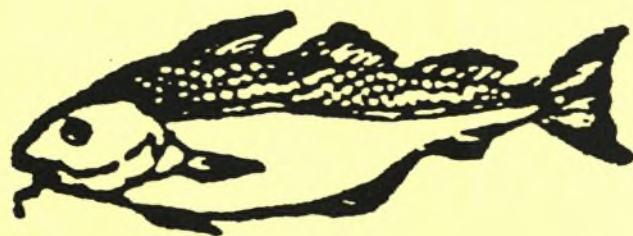


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΠΕΔΙΟΝ ΑΡΕΩΣ, ΒΟΛΟΣ

«Η επίδραση της εναλλασσόμενης διατροφής στην
ανάπτυξη αντιστάθμισης, εκτρεφόμενων ειδών
ιχθύων»

Πτυχιακή διατριβή του φοιτητή του τμήματος
Γεωπονίας
Πιτσάκη Ιωάννη (Α.Μ. 0491015)



Βόλος, 1996



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 115/1

Ημερ. Εισ.: 16-09-2003

Δωρεά:

Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΓΦΖΠ

1996

ΠΠ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070301

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
Εισαγωγή	1
Υλικά και Μέθοδοι	4
Αποτελέσματα	12
Συζήτηση αποτελεσμάτων	21
Γενικά συμπεράσματα	33
Βιβλιογραφία	34

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το θεαματικότερο επίτευγμα στον πρωτογενή αγροτικό τομέα τα τελευταία χρόνια, είναι η ραχδαία ανάπτυξη του κλάδου της εκτροφής των ευρύαλων ψαριών, που αποτέλεσε μια από τις μεγαλύτερες επενδυτικές πρωτοβουλίες στη χώρα μας.

Θα μπορούσε ίσως να λεχθεί ότι αποτέλεσε αντίστοιχο φαινόμενο, σε μικρότερη βέβαια κλίμακα, με την ανάπτυξη της εκτροφής του σολωμού στη Β. Ευρώπη κατά την προηγούμενη δεκαετία.

Κατά την ανάπτυξη του κλάδου δόθηκε μονόπλευρη βαρύτητα στην αύξηση της παραγωγής χωρίς ταυτόχρονα να επιδιωχθεί ανταγωνιστικό κόστος παραγωγής ώστε να εξασφαλίζεται η οικονομικότητα των μονάδων. Μεγάλο τμήμα του κόστους, αν όχι το μεγαλύτερο, αντιπροσωπεύει η δαπάνη για την αγορά των τροφών που καταναλώνονται στη διάρκεια του κύκλου της εκτροφής. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αυτές οι τροφές είναι κατά κανόνα εισαχόμενες. Δεδομένου ότι οι τιμές των ιχθυοτροφών έχουν αυξηθεί κατακόρυφα τα τελευταία χρόνια, η λειτουργία πολλών μονάδων έχει καταστεί αντιοικονομική. Σ'αυτή την κατάσταση έρχεται να προστεθεί το γεγονός ότι οι τιμές των εκτρεφόμενων ψαριών μειώνονται συνεχώς, λόγω της υπερπροσφοράς προϊόντος χωρίς ταυτόχρονη αύξηση της ζήτησης, ούτως ώστε πολλές μονάδες να αντιμετωπίζουν οικονομικά προβλήματα. Ετσι, οι παραγωγοί έχουν στραφεί στην αναζήτηση λύσεων που θα μειώσουν αισθητά το κόστος παραγωγής.

Η διαρκής έρευνα για την αναζήτηση αυτών των λύσεων οδήγησε σε μεθόδους με τις οποίες ενδεχομένως καθίσταται δυνατή η παραγωγή ψαριών, με καλά οργανοληπτικά στοιχεία,

εκμεταλλευόμενοι τις πιθανώς καλύτερες αποδόσεις στη μετατρεψιμότητα της τροφής. Από μελέτες που έχουν εκπονηθεί κατά το παρελθόν, έχει διαπιστωθεί η ύπαρξη μηχανισμών προσαρμοχής των οργανισμών στις διατροφικές μεταβολές, στις αλλαγές των κλιματολογικών συνθηκών και γενικά στις διακυμάνσεις του περιβάλλοντος διαβίωσης. Ένας από τους μηχανισμούς που αναφέρονται, ο οποίος σχετίζεται με τη διατροφή, είναι η ανάπτυξη αντιστάθμισης.

Η ανάπτυξη αντιστάθμισης ("compensatory growth") είναι η βιολογική αντίδραση που λαμβάνει χώρα σε οργανισμούς οι οποίοι μετά από περίοδο ασιτίας επαναδιατρέφονται επαρκώς. Ο ρυθμός της ανάπτυξης αυτής είναι μεγαλύτερος από τον παρατηρούμενο σε συνθήκες συνεχούς διατροφής.

(Dobson & Holmes, 1984). Το φαινόμενο παρατηρείται όταν εφαρμόζεται πρωτόκολλο διατροφής που συνίσταται από διαδοχικές χρονικές περιόδους ασιτίας και επαναδιατροφής.

Η ύπαρξη της ανάπτυξης αντιστάθμισης στα θηλαστικά και στα πουλιά εξετάστηκε από τους Wilson & Osbourn (1960) και πρόσφατες μελέτες στα πρόβατα εκπονήθηκαν από τον Thornton et al, 1979. Η αντίδραση των ψαριών στην ανάπτυξη αντιστάθμισης είχε παρατηρηθεί από τους Bilton & Robins (1973), τον Smith (1981), τους Weatherly & Gill (1981), τους Dobson & Holmes (1984), τον Kindschi (1988) και τους Miglavs & Jobling (1989). Υπάρχουν ορισμένα στοιχεία από τη μελέτη του φαινομένου αυτού στα ψάρια, αλλά οι περισσότερες μελέτες αφορούν στην επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη αντιστάθμισης, στην επίδραση του ποσού της τροφής και της συχνότητας εναλλαγής ασιτίας-διατροφής

σε σχέση με το φαινόμενο και το τελικό βάρος του προϊόντος. Πολύ λιγότερο έχει μελετηθεί η επίδραση του είδους της διαίτας που ακολουθεί τις περιόδους ασιτίας και διατροφής. Οι ρυθμοί ανάπτυξης των ψαριών πιθανότατα παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις και σε πολλές περιπτώσεις φαίνεται ότι περιορίζονται από τη διαθεσιμότητα της τροφής. Όταν τα αποθέματα τροφής είναι αυξημένα την περίοδο που ακολουθεί την ασιτία ή την περιορισμένη διατροφή, τα ψάρια όπως και οι άλλοι οργανισμοί επιδίδονται σε μια ραχδαία ανάπτυξη που αποδίδεται στην ανάπτυξη αντιστάθμισης. Η φυσιολογική βάση της ανάπτυξης αντιστάθμισης δεν είναι εντελώς κατανοητή, όμως μπορούμε να υποθέσουμε ότι τα άσιτα-επαναδιατροφόμενα ζώα αυξάνουν την πρόσληψη τροφής (γίνονται υπερφαχικά) και βελτιώνουν την μετατρεψιμότητα της τροφής σε σύγκριση με τα εκτρέφόμενα ζώα που διατρέφονται διαρκώς με άφθονη τροφή (Wilson & Osbourn 1960, Greeff et al., 1986, Mersman et al., 1987 και Williams & Sheedy, 1987). Για να διαχωρίσουμε αυτούς τους δυο πιθανούς μηχανισμούς είναι ουσιαστικό να έχουμε πληροφορίες για την πρόσληψη τροφής και την αναπτυξιακή αντίδραση σε ξεχωριστές ομάδες ψαριών εκ των οποίων άλλες τρέφονται διαρκώς και άλλες ακολουθούν πρόγραμμα επαναδιατροφής ύστερα από περίοδο περιορισμού της τροφής ή ασιτίας. Ως πληροφορίες συγκεντρώθηκαν στοιχεία για μερικά είδη ψαριών που εκτρέφονται συστηματικά, αλλά δεν αποτελούν γενικές πληροφορίες για κάθε είδος ψαριού. Στην παρούσα βιβλιογραφική-συνθετική μελέτη έγινε προσπάθεια σύνοψης και απόδοσης των τελευταίων αποτελεσμάτων από ερευνητικές εργασίες που εκπονήθηκαν στην Μ. Βρετανία, Νορβηγία, Καναδά και ΗΠΑ.

ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

Στην πρόσφατη βιβλιογραφία αναφέρονται τέσσερεις κύκλοι πειραμάτων, οι οποίοι επιλέχθηκαν σαν οι πιο χαρακτηριστικοί για την πληρέστερη απόδοση του φαινομένου της ανάπτυξης αντιστάθμισης. Τα εξετασθέντα είδη ήταν: ο σολωμός (*Arctic charr*), *Salvelinus alpinus*, οι ιριδίζουσες πέστροφες (*rainbow trout*), *Oncorhynchus mykiss*, και *Salmo gairdneri* και το πλατύψαρο χλώσσα (*yellowfin sole*), *Pleuronectes asper*. Τα υλικά και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν από τους ερευνητές έχουν ως ακολούθως:

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Α

Miglav, I. & Jobling, M. (1989 a). Effects of feeding regime on food consumption, growth rates and tissue nucleic acids in juvenile Arctic charr, *Salveninus alpinus*, with particular respect to compensatory growth. *J. Fish Biol.* 34, 947-957.

Τα πειράματα διεξήχθησαν χρησιμοποιώντας σολωμό, *Salvelinus alpinus*, ηλικίας ενός έτους. Οχδόντα ψάρια μεγέθους 5-10 γραμμαρίων μαρκάριστηκαν ατομικά και τους δόθηκε μιά περίοδος δύο εβδομάδων για να συνέλθουν απ'το μαρκάρισμα. Μετά την ανάρρωση, 36 ψάρια συλλέχθησαν και τοποθετήθηκαν χωριστά σε τομείς εννέα δεξαμενών, διαμέτρου 1m και χωρητικότητας νερού 0,18 m³, χωρισμένες σε τεταρτημόρια από αδιαφανή πλαστικά δικτυωτά. Αυτά τα ψάρια ελάμβαναν τροφή με το χέρι δύο φορές την ημέρα για έξι εβδομάδες και το πείραμα δεν άρχισε έως ότου όλα τα ψάρια να συνηθίσουν το σιτηρέσιο και να τρώνε επαρκώς. Στη διάρκεια αυτής της περιόδου, τρία ψάρια έπρεπε να

μετακινηθούν εξαιτίας ασθeneίας (ένα ψάρι) ή επειδή δεν προσαρμόστηκαν στο τεχνητό σιτηρέσιο (δύο ψάρια). Τα εναπομείναντα ψάρια που ήταν μαρκαρισμένα, διατηρήθηκαν σε stock tank (δεξαμενή), μέχρι την έναρξη του πειράματος. Η ποσότητα της τεχνητής τροφής του εμπορίου, που ήταν διαθέσιμη με τη μορφή πελλετών (Tess Elite Pluss, Skretting AS) και καταναλώθηκε από το κάθε ψάρι σε κάθε γεύμα καταγράφηκε. Ανά διαστήματα δύο εβδομάδων τα ψάρια αναισθητοποιούνται με χρήση 50 ppm MS 222 και ζυγίζονταν. Σ' αυτό το διάστημα οι δεξαμενές καθαρίζονταν επιμελώς. Η ροή του νερού στις δεξαμενές ήταν της τάξεως του ενός λίτρου ανά λεπτό (1 l/min), που εχχυάται ότι η συχέντρωση του οξυγόνου διατηρείται περίπου στα 10 mgO₂/l. Εχχινε προσπάθεια η θερμοκρασία του νερού να κρατηθεί στους 8°C, αλλά προβλήματα με την παροχή του νερού οδήγησαν σε διακυμάνσεις μεταξύ 6,5 και 11 °C, για μικρές όμως περιόδους. Το πείραμα άρχισε με τη δημιουργία ομάδων από ψάρια που ελήφθησαν σύμφωνα με τα παρακάτω πρωτόκολλα διατροφής :

- α) Τάισμα με το χέρι έως κορεσμού δύο φορές την ημέρα (στις 09:00 και στις 15:00 η ώρα) και δειχματοληψία μετά από δεκαέξι εβδομάδες (S:6).
- β) Περιορισμένο τάισμα και δειχματοληψία μετά από οκτώ εβδομάδες (R8:S0).
- γ) Περιορισμένο τάισμα για οκτώ εβδομάδες και ακολούθησε τεσσάρων εβδομάδων τάισμα έως κορεσμού και δειχματοληψία μετά από δώδεκα εβδομάδες (R8:S4).

δ) Περιορισμένο τάισμα για οκτώ εβδομάδες και ακολούθησε οκτώ εβδομάδων τάισμα έως κορεσμού και δειχματοληψία μετά από δεκαέξι εβδομάδες (R8:S8).

Ως περιορισμένο τάισμα θεωρήθηκε η ποσότητα τροφής ίση με το 10% αυτής που εδίδετο στα ψάρια που τρέφονταν έως κορεσμού κατά το διάστημα 0-2 εβδομάδες, αυξήθηκε στο 20% κατά τις εβδομάδες 2-4 γιατί τα ψάρια με περιορισμένη διατροφή είχαν χάσει βάρος κατά τη διάρκεια των δύο πρώτων εβδομάδων. Στη συνέχεια το ποσοστό της διατροφής μειώθηκε στο 10% της ποσότητας που λάμβαναν τα ψάρια με διατροφή έως κορεσμού, για το υπόλοιπο διάστημα του πειράματος (4-8 εβδομάδες). Η παρεχόμενη ποσότητα τροφής στα ψάρια με περιορισμένη διατροφή χορηγήθηκε ώστε τα ψάρια αυτά να μεγαλώσουν λίγο κατά τη διάρκεια των οκτώ πρώτων εβδομάδων του πειράματος. Τρεις επιπλέον ομάδες ψαριών (10 ψάρια ανά ομάδα) τοποθετήθηκαν σε τρεις δεξαμενές αντίστοιχα (0,5 m διάμετρο, 0,075 m³ χωρητικότητα). Σ'αυτά τα ψάρια δε χορηγήθηκε καθόλου τροφή και έχινε δειχματοληψία την όγδοη εβδομάδα, τη δωδέκατη και τη δεκάτη έκτη. Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (specific growth rate) υπολογίστηκε βάσει του τύπου: $\log W_1 - \log W_0 / \Delta t$, όπου W_1 το τελικό βάρος των ψαριών, W_0 το αρχικό βάρος των ψαριών και Δt το χρονικό διάστημα κατά το οποίο σημειώθηκε η μεταβολή του βάρους.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Β

Quinton, J. C. & Blake, R. W. (1990). The effect of feed cycling and ration level on the compensatory growth response in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Fish Biology* 37, 33-41.

Πέστροφες, *Oncorhynchus mykiss*, που αχորάστηκαν από ένα τοπικό πεστροφοτροφείο, μεταφέρθηκαν στις πειραματικές εγκαταστάσεις στο Πανεπιστήμιο του British Columbia. Το θερμοκρασιακό εύρος του νερού ήταν 12-14 °C και η ποιότητα του νερού διατηρήθηκε σε άριστα επίπεδα με χρήση φίλτρου ενεργού άνθρακα. Για την ελαχιστοποίηση της χλωρίνης χρησιμοποιήθηκε σύστημα έγχυσης διαλύματος που περιείχε θειοθειικά ιόντα. Όλες οι ομάδες των ψαριών διατράφηκαν με τροφή του εμπορίου υπό τη μορφή πελλετών, κατάλληλου μεγέθους, μία φορά την ημέρα. Τα ψάρια διατηρήθηκαν σε κυκλικές δεξαμενές διαμέτρου 2,8 m και βάθους 1,4 m. Το πειραματικό πρωτόκολλο περιελάμβανε δύο κύκλους, πείραμα 1 και πείραμα 2.

Τα ψάρια για το πείραμα 1 είχαν μέσο μήκος 13,27 cm και μέσο βάρος 36,24 gr. Μετά από δύο εβδομάδες για να εχκλιματιστούν τα ψάρια χωρίστηκαν σε έξι ομάδες από σαράντα ψάρια η κάθε μία. Στη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, κάθε ψάρι ζυγίστηκε, μετρήθηκε το μήκος του και μαρκαρίστηκε με ατομικό, αριθμημένο, μεταλλικό δακτύλιο που περάστηκε διαμέσου του νωτιαίου πίσω πτερυγίου.

Οι ομαδικές μεταχειρίσεις συνοψίζονται στον ΠΙΝΑΚΑ 1

Οι ομάδες ελέγχονταν εβδομαδιαίως ως εξής : δέκα ψάρια από κάθε δεξαμενή συλλέγονταν με απόχη, αναισθητοποιούνταν με 0,4 ml/l νερού 2-phenoxy-ethanol και μετρούνταν' μετά επέστρεφαν στις οικείες τους ομάδες. Το πείραμα συνεχίστηκε για έξι εβδομάδες.

Τα ψάρια για το πείραμα 2 είχαν μέσο μήκος 18,98 cm και μέσο βάρος 120,22 gr. Εχκλιματίστηκαν, μετρήθηκαν, μαρκαρίστηκαν και χωρίστηκαν σε δύο ομάδες από πενήντα ψάρια η κάθε μία (ομάδα 2A

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι : Σύνοψη των ομαδικών μεταχειρίσεων και αποτελεσμάτων του πειράματος 1.

Ομάδα	Διατροφικός κύκλος	Επίπεδο τροφής	% μεταβολή βάρους	% μεταβολή μήκους	Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης	Μετατραψιμότητα
IA	constant	5%	18.68	3.69	0.074	0.407
IB	1 and 1	5%	7.99	3.5	0.069	0.183
IC	2 and 2	5%	7.61	3.65	0.108	0.175
ID	3 and 3	3%	27.24	7.36	0.527	0.571
IE	3 and 3	5%	27.91	6.59	0.299	0.583
IF	3 and 3	7%	24.91	6.04	0.188	0.527

και 2B). Η ομάδα 2A ήταν ο μάρτυρας που διατράφηκε καθημερινά με τροφή ίση με το 5% του σωματικού βάρους, προσαρμοζόμενη εβδομαδιαίως. Η ομάδα 2B ήταν η πειραματική ομάδα που ακολούθησε πρόγραμμα ασιτίας για τρεις εβδομάδες και διατροφής για τις επόμενες τρεις. Όταν διατρεφόταν, αυτή η ομάδα προσελάμβανε τροφή ίση με το 5% του σωματικού βάρους, καθημερινά, που προσαρμοζόταν εβδομαδιαίως.

Όλες οι ομάδες υποβλήθηκαν σε δειγματοληψία ανά διαστήματα των τριών εβδομάδων, χρησιμοποιώντας την ίδια τεχνική όπως στο πείραμα 1, για δεκαοκτώ εβδομάδες που διήρκεσε το πείραμα.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Γ

Dobson, S.H. & Holmes, R.M. (1984). Compensatory growth in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Biol.* 25,649-656.

Ένα σύνολο από εκατόν τριάντα επτά πέστροφες, *Salmo gairdneri*, ηλικίας εννέα μηνών κατά προσέγγιση, πάρθηκαν από Sacrewell Fisheries, Thornhaugh, Peterborough. Τα ψάρια δόθηκαν από ένα ιχθυοτροφείο και στη συνέχεια χωρίστηκαν σε πέντε πειραματικές ομάδες. Κάθε μία από τις πέντε ομάδες μελετήθηκε σε διαφορετικό χρόνο κατά τη διάρκεια των ετών 1978 & 1979, για μια περίοδο έξι εβδομάδων.

Κάθε μία από τις πέντε ομάδες χωρίστηκε σε δύο υποομάδες A και B και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε χειτονικούς δικτυωτούς κλωβούς, εντός τομέων ενός ποταμού που ήδη χρησιμοποιείται κανονικά στην παραγωγή του ιχθυοτροφείου. Τα ψάρια

εγκλιματίστηκαν για μία έως τρεις εβδομάδες, ανάλογα με τις προτεραιότητες του πειράματος. Τα ψάρια ζυγίστηκαν και μαρκαρίστηκαν με τη μέθοδο της υποδόριας έγχυσης έγχρωμου φυσικού αδρανούς πλαστικού.

Η υποομάδα Α διατράφηκε για τις τρεις πρώτες εβδομάδες (περίοδος Α1) και μετά δεν έλαβε τροφή για τρεις εβδομάδες (περίοδος Α2).

Η υποομάδα Β δεν έλαβε τροφή για τις τρεις πρώτες εβδομάδες (περίοδος Β1) και μετά διατράφηκε για τις επόμενες τρεις (περίοδος Β2).

Η τροφή ήταν συνηθισμένη πελλέτα για πέστροφες (Omega) με περιεκτικότητα 47% πρωτεΐνη και τα ψάρια τράφθηκαν με τη συνηθισμένη διαίτα που ακολουθούνταν στο πεστροφοτροφείο, και συγκεκριμένα με ποσότητα τροφής ίση με το 5% του σωματικού βάρους, καθημερινά.

Τα ψάρια ζυγίζονταν και μετρώνταν σε μήκος κάθε εβδομάδα, σε όλες τις περιόδους του πειράματος, εκτός απ'την πρώτη περίοδο. Στη συνέχεια οι μετρήσεις γίνονταν στο τέλος κάθε πειραματικής περιόδου.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Δ

Paul, A.J., Paul, J.M & Smith R.L. (1995). Compensatory growth in Alaska yellowfin sole, *Pleuronectes asper*, following food deprivation. *J. of Fish Biology* 46, 442-448.

Μη ενήλικα πλατύψαρα "κιτρινοπτέρυγης γλώσσας", *Pleuronectes asper*, συνολικού μήκους 12-20 cm, συγκεντρώθηκαν κατά τη διάρκεια του Μαΐου του 1992 στο Resurrection Bay, ένα φιόρδ

κοντά στο Seward, στο βορειότερο κόλπο της Αλάσκας ($60^{\circ} 05,7' N$, $149^{\circ} 24,0' W$). Η "κιτρινοπτέρυχη γλώσσα" ήταν το πιο κοινό βενθικό ψάρι στη μελετούμενη περιοχή. Η σύλληψη έγινε με τράτα βυθού 2,5 m, σε βάθος από 30-60 m. Κάθε ψάρι ζυχίστηκε, μετρήθηκε σε μήκος και υπολογίστηκε ο συντελεστής ευρωστίας W. Τα άτομα χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες από τέσσερα ψάρια (μάρτυρες) ή έξι ψάρια (πειραματικές ομάδες) η καθεμιά. Μετά, μετρήθηκε το βάρος και το συνολικό μήκος (ΠΙΝΑΚΑΣ II).

Ακολούθως, τα ψάρια τοποθετήθηκαν σε δεξαμενές των τετρακοσίων 1 η καθεμιά. Οι πειραματικές ομάδες περιλάμβαναν είτε ψάρια με μεγάλη παραλλακτικότητα σε μέγεθος, είτε μαρκαρισμένα ψάρια ώστε να εξασφαλίζεται η ατομική αναχνώριση του κάθε ψαριού.

Το πείραμα είχε διάρκεια δώδεκα εβδομάδων και το μέγεθος μετρήθηκε κατά την έναρξη και κατά τη λήξη των παρατηρήσεων. Η περίοδος των δώδεκα εβδομάδων συμπίπτει με το διάστημα διατροφής σε ψάρια που ζουν σε αρκτικό περιβάλλον. Η πρώτη ομάδα διατρέφονταν μέρα παρά μέρα για διάστημα δώδεκα εβδομάδων. Η δεύτερη ομάδα διατέλεσε σε ασιτία για δύο εβδομάδες και στη συνέχεια διατράφηκε έως κορεσμού, μέρα παρά μέρα, για τις επόμενες δέκα εβδομάδες. Η τρίτη ομάδα διατέλεσε σε ασιτία για τέσσερις εβδομάδες και στη συνέχεια διατράφηκε, μέρα παρά μέρα, για οκτώ εβδομάδες. Η τέταρτη ομάδα διατέλεσε σε ασιτία έξι εβδομάδες και στη συνέχεια διατράφηκε, μέρα παρά μέρα, για τις υπόλοιπες έξι εβδομάδες. Η τροφή ήταν φιλλέτα ρέχχας. Όταν τα ψάρια διατρέφονταν, η τροφή ήταν αρκετή ούτως ώστε να παραμένει στη δεξαμενή για εικοσιτέσσερις ώρες. Την επόμενη

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ : Ατομικές τιμές ζώντος βάρους (gr) και ολικού μήκους (mm) των πλατύψαρων, στην αρχή και στο τέλος της μελέτης για την ανάπτυξη αντιστάθμισης, που διήρκεσε 12 εβδομάδες.

Ατομα	1	2	3	4	5	6
Αρχή Τέλος	65, 174	20, 123	53, 165	91, 204		
	88, 186	24, 130	66, 174	110, 207		
Αρχή Τέλος	71, 177	46, 163	42, 150	91, 191	29, 135	68, 185
	80, 190	61, 179	57, 165	94, 200	34, 142	96, 196
Αρχή Τέλος	86, 190	62, 175	58, 169	67, 181	98, 194	71, 183
	102, 200	71, 185	72, 180	76, 186	106, 207	83, 190
Αρχή Τέλος	88, 193	72, 182	49, 157	66, 175	51, 167	81, 187
	90, 198	88, 192	59, 166	70, 180	58, 174	94, 197

Οι τιμές έχουν τοποθετηθεί σε στήλες αντί τις οποίες η πρώτη είναι σε gr και η δεύτερη σε mm.

μέρα της διατροφής, η περίσσεια της τροφής απομακρυνόταν. Οι δεξαμενές βρίσκονταν σε χώρο ελεγχόμενης θερμοκρασίας ($4^{\circ}\text{C} \pm 0,4$) με επίπεδα φωτισμού σταθερά στα 0,5 Lux για εικοσιτέσσερις ώρες το εικοσιτετράωρο.

Στο τέλος των δώδεκα εβδομάδων τα ψάρια ζυγίστηκαν (υγρό βάρος) και υπολογίστηκαν οι μεταβολές σε βάρος και μήκος.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

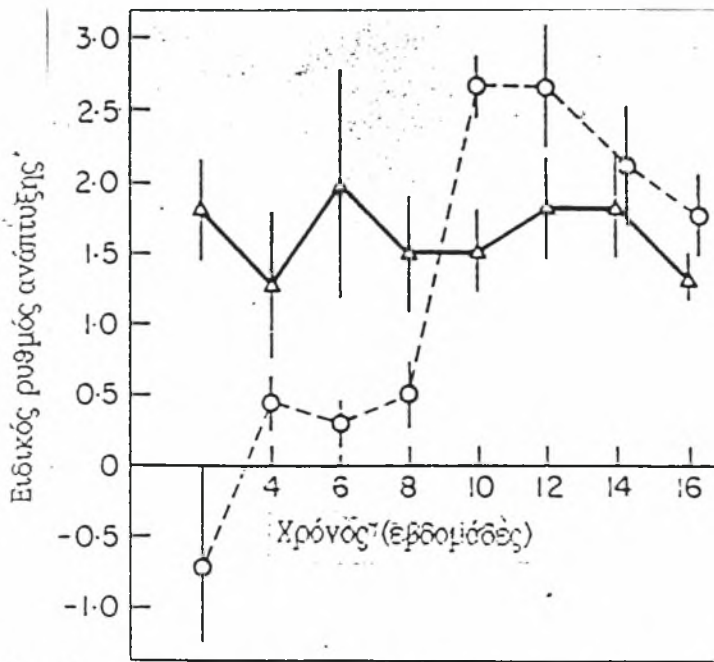
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Α

Οι ρυθμοί ανάπτυξης των ψαριών που τρέφονταν με το χέρι έως κορεσμού δύο φορές την ημέρα (S16) μεταβλήθηκαν λίγο κατά τη διάρκεια της πορείας του πειράματος των δεκαέξι εβδομάδων (Σχήμα 1). Συγκριτικά, οι ρυθμοί ανάπτυξης των ψαριών των οποίων περιορίστηκε η διατροφή τους και μετά διατράφηκαν έως κορεσμού (R8: S8) εμφανίζονται με σημαντικές αλλαγές που οφείλονται στην κάλυψη των τροφικών αναγκών. Κατά τη διάρκεια της περιόδου της περιορισμένης διατροφής (εβδομάδες 0-8) οι ρυθμοί ανάπτυξης ήταν χαμηλοί, αλλά ακολουθώντας η επαναδιατροφή, οι ρυθμοί ανάπτυξης των περιορισμένης διατροφής ψαριών, με εξαίρεση τις εβδομάδες 12-14, ήταν σημαντικά μεγαλύτεροι από τους ρυθμούς ανάπτυξης που εμφάνισαν τα ψάρια που τρέφονταν έως κορεσμού καθ'όλη τη διάρκεια του πειράματος.

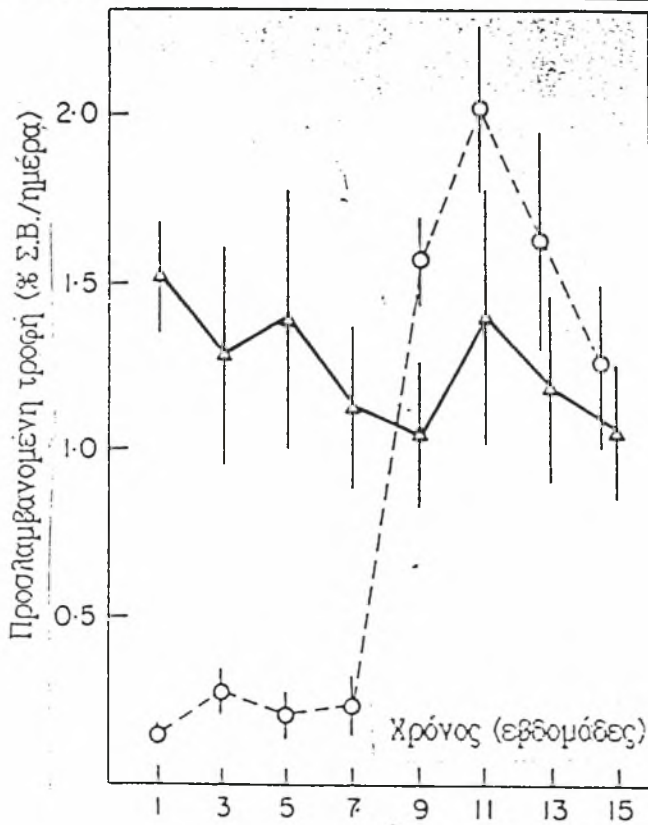
Η λήψη τροφής από το κάθε ψάρι ήταν ελεγχόμενη και η κατανάλωση εκφραζόταν ως ποσοστό του σωματικού βάρους (% σωματικού βάρους/ημέρα).

Σε κάθε περίοδο δύο εβδομάδων υπολογιζόταν ο μέσος όρος των δεδομένων που λαμβάνονταν από τη ζύγιση των ψαριών και απ'αυτό το μέσο όρο προσδιοριζόταν η ποσότητα της τροφής που λάμβαναν τα ψάρια καθημερινά, ως ποσοστό επί του σωματικού βάρους. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.

Για τα ψάρια που τράφηκαν έως κορεσμού καθ'όλη τη διάρκεια του πειράματος, φαίνεται να υπάρχει μια ασήμαντη πτώση αναφορικά με την πρόσληψη τροφής σε σχέση με το χρόνο, όπως αναμενόταν άλλωστε, ως αποτέλεσμα της αύξησης του μεγέθους των ψαριών σε



Σχήμα 1. Ειδικό ρυθμός ανάπτυξης, για νεαρά άτομα σολωμού, σε διάστημα 16 εβδομάδων. Η ομάδα S16 [(Δ), η=9] διατράφηκε σε επίπεδα κορεσμού ενώ η ομάδα R8-S8 σε εναλλαγή περιορισμένης διατροφής-διατροφής έως κορεσμού [(Ο), η=9]. Οι τιμές αναφέρονται σε μέσους όρους ±95% όρια εμπιστοσύνης.



Σχήμα 2. Προσλαμβανόμενη τροφή από νεαρά άτομα σολωμού που διατράφηκαν ως κορεσμού ή διατράφηκαν με εναλλαγή περιορισμένης-έως κορεσμού διατροφής για 16 εβδομάδες. Τα σύμβολα παραμένουν ως έχουν στο σχήμα 1. Οι τιμές αναφέρονται σε μέσους όρους ±95% όρια εμπιστοσύνης.

συνάρτηση με το χρόνο. Η σχέση μεταξύ της πρόσληψης τροφής και του χρόνου, είναι η ακόλουθη:

$$\text{Πρόσληψη τροφής (\% σωματικού βάρους/ημέρα)} = 1,43 - 0,022 t$$

($n=8$, $r=-0,63$, το t μετράται σε εβδομάδες)

Φαίνεται πάντως ότι η σχέση αυτή δεν είναι σημαντική. Συνεπώς, δεν ήταν απαραίτητο να εξακριβώσουμε τις διαφορές στο μέγεθος των ψαριών όταν συγκρινόταν η πρόσληψη τροφής μεταξύ των ομάδων ψαριών που διατράφηκαν σύμφωνα με διαφορετικά σιτηρέσια.

Για τις οκτώ πρώτες εβδομάδες του πειράματος, τα περιορισμένης διατροφής ψάρια, τράφηκαν με επίπεδα τροφής ανερχόμενα στο 0,2% του σωματικού τους βάρους ανά ημέρα. Ακολουθώντας την αλλαγή σε επίπεδα κορεσμού, η ποσότητα της τροφής αυξήθηκε απότομα. Τα επίπεδα πρόσληψης τροφής φαίνεται να χίνονται μέγιστα περίπου την τρίτη με τέταρτη εβδομάδα μετά την αλλαγή από περιορισμένη σε διατροφή έως κορεσμού. Με εξαίρεση των δύο τελευταίων εβδομάδων του πειράματος, η κατανάλωση τροφής, από τα περιορισμένης διατροφής σε διατροφής έως κορεσμού ψάρια (R8:S8), ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή των ψαριών που διατράφηκαν έως κορεσμού απ'την αρχή έως το τέλος του πειράματος (S:6) (Σχήμα 2).

Αφού τα ψάρια είχαν ζυγιστεί (ανά διαστήματα των δεκατεσσάρων ημερών) και η πρόσληψη τροφής από κάθε ψάρι ήταν υπό έλεγχο, ήταν πλέον δυνατό να υπολογίσουμε τη μετατρεψιμότητα της τροφής για το κάθε άτομο.

Η συνολική μετατρεψιμότητα υπολογίστηκε ως η μεταβολή του βάρους σε γραμμάρια προς την καταναλωθείσα τροφή σε γραμμάρια, για κάθε ψάρι που διατρεφόταν έως κορεσμού (S16) και για τα περιορισμένης διατροφής ψάρια που στη συνέχεια διατράφηκαν έως κορεσμού (R8:S8). Αυτό γινόταν για κάθε διάστημα διάρκειας δύο εβδομάδων.

Τα ψάρια που η διατροφή τους ήταν περιορισμένη και στη συνέχεια διατράφηκαν έως κορεσμού, έχασαν βάρος στη διάρκεια της πρώτης περιόδου των δύο εβδομάδων αλλά κέρδισαν βάρος σε καθημιά απ'τις υπόλοιπες περιόδους και έδειξαν θετικές τιμές συνολικής μετατρεψιμότητας. Όπως αναμενόταν, τα ψάρια που διατράφηκαν έως κορεσμού αναπτύχθηκαν σε βάρος κατά τη διάρκεια της κάθε περιόδου των δύο εβδομάδων και έδειξαν θετική συνολική μετατρεψιμότητα απ'την αρχή έως το τέλος του πειράματος. Μόνο σε δύο περιόδους υπήρξαν σημαντικές διαφορές της μετατρεψιμότητας μεταξύ των ομάδων των ψαριών που διατρέφονταν σύμφωνα με διαφορετικά σιτηρέσια (S16 & R8:S8) :

α) Η περίοδος 0-2 εβδομάδες, όταν τα ψάρια περιορισμένης διατροφής που στη συνέχεια διατράφηκαν έως κορεσμού, έχασαν βάρος και έδειξαν αρνητική μετατρεψιμότητα και

β) Η περίοδος 8-10 εβδομάδες που ακολούθησε αμέσως την αλλαγή από περιορισμένη σε διατροφή έως κορεσμού.

Τα ψάρια που ακολούθησαν περιορισμένη διατροφή και στη συνέχεια διατράφηκαν έως κορεσμού έδειξαν σημαντικά μεγαλύτερες μετατρεψιμότητες από τα ψάρια που διατρέφονταν έως κορεσμού καθ'όλη τη διάρκεια του συνόλου των δεκαέξι εβδομάδων (ΠΙΝΑΚΑΣ III).

ΠΙΝΑΚΑΣ III : Συνολική μετατρεψιμότητα (μεταβολή σωματικού βάρους / βάρος τροφής) σε νεαρά άτομα σολωμού που διατράφηκαν σύμφωνα με εναλλασσόμενη δίαιτα από περιορισμένη, σε διατροφή έως κορεσμού. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν μέσους όρους $\pm 95\%$ όρια εμπιστοσύνης, $n=9$.

Περίοδος (εβδομάδες)	Συνολική μετατρεψιμότητα	
	Διατροφή κορεσμού	Περιορισμένη διατροφή- έως κορεσμού διατροφή
0-2	1.32 \pm 0.29	- 5.77 \pm 4.17
2-4	1.02 \pm 0.26	1.57 \pm 0.55
4-6	1.36 \pm 0.31	1.28 \pm 0.50
6-8	1.33 \pm 0.25	1.92 \pm 0.63
8-10	1.45 \pm 0.14	1.70 \pm 0.10
10-12	1.30 \pm 0.14	1.31 \pm 0.14
12-14	1.55 \pm 0.09	1.42 \pm 0.38
14-16	1.26 \pm 0.21	1.42 \pm 0.26

ΠΙΝΑΚΑΣ IV : Ρυθμοί ανάπτυξης νεαρών ατόμων σολωμού που διατράφηκαν με εναλλαγή από περιορισμένη διατροφή σε διατροφή έως κορεσμού, κατά τη διάρκεια της περιόδου αμέσως πριν τη δειγματοληψία. Οι τιμές αναφέρονται σε μέσους όρους $\pm 95\%$ όρια εμπιστοσύνης, $n=9$.

Ομάδα ψαριών * ¹	R8 : S0	R8 : S4	R8 : S8
Περίοδος (εβδομάδες)	Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης * ²		
6-8	0.47 \pm 0.22	0.52 \pm 0.26	0.49 \pm 0.24
10-12	—	2.59 \pm 0.32	2.64 \pm 0.46
14-16	—	—	1.74 \pm 0.31

*¹ R8:S0. Τα ψάρια διατράφηκαν με περιορισμένη διατροφή για 8 εβδομάδες και η δειγματοληψία έγινε μετά 8 εβδομάδες.

R8:S4. Τα ψάρια διατράφηκαν με περιορισμένη διατροφή για 8 εβδομάδες και έως κορεσμού για τέσσερις εβδομάδες και η δειγματοληψία έγινε μετά από 12 εβδομάδες.

R8:S8. Τα ψάρια διατράφηκαν με περιορισμένη διατροφή για 8 εβδομάδες και έως κορεσμού για 8 εβδομάδες και η δειγματοληψία έγινε μετά από 16 εβδομάδες.

*² Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης = $(\log W_1 - \log W_0) / \Delta t$

Τρεις ομάδες (R8:S0, R8:S4 & R8:S8) απ'τα ψάρια περιορισμένης διατροφής που στη συνέχεια διατράφηκαν έως κορεσμού δημιούργησαν τον προβληματισμό αν και κατά πόσο η δειγματοληψία σε διαφορετικούς χρόνους θα μπορούσε να δώσει την πιθανότητα εξέτασης της δυναμικής των αλλαγών στα διάφορα επίπεδα ανάπτυξης και στη συγκέντρωση των νουκλεϊκών οξέων στους ιστούς. Για να είναι αυτή η υπόθεση ρεαλιστική, ήταν αναγκαίο να αποδειχθεί ότι η ανάπτυξη δεν διέφερε μεταξύ των τριών ομάδων των οποίων η διατροφή ήταν περιορισμένη και στη συνέχεια η διατροφή έγινε έως κορεσμού. Τα δεδομένα των ρυθμών ανάπτυξης χ'αυτές τις τρεις ομάδες ψαριών φαίνονται στον ΠΙΝΑΚΑ IV. Δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων. Αυτό δείχνει ότι το κριτήριο της παρόμοιας ανάπτυξης ανταποκρινόταν στην αρχική υπόθεση.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Β

ΠΕΙΡΑΜΑ 1

Η ανάλυση παραλλακτικότητας (Kruskal-Wallis) από τις σειρές των αποτελεσμάτων για το πείραμα 1 (ΠΙΝΑΚΑΣ 1) έδειξε μη σημαντικές στατιστικά διαφορές στη μέση εκατοστιαία μεταβολή σε βάρος, μήκος και σε ειδικό ρυθμό ανάπτυξης (μολονότι οι πειραματικές ομάδες είχαν διατραφεί για τη μισή μόνο περίοδο του πειράματος ενώ οι μάρτυρες είχαν διατραφεί καθημερινά στο σύνολο των έξι εβδομάδων) όπως εκφράζεται στις διαφορές στη μετατρεψιμότητα μεταξύ των ομάδων. Σε όλες τις τέσσερις παραμέτρους υπήρχε ισχυρή τάση για τις μέσες τιμές για τις ομάδες 1D, 1E και 1F να

είναι ελαφρώς καλύτερες απ'αυτές των μαρτύρων και πολύ καλύτερες από κάθε μια απ'τις ομάδες 1B ή 1C.

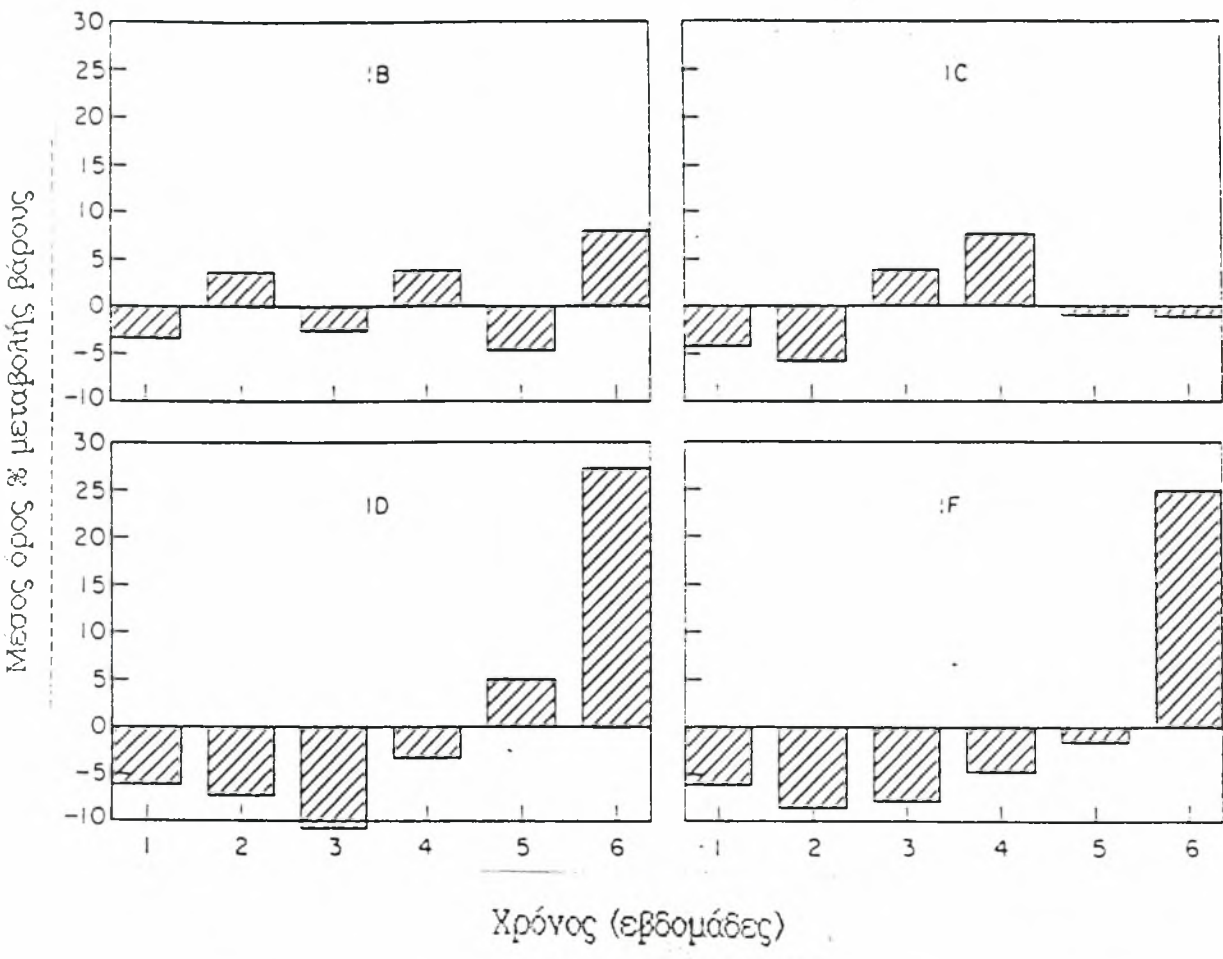
Ο κύκλος διατροφής τριών εβδομάδων έδειξε μεγαλύτερη απόδοση και στις τέσσερεις παραμέτρους (ΠΙΝΑΚΑΣ 1).

Η επίδραση των διαφορετικών επιπέδων ποσότητας τροφής στον ίδιο διατροφικό κύκλο διαπιστώνεται απ'τη σύγκριση των ομάδων 1D,1E και 1F. Και οι τρεις ομάδες έδειξαν περίπου τα ίδια ποσοστά ανάπτυξης σε βάρος, μήκος και ειδικό ρυθμό ανάπτυξης. Η μοναδική διαφορά παρατηρήθηκε στη μετατρεψιμότητα η οποία μειώθηκε με την αύξηση της ποσότητας της τροφής (ΠΙΝΑΚΑΣ 1).

Το μοντέλο της απώλειας βάρους κατά τη διάρκεια των διατροφικών κύκλων ήταν παρόμοιο για όλες τις πειραματικές ομάδες (Σχήμα 3).

Υπήρξε γενικά, μια ευρεία απώλεια βάρους κατά τη διάρκεια της πρώτης εβδομάδας ασιτίας και στη συνέχεια παρατηρήθηκαν μειωμένοι ρυθμοί απώλειας βάρους τις επόμενες εβδομάδες.

Υπήρχαν μεγάλες διαφορές στο μοντέλο αύξησης του βάρους με την έναρξη της περιόδου εκ νέου διατροφής (Σχήμα 3). Στην πρώτη εβδομάδα της επαναδιατροφής υπήρξε μια μέτρια αύξηση στη μέση τιμή του ποσοστιαίου κέρδους σε βάρος από 8% περίπου, για όλες τις ομάδες. Η βελτίωση κατά τη διάρκεια της δεύτερης εβδομάδας ήταν κάπως χαμηλότερη για όλες τις ομάδες. Η μεγαλύτερη μέση τιμή ποσοστιαίας αύξησης σε βάρος και σε ειδική ανάπτυξη, συνέβη την τρίτη εβδομάδα της διατροφής (ομάδες 1D,1E και 1F) όταν το μεγαλύτερο μέρος της ανάπτυξης αντιστάθμισης είχε συμβεί. Η μετατρεψιμότητα για την ομάδα D ήταν 1,289 και ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης 4,04% ανά ημέρα.



Σχήμα 3. Μεταβολές στο μέσο όρο του βάρους των ομάδων IB, IC, ID και IF, κατά τη διάρκεια διατροφικών κύκλων ασιτίας και επαναδιατροφής, στις πέστρες του πειράματος 1.

ΠΕΙΡΑΜΑ 2

Τα αποτελέσματα για το πείραμα 2 δίνονται στον ΠΙΝΑΚΑ V. Τα μέσα βάρη για τους μάρτυρες (2Α) και τις πειραματικές ομάδες (2Β) δίνονται στο Σχήμα 4 και οι ποσότητες τροφής που καταναλώθηκαν απ'τα ψάρια σ'αυτό το πείραμα φαίνονται στο Σχήμα 5. Αρχικά, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο μέσο όρο του βάρους μετά τις τρεις εβδομάδες ή μετά τις έξι εβδομάδες, παρόλο που η ομάδα των μαρτύρων είχε διατραφεί με 230% περισσότερη τροφή. Μετά από εννέα εβδομάδες, τα ψάρια της πειραματικής ομάδας ήταν σημαντικά μικρότερα από τα αντίστοιχα των μαρτύρων, αλλά μετά την επαναδιατροφή (δώδεκα εβδομάδες), πάλι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές αν και οι μάρτυρες είχαν διατραφεί με 264% περισσότερη τροφή.

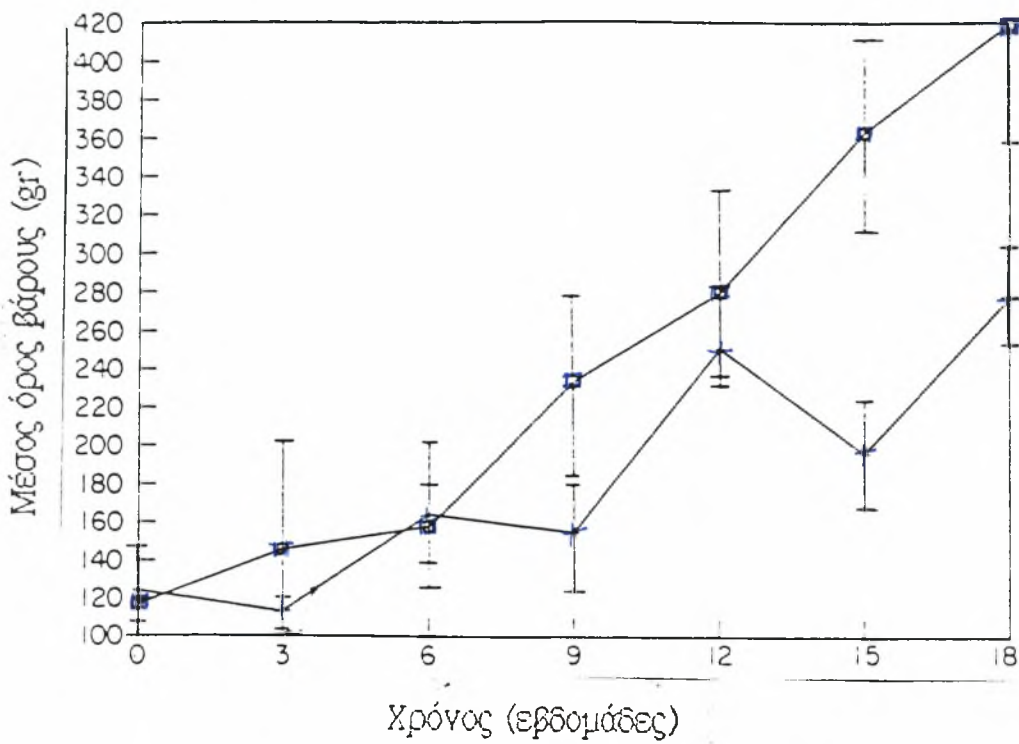
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Γ

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

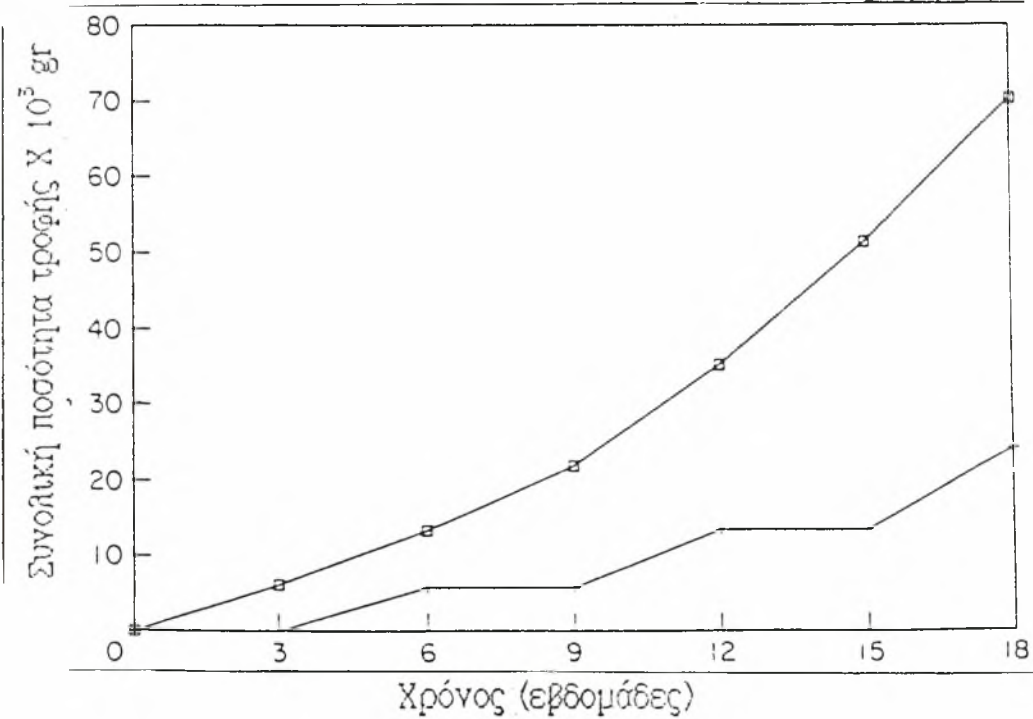
Κατά τη διάρκεια της πέμπτης περιόδου του πειράματος, λόγω των καιρικών αντιξοοτήτων, πολλά ψάρια από αυτή την ομάδα απομακρύνθηκαν από το πείραμα και έτσι η στατιστική ανάλυση, χ'αυτή τη χρονική περίοδο, είναι ευρέως ελλειπής. Στον ΠΙΝΑΚΑ VI φαίνεται το μέσο βάρος από κάθε υποομάδα για την κάθε περίοδο, διάρκειας τριών εβδομάδων, μαζί με τις θερμοκρασίες του πειράματος. Εκτός από τις περιόδους τέσσερα (Νοέμβριος-Ιανουάριος) και πέντε (Φεβρουάριος-Μάρτιος), τα ψάρια κέρδιζαν βάρος όταν διατρέφονταν και έχαναν βάρος όταν δεν διατρέφονταν.

ΠΙΝΑΚΑΣ V : Σύνοψη των αποτελεσμάτων του πειράματος 2.

	Ομάδα	Εβδομάδα					
		3	6	9	12	15	18
%μεταβολή βάρους	2A	16.7	39.5	118.6	165.2	207.6	254.6
	2B	-11.2	27.9	17.1	102.3	64.8	123.7
%μεταβολή μήκους	2A	2.9	7.3	18.9	28.1	36.5	42.9
	2B	0.2	6.6	7.2	18.6	19.1	24.9
Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης	2A	0.16	0.17	0.32	0.27	0.24	0.21
	2B		0.31		0.47		0.32
Μετατρεψιμότητα	2A	1.05	0.72	1.06	0.98	0.98	0.91
	2B		0.67		0.81		0.61



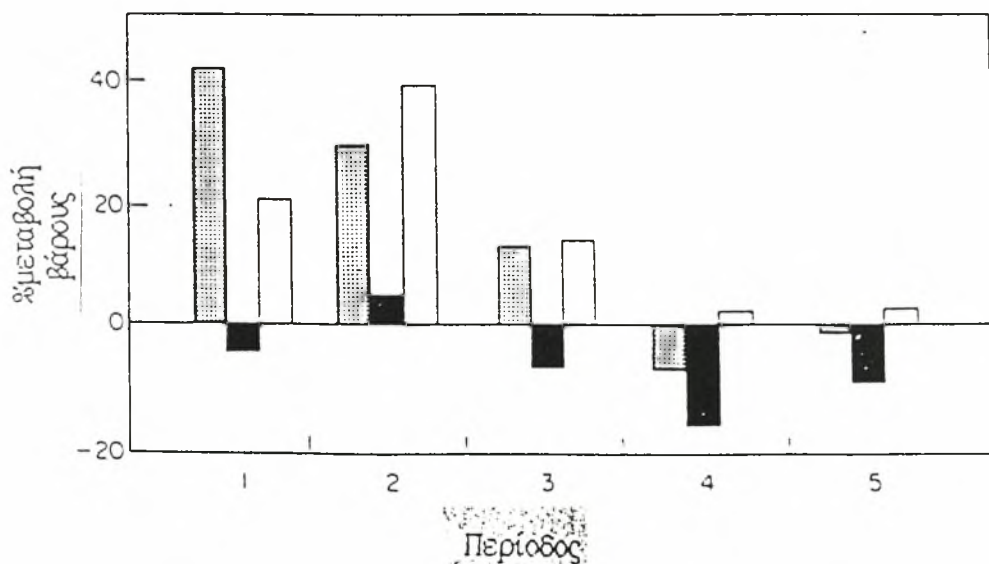
Σχήμα 4. Μέσοι όροι βάρους (\pm τυπική απόκλιση) συνεχώς διατρεφόμενων μαρτύρων (□) και των ομάδων με εναλλασσόμενη διατροφή (+), του πειράματος 2.



Σχήμα 5. Συνολική ποσότητα τροφής στην ομάδα των μαρτύρων (□) και στις πειραματικές ομάδες (+) κατά τη διάρκεια του πειράματος 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ VI : Μέσα βάρη, μετά από κάθε πειραματική μεταχείριση, της υποομάδας A που διατράφηκε και ακολούθως διατηρήθηκε σε ασιτία και μέσα βάρη της υποομάδας B που διατηρήθηκε σε ασιτία και ακολούθως διατράφηκε.

Περίοδος & υποομάδα	Αρχικό βάρος (±S.D.)	Βάρος μετά 3 εβδομάδες (±S.D.)	Βάρος μετά 6 εβδομάδες (±S.D.)	Θερμοκρασιακό εύρος (°C)
21 ΜΑΡ - ΜΑΙ 1978				
1A	353 + 52	400 + 73	363 - 61	9-11
1B	331 + 62	323 + 65	396 - 69	
30 ΜΑΙ - 25 ΙΟΥΛ 1978				
2A	576 + 98	718 + 113	604 + 80	13-16
2B	491 + 115	456 + 111	687 + 173	
30 ΑΥΓ. - 11 ΟΚΤ 1978				
3A	970 + 373	1043 + 370	925 + 334	11-15
3B	994 - 272	934 + 258	1137 + 315	
30 ΝΟΕ 1978 - 11 ΙΑΝ 1979				
4A	1167 + 372	1145 + 344	1009 + 323	3-9
4B	1149 + 393	1137 + 377	1137 + 361	
1 ΦΕΒ. - 15 ΜΑΡ 1979				
5A	990 + 258	984 + 242	937 + 245	3-5
5B	1124 + 334	1037 - 131	1150	



Σχήμα 6. Μέση εκατοστιαία μεταβολή βάρους των μαρτύρων (■), της υποομάδας A (■) και της υποομάδας B (□).

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΟΜΑΔΩΝ ΜΕ ΤΟ ΜΑΡΤΥΡΑ

Στο Σχήμα 6 φαίνεται η σύγκριση των δύο πειραματικών ομάδων με τους μάρτυρες. Σε τέσσερις από τις πέντε περιόδους, το συνολικό ποσοστιαίο κέρδος σε σωματικό βάρος της υποομάδας B ήταν ισοδύναμο ή μεγαλύτερο απ'αυτό της ομάδας των μαρτύρων. Αυτό σημαίνει ότι ψάρια σε περίοδο ασιτίας που στη συνέχεια διατράφηκαν, κέρδισαν το ίδιο βάρος όπως ψάρια που διατράφηκαν συνεχώς για περίοδο έξι εβδομάδων. Μόνο για την περίοδο 1 (Μάρτιος-Απρίλιος) η αύξηση του βάρους είναι μεγαλύτερη στην ομάδα του μάρτυρα.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΔΩΝ A 1 & B2.

Τα αποτελέσματα της σύγκρισης του κέρδους σε βάρος πριν την ασιτία (A 1) και του κέρδους σε βάρος μετά την ασιτία (B2) φαίνονται στον ΠΙΝΑΚΑ VII. Σε τρεις από τις τέσσερις περιόδους μελέτης, υπάρχει μια σημαντική αύξηση στο κέρδος σε βάρος, μετά τη διατροφή, αν η διατροφή προηγείται μιας περιόδου ασιτίας.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ ΣΕ ΒΑΡΟΣ (B1 & B2) ΜΕ ΤΗΝ A 1

Τα αποτελέσματα της σύγκρισης του συνολικού (έξι εβδομάδων) κέρδους σε βάρος για την υποομάδα B και το κέρδος σε βάρος των ψαριών που διατράφηκαν στη διάρκεια των πρώτων τριών εβδομάδων αυτής της περιόδου (A 1) φαίνεται στον ΠΙΝΑΚΑ VIII. Σε τρεις από τις τέσσερις περιόδους που μελετήθηκαν διαπιστώθηκε ότι το μέσο κέρδος σε βάρος για την υποομάδα B (ασιτία και ύστερα διατροφή) είναι μεγαλύτερο από το κέρδος σε βάρος της υποομάδας A που διατράφηκε για τρεις εβδομάδες (περίοδος A 1).

ΠΙΝΑΚΑΣ VII : Σύγκριση των μέσων όρων του κέρδους σε βάρος, των περιόδων A1 και B2.

Περίοδος μελέτης	Μέσο βάρος A1	Μέσο βάρος B2	t-κριτήριο	B.E.	P
1	52.8	98.6	-3.6	20	<0.01
2	154.5	230.7	-3.1	24	<0.01
3	72.9	212.8	-5.3	24	<0.001
4	-21.9	-4.6	-1.1	24	N.S.
5	Ελλιπή στοιχεία				

ΠΙΝΑΚΑΣ VIII : Συγκρίσεις συνολικών κερδών σε βάρος των υποομάδων B (ψάρια που δεν διατράφηκαν αρχικά και στη συνέχεια διατράφηκαν) με το κέρδος σε βάρος της υποομάδας A1 (ψάρια που διατράφηκαν για τρεις εβδομάδες).

Περίοδος μελέτης	Μέσο κέρδος βάρους B1&B2 (g)	Μέσο κέρδος βάρους A1 (g)	t-κριτήριο	B.E.	P
1	90.6	48.2	2.7	21	<0.02
2	216.0	154.5	2.6	24	<0.02
3	140.0	53.3	3.6	27	<0.01
4	-19.2	-21.9	0.1	24	N.S.
5	—	-5.0	Ελλιπή στοιχεία		

ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΜΗΚΟΥΣ

Το μέσο ποσοστό αύξησης σε μήκος που σχετίζεται με την κάθε πειραματική μεταχείριση φαίνεται στον ΠΙΝΑΚΑ ΙΧ. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η υποομάδα Β του πειράματος (ασιτία και στη συνέχεια διατροφή) παρουσιάζει μεγαλύτερη συνολική αύξηση σε μήκος από αυτή της υποομάδας Α (διατροφή και στη συνέχεια ασιτία). Αυτό δείχνει ότι η αύξηση σε βάρος μετά από μια περίοδο ασιτίας σχετίζεται με την αύξηση σε μήκος και μπορεί ως εκ τούτου να θεωρηθεί ως αύξηση και όχι σαν μερική αύξηση εναπόθεσης λίπους ή αύξηση της προσρόφησης νερού.

ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΑΣΙΤΙΑΣ

Το Σχήμα 8 δείχνει το ποσοστό της απώλειας βάρους για κάθε εβδομάδα από την κάθε υποομάδα κατά τη διάρκεια της περιόδου ασιτίας. Υπάρχει μια μείωση στην απώλεια βάρους μετά την περίοδο των τριών εβδομάδων πιθανώς οφειλομένη σε κάποιο τύπο προσαρμογής των ψαριών στον περιορισμό της τροφής.

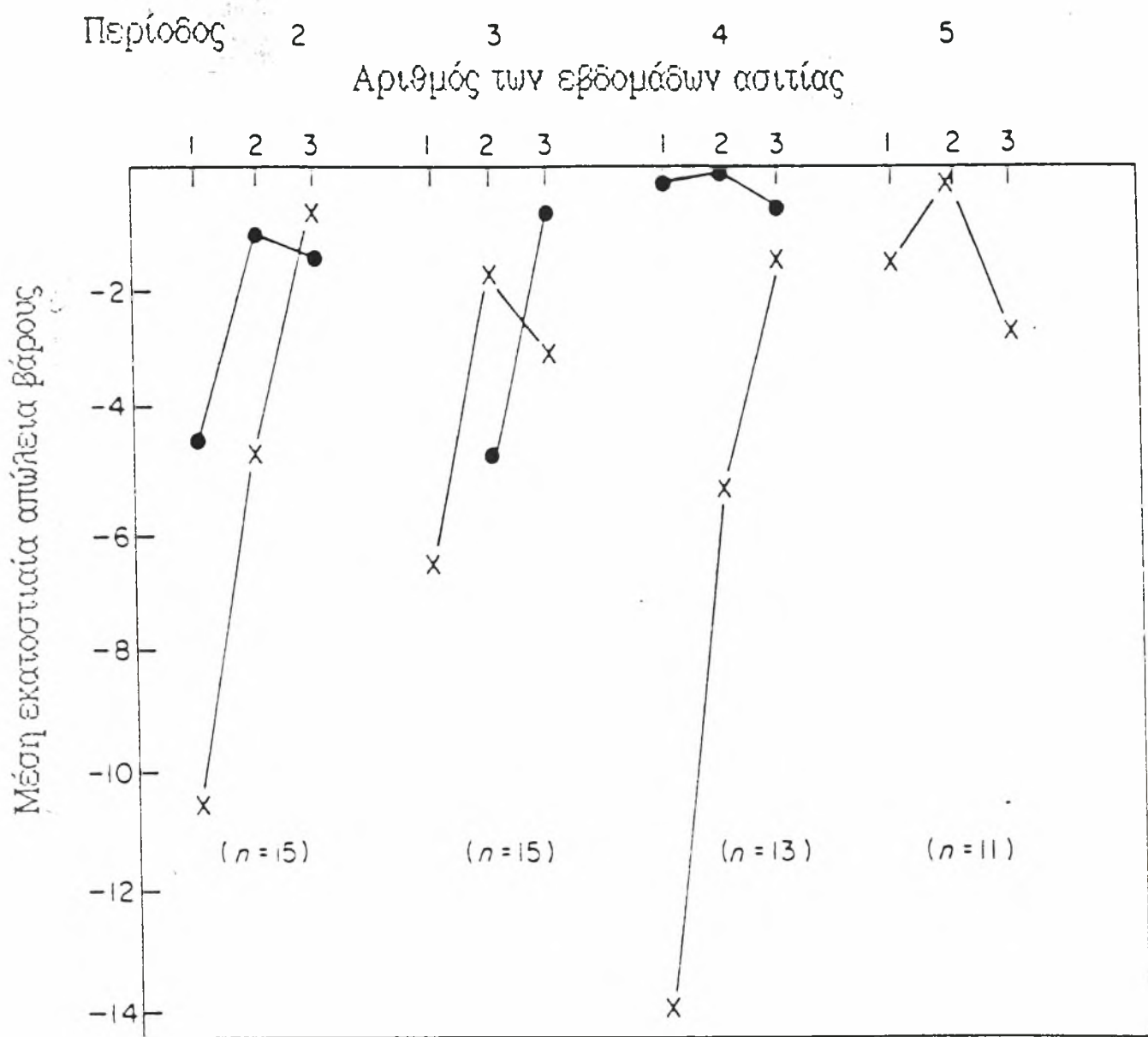
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Δ

Όλα τα ψάρια, σε κάθε πειραματική ομάδα, κέρδισαν βάρος κατά τη διάρκεια των δώδεκα εβδομάδων (ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ). Τα ψάρια που τράφηκαν διαρκώς και αυτά που διατηρήθηκαν σε ασιτία για δύο εβδομάδες, κέρδισαν το περισσότερο βάρος κατά μέσο όρο, 25% και 24% αντίστοιχα, απ' το αρχικό τους βάρος. Η μέση αύξηση σε υγρό βάρος για τα ψάρια που διατηρήθηκαν σε ασιτία για τέσσερις και έξι εβδομάδες ήταν περίπου ίδια, 16% και 15% αντίστοιχα (Σχήμα 7). Όλοι αυτοί οι υπολογισμοί ήταν σημαντικά χαμηλότεροι απ' αυτούς που παρατηρήθηκαν στις ομάδες που διατράφηκαν συνεχώς

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΧ : Μέση εκατοστιαία μεταβολή του μήκους κατά τη διάρκεια της κάθε περιόδου της μελέτης κάτω απ'την επίδραση της κάθε πειραματικής μεταχείρισης.

Περίοδος της μελέτης	Εκατοστιαία μεταβολή μήκους	Εκατοστιαία μεταβολή μήκους	Συνολική εκατοστιαία μεταβολή μήκους
	A1	A2	
1	0.8	5.7	6.6
2	4.9	1.4	9.6
3	3.1	0.4	3.5
4	0.2	0.5	0.5
5	0.9	0.1	1.2
	B1	B2	
1	0	10.7	9.1
2	0	9.2	7.1
3	1.7	3.1	4.6
4	0	1.2	1.3
5		Ελλειπή στοιχεία	

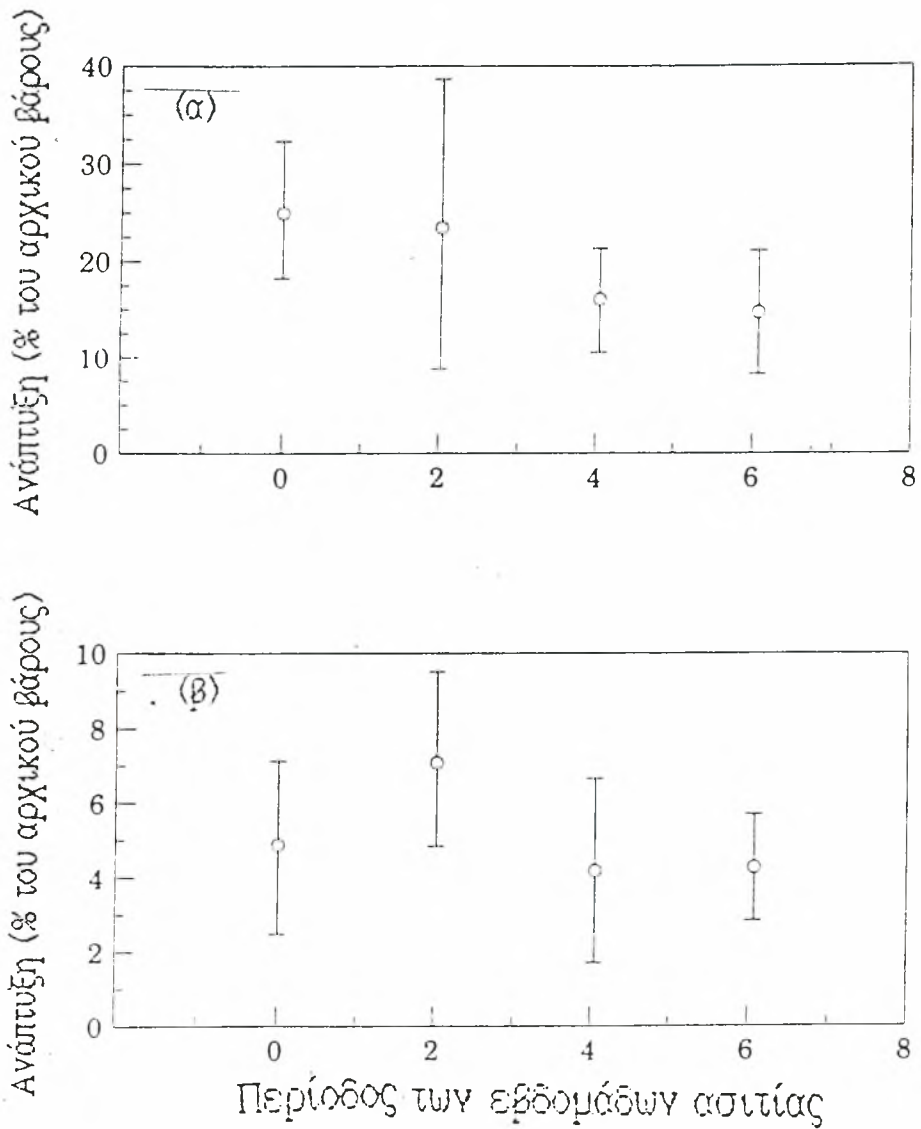




Σχήμα 8. Μέση εκατοστιαία απώλεια βάρους, κατά τη διάρκεια της περιόδου ασιτίας της υποομάδας A(x) και της υποομάδας B(•).

($t=2,38$ & $p<0,05$ και $t=2,49$ & $p<0,05$ αντίστοιχα). Εξαιτίας αυτής της ανισότητας στο κέρδος σε βάρος, το συνολικό περιεχόμενο σε σωματική ενέργεια των ψαριών που ήταν 50 gr θα έπρεπε να έχει αυξηθεί κατά 58% στην ομάδα που διατηρήθηκε σε ασιτία για δύο εβδομάδες, 46% και 35% αντίστοιχα γι'αυτές που διατηρήθηκαν σε ασιτία για τέσσερεις και έξι εβδομάδες.

Καμιά απ'τις πειραματικές ομάδες δεν έδειξε σημαντικές διαφορές στις σχέσεις ανάπτυξης-μήκους κατά τη διάρκεια των δώδεκα εβδομάδων συνολικά (Σχήμα 7). Οι πιο αποκλίνουσες τιμές, ο μάρτυρας και οι ομάδες των ψαριών που υπέστησαν ασιτία δύο εβδομάδων, συγκρινόμενες με t -κριτήριο, έδωσαν στατιστικά μη σημαντικά αποτελέσματα ($t=1,61$ & $p>0,10$)



Σχήμα 7. Μεταβολή σε υγρό βάρος (α) και σε μήκος (β) σε νεαρά άτομα *Pleuronectes asper*, τα οποία διατηρήθηκαν σε ασιτία για διαφορετικές περιόδους, στην αρχή του πειράματος των 12 εβδομάδων και ύστερα διατράφηκαν έως κορεσμού.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Α

Υστερα απ'την μετάβαση από περιορισμένη διατροφή σε διατροφή έως κορεσμού, οι ρυθμοί ανάπτυξης των νεαρών ατόμων σολωμού αυξήθηκαν έντονα. Οι ρυθμοί ανάπτυξης ήταν σημαντικά αυξημένοι σε σύγκριση με άλλα ψάρια τα οποία διατρέφηκαν έως κορεσμού για παρατεταμένη περίοδο (Σχήμα 1). Αυτός ο τύπος επιταχυνόμενης ανάπτυξης, που αναφέρεται γενικά ως ανάπτυξη αντιστάθμισης, έχει παρατηρηθεί σε μεγάλο σύνολο ζωικών οργανισμών (Wilson & Osbourn, 1960, Bilton & Robins, 1973, Weatherly & Gill, 1981, Ashworth, 1986, Greeff et al, 1986, Pitts, 1986). Το φυσιολογικό υπόβαθρο της ανάπτυξης αντιστάθμισης δεν έχει διερευνηθεί επαρκώς. Το πέρασμα των ψαριών από περιορισμένη, σε διατροφή έως κορεσμού, φαίνεται να αυξάνει την κατανάλωση τροφής ώστε στις εβδομάδες που ακολουθούν αμέσως την αλλαγή της διατροφής, τα ψάρια γίνονται υπερφαχικά, συγκρινόμενα με τα αντίστοιχα που διατρέφονται έως κορεσμού σ'όλη τη διάρκεια του πειράματος (Σχήμα 2). Η ανάπτυξη αντιστάθμισης συνοδεύεται από υψηλούς ρυθμούς πρόσληψης τροφής. Η υπερφαχική αντίδραση είναι εξέχουσας σπουδαιότητας στην υφιστάμενη αναπτυξιακή «έκρηξη» που παρουσιάζουν τα ψάρια που ακολουθούν περιορισμένη διατροφή και στη συνέχεια διατρέφονται έως κορεσμού στις εβδομάδες που ακολουθούν την επαναδιατροφή. Μερικά ζωικά είδη προσαρμόζονται στη στέρηση τροφής και στα μειωμένα επίπεδα της προσλαμβανόμενης ενέργειας, ελλοτώνοντας τη μεταβολική δαπάνη, μέσω δύο ταυτοχρόνων μηχανισμών: i) της μείωσης της

φυσιολογικής δραστηριότητας και ii) της ελλάτωσης των βασικών μεταβολικών ρυθμών (Wilson & Osbourn, 1960, Westerterp, 1977, Arfelbaum, 1978). Έτσι, ο περιορισμός της πρόσληψης τροφής προκαλεί γενικά, χαμηλότερη απώλεια βάρους απότι θα περιμέναμε αν ο ενεργειακός μεταβολισμός διατηρούνταν στα ίδια επίπεδα όπως πριν, που τα ψάρια διατρέφονταν κανονικά. Ως επέκταση αυτού του συλλογισμού, έχει προταθεί (Wilson & Osbourn, 1960) οτι στην περίοδο που ακολουθεί τη μεταφορά από περιορισμένη σε διατροφή έως κορεσμού, οι μεταβολικοί ρυθμοί δεν αναπροσαρμόζονται αμέσως στα υψηλά επίπεδα διαθεσιμότητας της τροφής. Οι χαμηλοί ρυθμοί δαπάνης ενέργειας ίσως διατηρούνται για ένα μικρό χρονικό διάστημα ακόμη, μολονότι οι οργανισμοί δεν είναι πλέον σε καθεστώς περιορισμένης διατροφής. Οι αλλαγές στο μεταβολισμό των ζωικών οργανισμών θα μπορούσαν να συμβαίνουν πιθανότατα σύμφωνα με τους παρακάτω δυο μηχανισμούς:

- i) Η χαμηλή μεταβολική δαπάνη, που παρουσιάζεται στον ίδιο χρόνο που λαμβάνουν χώρα οι υψηλοί ρυθμοί πρόσληψης τροφής, προκαλεί τη διάθεση μεγάλης ποσότητας ενέργειας, που αποκτάται με τη διατροφή, διαθέσιμη για την πρόοδο της ανάπτυξης. Το γεγονός αυτό εχyuάται την απότομη ανάπτυξη στο χρονικό διάστημα που οι οργανισμοί συνέρχονται από την περίοδο περιορισμού της τροφής.
- ii) Η χαμηλή μεταβολική δαπάνη στη διάρκεια της περιόδου που οι οργανισμοί συνέρχονται από την περιορισμένη διατροφή μπορεί να εχyuηθεί μεγαλύτερη ανάπτυξη ανά μονάδα πρόσληψης τροφής, από αυτή που προκαλείται σε οργανισμούς που διατρέφονται συνεχώς έως κορεσμού· μ'άλλα λόγια, η μεγαλύτερη ενεργητική αποδοτικότητα στους οργανισμούς που διατρέφονται περιορισμένα

και ύστερα διατρέφονται έως κορεσμού, μπορεί να συμβεί όταν οι οργανισμοί συνέρχονται απ'την περιορισμένη διατροφή, με βελτιωμένες μετατρεψιμότητες.

Η βελτιωμένη μετατρεψιμότητα έχει ερευνηθεί για μερικά είδη θηλαστικών στη διάρκεια της ανάκαμψης που παρατηρείται μετά τον περιορισμό της τροφής (Szepesi & Epstein, 1976, Ozelci et al, 1978, Williams & Sheedy, 1987). Μερικοί ερευνητές (Bilton & Robins, 1973, Dobson & Holmes, 1984) αναφέρουν ότι απ'τα ψάρια, τα είδη των σαλμονιδών δείχνουν επίσης βελτιωμένες μετατρεψιμότητες στη διάρκεια της ανάκαμψης μετά από περίοδο ασιτίας αλλά αφού οι ατομικοί ρυθμοί πρόσληψης τροφής δεν είχαν ελεγχθεί σε αυτές τις μελέτες, τα αποτελέσματα αμφισβητούνται. Στη συγκεκριμένη έρευνα με νεαρά άτομα σολωμού, καταγράφηκαν τόσο η πρόσληψη τροφής όσο και οι ρυθμοί ανάπτυξης για το κάθε ψάρι, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι εκτιμήσεις της μετατρεψιμότητας θα χίνονταν για όλα τα άτομα. Στα ψάρια με περιορισμένη διατροφή, η ανάπτυξη αντιστάθμισης συνοδεύθηκε με βελτιωμένη συνολική μετατρεψιμότητα (κέρδος υγρού βάρους ανά μονάδα πρόσληψης τροφής) παρά στα άτομα με συνεχή διατροφή (έως κορεσμού) σ'όλη τη διάρκεια του πειράματος. Αυτό παρατηρήθηκε όμως, μόνο για μια μικρή περίοδο, αυτήν που ακολουθούσε τη μεταφορά από περιορισμένη σε διατροφή έως κορεσμού (ΠΙΝΑΚΑΣ III). Το κατά πόσο αυτή η βελτίωση στη μετατρεψιμότητα της τροφής ήταν αποτέλεσμα ή όχι της βελτίωσης της αποτελεσματικότερης χρησιμοποίησης της ενέργειας που λαμβάνεται από την τροφή, στα περιορισμένης-έως κορεσμού διατροφής ψάρια, είναι ένα ερώτημα που παραμένει αναπάντητο. Οι μεταβολές στη συνολική

μετατρεψιμότητα μπορεί να ήταν αποτέλεσμα των διαφορών στην εναπόθεση λίπους και στη σύνθεση ιστών μεταξύ των ψαριών που διατράφηκαν σύμφωνα με διαφορετικά σιτηρέσια. Απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση των παραπάνω υποθέσεων ώστε να καταλήξουμε σε σαφέστερα συμπεράσματα.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Β

Τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν δείχνουν ότι το φαινόμενο της ανάπτυξης αντιστάθμισης υφίσταται. Η ισχύς της αντίδρασης της ανάπτυξης αντιστάθμισης εξαρτάται από τη διάρκεια της ασιτίας και τις επόμενες περιόδους επαναδιατροφής. Οι ειδικοί ρυθμοί ανάπτυξης των μαρτύρων στο πείραμα 1 είναι παρόμοιοι μ'αυτούς που αναφέρονται στη βιβλιογραφία (Elliott, 1975 a, Davison & Goldspink, 1977, Houlihan & Laurent, 1987) για τα ψάρια που διατρέφονταν καθημερινά έως κορεσμού. Το τελικό μέσο βάρος ήταν ίδιο μ'αυτό που έχει αναφερθεί απ'τους Iwama & Tautz (1981) στο μοντέλο ανάπτυξης για τις πέστροφες. Τα δεδομένα της μετατρεψιμότητας δείχνουν ότι οι διατροφικές απαιτήσεις των μαρτύρων είχαν καλυφθεί. Έτσι η διαθεσιμότητα της τροφής δεν ήταν οριακός παράγοντας για την ανάπτυξή τους. Από τη σύγκριση των τριών επιπέδων διατροφής (3%, 5% και 7% του σωματικού βάρους ανά ημέρα) διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει δραματική αύξηση στην διάθεση για τη λήψη τροφής στη διάρκεια της επαναδιατροφής. Οι μέσες ποσοστιαίες αυξήσεις σε βάρος και μήκος και οι ειδικοί ρυθμοί ανάπτυξης ήταν παρόμοιοι σε όλα τα επίπεδα διατροφής. Ο μοναδικός λόγος της αύξησης του επιπέδου της διατροφής ήταν για να μειώσει τη μετατρεψιμότητα την οφειλομένη στην απώλεια

τροφής. Οι επιδράσεις των χρονικών διαστημάτων ασιτίας-επαναδιατροφής ήταν έντονες. Τα ψάρια στους διαφορετικούς κύκλους "1 & 1" (1B) και "2 & 2" (1C), μεγάλωναν τελικά, πιο αρχά απ'την ομάδα ψαριών που ήταν μάρτυρες. Στην ομάδα των ψαριών που διατηρήθηκε σε κύκλο "3 & 3" σημειώθηκε θεαματική αύξηση σε σύγκριση με τους μάρτυρες. Συγκρίνοντας αυτές τις ομάδες, παρατηρούμε την ύπαρξη διαφορετικών «τάσεων» απώλειας-κέρδους σε βάρος (Σχήμα 3). Όλες οι ομάδες παρουσίασαν τη μεγαλύτερη απώλεια βάρους την πρώτη εβδομάδα της ασιτίας όπως άλλωστε αναφέρουν οι Dobson & Holmes, (1984) οφειλόμενη στην εκκένωση του πεπτικού συστήματος (Elliott, 1972). Ο ρυθμός απώλειας βάρους μειώθηκε στις επόμενες εβδομάδες.

Στη διάρκεια της επαναδιατροφής υπήρξε μια μέτρια αύξηση σε βάρος οφειλόμενη στην εκ νέου πλήρωση του πεπτικού συστήματος με τροφή, σ'όλες τις ομάδες. Στη δεύτερη εβδομάδα της επαναδιατροφής υπήρξε μικρότερη αύξηση στο βάρος, στις ομάδες 1C, 1D, 1E και 1F. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας εβδομάδας της επαναδιατροφής παρουσιάστηκε η μεγαλύτερη αύξηση που σχετίζεται με την ανάπτυξη αντιστάθμισης. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας εβδομάδας της επαναδιατροφής, η μέση ποσοστιαία αύξηση στην ανάπτυξη ήταν πολύ μεγαλύτερη από αυτή που βρέθηκε στα συνεχώς διατρεφόμενα ψάρια. Ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης της ομάδας 1E, στη διάρκεια της εβδομάδας διατροφής ήταν 4,04%, ημερησίως και η μετατρεψιμότητα ήταν 1,23. Σ' εφαρμογή του μοντέλου ανάπτυξης των Iwama & Tautz (1981), η μεταβολή στο μέσο βάρος που συνέβη στη διάρκεια της τελευταίας εβδομάδας αντιστοιχεί σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 50 °C. Έτσι, είναι φανερό ότι μερικές μεταβολικές

αλλαγές που συνέβησαν στη διάρκεια των τελευταίων τριών εβδομάδων ασιτίας και ακολούθως των δύο εβδομάδων διατροφής, επιτρέπουν να επιτευχθεί πολύ μεγαλύτερος ρυθμός ανάπτυξης από αυτόν που βρέθηκε στα κανονικά διατρεφόμενα ψάρια. Η μέγιστη ανάπτυξη συνέβη στην τελευταία εβδομάδα της διατροφής. Δεν είναι δυνατόν να προσδιορίσουμε απ'αυτά τα πειράματα για πόσο καιρό οι υψηλότεροι ρυθμοί ανάπτυξης μπορούν να συνεχιστούν. Ο σχεδιασμός ενός πειράματος που θα μπορούσε να ερευνήσει μια μεγαλύτερη περίοδο επαναδιατροφής θα ήταν απαραίτητος ώστε να προσδιοριστεί πότε η αντίδραση της ανάπτυξης αντιστάθμισης αρχίζει να μειώνεται προς τον κανονικό ρυθμό και πόσο γρήγορα συμβαίνει αυτή η μείωση.

Η ανάλυση της σύνθεσης των ιστών έδειξε σημαντική μείωση του λίπους και σημαντική αύξηση σε πρωτεΐνες και νερό, μετά τριών εβδομάδων ασιτία. Αυτό αναμενόταν διότι, σε μικρές περιόδους ασιτίας, τα σπλαγχνικά λίπη και τα μυϊκά λιπίδια αξιοποιούνται ως πηγή ενέργειας (Parker & Vanstone, 1966, Smith, 1981, Weatherly & Gill, 1981). Παράλληλα συμβαίνει αντικατάσταση των μυϊκών λιπιδίων από νερό (Idler & Bitterns, 1959). Μετά από 6 εβδομάδες, δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των πειραματικών και των ομάδων των μαρτύρων. Ετσι, διαπιστώθηκε μια τάση των ψαριών να είναι λιπόσαρκα. Η ανάπτυξη που συμβαίνει στη φάση της απότομης ανόδου κατά την ανάπτυξη αντιστάθμισης, οφείλεται στη σύνθεση πρωτεϊνών και όχι μόνο στην εναπόθεση λίπους και στην προσρόφηση νερού.

Το πείραμα 2 έδειξε ότι η κυκλική διατροφή των ψαριών μπορεί να πετύχει

ίδια ανάπτυξη, όταν η ποιότητα του νερού είναι καλή. Σε αντίθετη όμως περίπτωση τα εναλλακτικώς διατρεφόμενα ψάρια δεν μπορούν να προφτάσουν σε ανάπτυξη τα διαρκώς διατρεφόμενα ψάρια της ομάδας των μαρτύρων. Τα αίτια στα οποία οφείλεται αυτή η ιδιαιτερότητα είναι ανεξερεύνητα.

Αρχικά, δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές στο μέσο βάρος μεταξύ των μαρτύρων και των πειραματικών ομάδων, ή μετά από έναν κύκλο (6 εβδομάδες) ή δύο κύκλους (12 εβδομάδες), παρ'όλο που η ομάδα των μαρτύρων είχε διατραφεί με 234% και 265% περισσότερη τροφή, αντίστοιχα.

Οι τεχνικές φύσεως δυσκολίες (βλάβη της αντλίας, μεταβολή στην τιμή του PH) την δεκάτη εβδόμη εβδομάδα, έδειξε ότι η ποιότητα του νερού κατά τη διάρκεια της περιόδου της επαναδιατροφής μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στην αντίδραση της ανάπτυξης αντιστάθμισης. Ο ρυθμός ανάπτυξης της ομάδας των μαρτύρων στο πείραμα 2 ήταν μεγαλύτερος απ'αυτόν που βρέθηκε στο πείραμα 1. Το μοντέλο των Iwama & Tautz (1981), προβλέπει μια θερμοκρασία νερού 20°C για την αύξηση σε βάρος που παρατηρήθηκε, μολονότι η πραγματική θερμοκρασία ήταν μόλις 13°C.

Οι πιθανοί μηχανισμοί στους οποίους οφείλεται η αντίδραση της ανάπτυξης αντιστάθμισης πρέπει να συμπεριλάβουν τις αυξήσεις στην πρωτεΐνοσύνθεση ώστε να εξηγηθούν οι υψηλοί ρυθμοί ανάπτυξης που βρέθηκαν κατά τη διάρκεια της τελευταίας εβδομάδας της διατροφής, στον κύκλο "3 & 3", των ψαριών. Είναι γνωστό, ότι η σύνθεση πρωτεΐνων και οι ρυθμοί ενεργειακής αξιοποίησης των αποθεμάτων μειώνονται με τις τρεις πρώτες εβδομάδες της ασιτίας

(Smith, 1981, Loughna & Goldspink, 1984, McMillan & Houlihan, 1989).

Τα ακόλουθα είναι τα κύρια πορίσματα της παρούσας μελέτης:

- i) Το ελάχιστο επίπεδο διατροφής για όλες τις ομάδες των ψαριών ήταν 3% του σωματικού βάρους, ημερησίως. Η αντίδραση της ανάπτυξης αντιστάθμισης δεν αφορούσε τροφικές απαιτήσεις μεγαλύτερες από τις παρεχόμενες.
- ii) Η διάρκεια της ασιτίας και οι περίοδοι επαναδιατροφής είχαν σημαντική επίδραση στην ισχύ της αντίδρασης της ανάπτυξης αντιστάθμισης. Αν ο διατροφικός κύκλος ήταν πολύ μικρός και η ανάπτυξη ήταν μικρότερη απ'αυτή των διαρκώς διατρεφόμενων ψαριών, τότε ένας διατροφικός κύκλος "3 & 3" θα έδινε ίδια αν όχι καλύτερη ανάπτυξη.
- iii) Το μοντέλο ανάπτυξης στη διάρκεια των περιόδων επαναδιατροφής έδειξε ότι το μεγαλύτερο μέρος της ανάπτυξης αντιστάθμισης συνέβη κατά τη διάρκεια της τελευταίας εβδομάδας του διατροφικού κύκλου των "3 & 3" εβδομάδων. Πρέπει να τονιστεί ότι ο ρυθμός ανάπτυξης και η μετατρεψιμότητα ήταν μεγαλύτεροι στη διάρκεια αυτής της περιόδου από αυτήν που είχε αναφερθεί στη βιβλιογραφία γι'αυτά τα είδη των ψαριών, σ'αυτή τη θερμοκρασία. Μετά από τρεις εβδομάδες διατροφής, αυτός ο ρυθμός ανάπτυξης ήταν μέγιστος. Χρειάζεται περισσότερη έρευνα για να διαπιστώσουμε πότε αυτός ο αυξημένος ρυθμός επιστρέφει (πέφτει) σε κανονικά επίπεδα.
- iv) Η προηγούμενη ανάλυση έδειξε ότι οι τρεις εβδομάδες ασιτίας προκάλεσαν τα χαμηλότερα επίπεδα λίπους και τα υψηλότερα επίπεδα πρωτεΐνης και συγκράτησης υγρασίας. Μετά από 6 εβδομάδες δεν

υπήρχαν σημαντικές διαφορές στη σύνθεση των ιστών μεταξύ των πειραματικών ομάδων και των μαρτύρων, μολονότι η πειραματική ομάδα έτεινε να έχει ισχνότερα ψάρια.

ν) Η επανάληψη "3 & 3" διατροφικών κύκλων, έχοντας καλή ποιότητα νερού, παρήγαγε ψάρια με μέσα βάρη που δεν ήταν σημαντικά διαφορετικά, μετά από έναν ή δύο ολόκληρους διατροφικούς κύκλους, παρόλο που η ομάδα των μαρτύρων είχε διατραφεί με 235% και 264% περισσότερη τροφή, αντίστοιχα. Ο υποβάθμιση της ποιότητας του νερού είχε δραματικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη των περιοδικά διατρεφόμενων ψαριών στη διάρκεια των κρίσιμων περιόδων της επαναδιατροφής.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Γ

Εχει αναφερθεί ότι η πέστροφα, *Salmo trutta*, προσαρμόζει το βασικό της μεταβολισμό ώστε να διαβιώνει σε επίπεδα συντήρησης (ποσότητα τροφής που πρέπει να φάει ένα ψάρι για να μην κερδίσει ούτε να χάσει βάρος) (Brown, 1946 α). Αυτό σημαίνει ότι αν η ποσότητα της τροφής μειώνεται, τα ψάρια στην αρχή χάνουν βάρος αλλά μετά προσαρμόζονται στο νέο επίπεδο τροφής, κι έτσι κερδίζουν βάρος. Ήταν συνεπώς αναγκαίο να μειωθεί η τροφή σε τέτοια επίπεδα ώστε να μην είναι δυνατή περαιτέρω προσαρμογή. Όταν η ποσότητα της τροφής στη συνέχεια ήταν αυξημένη, τα ψάρια σύντομα προσαρμόζονταν στα υψηλότερα επίπεδα διατροφής και δεν αύξαναν το βάρος τους αναλογικά με τα υψηλότερα επίπεδα διατροφής. Έτσι, τα ψάρια έδειχναν τη μεγίστη ικανότητα αξιοποίησης της τροφής, μετά από μια περίοδο περιορισμού της τροφής. Αυτή η εργασία (Brown, 1946 α) έδειξε ότι οι ανάγκες

συντήρησης μειώθηκαν σε σχέση με την αύξηση του βάρους των ψαριών. Στο βάρος των 100 γραμμαρίων οι ανάγκες συντήρησης των ψαριών σταθεροποιήθηκαν. Τα ψάρια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν όλα πάνω από 100 γραμμάρια σε μέσο βάρος αλλά εμφανίζεται προσαρμογή στην ασιτία που βασίζεται στη μείωση της ποσοστιαίας απώλειας βάρους, μετά την περίοδο των τριών εβδομάδων ασιτίας. Μετά την περίοδο ασιτίας παρατηρήθηκε αυξημένη μετατρεψιμότητα τροφής όπως φαίνεται από την εντυπωσιακή ανάπτυξη που ακολούθησε την επαναδιατροφή. Αυτή η ανάπτυξη (ανάπτυξη αντιστάθμισης) λαμβάνει χώρα σε πέστροφες μεγαλύτερες από 100 γραμμάρια.

Το φαινόμενο της ανάπτυξης αντιστάθμισης συνέβαινε καθ'όλη τη διάρκεια του χρόνου και έγινε περισσότερο έντονο κατά τους μήνες Ιούνιο και Οκτώβριο. Αυτό μπορεί να σχετίζεται με τη θερμοκρασία. Η άνοδος της θερμοκρασίας αυξάνει τον αναπνευστικό μεταβολισμό των ψαριών. Παρατηρείται μια αύξηση στις ανάγκες συντήρησης (Pentelow, 1939, Brown, 1946 b, Baldwin, 1951, Banks et al, 1971, McCormick et al, 1972) και μια απότομη απώλεια βάρους στη διάρκεια της ασιτίας (Pentelow, 1939, Lawrence, 1940, Elliott, 1975 b, Allen & Wootton, 1982). Μπορεί να υποθεθεί ότι η απότομη απώλεια βάρους σχετίζεται με τη μεγαλύτερη μετατρεψιμότητα της τροφής όταν η διατροφή αποκαθίσταται.

Φαίνεται ότι υπάρχουν διαφορές στην ανάπτυξη, λόγω της επίδρασης της θερμοκρασίας και της ποσότητας της παρεχόμενης τροφής. Ως πόρισμα, μια απλή μεταβολή στην πρακτική της διατροφής δημιουργεί ρυθμούς ανάπτυξης ισοδύναμους με τους κανονικούς

ρυθμούς που απαντώνται στις εκτροφές. Η διάρκεια της διατροφής και της ασιτίας που μελετήθηκε εδώ, μπορεί να μην ταιριάζει σ'όλες τις συνθήκες των εκτροφών και ίσως αποτελέσει αιτία ασθενειών, αλλά το φαινόμενο σίχουρα απαιτεί περαιτέρω έρευνα.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Δ

Η σχέση ασιτίας-επαναδιατροφής και ανάπτυξης στα ψάρια, είναι θέμα που συναντάται στη βιβλιογραφία, μολονότι οι περισσότερες εργασίες που χρησιμοποιούν ανάλογες μεθόδους με το πείραμα που έγινε, περιορίζονται σε ψάρια της οικογένειας των σαλμονιδών. Εναλλασσόμενες περίοδοι από τρεις εβδομάδες ασιτίας σε τρεις εβδομάδες διατροφής, στις πέστρφες *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) προκάλεσε κέρδος σε βάρος, ισοδύναμο μ'αυτό που διαπιστωνόταν σε ίδιες πέστρφες όταν διατρέφονταν κανονικά (Dobson & Holmes, 1984). Ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης αντιστάθμισης, οι πέστρφες αυτές κατάφεραν να μην έχουν σημαντικές διαφορές σε σωματικά υγρά (νερό), λίπος, πρωτεΐνες ή τέφρα, σε σύγκριση με διαρκώς διατρεφόμενα ψάρια-μάρτυρες (Quinton & Blake, 1990). Η ασιτία σε σολωμό (*Salveninus alpinus* L.) μείωσε τη σωματική υγρασία, τα λιπίδια, το μέγεθος του ήπατος και των εντοσθίων. Διατροφή στη συνέχεια έως κορεσμού, επανέφερε τις αυξήσεις αυτές στα κανονικά επίπεδα (Miglavns & Jobling, 1989). Παρόλα αυτά, μετά από οκτώ εβδομάδες ασιτίας, οι σολωμοί δεν μπορούσαν να προφτάσουν σε ανάπτυξη την ομάδα των μαρτύρων, για τις επόμενες οκτώ εβδομάδες, ακόμη κι αν τρέφονταν έως κορεσμού. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι απώλεια βάρους προκαλούμενη απο περίοδο ασιτίας δεν μπορεί να αποζημιωθεί με

επόμενες περιόδους διατροφής, ακόμα κι αν αυτή η διατροφή γίνεται έως κορεσμού. Σε σύγκριση με τις σαλμονίδες, η κιτρινοπτέρυχη γλώσσα, παρουσιάζει οριακή ικανότητα για ανάπτυξη αντιστάθμισης στους 4 °C. Μερικά θαλάσσια ψάρια έχουν προσαρμοστεί ώστε να εκμεταλλεύονται μεγάλα σποραδικά γεύματα, πράγμα που μπορεί να εξηχθεί μέσω της ανάπτυξης αντιστάθμισης. Το είδος *Anoplopoma fimbria* Pallas παρουσιάζει ανθεκτικότητα σε συνθήκες ασιτίας για 162 ημέρες, χωρίς παράλληλες ενδείξεις καταπόνησης (stress) λόγω έλλειψης τροφής (Sullivan & Smith, 1982). Το ίδιο είδος ψαριού σε συνθήκες αιχμαλωσίας είναι δυνατόν να καταναλώσει ένα μόνο εβδομαδιαίο γεύμα, σε ποσότητα ίση με το 14% του σωματικού του βάρους. Με αυτό το πρωτόκολλο διατροφής τα ψάρια αναπτύσσονται με ταχύτερα ποσοστά ανάπτυξης από τα παρατηρούμενα σε *in situ* συνθήκες (Sullivan & Smith, 1982). Στα πλαίσια των πειραμάτων με το συγκεκριμένο πλατύψαρο, παρατηρήθηκε ότι δεν ήταν εφικτή ανάπτυξη αντιστάθμισης (σε βάρος) για περιόδους ασιτίας μεγαλύτερες από δυο εβδομάδες. Παρόλα αυτά, όλες οι ομάδες του πειράματος είχαν περίπου ίδια ποσότητα σωματικών υγρών και παράλληλα παρατηρήθηκε αύξηση στο μήκος στη διάρκεια των 12 εβδομάδων (Σχήμα 7). Αυτό δείχνει ότι σε συνθήκες ασιτίας, τα ψάρια μεγάλωναν σε μήκος μόνο και όχι σε βάρος.

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, το κόστος διατροφής στις ιχθυοκαλλιέργειες είναι μεγάλο και πιθανόν να είναι εφικτή η συμπιέσή του. Στη χώρα μας είναι ιδιαίτερα αναγκαίο οι ερευνητικές προσπάθειες να επικεντρωθούν σε αυτό τον τομέα, ενώ παράλληλα απαιτείται και προσπάθεια για την απεξάρτηση της εγχώριας αγοράς από τις εισαχόμενες ιχθυοτροφές. Ειδικά για τα δύο κατά κανόνα εκτρεφόμενα στην Ελλάδα είδη, (λαβράκι και τσιπούρα) η διεθνής βιβλιογραφία είναι ελλειπής. Κρίνεται λοιπόν απαραίτητη η διερεύνηση του φαινομένου της ανάπτυξης αντιστάθμισης στα συγκεκριμένα είδη ψαριών και κάτω από τις κρατούσες περιβαλλοντικές- διαχειριστικές συνθήκες των μονάδων εκτροφής.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Apfelbaum, M. (1978). Adaptions to changes in caloric intake. *Proc. Food Nutr. Sci.* **2**, 543-559.
- Ashworth, A. (1986). Catch-up growth in children. *Nutr. Rev.* **44**, 157- 163.
- Allen, J. R. M. & Wootton, R. J. (1982). The effect of ration and temperature on the growth of the three spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L. *J. Fish Biol.* **20**, 409-422.
- Baldwin, N. S. (1951). Food consumption and growth of brook trout at different temperatures . *Trans Am. Fish. Soc.* **86**, 323-328.
- Banks, J. L., Fowler, L. G. & Elliot, J. W. (1971). Effects of rearing temperature on growth, body form and hematology of fall chinook salmon fingerlings. *Prog. Fish. Cult.* **33**, 20-26.
- Brown, M. E. (1946 a). The growth of brown trout. II. The growth of two year old trout at a constant temperature of 11,5 °C. *J. exp. Biol.* **22**, 130-144.
- Brown, M. E. (1946 b). The growth of brown trout. III. The effect of temperature on the growth of two year old trout. *J. exp. Biol.* **22**, 145-155.
- Bilton, H.T. & Robins, G.L. (1973). The effect of starvation and subsequent feeding on survival and growth of Fulton channel sockeye salmon fry (*Oncorhynchus nerka*). *J. Fish. Res. Bd Can.* **30**, 1-5.
- Davison, W. & Goldsping, G. (1977). The effect of prolonged exercise on the lateral musculature of the brown trout (*Salmo trutta*). *J. exp. Biol.* **70**, 1-12.

- Dobson, S.H. & Holmes, R.M. (1984). Compensatory growth in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Biol.* 25, 649-656.
- Elliot, J. M. (1972). Rates of gastric evacuation in brown trout, *Salmo trutta* L. *Freshwat. Biol.* 2, 1-18.
- Elliot, J. M. (1975 a). The growth rate of brown trout, *Salmo trutta* L., fed on maximum rations. *J. Anim. Ecol.* 44, 805-821.
- Elliot, J. M. (1975 b). The growth rate of brown trout, *Salmo trutta* L., fed on reduced rations. *J. Anim. Ecol.* 44, 823-842.
- Greeff, J.C., Meissner, H.H., Roux, C.Z. & Janse Van Rensburg, R.J. (1986). The effect of compensatory growth on feed intake, growth rate and efficiency of feed utilization in sheep. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 16, 155- 161.
- Houlihan, D. F. & Laurent, P. (1987). Effects of exercise training on the performance, growth and protein turnover of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44, 1614-1621.
- Idler, D. R. & Bitterns, I. (1959). Biochemical studies on sockeye salmon during spawning migration. V. Cholesterol, fat, protein and water in the body of the standard fish. *J. Fish. Res. Bd Can.* 16, 235-241.
- Iwama, G. K. & Tautz, A. F. (1981). A simple growth model for salmonids in hatcheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38, 649-656.
- Kindschi, G. A. (1988). Effect of intermittent feeding on growth of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Aquacult. Fish. Mgmt* 19, 213-215.
- Lawrence, W. M. (1940). The effect of temperature on the weight of fasting rainbow trout fingerlings. *Trans. Am. Fish Soc.* 70, 290-296.

- Loughna, P. T. & Goldspink, G. (1984). The effects of starvation upon protein turnover in red and white myotomal muscle of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Biol.* 25, 223-230.
- McCormick, J. H., Hokanson, K. E. F. & Jones, B. R. (1972). Effects of temperature on the growth and survival of young brook trout, *Salveninus fontinalis*. *J. Fish. Res. Bd Can.* 29, 1107-1112.
- McMillan, D. N. & Houlihan, D. F. (1989). Short-term responses of protein synthesis to re-feeding in rainbow trout. *Aquaculture* 79, 37-46.
- Mersmann, H. J., MacNeil, M. D., Seideman, S.C. & Pond, W. G. (1987). Compensatory growth in finishing pigs after feed restriction. *J. Anim Sci* 64, 752-764.
- Miglavs, I. & Jobling, M. (1989 a). Effects of feeding regime on food consumption, growth rates and tissue nucleic acids in juvenile Arctic charr, *Salveninus alpinus*, with particular respect to compensatory growth. *J. Fish Biol.* 34, 947-957.
- Miglavs, I. & Jobling, M. (1989 b). The effects of feeding regime on proximate body composition and patterns of energy deposition in juvenile Arctic charr, *Salveninus alpinus*. *J. Fish Biol.* 35, 1-11.
- Ozelci, A., Romsos, D. R. & Leveille, G. A. (1978). Influence of initial food restriction on subsequent body weight gain and body fat accumulation in rats. *J. Nutr.* 108, 1724-1732.
- Parker, R. R. & Vanstone, W. E. (1966). Changes in chemical composition of central British Columbia pink salmon during early sea life. *J. Fish. Res. Bd Can.* 23, 1353-1384.

- Paul, A.J., Paul, J.M & Smith R.L. (1995). Compensatory growth in Alaska yellowfin sole, *Pleuronectes asper*, following food deprivation. *J. of Fish Biology* 46, 442-448.
- Pentelow, F. T. K. (1939). The relation between growth and food consumption in the brown trout (*Salmo trutta*). *J. exp Biol.* 16, 445-473.
- Pitts, G. C. (1986). Cellular aspects of growth and catch-up growth in the rat: a reevaluation. *Growth* 50, 419-436.
- Quinton, J. C. & Blake, R. W. (1990). The effect of feed cycling and ration level on the compensatory growth response in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Fish Biology* 37, 33-41.
- Smith, M. A. K. (1981). Estimation of growth potential by measurement of tissue protein synthetic rates in feeding and fasting rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Biol.* 19, 213-220.
- Sullivan, K. & Smith, K. (1982). Energetics of sablefish, *Anoplooma fimbria*, under laboratory conditions. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39, 1012-1020.
- Szepesi, B. & Epstein, M. G. (1976). Effect of severity of caloric restriction on subsequent compensatory growth. *Nutr.Rep.Int.* 14, 567-574
- Thornton, R. F., Hood, R. L., Jones, P. N. & Re, V. M. (1979). Compensatory growth in sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 30, 135-151.
- Weatherly, A. H. & Gill, H.S. (1981). Recovery growth following periods of restricted rations and starvation in rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Biol.* 18, 195-208.

- Westerterp, K. (1977). How rats economize-energy loss in starvation. *Physiol. Zool.* 50, 331-362.
- Williams, V. J. & Sheedy, J. W. (1987). The efficiency of growth during body weight recovery in young adult female rats. *Comp. Biochem. Physiol.* 87 A, 547-549.
- Wilson, P. N. & Osbourn, D. F. (1960). Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. *Biol. Rev.* 35, 324-363.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Εκ της παρούσης θέσεως θα επιθυμούσα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον αναπληρωτή καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κύριο Αθανάσιο Θεοδώρου καθώς και στους λέκτορες του ιδίου Ιδρύματος κύριο Αθανάσιο Σφουγγάρη και κυρία Παναγιώτα Παναγιωτάκη για τις πολύτιμες πληροφορίες τους και τις επισημάνσεις που βοήθησαν στην αρτιότερη παρουσίαση της εκπονηθείσης διατριβής.

