

Τα χλωροφύκη *Caulerpa prolifera* (Lamouroux, 1809) και *C. racemosa* (Agardh, 1873) ως τροφή του λεσσεψιανού ψαριού *Siganus luridus* (Ruppell, 1828) σε πειραματικές συνθήκες

Λυμπερίδης, Α.¹, Ντούνας, Κ.², Κουλούρη, Π.², Μπακόπουλος, Β.¹

¹Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, mar03043@marine.aegean.gr, v.bakopoulos@marine.aegean.gr

²Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας, Βιοτεχνολογίας & Υδατοκαλλιεργειών, Πρώην Αμερικανική Βάση Γουρνών, ΤΚ 71500, Ηράκλειο Κρήτης, kdounas@hcmr.gr, yol72@hcmr.gr

Περίληψη

Δύο είδη χλωροφυκών χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια μελέτης των τροφικών προτιμήσεων του λεσσεψιανού μετανάστη *Siganus luridus*: το Ινδο-ειρηνικής προέλευσης είδος *Caulerpa racemosa* και το Μεσογειακό είδος *C. prolifera*. Τα αποτελέσματα 55 επαναληπτικών πειραμάτων σίτισης με τα δυο χλωροφύκη έδειξαν ότι τα ψάρια του είδους *S. luridus* προτιμούν να καταναλώνουν *C. racemosa* σε σύγκριση με το *C. prolifera*. Η προτίμηση αυτή του είδους, παράλληλα με την εκρηκτική αύξηση του πληθυσμού του, πιθανόν να σχετίζεται με τη σχεδόν ολοσχερή εξαφάνιση του *C. racemosa* από τις ακτές της Κρήτης, όπως έχει τελευταία παρατηρηθεί. Επιπρόσθετα, η χρήση στατιστικών δοκιμών έδειξε ότι τα άτομα που προτιμούν το *C. racemosa* εμφάνισαν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων σχετική αύξηση του σωματικού τους βάρους.

Λέξεις κλειδιά: λεσσεψιανοί μετανάστες, πειραματικά ενυδρεία, τροφική συμπεριφορά, σωματικό βάρος

The green algae *Caulerpa racemosa* and *C. prolifera* as food of the lessepsian fish species *Siganus luridus* under experimental conditions

Limberidis, A.¹, Dounas, C.², Koulouri, P.², Bakopoulos, V.¹

¹ Department of Marine Sciences, University of the Aegean, mar03043@marine.aegean.gr, v.bakopoulos@marine.aegean.gr

² Hellenic Centre for Marine Research, Institute of Marine Biology, Biotechnology & Aquaculture, Former American base of Gournes, 71500, Heraklion, Crete, kdounas@hcmr.gr, yol72@hcmr.gr

Abstract

Two species of green algae were utilized during a study focusing on feeding preferences of the lessepsian immigrant fish species *Siganus luridus*: the species of Indo-Pacific origin *Caulerpa racemosa* and the Mediterranean species *C. prolifera*. Results of 55 iterative feeding experiments with the two different green algae have demonstrated a distinct consuming preference for *C. racemosa* in contrast to *C. prolifera*. This feeding preference of *S. luridus*, along with the explosive increase of its population, is probably related to the almost complete extinction of *C. racemosa* along the coasts of Crete, as has lately been observed. Moreover, statistical analysis of data showed that, during the feeding experiments, fish individuals preferring *C. racemosa* achieved a relative body weight gain.

Keywords: lessepsian immigrants, experimental aquaria, trophic behaviour, body weight

1. Εισαγωγή

Το είδος ψαριού *Siganus luridus* (γερμανός) εισέβαλλε στη Μεσόγειο θάλασσα μέσω της διώρυγας του Σουέζ πριν από πενήντα περίπου χρόνια (Golani et al., 2006) και αναφέρθηκε για πρώτη φορά στις ακτές της Κρήτης πριν από δέκα περίπου χρόνια (Tingilis et al., 2003). Ο συγκεκριμένος λεσσεψιανός μετανάστης είναι χορτοφάγος και τρέφεται κυρίως με μακροφύκη (Bariche, 2006). Η συγκεκριμένη εργασία αποτελεί ένα μικρό τμήμα μιας ευρύτερης ερευνητικής προσπάθειας για τη διερεύνηση των αιτιών της σχεδόν ολοσχερούς εξαφάνισης των διαπλάσεων του επίσης ξενικού χλωροφύκου *Caulerpa racemosa* που παρατηρείται τα τελευταία 3 χρόνια στις βόρειες ακτές της Κρήτης. Το παραπάνω φαινόμενο ενδεχομένως να σχετίζεται με την παρατηρούμενη σημαντική αύξηση των πληθυσμών των “γερμανών” στην ίδια περιοχή. Στην

παρούσα μελέτη, εξετάστηκε η τροφική συμπεριφορά του γερμανού και ειδικότερα η προτίμηση του ανάμεσα σε δύο χλωροφύκη: το εισβολικό είδος *C. racemosa* Ινδοειρηνικής προέλευσης και το κοινό για τις ακτές της Κρήτης Μεσογειακό είδος *C. prolifera*. Τα δύο χλωροφύκη καλλιεργούνται σε αμμώδες υπόστρωμα στα πειραματικά ενυδρεία κλειστού κυκλώματος στις ερευνητικές εγκαταστάσεις του Ι.ΘΑ.Β.Β.Υ.Κ.

2. Υλικά και Μέθοδοι

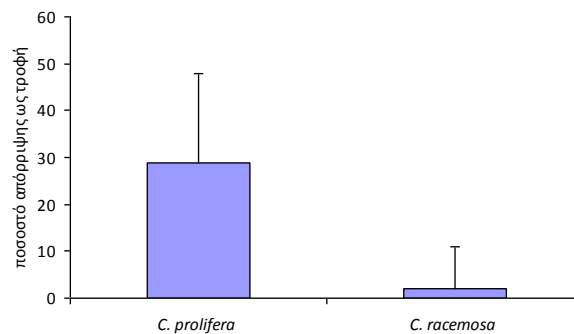
Στις 11 Ιουλίου του 2014, πέντε άτομα του είδους *S. luridus* (εύρος συνολικού μήκους 9-12cm) συλλέχθηκαν με απλάδια δίχτυα και ελεύθερη κατάδυση από βάθος περίπου 2 μέτρων στην παράκτια ζώνη των βορείων ακτών της Κρήτης (ακτές Χερσονήσου) και μεταφέρθηκαν στα πειραματικά ενυδρεία του Ι.ΘΑ.Β.Β.Υ.Κ.. Μετά από διάστημα μιας εβδομάδας ελέγχθηκε ο εγκλιματισμός των πειραματόζων σε συνθήκες αιχμαλωσίας και διαπιστώθηκε η κάλυψη των βιολογικών τους αναγκών. Στη συνέχεια κάθε ψάρι μεταφέρθηκε σε προζυγισμένο δοχείο με νερό και καταγράφηκε το υγρό βάρος του (ακρίβεια 0.01 g). Στη συνέχεια ελέγχθηκε η κατανάλωση των δύο ειδών χλωροφυκών όταν αυτά χορηγούνταν ξεχωριστά σε κάθε άτομο. Το κύριο μέρος του πειράματος περιλάμβανε 11 ημερήσια πειράματα σίτισης για κάθε πειραματόζωο, σταθερά κατά τις μεσημεριανές ώρες από 12-2 μ.μ. Η χορήγηση της τροφής γινόταν με ταυτόχρονη ρήψη ίσης ποσότητας θαλλών των δύο ειδών χλωροφυκών στον πυθμένα του κάθε ενυδρείου και η παρατήρηση της τροφικής συμπεριφοράς των ψαριών διαρκούσε δέκα λεπτά. Η ποσότητα της χορηγούμενης τροφής αντιστοιχούσε στο 4% του βάρους κάθε ατόμου. Πριν και μετά τη χορήγηση της τροφής, το μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας των θαλλών των χλωροφυκών αφαιρούνταν με απορροφητικό χαρτί και ζυγίζονταν (ακρίβεια 0.01 g). Μετά το καθιερωμένο τάισμα, χορηγούνταν σύμπηκτα ακατέργαστης πρωτεΐνης 36% τα οποία αντιστοιχούσαν στο 1% του σωματικού βάρους κάθε ατόμου ως συμπλήρωμα διατροφής, 3 φορές την εβδομάδα. Στο τέλος των 11 επαναλήψεων του πειράματος, τα ψάρια ζυγίστηκαν ξανά για τυχόν μεταβολή της βιομάζας τους. Η διαφορά αρχικού και τελικού βάρους της χορηγούμενης τροφής καθώς και η συμπεριφορά των ψαριών κατά τη διάρκεια της θρέψης για κάθε μία από τις 55 δοκιμές, καταγράφονταν ξεχωριστά σε ειδικό φύλλο αναφοράς. Για την τελική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα SPSS Statistics 20 της IBM. Το ποσοστό απόρριψης του κάθε είδους τροφής υπολογίστηκε ως εξής: $\text{ποσοστό απόρριψης τροφής} = (\text{υπόλοιπο} / \text{αρχική ποσότητα χορήγησης τροφής}) \times 100$. Με σύγκριση ζευγών δειγμάτων (paired sample T-test), ελέγχθηκε αν η διαφορά στο ποσοστό απόρριψης μεταξύ των δύο ειδών τροφών είναι στατιστικά σημαντική. Τέλος, η σχέση των διαφορών στην απόρριψη κάθε τροφής, ανάλογα με τη διαφορά βάρους όπως προέκυψε κατά την τελική ζύγιση των ψαριών, ελέγχθηκε κάνοντας σύγκριση ανεξάρτητων δειγμάτων (independent sample T-test). Όλα τα πειράματα βιντεοσκοπήθηκαν και από τη μελέτη του οπτικού υλικού καταγράφηκαν δεδομένα που αφορούσαν στην αρχική προτίμηση ανάμεσα στα δύο είδη χλωροφυκών, τις εναλλαγές στις προτιμήσεις των ψαριών μεταξύ των δύο ειδών τροφής καθώς και τη χρονική στιγμή εξάντλησης του αποθέματος τροφής κατά τη διάρκεια κάθε πειράματος.

3. Αποτελέσματα

Κατά την προκαταρκτική εξέταση των τροφικών προτιμήσεων των ατόμων του γερμανού στα πειράματα διατροφής, που περιλάμβαναν χορήγηση των δύο ειδών χλωροφυκών ξεχωριστά, τα ψάρια κατανάλωναν σε σύντομο διάστημα σχεδόν όλη τη διαθέσιμη τροφή, προτιμώντας τελικά το *C. racemosa* από το *C. prolifera* (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Μέσες τιμές αρχικής ποσότητας τροφής και τροφής που συνολικά καταναλώθηκε καθώς και μέσο ποσοστό κατανάλωσης τροφής κατά την διάρκεια των πειραμάτων.

	Κωδ.					
	Ψαριού:	A1	A2	A3	A4	A5
Αρχική ποσότητα τροφής (g):						
<i>C. prolifera</i>		1,03	0,74	1,41	1,11	1,29
<i>C. racemosa</i>		1,03	0,75	1,40	1,13	1,30
Υπόλοιπο τροφής(g)						
<i>C. prolifera</i>		0,16	0,16	0,41	0,42	0,38
<i>C. racemosa</i>		0,01	0,07	0,01	0,00	0,00
% Κατανάλωση τροφής						
<i>C. prolifera</i>		84,29%	78,64%	71,13%	62,23%	70,54%
<i>C. racemosa</i>		99,22%	90,93%	99,85%	100%	100%
Μεταβολή βάρους ιχθύων (g)						
		-2.89	-5.88	0,69	5,69	8,35

**Εικ. 1.** Αποτελέσματα του ελέγχου απόρριψης των δύο χλωροφυκών (*C. prolifera*, *C. racemosa*) που χρησιμοποιήθηκαν ως τροφή κατά διάρκεια των πειραμάτων.

Τα αποτελέσματα οπτικής καταγραφής της τροφικής συμπεριφοράς των πειραματόζων από το σύνολο των 55 κύριων πειραμάτων σίτισης έδειξαν ότι: (1) τα άτομα ξεκινούν να τρέφονται αρχικά με *C. prolifera* (33 φορές) και στη συνέχεια με *C. racemosa* (22 φορές), (2) κατά τη διάρκεια του πρώτου πειραματικού 10λέπτου προτιμούν να τραφούν συνολικά περισσότερες φορές (596) με *C. prolifera* από ότι με *C. racemosa* (323), (3) καταναλώνουν μόλις 5 φορές σε ένα σύνολο 55 δοκιμασιών όλη την ποσότητα της χορηγούμενης *C. prolifera*, ενώ αντίθετα καταναλώνουν τις περισσότερες φορές (48) όλη την ποσότητα της *C. racemosa* πριν συνεχίσουν με *C. prolifera* ή διακόψουν τελείως την σίτιση τους (πέραν του δεκαλέπτου), (4) συνολικά, διέκοψαν 766 φορές τη διαδικασία της θρέψης και απομακρύνθηκαν από την εστία τροφής μέχρι να επιστρέψουν ξανά μετά από λίγο. Πριν τη διακοπή αυτή, είχε προηγηθεί κατανάλωση *C. racemosa* (211 φορές) και υπερδιπλάσιες φορές (502) κατανάλωση του είδους *C. prolifera*.

Το μέσο ποσοστό απόρριψης των δύο χλωροφυκών ως τροφή από τα πειραματόζωα και για το σύνολο των πειραμάτων δίνεται στην εικόνα 1. Παρατηρούμε ότι το μέσο ποσοστό απόρριψης του χλωροφύκου *C. prolifera* (26%) είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο της *C. racemosa* (2%). Το γεγονός αυτό αποτελεί ένδειξη για μια σημαντική επιλεκτική προτίμηση του *S. luridus* για κατανάλωση του ξενικού χλωροφύκου σε σύγκριση με το αντίστοιχο Μεσογειακό είδος.

4. Συμπεράσματα/Συζήτηση

Τα αποτελέσματα από τη διεξαγωγή των πειραμάτων διατροφής έδειξαν ότι το είδος *S. luridus* φαίνεται να προτιμά αρχικά περισσότερο το Μεσογειακό είδος *C. prolifera* σε σύγκριση με το ξενικό είδος *C. racemosa*. Ωστόσο, όσον αφορά στην ένταση και στη συνολική τελική ποσότητα κατανάλωσης τροφής, φάνηκε να προτιμά το εισβολικό είδος (*C. racemosa*). Τα αίτια αυτής της τροφικής συμπεριφοράς πιθανόν να σχετίζονται με τη δυσκολία στην πρόσληψη ως τροφή των συγκριτικά σκληρότερων σε υφή θαλλών και ριζοειδών του χλωροφύκου *C. prolifera* σε σύγκριση με τα κατά πολύ μαλακότερα αντίστοιχα τμήματα του είδους *C. racemosa*. Οι μορφολογικές άμυνες των δύο συγκεκριμένων χλωροφυκών στην αποφυγή της κατανάλωσης τους από πρωτογενείς καταναλωτές φαίνεται να διαφέρουν σημαντικά και θα πρέπει να συνδέονται άμεσα με το είδος και το μέγεθος των πληθυσμών των φυτοφάγων ψαριών που διαβιούν σε παρόμοια ενδιαιτήματα (Paul et al., 1990). Σύμφωνα με μία πρόσφατη μελέτη από τις Μεσογειακές ακτές της Τουρκίας η παρατηρούμενη υπέρμετρη αύξηση των τοπικών πληθυσμών του *S. luridus* έχει προκαλέσει δραματική μείωση της ποικιλότητας και βιομάζας των παράκτιων διαπλάσεων ορθίων μακροφυκών (Sala et al., 2011). Με δεδομένο ότι στα παράκτια συστήματα των βόρειων ακτών της Κρήτης παρατηρείται τα τελευταία χρόνια μία σχεδόν ολοσχερής εξαφάνιση των πληθυσμών του εισβολικού χλωροφύκου *C. racemosa* είναι πιθανόν η εξαφάνιση αυτή να σχετίζεται με την επίσης παρατηρούμενη σημαντική αύξηση των πληθυσμών του επίσης εισβολικού φυτοφάγου είδους *S. luridus* στην περιοχή. Εξαιτίας του μικρού αριθμού πειραματόζων που εξετάστηκαν και τη σχετικά μικρή διάρκεια των πειραμάτων, η συνδυαστική χρήση της συγκεκριμένης δίαιτας δε θα μπορούσε να δώσει τελικά συμπεράσματα για τα αίτια της αύξησης του σωματικού βάρους που παρατηρήθηκε σε συγκεκριμένα άτομα του *S. luridus*. Θα πρέπει ωστόσο να σημειωθεί το γεγονός ότι όλα τα ψάρια που αύξησαν τελικά το βάρος τους προτιμούν την κατανάλωση της *C. racemosa*.

5. Βιβλιογραφία

- Bariche, M. 2006. Diet of the Lessepsian fishes, *Siganus rivulatus* and *Siganus luridus* (Siganidae) in the eastern Mediterranean: a bibliographic analysis. *Cybium*, 30, 41-49.
- Golani, D., Orsi-Relini, D.L., Massuti, E. and Quignard, J.P. 2006. CIESM Atlas of exotic fishes in the Mediterranean. <http://www.ciesm.org/atlas/>, accessed in October 2014.
- Paul, V.J., Nelson, S.G. and Sanger, H.R. 1990. Feeding preferences of adult and juvenile rabbitfish *Siganus argenteus* in relation to chemical defenses of tropical seaweeds. *Marine Ecology Progress Series*, 60, 23–34.
- Sala, E., Kizilkaya, Z., Yildirim, D. and Ballesteros, E. 2011. Alien marine fishes deplete algal biomass in the Eastern Mediterranean. *PLoS ONE* 6(2), e17356.
- Tingilis, G., Anezaki, L., Valla, E., Lymberakis, P., Kapantagakis, A. et al. 2003. First records of Lessepsian fish fauna migrants from the Crete marine area. p. 47-50. In: 11th Panhellenic Congress of Ichthyologists, 10-13 April, 2003, Preveza, Greece. *Book of abstracts*.