

Α.Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ



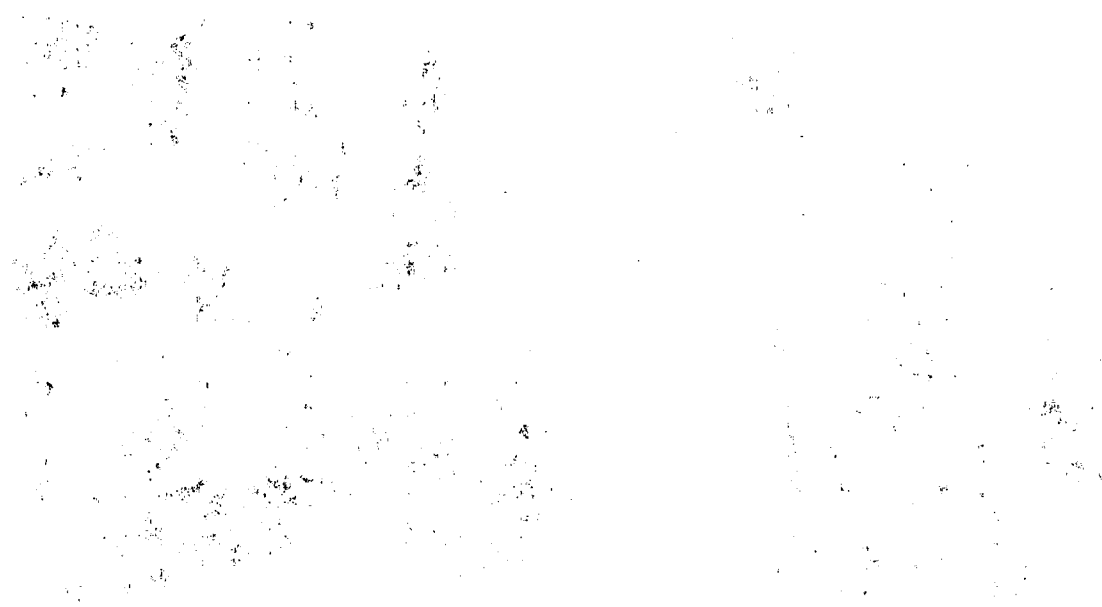
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ

**ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ  
ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ**

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΜΠΑΤΑΡΓΙΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΚΟΛΙΟΔΕΔΕ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2003



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

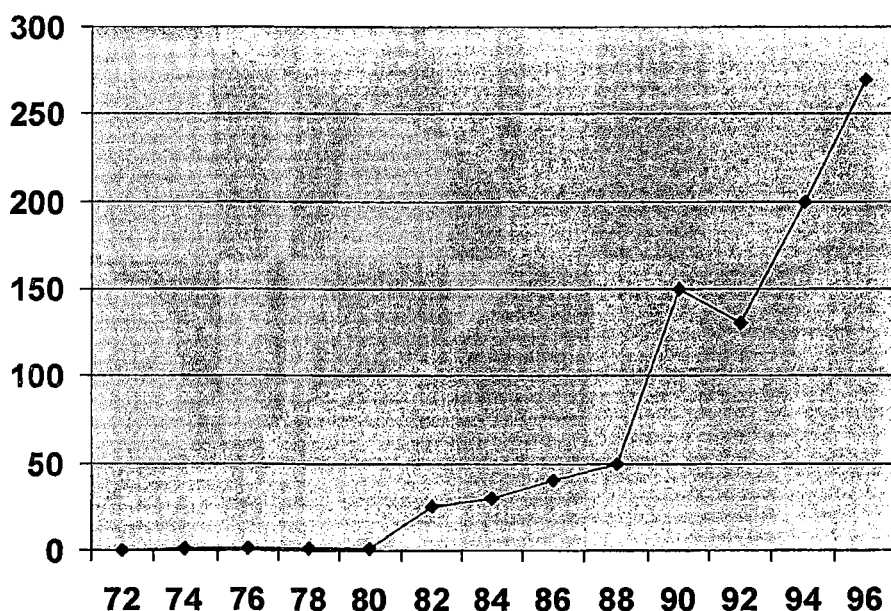
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</b>	
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΙΖΟΥΝ	
ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ.....	7
<i>Ποιοτικά χαρακτηριστικά.....</i>	7
<i>Ποσοτικά χαρακτηριστικά.....</i>	8
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ.....	9
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΟΣΟΤΙΚΩΝ	
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ.....	11
α) κανονική κατανομή.....	11
β) μέσος όρος	
μετρήσεων.....	12
γ) μέτρηση της ποικιλομορφίας.....	12
δ) διακύμανση.....	12
Κυριαρχική διακύμανση.....	14
Επιστατική διακύμανση.....	14
Προσθετική διακύμανση.....	14
<b>ΚΛΗΡΟΝΟΜΗΣΙΜΟΤΗΤΑ</b>	
ΚΛΗΡΟΝΟΜΗΣΙΜΟΤΗΤΑ.....	18
ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ.....	22
<b>ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ</b>	
<b>ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ</b>	
ΕΠΙΛΟΓΗ.....	25
ΤΥΠΟΙ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ.....	26
1)κατευθύνουσα επιλογή.....	26
2)αποκλίνουσα επιλογή.....	26
3)σταθεροποιούσα επιλογή.....	27
4)να μην γίνει επιλογή.....	27
ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΝΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ	
ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ.....	29
ΣΧΗΜΑΤΑ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ.....	32
ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ (INDIVIDUAL SELECTION.....	32
Γενικά.....	32
1) Διαδοχική επιλογή.....	33
2) Ανεξάρτητη επιλογή.....	34
Απαραίτητες γνώσεις για την εφαρμογή του προγράμματος	
επιλογής.....	34

ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΠΟ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΔΕΛΦΩΝ.....	37
1)οικογενειακή επιλογή ( <i>Between family selection</i> ).....	37
2)Επιλογή αδελφών.....	38
3) Ενδοοικογενειακή επιλογή.....	38
4)Απογονική επιλογή.....	38
Απαιτήσεις επιλογής οικογένειας.....	41
ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΕΠΙΛΟΓΗ.....	42
Απόκριση στην επιλογή.....	43
<b>ΥΒΡΙΔΙΣΜΟΣ</b>	
ΥΒΡΙΔΙΣΜΟΣ.....	45
Χρήσεις του υβριδισμού.....	45
Πως, τελικά εφαρμόζεται ο υβριδισμός;.....	46
Τύποι διασταυρώσεων υβριδισμού.....	47
ΕΤΕΡΩΣΗ.....	49
<b>ΟΜΟΜΕΙΞΙΑ</b>	
Ομομειξία.....	52
Χρήσεις της ομομειξίας.....	53
Υπολογισμός ομομειξίας.....	54
<b>ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ</b>	
<b>ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ</b>	
ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΕ ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ	
ΠΟΣΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ.....	57
Χειρισμοί των χρωμοσωμάτων.....	57
Γενετική μηχανική.....	57
Μεταφορά γονιδίων.....	58
Μεταφορά γονιδίων στα γεννητικά υλικά των γεννητόρων.....	58
Με την βοήθεια του ηλεκτρισμού ( <i>electroporation</i> ).....	59
<b>ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ</b>	
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ	
ΠΟΣΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ.....	61
Περιβαλλοντική διακύμανση.....	62
<b>ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ</b>	
<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗ</b>	
ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣ	
ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ.....	67
Βασικά στοιχεία γενετικού προγράμματος.....	67
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	72
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	76

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η καλλιέργεια των ψαριών άρχισε στη Ασία ( Κίνα και Άπω Ανατολή) γύρω στο 500 π.Χ. , ίσως και πιο πριν. Από την αρχή ακόμα δόθηκε έμφαση στην αύξηση των ποσοτήτων των παραγόμενων ειδών. Καθώς η υδατοκαλλιέργεια εξαπλωνόταν σε όλο τον κόσμο, νέα είδη προστέθηκαν στα ήδη πολλά εκτρεφόμενα, καθώς και νέες μέθοδοι εκτροφής που έκαναν την καλλιέργεια αποδοτικότερη.

Σήμερα οι υδατοκαλλιέργειες συνιστούν έναν ταχύτατα αναπτυσσόμενο κλάδο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η καλλιέργεια του σολομού στην Νορβηγία. Ξεκίνησε το 1972 και ως το 1996, είχε φτάσει τους 300000 ton /έτος.



Παραγωγή του σολομού του Ατλαντικού και της πέστροφας στην Νορβηγία (από Gjerde 1997)

Εκτός από ψάρια, τα οποία αντιπροσωπεύουν το 50% της παγκόσμιας υδατοκαλλιεργητικής παραγωγής, στην υδατοκαλλιέργεια περιλαμβάνονται και τα μαλάκια (π.χ. χταπόδια), καρκινοειδή (π.χ. γαρίδες), ακόμη και φυτά (π.χ. Ulna).

Ο ρυθμός όμως αυτή της σημαντικής ανάπτυξης, άρχισε να εμφανίζει σημάδια στασιμότητας από το 1994 (Κεντούρη 1995). Ένας απ' τους κύριους λόγους αυτής της κάμψης είναι τα μειωμένα περιθώρια κέρδους. Προκειμένου λοιπόν να αυξηθούν τα περιθώρια κέρδους απαιτούνται συνδυασμένες προσπάθειες μείωσης του κόστους. Αυτές οι προσπάθειες μπορεί να αφορούν την καλύτερη αύξηση του οργανισμού, τον μεγαλύτερο συντελεστή μετατρεψιμότητα της τροφής, την αύξηση στην αντίσταση των οργανισμών και επομένως την μείωση του κόστους που συνεπάγεται η θεραπεία τους καθώς και πολλά άλλα. Η γενετική μπορεί να παίξει καθοριστικό ρόλο σε όλους αυτούς τους τομείς βοηθώντας παράλληλα με άλλους κλάδους της βιολογίας, τόσο στην κατανόηση της βιολογίας του είδους, όσο και στην καλύτερη δυνατή χρησιμοποίηση τους για ένα καλύτερο τελικό προϊόν, δηλαδή στην γενετική του βελτίωση.

Πειράματα στην γενετική βελτίωση των οργανισμών ξεκίνησαν σε θηλάστηκα (χοιρινά, βοοειδή) και πουλερικά γύρω στο 1940 και η αύξηση της παραγωγής των ειδών αυτών, ήταν ραγδαία. Για παράδειγμα, στα βοοειδή, μέσα σε 40 χρόνια, η παραγωγή τους έφτασε από το 100 στο 250, ενώ στα πουλερικά, από το 100, στο 280. μόλις το 1970 άρχισαν να γίνονται στην ιχθυοκαλλιέργεια. Αυτό έγινε κυρίως όχι γιατί δεν υπήρχε το κατάλληλο γνωστικό υπόβαθρο ή λόγω έλλειψης ενδιαφέροντος, αλλά γιατί το υδάτινο περιβάλλον δεν ευνοούσε την διεξαγωγή των πειραμάτων. Η αρχή έγινε στην Νορβηγία με τον σολομό και την πέστροφα. Σιγά σιγά, τέτοια προγράμματα γενετικής βελτίωσης οικονομικών χαρακτηριστικών άρχισαν να χρησιμοποιούνται και σε άλλα είδη ψαριών, όπως η τιλάπια, καθώς και σε πολλούς άλλους θαλάσσιους οργανισμούς όπως στις γαρίδες και τα στρείδια. Τα πρώτα πειράματα αφορούσαν κυρίως τον ρυθμό αύξησης. Αργότερα επεκτάθηκαν και στην αντίσταση στις ασθένειες και στην ποιότητα της σάρκας.

Στα αρχικά πειράματα που διεξήχθησαν, η απόκριση στην επιλογή για τον ρυθμό αύξησης, κυμαινόταν από 10,1% έως 23%, το οποίο ποσοστό είναι κατά πολύ μεγαλύτερο απ' ό τι των θηλαστικών, γεγονός το οποίο οφείλεται στην μεγάλη ποσότητα γεννητικών υλικών που παράγουν τα ψάρια.

Τα παραπάνω αποτέλεσαν ερέθισμα για την εκπόνηση της παρούσης πτυχιακής εργασίας. Σε αυτήν την εργασία γίνεται εκτενής αναφορά στις μεθόδους γενετικής βελτίωσης των χαρακτηριστικών σε ιχθυοπληθυσμούς, προκειμένου να

αναδειχθεί η σημασία της αξιοποίησης του γενετικού υπόβαθρου σε πρόγραμμα γενετικής βελτίωσης. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στην συμβολή του περιβάλλοντος στην βελτίωση ενός ιχθυοπληθυσμού αλλά και παράλληλα υπογραμμίζεται ότι δεν αρκούν εξαιρετικές περιβαλλοντικές συνθήκες για την βελτίωση ενός ιχθυοπληθυσμού.

## **ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**



## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΙΖΟΥΝ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

Παρ' όλο που οι γενετιστές και οι παραγωγοί προσπαθούν να χειριστούν τα γονίδια του ψαριού που θέλουν να βελτιώσουν, στην πραγματικότητα χειρίζονται και τα μετράνε άμεσα, μέσω του φαινοτύπου. Έτσι, ο φαινότυπος είναι αυτός που αναλύεται και μελετάται. Γι' αυτόν τον λόγο είναι απαραίτητη η καλή γνώση του φαινοτύπου.

Όπως είναι ήδη γνωστό, τα χαρακτηριστικά ενός οργανισμού χωρίζονται σε ποιοτικά και ποσοτικά. Αν και οι δύο βασικοί τύποι χαρακτηριστικών είναι αποτέλεσμα έκφρασης της ίδιας βιολογικής μονάδας -του γονιδίου- ο καθένας πρέπει να αναλυθεί με διαφορετικό τρόπο και να προσεγγιστεί από διαφορετική σκοπιά.

### Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Οι ποιοτικοί φαινότυποι είναι πιο εύκολο να κατανοηθούν από το ευρύ κοινό γιατί διέπονται από τις Μεντελικές αρχές. Οι οργανισμοί, μπορούν να παρουσιάσουν ένα φαινότυπο ή να παρουσιάσουν έναν άλλον. Για παράδειγμα :

Αλφικό ή με χρώματα γατόψαρο (channel catfish)

Μπλε ή με συνηθισμένα χρώματα κυπρίνος (common carp)

Με αιχμηρή ή στρογγυλή ουρά guppies

Με καμπούρα ή χωρίς τσιπούρα (Sparus auratus)

Επειδή τα άτομα ανήκουν σε διακριτές κατηγορίες, υπάρχουν και συγκεκριμένες αναλογίες μεταξύ των κατηγοριών αυτών : 3:1, 10:1, 1:0, 1:1, 9:7, 100:1. οι συγκεκριμένες αυτές αναλογίες, εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες μέσα στον πληθυσμό, όπως ο αριθμός των γονιδίων που απαιτείται για την παραγωγή του φαινοτύπου, το μοντέλο της λειτουργίας του γονιδίου και η γονιδιακή συχνότητα.

Όπως προαναφέρθηκε, η γενετική των ποιοτικών φαινοτύπων είναι απλή και διέπεται από τους κανόνες του Mendel και της κλασσικής γενετικής. Τα περισσότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά ελέγχονται από ένα, δύο, ή το πολύ

τρία γονίδια. Η έκφραση του φαινοτύπου εξαρτάται από τον αριθμό των γονιδίων.

### *Ποσοτικά χαρακτηριστικά*

Τα ποσοτικά χαρακτηριστικά είναι εκείνα που περισσότερο μετριοούνται, παρά περιγράφονται. Δεν διαχωρίζουν τα άτομα σε κατηγορίες όπως αλφικό ή έγχρωμο. Άντ' αυτού, οι τιμές κάθε ποσοτικού χαρακτηριστικού ακολουθούν μία κατανομή που τις περισσότερες φορές τείνει προς την κανονική κατανομή. Συνήθως τα ποσοτικά χαρακτηριστικά είναι σημαντικά στην παραγωγή για παράδειγμα το μήκος, το βάρος, η βιωσιμότητα, η περιεκτικότητα σε λίπος και υγρασία κλπ. Μετρώνται με την βοήθεια μονάδων, όπως γραμμάρια, χιλιοστά, αυγά/ kgr θηλυκού.

Όπως προαναφέρθηκε, επειδή οι ποσοτικοί φαινότυποι μετρώνται, δεν είναι δυνατόν να χωριστούν σε κατηγορίες όπως αλφικό, έγχρωμο ή καμπούρικο. Οι φαινότυποι σε έναν πληθυσμό προσδιορίζονται από τον μέσο όρο, την διακύμανση, το εύρος και παρόμοια τέτοια μεγέθη.

Τα ποσοτικά χαρακτηριστικά ελέγχονται από πολλά γονίδια όπου το καθένα συνεισφέρει ένα πολύ μικρό ποσοστό στον φαινότυπο. Αυτό έχει ως συνέπεια τα αποτελέσματα τους να μην γίνονται εμφανή με Μεντελικές μεθόδους.

Στην παρούσα εργασία ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ποσοτικά χαρακτηριστικά. Όπως προαναφέρθηκε, οι φαινότυποι αυτοί είναι πολύ σύνθετοι. Τα γονίδια που τους ελέγχουν μπορεί να είναι 10, 20, 100 και σε αρκετές περιπτώσεις μπορεί να ξεπερνούν και τα 1000. Ο τρόπος έκφρασης αυτών των γονιδίων είναι μέχρι στιγμής άγνωστος. Τα ποσοτικά χαρακτηριστικά δεν μπορούν να περιγραφούν (π.χ. αν ένας σολομός έχει κόκκινο ή άσπρο κρέας ή αν μια τσιπούρα έχει καμπούρα ή όχι), αλλά μπορούν να μετρηθούν. Γι' αυτό ονομάζονται και μετρικά χαρακτηριστικά.

Σ' αυτήν την κατηγορία ανήκουν το βάρος, το μήκος, η βιωσιμότητα και η γονιμότητα.

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Λίγα έχουν γίνει για την βελτίωση χαρακτηριστικών ποιότητας. Κυρίως οι παρεμβάσεις γίνονται με την βοήθεια της εσκεμμένης ομομειξίας και με μοριακές μεθόδους.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό του σολομού. Για την βελτίωσή του επιλέχθηκαν φαινότυποι που έχουν να κάνουν με την έκφραση των παρακάτω χαρακτηριστικών :

Χρώμα σάρκας : Είναι πολύ σημαντικός παράγοντας όσον αφορά την προτίμηση των καταναλωτών το χρώμα της σάρκας του σολομού. Επιπλέον το χρώμα της σάρκας επηρεάζει και την ποιότητα των μεταποιημένων προϊόντων που έχουν ως βάση τον σολομό. Γενικά, τα άτομα της οικογένειας Salmonidae, δεν μπορούν να συνθέσουν καροτενοειδή, τα οποία είναι σημαντικά για την ποιότητα της σάρκας του ψαριού. Η γενετική βελτίωση, μπορεί να βοηθήσει στην εξοικονόμηση χρημάτων, αφού γίνονται προσπάθειες να εμπλουτιστεί η σάρκα μέσω της τροφής που χορηγείται στα ψάρια.

Σχήμα σώματος : Αν και θεωρείται εξίσου σημαντικός παράγοντας με το χρώμα της σάρκας, δεν έχουν γίνει αρκετές μελέτες. Συνήθως απαιτούνται χρονοβόρες και ακριβές διαδικασίες, όπως χημικές αναλύσεις. Παρ' όλα αυτά, νέοι μέθοδοι έχουν ανακαλυφθεί τα τελευταία χρόνια, όπως είναι η Infrared Reflectance Analysis (NIRA) κυρίως για την πέστροφα (Gjerde and Martens, 1987; Valdes et al., 1989) και η computerized tomography (CT) για πέστροφα (Gjerde, 1987) και για σολομό (Rye, 1991).

Περιεκτικότητα σε λίπος : το ολικό λίπος αναμένεται να είναι εύκολο να μεταβληθεί γενετικά, αφού έχει υψηλή κληρονομησιμότητα (Gjerde and Rye, 1992). Από την βιβλιογραφία που ήδη υπάρχει και από πειράματα που έγιναν σε άτομα της οικογένειας Salmonidae, υπάρχει γενετική συσχέτιση ανάμεσα στην περιεκτικότητα του σώματος σε λίπος και το ολικό βάρος στον σολομό (Rye and Gjerde, 1992).

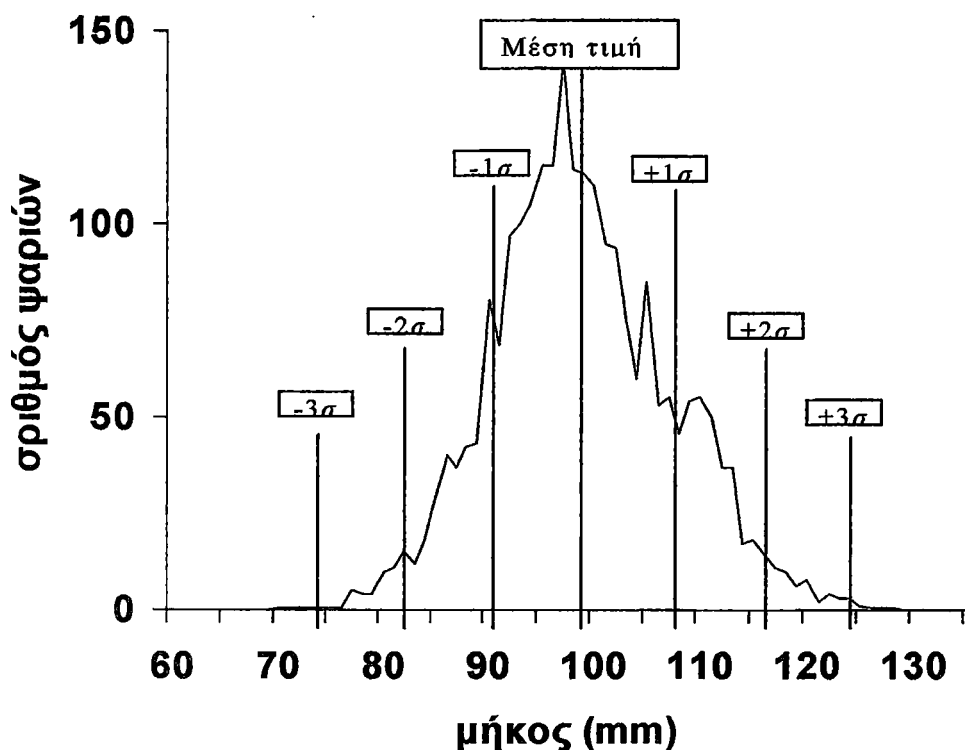
Κατανομή λίπους : προς το παρόν δεν υπάρχει το απαραίτητο γνωστικό υπόβαθρο για την κατανομή του λίπους στον σολομό, λόγω του υψηλού κόστους των μελετών. Παρ' όλα αυτά, έχουν αρχίσει να γίνονται διάφορα πειράματα που βασίζονται στην CT. η μέθοδος χρησιμοποιείται για τον

καθορισμό των φαινοτυπικών και γενοτυπικών παραμέτρων του χαρακτηριστικού.

Σύσταση λίπους : στόχος είναι η αύξηση των Ω-3 λιπαρών οξέων (PUFA) (Skjervold, 1993). Ο σολομός έχει υψηλή τιμή Ω-3 (0.04) (Skjervold, 1993) σε σχέση με άλλους οργανισμούς. Παρ' όλο που είναι γνωστό ότι υπάρχει γενετική συσχέτιση ανάμεσα στην περιεκτικότητα σε Ω-3 και στην διατροφή, δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία για περαιτέρω μελέτες.

Ενδοσπλαχνικό λίπος : αυτό αυξάνεται κατά την περίοδο ωρίμανσης του σολομού και είναι αντιστρόφως ανάλογο της σάρκας του. Αυτό σημαίνει ότι αυτό μειώνεται καθώς το ψάρι ωριμάζει γεννητικά. Επίσης, ο Rye και ο Gjerde (1992), παρατήρησαν ότι υπάρχει αρνητική γενετική συσχέτιση του ενδοσπλαχνικού λίπους και του λίπους της σάρκας. (Morten Rye, 1994).

Σε έναν πληθυσμό οι ποσοτικοί φαινότυποι περιγράφονται κυρίως από την τάση τους να βρίσκονται περισσότερο ή λιγότερο κοντά στην μέση τιμή ενός χαρακτηριστικού που αφορά το σύνολο του πληθυσμού. Συνήθως, αυτή η ιδιότητα εκφράζεται με μια κανονική κατανομή.



*Κανονική κατανομή που αφορά το μήκος σε τιλάρια ηλικίας 3 μηνών. (Από Tave, 1993)*

#### α) κανονική κατανομή

Κάθε γονίδιο ακολουθεί την Μεντελική κληρονομικότητα. Και τα δύο αλληλόμορφα σε κάθε γονιδιακή θέση διαχωρίζονται ανεξάρτητα κατά την διάρκεια της μείωσης, έτσι ώστε ο γαμέτης να λαμβάνει μόνο το ένα. Λόγω του ότι εμπλέκονται πολλές γονιδιακές θέσεις στην παραγωγή ενός ποσοτικού χαρακτηριστικού και επειδή κάθε αλληλόμορφο υφίσταται διαχωρισμό συγχρόνως και ανεξάρτητα από τα

άλλα, η γονιδιακή δυναμικότητα των γαμετών διαφέρει, γεγονός που έχει ως συνέπεια να διαφέρουν και οι απόγονοι ως ένα βαθμό μέσα στον πληθυσμό. Αποτέλεσμα είναι η κανονική κατανομή των φαινοτύπων. Όπως προκύπτει από την μελέτη ενός ποσοτικού χαρακτηριστικού σ' ένα μεγάλο πληθυσμό, αρχικά λίγα και προοδευτικά περισσότερα άτομα βρίσκονται πιο κοντά στην μέση τιμή του πληθυσμού.

*β) μέσος όρος μετρήσεων*

Εκφράζεται ως η αριθμητική μέση τιμή, δηλαδή το άθροισμα των ιδιαίτερων μετρήσεων δια του αριθμού των μετρήσεων.

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N}$$

*γ) μέτρηση της ποικιλομορφίας*

για να συγκριθούν 2 πληθυσμοί δεν αρκεί να είναι γνωστή μόνο η μέση τιμή του χαρακτηριστικού. Είναι απαραίτητη και η γνώση της ποικιλομορφίας. Επί παραδείγματι, δύο πληθυσμοί με ίδιες μέσες τιμές ( $\mu_1 = \mu_2$ ) μπορεί να μην είναι το ίδιο ποικιλόμορφοι. Η πιο χρήσιμη μέτρηση της ποικιλομορφίας είναι η τυπική απόκλιση. Η τυπική απόκλιση, προσδιορίζεται με τον εξής τύπο :

$$SD = S = \frac{\sqrt{S(X - \bar{X})^2}}{N - 1}$$

Όπου N το μέγεθος του δείγματος και

$X - \bar{X}$  η διαφορά της κάθε τιμής από την Μ.Τ.

Αν το δείγμα αντιπροσωπεύει πλήρως την ποικιλομορφία σ' όλο τον πληθυσμό, τότε η τυπική απόκλιση S του δείγματος αντιπροσωπεύει την τυπική απόκλιση  $\sigma$  του πληθυσμού.

*δ) διακύμανση*

το τετράγωνο της τυπικής απόκλισης λέγεται διακύμανση ή μεταβλητότητα και συμβολίζεται  $V_p$ . Χρησιμοποιείται ως μία έκφραση της ποικιλομορφίας λόγω της προσθετικής φύσης των όρων της. Είναι το άθροισμα της γενετικής διακύμανσης  $V_G$ , της περιβαλλοντικής διακύμανσης  $V_E$ , και της μεταξύ τους αλληλεπίδραση  $V_{G-E}$ .

Όλοι οι φαινότυποι ελέγχονται ως ένα βαθμό από το περιβάλλον (π.χ. ο φαινότυπος που αφορά το ύψος, δεν μπορεί

να εκφραστεί αν δεν περιλαμβάνεται στην διατροφή του ατόμου η απαραίτητη ποσότητα ασβεστίου). Το περιβάλλον είναι σημαντικός παράγοντας που κυρίως επηρεάζει την παραγωγή συνεχών κατανομών των ποσοτικών χαρακτηριστικών ενός πληθυσμού. Επειδή οι ποσοτικοί φαινότυποι σχηματίζουν μια κανονική κατανομή, ο μόνος τρόπος να μελετηθεί είναι η ανάλυση της διακύμανσης στα επιμέρους συστατικά της. Έτσι είναι ευκολότερο να κατανοηθεί και να μελετηθεί. Η φαινοτυπική διακύμανση ( $V_P$ ) που παρατηρείται σε ένα ποσοτικό χαρακτηριστικό, είναι το άθροισμα της γενετικής ( $V_G$ ), της περιβαλλοντικής ( $V_E$ ) και της μεταξύ τους αλληλεπίδρασης ( $V_{G-E}$ ).

$$V_P = V_G + V_E + V_{G-E}$$

Η διακύμανση, παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον, γιατί σκοπός του κάθε προγράμματος είναι να εκμεταλλευτεί και να αλλάξει το γενετικό δυναμικό ενός πληθυσμού, προκειμένου να τον βελτιώσει. Η γενετική διακύμανση με την σειρά της αποτελείται από την προσθετική γενετική διακύμανση την κυριαρχική γενετική διακύμανση ( $V_D$ ) και την επιστατική γενετική διακύμανση ( $V_I$ ).

$$V_G = V_A + V_D + V_I$$

Αυτές αναφέρονται στις συνιστώσες της γενετικής διακύμανσης και όχι στον τρόπο γονιδιακής δράσης ενός συγκεκριμένου γονιδίου. Το κάθε ένα από αυτά, κληρονομείται με διαφορετικό τρόπο και σε συνδυασμό με τις αναλογικές τους ποσότητες είναι από τα πιο σπουδαία κομμάτια σε ένα πρόγραμμα επιλογής. Αφού λοιπόν το καθένα κληρονομείται με διαφορετικό τρόπο, διαφορετικά προγράμματα βελτίωσης είναι απαραίτητα για την έρευνα κάθε τύπου γενετικής διακύμανσης με σκοπό την βελτίωση της παραγωγής.

Όταν κάποιος δουλέψει με ένα ποσοτικό φαινότυπο πρέπει να έχει υπ' όψιν του το μέγεθος της διακύμανσης, καθώς και τις αναλογικές ποσότητες των προσθετικών, κυρίαρχων και επιστατικών γενετικών διακυμάνσεων.

### Κυριαρχική διακύμανση

Η κυριαρχική διακύμανση  $V_D$ , είναι η διακύμανση που οφείλεται στην αλληλεπίδραση των αλληλομόρφων σε κάθε γονιδιακή θέση. Επειδή τα ζεύγη των αλληλομόρφων γονιδίων διαχωρίζονται κατά την διάρκεια της μείωσης, η  $V_D$  δεν κληρονομείται αυτούσια, αλλά δημιουργείται εκ νέου σε κάθε γενιά. Αυτό συμβαίνει διότι τα αλληλόμορφα δεν μπορούν να μεταφερθούν σε ζεύγη και έτσι δεν είναι δυνατόν να κληρονομηθεί η αλληλεπίδρασή τους. Τα αλληλόμορφα που εμπλέκονται στην διακύμανση, μεταφέρονται από τους γονείς στους απογόνους. Αλλά το  $V_D$  είναι η διακύμανση που παράγεται από την αλληλεπίδραση των αλληλομόρφων όταν αυτά βρίσκονται σε ζεύγη. Κατά την διάρκεια της μείωσης τα ομόλογα χρωμοσώματα και τα ζεύγη των αλληλομόρφων χωρίζονται και το γενετικό υλικό γίνεται από διπλοειδές απλοειδές. Οι γαμέτες είναι απλοειδείς γι' αυτό δεν περιέχουν την κυριαρχική διακύμανση που σημαίνει ότι δεν μπορεί να κληρονομηθεί και αυτό γιατί δεν είναι δυνατόν να κληρονομηθεί η αλληλεπίδραση μεταξύ των αλληλομόρφων. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι ένα ψάρι δεν μπορεί να κληρονομήσει την  $V_D$ , εκτός και αν συμβεί ένα συνολικό λάθος κατά την διάρκεια της μείωσης.

### Επιστατική διακύμανση

Η επιστατική γενετική διακύμανση είναι η διακύμανση που οφείλεται στις αλληλεπιδράσεις των αλληλομόρφων ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες γονιδιακές θέσεις. Ο ανεξάρτητος διαχωρισμός των χρωμοσωμάτων κατά την διάρκεια της μείωσης επηρεάζει περισσότερο την  $V_I$ , έτσι ώστε η  $V_I$  δεν μπορεί να μεταφερθεί από γενιά σε γενιά. Βέβαια, μεταφέρεται ένα μέρος της  $V_I$ , αλλά μόνο ένα μικρό και τυχαίο ποσοστό κληρονομείται στους απογόνους.



### Προσθετική διακύμανση

Η προσθετική γενετική διακύμανση είναι η συνιστώσα που αναφέρεται στην προσθετική δράση των γονιδίων. Η  $V_A$  είναι το άθροισμα της δράσης όλων των αλληλομόρφων κάθε γονιδιακής θέσης, παίρνοντας τα σαν ανεξάρτητα π.χ. η  $V_A$  είναι το άθροισμα των αποτελεσμάτων του κάθε αλληλομόρφου που βοηθά στην παραγωγή του φαινοτύπου. Δεν εξαρτάται από συγκεκριμένα αλληλόμορφα ή συνδυασμούς τους. Δεν διασπάται κατά την διάρκεια της μείωσης. Αυτό έχει σαν συνέπεια οι προσθετικές επιδράσεις να μεταφέρονται στους απογόνους. Η παραπάνω θεωρία έχει αξία να χρησιμοποιηθεί μόνο σε περίπτωση βελτίωσης της παραγωγικότητας. Μόλις αποφασιστεί η χρήση ενός προγράμματος γενετικής βελτίωσης, πρέπει να υπολογιστούν οι  $V_F$  και οι αναλογικές ποσότητες των  $V_A$ ,  $V_D$ ,  $V_I$  έτσι ώστε να καθοριστεί ποιο είναι το πιο κατάλληλο πρόγραμμα.

Οι πιο πολλοί καλλιεργητές, θεωρούν ότι  $V_I=0$ . Αυτό ουσιαστικά είναι λάθος παρ' ότι γίνεται για τους εξής πρακτικούς λόγους : α) είναι δύσκολη η μέτρηση της  $V_I$ . Το πρόγραμμα που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της, είναι αρκετά πολύπλοκο και γι' αυτό δεν έγιναν αρκετές προσπάθειες προσδιορισμού της  $V_I$  για οποιονδήποτε φαινότυπο.

β) επειδή δεν είναι γνωστοί οι επιθυμητοί αλληλόμορφοι συνδυασμοί, δεν γίνεται να αυξηθούν στο μέγιστο. Συνήθως είναι δύσκολο να φτιαχτούν ποιοτικοί φαινότυποι οι οποίοι ελέγχονται από την επιστατική αλληλεπίδραση γονιδίων μεταξύ δύο μόνο γονιδίων. Όταν γίνεται προσπάθεια να αυξηθούν στο μέγιστο οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε μια δωδεκάδα γονιδίων χωρίς να είναι γνωστοί οι επιθυμητοί συνδυασμοί, είναι πολύ δύσκολο να σχεδιαστεί ένα πρόγραμμα που θα παράγει τον συνδυασμό που θα επιφέρει την αύξηση της παραγωγικότητας.

Λόγω του ότι η  $V_I$  είναι δύσκολο να ερευνηθεί, οι σημαντικότερες γενετικές συνιστώσες ενός ποσοτικού φαινοτύπου, είναι η  $V_D$  και η  $V_A$ . Με βάση τους ορισμούς των  $V_A$  και  $V_D$ , δημιουργείται η εντύπωση ότι αυτά είναι διαμετρικά αντίθετα στοιχεία της γενετικής διακύμανσης. Η κυριαρχική γενετική διακύμανση δεν μπορεί να κληρονομηθεί,

μπορεί όμως η προσθετική. Η κυριαρχική, δημιουργείται εκ νέου σε κάθε γενιά, ενώ η προσθετική δεν διαταράσσεται. Η  $V_D$  εξαρτάται από τις αλληλεπιδράσεις των αλληλομόρφων, ενώ η  $V_A$  είναι προσθετική, κατά συνέπεια οι δύο μορφές γενετικής διακύμανσης απαιτούν διαφορετικά γενετικά προγράμματα βελτίωσης για να γίνουν εκμεταλλεύσιμα και επικερδή.

Τέλος, η προσθετική γενετική διακύμανση είναι χρήσιμη σε περίπτωση επιλογής, ενώ η κυριαρχική στον υβριδισμό.

**ΚΛΗΡΟΝΟΜΗΣΙΜΟΤΗΤΑ**

## ΚΛΗΡΟΝΟΜΗΣΙΜΟΤΗΤΑ

Η κληρονομησιμότητα ενός μετρικού χαρακτήρα, είναι μία από τις πιο σημαντικές του ιδιότητες. Η κληρονομησιμότητα εκφράζει το ποσοστό της ολικής διακύμανσης που οφείλεται σε διαφορές των κληροδοτικών τιμών και κατά συνέπεια καθορίζει το βαθμό ομοιότητας μεταξύ συγγενών. Αλλά η πιο σημαντική λειτουργία της κληρονομησιμότητας στις γενετικές μελέτες ενός μετρικού (ποσοτικού) χαρακτήρα είναι ο ρόλος της ως εκτιμητής-προβλέπτης (estimator- predictor) εκφράζοντας την αξιοπιστία των φαινοτυπικών τιμών ως οδηγό σε σχέση με τις κληροδοτικές τιμές ή αλλιώς το βαθμό αντιστοιχίας μεταξύ φαινοτυπικών και κληροδοτικών τιμών (Falconer & MacKay, 1996).

Κληροδοτική τιμή είναι η τιμή ενός ατόμου βάση της μέσης τιμής των απογόνων του για ένα συγκεκριμένο χαρακτήρα. Η κληροδοτική τιμή ενός ατόμου ισούται με το άθροισμα των μέσων επιδράσεων των γονιδίων που φέρει για όλα τα αλληλόμορφα σε όλα τα γονίδια που επηρεάζουν τον συγκεκριμένο χαρακτήρα (Falconer & MacKay, 1996).

Είναι απαραίτητο να γνωρίζει κανείς το ποσοστό της προσθετικής γενετικής διακύμανσης, για να είναι εύκολη η πρόβλεψη του αν θα είναι αποτελεσματική η επιλογή. Αν και δεν είναι θεωρητικά απαραίτητη αυτή η γνώση, αρκετές φορές σώζει από περιττό κόπο και έξοδα. Το κλάσμα της γενετικής αθροιστικής διακύμανσης προς την συνολική φαινοτυπική διακύμανση καλείται κληρονομησιμότητα υπό την ευρεία έννοια (heritability in a broad sense)

$$h^2 = V_G/V_P$$

Η κληρονομησιμότητα περιγράφει το ποσοστό της περιβαλλοντικής γενετικής διακύμανσης που κληρονομείται με έναν προβλέψιμο τρόπο, γιατί η κληρονομησιμότητα περιγράφει τα γενετικά συστατικά που δεν διασπώνται κατά την διάρκεια της μείωσης.

Επειδή σε ένα πρόγραμμα επιλογής αυτό που ενδιαφέρει κυρίως από την  $V_G$ , είναι η  $V_A$ , η κληρονομησιμότητα μπορεί να αποδοθεί και από τον εξής τύπο

$$h^2 = V_A/V_P,$$

η οποία καλείται κληρονομησιμότητα υπό την στενή έννοια ( heritability in a narrow sense). Η εκτίμηση της κληρονομησιμότητας για κάθε πληθυσμό, είναι πρωταρχικής σημασίας για δύο λόγους :

α) γιατί περιγράφει το ποσοστό της φαινοτυπικής διακύμανσης που οφείλεται σε γενετικούς παράγοντες άρα γενικότερα τη γενετική συμπεριφορά του χαρακτήρα

β) διότι με την γνώση αυτού του μεγέθους μπορούμε να υπολογίσουμε την απόκριση του χαρακτήρα στην επιλογή, δοσμένου ότι εκτός από τα παραπάνω εκφράζει και την αναλογία της γενετικής ανωτερότητας που κληρονομείται στους απογόνους.

Η κληρονομησιμότητα δεν είναι μία σταθερά. Επηρεάζεται από το περιβάλλον.

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P} = \frac{V_A}{V_A + V_D + V_I + V_E + V_{G-E}}$$

Οι τιμές της κληρονομησιμότητας που κυμαίνονται ανάμεσα στο 0 και το 1. Φαινότυποι με  $h^2 \geq 0,25$  μπορούν να βελτιωθούν επιτυχώς με επιλογή. Φαινότυποι με  $h^2 \leq 0,15$  δεν αλλάζουν εύκολα με επιλογή. Δεν υπάρχει κάποιος «μαγικός αριθμός» που πάνω από αυτόν η επιλογή να είναι αποτελεσματική, μα όσο πιο μεγάλη είναι η κληρονομησιμότητα, τόσο πιο εύκολα αλλάζει ο φαινότυπος. Η αιτία γι' αυτό το φαινόμενο κρύβεται στο γεγονός ότι φαινότυποι με μικρή κληρονομησιμότητα αφορούν προσαρμοστικούς χαρακτήρες και κατά συνέπεια βελτιώνονται από την ίδια την φύση. Για να μπορέσει να αντεπεξέλθει ένας πληθυσμός στις απαιτήσεις του περιβάλλοντος του, βελτιώνεται. Αυτό εξ' άλλου είναι και η εξέλιξη! Για παράδειγμα φαινότυποι με χαμηλή κληρονομησιμότητα είναι αυτοί που αφορούν αναπαραγωγικά χαρακτηριστικά και αυτό γιατί είναι ιδιαίτερα σημαντικά στην εξέλιξη.

Μελέτες έχουν δείξει ότι i διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες αλλάζουν το ποσοστό της κληρονομησιμότητας. Επί παραδείγματι, οι McIntyre and Blanc(1973) βρήκαν ότι η κληρονομησιμότητα την ώρα της εκκόλαψης των αυγών της πέστροφας ήταν 0 στην εκκολαπτική μηχανή, ενώ στο κανάλι 0.23. σημαντικό ρόλο παίζει και η θερμοκρασία, καθώς και η ηλικία του ψαριού. Ο Tave (1984a) βρήκε ότι η κληρονομησιμότητα για τις ακτίνες του εδρικού πτερυγίου στο *Poecilia ret* ήταν 0.41 σε  $T = 19^\circ\text{C}$  και 0.77 σε  $T = 25^\circ\text{C}$ .

Το γεγονός ότι η κληρονομησιμότητα είναι ευμετάβλητη πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπ' όψιν έτσι ώστε να αποφευχθούν λάθη στο πρόγραμμα διαχείρισης. Γενικά, συμπεράσματα που αφορούν την κληρονομησιμότητα ενός χαρακτήρα ενός πληθυσμού καλό θα ήταν να μην γενικεύονται. Οι τιμές αυτές χρησιμοποιούνται ενδεικτικά και όχι ως πανάκεια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το πείραμα των Moan & Wohlfarth (1976), οι οποίοι βρήκαν ότι η κληρονομησιμότητα για την αύξηση της ταχύτητας ανάπτυξης του κυπρίνου στο Ισραήλ, ήταν 0. έτσι, βγήκε το συμπέρασμα ότι ο συγκεκριμένος φαινότυπος δεν μπορεί να βελτιωθεί. Αυτή την παραδοχή διέψευσε ο Smisek (1979) ο οποίος βρήκε διαφορετικές τιμές για το σωματικό βάρος σε ηλικίες 1,2,3 και 4 ετών σχετικά με τον κυπρίνο της Τσεχοσλοβακίας.

Το γεγονός ότι η κληρονομησιμότητα μετρά την ομοιότητα μεταξύ συγγενών, επιτρέπει την έκφραση της κληρονομησιμότητας σε συνάρτηση του βαθμού ομοιότητας των συγγενών ατόμων. Με άλλα λόγια, όσο περισσότερο μοιάζουν μεταξύ τους τα συγγενή άτομα, τόσο και η γενετική διακύμανση αποτελεί μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής διακύμανσης.

Για παράδειγμα, οι Moan and Wohlfarth (1976), επιλέξαν για την αύξηση της ταχύτητας ανάπτυξης για 5 γενιές χωρίς επιτυχία. Η κληρονομησιμότητα του εν λόγω φαινοτύπου σ' αυτόν τον πληθυσμό είναι 0. Εάν τη είχαν υπολογίσει από την αρχή, θα είχαν προβλέψει ότι η επιλογή δεν θα λειτουργούσε.

Η εκτίμηση της κληρονομησιμότητας εξαρτάται από τον πειραματικό σχεδιασμό δηλαδή το μέγεθος του δείγματος, τον αριθμό των οικογενειών, την στατιστική μέθοδο εκτίμησης και άλλα. Αυτό είναι φανερό στον ακόλουθο πίνακα.

<u>Είδος-φαινότυπος</u>	<u>h<sup>2</sup></u>	<u>Αναφορά από</u>
<u>Γατόψαρο καναλιού</u>		
Βάρος 30-150 ημερών	0.98-0.18	Reagan (1979)
Μήκος 30-150 ημερών	0.20-1.22	Reagan (1979)
<u>Ιριδίζουσα πέστροφα</u>		
Βάρος 2-4 ετών	0.18-0.27	Gjerde&Gjerdem(1984) Gall&Huag (1998a) Gjerde& Schaeffer(1989) Mckay et al (1986)
Μήκος 150-365 ημερών	0.16-0.37	Aulstad et al. (1972) Refstie (1980)
Μέγεθος αυγών	0.05-0.20	Gall (1975) Gall& Gross (1978B)
<u>Σολομός Ατλαντικού</u>		
Βάρος 4-15 μηνών	0.15-0.89	Bailey&Loudenslager (1986)
Μήκος 6-15 μηνών	0.03-0.73	Refstie&Steine (1978) Naevdal et al (1975) Bailey& Loudenslanger (1986)
Μέγεθος αυγών	0.44	Reifstie&Steine (1978) Halseth (1984)
<u>Κοινός κυπρίνος</u>		
Βάρος 1-4 ετών	0-0.50	Nenashev (1966) Smisek (1979A)
Μήκος 1-2 ετών	0.04-0.34	Nenashev (1966)
<u>Τιλάπια</u>		
Βάρος 4-13 εβδομάδες	0-0.46	Lester <i>et al.</i> (1988) Tave&Smitherman (1980) Teichert, Coddigton& Smitherman (1988)
Βάρος γονάδας 136-210 ημερών	0.06-0.15	Kronert <i>et al.</i> (1987) Kronert <i>et al.</i> (1989)

## ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ

Μέχρι τώρα, γινόταν αναφορά στους χαρακτήρες και στις γενετικές παραμέτρους. Είναι όμως γενικά αποδεκτό ότι οι χαρακτήρες δεν κληρονομούνται ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον, αλλά διάφοροι χαρακτήρες τείνουν να συνδέονται μεταξύ τους. Για παράδειγμα είναι γνωστό ότι η σχέση του μήκους με το βάρος είναι αρκετά ισχυρή, ανεξάρτητα από το αν έχει διαφορετική μορφή για κάθε είδος. Ένα άλλο καλό παράδειγμα είναι το πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι καλλιεργητές πέστροφας και σολομού : ο ρυθμός αύξησης και η γεννητική ωριμότητα παρουσιάζουν αρνητική συσχέτιση. (Thorpe *et al.* 1983; Gall 1986; Herbinger and Newkirk 1987; Tofteberg and Hansen 1987; Crandell and Gall 1992) Αυτό σημαίνει ότι όταν η επιλογή βοηθά στο να μεγαλώσουν γρηγορότερα τα ιχθύδια, αυτά ωριμάζουν γεννητικά νωρίτερα. Αυτό είναι σοβαρό πρόβλημα, διότι 1) τα ιχθύδια πεθαίνουν γρηγορότερα 2) μειώνεται η ποιότητα των μυών και αυξάνεται η κατανάλωση τροφής των υχθιδίων.

Αυτή η συσχέτιση μπορεί να προέλθει με δύο τρόπους: α) λόγω **πλειοτροπίας**, σύμφωνα με την οποία ένας αριθμός γονιδίων που επηρεάζουν τον ένα χαρακτήρα μπορεί να επηρεάσουν και τον άλλον και β) λόγω **ανισορροπίας σύνδεσης**, που παρ' όλο που τα γονίδια δρουν ανεξάρτητα σε δύο χαρακτήρες δείχνουν να συνδέονται κυρίως λόγω φαινομένων επιλογής, μη τυχαίας σύζευξης ή τυχαίας γενετικής παρέκκλισης (genetic drift) (Falconer & Mackay 1996, Roff 1997, Lynch & Walsh 1998). Ο τελευταίος τρόπος δημιουργεί μια παροδική σύνδεση η οποία διαρκεί όσο ο πληθυσμός βρίσκεται σε ανισορροπία σύνδεσης.

Η παρατηρούμενη φαινοτυπική συσχέτιση, μπορεί να διασπαστεί σε δύο συνιστώσες: α) μια πρώτη συνιστώσα που οφείλεται στην προσθετική δράση των δύο ομάδων γονιδίων, που επηρεάζουν τους δύο χαρακτήρες. Αυτή ισοδυναμεί με την συσχέτιση των κληροδοτικών τιμών και γι' αυτό ονομάζεται **γενετική συσχέτιση**. Το ύψος της συσχέτισης, που προέρχεται από την πλειοτροπική δράση των γονιδίων, εκφράζει τον βαθμό της επίδρασης των ίδιων γονιδίων στους ίδιους χαρακτήρες. β) μια δεύτερη συνιστώσα που περιλαμβάνει τις συσχετίσεις των περιβαλλοντικών και μη προσθετικών



επιδράσεων (κυριαρχία, επίσταση) και η οποία ονομάζεται **περιβαλλοντική συσχέτιση**.

Υπάρχουν πίνακες με αναφορές στην γενετική συσχέτιση, αλλά ισχύουν μόνο για μικρούς πληθυσμούς, αφού τα πειράματα διεξήχθησαν σε ολιγομελής ομάδες. Το πιο σημαντικό πρόβλημα υπάρχει στην αλληλεπίδραση του βάρους σώματος και την περιεκτικότητα σε λίπος, που αγγίζει το  $r_g=0.30$ , που σημαίνει ότι δεν είναι εύκολο να αυξηθεί το βάρος, χωρίς να αυξηθεί και το ποσοστό λίπους στην σάρκα.

Παρ' όλα αυτά, ορισμένες φορές, ενδέχεται να λειτουργήσει θετικά. Όπως για παράδειγμα σε περιπτώσεις που ένας φαινότυπος είναι δύσκολο να μετρηθεί εμμέσως. Μπορεί να επιλεγεί ένα άλλος φαινότυπος που να συσχετίζεται με τον πρώτο και να μετρηθεί η μεταβολή αυτού αντί του πρώτου. Επί παραδείγματι, η αύξηση του βάρους ως μία ηλικία υπολογίζεται με βάση της μέτρησης του μήκους, αφού είναι ποσά ανάλογα όσον αφορά τις ηλικίες. Εξ' άλλου, είναι ακριβέστερο να υπολογίσεις το μήκος χιλιάδων ιχθυδίων, παρά το βάρος.

Είδος- Φαινότυπος	συσχέτιση γενετική	φαινοτυπική	πηγή
<b><u>Γατόψαρο</u></b>			
Μήκος-βάρος 4-44 εβδομάδες	0.96-1.60		El-Ibary et al. 1979 Reagan 1979
Βάρος 4 εβδομάδων- Επιβίωση 0-15 εβδομάδων		-0.22	El-Ibary et al. 1979
Μήκος-περιεκτικότητα Λίπους	1.13		Reagan 1979
Βάρος-περιεκτικότητα Λίπους	1.12		Reagan 1979
<b><u>Πέστροφα</u></b>			
Μήκος 3 μηνών-μήκος 4 μηνών		0.86	Austad et al. 1972
Μήκος-βάρος 9 μηνών		0.92	Moller et al. 1979
Μήκος-βάρος 2 ετών	0.96	0.92	Moller et al. 1979

*Συσχετίσεις που βρέθηκαν για διάφορα είδη ψαριών σε διάφορα χαρακτηριστικά.*

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ  
ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ**

## ΕΠΙΛΟΓΗ

Η βασική αρχή ενός επιλεκτικού αναπαραγωγικού προγράμματος είναι η αύξηση της αναπαραγωγικής αποτελεσματικότητας ενός πληθυσμού, χρησιμοποιώντας την γενετική ποικιλότητα που υπάρχει σ' αυτόν (Rye, 1994). Αυτό επιτυγχάνεται μέσω κατευθύνουσας επιλογής, επιτρέποντας σε άτομα με ανώτερες επιδόσεις να αυξήσουν την συμμετοχή τους στην γονιδιακή δεξαμενή, σε βάρος των ατόμων με μικρότερες επιδόσεις. Ένα από αυτά τα βασικά στοιχεία ενός τέτοιου προγράμματος είναι το σχήμα επιλογής που χρησιμοποιείται για την επιλογή των μελλοντικών γονιών.

Η επιλογή είναι ένα γενετικό πρόγραμμα στο οποίο άτομα ή οικογένειες έχουν ειδικά επιλεχθεί, με βάση την ποσότητα ενός συγκεκριμένου φαινοτύπου, στην προσπάθεια να μεταβληθεί ο μέσος όρος του πληθυσμού αυτού στην επόμενη γενιά.

Σκοπός είναι τα επιλεγμένα ψάρια να παράγουν απογόνους με παρόμοια χαρακτηριστικά έτσι ώστε να μεταβληθεί επιθυμητά ο μέσος όρος του φαινοτύπου. Γενικά είναι πιο δύσκολο να μεταβληθούν οι φαινότυποι ποσοτικών χαρακτηριστικών, λόγω του ότι εμπλέκονται πολλά γονίδια σε αυτά και επίσης επηρεάζονται πολύ από τις διάφορες περιβαλλοντικές παραμέτρους. Πρέπει η γενετική διακύμανση που είναι υπεύθυνη για την παραγωγή του συγκεκριμένου φαινοτύπου να μεταφερθεί από τους γονείς στα παιδιά με έναν προβλεπόμενο και αξιόπιστο τρόπο. Η μόνη εκμεταλλεύσιμη διακύμανση είναι προσθετική. Οι γονείς δεν μεταβιβάζουν τους γονότυπους τους στους απογόνους, μεταβιβάζουν το μισό γενετικό τους υλικό μέσω των απλοειδών γαμετών τους.

Ο ανεξάρτητος διαχωρισμός των χρωμοσωμάτων κατά την διάρκεια της μείωσης μεταβάλλει το γενετικό υλικό από διπλοειδή σε απλοειδή κατάσταση και διασπά την κυριαρχική γενετική διακύμανση. Αλλά, επειδή η προσθετική γενετική διακύμανση είναι μια συνάρτηση των αλληλομόρφων και όχι των γονότυπων δεν μπορεί να διασπασθεί από την μείωση. Κατά συνέπεια δημιουργείται από την αρχή και σε κάθε γενιά ενώ η προσθετική γενετική διακύμανση μεταδίδεται με έναν προβλεπόμενο και αξιόπιστο τρόπο.

## ΤΥΠΟΙ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

Κατ' αρχάς, όσο κι αν φαίνεται παράλογο σε ορισμένες περιπτώσεις, προτιμάται να μην γίνει καθόλου επιλογή.

### 1) κατευθύνουσα επιλογή (*Directional selection*)

Η επιθυμία για βελτίωση της παραγωγικότητας μεταβάλλοντας την μέση τιμή ενός πληθυσμού όταν έχουν καθοριστεί οι στόχοι και τα πλάνα εργασίας απαιτεί την χρήση της κατευθύνουσας επιλογής.

Έτσι, μπορεί να αυξηθεί η μέση τιμή του φαινοτύπου ή να μειωθεί, ανάλογα με τους στόχους που έχουν τεθεί (μπορεί να είναι επιθυμητή η αύξηση της μέσης τιμής του βάρους ή η μείωση της μετατρεψιμότητας της τροφής και την μέση τιμή περιεκτικότητας σε λίπος). Η κατευθυνόμενη επιλογή χρησιμοποιείται για την αλλαγή των φαινοτύπων του πληθυσμού με κριτήριο την προσχηματισμένη γνώμη για το τι είναι επιθυμητό και θα επιφέρει κέρδος. Από τα παραπάνω συμπεραίνει κανείς ότι είναι απαραίτητος ο ορισμός ενός στόχου.

Για παράδειγμα ένας παραγωγός μπορεί να ενδιαφέρεται για μεγάλη επιβίωση, καλύτερη ανάπτυξη, μεγαλύτερη αντίσταση στις ασθένειες, χαμηλότερη μετατρεψιμότητα τροφής κ.α.

Οι μόνοι περιορισμοί που θέτονται είναι, όπως προαναφέρθηκε, οι στόχοι να αφορούν φαινοτύπους ζωντανών ιχθύων και να είναι ρεαλιστικοί λαμβάνοντας υπ' όψιν τους περιορισμούς του προϋπολογισμού και των εγκαταστάσεων. Δεν είναι δυνατόν να παραχθεί πληθυσμός 2 ετών με μέσο βάρος 3 kgr, ούτε να γίνει επιλογή σε ένα εκκολαπτήριο με 5 μόνο δεξαμενές.

Ακόμη φαινότυποι που είναι συνάρτηση του περιβάλλοντος θα είναι μάταια να επιλεγθούν από την στιγμή που οι διαφορές των ατόμων είναι συνάρτηση της περιβαλλοντικής διακύμανσης.

### 2) αποκλίνουσα επιλογή (*Disruptive selection*)

Στην ουσία η αποκλίνουσα επιλογή έχει να κάνει με την επιλογή των ακραίων τιμών της κατανομής του χαρακτήρα, αγνοώντας / απορρίπτοντας τις τιμές οι οποίες βρίσκονται εκατέρωθεν της μέσης τιμής.

### 3) σταθεροποιούσα επιλογή (*Stabilizing selection*)

Η σταθεροποιούσα επιλογή, είναι το ακριβώς αντίθετο της αποκλίνουσας δηλ επιλέγονται εκείνες οι τιμές της κατανομής οι οποίες βρίσκονται γύρω από τη μέση τιμή και απορρίπτοντας τις τιμές που βρίσκονται στα άκρα της.

Η σταθεροποιούσα και η αποκλίνουσα επιλογή, ουσιαστικά, δεν χρησιμοποιούνται σε προγράμματα, παρά μόνο στην φύση, σε αντίθεση με την κατευθύνουσα επιλογή και του να μην γίνει καθόλου επιλογή, οι οποίοι είναι οι τύποι που χρησιμοποιούνται από τους γενετιστές στα προγράμματα επιλογής.

### 1) να μην γίνει επιλογή (*No selection*)

Όσο κι αν αυτό ακούγεται παράλογο, κάτω από ορισμένες προτιμάται να μην γίνει προσπάθεια βελτίωσης από το να γίνει. Συνήθως αυτή η αρχή εφαρμόζεται όταν δεν υπάρχουν καθορισμένοι στόχοι. Η άσκοπη επιλογή μπορεί να οδηγήσει σε μεταβολή των γονιδιακών συχνοτήτων, έτσι ώστε να μην μπορούν οι ιχθύες που θα χρησιμοποιούν σε πρόγραμμα εμπλουτισμού, να επιβιώσουν στο φυσικό περιβάλλον. Επίσης, μπορεί να αλλάξει τα γονίδια των εκτρεφόμενων πληθυσμών μειώνοντας χρήσιμα αλληλόμορφα που έχουν να κάνουν με την αντίσταση σε ασθένειες, την ανάπτυξη και άλλα χαρακτηριστικά, χρήσιμα σε έναν πληθυσμό παραγωγής. Άσκοπη επιλογή συμβαίνει κάθε φορά που ένας καλλιεργητής, ασχολείται με τον εκτρεφόμενο πληθυσμό των ψαριών. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι αυτό του κυπρίνου στο Ισραήλ ( Moan & Wohlfarth 1976 ). Απέδωσαν την απώλεια της  $V_A$  για την αύξηση του ρυθμού αύξησης στο γεγονός ότι διασταύρωσαν μόνο μεγάλα ψάρια για να έχουν περισσότερα αυγά ανά θηλυκό άτομο.

Η άσκοπη επιλογή, μπορεί να καταστρέψει έναν πληθυσμό ή το τελικό προϊόν, να κοστίζει πολύ στον παραγωγό.

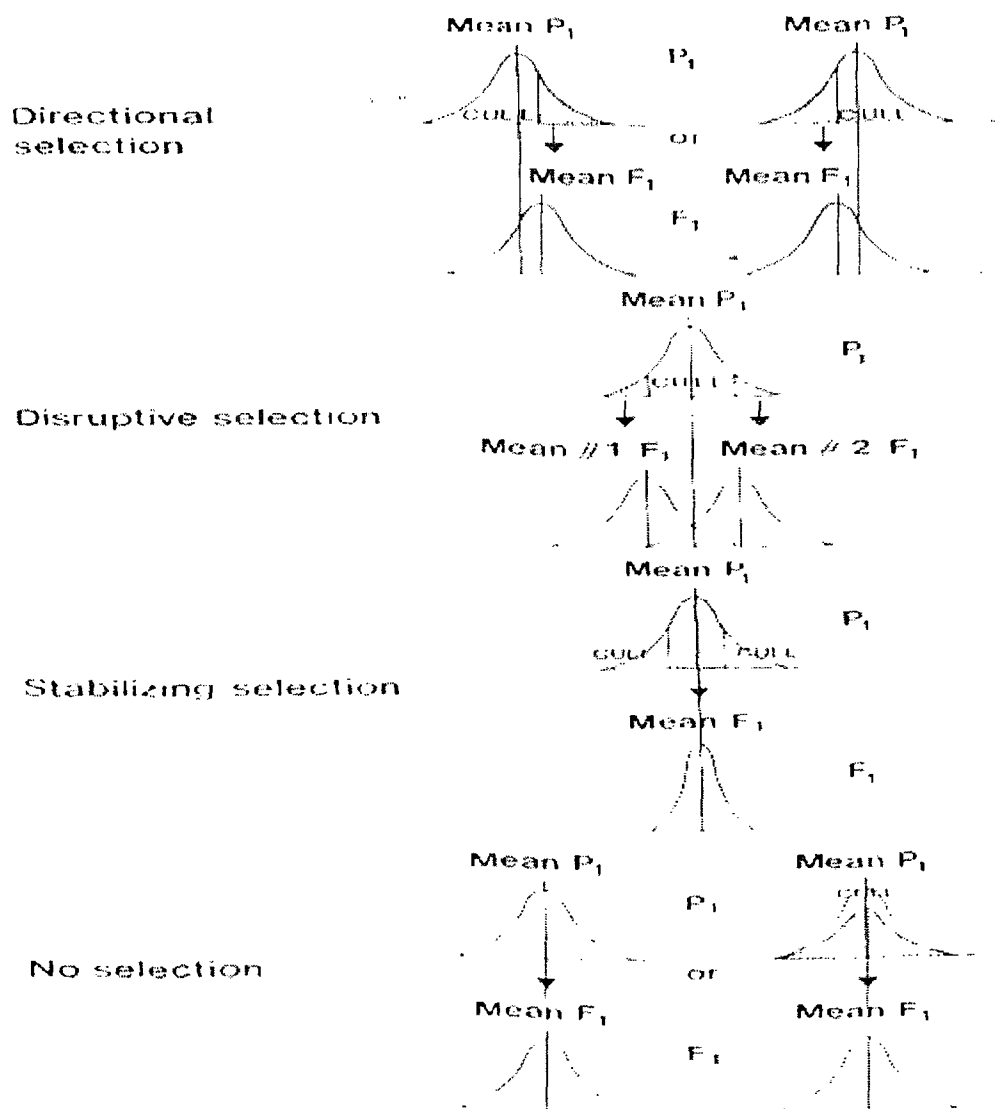
Για να αποφευχθεί αυτό, θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν οι εξής βασικές αρχές :

α) να γίνεται ζευγάρωμα καθ' όλη την διάρκεια της εποχής που αυτό συντελείται στους φυσικούς πληθυσμούς και όχι σε μία προκαθορισμένη περίοδο του μόνο.

β) να ζευγαρώνονται όλα τα μεγέθη και όχι όνο αυτά που αυθαίρετα θεωρούνται μεγάλα.

γ) να ζευγαρώνουν όσο το δυνατόν περισσότερα ψάρια  
 δ) να μην απορρίπτονται ψάρια που δεν θεωρούνται κατάλληλα.

Παρ όλο που η άσκοπη επιλογή, είναι ανεπιθύμητη, σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτείται σε μονάδες εντατικής κυρίως καλλιέργειας. Γι' αυτό, θα πρέπει ο καλλιεργητής να προσέχει την συμπεριφορά των ιχθύων : αν είναι νευρικά ή τρομάζουν εύκολα, αν αναπτύσσονται κανονικά, κυρίως όμως όσον αφορά το θέμα λήψης επαρκούς ποσότητας τροφής. Αν κάποια άτομα εμφανίζουν σημάδια που δείχνουν ότι είναι μη υγιή, τότε αυτά θα πρέπει να απορριφθούν. (Tave, 1993)



Σχεδιαγράμματα τύπων επιλογής

## ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΝΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

Όταν άρχισαν στην δεκαετία του '70 να γίνονται πειράματα για γενετική βελτίωση σε σολομό και πέστροφα, δεν υπήρχαν αρκετά στοιχεία για τα χαρακτηριστικά που είναι οικονομικά σημαντικά και να επιδέχονται βελτίωση. Καθώς όμως αποκτήθηκε η απαραίτητη γνώση, ένα βασικό πλάνο γενετικής βελτίωσης διαμορφώθηκε και αποτελείται από τα παρακάτω βήματα :

- Δημιουργία γεννήτορα πληθυσμού
- Καθορισμός στόχων προγράμματος
- Επιλογή προγράμματος γενετικής βελτίωσης και πρόγραμμα επιλογής
  - Πρόβλεψη κληροδοτικής τιμής
  - Συλλογή απογόνων
  - Μέτρηση της ακρίβειας της επιλογής
  - Κοινοποίηση του προγράμματος για χρήση στην παραγωγή

Ακολουθεί το παράδειγμα πλάνου για τον σολομό και την πέστροφα (Gjerdem,2000).

### 1) δημιουργία γεννήτορα πληθυσμού

Για να δημιουργηθεί ο γεννήτορας πληθυσμός (δηλαδή ο πληθυσμός που θα αποτελέσει το στοκ των γεννητόρων), συλλέγονται γεννητικά υλικά από διάφορους πληθυσμούς. Όσον αφορά τα πειράματα που έγιναν για τον σολομό, σε μία περίοδο 5 χρόνων, οι γεννήτορες συλλέχθηκαν από 40 ποτάμια συστήματα. Για να μειωθεί η ομομειξία και για να σιγουρευτεί μία γενετική βάση προτιμήθηκε η δημιουργία ενός συνθετικού πληθυσμού με την διασταύρωση των ατόμων. 200 οικογένειες μελετήθηκαν. Κρατήθηκαν αρχεία για διάφορα χαρακτηριστικά που αφορούν και τις δύο φάσεις της ζωής του σολομού (ποτάμια και θαλάσσια). Αυτά τα αρχεία χρησίμευσαν στον καθορισμό γενετικών και φαινοτυπικών παραμέτρων. Το στάδιο των διασταυρώσεων διήρκησε 4 χρόνια για τον σολομό και 3 για την πέστροφα.

Ακόμα και στην περίπτωση που υπάρχει διαθέσιμος γεννήτορας πληθυσμός από εκτροφείο, θα πρέπει να προστεθούν σε αυτόν και άγρια άτομα για την αύξηση της

γενετικής ποικιλομορφίας και την μείωση της ομομειξίας. Αυτό το συμπέρασμα βγήκε από πειράματα που έγιναν στην τιλάπια (Ek Nath et al. 1993) και τον κυπρίνο (Reddy et al. 1997).

## 2) καθορισμός στόχων προγράμματος

Κατά την διάρκεια των δύο πρώτων γενεών ο ρυθμός αύξησης καταγράφηκε, αφού επιλέχθηκε μόνο το βάρος του σώματος ως χαρακτηριστικό που κρίζει βελτίωσης. Για την Τρίτη γενιά, προστέθηκε και η γεννητική ωριμότητα. Από την πέμπτη γενεά, προστέθηκαν στα χαρακτηριστικά αυτά η αντίσταση στις ασθένειες και η ποιότητα της σάρκας.

Γενικά, τα χαρακτηριστικά που συνήθως επιλέγονται για βελτίωση, είναι τα εξής :

- Ρυθμός αύξησης
- Μετατρεψιμότητα της τροφής
- Ηλικία γεννητικής ωριμότητας
- Αντίσταση σε ασθένειες
- Ποιότητα (Reifstie, 1997)

## 3) επιλογή προγράμματος γενετικής βελτίωσης και πρόγραμμα επιλογής

Όταν έγιναν φανερά τα αποτελέσματα από τα πειράματα που αφορούσαν τη ομομειξία και τις διασταυρώσεις έπρεπε να επιλεχθεί το κατάλληλο πρόγραμμα για βελτίωση. Η οικογενειακή επιλογή επιλέχθηκε ως κατάλληλος τύπος γενετικής βελτίωσης για όλα τα χαρακτηριστικά, εκτός από τον ρυθμό αύξησης, για τον οποίο επιλέχθηκε η ατομική επιλογή. Έγιναν πειράματα, ώστε να καταγραφεί η  $V_{G-E}$ . Οι Gunnes & Gjerdem (1978,1981) προσδιόρισαν την τιμή της στα 1.2-3.7%.

## 4) πρόβλεψη κληροδοτικής τιμής

Ο κύριος στόχος των προγραμμάτων βελτίωσης, είναι η εύρεση ατόμων τα οποία θα μπορούν να παράγουν καλύτερους απογόνους στις επόμενες γενιές ή άτομα με μεγάλη κληροδοτική τιμή. Σκοπός λοιπόν είναι πειράματα που θα βοηθήσουν στην επιλογή του κατάλληλου στοκ γεννητόρων. Αυτά θα γίνονται σε συνθήκες οι οποίες δεν διαφέρουν πολύ από τις συνθήκες καλλιέργειας.

## 5) συλλογή απογόνων

Η πρώτη συλλογή απογόνων του συγκεκριμένου προγράμματος έγινε το Φθινόπωρο του 1975. Το 1996 είχαν



περάσει πέντε γενιές σολομού και επτά πέστροφας. Έτσι υπάρχει καταγεγραμμένο ολόκληρο το pedigree των οικογενειών που έλαβαν μέρος από την αρχή του προγράμματος. Το γενεαλογικό δέντρο, χρησιμεύει στο να είναι γνωστός ο βαθμός συγγένειας των διασταυρούμενων ατόμων. Έτσι, δεν διασταυρώνονται συγγενή άτομα και μειώνεται ο βαθμός της ομομιξίας.

Για κάθε χαρακτηριστικό καταγράφηκε η κληρονομησιμότητα, η διακύμανση και η οικονομική του αξία. Με βάση αυτά τα στοιχεία, θα επιλεγθούν τα άτομα τα οποία θα αποτελέσουν το στοκ των γεννητόρων που θα διασταυρωθεί για να δώσει απογόνους στην επόμενη γενιά.

#### 6) μέτρηση της απόκρισης της επιλογής

Στην Αμερική την δεκαετία του '20 είχαν γίνει πειράματα για την αντίσταση της πέστροφας στην furunculosis (Embodly & Hyford, 1925) και για την αύξηση του αριθμού των αυγών και το βάρος της γονάδας (Lewis, 1944) και βρέθηκε θετική τιμή της κληροδοτικής τιμής σε αυτά τα χαρακτηριστικά. Παρ' όλα αυτά, οι (Lewis, 1944) Moan & Wohlfarth (1973, 1976) δεν βρήκαν θετικά αποτελέσματα για τον ρυθμό αύξησης στον κοινό κυπρίνο. Κάτι παρόμοιο συνέβη και σε πειράματα για την τιλάπια το 1986 από τους Hulata, Wohlfarth & Haley στο Ισραήλ και τους Teichert-Coddington & Smitherman στις Ηνωμένες Πολιτείες(1988). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα στο Symposium of Genetics in Aquaculture στην Ιρλανδία να υπάρξουν αρκετές υπόνοιες ότι η επιλογή δεν είναι τελικά αποδοτική, παρ' όλο που από τα 18 πειράματα που είχαν γίνει μέχρι εκείνη την εποχή τα 15 είχαν θετικά αποτελέσματα και τρία είχαν μηδενικά (Gall, 1983). Σήμερα είναι γνωστό ότι η επιλογή συνεισφέρει στην βελτίωση ενός χαρακτηριστικού. Π.χ. τα γενετικά βελτιωμένα ψάρια, αναπτύσσονται 77% γρηγορότερα από τα άγρια ψάρια. Αυτό σημαίνει ότι η απόκριση στην επιλογή είναι μεγαλύτερη από 15% για κάθε γενιά (Gjerde et al. 1997).

## ΣΧΗΜΑΤΑ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

Γενικά, υπάρχουν έξι σχήματα γενετικής επιλογής (Falconer & MacKay, 1996) :

- 1)ατομική
- 2)οικογένειας
- 3)αδελφών
- 4)απογονική
- 5)ενδοοικογενειακή
- 6)συνδυασμένα

### 1)ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ (INDIVIDUAL SELECTION)

*Γενικά*

Λέγεται και μαζική επιλογή (Mass selection). Η ατομική επιλογή, βασίζεται σε άτομα που επιλέγονται με βάση τον φαινότυπο τους. Στην ατομική επιλογή δεν διατηρείται η ταυτότητα της οικογένειας, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι δεν χρειάζεται να μαρκαριστούν τα άτομα για να ξεχωρίζουν οι οικογένειες. Επίσης οι χειρισμοί και η καλλιέργεια μπορούν να γίνουν σε κοινές δεξαμενές για τις οικογένειες. Καλό θα ήταν όμως να υπάρχουν δύο διασταυρούμενοι πληθυσμοί. Χαρακτηριστικά όπως η αύξηση του βάρους και του μήκους, η αντίσταση στις ασθένειες, χρησιμοποιούνται από αυτήν την μέθοδο.

Αντενδείκνυται όμως για χαρακτηριστικά μη ζώντων οργανισμών. Οι γενότυποι παραμένουν άγνωστοι, γι' αυτό υπάρχει μεγάλη πιθανότητα λάθους. Η αποτελεσματικότητα της έτσι υπολογίζεται από τον τύπο (Falconer & MacKay 1966)

$$R = i \sigma h^2 = s h^2$$

Όπου : R είναι το γενετικό κέρδος ή η απόκριση στην επιλογή,

i είναι η ένταση επιλογής (intensity)

$h^2$  είναι η κληρονομησιμότητα (η οποία εξαρτάται από την αιμομιξία, το μέγεθος του πληθυσμού και τον τρόπο αναπαραγωγής) και

Σ είναι το διαφορικό της επιλογής, δηλαδή η διαφορά ανάμεσα στην μέση τιμή του χαρακτηριστικού στα επιλεγμένα άτομα και στην μέση τιμή του χαρακτηριστικού στον αρχικό πληθυσμό όπως γίνεται η επιλογή.

Υποπεριπτώσεις της ατομικής επιλογής είναι:

- 1) διαδοχική επιλογή
- 2) ανεξάρτητη επιλογή

### *1) διαδοχική επιλογή*

ο τύπος αυτός της επιλογής βρίσκει εφαρμογή όταν είναι περισσότεροι από ένας οι φαινότυποι που έχουν επιλεγθεί για βελτίωση, γι' αυτό ονομάζεται και διαδοχική επιλογή.

Σε αυτόν τον τύπο επιλογής, πρώτα επιλέγεται ο αριθμός των γενεών μέσα στις οποίες θα βελτιωθεί ο ένας φαινότυπος έως ότου να εμφανιστούν τα επιθυμητά αποτελέσματα και κατόπιν επιλέγεται ο αριθμός των γενεών μέσα στις οποίες θα βελτιωθεί ο δεύτερος φαινότυπος, έως ότου επιτευχθεί εκ νέου ο στόχος κ.ο.κ.

Αυτή η μέθοδος έχει δύο σοβαρά μειονεκτήματα :

- 1) χρειάζεται αρκετός χρόνος για να βελτιωθούν δύο ή περισσότερα χαρακτηριστικά με αυτόν τον τρόπο
- 2) επιλέγοντας για ένα χαρακτηριστικό, αυτόματα επιλέγεται και ένα δεύτερο, εκτός αν η γενετική τους συσχέτιση είναι μηδέν.

Παράδειγμα διαδοχικής επιλογής είναι η εφαρμογή του Ehlinger (1977) στην πέστροφα για γεννητική ωριμότητα σε 2 χρόνια. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τον μικρότερο μέγεθος και μήκος των ψαριών, καθώς και την μειωμένη παραγωγικότητα των αυγών.

### *2) Ανεξάρτητη επιλογή*

Η ανεξάρτητη επιλογή βρίσκει εφαρμογή όταν είναι επιθυμητή η ταυτόχρονη επιλογή δύο ή περισσότερων φαινοτύπων. Στην ανεξάρτητη επιλογή, ορίζεται μία ελάχιστη τιμή για κάθε φαινότυπο και το άτομο πρέπει να περάσει όλες τις ελάχιστες τιμές όλων των φαινοτύπων για να επιλεγθεί. Σε

σχέση με την διαδοχική επιλογή, η ανεξάρτητη έχει δύο πλεονεκτήματα

1)για να επιλεγεί ένα άτομο, οφείλει να είναι σημαντικό σε όλους τους φαινότυπους. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι αν ένα άτομο έχει υψηλή τιμή σε έναν φαινότυπο και χαμηλή σε έναν άλλον, δεν θα επιλεγθεί. Αυτό βέβαια μπορεί να αποκλείσει μερικά σημαντικά αλληλόμορφα.

2)οι γεννήτορες που τελικά θα επιλεγθούν θα είναι λίγοι. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα εξής :

α) δυσκολία συντήρησης ενός σταθερού σε μέγεθος πληθυσμού

β)μεγάλες ελαττώσεις στο αριθμητικό αποτέλεσμα της καλλιέργειας μπορεί να μεταβάλουν το γονιδιακό απόθεμα που έχει ως αποτέλεσμα την ομομειξία.

*Απαραίτητες γνώσεις για την εφαρμογή του προγράμματος επιλογής*

Το πρώτο βήμα σε κάθε γενετικό πρόγραμμα είναι η συλλογή απαραίτητων στοιχείων. Γνωρίζοντας κάποια χαρακτηριστικά μεγέθη ενός φαινοτύπου, μπορεί ο γενετιστής να λάβει τις κατάλληλες αποφάσεις οι οποίες θα οδηγήσουν στην επίτευξη του στόχου. Μερικά από αυτά είναι

η **μέση τιμή** : βοηθά στο να παρθεί η απόφαση ποια άτομα θα επιλεγθούν για να απαρτίσουν το στοκ των γεννητόρων

η **διακύμανση**, η **τυπική απόκλιση (SD)** και ο **συντελεστής μεταβλητότητας (CV)** : δίνουν στοιχεία για τις φαινοτυπικές διακυμάνσεις του πληθυσμού. Όσο πιο μεγάλα είναι τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό της επιτυχίας της επιλογής. Μεγάλες τιμές SD και CV αυξάνουν την πιθανότητα επιτυχίας ενός προγράμματος βελτίωσης για παράδειγμα αν δύο πληθυσμοί έχουν το ίδιο μέσο βάρος 400 gr στον πρώτο χρόνο και ο ένας πληθυσμός έχει SD = 10 gr και CV = 2.5% ενώ ο άλλος έχει SD = 100 gr και CV = 25%, η επιλογή θα είναι επιτυχημένη στον δεύτερο πληθυσμό, διότι έχει μεγαλύτερη ποικιλομορφία.

Οι συντελεστές διακύμανσης στους περισσότερους πληθυσμούς είναι αρκετά μεγάλοι και γι' αυτό ο Gjerdem (1975) πρότεινε την επιλογή ως τον πιο αποτελεσματικό τρόπο βελτίωσης της παραγωγικότητας στην ιχθυοκαλλιέργεια. Αυτό δεν σημαίνει ότι όλοι οι πληθυσμοί έχουν μεγάλες τυπικές

αποκλίσεις και μεγάλους συντελεστές μεταβλητότητας. Αυτό σημαίνει ότι σε μερικές περιπτώσεις εμποδίζεται η επιλογή.

Η τυπική απόκλιση δίνει επιπλέον μία ένδειξη για την ένταση της επιλογής που είναι δυνατή για την επίτευξη των στόχων που θέτει ο γενετιστής. Η καθιέρωση μιας οριακής τιμής, δημιουργεί τόσο εύρος τιμής όσο η SD πάνω ή κάτω από την μέση τιμή. Γνωρίζοντας την τυπική απόκλιση, η επιλογή ελέγχεται περισσότερο, γιατί ελέγχεται η ένταση της επιλογής κατά σειρά έτσι ώστε να μεγιστοποιείται το διαφορικό της επιλογής από την ακρίβεια της επιλογής.

Όπως προαναφέρθηκε, το διαφορικό της επιλογής  $S$ , είναι το προϊόν της έντασης της επιλογής  $i$  και της τυπικής απόκλισης του φαινοτύπου  $\sigma_p$  :

$$S = I \sigma_p$$

Η γνώση της τιμής της τυπικής απόκλισης επιτρέπει τον καθορισμό της έντασης της επιλογής, έτσι ώστε να δημιουργηθεί μια σειρά διαφορετικών τιμών  $S$  που χρειάζεται για να κατορθωθεί το επιθυμούμενο γενετικό κέρδος ανά γενιά.

$$R = I \sigma_p h^2$$

Η πληροφορία αυτή δίνει στοιχεία για το εάν το επιθυμητό γενετικό κέρδος απαιτεί μεγάλο διαφορικό επιλογής. Για παράδειγμα, εάν το επιθυμούμενο γενετικό κέρδος απαιτεί  $i \geq 2.67$  ή  $i \leq -2.67$  (αυτό σημαίνει επιλογή  $\geq 99\%$  του πληθυσμού), ο πληθυσμός έχει πολύ μικρή διακύμανση για να επιτευχθεί επιθυμητό γενετικό κέρδος/ γενιά χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να μειωθεί το δραστικό αναπαραγωγικό μέγεθος σε τέτοια επίπεδα ώστε να υπάρξουν προβλήματα ομομειξίας και γενετικής παρέκκλισης.

το εύρος των τιμών και φυσικά η κληρονομησιμότητα : δίνει μία προσέγγιση του γενετικού υπόβαθρου και κατά συνέπεια του γενετικού κέρδους που μπορεί να επιτευχθεί.

Με αυτές τις πληροφορίες μπορεί κανείς να αποφασίσει αν η επιλογή θα στεφτεί με επιτυχία. Επίσης θα κριθούν από αυτά τα στοιχεία ποιοι ιχθύες θα αποτελέσουν τον υπό βελτίωση πληθυσμό. Όλα τα ψάρια που πέφτουν κάτω από την μέση τιμή θα απομονωθούν και αυτά που έχουν μεγαλύτερη τιμή από την οριακή τιμή που έχει επιλεγεί, θα επιλεγθούν.

Βασικό βήμα πριν ξεκινήσει το πρόγραμμα επιλογής είναι η εξέταση του αν το είδος παρουσιάζει φυλετικό διμορφισμό. Αν δεν ελέγχθη αυτός ο παράγοντας, υπάρχει κίνδυνος να συσταθεί ένας μονοφυλετικός πληθυσμός. Λύση σε αυτό το πρόβλημα, είναι ο ορισμός 2 τιμών, μία για κάθε φύλο.

Επιπλέον το πότε θα γίνει η μέτρηση του φαινοτύπου, είναι εξίσου σημαντικός παράγοντας όσο και η επιλογή του φαινοτύπου. Το να γνωρίζει κανείς το πότε θα μετρηθεί ο φαινότυπος είναι εξίσου σημαντικό με την επιλογή του. Αν π.χ. ένας καλλιεργητής επιλέξει να βελτιώσει την ταχύτητα ανάπτυξης, πρέπει να είναι πολύ ακριβής με την ηλικία στην οποία θέλει η ανάπτυξη να βελτιωθεί, έτσι ώστε να έχει το μεγαλύτερο δυνατό κέρδος.

Επίσης, οι φαινότυποι που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να αντιπροσωπεύουν σημαντικά οικονομικά χαρακτηριστικά, όπως εξ' άλλου συμβαίνει με όλα τα προγράμματα βελτίωσης. Δεν έχει σημασία η αύξηση του αριθμού των ακτινών του νωτιαίου πτερυγίου του γατόψαρου διότι οι καταναλωτές δεν ενδιαφέρονται για αυτό το χαρακτηριστικό.

**Μέσες τιμές CV% για μερικά οικονομικά χαρακτηριστικά**

ΦΑΙΝΟΤΥΠΟΣ	ΠΕΣΤΡΟΦΑ	ΣΟΛΟΜΟΣ	ΚΥΠΡΙΝΟΣ	ΓΑΤΟΨΑΡΟ	ΤΙΛΑΠΙΑ
Βάρος Ανηλίκων	33	78	-	46	26
Βάρος Ενηλίκων	22	27	22	27	-
Θνησιμότητα	-	-	28	-	-

Πηγή : Gjerdem (1983)

## 2)ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΠΟ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΔΕΛΦΩΝ

Σε αντίθεση με την ατομική επιλογή, η επιλογή από εκτίμηση συγγενών ατόμων αφορά σε μεγάλη ένταση επιλογή γενοτύπων. Τα θεωρητικά θετικά χαρακτηριστικά των επιλεγμένων ατόμων για μεταγενέστερη αναπαραγωγή προσδιορίζονται από μια ανάλυση των στενών συγγενών τους. Συνήθως χρησιμοποιείται όταν το περιβάλλον επηρεάζει πολύ τον φαινότυπο. Υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες επιλογής από εκτίμηση συγγενών

- 1)οικογενειακή επιλογή (Family selection)
- 2) επιλογή αδελφών (Sib selection)
- 3) Ενδοοικογενειακή επιλογή (Within family selection)
- 4) Απογονική επιλογή (Progeny selection)

### *1)οικογενειακή επιλογή (Between family selection)*

Σύμφωνα με την οικογενειακή επιλογή, ολόκληρες οικογένειες επιλέγονται βάση της μέσης φαινοτυπικής τιμής τους. Αρκετές οικογένειες ή απόγονοι από διαφορετικούς γονείς καλλιεργούνται κάτω από αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες.

Η ποιότητα των οικογενειών αυτών εκτιμάται και οι καλύτερες οικογένειες επιλέγονται για γεννήτορες. Η κάθε οικογένεια αξιολογείται βάση των μέσων τιμών που έχουν οριστεί. Οι διασταυρώσεις τις περισσότερες φορές γίνονται με 2 αρσενικά και ένα θηλυκό. Λιγότερο συχνά οι οικογένειες είναι απόγονοι περισσότερων ατόμων.

Η ένταση της επιλογής εδώ είναι μικρότερη απ' ότι στην μαζική επιλογή γιατί μπορεί να καλλιεργηθεί μικρός αριθμός οικογενειών. Το ίδιο συμβαίνει και με τις τιμές των αποκλίσεων και των μέσων τιμών. Αυτό το σύστημα είναι αποτελεσματικό σε χαμηλές τιμές κληρονομησιμότητας.

## 2) Επιλογή αδελφών

Εάν για την εξέταση ενός χαρακτηριστικού απαιτείται η θανάτωση του ιχθύος, τότε λαμβάνεται ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα από τον πληθυσμό και εφ' όσον οι μετρήσεις που θα προκύψουν είναι ικανοποιητικές επιλέγονται ψάρια από την ίδια οικογένεια και χρησιμοποιούνται για αναπαραγωγή. Αυτό το είδος της επιλογής οικογένειας καλείται επιλογή αδελφών. Η επιλογή οικογένειας χωρίζεται σε δύο υποκατηγορίες αναλόγως με το τι συγγένεια έχουν τα υπό εξέταση και επιλεγμένα άτομα.

Τα υπό εξέταση άτομα, μπορεί να είναι «αδέλφια», είτε ομοθαλή, είτε ετεροθαλή. Σε αυτήν την περίπτωση, τα ιχθύδια δεν μετρούνται. Η επιλογή ανάμεσα στις οικογένειες βασίζεται στις φαινοτυπικές αξίες των ψαριών.

## 3) ενδοοικογενειακή επιλογή

Το τρίτο σχήμα γενετικής επιλογής, καλείται ενδοοικογενειακή επιλογή (within family selection). Σε αυτό το σχήμα, κάθε οικογένεια θεωρείται "υποπληθυσμός" και η επιλογή των ατόμων, γίνεται αυτόματα και ανεξάρτητα από τις άλλες οικογένειες. Τα άτομα της οικογένειας επιλέγονται ή απορρίπτονται με βάση την μέση οικογενειακή τιμή του χαρακτηριστικού.

## 4) απογονική επιλογή

Ο έλεγχος των απογόνων, μπορεί να επιτευχθεί με την χρησιμοποίηση πολλών διάφορων τεχνικών. Η απλούστερη μέθοδος εμπεριέχει την σύγκριση των απογόνων που αποκτήθηκαν με διαφορετικά ζευγάρια γονέων. Εδώ, η αξιολόγηση αναφέρεται στους συνδυασμούς των ατόμων (ουσιαστικά, στον συνδυασμό των χαρακτηριστικών τους) που χρησιμοποιήθηκαν και όχι στα άτομα μεμονωμένα.

Οι καλλιεργητές τις πιο πολλές φορές χρησιμοποιούν απλοποιημένες διαλληλικές διασταυρώσεις. Αρσενικά ή θηλυκά άτομα διασταυρώνονται ξεχωριστά με ένα ή περισσότερα άτομα του αντίθετου φύλου.



Το ζευγάρι του καθενός από τα αρσενικά που ελέγχεται με τα 2 ίδια θηλυκά παρέχει μία επαρκώς αξιόπιστη εκτίμηση της κληροδοτικής τους τιμής.

Μια τέλεια διαλλαχική διασταύρωση διευκολύνει τον έλεγχο των καλύτερων ατόμων του κάθε φύλου. Πρόβλημα δημιουργείται όταν ο αριθμός των απογόνων είναι υψηλός, αφού αυτός αυξάνει ανάλογα με το τετράγωνο του αριθμού των γονέων σε αυτήν την περίπτωση. Η εκτίμηση των απογόνων έχει περιοριστεί στα στάδια των εμβρύων και των λαρβών. Μόνο λίγες τέτοιες προσεγγίσεις έγιναν σε άτομα μέχρι και 3 ετών.

Το κύριο πρόβλημα είναι η ανάγκη για την ταυτόχρονη καλλιέργεια των απογόνων σε κοινές συνθήκες καλλιέργειας. Οι επαναλήψεις προσδιορισμού και οι διορθώσεις μέσω της πολλαπλής καλλιέργειας στο αρχικό βάρος των ψαριών, επιτρέπουν στο να αποκτηθεί μία πιο αντικειμενική αξιολόγηση των γονέων και να επιλεγθούν τα άριστα ζευγάρια ή οι ομάδες για την αναπαραγωγή της δεδομένης ποικιλίας.

Άλλο ένα μεγάλο πρόβλημα της εξέτασης των γονέων μέσω ελέγχου απογόνων, έχει να κάνει με την άμεση εξάρτηση ανάμεσα στον ρυθμό αύξησης και την πυκνότητα των πληθυσμού.

Συμπερασματικά αν συγκριθούν τα αποτελέσματα της επιλογής της οικογένειας και του ελέγχου μέσω των απογόνων, παρατηρείται ότι στην περίπτωση επιλογής της οικογένειας οι πρώτες από τις πιο παραγωγικές και ανθεκτικές οικογένειες διατηρούνται για την μεταγενέστερη αναπαραγωγή, ενώ ο έλεγχος των απογόνων απαιτεί ένα ή και δύο ακόμα χρόνια, ωστόσο μεγαλώσουν αρκετά οι απόγονοι για να μπορούν να ελεγχθούν

Η εξέταση μπορεί επίσης να γίνει και με την χρήση των απόγόνων, οπότε εξετάζονται ιχθύδια. Αυτή η τεχνική έχει καλύτερα αποτελέσματα απ' ό,τι η μαζική επιλογή. Έχει όμως και ένα σημαντικό μειονέκτημα : είναι αρκετά χρονοβόρα διαδικασία. Στον σολομό αυτή η διαδικασία είναι αδύνατη, εκτός και αν ο γαμέτες διατηρηθούν σε κατάψυξη, αφού πεθαίνουν μετά την ωτοκία.

Και εδώ υπάρχουν δύο επιλογές : είτε να χρησιμοποιηθεί μία κοινή δεξαμενή, είτε περισσότερες. Αν χρησιμοποιηθεί μία δεξαμενή οι οικογένειες θα πρέπει να μαρκαριστούν. Υπάρχουν πολύ τρόποι για να μαρκαριστούν τα ιχθύδια :

δαχτυλίδια, χρώματα κ.α. μία νέα μέθοδος βασίζεται στο μικροδοριφορικό DNA, αλλά είναι εξαιρετικά ακριβή. Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί σε πολύ μικρά ιχθύδια, σε αντίθεση με την πλειοψηφία των μεθόδων μαρκαρίσματος. Μία λύση για αυτό το πρόβλημα, είναι να διατηρούνται τα ιχθύδια σε ξεχωριστές δεξαμενές ανά οικογένεια, έως ότου φτάσουν στην κατάλληλη ηλικία και μπορούν να μαρκαριστούν.

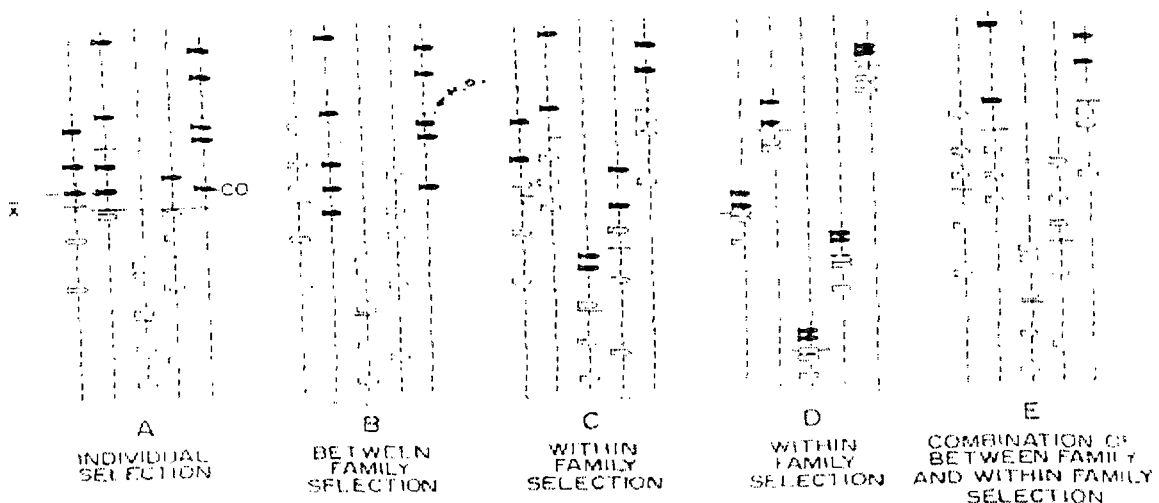
Καλό θα ήταν, να χρησιμοποιηθούν περισσότερες από μία δεξαμενές εκτροφής για τους παρακάτω λόγους

1) Μία και μόνη δεξαμενή προοδευτικά ίσως οδηγήσει τον πληθυσμό σε απώλεια γενετικής ποικιλίας και κατόπιν σε ομομειξία (inbreeding). Χωρίζοντας τον πληθυσμό σε δύο τμήματα μειώνεται κατακόρυφα ο κίνδυνος της ομομειξίας.

2) Μια δεξαμενή είναι ευάλωτη σε ατυχήματα. Αν σκεφτεί κανείς το κόστος ενός προγράμματος επιλογής, είναι κρίμα, εξ' αιτίας ενός ατυχούς περιστατικού να χαθεί αρκετός κόπος και ενέργεια. Με την δημιουργία δύο τμημάτων τουλάχιστον είναι βέβαιος κανείς ότι σε περίπτωση ατυχήματος στην μία δεξαμενή, θα υπάρχει η δεύτερη για την συνέχιση του πειράματος.

3) Με τις δύο δεξαμενές μπορεί ο παραγωγός να πειραματιστεί σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες σε κάθε δεξαμενή και να επιλέξει τελικά τις πιο κατάλληλες.

4) Υπάρχει ο κίνδυνος από μόλυνση των δεξαμενών από κάποια ασθένεια ή από παράσιτα. Με το να χωριστεί πληθυσμός στα δύο, λιγοστεύουν οι πιθανότητες να προσβληθούν όλα τα ψάρια από την ασθένεια.



Σχήματα επιλογών

### *Απαιτήσεις επιλογής οικογένειας*

Πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπ' όψιν οι παρακάτω λεπτομέρειες όταν εφαρμόζεται η επιλογή μέσω οικογένειας :

1)προσεκτική διατροφή και διατήρηση των γονέων πριν τις διασταυρώσεις. Έτσι μειώνεται η περιβαλλοντική διακύμανση.

2)σύγχρονη καλλιέργεια των επιθυμούμενων διασταυρώσεων για την απόκτηση οικογενειών για μεταγενέστερη εκτίμηση.

3)να γίνεται χρήση τεχνητής γονιμοποίησης.

4)η επώαση των αυγών όλων των διασταυρώσεων να γίνεται σε ιδανικές συνθήκες (θερμοκρασία, οξυγόνο φως, παροχή νερού)

5)η εκτροφή των ψαριών ανεξαρτήτου ηλικίας να γίνεται σε συνθήκες παρόμοιες με αυτές των εμπορικών μονάδων και να υπάρχει επάρκεια τροφής, για να μειωθεί ο ανταγωνισμός.

6) προσεκτική σταθεροποίηση της πυκνότητας του πληθυσμού. Σε αντίθετη περίπτωση, δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα.

7)να γίνονται τουλάχιστον τρεις διαδοχικές επαναλήψεις για την εκτίμηση των ψαριών που ανήκουν σε διαφορετικές οικογένειες όταν αυτά μεγαλώνουν σε διαφορετικές δεξαμενές.

8)τα ψάρια που εκτρέφονται στην ίδια δεξαμενή και ανήκουν σε διαφορετικές οικογένειες οφείλουν να ισοβαθμιστούν με την μέθοδο της πολλαπλής φροντίδας στο αρχικό μέσο βάρος. Αυτή η διαδικασία είναι σημαντική για έτσι μειώνεται ο ανταγωνισμός για τροφή και εγγυάται η ταυτόχρονη απελευθέρωση των ψαριών.

9)η εμφάνιση στα ιχθύδια συγκεκριμένων «μητρικών» ή και «πατρικών» επιδράσεων που με το πέρασμα των χρόνων αυτές εξαλείφονται. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η μητρική παρατυπική αλλαγή στον γόνο που είναι σημαντική αρχικά κυρίως στο μέγεθος του αυγού, αλλά με το πέρασμα του 1<sup>ο</sup> χρόνου εξαφανίζεται.

10)η τελική επιλογή των ψαριών γίνεται, όπως και στην μαζική επιλογή στην ηλικία που αυτά φτάνουν το εμπορικό μέγεθος.

## ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΕΠΙΛΟΓΗ

Η σύγκριση των εξισώσεων του γενετικού κέρδους από την μαζική και οικογενειακή επιλογή επιτρέπει σε κάποιον να προσδιορίσει ποια από τις μεθόδους είναι καλύτερη για την εκτροφή ενός πληθυσμού. Και οι δύο έχουν σοβαρά πλεονεκτήματα όπως και μειονεκτήματα. Υπάρχουν περιπτώσεις που καμία από τις δύο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί λόγω των μειονεκτημάτων τους ή των απαιτήσεών τους. Σ' αυτό το σημείο έρχεται η συνδυασμένη επιλογή να γεφυρώσει το χάσμα.

Μια τέτοια προσέγγιση περιλαμβάνει συνεχή χρήση της επιλογής της οικογένειας, της μαζικής επιλογής και του ελέγχου των απογόνων στην διάρκεια μιας γενιάς. Γενικά, μπορεί να ειπωθεί ότι περιέχει στοιχεία και από τους δύο τύπους επιλογών. Διατηρείται η ταυτότητα των ατόμων, στοκάρονται όλα μαζί αλλά η επιλογή αυτών γίνεται ανεξάρτητα. Η ακρίβεια της μεθόδου, έγκειται στον ακριβή καθορισμό των στόχων.

Το πρώτο βήμα στην συνδυασμένη επιλογή αποτελείται από διασταυρώσεις ετερογενών μη συγγενικών ατόμων. Τέτοιες διασταυρώσεις κατορθώνονται με την απόκτηση ενός μικρού αριθμού απογόνου κοντά στους 10 στην καλλιέργεια του κυπρίνου ή αρκετές 12δες στην καλλιέργεια του σολομού. Κατά την διάρκεια της καλλιέργειας εκτιμώνται οι παραγωγικές τους ιδιότητες, όπως η βιωσιμότητα, ο ρυθμός αύξησης, η ποιότητα της σάρκας κ.λ.π. για να επιλεγούν τα καλύτερα άτομα.

Το 2<sup>ο</sup> στάδιο περιλαμβάνει την μαζική επιλογή σε αρκετές από τις καλύτερες των οικογενειών.

Στο 3<sup>ο</sup> στάδιο, οι γονείς εξετάζονται με την δοκιμή των απογόνων.

Το γενετικό κέρδος της συνδυασμένης επιλογής είναι θεωρητικά ίσο με το σύνολο των γενετικών κερδών των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για κάθε επιλογή

$$R_s = R_f + R_m + R_{pz}$$

Όπου  $R_f$ ,  $R_m$ ,  $R_{pz}$  αναφέρονται στην αποτελεσματικότητα της επιλογής οικογένειας, της μαζικής επιλογής και της εξέτασης των προγόνων.

Η συνδυασμένη επιλογή χρησιμοποιείται ευρέως στην εκτροφή του *Cyprinus carpio* και του *Salmo salar*.

### Απόκριση στην επιλογή

Όπως προαναφέρθηκε, γνωρίζοντας την κληρονομησιμότητα ενός ποσοτικού φαινοτύπου, είναι εύκολο να υπολογιστεί η ακρίβεια της επιλογής. Η απόκριση στην επιλογή ορίζεται ως η διαφορά στις μέσες αποδόσεις μεταξύ των απογόνων των επιλεγμένων ατόμων και του συνολικού πατρογονικού πληθυσμού, πριν την επιλογή (Ρογδάκης 1991, Falconer & Mackay 1996). Αυτή υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο :

$$R = Sh^2$$

Το R είναι η ανταπόκριση στην επιλογή  
το S είναι το διαφορικό της επιλογής, που ορίζεται ως η μέση φαινοτυπική τιμή των επιλεγμένων ατόμων εκφρασμένο σαν απόκλιση από την μέση φαινοτυπική τιμή του πατρογονικού πληθυσμού (Falconer & Mackay, 1996). Μια άλλη έκφραση για το S, που συμπεριλαμβάνει την απόκλιση στην οποία έγινα ήδη αναφορά, είναι η εξής :

$$S = i s_p$$

όπου i είναι η ένταση επιλογής και εκφράζει το διαφορικό επιλογής σε μονάδες φαινοτυπικής απόκλισης και  $s_p$  είναι η φαινοτυπική διακύμανση.

Αν το  $h^2=1$  ,  $R=S$

Αν το  $h^2=0$  ,  $R=0$

Από τον τύπο φαίνεται ότι η κληρονομησιμότητα θεωρείται βασικός παράγοντας κάθε προγράμματος επιλογής. Πώς όμως μπορεί ο γενετιστής να είναι βέβαιος ότι επιλέγει τα κατάλληλα άτομα για μελλοντικούς γεννήτορες; Αυτό έχει να κάνει με την ακρίβεια της επιλογής που ορίζεται ως η συσχέτιση ( $r_{IA}$ ) μεταξύ του κριτηρίου επιλογής (π.χ. μέσο βάρος οικογένειας ή άλλος δείκτης) και των πραγματικών κληροδοτικών τιμών (Falconer & Mackay, 1996). Παρεκκλίσεις από το γενετικό κέρδος μπορεί να οφείλονται είτε στις επιδράσεις της επιστατικής ή κυριαρχικής διακύμανσης, είτε σε αλλαγές του περιβάλλοντος, είτε σε λάθος του δείγματος.

## **ΥΒΡΙΔΙΣΜΟΣ**

## ΥΒΡΙΔΙΣΜΟΣ

Όταν η γενετική διακύμανση είναι μικρή και γενικά υπάρχει πρόβλημα στην βελτίωση του φαινοτύπου με κάποιο από τα προγράμματα επιλογής, τότε χρησιμοποιείται η μέθοδος του υβριδισμού. α) να γίνει ενδοειδικός υβριδισμός, δηλαδή να διασταυρωθούν άτομα του ίδιου είδους και β) να γίνει διαειδικός υβριδισμός, δηλαδή μεταξύ ατόμων διαφορετικών ειδών, πάντοτε όμως μέσα στην ίδια οικογένεια. Ο υβριδισμός αυξάνει την παραγωγικότητα μέσω της κυρίαρχης διακύμανσης  $V_D$ . Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν υπάρχει και μεγάλη  $V_A$ . Η κυριαρχική γενετική διακύμανση, δεν μεταδίδεται με την μείωση από τους γονείς στα παιδιά, αλλά δημιουργείται εκ νέου σε κάθε γενιά. Το κλειδί στον υβριδισμό είναι να βρεθεί ο συνδυασμός των γονέων, ο οποίος θα δώσει τα επιθυμητά αποτελέσματα. **Δεν γίνεται επιλογή και διασταύρωση για υβρίδιο ταυτόχρονα**, αφού η προσθετική γενετική διακύμανση και η κυριαρχική γενετική διακύμανση είναι δύο έννοιες αντίθετες. Στον υβριδισμό δεν μπορεί να προβλεφτεί το αποτέλεσμα της διασταύρωσης. Αυτό που γίνεται στην πράξη, είναι διασταύρωση στην τύχη που ίσως φέρει το επιθυμητό αποτέλεσμα : απογόνους με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Βέβαια, πρέπει να ελεγχθη αν τα υβρίδια αυτά είναι δεκτά από το καταναλωτικό κοινό.

### *Χρήσεις του υβριδισμού*

Ο υβριδισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις παρακάτω περιπτώσεις :

- α) όταν είναι άγνωστη η κληρονομησιμότητα
- β) όταν είναι χαμηλή η κληρονομησιμότητα
- γ) στο τελικό στάδιο της επιλογής για να παραχθούν εμπορεύσιμα ψάρια
- δ) για την παραγωγή νέων ειδών
- ε) για την παραγωγή ομοιόμορφων προϊόντων ( φαίνεται να έχουν μεγαλύτερη ζήτηση από τους καταναλωτές)
- στ) για την παραγωγή μονοφυλετικών πληθυσμών
- ζ) για εμπλουτισμό φυσικών πληθυσμών που κινδυνεύουν με εξαφάνιση.

Αυτό όμως που δεν μπορεί να δώσει ο υβριδισμός, είναι καλό γεννητικό απόθεμα, δηλαδή την ικανότητα να παράγουν πολλούς απογόνους, γιατί βασίζεται στο  $V_D$ , το οποίο χάνεται στην γαμετογένεση. Γι' αυτό και δεν χρησιμοποιείται όταν το χαρακτηριστικό προς βελτίωση έχει να κάνει με την αναπαραγωγή, αλλά μόνο για εκτροφή. Για την αναπαραγωγή χρησιμοποιείται η επιλογή. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα του υβριδισμού ορισμένες φορές είναι στείρα.

Λόγω του ότι δεν είναι μια μέθοδος η οποία έχει κάποια βέβαια αποτελέσματα, δεν υπάρχει αρκετή βιβλιογραφία.

#### *Πως, τελικά εφαρμόζεται ο υβριδισμός;*

Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στο φυλογενετικό δέντρο των διασταυρούμενων οργανισμών. Όσο πιο μακρινοί συγγενείς είναι τα είδη, τόσο μικρότερες είναι οι πιθανότητες να πετύχει ο υβριδισμός και να φέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Το καλύτερο είναι να επιλεγθούν άτομα μέσα από την ίδια οικογένεια.

Όταν ο υβριδισμός εφαρμόζεται ανάμεσα σε δύο διαφορετικά είδη, βοηθάει πολύ η γνώση των καρυοτύπων (αριθμοί χρωμοσωμάτων, βαθμός συγγένειας των ειδών και μορφολογία των χρωμοσωμάτων). Επιτυχημένες διασταυρώσεις με διαφορετικά χρωμοσώματα είναι σπάνιες. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το πείραμα του Chappell (1979) στα γατόψαρα. Διασταύρωσε γατόψαρο καναλιού, άσπρο και μπλε. Βρήκε ότι το υβρίδιο καναλιού Χ μπλε είναι βιώσιμο, με η διασταύρωση με άσπρο είχε ως αποτέλεσμα άτομα με ανωμαλίες. Έρευνες πάνω στον καρυότυπο έδειξαν ότι τα δύο πρώτα είχαν από 58 χρωμοσώματα, ενώ το τρίτο μόνο 48. Επιπλέον και η μορφολογία των χρωμοσωμάτων ήταν διαφορετική.

Ένα άλλο στοιχείο που έχει ιδιαίτερη σημασία είναι η βιολογικές συνήθειες και το φυσικό περιβάλλον όπου ζει ο κάθε οργανισμός. Δεν είναι δυνατόν να διασταυρωθούν δύο είδη που το ένα αναπαράγεται τον χειμώνα και το άλλο το καλοκαίρι, όπως δεν είναι δυνατόν να διασταυρωθούν δύο

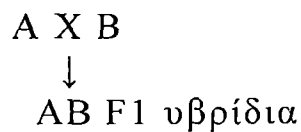


άτομα που το ένα ζει σε χαμηλές θερμοκρασίες και το άλλο σε υψηλές. Ακόμα και το διαφορετικό περιβάλλον καλλιέργειας επηρεάζει τους οργανισμούς.

Τέλος θα πρέπει να γίνονται πολύ προσεκτικοί χειρισμοί. Πρέπει να επιλέγονται τα καλύτερα άτομα του πληθυσμού για γεννήτορες. Επίσης θα πρέπει οι διασταυρώσεις να γίνονται με όλους τους πιθανούς συνδυασμούς ( π.χ. ♀ τσιπούρα με ♂ μυτάκι και ♂ τσιπούρα με ♀ μυτάκι). Ένα πρόγραμμα ενδοειδικού υβριδισμού δεν σταματά μόνο στην F1 γενιά.

### *Τύποι διασταυρώσεων υβριδισμού*

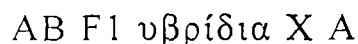
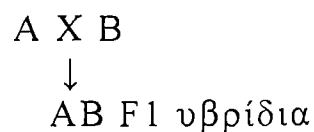
Υπάρχουν πολλοί τρόποι διασταύρωσης των ατόμων. Ο πιο συνηθισμένος είναι όταν 2 είδη γεννητόρων διασταυρώνονται.



Αυτό που γίνεται είναι προσπάθεια εκμετάλλευσης του Vd. Αυτός ο τρόπος είναι ευρέως διαδεδομένος.

Topcrossing είναι μία μέθοδος υβριδισμού, κατά την οποία ένα ομομεικτικό άτομο διαστρώνεται με ένα μη ομομεικτικό. Ο R. H. Davis, ανακάλυψε ότι ορισμένα είδη πέστροφας, τα οποία προήλθαν από topcrossing είχαν πιο γρήγορη ανάπτυξη.

Backcrossing είναι ένας άλλος τύπος υβριδισμού. Εδώ, η F1 γενιά διασταυρώνεται εκ νέου με την πατρική, έτσι ώστε να προκύψει ένας ανώτερος οργανισμός.



Οι Behreds and Smitherman (1984), χρησιμοποίησαν το backcrossing στην θερμοκρασιακή αντοχή της T. Aurea στην κόκκινη τιλάπια και παρήγαγαν ένα θερμοανεκτικό πληθυσμό κόκκινης τιλάπιας.

ΒΙΩΣΙΜΑ ΙΧΘΥΔΙΑ ΑΠΟ ΥΒΡΙΔΙΣΜΟ			
♀ γονέας	♂ γονέας	επιβεβαίωση μέσω	πηγή
S. aurata	Diplodus puntazzo		Dujakovic & Glamuzina 1990
S. aurata	D. vulgaris		Dujakovic & Glamuzina 1990
P. major	A. schlegeli	allozymes	Sugama 1990
S. aurata	P. major	karyotype	Diskin 1993
P. major	S. aurata	Karyology	Diskin 1993
		Morphology	Gorshkova
S. aurata	D. sargus	Morphology	Diskin 1993
P. major	S. sarba	Morphology	Murata 1995
D. dentex	D. sargus		Colombo 1996
S. aurata	D. dentex	Morphology	Colombo 1996
P. major	D. dentex	Morphology	Colombo 1996
D. dentex	P. major	Morphology	Colombo 1996

*Αποτελέσματα πειραμάτων υβριδισμού στα Sparidae*

## ΕΤΕΡΩΣΗ

Η επιτυχία ή όχι των υβριδίων μετριέται με την ετέρωση. Ετέρωση, καλείται η ικανότητα των ετεροζυγώτων να δέχονται βελτίωση. Η ετέρωση υπολογίζεται από τον εξής τύπο

$$H = (\mu.o. \text{ απογόνων } F1 - \mu.o. \text{ γονέων} / \mu.o. \text{ γονέων}) 100$$

Για παράδειγμα (Tave, 1993), ένας υπεύθυνος εκκολαπτηρίου καλλιεργεί και αναπαράγει γατόψαρο καναλιού, μπλε γατόψαρο και το μεταξύ τους υβρίδιο έτσι ώστε να εκτιμήσει την συγγένεια της ανάπτυξης των ειδών αυτών στο εκκολαπτήριό του. Τα αποτελέσματά των 4 γκρουπ βγαίνουν μέσα σε 18 μήνες.

Group	Mean wt (g)
Γατόψαρο καναλιού	460
Μπλε γατόψαρο	440
♀ γατόψαρο καναλιού X ♂ μπλε γατόψαρο	600
♀ μπλε γατόψαρο X ♂ γατόψαρο καναλιού	462

Ποια είναι η ετέρωση σε αυτό το πείραμα;

1) υπολογίζεται ο μέσος όρος των ομάδων των γονιών:

$$\text{μέσος όρος των ομάδων των γονιών} = \frac{460g + 440g}{2} = 450g$$

2) υπολογίζεται ο μέσος όρος του βάρους των υβριδίων:

$$\text{μέσος όρος βάρους υβριδίων} = \frac{462g + 600g}{2} = 531g$$

3) υπολογίζεται η ετέρωση με την βοήθεια του  $E_q$

$$H = \left( \frac{531g - 450g}{450g} \right) 100$$

$$H = 18\%$$

Και οι δύο ομάδες γονέων, καθώς και τα υβρίδια χρειάζονται για να υπολογιστεί η ετέρωση διαφορετικά το μόνο που μπορεί να ειπωθεί είναι ότι το ένα ή το άλλο υβρίδιο ήταν καλύτερο από τον ένα ή και τους δυο γονείς αλλά δεν μπορεί να εκτιμηθεί ποσοτικά η ετέρωση. Αν  $H > 0\%$  τότε το υβρίδιο που έχει παραχθεί είναι υβριδιακά εύρωστο δηλαδή έχουμε το φαινόμενο της υβριδιακής ευρωστίας (hybrid vigor).

**OMOMEIEIA**

## ΟΜΟΜΕΙΞΙΑ

Η ομομειξία είναι η τρίτη μεγάλη μέθοδος γενετικού προγράμματος η οποία μπορεί να επιφέρει σημαντικές βελτιώσεις στην παραγωγή. Η ομομειξία με απλά λόγια είναι η διασταύρωση συγγενών ατόμων. Δεν έχει να κάνει ούτε με την βιωσιμότητα, ούτε με το μέγεθος, ούτε με την παραγωγικότητα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για καλό σκοπό, αλλά και για κακό.

Γενετικά, αυτό που κάνει η ομομειξία είναι να προκαλεί ομοζυγωτία. Συγγενή άτομα μοιράζονται τα ίδια αλληλόμορφα μέσω ενός ή και δύο κοινών προγόνων. Όταν συγγενή άτομα διασταυρώνονται υπάρχει μεγάλη πιθανότητα τα όμοια αλληλόμορφα να ενωθούν. Έτσι παράγονται ομόζυγοι απόγονοι σε ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά.

Δεν μπορεί να ξεχωρίσει κανείς την ομοζυγωτία που προέρχεται από την ομομειξία από αυτήν που δεν προέρχεται από αυτήν, γιατί γενετικά δεν υπάρχει διαφορά. Αυτό που κάνει την διαφορά, είναι ότι αφού διασταυρώνονται συγγενή άτομα (τα οποία μοιράζονται περισσότερα αλληλόμορφα) οι απόγονοι στην πλειοψηφία τους, θα είναι περισσότερο ομοζυγωτικοί απ' ό,τι αν δεν ήταν συγγενείς.

Ουσιαστικά αυτό που γίνεται με την ομομειξία, είναι αλλαγή των γονοτυπικών συχνοτήτων αλλά όχι των γονιδιακών συχνοτήτων με την αύξηση της ομοζυγωτίας σε βάρος της ετεροζυγωτίας. Αφού λοιπόν αυξάνεται η γονοτυπική διακύμανση, αυξάνεται με την σειρά της και η φαινοτυπική. Αυτή η αλλαγή, συμβαίνει γιατί ο πληθυσμός χωρίζεται σε διαφορετικές ομοζυγωτικές σειρές, αποτέλεσμα των οποίων είναι η δίκορφη κατανομή.

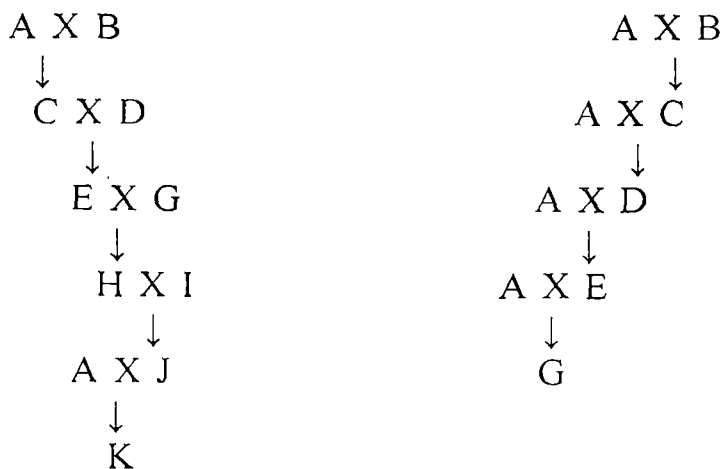
Τελικά όμως, γιατί η ομομειξία έχει τόσο κακή φήμη; Κάθε οργανισμός έχει αλληλόμορφα τα οποία κρύβονται πίσω από την ετεροζυγωτία. Αν αυτά τα αλληλόμορφα εκφραστούν, τότε παράγονται φαινότυποι με ανωμαλίες ή ακόμα και θνησιγόνοι. Συγγενή άτομα είναι πιθανό να έχουν ίδια τέτοιου είδους αλληλόμορφα. Έτσι αν ενωθούν δύο τέτοια σπάνια κατά τα άλλα αλληλόμορφα τότε ο φαινότυπος που θα εκφραστεί παρουσιάζει τις προαναφερθείσες ανωμαλίες. Επιπλέον, τα παραγόμενα άτομα παρουσιάζουν μεγάλες θνησιμότητες, μικρή ανάπτυξη, μικρό ποσοστό παραγωγής γεννητικών προϊόντων κ.α. Η πιθανότητα να ενωθούν τέτοια αλληλόμορφα αυξάνεται, καθώς αυξάνεται και ο βαθμός

συγγένειας. Αυτή ακριβώς η ιδιότητα δίνει την κακή φήμη στην ομομειξία. Βέβαια, δεν υπάρχει βεβαιότητα για το ότι τα άτομα που θα παραχθούν θα παρουσιάσουν ανωμαλίες στον φαινότυπο.

### *Χρήσεις της ομομειξίας*

Αφού λοιπόν η ομομειξία μειώνει την παραγωγή, τότε γιατί χρησιμοποιείται ως μέθοδος γενετικής βελτίωσης; Η συνηθέστερη χρήση της ομομειξίας λέγεται *linebreeding*. Αοχή της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι ένα χαρισματικό άτομο διασταυρώνεται με τον πρόγονό του. Με αυτήν την διασταύρωση, αυξάνεται η συνεισφορά στο γενετικό κέρδος του κάθε προγόνου και κατά συνέπεια το γενετικό κέρδος της κάθε δεξαμενής. Υπάρχουν δύο τρόποι *linebreeding*

### MILD LINEBREEDING      INTENSE LINEBREEDING



*Σχηματικό διάγραμμα των δύο τύπων του linebreeding*

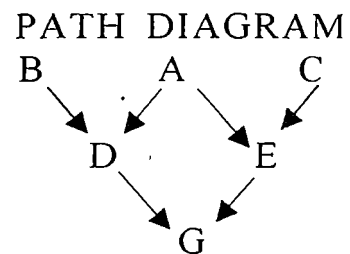
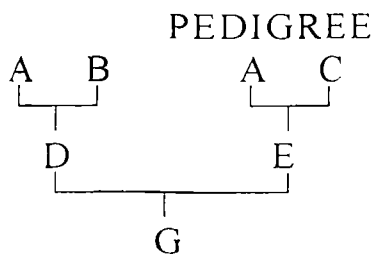
Μία δεύτερη χρησιμότητα της ομομειξίας είναι η δημιουργία υβριδίων τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για παραγωγή. Εδώ δύο ή και περισσότερες σειρές αιμομιγνύονται προκειμένου να ενωθούν συγκεκριμένα αλληλόμορφα. Τα υβρίδια που θα παραχθούν από αυτήν την διασταύρωση, θα είναι πανομοιότυπα. Ο Gjerde (1988), παρήγαγε τέτοια υβρίδια πέστροφας, αλλά αποφάσισε ότι αυτή η μέθοδος δεν συμφέρει, διότι είναι χρονοβόρα.

Ο υβριδισμός χρησιμοποιείται και για την παραγωγή πειραματόζων. Βέβαια τα αποτελέσματα της ομομειξίας των ατόμων, τα κάνουν να έχουν διαφορετικές ιδιότητες (και κατά συνέπεια αντιδράσεις) απ' ό,τι οι φυσικοί πληθυσμοί.

Όπως και στον υβριδισμό, έτσι και εδώ τα αποτελέσματα βασίζονται στην αλληλεπίδραση των αλληλομόρφων, πράγμα που σημαίνει ότι κυρίως η ομομειξία είναι λειτουργία της  $V_D$ .

#### Υπολογισμός ομομειξίας

Ο υπολογισμός της ποσότητας της ομομειξίας γίνεται με μία μέθοδο που είναι γνωστή ως ανάλυση διαδρομών. Εδώ μετατρέπεται το γενεολογικό δέντρο σε ένα διάγραμμα και καθορίζεται η ομομειξία των ατόμων προσθέτοντας τα πιθανά διαφορετικά μονοπάτια που μπορούν να υπάρξουν προς την  $P_1$ .





Το κάθε βέλος στο διάγραμμα διαδρομών αντιπροσωπεύει έναν γαμέτη και 50% γονιδίωμα του ατόμου.

Ο ατομικός συντελεστής ομομειξίας, υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο :

$$F_x = \sum \{(0.5)^n (1+F_a)\}$$

Όπου  $F_x$  ο συντελεστής ομομειξίας του ατόμου,  $n$  ο αριθμός των ατόμων στην δομένη διαδρομή και  $F_a$  ο συντελεστής ομομειξίας των κοινών προγόνων. Στο παραπάνω σχεδιάγραμμα το άτομο G είναι ομομεικτικό, αφού έχει κοινό πρόγονο το άτομο A.

Ο άμεσος τρόπος για να μειωθεί η ομομειξία, είναι να κρατηθούν οι σειρές καθαρές μέσω της παραγωγής υβριδίων. Η ομομειξία, είναι ένα μέσων για να μετρηθεί η ομοζυγωτία στα άτομα. Αν π.χ. ένα άτομο έχει  $F=25\%$ , τότε είναι κατά 25% πιο ομοζυγωτικό από τον μέσο όρο του πληθυσμού. Ωστόσο για να μετρηθεί ο βαθμός ομομειξίας είναι απαραίτητη η γνώση του γενεολογικού δέντρου. Αυτή η πληροφορία τις περισσότερες φορές δεν είναι γνωστή, κυρίως στα ψάρια.

Ανεπιθύμητη ομομειξία και γενετικές απώλειες συμβαίνουν στα περισσότερα εκκολαπτήρια, αφού οι πληθυσμοί είναι μικροί και κλειστοί. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα, κυρίως όταν τα εκτρεφόμενα ψάρια θα χρησιμοποιηθούν για εμπλουτισμό. Για τις διασταυρώσεις όταν δεν χρησιμοποιείται η επιλογή, υπάρχουν δύο μέθοδοι. Η τυχαία διασταύρωση (η οποία χρησιμοποιείται ευρέως) και η διασταύρωση μέσω του γενεολογικού δέντρου. Το δραστικό μέγεθος πληθυσμού, δίνεται από τον εξής τύπο :

$$Ne = 4 \left( \frac{\text{♀}}{\text{♂}} \right) / \left( \frac{\text{♀}}{\text{♂}} + 1 \right)$$

Ο τρόποι για να αυξηθεί το δραστικό μέγεθος του πληθυσμού, είναι δύο : ή να αυξηθεί ο αριθμός των γεννητόρων με την εισαγωγή άγριου κυρίως στοκ, ή να τηρηθεί μία αναλογία της τάξεως του 50 : 50 αρσενικών : θηλυκών. Το δραστικό μέγεθος του πληθυσμού, είναι αντιστρόφως ανάλογο του συντελεστή ομομειξίας καθώς και της γενετικής παρέκκλισης.

$$F = \frac{1}{2Ne}$$

**ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ  
ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ**

## ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΕ ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΠΟΣΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

### *Χειρισμοί των χρωμοσωμάτων*

Οι χειρισμοί των χρωμοσωμάτων ως μέθοδο βελτίωσης φαινοτύπων, περιέχει τα παρακάτω στοιχεία :

- Αναστολή των γοναδικής ανάπτυξης με τριπλοειδή
- Μονοφυλετικοί απόγονοι με την βοήθεια της γυνογένεσης, της ανδρογένεσης και ορμονική θεραπεία
- Άμεση αιμομιξία μέσω της γυνογένεσης
- Γενετική χαρτογράφηση με την βοήθεια της γυνογένεσης και της αντρογένεσης
- Χρήση της κρυογενετικής, όσον αφορά την διατήρηση των γεννητικών υλικών

Ορισμένα τριπλοειδή της οικογένειας Sparidae έχουν μικρές και στείρες γονάδες μα μεγάλη σωματική αύξηση. (Gorshkov *et al.* 1998; Knibb *et al.* 1998a ) παρ' όλο ότι τα τριπλοειδή είναι πλέον ευρέως διαδεδομένα και εκτός της οικογένειας των Salmonidae, λίγα είναι γνωστά για την μαζική παραγωγή τους. Επιπλέον δεν έχει μελετηθεί και ο παράγοντας περιβάλλον και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτού και των τριπλοειδών.

### *Γενετική μηχανική*

Μέχρι στιγμής, δεν χρησιμοποιείται η γενετική μηχανική για μαζική παραγωγή ψαριών. Αν και θα ήταν μια πολύ ελπιδοφόρα μέθοδος, λίγα είναι γνωστά. Από μελέτες που έχουν γίνει, έχουν διαπιστωθεί ότι μπορεί να προκύψουν τα ακόλουθα προβλήματα :

Προβλήματα υγείας: λέγεται ότι η κατανάλωση της GH πρωτεΐνης μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στους καταναλωτές, αλλά μάλλον κάτι τέτοιο δεν ισχύει, αφού οι πρωτεΐνες σε αντίθεση με τα στεροειδή, πέπτονται και είναι ανενεργές μετά την κατάπωσή τους.

Οικολογικά προβλήματα : δεν είναι γνωστό τι θα γίνει αν αυτά τα υβρίδια βρεθούν στο φυσικό περιβάλλον. Εικάζεται ότι αφού έχουν σχετικά μικρή επιβίωση και, με

βάση την αρχή της φύσης ότι ο ισχυρότερος επιβιώνει, τα υβρίδια δεν μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά το περιβάλλον.

Πλειοτροπικά χαρακτηριστικά : μπορεί να εκφραστούν και αλληλόμορφα που σχετίζονται με την στειρότητα κ.α. τέτοια προβλήματα μέσω της σύνδεσης των γονιδίων.

### *Μεταφορά γονιδίων*

Αυτή η μέθοδος είναι αρκετά δαπανηρή. Η μεταφορά γονιδίων γίνεται με τις παρακάτω μεθόδους :

Μικρομεταφορά του DNA : η μεταφορά ξένου DNA στο κυτόπλασμα ενός κυττάρου του εμβρύου έχει επιτευχθεί σε ψάρια του γλυκού νερού (Hackett 1993). Στην τσιπούρα αυτή η μέθοδος δημιούργησε προβλήματα, όπως σκλήρυνση του χορίου. Επίσης λίγα είναι τα στοιχεία των ώριμων ψαριών που είχαν υποστεί την μικρομεταφορά του DNA (Knibb *et al.* 1996). Έγινε ανάλυση σε 300 ώριμα άτομα που επιβίωσαν από τα 20000 αυγά τσιπούρας, τα οποία είχαν υποστεί μικρομεταφορά DNA. Από αυτά συμπέρανε ότι για ένα γενετικά βελτιωμένο άτομο τσιπούρας, χρειάζονται πάνω από 1000 αυγά.

### *Μεταφορά γονιδίων στα γεννητικά υλικά των γεννητόρων*

Τέτοια πειράματα έχουν γίνει μόνο σε ψάρια του γλυκού νερού και συγκεκριμένα μόνο για το *Brachydanio rerio* (Cyprinidae) (Khoo *et al.* 1992). γ για την τσιπούρα, ανενεργό σπέρμα εμπλουτίστηκε με DNA και χρησιμοποιήθηκε για να γονιμοποιήσει αυγά. Δεν είχε αποτελέσματα (Chamberyong & Zohar 1992).

*Με την βοήθεια του ηλεκτρισμού ( electroporation)*

Η χρήση ηλεκτρικών κυμάτων για να αυξηθεί η ικανότητα των κυττάρων να απορροφούν μακρομόρια, έχει χρησιμοποιηθεί σε βακτήρια (Dower *et al.*, 1988). Στα ψάρια, έχει χρησιμοποιηθεί για μεταφορά γονιδίων σε αυγά του κυπρίνου (Powels *et al.*, 1992) και σε σπέρμα κυπρίνου, τιλάπιας αφρικάνικου γατόψαρου (Muller *et al.*, 1992). Όσον αφορά τα θαλάσσια είδη, ο Guratolo *et al.* (1996b) δοκίμασε κάτι τέτοιο στο σπέρμα του λαβρακιού. Αποτελέσματα σε ενήλικα άτομα, δεν υπάρχουν, προς το παρόν.

Βέβαια, δεν είναι μόνο αυτές οι μέθοδοι που μπορεί να χρησιμοποιήσει κανείς έτσι ώστε να βελτιώσει ένα πληθυσμό ψαριών. Πολλές από αυτές βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο, ενώ άλλες κρίνονται χρήσιμες μόνο σε ένα είδος ψαριού ή και κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες.

# ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

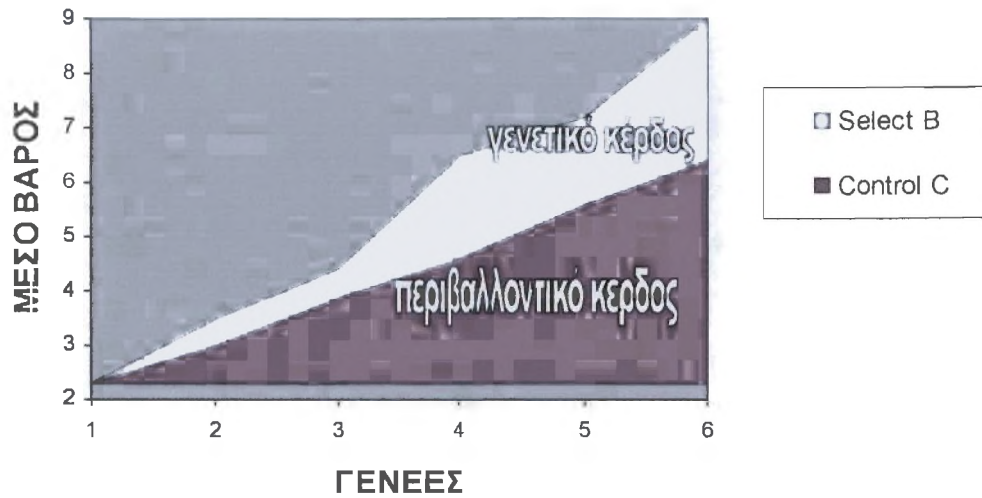
## ΣΗΜΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΣΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

Το συστατικό της περιβαλλοντικής διακύμανσης που μπορεί να εκμεταλλευτεί προς όφελος της επιλογής είναι αυτό που έχει να κάνει με τον γενότυπο και το περιβάλλον Vg-e. Η αλληλεπίδραση αυτή συμβαίνει διότι μερικά από τα αλληλόμορφα που είναι υπεύθυνα για την παραγωγή ενός φαινοτύπου εκφράζονται διαφορετικά σε διαφορετικά περιβάλλοντα.

Για παράδειγμα, οι Mcntyre and Blanc (1973) βρήκαν ότι η κληρονομησιμότητα για την ταχύτητα εκκόλαψης των αυγών της πέστροφας ήταν διαφορετική σε διαφορετικά είδη εκκολαπτήρων. Αυτό πρακτικά δείχνει ότι η επιλογή για την μεταβολή του ίδιου φαινοτύπου, μπορεί να είναι ευκολότερη και λιγότερο επίπονη σε συγκεκριμένες συνθήκες.

Οι απόψεις γενικά όσον αφορά την σπουδαιότητα του Vg-e, είναι αντικρουόμενες. Π.χ. ,οι Gunnes & Gjedrem, εξέτασαν τον σολομό και βρήκαν ότι το V<sub>G-E</sub> δεν επηρέαζε σε μεγάλο βαθμό τον φαινότυπο. Όμως, δέχτηκαν ότι αν εξέταζαν διαφορετικό πληθυσμό (Γάρα και διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες) ίσως να έβρισκαν διαφορετικά αποτελέσματα. Δεν μπορούν να γίνουν γενικεύσεις για όλα τα καλλιεργούμενα είδη και τις συνθήκες στις οποίες εκτρέφονται. Συγκεκριμένα είδη, καλλιεργούνται καλύτερα σε συγκεκριμένες συνθήκες για την επιλογή συγκεκριμένων φαινοτύπων. Άρα στόχος των καλλιεργητών είναι να ανακαλύψουν ποιο είδος ψαριού αναπτύσσεται καλύτερα στην περιοχή τους. Υπάρχει αρκετή βιβλιογραφία, η οποία αναφέρεται στην βιολογία του κάθε είδους και μπορεί να φανεί χρήσιμη στον καλλιεργητή.

αποτελέσματα του Kipcaid et al. (1977) για την πέστροφα. στο σχεδιάγραμμα, φαίνεται το κέρδος που οφείλεται σε γενετικούς παράγοντες, καθώς και αυτό που οφείλεται σε περιβαλλοντικούς.



### Περιβαλλοντική διακύμανση

Η περιβαλλοντική διακύμανση περιλαμβάνει τις προφανείς μεταβλητές οι οποίες σε μία γενική θεώρηση είναι οι εξής

Αν βελτιωθούν οι περιβαλλοντικές συνθήκες, βελτιώνεται και ο φαινότυπος. Αυτό σημαίνει ότι τα ψάρια πρέπει να τρέφονται κανονικά, να έχουν ιδανικές θερμοκρασίες και επίπεδα οξυγόνου ικανοποιητικά και να υπάρχει η κατάλληλη ιχθυοφόρτιση στην δεξαμενή. Έτσι ελαχιστοποιούνται τα προβλήματα υγείας των ιχθυδίων.

Αν δεν τηρηθεί τίποτα από τα παραπάνω, τότε η περιβαλλοντική διακύμανση μπορεί να αποβεί μοιραία για τον πληθυσμό.

Τα γενετικά προγράμματα βελτίωσης πρέπει να σχεδιάζονται κατά τέτοιον τρόπο, ώστε οι επίδραση του  $V_E$  να είναι ξεχωριστή από αυτή του  $V_G$ . Μερικά παραδείγματα για την μεταβολή της  $V_E$ , παρατίθενται παρακάτω :



### 1)δυσανάλογα αναπτυγμένος πληθυσμός

Η δυσανάλογη ανάπτυξη μέσα στα άτομα ενός πληθυσμού έχει την ρίζα της κυρίως στην δυσανάλογη λήψη τροφής και στην καταλληλότητα της. Σειρά πειραμάτων των N. Nakamura & Kasahara ανακάλυψαν αυτήν την αιτία σε πληθυσμό κυπρίνου. Τα άτομα ανταγωνίζονται για τη τροφή και όταν αυτή δεν φτάνει να καλύψει τις ανάγκες τους, παρατηρούνται φαινόμενα από δυσανάλογη ανάπτυξη ως κανιβαλισμό.

### 2)συχνότητα ωτοκίας

Άλλη μία περιβαλλοντική μεταβλητή που μπορεί να παρατηρηθεί, είναι η συχνότητα ωτοκίας.

Είναι σημαντικό να μην αναμειχθούν ή ακόμα και να συγκριθούν ψάρια από διαφορετικές ωτοκίες, ακόμα και αν αυτές έχουν διαφορά λίγων ωρών μεταξύ τους. Αν γίνει κάτι τέτοιο, υπάρχει κίνδυνος να επιλεγθούν ψάρια μεγαλύτερης ηλικίας στην θέση των γενετικά ανώτερων ψαριών (αφού αυτά θα παρουσιάζουν μεγαλύτερο μέγεθος από μικρότερης ηλικίας ψάρια).

### 3)ηλικία και μέγεθος γεννητόρων

Η ηλικία και το μέγεθος των γεννητόρων, μπορούν να επηρεάσουν συγκεκριμένους φαινότυπους. Το μέγεθος των γεννητόρων επηρεάζει την ωτοκία και την γρήγορη ανάπτυξη του γόνου του *Ictalurus punctatus*. Συνήθως αν τα ψάρια είναι μεγάλα σε ηλικία, τότε δεν δίνουν καλούς απογόνους.

## 4) μέγεθος αυγών

Μελέτες έδειξαν ότι υπάρχει μια θετική συσχέτιση ανάμεσα στο μέγεθος των αυγών και την ταχύτητα ανάπτυξης σε είδη όπως ο κυπρίνος, η πέστροφα. Ο οξύρρυγχος, ο σολομός η τιλάπια κ.α.

ακόμα και αν τα αποτελέσματα του μεγέθους των αυγών στο μέγεθος του σώματος των ψαριών δεν διαρκέσουν μεγάλο χρονικό διάστημα και εξαφανιστούν σταδιακά, μπορεί να δημιουργηθεί πρόβλημα στην επιλογή αν αυτή γίνει πριν αυτά εξαφανιστούν. Αν δηλαδή επιλεχθούν νωρίς, υπάρχει κίνδυνος σύγχυσης του  $V_E$  με του  $V_A$ .

Το μέγεθος των αυγών επηρεάζεται από την ποσότητα και την ποιότητα της τροφής και από την ηλικία και το μέγεθος του θηλυκού.

## 5) μεγέθυνση

Όσο οι ιχθύες μεγαλώνουν, η μικρή αρχική διαφορά μεγέθους μεταξύ των ομάδων αυξάνεται και θεωρείται σημαντική. Γι' αυτό είναι σημαντικό να συγκρίνονται ομάδες με ίδιο αρχικό μέγεθος. Αν δεν γίνει αυτό, οι διαφορές των μεγεθών που θα επισημαίνονται θα οφείλονται στις αρχικές διαφορές μεγέθους και όχι στην γενετική διαφορά.

## 6) πολλαπλή περιποίηση

Αρχικά, η πολλαπλή περιποίηση προτάθηκε από τους Moay & Wohlfarth (1968) ως λύση για την εξάλειψη της διαφοράς μεγέθους. με αυτήν την τεχνική τα μεγαλύτερα ψαριά διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα διατήρησης με την έννοια του υποσιτισμού, ενώ τα μικρότερα αφήνονται να μεγαλώσουν, έτσι ώστε οι σωματικές διαφορές να εξισορροπηθούν και να έχουν οι δύο ομάδες το ίδιο σωματικό βάρος πριν τα πειράματα ξεκινήσουν. Αυτό όμως δεν ισχύει για τον κυπρίνο, του οποίου τα ισχυρά άτομα της ομάδας που διατηρούνταν σε χαμηλά επίπεδα τροφοληψίας, επανέκτησαν

την ανωτερότητα τους όταν ξεκίνησαν να τρέφονται κανονικά. Αντίθετα, ο Dunham (1982) παρατήρησε ότι η πολλαπλά περιποίηση, μπορεί να εφαρμοστεί με επιτυχία στο *I. Punctatus*.

#### 7) κοινή εκτροφή

Τέλος μία άλλη αιτία που η περιβαλλοντική διακύμανση μπορεί να μεταβάλει την γενετική διακύμανση, είναι οι διαφορές ανάμεσα στις δεξαμενές που χρησιμοποιούνται. Οι διαφορές στις συνθήκες της κάθε δεξαμενής πρέπει να προσδιοριστούν με ακρίβεια. Μία κοινή όμως δεξαμενή, μπορεί να δημιουργήσει σοβαρότερα προβλήματα, γι' αυτό και δεν συνίσταται.

Είναι προφανές ότι οι περιβαλλοντικές μεταβλητές είναι κάτι περισσότερο από άριστες ή κακές συνθήκες

ανάπτυξης. Είναι σημαντικό να προσδιοριστούν ευθύς εξ' αρχής και να ελέγχονται καθ' όλη την διάρκεια του προγράμματος. Αν δεν ελεγχθούν, τότε θα εκτιμηθούν λάθος οι γενετικές διαφορές, με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση του κατά τα άλλα δύσκολου και πολυδάπανου προγράμματος.

**ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ  
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣ  
ΒΕΛΤΙΩΣΗ**

## ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

**Ο φαινότυπος πρέπει να έχει μεγάλη γενετική διακύμανση**

Είναι αυτονόητο πως δεν γίνεται να βελτιωθεί ένας φαινότυπος που παρουσιάζει μικρή γενετική διακύμανση και ποικιλομορφία. Αυτό συνεπάγεται ότι και η κληρονομησιμότητα του φαινοτύπου πρέπει να είναι μεγαλύτερη από μηδέν (0).

Επίσης, καλό θα ήταν να ληφθεί υπ' όψιν ότι η βελτίωση ενός χαρακτηριστικού θέλει χρόνο. Πρέπει να διαλεχτούν προσεκτικά οι φαινότυποι οι οποίοι θα συμμετάσχουν στο πρόγραμμα, πώς θα μετρηθούν και πότε. Επιπλέον συνίσταται η αρχειοθέτηση, έτσι ώστε να είναι εύκολη η σύγκριση.

### Βασικά στοιχεία γενετικού προγράμματος

Η επιτυχία ενός προγράμματος γενετικής βελτίωσης στις υδατοκαλλιέργειες, εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, όπως η αρχική βιώσιμη ιδέα, η ορθός χειρισμός και φυσικά η επιλογή του κατάλληλου οργανισμού. Βασική προϋπόθεση είναι η εκπαίδευση ατόμων που θα χειρίζονται τους οργανισμούς καθώς και ερευνά για απόκτηση γνώσεων που θα βοηθήσουν στα προγράμματα βελτίωσης.

Τα στοιχεία από τα οποία απαρτίζεται ένα πρόγραμμα γενετικής βελτίωσης, είναι τα ακόλουθα:

1. γνώση της δομής του κλάδου
  - 1) καθορισμός στόχων
  - 2) μέτρηση στόχων
  - 3) εύρεση αρχικού αποθέματος
  - 4) εκτίμηση παραμέτρων
  - 5) τακτική διασταύρωσης
  - 6) κριτήρια επιλογής
  - 7) αρχικές παρατηρήσεις
  - 9) έλεγχος διαδικασιών
  - 10) περιοδική επανεκτίμηση

## **1. γνώση της δομής του κλάδου**

Ο γενετιστής που θα θελήσει να εφαρμόσει ένα πρόγραμμα γενετικής βελτίωσης, πρέπει να έχει μια ξεκάθαρη εικόνα της δομής του κλάδου : τις μεθόδους, τα συστήματα και τις απαιτήσεις της παραγωγής, αλλά κυρίως το τι ζητάει το εμπόριο. Βέβαια, η θέση του είναι πολύ υπεύθυνη. Είναι αυτός που πρέπει να αποφασίσει το πώς θα γίνει το πρόγραμμα βελτίωσης, χωρίς την καθοδήγηση τρίτων ατόμων, όπως π.χ. του παραγωγού.

## **2. Καθορισμός στόχων**

Αυτό το σημείο, απαιτεί μεγάλη προσοχή γιατί μπορεί εύκολα να γίνει λάθος. Οι στόχοι, θα πρέπει να είναι με μεγάλη ακρίβεια καθορισμένοι.

Βραχυπρόθεσμοι και Μακροπρόθεσμοι θα πρέπει να τίθενται ώστε το πρόγραμμα να είναι βιώσιμο. Αν για παράδειγμα οι πρώτες εμφανείς αλλαγές στο χαρακτηριστικό γίνουν μετά από πέντε χρόνια, ο παραγωγός θα δυσαρεστηθεί. Από την άλλη, οι επιθυμητές μεταβολές απαιτούν το πέρας αρκετών γενιών. Τελικά ο γενετιστής οφείλει να αποφασίσει για τον σχεδιασμό του προγράμματος ώστε να μην δυσαρεστηθεί ο παραγωγός και να έχει τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Μειώνοντας τον αριθμό των χαρακτηριστικών που χρίζουν βελτίωσης, μειώνεται και ο χρόνος της όλης διαδικασίας αλλά και αποφεύγονται τα λάθη.

Βασικό είναι επίσης το πρόγραμμα βελτίωσης να ξεκίνα εφ' όσον η εταιρία είναι απόλυτα βέβαιη ότι επιθυμεί και μπορεί να το καλύψει οικονομικά.

πιθανοί και συχνοί στόχοι είναι η αύξηση του ρυθμού αύξησης και η αύξηση του αριθμού των αυγών που όμως είναι βραχυπρόθεσμοι. Άλλοι στόχοι μπορεί να είναι η επιβίωση και η ωριμότητα.

### **3. Μέτρηση χαρακτήρων**

Θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν η κληρονομικότητα, το κόστος των στόχων και η βιολογική αποτελεσματικότητα. Υπάρχει περίπτωση να τύχουν τεχνικά προβλήματα τα οποία πρέπει να έχουν προβλεφτεί. Για παράδειγμα το να ζυγιστεί ένα δίθυρο, θεωρείται εύκολο. Αν ληφθεί όμως υπ' όψιν ότι θα πρέπει πρώτα να στραγγιστεί από το νερό που έχει κατακρατήσει, τα πράγματα δυσκολεύουν. Δεν υπάρχει συγκεκριμένο χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο πρέπει να στραγγίσει το δίθυρο.

Γίνεται εύκολα κατανοητό πως δεν έχει νόημα να γίνει προσπάθεια βελτίωσης ενός χαρακτηριστικού το οποίο δεν έχει οικονομική σημασία και δεν θα φέρει κέρδος στον καλλιεργητή. Επίσης, η βελτίωση ενός φαινοτύπου, μπορεί να είναι μια πολυδάπανη ενέργεια, γι' αυτό θα πρέπει το κέρδος που θα φέρει να καλύπτει τις δαπάνες που έγιναν για την επίτευξη του στόχου.

### **4. Εκτίμηση παραμέτρων**

παρ' όλο που δεν υπάρχει αρκετή βιβλιογραφία όσον αφορά τα προγράμματα βελτίωσης των ψαριών, καλό θα ήταν ο γενετιστής να γνωρίζει όσα περισσότερα μπορεί για το είδος που τον ενδιαφέρει, προτού αρχίσει το πρόγραμμα βελτίωσης. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει βιβλιογραφία με την καλή γνώση της βιολογίας του είδους, μπορεί να γίνουν κάποιες ασφαλείς προβλέψεις όσον αφορά τα αποτελέσματα της επιλογής.

## **5. τακτική διασταύρωσης**

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος, είναι ένα βασικό εργαλείο για τον γενετιστή. Οι διασταυρώσεις και το μέγεθος του πληθυσμού, είναι κάποιες από τις αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν. Οι διασταύρωση ιχθύων, είναι μια τελείως διαφορετική διαδικασία απ' ότι άλλων οργανισμών. Είναι πιο εύκολο να γίνουν λάθη.

## **6. Κριτήρια επιλογής**

Η φυσική επιλογή δεν θα πρέπει να παραληφθεί, αν και συνήθως έτσι γίνεται. Αν κάποια χαρακτηριστικά, βελτιώνονται από τις φυσικές παραμέτρους, δεν έχει νόημα να γίνει σ' αυτά παρέμβαση. Υπάρχει περίπτωση, ο παραγωγός να θέλει να βελτιώσει χαρακτηριστικά χωρίς οικονομική αξία. Καλό θα ήταν κάτι τέτοιο να αποφευχθεί. Κυρίως όμως πρέπει ο γενετιστής να έχει έναν αρχικό στόχο και σε αυτόν να εμμένει. Να μην παρασυρθεί και στο όνομα της επιστήμης να καταστήσει την παραγωγική διαδικασία πείραμα.

## **7. Αρχικές παρατηρήσεις**

Οι πρώτες παρατηρήσεις, είναι πολύ σημαντικές για την περαιτέρω διαδικασία του προγράμματος βελτίωσης. Οι αρχικές παρατηρήσεις που γίνονται με βάση κάποια μαθηματικά μοντέλα. Συνήθως γίνονται μετρήσεις του ρυθμού αύξησης(που είναι ένας συνδυασμός μαθηματικών μοντέλων και βιολογίας) , του σχήματος του σώματος(χρησιμοποιείται σαν μέτρηση σε όλα τα είδη που βελτιώνονται γενετικά), της



βιολογίας της γεννητικής ωριμότητας, της κληρονομησιμότητας και της γενετικής συσχέτισης.

Πάνω από όλα αυτά υπάρχει ένας κανόνας : αν μπορεί κάποιο χαρακτηριστικό να βελτιωθεί με την βοήθεια σωστής διατροφής, με ειδική θεραπεία, με την χρήση της φυσιολογίας, με την ενδοκρινολογία, ή με οποιονδήποτε άλλο τρόπο σκεφτεί ο γενετιστής, τότε δεν θα χρησιμοποιήσει την γενετική βελτίωση.

## **8.Περιοδική επανεκτίμηση**

Ο γενετιστής, θα πρέπει κατά τακτά χρονικά διαστήματα να επανεξετάζει το πρόγραμμα έτσι ώστε να διαπιστώσει έγκαιρα αν υπάρχει κάποια δυσλειτουργία και να το βελτιώσει.

## **ΕΠΙΛΟΓΟΣ**

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η γενετική βελτίωση έχει αρχίσει από την δεκαετία του '70 να διαδίδεται στην ιχθυοκαλλιέργεια. Βελτίωση κυρίως γίνεται σε ποσοτικά χαρακτηριστικά των οποίων οι τιμές παρουσιάζουν μία κανονική κατανομή. Λόγω του ότι παρουσιάζουν μια ποικιλομορφία, τα ποσοτικά χαρακτηριστικά δεν μπορούν να μελετηθούν με τις Μεντελικές μεθόδους. Επομένως για την μελέτη τους χρησιμοποιούνται στοιχεία Βιομετρίας, όπως ο μέσος όρος, η τυπική απόκλιση, ο συντελεστής ποικιλομορφίας, η φαινοτυπική και γενετική διακύμανση. Τα στοιχεία αυτά δίνουν πληροφορίες και χρησιμοποιούνται στην εκτίμηση της κληρονομησιμότητας και της απόκρισης στην επιλογή.

Έπεται η επιλογή του προγράμματος βελτίωσης το οποίο θα χρησιμοποιηθεί. Σήμερα, υπάρχουν πολλές μέθοδοι, όπως η ατομική επιλογή, μέσω οικογένειας, αδελφών, απογόνων και η συνδυασμένη επιλογή, επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο υβριδισμός και η ομομειξία. Έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται και άλλες μέθοδοι, όπως χειρισμοί χρωμοσωμάτων, μεταφορά γονιδίων, γενετική μηχανική, electroporation καθώς και δεκάδες άλλες μέθοδοι, που όμως βρίσκονται ακόμη σε πειραματικό στάδιο.

Η επιλογή του προγράμματος το οποίο θα εφαρμοστεί εξαρτάται από παράγοντες όπως η βιολογία του καλλιεργούμενου είδους, αν υπάρχει η κατάλληλη τεχνική υποδομή στο εκκολαπτήριο, στην φύση του προς βελτίωση χαρακτηριστικού, όπως φυσικά και σε οικονομικούς παράγοντες.

Τα αποτελέσματα της γενετικής βελτίωσης είναι εμφανή συνήθως από την Τρίτη γενιά και μετά. Στον παρακάτω πίνακα, δίνονται μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα.

	παραγωγή	(1000ten)		
είδη	1984	1993	αύξηση	Γενετική παρέμβαση
Κοινός κυπρίνος	581	1241	2,1	2,5
Τιλάπια	186	551	3.0	1.0
Σολομός	27	304	11.3	4.0
Πέστροφα	185	311	1.7	2.0
Γαρίδα	177	802	4.5	1.0
Μύδια	700	1046	1.5	1-2
Στρείδια	863	1019	1.2	1-2
Χτένια	79	976	12.4	1-2
Ψάρια και οστρακοειδή	6937	16285	2.3	

*Παραγωγή των σημαντικότερων ειδών στην υδατοκαλλιέργεια και τα αποτελέσματα ενός προγράμματος γενετικής βελτίωσης.*

Απ' ότι φαίνεται και από τον πίνακα, με την βοήθεια της γενετικής, η παραγωγή στα περισσότερα είδη, παρουσίασε μεγάλη αύξηση μέσα σε λίγα μόνο χρόνια. Αυτό δείχνει την χρησιμότητα, αλλά κυρίως την αποτελεσματικότητα των μεθόδων γενετικής βελτίωσης.

Λόγω της αυξημένης ζήτησης των προϊόντων των ιχθυοκαλλιεργειών στην αγορά και λαμβάνοντας υπ' όψιν την κρίση της αγοράς, μέσω της γενετικής βελτίωσης των καλλιεργούμενων ειδών μπορεί να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα όλων των παραγωγών: η αύξηση του μεγέθους και η καλύτερη ποιότητα της παραγωγής.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bentsen, H. B. & Gjerde, B. Design of fish breeding programs.
- Behreds, L. L. and Smitherman, R. O. 1984. Development of a cold tolerant population of red tilapia through introgressive hybridization. *J World Maricul. Soc.* 15, 172-178.
- Chappell, J. A. 1979. An evaluation of twelve genetic groups of catfish for suitability in commercial production. Doctoral Dissertation, Auburn Univ., AL.
- Crandell, P. A. and Gall, G. A. E. 1992. Body weight analysis for individually tagged rainbow trout: males, females and precocious males. *Aquaculture* 100, 99.
- Davis, G. P. & Hetzel, d. J. S. 2000. Intergrating molecular genetic technology with traditionally approaches for genetic improvement in aquaculture species. *Aquaculture research* 31, 3-10.
- Ehlinger, N. F. 1977. Selective breeding of trout for resistance to furunculosis. *N.Y. Fish game J.* 24, 25-36.
- Gjerde, B. & Rye, M. Design of breeding program in aquaculture species: Possibilities and constraints
- Gjerdem, T. 2000. Genetic improvement of cold- water fish species. *Aquaculture Research*, 31, 25-33.
- Gjerdem, T. 1975. Possibilities for genetic game in salmonids. *Aquaculture* 6, 23-29.
- Gjerdem, T. 1983. Genetic variation in aquatantive traits and selective breeding in fish and shellfish. *Aquaculture* 33, 51-72.
- Gunnes, K. & Gjerdem T. 1978, 1981. Selection experiments with salmon. IV. Growth of Atlantic salmon during two years in the Sea. *Aquaculture* 15, 19-33.
- Gunnes, K. & Gjerdem T. 1981. A genetic analysis of body weight & length in rainbow trout reared in seawater for 18 months. *Aquaculture* 24, 161-174.
- Kinghorn, B. P. 1982. Review of quantitative genetics in fish breeding. Elsevier Scientific Publishing Company 283- 305.
- Knibb, W. 2000. Genetic improvement of marine fish- which method for industry? *Aquaculture research*, 31, 11-23.
- Knibb, W., Gorshkova, G. & Gorshkov S. 1998. Genetic Improvement of cultured Marine Finfish: Case Studies. Israel

- Oceanographic & limnological Research, National Centre for Marineculture.
- Lutz, C. G. 1996. Metric Characters and additive Genetic Effects. *Aquaculture* 107-113.
- Lymbery A. J. 2000. Genetic improvement in the Australian aquaculture industry. *Aquaculture Research*, 31 145-149.
- Mcintyre J. D. and Blanc, J.-M. 1973. A genetic analysis of hatching time in steelhead trout. *J. Fish res. Board Can.*, 137-139.
- Moav R. & Wohlfarth, G. 1976. Two-way selection for growth rate in the common carp. *Genetics* 82, 83-101.
- Moav, R., & Wohlfarth, G., 1976B. Applications of electrophoretic genetic markers to fish breeding. I. Advantages and methods. *Aquaculture* 9, 217-228
- Μπαταργιάς, Κ. 1998. Γενετική της τσιπούρας. Μελέτη των μικροδοριφορικών αλληλουχιών και χρήση τους στην εκτίμηση γενετικών παραμέτρων της αύξησης και άλλων ποσοτικών χαρακτήρων. Διδακτορική διατριβή.
- Rye, M. 1994. Quality carcass traits in salmon breeding programs: importance and technical problems. *AKVFORSK* 6600 Sunndalsora- Norway.
- Shultz, F. T. 1986, Developing a Commercial Breeding Program. *Aquaculture*, 57: 65-76.
- Smisek, J. 1979B. Considerations of body conformation, heritability and biochemical characters in genetic studies in Czechoslovakia. *Buletin VURH Volnany*. (15)2, 3-6. Abstract in *Anim. Breed Abs.* 1980. 48 (5), 302.
- Tave Douglas 1992. *Genetics for fish hatchery managers* 2<sup>nd</sup> edition.
- Tave, D. 1984A. Genetics of dorsal fin ray number in the guppy. *Aquaculture* 85, 223-233
- Terje, R., Ambekar E., Eknath & Rye, M. 1997. Breeding programs. 2<sup>nd</sup> International Symposium on Sustainable Aquaculture. Oslo 1997.
- Thorpe *et al.* 1983. Inheritance of developmental rates in Atlantic salmon, *Aquaculture* 33, 119-128.
- Tofteberg, P. and Hansen, T. 1987. Relationship between age at maturity and growth rate in farmed rainbow trout. In selection, hybridization and Genetic Engineering in aquaculture, vol. 1, k. Thiews (Editor). H. Heenemann GmbH and Co., Berlin.