) Εύρος θερμοκρασίας και αλατότητας. η) Απαιτήσεις για ειδικές κατασκευές. θ) Δυνατότητα συνεκτροφής. ι) Δυνατότητα εφαρμογής εντατικών συστημάτων παραγωγής.

Οικονομικά κριτήρια: α) Κατάσταση εμπορίου – Τιμή τελικού προϊόντος. β) Εξασφάλιση διάθεσης. γ) Κόστος αρχικής επένδυσης – Χρόνος απόσβεσης. δ) Λειτουργικά έξοδα.

Πως θα πραγματοποιηθεί η εκτροφή (ή Ποιο σύστημα παραγωγής ενδείκνυται να εφαρμοστεί);

Τα συστήματα παραγωγής διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο διατροφής των εκτρεφόμενων ειδών και ανάλογα με τη χρήση του νερού.

Συστήματα παραγωγής ανάλογα με τον τρόπο διατροφής:

Εκτατικά (extensive):

- **Αποκλειστική αξιοποίηση της πρωτογενούς παραγωγής** (**ΔΕΝ** χορηγείται επιπλέον τροφή)
- Χαμηλή πυκνότητα εκτροφής
- Χαμηλή ανανέωση νερού

Εντατικά (intensive):

- **Αποκλειστική διατροφή με ισόρροπα σιτηρέσια**
- Υψηλή πυκνότητα εκτροφής
- Μεγάλη ανανέωση νερού
- Μεγιστοποίηση παραγωγικότητας

Ημι-εκτατικά, Ημι-εντατικά (semi-extensive, semi-intensive):

- Αξιοποίηση της πρωτογενούς παραγωγής ΚΑΙ χορήγηση συμπληρωματικής τροφής
- Πυκνότητα-ανανέωση νερού-παραγωγικότητα: ενδιάμεσα των προηγούμενων

Συστήματα παραγωγής ανάλογα με τη χρήση του νερού:

Ανοιχτά (open): Μέσα στη φυσική υδατοσυλλογή (θάλασσα, λίμνη, ποτάμι, λιμνοθάλασσα) π.χ. πλωτοί κλωβοί (ψάρια), πάσσαλοι, μακριές γραμμές (long-lines) (μύδια, μακροφύκη).

Ημίκλειστα (semi-closed): Το νερό εκτρέπεται από την φυσική του ροή ή αντλείται και διέρχεται από τους χώρους εκτροφής μία φορά πριν την απόρριψή του π.χ. χωμάτινες τεχνητές υδατοσυλλογές (ponds), τσιμεντένιες δεξαμενές (raceways, π.χ. πέστροφα)

Κλειστά (closed): Το νερό επανακυκλοφορεί αφού υποστεί κατάλληλη επεξεργασία π.χ. κλειστά συστήματα Υ/Κ (Recirculating Aquaculture Systems - RAS).

Όσο εντατικοποιείται το σύστημα παραγωγής (δηλαδή από τα εκτατικά προς τα εντατικά) τόσο αυξάνονται ή μειώνονται τα παρακάτω:

Δαπάνες (κόστος διατροφής, απαιτούμενες κατασκευές)	↑
Έκταση (επιφάνεια) υδατοσυλλογής εκτροφής	↓
Χρόνος Παραγωγής	↓
Πυκνότητα εκτροφής	↑
Ύψος Παραγωγής	↑
Ρυθμός Ανανεώσεως του νερού εκτροφής	↑
Απαραίτητη ποσότητα νερού	↓

Μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα ανοιχτών και κλειστών συστημάτων Υ/Κ:

Ανοιχτά (open) συστήματα Υ/Κ

Πλεονεκτήματα:

- Χαμηλό κόστος
- Απλή διαχείριση
- Μικρότερη ανάγκη σε εξειδικευμένο προσωπικό

Μειονεκτήματα:

- Αυξημένος κίνδυνος περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Αυστηρότεροι κανονισμοί-περιορισμοί

Κλειστά (closed) συστήματα Υ/Κ

Πλεονεκτήματα:

- Απόλυτος έλεγχος του περιβάλλοντος εκτροφής (+ της ποιότητας του νερού)
- Απουσία περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Λιγότεροι κανονισμοί-περιορισμοί

Μειονεκτήματα:

- Αυξημένο κόστος

- Ιδιαίτερη η ανάγκη σε εξειδικευμένο προσωπικό
- Πολύπλοκο σύστημα (συνεχής ανάγκη ελέγχου, συντήρησης, πρόνοια για έκτακτες καταστάσεις)

Φυσικά, οι δύο βασικές κατηγορίες συστημάτων παραγωγής (δηλ. ανάλογα με τον τρόπο διατροφή και τη χρήση του νερού) μπορούν να συνδυαστούν. Για παράδειγμα, **εντατικό-ανοιχτό** είναι το σύστημα που ακολουθείται για την εκτροφή της τσιπούρας και του λαβρακιού σε πλωτούς κλωβούς, ενώ **εντατικό-ημίκλειστο** είναι το σύστημα που ακολουθείται για την εκτροφή της πέστροφας σε τσιμεντένιες μακρόστενες δεξαμενές.

3. Κύριες φάσεις (στάδια) της διαδικασίας της παραγωγής στις Υ/Κ.

Σκοπός είναι να εξασφαλιστούν όλα τα στάδια του βιολογικού κύκλου. Τα παρακάτω στάδια αφορούν σε όλα τα συστήματα παραγωγής εκτός του εκτατικού.

1. **Συλλογή – Επιλογή και συντήρηση γεννητόρων.** Από φυσικούς πληθυσμούς ή από εκτρεφόμενους πληθυσμούς μετά από επιλογή βάσει π.χ. των εξωτερικών χαρακτηριστικών, τον αριθμό και την ποιότητα των απογόνων ή και άλλων χαρακτηριστικών.
2. **Γεννητική ωρίμανση.** Σκοπός είναι ο συγχρονισμός της γεννητικής ωρίμανσης των γεννητόρων εντός ή εκτός της χρονικής περιόδου φυσικής ωρίμανσης. Σε αυτή τη φάση, οι γεννήτορες μπορεί να απαιτούν ειδικές συνθήκες διαβίωσης και διατροφής. Η γεννητική ωρίμανση συνήθως επιτυγχάνεται με χορήγηση ορμονών (π.χ. κυπρίνοι) ή με ειδικές συνθήκες φωτοπεριοδισμού και θερμοκρασίας (π.χ. τσιπούρα, λαβράκι).
3. **Τεχνητή γονιμοποίηση.** Αφορά στην παραλαβή και ανάμιξη αυγών και σπέρματος με σκοπό την επίτευξη μεγάλου ποσοστού γονιμοποιημένων αυγών. Για τσιπούρα και λαβράκι: τα γονιμοποιημένα αυγά συλλέγονται με συλλέκτες στο σημείο απομάκρυνσης του νερού εκτροφής από τις δεξαμενές των γεννητόρων.

4. **Επώαση και εκκόλαψη αυγών.** Πραγματοποιείται σε συσκευές επώασης και εκκόλαψης των αυγών, οι οποίες εξασφαλίζουν άριστη ποιότητα νερού και συνεχή ανακίνηση των αυγών.
5. **Επιβίωση και ανάθρεψη νεαρών ατόμων.** Μετά την εκκόλαψη τα νεαρά ιχθύδια φέρουν ακόμα την λέκιθο του αυγού από την οποία και τρέφονται τις πρώτες ημέρες (ενδογενής τροφή). Μετά την απορρόφηση της λεκίθου πρέπει να αρχίσει η χορήγηση εξωγενούς τροφής. Για τσιπούρα και λαβράκι: επειδή το μέγεθος του στόματος των ιχθυδίων είναι πολύ μικρό και δεν μπορούν να παρασκευαστούν κατάλληλες τροφές, τα ιχθύδια τρέφονται με ζωοπλαγκτονικούς και φυτοπλαγκτονικούς οργανισμούς. Μεγαλώνοντας, σταδιακά αρχίζει η χορήγηση τεχνητών σιτηρεσίων.
6. **Κύρια εκτροφή.** Για τσιπούρα και λαβράκι: Τα ιχθύδια σε βάρος από 2 έως 10 g, μεταφέρονται στους χώρους κύριας εκτροφής (π.χ. πλωτοί κλωβοί) με σκοπό την ανάπτυξή τους έως το εμπορεύσιμο βάρος τους (περίπου 300-400 g σε 16-18 μήνες)